

СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ФАЗ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ: ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ

Леонид Вениаминович Мадорский, к.т.н., доцент Ростовского государственного университета путей сообщения (РГУПС)

Приведен подробный анализ и рассмотрена эволюция развития систем регулирования фаз газораспределения двигателей автомобилей. Изложены конструктивные особенности и принцип действия каждой системы, что позволяет своевременно распознавать внешние признаки типичных неисправностей. Показаны возможности диагностирования технического состояния систем на основе физики процесса проявления неисправностей.

The detailed analysis and evolution of development of systems of regulation of phases of gas distribution of engines of cars is resulted. The design features and the principle of operation of each system are described, which allows to recognize the external signs of typical faults in a timely manner. The possibilities of diagnosing the technical condition of systems based on the physics of the process of manifestation of irregularities are shown.

Ключевые слова: фазы газораспределения, клапаны, распределительный вал, коллектор двигателя.
Keywords: timing phases, valves, camshaft, engine intake manifold.

Работа газораспределительного механизма (ГРМ) заключается в качественном и своевременном наполнении и очистки цилиндров работающего двигателя и зависит не только от пропускной способности клапанов, но и от фаз газораспределения. Однако постоянные фазы газораспределения не позволяют создавать оптимальные процессы смесеобразования. Для оптимизации процесса газообмена на различных оборотах (холостого хода, максимального крутящего момента, максимальной мощности) требуется разная ширина фаз. При небольшом времени открытия клапанов лучше формировать "узкие" фазы газораспределения, а при длительном открытии - "широкие" с одновременной регулировкой продолжительности перекрытия клапанов - времени, когда оба клапана открыты (выпускной - еще не закрыт, а впускной - уже открыт). В результате появляется возможность распределить увеличившиеся значения мощности и крутящего момента в более широком рабочем диапазоне оборотов двигателя.

Обычные "жесткие" распределительные валы с фиксированной формой профилей кулачков не могут изменять фазы газораспределения в зависимости от оборотов двигателя. Для решения этой проблемы конструкция современных ГРМ дополнена электронной системой подстройки фаз газораспределения под различные режимы работы двигателя.

Для диагностирования по внешним признакам важно определить название применяемой системы регулирования фаз газораспределения и знать принцип ее действия. Причем однотипные системы могут иметь разные названия на различных моделях двигателей. Аббревиатура названия системы обычно отформована на крышке головки блока цилиндров (декоративной крышке), закрывающей двигатель. При ее отсутствии придется призывать на помощь маркировку двигателя или VIN-код модели.

Вначале при изменении оборотов двигателя названные системы смещали фазы газораспределения путем изменения углового

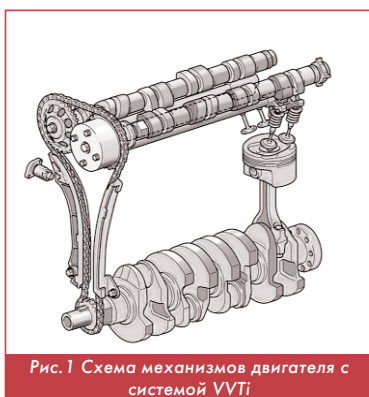
положения вращающегося распределительного вала относительно звездочки привода в направлении вращения (рис. 1).

Всем процессом руководит электронный блок управления (ЭБУ), который собирает данные с различных датчиков и позволяет осуществлять переход на работу с широкими фазами только на прогревом двигателя. Это следует учитывать при подозрительных признаках работы рассматриваемой системы.

Для углового изменения положения распределительного вала его соединили с зубчатым шкивом или звездочкой привода через фазовращатель - специальную гидравлическую муфту, управляемую клапаном (золотниковым распределителем с электромагнитным управлением). В торце клапана установлен соленоид - электромагнитный клапан (ЭМК), который отвечает за движение золотника (рис. 2). По командам ЭБУ открываются соответствующие каналы подвода масла, расположенные в корпусе механизма газораспределения, к одной из сторон лопастей фазовращателя. После того как ЭБУ "поймет", что распределительный вал повернут на нужный угол, каналы перекрываются, и вал будет далее удерживаться в заданном положении. Рабочей жидкостью является масло из смазочной системы двигателя.

Система VVT-i обеспечивает большую экономию топлива и настолько эффективно снижает выбросы вредных продуктов сгорания, что отпадает необходимость в системе рециркуляции выхлопных газов EGR [5].

Внешними признаками неисправности в системе VVT-i являются отсутствие оборотов холостого хода, неустойчивая работа двигателя на низких оборотах (2000...2500 мин⁻¹) и ухудшение динамики движения автомобиля. Часто эту проблему связывают с подсосом постороннего воздуха. Однако в ГРМ с гидравлическими фазовращателями причиной может быть плохая работа названного золотникового управляющего клапана системы, например, из-за поврежденного уплотнения, способствующего проникновению обычной грязи и отложений старого масла, и деформированных внутренних резиновых колец. При таких дефектах золотник может застрять в произвольном положении, что приведет к открытию клапана без команды ЭБУ и подаче масла к



положения вращающегося распределительного вала впускных клапанов относительно его первоначального положения. В этом случае данный распределительный вал перестает синхронно вращаться с неизменной скоростью относительно коленчатого вала. Он либо кратковременно обгоняет его, либо отстает. Так, в системе VVTi на двигателях автомобилей Toyota при повышении



фазовращателю, который несанкционированно повернет распределительный вал на опережение. Теперь двигатель с настроенным "на скорость" распределительным валом создает условия для увеличения продолжительности перекрытия клапанов. Возрастает прорыв отработавших газов во впуск с последующим ухудшением качества поступающей рабочей смеси. Двигатель будет неустойчиво работать на низких оборотах, увеличатся максимальные значения оборотов двигателя, работающего без нагрузки. Из-за плохого наполнения цилиндров возможна остановка даже прогретого двигателя в режиме холодного хода. Однако на высоких оборотах такой дефект не повлияет на работу двигателя - скажется влияние инерции потока топливоздушной смеси.

В действительности при пуске и на оборотах холодного хода ЭМК выключен и управляющий клапан изначально закрыт, чтобы удерживать поворотную часть фазовращателя в исходном положении, обеспечивая максимальный угол задержки. В этом режиме положение золотника будет определяться только усилием пружины из-за маленького давления в смазочной системе двигателя, которое еще не способно сдвинуть фазовращатель.

Для проверки клапана VVTi имеет смысл отключить его соленоид, который отвечает за движение клапана. ЭБУ включит аварийный режим, при котором распределительный вал займет исходное положение для минимального перекрытия впускных клапанов, и дополнительный поворот исключается. Приёмистость, конечно, пострадает. Если проблемы с оборотами исчезнут, подозрения о неисправности управляющего клапана становятся реальными. Однако не следует считать, что проверяемый клапан совсем не работает. Просто он работает некорректно, и соответственно автомобиль ведет себя по-разному. Так, утром плохо разгоняется, а во второй половине дня динамика движения может улучшиться.

Если симптомы проблем с холостым ходом не исчезнут, искать причины следует в двигателе - в регуляторе холостого хода или в неконтролируемом подсосе воздуха.

Фазовращатель и клапан VVTi работают в тандеме, поэтому при плохой работе системы, следует подозревать и "физик". Особенно при отчетливом металлическом треске со стороны верхней части двигателя после холодного пуска (возможно, гремит приводная звездочка в гидравлической муфте). Однако на прогретом двигателе такой нездоровый цокающий звук может стать очень тихим или вообще пропасть. Поможет связать данный признак с предполагаемой неисправностью рассмотренное предположенное по отключению соленоида в процессе работы двигателя на той же нагрузке.

Для расширения параметров регулирования в конструкциях ГРМ устанавливается второй фазовращатель на распределительный вал выпускных клапанов (система *Dual VVT*).

В дальнейшем отказались от гидравлического привода фазовращателей - для изменения положений распределительных валов необходимо было создать определенное давление моторного масла, которого иногда не хватало. Хотя, такое условие уже нездоровая ситуация для работающего двигателя. Внедрили электрические моторы, которые притормаживают или ускоряют вращение распределительных валов. Теперь работа системы VVTiE перестала зависеть от оборотов и температуры двигателя.

Аналогичным образом системой VVT регулируются фазы газораспределения на двигателях автомобилей *Volkswagen*, поэтому и внешние признаки рассмотренных неисправностей будут похожими.

На двигателях BMW подобная система *Vanos* меняет угловое положение распределительного вала впускных клапанов, воздействуя на приводную звездочку вала, путем раздвижения внутри нее поршня - исполнительного механизма поворота с косозубыми шлицами (рис. 3). Давление масла, действуя на поршень с разных сторон, вызывает его перемещение вперед или назад. Таким образом, на различных режимах работы двигателя преобразуется возвратно-поступательное движение названного поршня во вращательное движение шестерни распределительного вала, установленной внутри поршня.

Давление масла в приводе поршня регулируется известным золотниковым распределителем, соленоид которого работает по ко-

мандам ЭБУ на основании показаний датчика положения распределительного вала. Датчик определяет текущее угловое положение вала и информирует ЭБУ для сравнения измеренного значения с заданным углом. Регулирование учитывает и показатели системного давления масла, его температуры, числа оборотов двигателя.

Внешними признаками неисправности системы *Vanos* являются плохая динамика работы двигателя при оборотах до 3000 мин⁻¹ и рокот в передней части головки блока цилиндров при перегазовках, повышенный расход топлива, затрудненный пуск при низких температурах.

Причины подобных неисправностей возникают теперь в поршне, уплотнительные кольца которого со временем теряют эластичность и "дубеют". Из-за возникшей негерметичности поршня давления масла может не хватить для дополнительного поворота распределительного вала. Потребуется большее давление масла, которое можно сформировать только на более высоких оборотах двигателя. В дальнейшем и такого повышения может окончательно не хватить для поворота валов, и *Vanos* перестанет работать. Возникнут потери динамики на "низах", двигатель начнет тяжело набирать обороты при подключении дополнительных потребителей, например, кондиционера.

Другие проблемы могут возникнуть при неисправном состоянии игольчатых подшипников поршня. В них появляется люфт, вызывающий шум при работе двигателя. Дальнейшая эксплуатация приведет уже к износу шлицевого соединения на поршне и звездочки распределительного вала и, как следствие, к неточному повороту вала. К указанным ранее системным признакам неисправности присоединится появившийся резкий механический цокот, похожий на удары подшипникового шарика о стенки алюминиевой кружки. Конечно, можно отключить *Vanos*, чтобы убедиться в источнике стука. В таком случае "подхвата" крутящего момента после 4000 мин⁻¹ не будет.

Таким же образом можно проверить гидравлический привод, отвечающий за подачу масла к поршню. Прежде всего, убедиться в исправности соленоида управляющего клапана системы. Легче такую проверку сделать для *Double Vanos*, где независимо регулируются угловые положения валов впускных и выпускных клапанов. Нужно лишь поменять местами электрогидравлические золотниковые распределители. Если проблема перейдет на другой распределительный вал - дело точно в подозрительном соленоиде.

Похожие системы, использующие поворот распределительного вала, внедрили на автомобилях CVT - KIA и *Hyundai*, *Volvo*, *General Motors*, VTC - *Honda*, VCP - *Renault*.

Однако дополнительный поворот распределительного вала, хоть и осуществляемый постоянно в зависимости от нагрузки двигателя, только перемещает фазы газораспределения, но не регулирует их ширину. Клапаны ГРМ всегда поднимаются на постоянную высоту и длительность их открытия остается неизменной.

Для изменения ширины фаз газораспределения путем дополнительного увеличения высоты подъема клапанов на двигателях *Honda* применили систему VTEC, работа которой основана на использовании наборов совмещенных кулачков разного профиля доработанного распределительного вала. Как известно, профиль кулачков определяет продолжительность открытия и высоту поднятия каждого клапана двигателя. Первоначально система VTEC задействовала для отдельного набора из 2 впускных клапанов 3 кулачка: два крайних с обычным профилем и центральный с большей высотой профиля, который вступает в работу при включении VTEC (рис. 4). Коромысел или рокеров, соответственно, тоже было три.

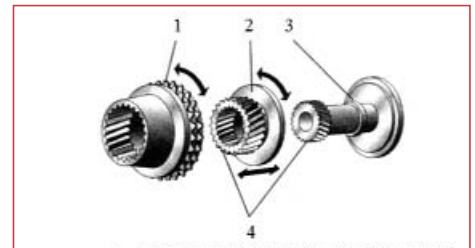


Рис. 3 Элементы системы *Vanos*:
1 - звездочка привода распределительного вала;
2 - поршень; 3 - распределительный вал;
4 - косозубые шлицы

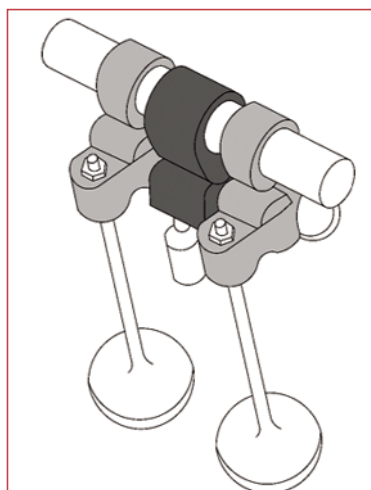


Рис. 4 Система VTEC

При работе двигателя на малых и средних оборотах открытие впускных клапанов обеспечивается крайними кулачками через свои коромысла (рокеры). При повышении оборотов вступает в работу гидравлический узел системы (рис. 5).

По команде ЭБУ с помощью соленоида системы сдвигается подпружиненный плунжер управляющего клапана. В результате открывается канал подачи масла для блокировки наборов коромысел (рокеров) с помощью перемещающегося внутри них штифта. Теперь все три коромысла (рокера) образуют единую конструкцию, траекторию движения которой задает большой кулачок, ранее незанятый работой - вращался вхолостую. Оба клапана открываются на большую глубину, что позволяет дополнительно наполнить цилиндры новой рабочей смесью и отвести больший объем "отработки". Так VTEC имитирует ранее рассмотренный дополнительный поворот распределительного вала.

От системного давления масла включение соленоида клапана VTEC не зависит. Датчик давления системы лишь контролирует вступление в работу управляющего клапана, при открытии которого поступает масло (порог срабатывания датчика около 2 кгс/см²). Отказ функционирования соленоида управляющего клапана приводит к выключению VTEC, и двигатель продолжает работать в обычном режиме, о чем сообщает недремлющий индикатор "Check engine".

Обязательными начальными условиями включения VTEC являются: скорость автомобиля выше 20 км/ч и температура охлаждающей жидкости выше 60...70 °С. Также команда на включение может учитывать разрежение во впускном коллекторе двигателя и степень открытия дроссельной заслонки. Так, при полностью открытой заслонке смена фаз газораспределения произойдет на оборотах 4800 мин⁻¹, а при меньшем угле - на 5300 мин⁻¹[1]. Принято считать, что в штатном режиме VTEC включается примерно на 5500 мин⁻¹ и выключается при 4600 мин⁻¹. Притом, на американских автомобилях Honda CR-V система может включаться на 5400 мин⁻¹, а на европейских - на 5800 мин⁻¹[3]. Поэтому контролировать работу системы по оборотам двигателя неразумно. Целесообразно считать, что VTEC - это общее название семейства различных применяемых систем: одновального SOHC VTEC, двухвального DOHC VTEC, экономичного VTEC-E, трехрежимного 3-stage

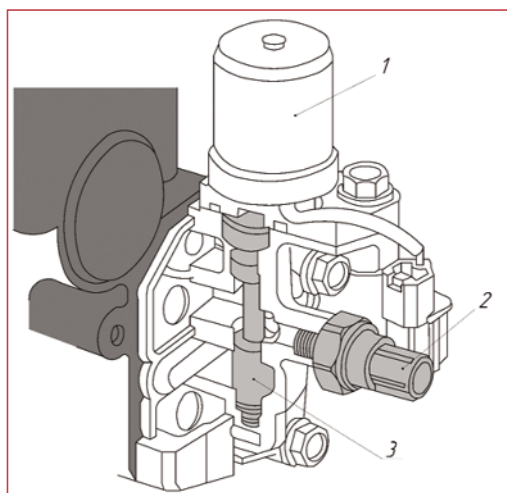


Рис. 5 Гидравлический узел системы VTEC: 1 - соленоид управляющего клапана; 2 - датчик давления масла; 3 - управляющий клапан

VTEC и интеллектуального i-VTEC, которые, несмотря на общий принцип действия, изначально функционируют при различных рабочих диапазонах оборотов двигателей.

Наиболее характерный признак нарушения работы VTEC - дергания автомобиля во время движения с небольшим

ускорением. Возможными причинами такого ставшего классическим явления могут быть неисправности датчика давления или управляющего клапана системы, а также проблемы с поступлением моторного масла. ЭБУ активирует аварийный режим двигателя с максимальным порогом 2500 мин⁻¹ и прекращает обмен данными с блоком системы динамической стабилизации VSA, который включает свои индикаторы на панели, сообщая о приостановке работы.

Если на работающем двигателе отключение датчика давления VTEC вызовет сообщение об ошибке - загорание известного индикатора, электрическая проводка к датчику в исправном состоянии. Также следует учитывать и состояние прокладки-фильтра гидравлического узла на работу системы.

Подергивания автомобиля в движении могут зависеть и от температуры. Периодически они могут наблюдаться на непрогретом двигателе, но по мере прогрева - прекращаться. Причиной является забитый жиклер на торце плунжера управляющего клапана, через который стравливается масло в картер для быстрого возвращения плунжера в исходное положение при выключении соленоида.

Подергивания автомобиля в похожей системе VTEC-E будут иметь другую причину. Здесь задействованы только два впускных клапана с несколько разными профилями кулачков. Сначала полностью опускается только один клапан для поступления бедной рабочей смеси в цилиндр двигателя с целью улучшения топливной экономичности (6,7 литра бензина на 100 километров при движении в городе) для формирования максимальной тяги на "низах" при работе 12 клапанов на 16-клапанном 4-цилиндровом двигателе. С возрастанием оборотов количество топлива увеличится и для обогащения смеси оба коромысла соединятся известным способом с помощью перемещения штифта. Теперь оба клапана будут открываться полностью. Включение системы VTEC-E происходит при оборотах 2500 мин⁻¹. Чувствуете разницу, необходимую для самостоятельного определения причины неисправности, по сравнению с другими видами VTEC.

Аналогично выполнена конструкция и работа системы на двигателях семейства Ecotec на автомобилях Opel и Chevrolet.

В трехрежимной системе SOHC VTEC каждый из трех кулачков отвечает за формирование: экономичного режима работы двигателя на низких оборотах путем использования только одного из впускных клапанов (подобно VTEC-E); номинального крутящего момента на средних оборотах за счет полного открытия двух впускных клапанов (подобно обычному двигателю SOHC); смещенного пика максимальной мощности на высоких оборотах в результате вступления в работу центрального кулачка с высоким профилем (подобно VTEC). Реализуют такое трехступенчатое переключение два соленоида - главный признак внешнего отличия 3-stage VTEC.

Предложенное ступенчатое изменение ширины фаз тоже не является достаточным. Для более точной подстройки фаз газораспределения под режимы работы двигателя следует не только непрерывно перемещать фазы, но и одновременно изменять их ширину. Появились более совершенные системы, реализующие оба способа регулировки фаз газораспределения в зависимости от оборотов двигателя.

На нынешних двигателях автомобилей Honda применяются интеллектуальные системы SOHC i-VTEC и DOHC i-VTEC, имеющие непохожие схемы функционирования. Например, DOHC i-VTEC работает совместно с системой VTC, тогда как одновальный SOHC i-VTEC - индивидуально. Возможно этим и объясняется значения рабочего диапазона одновального "умного" i-VTEC - от 1000 до 3500 об/мин [3]. Теперь стало возможным получать желательный крутящий момент на "низах". На "верхах" осуществляется стандартный режим работы.

Приведенный анализ рабочих оборотов объясняет известную проблему для водителей по самостоятельному определению момента включения любого VTEC. Действительно, многое зависит от динамики автомобиля. При плавном ускорении момент включения VTEC легко ощутить, но при резком разгоне можно и "промахнуться".

Еще одним примером может служить работа системы DOHC

i-VTEC, состоящая из ставших подсистемами VTC с фазовращателями и DOHC VTEC с различными на цилиндр по профилю кулачками распределительного вала. Здесь VTC непрерывно работает от 2500 мин⁻¹, постоянно изменяя угловое положение вращающегося распределительного вала впускных клапанов в зависимости от нагрузки на двигатель. Сложность для диагностирования представляет основная подсистема DOHC VTEC, которая может содержать для каждого набора клапанов по три кулачка впускного и выпускного распределительных валов с порогом включения 5800 мин⁻¹ (стандартная схема VTEC) или по два кулачка впускного распределительного вала с порогом включения 2500 мин⁻¹ (схема VTEC-E).

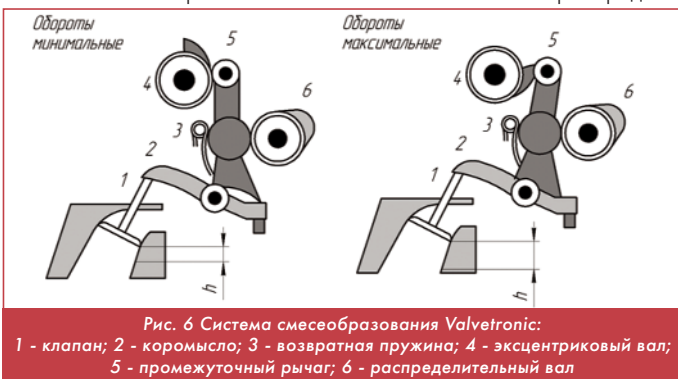
Аналогично работает похожая интеллектуальная система VVT-i автомобилей Toyota - как итог, двигатель хорошо "тянет на низах" и "выстреливает на верхах", одновременно улучшается топливная экономичность. Сначала вступают в работу фазовращатели традиционной системы VVT-i, а на оборотах 6000 мин⁻¹ ЭБУ подключает "лифт клапанов" посредством управляющего клапана, практически идентичному VVT-i. На распределительном вале имеются два кулачка с разными профилями, которые вступают в работу последовательно, воздействуя на коромысло каждой пары впускных клапанов. Для эффективности мощностного режима работы двигателя давление масла перемещает стопорный штифт, который подпирает шток, активируя подпружиненный толкатель высокопрофильного кулачка. Теперь клапаны будут открываться на большую высоту, обеспечивая автомобилю большой рывок при ускорении. Процесс перехода на широкие фазы газораспределения контролирует датчик положения распределительного вала и датчик давления масла гидравлического узла системы.

Однако такая схема работы гидравлического привода управления высотой подъема клапанов оказалась не до конца доведенной, причем добавились проблемы с экологией. В ряде случаев стопорный штифт не успевал за один оборот распределительного вала занять рабочее положение и его взаимодействие с подпружиненным штоком непременно сопровождалось соударениями. В результате образовавшегося износа обеих деталей усилие штифта могло оказаться недостаточным, что обеспечивало работу только низкопрофильного кулачка.

Во всех случаях диагностирование рассмотренных систем следует начинать с проверки уровня моторного масла и натяжения цепи (ремня) привода ГРМ.

Внедрение на автомобилях BMW бездрессельной системы смесеобразования *Valvetronic* позволило перейти от дискретной подстройки фаз газораспределения к непрерывной путем плавного изменения высоты подъема впускных клапанов в зависимости от оборотов коленчатого вала. От влияния положений дроссельной заслонки на момент смены фаз газораспределения отказались. Наполнение цилиндров двигателя регулируется подъемом впускных клапанов в зависимости от оборотов, а не за счет дросселирования потока. В штатном режиме дроссельная заслонка "отдыхает", оставаясь открытой, поэтому давление во впускном коллекторе близко к атмосферному. Для формирования разрежения, необходимого для работы некоторых систем и механизмов, устанавливается вакуумный насос.

В таком навороченном ГРМ классическое звено "распреде-



лительный вал - коромысло - клапан" дополнили эксцентриковым валом с шаговым электродвигателем и промежуточным рычагом с пружиной (рис. 6). Электродвигатель с помощью червячной передачи постоянно меняет угол поворота эксцентрикового вала в зависимости от режимов работы двигателя. Вращение эксцентрикового вала изменяет положение плеч промежуточного рычага, который, в свою очередь, задает необходимую свободу движения коромыслу и соответствующее ему перемещение клапана.

Если система *Valvetronic* исправна, то при включении зажигания клапаны всегда приводятся в исходное положение, соответствующее их максимальному открытию. Датчик эксцентрикового вала, обычно размещенный в корпусе приводного электродвигателя, информирует ЭБУ о текущем положении вала для сравнения с заданными значениями. Если распознавание текущего положения невозможно, ЭБУ включит аварийный режим. Эксцентриковый вал активизирует распределительный вал для занятия клапанами исходного положения, а наполнение цилиндров двигателя начнет регулироваться вступившей в работу дроссельной заслонкой. Полная мощность становится недоступной из-за ограничения максимальных оборотов двигателя.

Аналогичные продвинутые системы с несколько другими названиями установили и на других автомобилях: *Valvematic - Toyota*; *VEL - Nissan*; *Multi Air - Fiat*; *VTE - Peugeot*.

В эксплуатации система *Valvetronic* работает вместе с системой *Double Vanos*. В этом тандеме соответственно одна система корректирует глубину открытия впускных клапанов, а другая - моменты их начала открытия и закрытия.

Эффективная работа системы *Valvetronic* ограничивается 6000 мин⁻¹. Внешние признаки неисправности системы: неустойчивые обороты холостого хода в диапазоне 600...700 мин⁻¹, "искусственный" рабочий потолок оборотов - 4000 мин⁻¹, "тупой" разгон автомобиля до невысоких скоростей и, конечно, увеличенный расход топлива. Возможны затрудненный пуск и не адекватная реакция работающего двигателя на изменение положения педали "газа" - сказываются проблемы поступления горючей смеси в цилиндры.

Слабым элементом электрической части системы является электромотор, отказ которого остановит вращение эксцентрикового вала. К рекомендациям по отключению электромотора отношение должно быть сложным - двигатель возможно не пустится. Имеет смысл снять разъем с датчика распределительного вала впускных клапанов для тестирования нестабильно работающего двигателя. Система начнет работать в аварийном режиме. Если двигатель заработает плавно - виновата механика системы.

В первую очередь полезно осмотреть распределительный вал. Возможно, пружина, которая постоянно прижимает через промежуточный рычаг "уставший" вал к верхнему бугелю (башмаку), способствует образованию зазора между изношенной шейкой вала и ее сработанным подшипником в посадочном гнезде (пестели). Ход клапанов изменится на величину, близкую величине смещения, поэтому двигатель на малых оборотах устойчиво работать не будет.

Другое направление улучшения процессов газообмена на различных режимах работы современных двигателей заключается в правильно подобранной геометрической конфигурации впускного коллектора для обеспечения лучшего наполнения камеры сгорания воздухом на всех возможных оборотах. Классическая конструкция коллектора с фиксированной длиной обеспечивала наполнение цилиндров только в узком диапазоне оборотов. В последнее время длине и форме впускного коллектора уделяется большее значение, чтобы обеспечить наилучшее соответствие конкретной модели двигателя. Конструктивное изменение геометрии впускного коллектора может быть выполнено двумя путями: изменением его площади поперечного сечения и изменением длины, которые могут применяться по отдельности или вместе. Выполнить впускной коллектор переменной геометрии удалось путем двухтрубных воздухопроводов или воздухопроводов регулируемой длины.

В зависимости от режимов работы современного двигателя можно подобрать, например, необходимую длину впускных каналов, чтобы в период впуска повысить давление перед

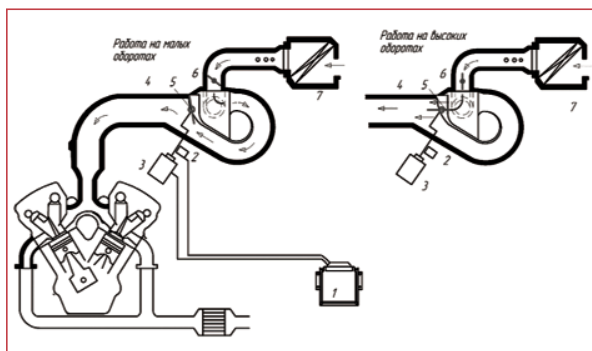


Рис. 7 Схема работы системы впускного коллектора переменной длины: 1 - ЭБУ; 2 - датчик; 3 - ЭМК; 4 - воздуховод; 5 - разделительная заслонка; 6 - дроссельная заслонка; 7 - воздушный фильтр

ды переменной длины (рис. 7).

Исследования показали, что при коротком впускном коллекторе двигатель лучше работает на высоких оборотах, а при низких оборотах более эффективен длинный впускной тракт [2].

В данных воздуховодах соответственно установили разделительную заслонку, которая закрывала или открывала короткий или длинный путь воздушному потоку в зависимости от оборотов и нагрузки двигателя. Обычно, начиная с 4200 мин⁻¹, для достижения высокой мощности положение заслонки изменяется исполнительным механизмом за счет разрежения во впускном коллекторе или с помощью ЭМК, который является элементом системы управления двигателем.

В двигателях с принудительным наддувом впускные коллекторы переменной длины не применяются, так как поступление необходимого объема воздуха в камеру сгорания происходит принудительно под избыточным давлением. В таких двигателях длина впускного коллектора минимальна, что позволяет сократить размеры двигателя и, соответственно, его стоимость [4].

Применяемые системы изменения длины впускного коллектора имеют примерно одинаковое устройство, отличия лишь в названиях: DSI - на автомобилях Ford; DIVA - BMW; VICS или VRIS - Mazda, VIS - Hyundai и Opel.

Впускные коллекторы переменного сечения могут устанавливаться и на двигателях, оборудованных наддувом (рис. 8). При движении в более узком трубопроводе воздушный поток набирает большую скорость, обеспечивая лучшее перемешивание и сгорание смеси в цилиндрах двигателя, работающего на низких и средних оборотах. При минимизации проходного сечения система EGR вступает в работу раньше для улучшения топливной экономичности работающего двигателя.

Известными системами изменения площади поперечного сечения впускного коллектора являются: IMRC или CMCV - на автомобилях Ford; T-VIS - Toyota, Twinport - Opel.

Неисправности подобных систем не приводят к явным пробле-

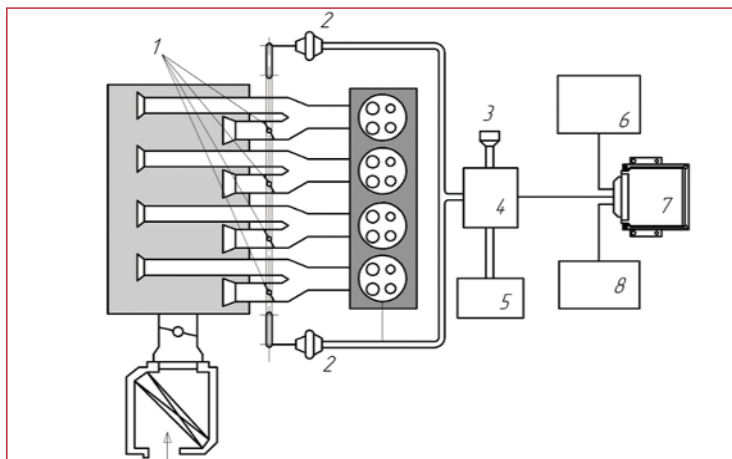


Рис. 8 Схема системы двухтрубных воздуховодов впускного коллектора: 1 - разделительные заслонки; 2 - диафрагменный клапан; 3 - воздушный соединитель; 4 - электровакуумный клапан; 5 - вакуумный аккумулятор; 6 - датчик оборотов; 7 - ЭБУ; 8 - датчик дроссельной заслонки

мам в работе двигателя - обычно наблюдается постепенная потеря мощности и, как следствие, перерасход топлива. На автомобилях с большим пробегом при работе таких систем может прослушиваться металлическое тарахтание во впускном коллекторе из-за поврежденного исполнительного механизма или посторонний шум, вызванный появлением люфтов приводов заслонок. Конечно, во всех случаях работа впускного коллектора зависит от качества и состояния прокладок.

В качестве примера выполним первоначальную оценку работоспособности системы изменения длины впускного коллектора автомобиля "Chevrolet Lacetti" по перемещению штока пневмокамеры, изменяющего положение управляющей заслонки (рис. 9).

Слабым элементом рассматриваемого привода является пневмокамера, точнее ее детали - пружина и мембрана.

На неработающем двигателе ЭМК выключен, и пневмокамера соединена с окружающей средой через открывшееся нижнее атмосферное отверстие клапана, прикрытое защитным колпачком.

Пружина пневмокамеры заставит шток полностью выдвинуться для перемещения

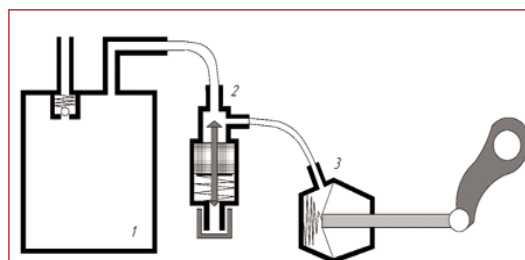


Рис. 9 Схема работы привода управляющей заслонки системы изменения длины впускного коллектора двигателя автомобиля "Chevrolet Lacetti": 1 - вакуумный бачок; 2 - ЭМК; 3 - пневмокамера

штока полностью выдвинуться для перемещения управляющей заслонки на работу впускного коллектора по короткому пути. Если шток выдвигается не до конца - пружина повреждена.

Сразу после пуска двигателя включенный ЭМК открывает доступ разрежению, образовавшемуся во впускном коллекторе, в пневмокамеру. В результате шток, преодолев усилие пружины, должен быстро и до конца втянуться в пневмокамеру для переключения заслонки на работу по длинному пути. Задвинутый шток невозможно вытянуть вручную. В противном случае повреждена диафрагма пневмокамеры. Также возможен подсос неучтенного воздуха из-за негерметичности впускного коллектора и его вакуумных шлангов, вакуумного бачка и пневмокамеры системы. Двигатель устойчиво работать на малых и средних оборотах не будет, ибо при открытии дроссельной заслонки в коллекторе возрастает давление и уменьшается разрежение, которого может не хватить для удержания поврежденной диафрагмы.

При дальнейшем повышении оборотов свыше 4200 мин⁻¹ ЭМК выключается, и шток должен быстро и до конца выдвинуться и переключить заслонку на "короткий путь" впускного коллектора. Если шток перемещается медленно или задерживается в промежуточном положении, то ЭМК попадает под подозрение. Возможно, загрязнено его нижнее атмосферное отверстие.

Литература

1. Тимофеев Е. Сдвиг по фазе / Е. Тимофеев, С. Самохин // Автомобиль и сервис. -2007. - №7. - С. 64-68.
2. Холдерман, Д.Д. Автомобильные двигатели: теория и техническое обслуживание / Д.Д. Холдерман, Ч.Д. Митчелл - М. Издательский дом "Вильямс". 2006. - 664 с.
3. SOHCi-VTEC - "одновальник" с интеллектом [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http:// procvic.ru>honda](http://procvic.ru>honda) (дата обращения 28.01.2018).
4. Без двигателя нет движения, а следовательно нет автомобиля [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://samzan.ru> (дата обращения 8.01.2017).
5. Как работает система VVTi. Фазовращатель в ДВС [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http:// truck-hyundai.ru> (дата обращения 28.08.2019).

Связь с автором: mlv201@ya.ru