

Система зажигания

Системы зажигания

Детали, которые поджигают топливовоздушную смесь в цилиндрах, часто являются предметом различных рекламных заявлений. Было бы несправедливо сказать, что все эти заявления являются фальшивыми. Но будет очень далеко от истины, если сказать, что некоторые производители преувеличивают свои обещания относительно мощности двигателя и экономии топлива, уверенные в том, что большинство потребителей не будет тщательно проверять их заверения и гарантии. Нет сомнений в том, что качественная система зажигания поможет оптимизировать работу и экономичность двигателя, но существуют практические пределы тех улучшений, которые может дать обычная или «экзотическая» система зажигания.



Бесконтактные переключающие элементы заменили механические контакты прерывателя. Однако, метод индуктивного накопления энергии для образования искры не изменился со времен Чарльза Кеттеринга.

Любая система зажигания независимо от ее типа и конструкции имеет две функции:

- обеспечение воспламенения топливовоздушной смеси;
- обеспечение того, чтобы воспламенение происходило точно в нужный момент такта сжатия для оптимизации работы двигателя и/или топливной экономичности.

Несмотря на взрывную природу распыленного бензина, если искра для воспламенения будет проскакивать в несоответствующий момент, большинство потенциальной энергии будет высвобождено перед тем, когда эта энергия обеспечила бы полезную работу поршня. Фактически, если момент зажигания будет смещен на несколько градусов, двигатель может не работать вообще. Более того, оптимальный момент зажигания изменяется при изменении оборотов двигателя и положения дроссельной заслонки. Таким образом, система зажигания должна реагировать на изменение условий работы двигателя. В заключение, сотни миллионов искр, требуемые для обычного двигателя каждый год, должны быть генерированы со стопроцентной надежностью.

В большей или меньшей степени системы зажигания стали совершать этот «подвиг» с 1908 года, когда Чарльз Кеттеринг начал использовать систему зажигания с индуктивным накоплением энергии (английская аббревиатура IDI) для автомобильных двигателей. Механические контакты, важная часть изобретения Кеттеринга, использовались до середины 70-х годов для образования искры и, соответственно, начала сгорания. Развитие твердотельной электроники

позволило заменить контакты прерывателя электронными переключающими элементами, которые гораздо более надежны и служат намного дольше.

Однако, метод образования высоковольтной искры, которая проскакивает между электродами свечи зажигания, практически не изменился со времени Чарльза Кеттеринга. Подобная система с индуктивным накоплением энергии используется практически на всех стандартных и форсированных двигателях.

Понимание основ того, как работает система зажигания, поможет вам оценить различные системы, установить нужную систему, диагностировать неисправности и что лучше всего, оптимизировать мощность двигателя. Не опасайтесь того, что вам придется углубляться в электрические «дебри» и обращаться для усовершенствования своей системы зажигания к специалистам. Система зажигания несложная, но она, вероятно, является одной из наименее доступных для понимания частей автомобильных технологий. Перейдем теперь к рассмотрению самой системы.

Система с индуктивным накоплением энергии

Весь процесс происходит в катушке зажигания. Понимание того, как работает эта необходимая деталь, является ключом к пониманию того, как работает вся система зажигания.

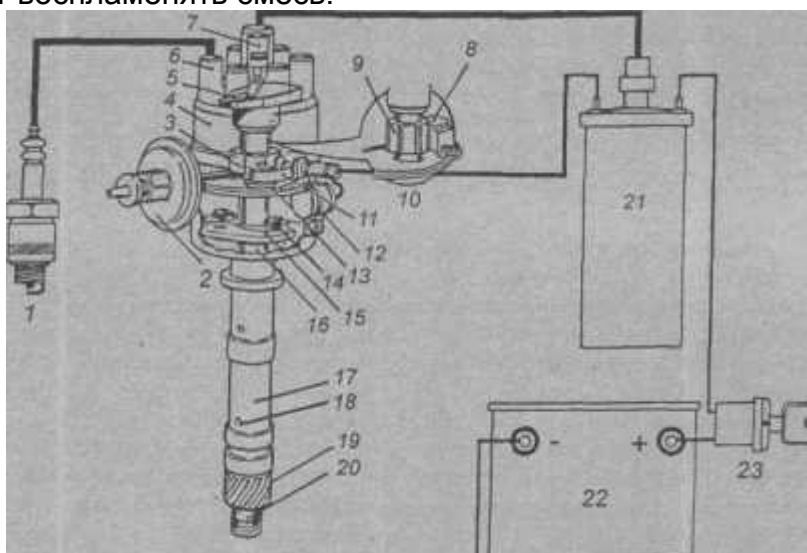
Катушка зажигания с технической точки зрения представляет собой трансформатор. Это означает, что она может преобразовывать напряжение в высокое или низкое, а напряжение будет способом описания усилия, с которым «движется» электричество. Его часто сравнивают с давлением в водяной трубе. Катушка зажигания состоит из двух отдельных обмоток (своеобразных катушек) из провода на обычном железном сердечнике. Одна из обмоток называется первичной и состоит примерно из 150 витков толстого медного провода. Первичная обмотка соединяется через контакты прерывателя (или через электронный блок управления) с источником напряжения 12В (аккумуляторной батарее). Другая обмотка, называемая вторичной, обычно наматывается поверх первичной. Вторичная обмотка содержит примерно 30 000 витков тонкого медного провода, и это определяет коэффициент трансформации катушки и ее возможность к генерации высокого напряжения, необходимого для проскакивания искры между электродами свечи зажигания. К примеру, если число витков вторичной обмотки будет в 10 раз превышать число витков первичной обмотки, то напряжение на вторичной обмотке будет в 10 раз больше напряжения на первичной обмотке. Так как многие катушки зажигания имеют коэффициент трансформации, равный 30 000/150, т. е. около 200:1, и напряжение вторичной обмотки будет в 200 раз больше, чем напряжение, приложенное к первичной обмотке. Однако когда вы умножите напряжение 12 В в первичной обмотке на 200, то вы получите 2400 В. Так как катушки зажигания выдают около 50 000 В, то, очевидно, существует еще и другой фактор при их работе. Ответ заключается в том, что происходит внутри катушки зажигания, когда к первичной обмотке подключается и отключается напряжение.

Существует жесткая связь между магнитным полем и электричеством. Когда электричество течет по проводнику (это называется электрическим током), то генерируется магнитное поле и, наоборот, электрический ток может генерироваться от переменного магнитного поля. Когда напряжение аккумуляторной батареи (АБ) прикладывается к первичной обмотке катушки зажигания, ток протекает через 150 витков провода и генерирует сильное магнитное поле, которое проходит через все витки катушки и через ее железный

стержень. После того, как напряжение АБ было приложено примерно на 0,010-0,015 сек, магнитное поле достигает своего полного значения, т. е. за это время катушка входит в насыщение или насыщается.

Когда магнитное поле присутствует, то принципиально может образовываться электричество. Если сказать более точно, напряжение будет генерироваться пропорционально тому, как быстро увеличивается или уменьшается магнитное поле. Так как в первичной обмотке имеется ток, который поддерживает магнитное поле, отключение тока в первичной обмотке приводит к максимально быстрому спаду интенсивности магнитного поля. Спад поля происходит менее чем за 0,001 сек, и это индуцирует напряжение примерно в 250 В в первичной обмотке. Это и является тем напряжением, которое возрастает до 50 000 В благодаря коэффициенту трансформации катушки 200:1, и оно приводит к образованию искры в свече зажигания.

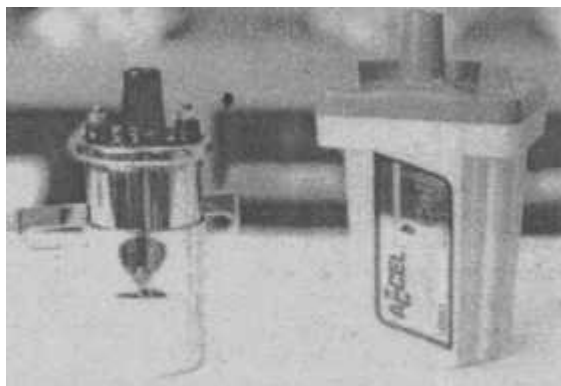
Использование быстро падающего магнитного поля для генерации высокого напряжения и затем для образования искры, воспламеняющей топливовоздушную смесь, было изобретением Чарльза Кеттеринга. Кеттеринг также обнаружил, что чем быстрее можно уменьшать магнитное поле, тем более надежно система зажигания будет воспламенять смесь.



Система зажигания с индуктивным накоплением энергии 1 - свеча зажигания; 2 - вакуумный регулятор опережения зажигания; 3 - выступы (кулачки) вала распределителя; 4 - крышка распределителя зажигания; 5 - ротор распределителя; 6 - контакт для высоковольтного провода; 7 - контакт ротора; 8 - магнитный датчик (датчик Холла); 9 - ротор с выступами; 10 - электронный датчик; 11 - контакты; 12 - конденсатор; 13 - пластина контактов; 14 - пружина для опережения зажигания; 15-механический регулятор опережения зажигания; 16 - вал распределителя; 17 - корпус распределителя; 18- отверстие для смазки; 19 - косая шестерня привода; 20 - привод масляного насоса; 21 - катушка зажигания; 22 - аккумуляторная батарея; 23 - выключатель зажигания.

Система зажигания Кеттеринга использовала механические контакты для включения и выключения катушки зажигания. Он же обнаружил, что электрическая искра (дуга) будет проскакивать между контактами в момент их размыкания. Эта искра будет продолжать протекание некоторого тока в первичной обмотке катушки зажигания, что удлинит процесс спада магнитного поля, таким образом, уменьшая напряжение во вторичной обмотке. Кеттеринг обнаружил, что подсоединение конденсатора параллельно контактам прерывателя существенно сокращает искрение между контактами, и напряжение во вторичной обмотке заметно увеличивается. Конденсатор действует подобно аккумуляторной батарее (АБ),

заряжаясь и разряжаясь при размыкании и замыкании контактов. Когда контакты размыкаются, то разряженный конденсатор получает большую часть электрического тока, чем цепь высокого сопротивления, образуемого разомкнутыми контактами. Контакты расходятся достаточно далеко за время зарядки конденсатора, т. е. когда конденсатор полностью



Напряжение во вторичной обмотке управляется не только тем, как быстро спадает магнитное поле, но и тем, какова была напряженность магнитного поля перед спадом. Катушки зажигания высокой энергии (подобные показанной справа катушке ACCEL SUPER COIL) имеют меньше витков в первичной обмотке, что приводит к генерации большего тока и к более быстрому возрастанию магнитного поля.

заряжен, подача тока в первичной обмотке резко прекращается, что приводит к спаду магнитного поля примерно в 20 раз быстрее, чем это происходит тогда, когда между контактами проскакивает искра. Этот быстрый спад магнитного поля, вызванный конденсатором, увеличивает напряжение во вторичной обмотке, и конденсатор является необходимой частью систем зажигания с индуктивным накоплением электрической энергии.

Насыщение катушки зажигания

Так как напряжение вторичной обмотки управляется не только тем, как быстро спадает магнитное поле, но также и тем, какова была его напряженность перед спадом, образование • сильного магнитного поля также является очень важным фактором при получении максимальной отдачи от системы зажигания с индуктивным накоплением энергии. Так как для достижения уровня 95% от максимального уровня поля (полного насыщения) требуется всего 15 мсек (0,015 сек), это сначала может показаться достаточным временем для достижения этого уровня насыщения, и это не составляет проблем. Однако, когда вы представите себе, что катушка зажигания должна обеспечивать 4 импульса высокого напряжения в течение одного оборота двигателя (на двигателях V8), поэтому остается всего лишь 0,015 сек между каждым импульсом высокого напряжения, когда двигатель работает с частотой 1000 об/мин. При 6000 об/мин должно образовываться 15 искр в секунду для каждого цилиндра, что составляет около 400 искр в секунду для двигателя V8, что составляет всего 2,5 мсек (0,0025 сек) для промежутка между искрами.

Для преодоления этого временного затруднения использовались различные технологии, которые максимально увеличивают скорость, с которой создается магнитное поле (она называется скоростью насыщения) и напряженность магнитного поля, когда оно достигает насыщения (это называется уровнем насыщения). Наиболее популярным методом увеличения скорости насыщения

является конструкция катушки, рассчитанная на работу от напряжения 9 или 10 В, а не от полного напряжения АБ (12 В). Это пониженное напряжение прикладывается к катушке зажигания, когда двигатель работает на холостом ходу. Когда обороты двигателя увеличиваются, к катушке прикладывается более высокое напряжение, увеличивая скорость образования магнитного поля и компенсируя, хотя и частично, более короткое время насыщения. Наиболее популярным для этой цели прибором является балластный резистор; его температура и сопротивление изменяются при изменении оборотов двигателя, позволяя большему току поступать к катушке при высоких оборотах двигателя. Балластный резистор выполняет также другую полезную функцию: он отключается из цепи во время запуска двигателя, что уменьшает нагрузку на АБ, позволяет максимально возможному напряжению поступать на катушку зажигания, и помогает быстрому запуску двигателя. Однако современные системы электронного зажигания используют более сложные методы изменения значения напряжения, чтобы достичь максимального насыщения.

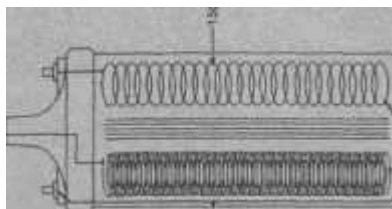
Во времена контактных прерывателей увеличение угла замкнутого состояния контактов (меры того, как долго контакты находятся в замкнутом состоянии, позволяя магнитному полю увеличиваться в катушке) увеличивало прирост мощности при высоких оборотах двигателя. Двойные контакты увеличивают угол замкнутого состояния контактов от типичного значения 30° (с одинарными контактами) примерно до 40° . Максимальное значение угла замкнутого состояния контактов, создаваемое для системы с одной катушкой зажигания, может составлять чуть меньше 45° , т. е. это продолжительность того, как долго вал распределителя поворачивается, между соседними моментами зажигания на двигателе V8. В системах электронного зажигания механические ограничения уменьшаются, и становится достижимым практически полный 45° -градусный период между импульсами высокого напряжения для образования магнитного поля в катушке. Даже полный период в 45° , соответствующий углу замкнутого состояния контактов, составляет для образования магнитного поля всего лишь 0,002 сек при 7000 об/мин, поэтому в дополнение к увеличению напряжения на первичной обмотке, уровень насыщения катушки оптимизируется с помощью ее конструкции. Специальные катушки зажигания, разработанные для применения в высокооборотистых двигателях, выпускаются фирмами MSD, ACCEL, PERFORMANCE DISTRIBUTORS, MALLORY и другими. Эти высоковольтные катушки зажигания имеют высокий коэффициент трансформации и обычно потребляют повышенный ток в первичной обмотке. Вдобавок к этому, некоторые из них имеют улучшенные изолирующие и теплоотводящие свойства. Одно замечание: большинство из этих катушек разработано для использования с бесконтактными и/или электронными системами зажигания. Установка катушек зажигания с повышенным током в первичной обмотке на обычную контактную систему зажигания может ускорить износ контактов от искрения и перегрева.

Секреты катушек зажигания

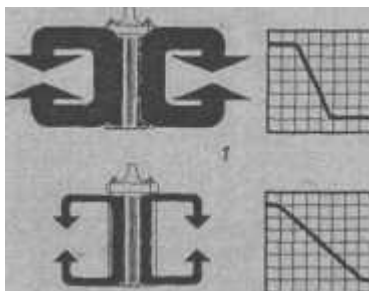


1 - уплотнительный колпачок; 2 - контакт вторичной обмотки для высокого напряжения; 3 - контакты первичной обмотки; 4 - крышка катушки зажигания; 5 - покрытие; 6 - вторичная обмотка; 7 - первичная обмотка; 8 - кожух катушки зажигания; 9 - стеклянная изоляция.

Все происходит в катушке зажигания. Состоящая из двух отдельных обмоток (первичной и вторичной), намотанных на общем железном сердечнике, катушка зажигания представляет собой трансформатор, который использует магнитное поле, вырабатываемое током в первичной обмотке, для генерации высокого напряжения во вторичной обмотке. Рост напряжения определяется коэффициентом трансформации, который, в свою очередь, определяется соотношением числа витков вторичной и первичной обмоток.

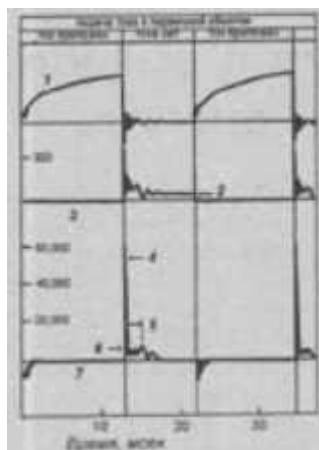


Многие катушки зажигания высокой энергии имеют коэффициент трансформации, равный 30000/150, т. е. 200:1. Однако, используя этот коэффициент, будет получен лишь рост напряжения в 200 раз, т. е. 12В x 200 = 2400 В. Так как катушки зажигания выдают напряжение до 60 000 В, то здесь работают и другие факторы.



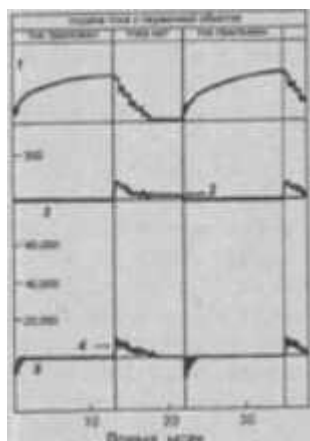
Скрытым фактором является то, что напряжение будет генерироваться пропорционально тому, как быстро будет расти или спадать магнитное поле. Если магнитное поле быстро спадает (менее чем за 0,001 сек), это приведет к генерации напряжения 250-300 В в первичной обмотке. Это пиковое напряжение в первичной обмотке, умноженное на коэффициент трансформации 200, даст величину напряжения до 50 000 В во вторичной обмотке, которое подается на свечи зажигания.

- 1 - быстрый спад магнитного поля — высокое напряжение;**
- 2 - медленный спад магнитного поля — низкое напряжение.**



1 - напряженность магнитного поля; 2 - напряжение АБ; 3 - напряжение на первичной обмотке; 4 - напряжение образования искры; 5 - длительность искры; 6 - напряжение искры; 7 - напряжение вторичной обмотки.

На рисунке показано то, что происходит с магнитным полем, напряжением в первичной обмотке и во вторичной обмотке, когда контакты размыкаются и замыкаются. Когда контакты замкнуты, напряжение 12 В подается на катушку зажигания, и в ней образуется магнитное поле. Через несколько миллисекунд контакты размыкаются и магнитное поле спадает. Это быстрое изменение поля генерирует напряжение примерно 300 В в первичной обмотке и до 60 000 В во вторичной обмотке.



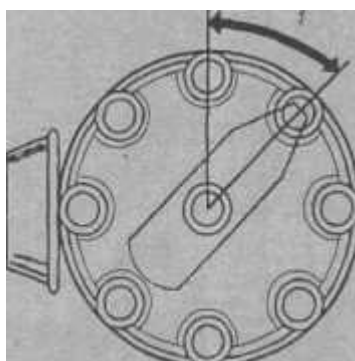
1 - напряженность магнитного поля; 2 - напряжение АБ; 3 - напряжение на первичной обмотке; 4 - напряжение искры; 5 - напряжение вторичной обмотки.

Имеется еще одна важная деталь, которая помогает образованию напряжения во вторичной обмотке. По кривым можно видеть, что что-то не в порядке. Низкие напряжения в первичной и во вторичной обмотках являются результатом отсутствия конденсатора в первичной цепи. Здесь видно, почему нужен конденсатор: он уменьшает искрение в зазоре между контактами, что замедляет спад магнитного поля и уменьшает напряжение во вторичной обмотке. Конденсатор, установленный параллельно контактам, выполняет следующие функции:

- он "поглощает" напряжение "искрения" на контактах;
- позволяет магнитному полю спадать в 20 раз быстрее;
- содействует генерации повышенного напряжения во вторичной обмотке.



Хотя механические контакты заменены бесконтактным датчиком и транзисторной системой переключения, принципы работы показанной здесь системы зажигания HУ FIRE MALLOR Y в основном не изменились.



Ротор распределителя зажигания проходит 45° за 0,002 сек, когда двигатель работает при 7000 об/мин; 1 - 45°.

Система зажигания с емкостным накоплением энергии

До настоящего момента мы рассматривали системы зажигания с индуктивным накоплением энергии, в которых катушка зажигания вырабатывает высокое напряжение, когда от первичной обмотки катушки отключается напряжение, что приводит к быстрому спаду магнитного поля. Эта цепь отличается простотой и требует всего лишь механического контактного выключателя (прерывателя) и конденсатора, но у нее есть недостатки. Для того чтобы получить мощную искру, магнитное поле должно иметь высокие значения, а при высоких оборотах имеется очень мало времени для этого. Если вместо надежды на быстрый спад магнитного поля, система могла быть не ограничена требованиями по насыщению катушки (имеется в виду, что скорость изменения магнитного поля — увеличения или уменьшения определяет генерацию напряжения во вторичной обмотке). Подобные системы существуют, и они обычно используются на форсированных двигателях, в частности, в системах с многоискровым зажиганием, которые будут обсуждаться далее. Так называемые системы с емкостным накоплением энергии (CDI в английской аббревиатуре) эффективно работают, в противоположность системам с индуктивным накоплением энергии (IDI). Вместо образования магнитного поля в катушке зажигания большие конденсаторы внутри электронного блока управления заряжаются до напряжения 300-400 В или больше. Затем точно в момент зажигания, определяемым тем же самым механическим или электронным выключателем в распределителе зажигания, весь заряд этих конденсаторов подается на первичную обмотку катушки зажигания. Быстро возникает очень большое магнитное поле, которое индуцирует высокое

напряжение во вторичной обмотке. Система CDI ограничивается только тем, как быстро могут быть перезаряжены конденсаторы.

Искра, вырабатываемая системой CDI, является мощной и точной, но многие такие системы обеспечивают очень короткую продолжительность искры, так как магнитное поле образуется в системе CDI намного быстрее, чем оно спадает в системе IDI. Многие системы IDI генерируют искру в зазоре между электродами свечи, которая продолжается более 0,001 сек, но продолжительность искры в системе CDI часто составляет всего лишь 0,00003 сек (30 мсек), т. е. она в 30 раз короче. Фактически, некоторые системы зажигания с емкостным накоплением энергии могут вырабатывать искру на такое короткое время, что она не может обеспечивать в некоторых случаях надежного воспламенения смеси. Однако при правильной конструкции система CDI может генерировать высоковольтную искру нужной продолжительности для обеспечения надежного воспламенения во всех двигателях.

Какую систему использовать



Контактная система зажигания IDI (подобная показанной здесь системе с двойными контактами в распределителе фирмы MALLORY) обеспечивает мощность, сравнимую с большинством электронных систем зажигания.

Когда мы рассмотрели основы, можно перейти к специфике выбора и настройки системы зажигания для оптимизации эффективности работы и мощности двигателя.

До середины 70-х и контактная система зажигания была обычной системой просто потому, что она использовалась практически на всех автомобилях с бензиновыми двигателями. Автомобили с форсированными двигателями использовали системы с двойными контактами, но система зажигания с контактным прерывателем была единственной системой, имеющейся в распоряжении автомобилестроителей. 80-е и 90-е годы изменили ситуацию полностью. Теперь системы зажигания с контактным прерывателем на новых автомобилях практически не используются, хотя почти все автомобили по-прежнему используют конструкцию Кеттеринга с катушкой зажигания. Термин "обычная" теперь подразумевает управляемую компьютером систему контроля двигателя, в которой некий электронный "черный" ящик не только управляет зажиганием, но также процессом карбюрации или дозировкой впрыска топлива, моментами переключения передач в автоматической трансмиссии и др. Несмотря на все вышесказанное, контактные системы зажигания, вероятно, будут использоваться и после 2000 года, так как они могут обеспечить более чем точный процесс воспламенения смеси в форсированных двигателях при условии правильной работы, о чем будет сказано далее.

"Обычная" система зажигания с контактным прерывателем

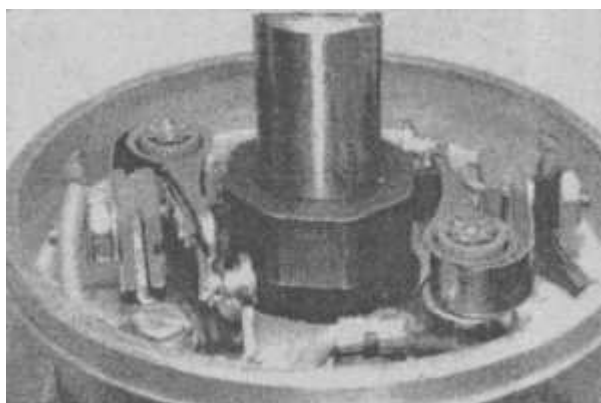
Но это не значит, что контактные системы зажигания являются практически такими же хорошими, как и электронные системы, или что все контактные системы являются одинаковыми. Двумя главными недостатками контактных систем зажигания являются следующие:

- Искра со временем ухудшается.
- Для очень высоких оборотов двигателя (примерно выше 7000 об/ мин контакты являются не очень практичным устройством).

Во-первых, рассмотрим проблему износа. В обычных системах зажигания с контактами, где нет никакой электроники для управления переключением катушки зажигания, поверхности контактов подают и отключают напряжение к первичной обмотке катушки зажигания. Это приводит к искрению и преждевременной эрозии поверхности контактов, нарушению регулировки зазора между контактами и снижению значения генерируемого высокого напряжения. Но это еще не все, что изнашивается при замыкании и размыкании контактов. Трущийся блок, который движется по верху кулачка на оси распределителя и действует на контакты, со временем стирается и все больше и больше изменяет регулировку контактов. Таким образом, контакты требуют регулярной регулировки и периодической замены для обеспечения хорошей работы системы.

В дополнение к износу, определяемому визуально, возвратная пружина контактов со временем ослабляет свое усилие. В некоторых случаях натяжение пружины может не соответствовать требуемому. В любом случае, если усилие пружины падает ниже определенного уровня, движение контактов более не будет следовать за кулачками распределителя, и контакты будут перекашиваться и "сползать", не обеспечивая надежного соединения. Это уменьшает время замкнутого состояния контактов и не дает катушке зажигания полностью отдать свой "магнитный заряд".

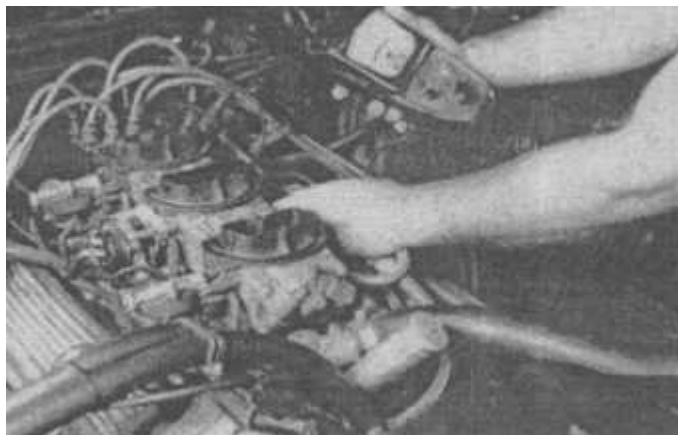
Измеритель угла замкнутого состояния контактов может быть использован для определения смещения контактов. Если имеет место резкий спад угла замкнутого состояния контактов при увеличении оборотов двигателя, то максимальное число оборотов для контактов почти наверняка было превышено. Эта проверка легче всего производится на устройстве для проверки распределителей, однако, даже без оборудования для проверок пропуски зажигания на высоких оборотах в контактной системе зажигания обычно происходят из-за перекоса или смещения контактов, и это следует проверять в первую очередь.



Износ является проблемой у контактных систем зажигания. Контакты прерывателя подают и отключают напряжение на первичной обмотке катушки зажигания. Искрение на контактах разрушает поверхности. Также со временем изнашивается трущийся блок, который контактирует с кулачком, находящимся на валу распределителя и при этом изменяется регулировка контактов.

Если у вас есть подозрение на перекося или вибрацию контактов, то установите новые контакты, предназначенные для использования в форсированных двигателях. Если ваш двигатель способен развивать очень высокие обороты, то вы можете приобрести специальные контакты, которые будут обеспечивать надежную искру при оборотах, превышающих 9000 об/мин. Однако усилие

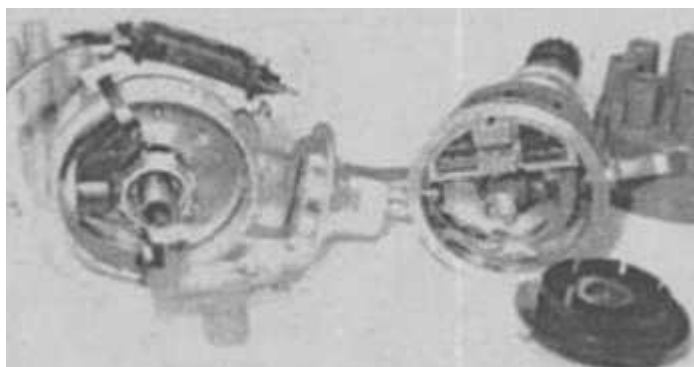
пружины при этих проверках такое высокое, что контакты имеют очень ограниченный срок службы, и они также воздействуют на подшипники распределителя. Если вам нужна такая возможность работы на высоких оборотах, примите решение сами и откажитесь от использования контактов. Установите бесконтактную систему зажигания.



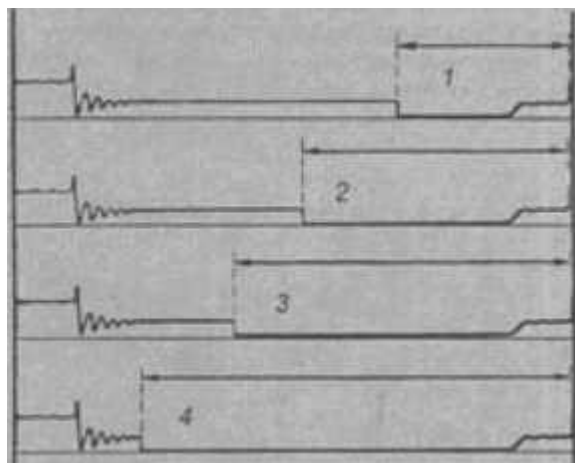
Измеритель угла замкнутого состояния контактов используется для определения вибрации контактов. Если имеет место резкий спад угла замкнутого состояния контактов, максимальные обороты для контактов почти наверняка были превышены.

Бесконтактные электронные системы зажигания

Наиболее важным улучшением системы зажигания за последние 100 лет была замена механических контактов на электронный "переключатель", который не подвержен механическому износу. В распределителе, в том же самом месте, где находились контакты, находится устройство, "чувствующее" положение распределителя с помощью магнитного якоря и прерывания луча света или какой-то другой технологии. Это устройство (датчик) посылает импульс низкого напряжения на транзисторный усилитель, расположенный в отдельном транзисторном модуле управления, который подключает и отключает напряжение на первичной обмотке катушки зажигания. Такие электронные приборы не изнашиваются (в нормальных условиях) и не подвержены механическим ограничениям типа вибрации контактов. Фактически, скорость переключения таких устройств намного больше, чем нужно даже самым высокооборотистым двигателям.



Очень важна замена механических контактов электронным "переключателем", который не подвержен механическому износу.



Изменение угла замкнутого состояния контактов в электронной системе зажигания
1 - угол замкнутого состояния контактов (УЗСК) при 600 об/мин; 2-УЗСК при 1500 об/мин;
3-УЗСК при 2500 об/мин; 4-УЗСК при 4500 об/мин.

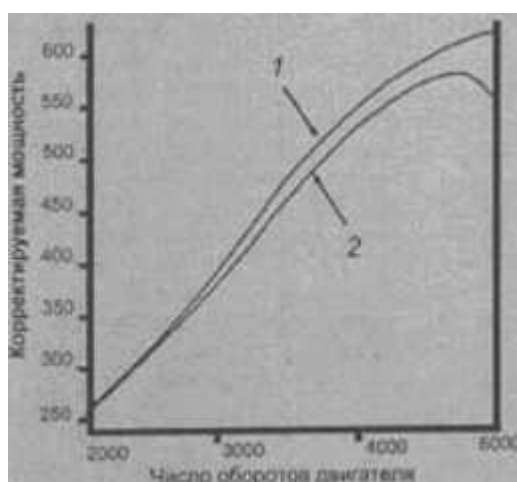
Кроме повышения максимально допустимых оборотов двигателя и надежности работы многие электронные системы зажигания обеспечивают дополнительные преимущества. Контактные системы зажигания ограничиваются промежутком времени, соответствующим углу замкнутого состояния контактов, когда в системе восстанавливается магнитное поле — между разрядами, соответствующими искрообразованию. Электронное управление, не ограничиваемое размыканием или замыканием контактов, может оптимизировать индуктивное накопление энергии при всех оборотах двигателя путем приложения полного значения напряжения к катушке зажигания и изменения угла замкнутого состояния контактов при изменении числа оборотов двигателя. При низких оборотах угол замкнутого состояния контактов поддерживается небольшим, (коротким) для предотвращения перегрева катушки зажигания (в этих системах балластный ограничительный резистор не используется). Но при высоких оборотах двигателя, когда реальное время для образования магнитного потока уменьшается, напряжение первичной обмотки подается на катушку зажигания почти сразу же после "разрядки" катушки, оптимизируя угол замкнутого состояния контактов и выходное напряжение.



Проверки мощности показали ее небольшое увеличение при использовании электронного зажигания с более "холодными" свечами и увеличенным зазором между их электродами. Эти свечи ACCEL изменяются от "холодных" (слева) до стандартных (справа) и "горячих" (в центре), калильное число которых определяется длиной изолятора.

Кроме чисто механических преимуществ высоковольтная бесконтактная электронная система зажигания может менять способ, каким происходит зажигание в камере сгорания. Эти небольшие изменения могут потребовать специальных методик настройки двигателя для оптимизации его работы и мощности. Во-первых, повышенное напряжение на вторичной обмотке, часто позволяет эффективно использовать более "холодные" свечи зажигания. При испытаниях свечи с более "холодным" калильным числом (на 1 -2 единицы) по сравнению со стандартными обеспечивают небольшое увеличение мощности,

хотя это может и не происходить в некоторых случаях. Во-вторых, повышенное значение напряжения во вторичной обмотке катушки подает больше энергии к зазору между контактами свечи, поэтому увеличение зазора на 0,25-0,5 мм может обеспечить более "сильную" искру, которая надежно поджигает топливовоздушную смесь, особенно обедненную смесь, или при высоких степенях сжатия двигателя. Более надежное начальное зажигание может, в свою очередь, увеличить скорость распространения фронта пламени, и это может потребовать небольшого запаздывания момента зажигания для достижения оптимальной мощности. Результатом может стать уменьшение мощности, если момент зажигания не корректируется от изменения времени распространения пламени. Обычно хватит лишь небольшого изменения; предположение опережения зажигания оправдано перед модификацией.



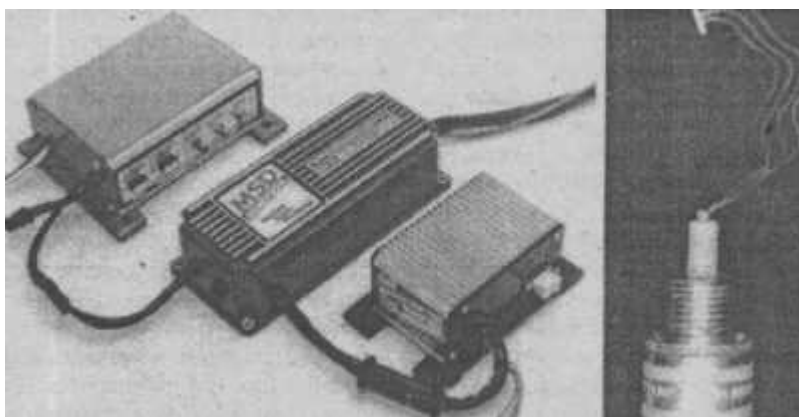
1 - электронная система зажигания; 2 - стандартная система зажигания

Приведенные графики показывают результаты серии контрольных испытаний, в которых контактная и бесконтактная системы зажигания были тщательно оптимизированы. Хотя увеличение мощности и экономии было типичным для этих систем, начальный прирост мощности и экономичности были только частью истории. После 16 000 км эксплуатации электронное зажигание по-прежнему обеспечивало мощную и своевременную искру. За это же время высокое напряжение в контактной системе зажигания заметно снизилось из-за эрозии контактов и износа блока, трущегося о кулачок вала.

Наибольшим преимуществом любой электронной бесконтактной системы зажигания является уменьшение необходимого текущего обслуживания распределителя зажигания. Это означает, что система зажигания будет работать с максимальной эффективностью в течение долгого времени, обеспечивая оптимальную экономию топлива и эффективность работы. Однако уменьшение объема обслуживания не означает полного его отсутствия. Большинство электронных систем зажигания по-прежнему используют механические устройства для увеличения или уменьшения угла опережения зажигания. Эти механизмы опережения зажигания требуют периодической проверки и обслуживания. Работа и настройка этих систем описаны в следующих разделах этой главы.

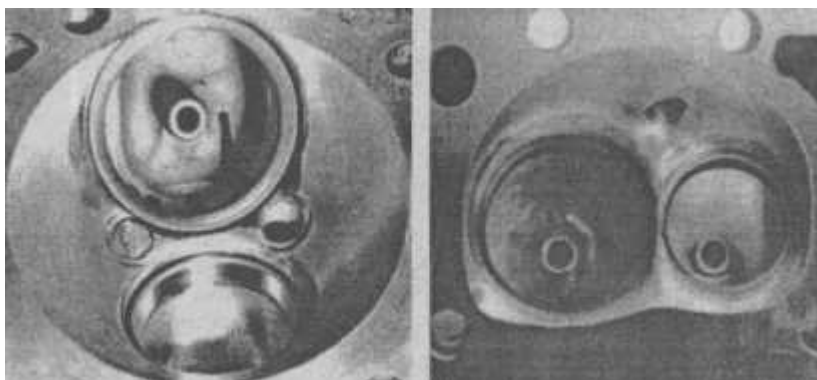
Многоискровое зажигание и увеличение продолжительности зажигания

В последние годы развитие многоискровых систем и систем зажигания с увеличенной продолжительностью искры добавили уникальные возможности как "усиленным", так и обычным системам зажигания. Вместо образования единственной короткой искры для зажигания эти системы выдают несколько высоковольтных искр или одну большей продолжительности. В многоискровых системах число искр за цикл зажигания может достигать до шести, когда промежуток времени между тактами рабочего хода самый большой. Когда обороты двигателя возрастают, количество искр уменьшается примерно до двух при высоких оборотах. В системах зажигания с увеличенной продолжительностью искры одна искра большой длительности проскакивает между электродами свечи, тогда как многоискровые системы выдают несколько искр на свече. В обоих случаях зажигание топливовоздушной смеси происходит более полно и сравнимо с качеством зажигания двигателей, оснащенных несколькими свечами зажигания.



Вместо генерации одной короткой искры многоискровые системы зажигания, подобные показанной здесь системе зажигания MSD от фирмы A UTOTRONIC CONTROLS, обеспечивают образование нескольких искр. На холостом ходу, когда промежуток времени между циклами рабочего хода самый большой, выдается не менее 6 искр, но их количество снижается до 2 при высоких оборотах двигателя.

Потенциальная мощность увеличивается у многоискровых систем или у систем с продолжительной искрой. Зависит она от характера распространения пламени в камерах сгорания. Некоторые головки блока цилиндров имеют конструкцию камер сгорания, которая обеспечивает нужную турбулентность распространения пламени; головки с неразделенными камерами сгорания небольшого объема обычно подпадают под эту категорию. Двигатели с такими головками обеспечивают очень малый прирост мощности от многоискрового зажигания или его может даже не быть вообще. С другой стороны, головки блока цилиндров с камерами сгорания неразделенного типа обычно обеспечивают медленные скорости распространения фронта пламени. На этих двигателях мощная искра большой продолжительности почти всегда повышает мощность, хотя невозможно предсказать этот прирост на конкретном двигателе. Он может составлять от практически нулевого до величины почти в 5%. Измеренный прирост мощности добавляется к приросту, обеспечиваемому хорошей системой электронного зажигания с оптимизированным моментом впрыска.



Увеличение мощности от многоискровых систем или систем с увеличенной продолжительностью искры зависит от характеристик распространения пламени в камерах сгорания. Головки блока цилиндров с разделенными камерами сгорания малого объема обеспечивают малый прирост мощности, тогда как большие камеры сгорания неразделенного типа почти всегда дают увеличение мощности, от небольшого до почти 5%.

На гоночных двигателях многоискровые системы и системы с увеличенной продолжительностью искры имеют большое значение, т. к. они помогают смягчить работу двигателя на холостом ходу и уменьшить замасливание и "заливание" свечей, которое часто мешает работе двигателя в течение нескольких первых секунд после старта автомобиля. Для двигателя повседневного применения эти высокотехнологичные системы зажигания могут улучшить разгон и уменьшить расход топлива.

Момент зажигания и опережение зажигания

Существует момент времени, обычно измеряемый в градусах поворота коленчатого вала до ВМТ, когда воспламенение топливовоздушной смеси обеспечивает максимальную мощность двигателя и эффективность его работы. Этот "участок" максимальной мощности, довольно узкий по времени, и мощность существенно упадет всего лишь в нескольких градусах поворота в любую сторону от этой почти максимальной точки. Если зажигание происходит слишком рано, то пик давления от сгорания будет воздействовать на поршень перед тем, как шатун и коленчатый вал будут находиться на одной линии, когда они могут эффективно преобразовать это давление во вращательное движение коленчатого вала. Если зажигание будет лишь слегка преждевременным, то результатом будет просто потеря мощности. Однако если зажигание происходит постоянно с опережением, то очень высокие давления и температуры могут привести к спонтанному сгоранию несгоревших газов в пространстве камеры сгорания, что приведет к образованию еще более высоких давлений. Это явление, называемое детонацией, может подплавить и/или образовать отверстия в поршнях, разломать поршневые кольца и в самом худшем случае могут быть повреждены шатуны и даже коленчатый вал.

Прежде всего, увеличение мощности может показаться довольно простой задачей, заключающейся в определении оптимального момента зажигания, а затем фиксации параметров системы зажигания для обеспечения образования искры точно в этот момент. К сожалению, оптимальный момент зажигания не является фиксированной величиной, более того, он изменяется в зависимости от числа оборотов и нагрузки двигателя. Для того чтобы понять, почему возникают эти сложности и как с ними обращаться, давайте вернемся немного назад и

внимательно рассмотрим процессы внутри цилиндра в высокооборотистом двигателе сразу же после того, как свеча зажигания начинает процесс сгорания.

Сгорание является относительно сложным процессом, но нам нужно обратить внимание только на основные моменты этой процедуры. За не-сколько первых миллисекунд после возникновения искры сгорание ограничивается небольшим объемом, около свечи зажигания. Рост давления, обусловленный этому сгоранию, очень медленный и его трудно обнаружить. Эта "медленная" ранняя фаза процесса сгорания, когда ничего заметного, кажется, не происходит, называется временем задержки воспламенения или углом запаздывания воспламенения. Он продолжается примерно от 5 до 10 градусов поворота коленчатого вала. Когда фронт пламени распространяется далее через эту смесь, скорость роста давления увеличивается очень быстро. Это начинается угол (период) эффективного сгорания, который продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто максимальное значение давления в цилиндре, это примерно в 40° позднее. Если зажигание началось в оптимальный момент времени, то максимальное давление в цилиндре достигается, когда поршень находится в наиболее благоприятном положении при такте рабочего хода для преобразования этого давления во вращательное движение и выходную мощность.

Эта относительно простая картина усложняется из-за нескольких факторов. Во-первых, из-за скорости, с которой фронт пламени движется через область сгорания при изменении оборотов двигателя. Это очень важно, так как при возрастании оборотов двигателя имеется меньше времени при каждом рабочем цикле для завершения процесса зажигания. К счастью, скорость распространения пламени часто увеличивается примерно пропорционально оборотам двигателя — главным образом из-за увеличения турбулентности потока в камере сгорания при увеличении оборотов двигателя. Это означает, что угол поворота коленчатого вала, при котором происходит сгорание, может оставаться относительно постоянным. Это соотношение является хорошо установленным, в основном из непосредственных измерений и из наблюдений и состоит в том, что высокооборотистые двигатели требуют небольшого опережения зажигания по сравнению с двигателями, которые работают с нормальными или даже с достаточно низкими оборотами. Очень хорошо, что скорость распространения пламени связана с оборотами двигателя, иначе была бы невозможна работа двигателей с искровым зажиганием при высоких оборотах, т. к. для эффективного сгорания было бы недостаточно времени.

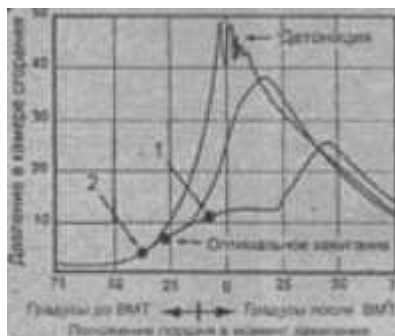
Вторым серьезным усложняющим фактором при определении оптимального момента зажигания является то, что скорость пламени изменяется при изменении плотности топливовоздушной смеси. Эти изменения плотности в основном происходят из-за изменения положения дроссельной заслонки. Когда дроссельная заслонка почти закрыта, вакуум во впускном коллекторе высокий, а плотность смеси низкая. В таких условиях скорость сгорания довольно низкая. С другой стороны, когда дроссельная заслонка широко открыта, и плотность смеси максимальная, скорость пламени тоже высокая.

В дополнение к оборотам двигателя и к плотности топливовоздушной смеси, скорость распространения пламени также изменяется в зависимости от основной конструкции двигателя. К примеру, форма камеры сгорания играет важную роль. Большая неразделенная камера сгорания (с минимальными потоком и турбулентностью) приводят к уменьшению средней скорости пламени по сравнению с меньшей камерой с малой площадью. Более того, объемная эффективность, степень сжатия, положение свечи зажигания, температура смеси и многое другое влияют на эффективность искры. Целью подбора момента зажигания являются контроль и оценка всех указанных параметров. Затем

система зажигания должна в нужное время выдать искру для достижения максимальной эффективности. На большинстве обычных, не управляемых компьютером систем зажигания эти "решения" реализованы в распределителе зажигания.

"Секреты" зажигания и сгорания

- "Окошко" максимальной мощности на характеристике зажигания довольно узкое. Если зажигание происходит слишком рано, то очень высокие давления и температуры в цилиндре могут привести к детонации, что может подплавить и/или выбить отверстия на поверхности поршня. Позднее зажигание приводит к низкому и позднему росту давления, увеличению расхода топлива и уменьшению мощности.
- Сгорание является комплексным процессом. В течение нескольких первых мили секунд после появления искры рост давления очень мал; этот период называется углом задержки воспламенения. Когда фронт пламени распространяется дальше по смеси, давление растет очень быстро: этот процесс соответствует углу эффективного сгорания. Давление сжатия представляет собой максимальное давление без сгорания.
- Скорость распространения пламени увеличивается почти пропорционально оборотам двигателя—в основном из-за увеличения турбулентности в камере сгорания. Иначе искровое зажигание не работало бы на высоких оборотах.
- Оптимальный момент зажигания изменяется при изменениях плотности смеси. Когда дроссельная заслонка почти закрыта, скорость сгорания низка и зажигание должно происходить раньше. Когда дроссельная заслонка открывается, скорость распространения пламени увеличивается, требуя более позднего момента зажигания.
- Форма камеры сгорания играет важную роль для скорости распространения пламени. Большая неразделенная камера вызывает низкую среднюю скорость пламени по сравнению с разделенной камерой малой площади. Большие камеры сгорания часто требуют большего опережения зажигания.



Система зажигания высокой энергии дает реальные улучшения для конструктора-форсировщика двигателей. Эта система ALLISON XR 700 заменяет контакты прерывателя и/или стандартные электронные узлы практически на любом двигателе; нормы токсичности этих двигателей укладываются во все нормы, в том числе и нормы штата Калифорния.

1 - позднее зажигание; 2 -раннее зажигание.

Управление опережением зажигания

Для поддержания оптимального момента зажигания обычно используется два механизма: центробежный (механический) регулятор, который изменяет момент зажигания при изменении числа оборотов двигателя и вакуумный регулятор, который изменяет момент зажигания в зависимости от нагрузки двигателя. До 1980 года эти механизмы были расположены на распределителе практически любого двигателя.

Механический (центробежный) регулятор

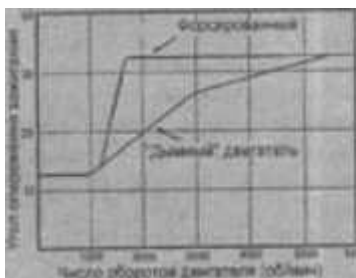
Скорость распространения пламени увеличивается с увеличением оборотов двигателя. Это соотношение не является прямо пропорциональным ниже 3000 об/мин и в двигателях с низкой степенью сжатия и с малой турбулентностью в камере сгорания. В этих ситуациях скорость сгорания увеличивается намного медленнее, и центробежный механизм опережения зажигания компенсирует этот медленный рост скорости сгорания путем опережения момента зажигания при увеличении оборотов двигателя, начиная с оборотов холостого хода. Однако при увеличении числа оборотов турбулентность поступающей смеси начинает ускорять распространение пламени и уменьшать время сгорания. Эта увеличившаяся скорость сгорания отодвигает необходимость дальнейшего опережения зажигания. Для соответствия этим изменениям времени сгорания большинство центробежных регуляторов быстро опережают момент зажигания при низких оборотах двигателя, но когда обороты двигателя превысят 2500-3000 об/мин момент зажигания удерживается постоянным или опережается очень незначительно. Если построить график зависимости лучшего центробежного опережения зажигания от числа оборотов двигателя, то кривая обычно резко возрастает примерно до 2500 об/мин, а после этого становится практически горизонтальной.



Опережение зажигания показанного здесь распределителя фирмы ACCEL может быть изменено для коррекции скорости путем замены пружин. Изменение величины опережения зажигания производится при перемещении маленького винта, имеющего головку с внутренним шестигранником (стрелка).

Центробежные регуляторы опережения зажигания обычно состоят из центробежных грузиков, которые удерживаются небольшими пружинами. Когда обороты двигателя растут, эти грузики стремятся сместиться наружу, преодолевая усилие пружин, и это смещение поворачивает кулачок контактов или якорь бесконтактного датчика в направлении вращения распределителя так, что зажигание происходит раньше (опережается). Скорость и величина опережения

зажигания определяются размером и формой грузиков, усилием пружин и другими факторами. Каждый из этих параметров может быть модифицирован для изменения характера опережения зажигания для более точного соответствия требованиям двигателя.



Кривые опережения зажигания форсированного и "дымного" двигателя. Угол опережения зажигания указан в градусах поворота коленчатого вала.

Многие кривые опережения зажигания стандартных распределителей для низкооборотных или "дымных" двигателей продолжают обеспечивать увеличение опережения зажигания, описываемое длинной и пологой кривой; максимальное опережение зажигания достигается только при высоких оборотах двигателя. Эти кривые могут быть довольно функциональными на двигателях с низкой степенью сжатия, использующих низкооктановое топливо. Эти двигатели ограничены по емкости системами впуска и выпуска газов, но это может значительно уменьшить мощность форсированного двигателя. Замена жестких пружин в механизме центробежного регулятора на более слабые сделает кривую опережения зажигания более крутой и возможно увеличит крутящий момент на средних оборотах. Тем не менее, нет каких-либо жестких правил: опережение зажигания должно подбираться каждому двигателю для получения оптимальных характеристик работы.



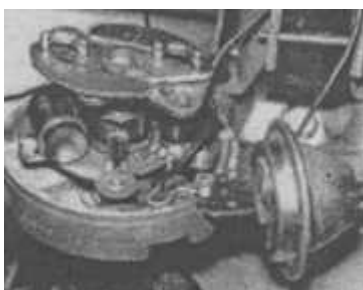
Вакуумный регулятор. Распределитель MSD поставляется с набором пружин, который позволяет конструктору добиться кривой опережения зажигания требуемой формы.

Вакуумный регулятор

Другим важным фактором, влияющим на момент зажигания, является изменение времени сгорания при изменении плотности топливовоздушной смеси. Так как плотность смеси намного ниже, когда дроссельная заслонка частично закрыта, давление в цилиндре, турбулентность и скорость распространения пламени будут уменьшены. В результате для сгорания смеси необходимо больше

времени в форме дополнительного опережения зажигания. Так как плотность смеси и скорость пламени непосредственно связаны с вакуумом коллектора, то для увеличения или уменьшения величины опережения зажигания обычно используется вакуумный регулятор независимо от центробежного регулятора.

Практически все вакуумные регуляторы опережения зажигания обычно используют подпружиненную диафрагму, которой противодействует вакуум коллектора и/или источник вакуума. Эта диафрагма соединена с пластинкой контактного прерывателя или магнитного датчика с -помощью соединительного рычага. При высоком уровне вакуума диафрагма втягивается, противодействуя пружине. Это перемещает пластину прерывателя в направлении, противоположном направлению вращения вала распределителя, запуская контакты или магнитный датчик раньше и смещая момент зажигания в сторону опережения. Когда дроссельная заслонка открывается, вакуум уменьшается, пружина в узле диафрагмы возвращает пластину прерывателя в ее стандартное положение, сокращая дополнительное опережение зажигания, которое в противном случае привело бы к стукам и детонации при высоких нагрузках.



Вакуумный регулятор

Полезно рассматривать систему вакуумного опережения зажигания в качестве управления зажиганием, чувствительного к нагрузкам двигателя. Так как вакуумный регулятор действует постепенно, когда требования по мощности уменьшаются, т. е. в движении, эта система является одним из наиболее важных факторов в системе зажигания, влияющих на экономию топлива в режиме нормального городского движения. Если экономия топлива является важным фактором, двигатель должен быть оснащен функционирующим и тщательно проверенным вакуумным регулятором опережения зажигания.

Настройка момента зажигания

Когда производятся серьезные модификации двигателя, то требования к опережению зажигания будут наверняка изменены. Таблица требований к кривой опережения зажигания, приводимая далее, показывает, как типичные модификации влияют на характеристики опережения зажигания. Для обеспечения эффективной работы и экономии топлива кривые опережения зажигания могут оптимизироваться в каждой комбинации конкретного двигателя и шасси (нагрузки). Регулировка центробежного регулятора — довольно простой процедурой, которая в чем-то совпадает с известным методом проб и ошибок. Она обычно заключается в подборе центробежных грузиков и стягивающих пружин до тех пор, пока не будет достигнута кривая желаемой формы.

Когда вы подбираете свою кривую опережения зажигания, то есть одна уловка, которую используют некоторые конструкторы и гонщики, чтобы помочь уменьшить изменения момента зажигания при высоких оборотах. Проверки

показали, что в механизмах со штифтами и пазами изменения моментов зажигания могут иметь место, когда штифты вибрируют в концах пазов, в которых они двигаются. Для предотвращения этого сначала установите пружину, которая обеспечивает такую кривую опережения зажигания, которую вы рассчитываете получить. Затем, вместо того, чтобы позволить штифтам центробежных грузиков передвинуться до своего предела, добавьте вторую пружину с высоким усилием, которая прибавит несколько градусов дополнительного опережения зажигания даже при максимальных оборотах. Это предотвращает касание штифтами грузиков их стопоров и сокращает изменения момента зажигания. Вдобавок, дополнительное опережение зажигания может компенсировать запаздывание момента зажигания из-за растяжения цепи привода распредвала и смещения кулачка на некоторых двигателях.

Тонкая настройка вакуумного опережения зажигания может быть намного более сложной, чем настройка центробежного регулятора, так как большинство камер вакуумных регуляторов являются нерегулируемыми. Некоторые энтузиасты, однако, модифицируют величину вакуумного опережения зажигания путем изменения стопоров тяг привода на вакуумной колодке. Некоторые владельцы автомобилей "Форд" производят регулировку усилия пружины внутри входного ниппеля на вакуумных камерах, что помогает настроить скорость изменения и начало кривой опережения зажигания. Для тех, кто может использовать это, такая регулировка обеспечивает быстрый "отход" от стуков и детонации при частично открытой дроссельной заслонке. Для тех автомобилей, которые не имеют регулируемых вакуумных диафрагм, поиск лучшей вакуумной камеры из сотен взаимозаменяемых узлов может быть бесконечным. Легким решением является установка специальной камеры для вакуумного регулятора. Эти вакуумные диафрагмы используют регулировку, подобную применяемой на автомобилях "Форд", а в определенных пределах они могут удовлетворять большинству требований.

Когда рассматривается объединенное влияние исходного центробежного и вакуумного опережения зажигания, то ситуация быстро становится очень сложной. Лучшим способом гарантии оптимального опережения зажигания при всех оборотах двигателя и разных условиях работы является тщательная проверка автомобиля на динамометрическом стенде. Опытный оператор может точно оценить обороты и мощность и определить точное опережение зажигания, которое диктуется условиями работы. Эти кривые должны быть получены из данных, измеренных при частично и полностью открытой дроссельной заслонке для определения характеристик центробежного и вакуумного опережения зажигания. После того, как оператор стенда определит то, что требуется, обычно используется стенд для проверки распределителей, на котором проверяются и изменяются механизмы опережения зажигания до тех пор, пока не будут получены требуемые кривые.

Форсированный двигатель не выдает большую мощность при большом опережении зажигания. Когда процесс сгорания внутри цилиндра становится более эффективным, скорость фронта пламени увеличится, и двигатель будет требовать меньшего опережения зажигания для обеспечения максимальной экономии и мощности. Когда вы устанавливаете опережение зажигания, знайте, что какое-то является хорошим, большее может уменьшать мощность, а чрезмерное разрушит двигатель. Всегда будьте уверены, что опережение зажигания при полностью открытой дроссельной заслонке ограничивается ниже точки детонации: если вы позволяете кривой опережения зажигания стать слишком "правильной", то вы пожалеете об этом!

У большинства высокооктановых бензинов большие времена задержки воспламенения (углы задержки воспламенения) чем у обычных бензинов заправочных станций. Вообще говоря, двигатели, работающие на специальном бензине, требуют немного большего опережения зажигания для обеспечения максимальной мощности, примерно на 2-5° больше начального или центробежного опережения зажигания обычно смещают время задержки воспламенения при использовании высокооктановых бензинов.

Требования к кривой опережения зажигания

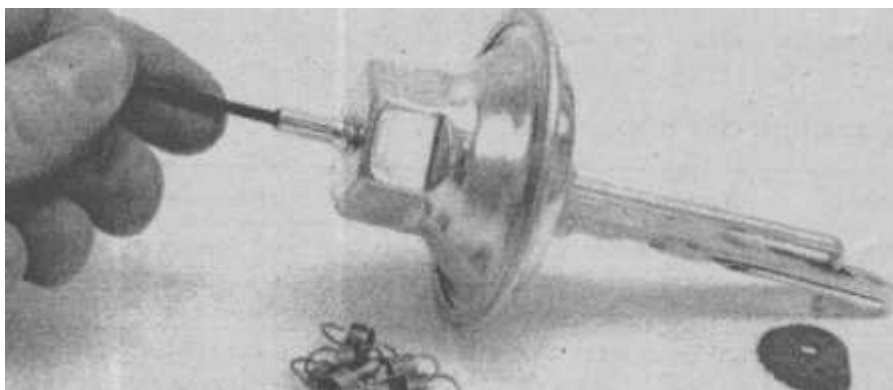
Если вы делаете значительные изменения на двигателе, который имеет оптимальные кривые опережения зажигания вакуумного и центробежного регуляторов, эта таблица поможет вам определить новые кривые опережения зажигания для достижения максимальной мощности.

Требования к кривой опережения зажигания

Модификация	Вакуумный регулятор	Центробежный регулятор
Увеличение степени сжатия	Запаздывание всей кривой	Меньшее общее опережение, особенно при пиковой мощности (более жесткие пружины и уменьшение смещения грузиков)
Добавление системы впуска с высоким потоком	Остается неизменным	Меньшее опережение во всем диапазоне оборотов (более мощные пружины уменьшение смещения грузиков)
Добавление впускных коллекторов	Возможно необходимо опережение/запаздывание в зависимости от температуры смеси и состава выхлопных газов	Если загрязнение смеси уменьшается, то температуры смеси обычно становятся ниже. Это часто требует небольшого увеличения опережения зажигания во всем диапазоне оборотов (более слабые пружины и большее смещение грузиков)
Распредвал с более длительным периодом открывания клапанов	Уменьшить натяжение пружины в диафрагме, чтобы кривая росла быстрее	Начальному опережению зажигания нужно быть быстрее и в меньшей степени общее опережение должно происходить при более низких оборотах (это достигается с помощью менее жестких пружин)
Нагнетатель (наддув)	Нужен специальный вакуумный регулятор с уменьшенным рабочим давлением	Общее опережение зажигания должно быть уменьшено, а кривая должна расти медленнее (более жесткие пружины и меньшее смещение грузиков)
Турбонагнетатель (турбокомпрессор)	Нужен специальный вакуумный регулятор с уменьшенным рабочим давлением	Уменьшить общее опережение зажигания совместно с быстрым начальным участком кривой. "Медленная" кривая при работе турбонаддува (используя комбинацию слабых и жестких пружин плюс уменьшенное смещение грузиков)
Чугунные головки блока цилиндров с каналами	Остается неизменным	Расширьте высокооборотистую часть кривой (добавьте одну жесткую пружину)

Алюминиевые головки блока цилиндров	Уменьшенные температуры поверхности требуют немного большего опережения зажигания (увеличить опережения и слегка уменьшить пружины)	Часто требует меньшего общего опережения из-за лучшего наполнения цилиндров, но более быстрый начальный участок кривой из-за низких скоростей потока в каналах и завихрений более слабые пружины и небольшое уменьшение смещения грузиков)
Переход на этилированный бензин (с таким же октановым числом)	Уменьшить общее опережение зажигания (увеличить натяжение пружины и значение опережения)	Уменьшить общее опережение зажигания, увеличить натяжение пружины и уменьшить смещение грузиков)

Замечание. *Исключение свинца из состава бензина уменьшает задержку воспламенения и требует опережения зажигания. Этилированный бензин сгорает медленнее и требуется большее опережение зажигания.*



Точная настройка вакуумного регулятора будет несложной, если вы используете регулируемую вакуумную камеру, подобную показанной здесь камере производства фирм CRANE CAMS или MR. GASKET. Такие диафрагмы используют регулировочный винт, подобный винту на некоторых узлах автомобилей "Форд" и в определенных пределах он может быть настроен в соответствии большинству требований. Вакуумная камера фирмы CRANE включает в себя предельную регулировку для максимального опережения.

Электронное управление опережением зажигания

В течение многих лет производители автомобилей использовали сложные компьютерные системы для регулировки момента зажигания. Многие из этих микропроцессорных систем не используют механические центробежные грузики, и иногда общая вакуумная камера заменяется или дополняется вакуумным преобразователем. Момент зажигания "вычисляется" много раз за секунду по информации, получаемой от различных датчиков, расположенных на двигателе или внутри него. Гоночные версии этих систем управления теперь используются многими командами участвующих в гонках различного уровня. Хотя компьютеры гоночных автомобилей выполняют те же самые основные функции, что и промышленные системы, они созданы с целью "выжать" несколько дополнительных лошадиных сил из тех экзотических двигателей, на которых они установлены. Они надежны, обеспечены "обучаемым" тренером, позволяющим легко производить изменения момента зажигания (и подачи топлива), и когда они установлены, то система точно повторяет запрограммированные в них функции без необходимости обслуживания.

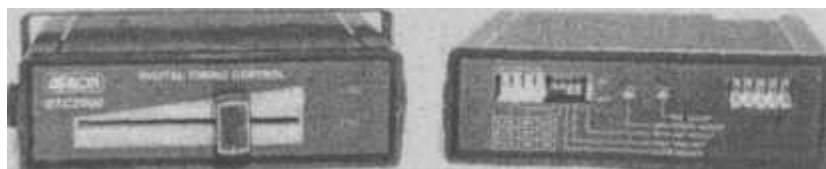
Мечтой конструкторов-энтузиастов является изменение кривой опережения зажигания путем поворота простого регулировочного винта. Это реализуется на гоночных моделях благодаря тем же высоким технологиям, которые развивали профессиональные гонщики-конструкторы и инженеры-автомобилестроители. Фирма AUTOTRONIC CONTROLS разработала доступные электронные системы, которые полностью заменяют центробежный регулятор. Хотя пока сделана только одна электронная замена для вакуумной камеры для двигателей с наддувом, но это всего лишь вопрос времени, чтобы был создан прибор для обычных атмосферных двигателей.



Устройство PROGRAMMABLE TIMING COMPUTER.

Устройство PROGRAMMABLE TIMING COMPUTER от фирмы AUTOTRONIC разработано для работы с многоискровыми модулями зажигания (MSD). Три регулировки, выполняемые с помощью маленькой отвертки, обеспечивают возможность изменения некоторых параметров кривой опережения зажигания:

- регулировка начального опережения зажигания (INITIAL TIMING ADJ) изменяет максимальное опережение зажигания, которое может выдать электронный блок. Он регулируется от Нулевого опережения зажигания или "плоской" кривой до максимального значения в 30°;



Фирма ALLISON ELECTRONICS разработала цифровое устройство управления моментом зажигания, которое использует сложную электронику для обеспечения возможности регулировок опережения зажигания и формы кривой опережения зажигания прямо с водительского сиденья. Устройство DTC 2500 также включает в себя ограничитель оборотов (который использует резким установкой половинных оборотов) и автоматическое запаздывание момента зажигания для двигателей с впрыском окиси азота и с наддувом.



Устройство MICRO PLUS/ SYSTEM II от фирмы EDELBROCK предлагает сложное компьютерное управление для автомобилей без компьютера. Оно выдает 8 "механических" кривых опережения зажигания, "чувствует" вакуум впускного коллектора и выдает кривую вакуумного опережения зажигания, содержит

ограничитель числа оборотов, автоматически защищает двигатель от детонации и работает совместно с распределителями OEM, ACCEL, MALLORY и MSD.

- Регулировка числа оборотов (RPM ADJ) указывает блоку, при каком числе оборотов двигателя начинать кривую опережения зажигания. Она регулирует обороты от 1000 об/мин до 3000 об/мин;
- Регулировка наклона (SLOPE ADJ), которая изменяет количество градусов опережения зажигания на каждые 1000 об/мин увеличения оборотов двигателя. Нижний предел этой регулировки дает длинную медленную кривую с изменением $0,5^\circ$ на 1000 об/мин, а в другом крайнем положении регулировочного винта получается очень резкая кривая с изменением опережения зажигания на 20° на каждые 1000 об/мин.

Эти регулировки могут быть произведены при работающем двигателе (между заездами на гонках) или при испытаниях двигателя или автомобиля на стенде. Этот маленький электронный блок превращает настройку двигателя в веселую игру.

Этот PROGRAMMABLE TIMING COMPUTER должен использоваться совместно с распределителем, который не имеет центробежного регулятора или когда механизм регулятора заблокирован.

Специализированные детали



Эта катушка зажигания MSD PRO POWERS для профессиональных гоночных двигателей включает в себя различные материалы, в том числе изоляторы из специального алкида и полиэстера, внутренние детали, связанные эпоксидными клеями, трансформаторное масло высокого сопротивления и некоторые экзотические металлические сплавы для увеличения напряжения на вторичной обмотке катушки.

В последние несколько лет ассортимент товаров, предлагаемых для форсировки двигателей, существенно изменился, особенно в области систем зажигания. "Грубые" электронные тахометры и ограничители оборотов сменились сложными микроэлектронными устройствами, которые более надежны и компактны. Однако достоинства электроники добавили больше, чем надежность деталей. Энтузиасты-конструкторы в многочисленных фирмах и магазинах могут приобрести различные электронные устройства, которые созданы в последние годы. Этих устройств очень много, далее будут рассмотрены некоторые из них.

Высоковольтные катушки зажигания

Катушка зажигания может на первый взгляд не показаться очень высокотехнологичным продуктом. Однако когда вы представите себе, что современные катушки для форсированных двигателей рассчитаны на противостояние высоким температурам в течение многих лет и бесконечным воздействиям импульсов напряжения до 60 000 в, ваше мнение может измениться. Многие катушки зажигания высокой энергии используют различные высокотехнологичные материалы, такие как изоляторы из алкида и полиэстера, внутренние детали, соединенные эпоксидными клеями для противостояния вибрациям, трансформаторное масло высокого сопротивления для улучшения внутренней изоляции и охлаждения и экзотические металлические сердечники для увеличения напряжения на вторичной обмотке.



Использование катушки для гоночного двигателя (подобной показанной здесь катушке MSD BLASTER 3) с низким сопротивлением первичной обмотки (0,7 ом) на системе зажигания обычного двигателя может привести к выходу деталей из строя и даже их воспламенению

Видя все эти преимущества, многие конструкторы-энтузиасты устанавливают на двигатель катушку зажигания высокой энергии, не изучая инструкций по ее установке. Сразу же сгорают балластный резистор, электронный блок управления или сама катушка. Почему это происходит? Подобно обычному бытовому предохранителю, который перегорает, когда в цепи появляется слишком большая нагрузка, катушка зажигания высокой энергии может потреблять избыточный ток из первичной цепи, если она неправильно установлена или неправильно используется. Величина тока в катушке зажигания, потребляемого из первичной цепи, определяется сопротивлением первичной обмотки, которое зависит от количества витков и толщины провода.

Сопротивление первичной обмотки катушки зажигания может сильно различаться, изменяясь от сотен Ом до долей Ома, т.е. более чем в 100 раз. Вдобавок к этому, большинство катушек предусматривает использование балластного резистора для ограничения тока в первичной цепи, и его сопротивление также может сильно различаться. Возможные комбинации катушек и балластных резисторов могут быть различными, но только некоторые из них обеспечивают эффективную и надежную работу в конкретной системе зажигания.

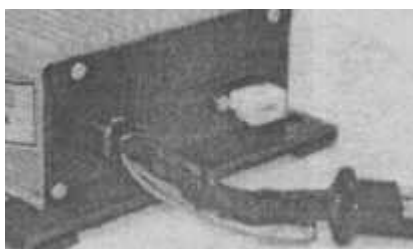
Некоторые катушки зажигания специально конструируются для использования со стандартными контактными системами зажигания, в которых ток первичной обмотки должен поддерживаться на минимальном уровне. В таких случаях сопротивление первичной обмотки и балластного резистора должны поддерживаться высокими. Другие высоковольтные катушки зажигания предназначены для получения большей мощности в первичной обмотке при использовании с электронными системами управления. Эти системы могут надежно управлять большими токами, т. е. сопротивление первичной обмотки у таких катушек будет низким. Однако, некоторые "гоночные" катушки предназначены всего лишь для 2-3 минут непрерывной работы. Использование одной из таких катушек на "обычном" (т. е. не гоночном) двигателе неизбежно приведет к выходу деталей системы зажигания из строя и может даже вызвать их

воспламенение. Вывод: всегда используйте такую катушку зажигания, которая предназначена для работы на двигателе вашего типа. В случае сомнений проконсультируйтесь со специалистом.

Ограничители оборотов двигателя

Ограничители оборотов двигателя не являются чем-то новым. Механические устройства отключения для гоночных двигателей были очень популярны в 60-е годы. Их было довольно трудно установить и отрегулировать, но они предотвращали повреждения дорогостоящего гоночного двигателя при включении передачи в трансмиссии или при выходе из строя деталей трансмиссии. В конце 60-х - начале 70-х годов были созданы электронные устройства ограничения числа оборотов двигателя. Их было гораздо легче установить, чем механические устройства, но, к сожалению, многие из них были не очень надежными. Известна одна гонка, которая была проиграна, когда электронное устройство ограничения оборотов двигателя отключило двигатель по каким-то "своим" соображениям.

В наши дни надежность реально возросла и возможности устройств ограничения оборотов заметно расширились. Одна из систем управления, также выпускаемая фирмой AUTOTRONIC CONTROLS, не только предотвращает "перекручивание" двигателя, но также ограничивает обороты двигателя до 3000 об/мин, когда охлаждающая жидкость слишком холодная или слишком горячая. Система включает в себя устройство SHIFT ALERT, которое сообщает водителю писком о нарушениях в момент переключения.



Этот "хитрый" электронный ограничитель оборотов MSD имеет расширенные возможности.

Многие электронные устройства, которые просто управляют оборотами двигателя, не являются простыми. Более старые узлы просто выключали зажигание при определенном числе оборотов. Цилиндры и свечи зажигания могут быть залиты несгоревшим бензином, и когда зажигание будет включено снова, двигатель будет "кашлять" и "плевать". В худшем случае несгоревшее топливо может привести к заклиниванию поршня и к повреждениям поршневых колец. Новые "хитрые" блоки управления программируются для пропуска зажигания в одном цилиндре, переходя затем к другому, всегда предоставляется возможность сработать в следующем цикле тому цилиндру, в котором был пропуск зажигания. Этот круговой принцип предотвращает двигатель от превышения определенного числа оборотов без обратных вспышек, чрезмерно жесткой работы и от повреждений.

Переключатели, срабатывающие от оборотов

Эти устройства подобны устройствам ограничения оборотов, в которых они срабатывают при определенном числе оборотов, но они срабатывают в соответствии с требованиями потребителя. Возможно, наиболее частым применением является информирование водителя о том, что достигнуты обороты, при которых должно происходить переключение передач, с помощью лампочки или зуммера. Однако эти программируемые устройства также могут быть использованы для включения системы впрыска окиси азота или второго этапа двухэтапной системы, когда автомобиль движется достаточно быстро на первой передаче, для управления дополнительной мощностью. Дополнительными областями применения является включение запаздывания момента зажигания при высоких оборотах или срабатывание воздушных переключателей для трансмиссий Lenco Liberty, используемых на некоторых гоночных автомобилях.

Некоторые переключатели, срабатывающие от оборотов, регулируются ручкой или с помощью отвертки, другие используют штекеры с переключками, которые имеются для регулировки с шагом 100 об/мин. Большинство переключателей будут работать с различными системами зажигания, они относительно недороги, их легко установить.

Устройства управления моментом зажигания для двигателей с наддувом

Двигатели с наддувом, которые используют давление наддува более 0,35 кгс/см², часто страдают от детонации, пока не будут приняты специальные меры. Одной из таких мер является запаздывание общего момента зажигания, когда давление наддува увеличивается. Фирма AUTOTRONIC CONTROLS делает устройство для регулировки момента зажигания (называемое BOOST TIMING MASTER) прямо для таких применений. Устройство обеспечивает запаздывание момента зажигания на 0,2 - 1° на каждые 0,07 кгс/см² давления наддува. Эта регулировка, производимая с помощью ручки, расположенной рядом с местом водителя, может помочь избавиться от детонации.



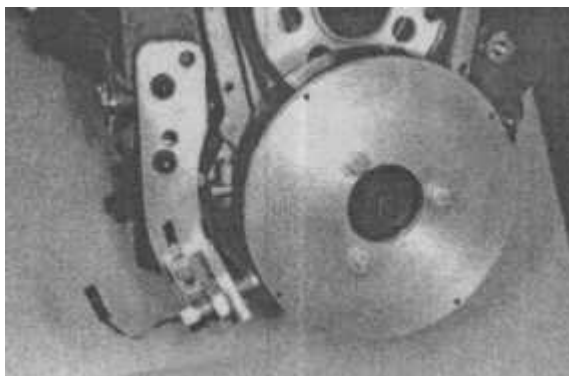
Устройство BOOST TIMING MASTER фирмы MSD.

Другая версия устройства управления моментом зажигания для двигателей с наддувом оснащается встроенным вакуумным регулятором. Многие обычные вакуумные регуляторы плохо работают на двигателях с наддувом, так как они могут вызвать изменения момента зажигания или будут повреждены при высоких

давлениях наддува. Устройство BOOST MASTER WITH VACUUM ADVANCE фирмы AUTOTRONICS обеспечивает опережение зажигания до 15° при небольшом открывании дроссельной заслонки и запаздывание момента зажигания при работе нагнетателя. Характеристики опережения и запаздывания зажигания полностью регулируются.

Системы зажигания с запуском от коленчатого вала и маховика

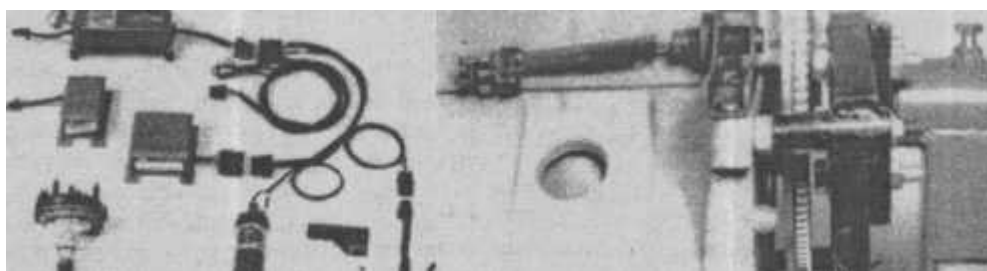
Отклонения от оптимального момента зажигания означают потери мощности. В условиях гонок растяжение цепи привода газораспределительного механизма, перекручивание распредвала или вибрация вала распределителя могут означать потерю нескольких лошадиных сил, а это может привести к проигрышу гонки. Вибрация вала распределителя обычно передается от масляного насоса, который приводится в движение общим приводным валом. Когда момент зажигания должен быть как можно более точным, магнитный датчик может быть перенесен с распределителя на коленчатый вал.



Система MSD. Магнитный датчик, расположенный рядом с алюминиевым колесом, генерирует электрический импульс каждый раз, когда магнит на колесе проходит рядом с ним, а блок управления использует сигнал для запуска системы зажигания.

Многие гоночные автомобили используют систему зажигания с запуском от передней части коленчатого вала, в которой алюминиевое колесо диаметром 175 или 200 мм с 4 магнитами, соединено с торсионным гасителем колебаний. 4-х и 6-ти цилиндровые двигатели имеют 2 и 3 магнита соответственно. Магнитный датчик, расположенный рядом с колесом, генерирует электрический импульс каждый раз, когда один из магнитов на колесе проходит рядом с ним. Блок управления использует этот сигнал для запуска системы зажигания. Это очень точная система с очень стабильным моментом зажигания, но в ранних конструкциях у нее было несколько недостатков. Возможно, наиболее очевидная проблема состоит в том, что момент зажигания зафиксирован, без опережения или запаздывания. Чтобы обойти эту проблему и тот факт, что практически невозможно завести двигатель при полном опережении зажигания, многие системы с запуском от коленчатого вала используют второй датчик, установленный рядом с первым, который посылает запаздывающий сигнал "запуск" при проворачивании двигателя стартером (датчик выбирается вручную с помощью специального переключателя). Другим недостатком системы зажигания с запуском от коленчатого вала, кроме ее стоимости, является то, что ее трудно использовать с обычным дополнительным оборудованием с приводом от клинового ремня, так как запускающее "колесо" занимает довольно много места в передней части двигателя. В заключение, деликатный магнитный датчик

расположен близко к земле, и его можно повредить о камни и другие неровности дороги, а также летящей грязью. Все эти факторы в сумме делают систему зажигания с запуском от коленчатого вала непрактичной для двигателя повседневного использования, во всяком случае, так было до недавнего времени.



Показанная система зажигания MSD с запуском от маховика использует магнитный датчик, расположенный рядом с маховиком и определяющий • проходящие рядом магниты.

Вариантом системы с запуском от коленчатого вала является система с запуском от маховика. Как следует из ее названия она не использует запускающее колесо, расположенное в передней части двигателя; магнитный датчик расположен рядом с маховиком двигателя. И он "засекает" проходящие рядом магниты, обычно установленные в головках 4-х болтов, расположенных точно в 45° на маховике. Эта конструкция эффективно уменьшает две проблемы, имеющиеся в обычной системе зажигания с запуском от коленчатого вала: помехи от приводных шкивов дополнительного оборудования и расположение датчика в месте, где он моментом зажигания, PROGRAMMABLE COMPUTER таким как TIMING фирм AUTOTRONICS, предложенным в предыдущем разделе, то эта система подходит для использования как в гоночных, так и в обычных двигателях. Хотя это может быть слишком для обычного двигателя, но может быть привлекательным для сторонников высоких технологий.

Настройка системы зажигания

Если вы переходите с обычной системы зажигания на электронную, то имеется несколько улучшений (настроек), которые могут оптимизировать и поддерживать эффективную работу двигателя. Никакие из этих изменений не могут дать большого эффекта по отдельности, но в сумме они могут обеспечить заметный прирост мощности и улучшение экономичности.

Оптимизированный ранее момент зажигания может измениться, когда устанавливается электронное зажигание. Точная природа этого изменения будет определяться характеристиками электронной схемы и конструкцией бесконтактного датчика. Наиболее частым отклонением, обнаруженным на некоторых электронных системах зажигания, является тенденция этих систем к запаздыванию момента зажигания на высоких оборотах. Это обычно нежелательное "встроенное" запаздывание является более обычным, чем многие думают, хотя и не все системы страдают от него. Чтобы избежать этой проблемы или хотя бы уменьшить ее, необходимо проверить момент зажигания на высоких оборотах, желательно с помощью испытательного стенда. Бывают случаи, когда запаздывание зажигания на высоких оборотах может быть желательным. К примеру, двигатели с турбонаддувом часто выигрывают от некоторого запаздывания зажигания на высоких оборотах, особенно, если давление наддува

увеличивается с ростом оборотов двигателя. Но обычно запаздывание момента зажигания на высоких оборотах вредно и для мощности, и для экономичности.

При установке электронного зажигания можно обычно увеличить зазоры между электродами свечей зажигания. Более высокое напряжение и увеличенная энергия искры, получаемые во многих системах зажигания, могут обеспечить эффективное искрообразование в более широком зазоре и качественное сгорание смеси. Однако, при увеличении зазора в свечах более чем на 1,25 мм, роста мощности практически нет. Напряжение, требуемое для того, чтобы искра проскочила в этом увеличенном зазоре, возрастает очень быстро, и некоторые системы зажигания могут надежно обеспечить такой уровень напряжения в течение длительного времени. Вдобавок, подача этого высокого напряжения к свечам довольно проблематична: напряжение идет в любом направлении, кроме нужного. Очень высокое напряжение на вторичной обмотке катушки зажигания может проходить даже сквозь изоляцию стандартного высоковольтного провода, приводя к пробое изоляции, искрам между проводами и заземлением, пропускам зажигания и к потерям мощности.

На современных форсированных двигателях повреждение изоляции является только одной проблемой, вызванной высокими значениями напряжения на вторичной обмотке. Невидимая высокочастотная энергия излучается со всех проводов, по которым идет электрический ток, особенно, если высоковольтные провода затвердели или имеют низкоккачественные сердечники для подавления радиопомех. Это радиоизлучение высокой частоты может вывести из строя электронные микросхемы, используемые во многих электронных блоках, особенно в компьютерах управления двигателем, которые управляют не только моментом зажигания, но также и впрыском топлива, контролируют токсичность выхлопных газов и даже моменты переключения передач на многих стандартных автомобилях. Решением этой проблемы является поддержание высокого напряжения в разумных пределах путем обеспечения зазоров между электродами свечей зажигания, меньших, чем 1,25 мм, и использование только лучших высоковольтных проводов. Вы можете обеспечить дополнительную защиту высоковольтных проводов, вставив их в трубки из стеклоткани, которые очень устойчивы к воздействию температуры. Высокая температура является обычно причиной ускоренного выхода проводов из строя.

В заключение, более «горячая» искра может обеспечить работу двигателя на слегка обедненной смеси. Если карбюратор регулируется для подачи этой обедненной смеси, может быть необходимым переустановить момент зажигания еще раз, чтобы добиться оптимального момента зажигания. Этот цикл настройки "карбюратор — зажигание — карбюратор" может дать заметные улучшения в экономичности двигателя при частично открытой дроссельной заслонке и, если провести эту настройку при широко открытой дроссельной заслонке, то можно также добиться улучшения в максимальной мощности.

Диагностика неисправностей системы зажигания

Диагностика неисправностей свечей зажигания

Свечи зажигания могут привести к неудовлетворительному зажиганию задолго до того, как они откажут полностью. При использовании в форсированных двигателях срок службы свечей зажигания составляет примерно 16 000км, если они работают в стандартной контактной системе зажигания и от 32 000 до 40 000 км, если они работают в качественной высоковольтной системе зажигания. Если

имеют место случайные пропуски зажигания, или вы чувствуете снижение мощности, а свечи работают уже долго, то выкрутите их и замените новыми.

Диагностика неисправностей высоковольтных проводов

В настоящее время имеется много типов высоковольтных проводов, и даже самые простые провода должны обеспечивать подавление высокочастотных помех, которые приводят к сбоям в работе электронных блоков управления. Самый дешевый тип помехоподавительных проводов сделан из обыкновенного недорогого углеродистого жгута, известного как резистивный провод. Для использования в форсированных двигателях такие провода должны подбираться только соответствующего типа, так как сопротивление уменьшает напряжение, подводимое к свечам зажигания, а изоляция, используемая на большинстве проводов, быстро разрушается от воздействия высокого напряжения и тепла. Вдобавок, когда углеродный жгут в центре провода стареет, его электрическое сопротивление растет, сильнее уменьшая энергию искры. Лучшим типом провода является тип с силиконовой изоляцией и со спиральной намоткой металлической нитью. Эти провода подавляют радиопомехи индуктивным, а не резистивным методом, поэтому они имеют малое сопротивление току и увеличивают энергию искры.



Здесь показан легкий путь проверки полярности подключения вашей катушки зажигания. Удерживая конец высоковольтного провода рядом с заземлением, вставьте грифель карандаша в этот зазор. Если искра больше в зазоре между концом карандаша и заземлением (слева), то полярность правильная, а если их больше в другом зазоре, то полярность обратная

Имейте в виду, что некоторые провода с углеродными нитями могут быть источником пропусков зажигания, хотя снаружи могут выглядеть очень хорошо. Внутри провода могут происходить небольшие повреждения, и когда искра проскакивает в этом отверстии, то оно увеличивается. В конце концов, зазор (отверстие) может стать таким большим, что до свечи зажигания будет доходить недостаточное напряжение, результатом этого будут пропуски зажигания. Отсюда следует вывод: если вы хотите добиться лучшей работы от вашего двигателя, приобретите лучшие провода, которые сможете найти.

Тщательно проверьте сердцевину (проводник) и изоляцию провода перед покупкой. Если провода имеют углеродистый проводник, то имейте в виду, что их нужно заменять каждый год. Если провода проходят вблизи выпускных коллектора или труб, то убедитесь, что они имеют хорошую теплоизоляцию из резины с силиконом. Как правило, фирмы-производители проводов уверяют, что они используют силиконовую изоляцию, но часто наружный слой состоит лишь из

резины с добавлением силикона. Эти дешевые провода не будут противостоять теплу, излучаемому от выпускного коллектора, в течение долгого времени.

Диагностика неисправностей полярности катушки зажигания

Диагностика неисправностей любой системы зажигания должна включать в себя проверку того, что вторичная обмотка катушки зажигания подает напряжение правильной полярности к свечам зажигания. Прежде всего, вы можете спросить, какая может быть разница, когда искра проскакивает от центрального электрода к боковому электроду свечи, между правильной и обратной полярностью? Ответ состоит в том, что обратная полярность вторичной обмотки требует повышенного на 20-40 % напряжения вторичной обмотки, чтобы искра проскочила в том же самом зазоре между электродами свечи. Смысл в том, что центральный электрод разогревается сильнее, чем боковой электрод и это дополнительное тепло придает дополнительную энергию электронам, давая им некое ускорение для преодоления зазора. Это преимущество будет утеряно, если полярность будет обратной. Но как проверить правильную полярность? Имеется 3 способа: во-первых, нужно убедиться, что первичная обмотка катушки зажигания подсоединена правильно, т. е. положительный провод подсоединен к аккумуляторной батарее (в системе электрооборудования с отрицательным заземлением), а провод с отрицательной стороны катушки идет либо к контактам, либо к блоку управления (коммутатору), либо прямо на заземление. Второй способ — использование высоковольтного вольтметра. Подсоедините положительный провод вольтметра к высоковольтному проводу на свече зажигания, а отрицательный провод к заземлению и заведите двигатель. Стрелка вольтметра должна двигаться "вверх" по шкале, если полярность правильная. Если вы не можете добраться до контакта, и у вас нет вольтметра, то есть третий надежный способ для проверки полярности высокого напряжения, и он очень дешевый. Воспользуйтесь обычным карандашом! Заточив грифель карандаша примерно на 1 см, расположите один конец оголенного высоковольтного провода примерно 6,5-13 мм от заземления. Вставьте заточенный конец карандаша, взявшись за деревянную часть карандаша плоскогубцами с изолированными ручками (для безопасности), в зазор между концом провода и заземлением. Когда двигатель работает, вы увидите искры в зазорах между проводом, карандашом и заземлением. Форма искры подскажет вам, правильно ли подключена катушка зажигания. Если искр больше в зазоре между карандашом и заземлением, то полярность правильная, а если их больше в другом зазоре, то полярность обратная.

Диагностика неисправностей распределителя зажигания

Внутри распределителя могут случаться небольшие неисправности, которые могут уменьшить мощность и экономичность двигателя. Наиболее частой причиной неисправностей, на которую, тем не менее, не обращают внимания, является неустойчивый момент зажигания из-за износа подшипников вала распределителя. В распределителе с контактным прерывателем избыточный зазор в подшипниках может привести к колебаниям кулачка прерывателя, что вызывает неравномерную искру и изменения угла замкнутого состояния контактов. Это не только изменяет момент зажигания, но также серьезно изменяет

интенсивность искры на высоких оборотах двигателя и часто приводит к пропускам зажигания.

Большинство распределителей используют бронзовые втулки, и износ может быть проблемой, когда они получают недостаточное количество смазки, или если используются контакты с мощной пружиной, так как блок (блоки) трения подвергаются значительным боковым нагрузкам со стороны вала распределителя. Проверить подшипники на избыточный износ легко: снимите крышку и ротор распределителя, плотно захватите вал и попытайтесь пошатать его вперед назад. Прикладывайте усилие в разных направлениях, т. к. втулки могут изнашиваться неравномерно. Если имеется заметное смещение, то втулки следует заменить. При оптимальной работе в распределителе с контактным прерывателем зазор между валом и подшипником должен быть не более 0,05 мм. Зазор в подшипнике не так критичен в бесконтактном распределителе, т. к. небольшие изменения расстояния между ротором с выступом и датчиком сильного влияния не оказывают. Все же даже в таких распределителях зазор не должен превышать 0,13 мм.

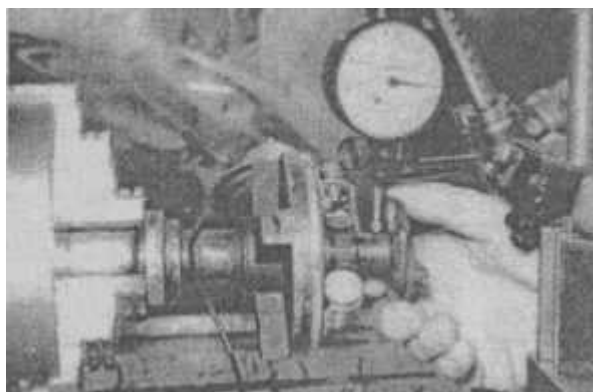
Центробежный и вакуумный регуляторы опережения зажигания в распределителе играют важную роль в оптимизации работы и экономичности двигателя. Как и все механические системы, эти узлы подвержены износу и выходу из строя деталей, и их нужно тщательно проверять.

Вакуумный регулятор можно легко проверить, просто подав воздух к диафрагме с помощью ручного вакуумного насоса. При этом надо смотреть внутрь распределителя, чтобы проверить поворачивается ли пластина прерывателя, когда уровень вакуума достигает примерно 175 мм рт. ст. Продолжайте увеличение вакуума до 250 мм рт. ст. и более и убедитесь, что нет утечек вакуума в течение нескольких секунд. Если обнаружена даже малая утечка вакуума, проверьте, что эта утечка имеет место в вакуумной камере, а не в ручном вакуумном насосе, пережав резиновый вакуумный шланг и наблюдая за пластиной прерывателя. Если она возвращается в прежнее положение, то камеру нужно заменить.

Центробежный регулятор обычно относится к одному из двух типов. Одна конструкция, используемая на многих автомобилях "Дженерал моторс", имеет механизм опережения зажигания под ротором распределителя: грузики и пружины легко доступны после снятия ротора. В другой конструкции механизм опережения зажигания расположен под пластиной прерывателя. При работе с такими распределителями необходимо их снять и разобрать.

Независимо от конкретной конструкции, центробежный регулятор будет работать так, как надо, только в том случае, когда он будет правильно смазан (лучше всего сухой смазкой, к которой не прилипает грязь, например графитом или тефлоном), в нем не будет ржавчины и сильного износа. Убедитесь, что центробежные грузики легко двигаются и пластина регулятора вращается свободно и плавно вокруг вала распределителя. Нет ничего необычного в том, что пластина центробежного регулятора "прилипает" к валу из-за недостатка смазки. Убедитесь, что пружины не повреждены и проверьте на износ шарнирные опоры для грузиков. Если механизм использует конструкцию с пазами и штифтами, то убедитесь, что пазы и штифты грузиков не имеют износа. После очистки, смазки и сборки, (не меняйте местами пружины, т. к. при этом может измениться кривая опережения зажигания), окончательная проверка механизма опережения зажигания должна быть сделана на специальном стенде для проверки распределителей. Оцените указанный момент зажигания, когда обороты распределителя изменяются; в тех пределах, на которые рассчитана работа

распределителя, изменение опережения зажигания должно происходить плавно сразу же после того, как обороты увеличиваются или уменьшаются.



Для оптимальной работы зазор между валом и подшипником не должен превышать 0,05 мм в распределителе с контактным прерывателем и 0,13 мм в распределителе с бесконтактным датчиком.

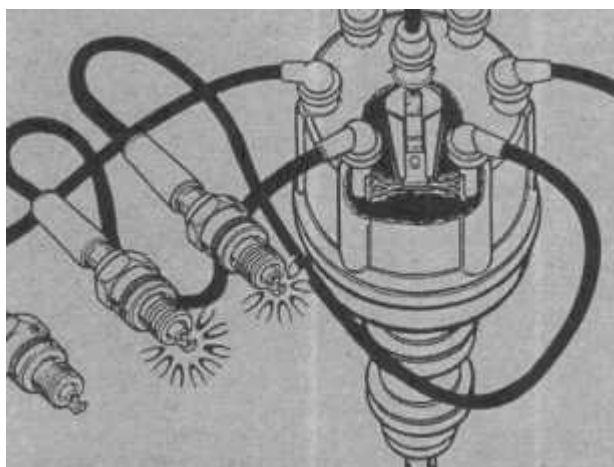
После этого внимательно осмотрите крышку и ротор распределителя. Если на них есть следы воздействия высокого напряжения: тонкие темные следы, проходящие между контактами для высокого напряжения или заземлением, то указанные детали нужно заменить.

Неисправности при совмещении ротора и крышки распределителя

Когда контакты размыкаются или бесконтактный ротор с выступами совмещается с магнитным датчиком, катушка зажигания запускается для выдачи импульса высокого напряжения, который подводится к центральному электроду крышки распределителя. Это напряжение подается по ротору к одному из контактов в крышке распределителя и далее к соответствующей свече зажигания. Или же это не так? Если ротор направлен прямо на нужный контакт, то все работает хорошо, но если ротор находится между двумя контактами в тот момент, когда импульс напряжения поступает с катушки, то это напряжение может поступить не к той свече, двум свечам одновременно или напряжение может не поступить ни на одну свечу. Последний вариант имеет место, если зазор между ротором и ближайшим к нему контактом слишком велик. Эти проблемы появляются из-за неправильного совмещения ротора и крышки распределителя, иногда называемого фа-зирровкой ротора. Когда такая неисправность имеет место, то это уменьшает мощность двигателя и преждевременно выводит из строя ротор, крышку распределителя, а иногда и саму катушку зажигания.

Во времена контактных систем зажигания можно было вращать вал распределителя и точно определить момент, когда контакты чуть приоткроются, указывая момент искрообразования. Затем, удерживая вал распределителя неподвижным, можно было проверить, в каком же месте на крышке распределителя находится ротор. Этот метод был не самым аккуратным, но он не требовал никакого специального оборудования. В наше время большинство распределителей используют магнитные или другие бесконтактные датчики, которые делают невозможным точное визуальное определение того, в каком в каком положении вала распределителя срабатывает катушка зажигания. Таким образом, для определения взаимного расположения ротора и крышки распределителя зажигания должен быть использован другой метод, желательно подходящий для всех типов систем зажигания. Этот новый метод очевиден:

использование прозрачной пластмассовой крышки распределителя и стробоскопа. Если для вашего двигателя прозрачной крышки нет, то воспользуйтесь стандартной крышкой с просверленным сбоку или сверху отверстием. Луч стробоскопа, направленный на крышку, высветит точное положение ротора в момент искрообразования.



Если ротор направлен прямо на нужный контакт в тот момент, когда генерируется импульс высокого напряжения, все работает хорошо. Однако если ротор находится посередине между двумя контактами, то энергия может пойти на ненужную в данный момент свечу, на две свечи сразу или, если зазор между ротором и ближайшим к нему контактом в крышке достаточно велик, то энергия может не поступить ни на одну свечу.

Вопрос состоит в следующем: куда должен быть направлен ротор? Наиболее очевидный ответ: точно в центр одного из контактов в крышке распределителя. Обычно, он является правильным, кроме тех случаев, когда распределитель оснащен функционирующим вакуумным регулятором. В этом случае совмещение ротора с крышкой не остается постоянным, так как при увеличении вакуума коллектора камера вакуумного регулятора передвигает пластину прерывателя в направлении опережения зажигания. Смещение пластины относительно неподвижной крышки распределителя изменяет совмещение ротора и крышки. Распределители с вакуумными регуляторами должны иметь возможность смещения ротора от центральной точки его контакта с крышкой "запаздывание" в направлении вращения; когда вакуум не приложен к камере регулятора, т. е. когда вакуумное опережение зажигания работает, ротор сместится, пройдя через центральное положение в такое же положение на противоположной "ранней" стороне контакта. Такое разделение 50/50 при совмещении ротора обеспечивает то, что ротор никогда не будет отходить слишком далеко от поверхности контакта в крышке распределителя, несмотря на вакуум в двигателе.

Распределители, которые не имеют камеры вакуумного регулятора, должны иметь точную установку совмещения ротора и крышки распределителя. Так как пластина распределителя не поворачивается, то совмещение ротора с крышкой остается неизменным.

Изменение совмещения ротора и крышки распределителя на некоторых распределителях может быть трудным, на других легким. На стандартных контактных и бесконтактных распределителях пластина распределителя или магнитный датчик должны перемещаться, т. е. поворачиваться внутри корпуса распределителя для изменения совмещения ротора. Иногда это требует просверливания новых отверстий и нарезания в них резьбы для крепления пластины или датчика. Также возможно вырезать металлическую пластину в

роторе, а затем припаять ее обратно, но уже в новом положении. Диагностика неисправностей системы зажигания на форсированном двигателе должна всегда включать в себя проверку совмещения ротора и крышки распределителя. Неожиданные пропуски зажигания на высоких оборотах двигателя и чрезмерный износ ротора или крышки распределителя указывает на нарушение их совмещения. Ваша система зажигания не может считаться настроенной до тех пор, пока вы не будете уверены в том, что ротор направлен так, что на каждую свечу зажигания будет подаваться как можно большее напряжение.

Нарушения момента зажигания

Существуют несколько методов для проверки и регулировки момента зажигания на контактной системе зажигания. Некоторые из них могут быть реализованы без сложного оборудования. Однако все эти методы являются сомнительными в смысле точности, а так как большинство современных систем зажигания используют магнитные или другие бесконтактные датчики, что делает невозможным визуальное определение положения распределителя, при котором запускается катушка зажигания, то лучше забыть старые методы и устанавливать момент зажигания только с помощью стабильного стробоскопа. Если у вас нет высококачественного стробоскопа, то его нужно приобрести. Остерегайтесь дешевых приборов, у которых слабый световой луч, так как с ними будет трудно работать, особенно, если вы будете работать в полной темноте (есть опасность получить травму от вращающегося вентилятора). Лучше всего пользоваться стробоскопами с индуктивным датчиком, который быстро крепится снаружи на высоковольтном проводе. Высококачественные стробоскопы обеспечивают стабильную индикацию момента зажигания от оборотов холостого хода до оборотов, превышающих 8000 об/мин.

Проверка начального момента зажигания с помощью стробоскопа является относительно несложным процессом. Подсоедините стробоскоп к контакту или высоковольтному проводу свечи зажигания первого цилиндра в соответствии с инструкцией, прилагаемой к стробоскопу. Отсоедините вакуумный шланг, идущий к камере вакуумного регулятора опережения зажигания на распределителе. Оставьте шланг подсоединенным к коллектору и заглушите его открытый конец для предотвращения утечек вакуума. Заведите двигатель и убедитесь, что обороты холостого хода не превышают величину, при которой начинает работать центробежный регулятор. На большинстве двигателей центробежный регулятор может начинать свою работу при 800-1000 об/мин, хотя многие "стандартные" системы зажигания, особенно на 4- или 6-цилиндровых двигателях, не обеспечивают начала работы центробежного регулятора до оборотов двигателя порядка 1000 об/мин. Направьте луч стробоскопа на шкалу с метками зажигания в передней части двигателя. Мигающий свет от стробоскопа будет освещать метку на вращающемся гасителе колебаний коленчатого вала и стационарные метки на шкале.

Если метки плохо заметны, попробуйте обозначить их, наклеив на них полоски клейкой ленты, или нанесите метки белой краской. Относительное положение этих меток будет указывать величину начального угла опережения зажигания; на всех системах зажигания, кроме систем с запуском от коленчатого вала и систем с электронной регулировкой момента зажигания. Регулировка момента производится путем поворота корпуса распределителя. Ослабьте зажим крепления распределителя и слегка поверните распределитель, пока не будет

достигнуто нужное значение момента зажигания. Когда оно установлено, плотно затяните зажим крепления распределителя.

Нужно при этом учитывать следующее: эта процедура будет успешной, если вы уже знаете, каким должно быть начальное опережение зажигания для оптимальной работы двигателя. На форсированном двигателе стандартное значение момента зажигания может стать бесполезным. Информация, приводимая ранее в этой главе, поможет вам определить оптимальное значение начального момента зажигания для вашего двигателя. Если вы не знаете, с чего начать, попробуйте установить момент зажигания примерно на $5-10^\circ$ в сторону опережения.

Стробоскоп может быть полезным прибором для диагностики неисправностей вакуумного и центробежного регуляторов опережения зажигания. Подсоединив на место вакуумный шланг к вакуумной камере, и наблюдая за моментами зажигания, легко проверить работу вакуумного регулятора. Убедитесь предварительно, что вакуумный шланг подсоединен к впускному коллектору, а не к выводу на карбюраторы. Метка на гасителе колебаний коленчатого вала должна смещаться к стационарной метке верхней мертвой точки (ТДС). Подобным способом можно проверить центробежный регулятор, просто увеличив обороты двигателя выше холостых. При этой проверке вакуумный регулятор должен быть отключен.

В заключение, качественный стробоскоп поможет вам определить, насколько точно работает система зажигания при высоких оборотах двигателя. Медленно увеличивая обороты двигателя почти до максимальных и наблюдая за изменением положения меток зажигания, можно обнаружить разброс моментов зажигания, запаздывание на высоких оборотах и другие механические или электронные отклонения. По соображениям безопасности не стойте рядом с вентилятором или рядом с приводными ремнями, а лучше всего снимите приводные ремни при проверке момента зажигания на высоких оборотах. Качественная система зажигания для форсированного двигателя должна обеспечивать точно стоящую метку зажигания при всех оборотах двигателя, не должно быть замечено следов "сползания", расширения или скачков. Источником таких неисправностей являются механические и/или электронные недостатки, чаще всего происходящие от износа деталей, таких как ослабление цепи газораспределительного механизма, износ втулок распределителя или заедания в центробежном регуляторе. В дополнение к этому, двигатели с приводом масляного насоса от той же шестерни и вала, что и для распределителя, могут страдать от сбоев в искрообразовании, происходящих от "импульсов", даваемых масляным насосом, особенно когда используется высокое давление в системе смазки.

Хотя стробоскоп и не заменит стенд для проверки распределителей или другое электронное диагностическое оборудование, он является необходимым устройством, которое может быстро диагностировать вакуумный и механический регуляторы и выявить много других мелких недостатков. Кроме этого, только с помощью стробоскопа можно точно отрегулировать момент зажигания.

Момент зажигания для форсированных двигателей

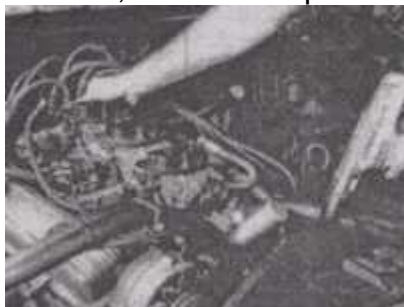
Подсоедините стробоскоп к контакту свечи первого цилиндра, отсоедините и заглушите шланг, идущий к вакуумной камере на распределителе. Если плохо видна табличка с метками зажигания в передней части двигателя, то попробуйте

сделать метки более четкими с помощью белой краски или кусочков белой клейкой ленты.

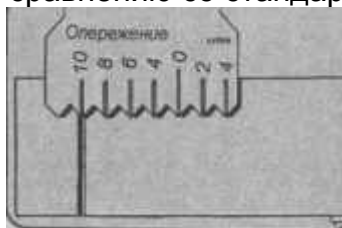
Заведите двигатель и при оборотах ниже 800-1000 об/мин, наведите луч стробоскопа на табличку с метками зажигания. Взаимное расположение меток укажет величину начального опережения зажигания.



- Во всех системах зажигания, кроме систем с запуском от коленчатого вала и некоторых систем с электронным управлением опережением зажигания, начальный момент зажигания регулируется путем поворота корпуса распределителя. Ослабьте зажим крепления распределителя и поверните слегка распределитель, пока с помощью стробоскопа не будет определено нужное опережение зажигания, а затем закрепите распределитель.



- Помните, что стандартное значение момента зажигания может не подходить для форсированного двигателя. Если вы не знаете с чего начать, попробуйте установить начальный момент зажигания примерно на 5-10° в сторону опережения по сравнению со стандартным.



- Стробоскоп может помочь проверить вакуумный регулятор. Подсоединив обратно вакуумный шланг к камере вакуумного регулятора, и наблюдая за метками зажигания, вы можете проверить его работу.

