

ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

*Ярошевич В.К., д.т.н., профессор; Гурский А.С., к.т.н., доцент
УО «Белорусский национальный технический университет», г. Минск*

Современные автомобили имеют значительные преимущества по экономическим, экологическим, эргономическим и другим показателям по сравнению с автомобилями, выпускавшимися ранее. Для достижения высоких показателей по различным критериям значительно усложнилась конструкция систем и механизмов автомобиля. В современном автомобиле электронный блок управления контролирует и управляет впрыском топлива, зажиганием, содержанием токсичных компонентов в отработавших газах как на уровне изменения впрыска топлива, так и на уровне дожига не прореагировавших компонентов, сжиганием паров топлива, стабилизацией режима холостого хода, изменением фаз газораспределения и другими системами. Немаловажное значение имеет введение обратной связи в различных системах для корректирования выходных показателей работы двигателя.

Электронный блок управления (ЭБУ) получает электрические сигналы от датчиков в ожидаемом интервале значений, оценивает их и затем проводит вычисление пусковых сигналов для исполнительных устройств (приводов). Одной из важных функций, осуществляемых блоком управления, является непрерывная самодиагностика как входных и выходных цепей компонентов, так и некоторых функций внутреннего состояния системы. В современных блоках управления осуществление функций самодиагностики занимает до 50% ресурсов микропроцессора [1]. В случае нахождения неисправностей в какой-либо цепи (например, отсутствие или несоответствие заданному уровню сигнала какого-либо датчика) микрокомпьютер записывает соответствующий данной неисправности цифровой код в специальную область памяти, для того чтобы получить информацию о характере неисправности, необходимо осуществить «считывание» кода из памяти компьютера [2]. В более ранних системах это можно сделать переводом компьютера в режим выдачи диагностических кодов посредством вспышек индикаторных ламп.

Для того чтобы удостовериться в наличии нормального напряжения питания и в том, что выходной сигнал датчика находится в допустимых пределах (например, для температурного датчика это диапазон между -40 и $+150$ °C), работа датчиков отслеживается встроенными диагностическими устройствами. В том случае, когда величина сигнала, поступающе-

го в блок управления от какого-либо датчика, или совокупность сигналов от различных датчиков отличается от требуемых значений, микропроцессор анализирует создавшуюся ситуацию. В результате выявляются дефекты датчиков и исполнительных устройств, обрывы и короткие замыкания в электропроводке. Эти данные записываются в память и одновременно включаются соответствующие индикаторы, предупреждающие водителя. Сигналы наиболее важных датчиков, насколько это возможно, дублируются. Это означает, что в случае нарушения работы может быть использован другой подобный сигнал, или может быть выполнено два-три выбора [3].

Определение неисправностей осуществляется в пределах специальной области слежения за работой датчиков. В случае систем с программами обратной связи, например, контроль давления, можно также диагностировать отклонение от данного диапазона регулирования.

Путь прохождения сигнала может считаться неправильным, если неисправность присутствует больше заданного периода времени. Если однажды этот период был превышен, то неисправность сохраняется в памяти ЭБУ вместе с параметрами условий, при которых она случилась (например, температура охлаждающей жидкости, частота вращения коленчатого вала двигателя и др.). Для многих неисправностей возможна повторная проверка датчика, если путь прохождения данного сигнала будет определен при отслеживании как не имеющий неисправности в рассматриваемом периоде времени [4].

Если выходной сигнал датчика выходит за допустимые пределы, то происходит переключение на значение сигнала по умолчанию. Эта процедура используется применительно к следующим входным сигналам: напряжению аккумуляторной батареи; температуре охлаждающей жидкости, воздуха на впуске, моторного масла; давлению наддува; атмосферному давлению и расходу воздуха на впуске.

В случае нарушения важных для движения функций осуществляется переключение на заменяющие функции, которые позволяют доставить автомобиль до ближайшего предприятия автосервиса.

Кроме выдачи кодов, почти все современные блоки управления обеспечивают вывод на диагностический разъем потока цифровых параметров в реальном масштабе времени. Список этих параметров включает параметры работы датчиков, параметры рассчитанных процессором сигналов и параметры внутреннего состояния системы. Блоки управления с развитыми функциями самодиагностирования способны выводить до 40...50 и более различных параметров работы системы управления.

Многие блоки управления, кроме перечисленных выше функций, позволяют работать в двухстороннем интерактивном режиме. В этом случае непосредственно с клавиатуры сканера можно управлять регулирующими

компонентами системы (форсунки, реле, соленоиды), проверяя таким образом исправность различных контуров управления, или осуществлять специальные тесты (например, баланс мощности цилиндров посредством последовательного отключения форсунок).

Любая современная микропроцессорная система управления обладает некоторыми диагностическими возможностями. Эти возможности реализуются контроллером в соответствии с программой, заложенной в постоянной памяти, во время, когда микропроцессор не полностью загружен выполнением основных управляющих алгоритмов, т.е. в фоновом режиме.

Во время обычной эксплуатации автомобиля контроллер периодически тестирует его электрические и электронные компоненты. При обнаружении неисправности контроллер переходит в аварийный режим работы, подставляя в алгоритмы подходящее значение параметра вместо того, которое дает неисправный блок. Например, если контроллер обнаружит неисправность в цепи датчика температуры охлаждающей жидкости, программа установит значение температуры для штатной работы двигателя (обычно 80 °С) и будет использовать это значение при реализации управляющих алгоритмов, чтобы автомобиль оставался на ходу. Замещающее значение будет храниться в памяти ЭБУ. Водитель информируется о неисправности с помощью контрольной лампы CHECK ENGINE (или светодиода), расположенной на панели приборов.

Программное обеспечение современных автомобильных бортовых диагностических систем соответствует стандарту OBD-II (On Board Diagnostic). Разработка требований и рекомендаций OBD-II велась под эгидой EPA (Environmental Protection Agency - Агентство по охране окружающей среды при правительстве США), при участии CARB (California Air Resources Board - отдел по охране окружающей среды при правительстве штата Калифорния) и SAE (Society of Automotive Engineers - Международное общество автомобильных инженеров). OBD-II предусматривает более точное управление двигателем, трансмиссией, каталитическим нейтрализатором и т.д. Доступ к системной информации ЭБУ можно осуществлять неспециализированными сканерами. С 1996 г. все продаваемые в США автомобили соответствуют требованиям OBD-II. В Европе аналогичные документы принимаются традиционно с запаздыванием по отношению к США, тем не менее аналогичные правила вступили в силу с 1 января 2000 г. (EOBD - European On Board Diagnostic).

От применения стандарта OBD-II процесс диагностики электронных систем автомобиля стандартизируется, и можно один и тот же сканер без специальных адаптеров использовать для тестирования автомобилей всех марок (продаваемых в США начиная с 1996 г.). Выполнение стандарта OBD-II обеспечивает: стандартный диагностический разъем; стандартное размещение диагностического разъема; стандартный протокол обмена

данными между сканером и автомобилем; стандартный список кодов неисправностей; сохранение в памяти ЭБУ кадра значений параметров при появлении кода ошибки («замороженный» кадр); мониторинг бортовыми диагностическими средствами компонентов, отказ которых может привести к увеличению токсичных выбросов в окружающую среду; доступ неспециализированных сканеров к кодам ошибок, параметрам, «замороженным» кадрам, тестирующим процедурам и т.д.

Обмен информацией между сканером и автомобилем производится согласно международному стандарту ISO 9141 и стандарту SAE J1850. Стандарт J1979 устанавливает список кодов ошибок и рекомендуемую практику программных режимов работы для сканера [5].

В соответствии с требованиями OBD-II бортовая диагностическая система должна обнаруживать ухудшение работы средств доочистки токсичных веществ в выхлопных газах. Например, индикатор неисправности в терминологии систем OBD-II лампа Malfunction Indicator Lamp (MIL), которая является аналогом прежней лампы Check Engine. Она включается при увеличении содержания CO или CH в отработавших газах на выходе каталитического нейтрализатора более чем в 1,5 раза по сравнению с допустимыми значениями. Такие же процедуры применяются и к другому оборудованию, неисправность которого может привести к увеличению загрязнения окружающей среды.

Диагностика и самотестирование в системах OBD-II осуществляется подпрограммой Diagnostic Executive, часто называемой просто Executive. Executive с помощью специальных программ – мониторов (emission monitor) контролирует до семи различных систем автомобиля, неисправность в работе которых может привести к увеличению загрязнения окружающей среды. Остальные датчики и исполнительные механизмы, не вошедшие в эти семь систем, контролируются восьмым монитором (comprehensive component monitor - CCM). Executive работает в фоновом режиме и осуществляет постоянный контроль оборудования с помощью упомянутых программ – мониторов без вмешательства человека.

Каждый монитор может осуществить тестирование во время поездки, то есть цикла «ключ зажигания включен - двигатель работает - ключ выключен» при выполнении определенных условий. Критерием может быть время после запуска двигателя, обороты двигателя, скорость автомобиля, положение дроссельной заслонки и т.д. Многие тесты выполняются на прогревом двигателе. Производители по-разному устанавливают это условие, например, для автомобилей Ford это означает, что температура двигателя превышает 70 °C и в течение поездки она повысилась не менее чем на 20 °C.

По различным причинам подпрограмма Executive может задержать выполнение теста: отмененные тесты – подпрограмма выполняет некоторые

вторичные тесты только если прошли первичные, в противном случае тест не выполняется; конфликтующие тесты – иногда одни и те же датчики и компоненты должны быть использованы разными тестами. Подпрограмма не допускает этого, задерживая один тест до конца выполнения второго: задержанные тесты – тесты и мониторы имеют различный приоритет, подпрограмма Executive задержит тест с более низким приоритетом, пока не выполнит тест с более высоким приоритетом.

Подпрограмма Executive осуществляет три вида тестов: пассивный тест означает просто наблюдение (мониторинг) за значениями параметров системы или цепи; активный тест реализуется, когда система не проходит пассивный тест. Предполагается подача тест-сигнала и регистрация реакции системы на него. Тест-сигнал должен оказывать минимальное воздействие на текущую работу исследуемой системы, если не прошли активный и пассивный тесты. Подпрограмма выполнит тест, во время которого режимы двигателя и подсистем могут меняться.

Результаты выполнения тестов передаются от мониторов подпрограммы Executive. Коды ошибок обнаруженной неисправности записываются в память ЭБУ, и зажигается лампа MIL, если неисправность подтверждается в двух подряд поездках.

Монитор ССМ контролирует входные и выходные сигналы компонентов и подсистем вне деятельности первых семи мониторов. В зависимости от вида цепи ССМ может установить обрыв, замыкание или несоответствие сигнала норме. Проводятся также тесты на «рациональность» для входных и «функциональность» для выходных сигналов, проверяющие соответствие их значений режиму. Например, проверка на рациональность выходного сигнала датчика положения дроссельной заслонки в системе управления впрыском с определением массы воздуха по его объемному расходу предполагает сравнение сигналов с датчиков положения дроссельной заслонки и абсолютного давления во впускном коллекторе. При большем открытии дроссельной заслонки разрежение во впускном коллекторе уменьшается, сигнал с датчика абсолютного давления должен это подтверждать. При нормальной работе сигналы этих двух датчиков соответствуют друг другу, что и проверяется монитором ССМ.

В зависимости от типа ЭБУ монитор ССМ может контролировать следующие устройства: датчик массового расхода воздуха; датчик температуры охлаждающей жидкости; датчик температуры воздуха; датчик положения дроссельной заслонки; датчик положения коленчатого вала; датчик положения распределительного вала; бензонасос и т.д.

Посредством первых семи мониторов подпрограмма Executive контролирует подсистемы автомобиля, неисправности в которых могут увеличить количество выбрасываемых в окружающую среду токсичных веществ. Эти мониторы способны обнаруживать ухудшение характеристик

обслуживаемых подсистем, приводящее к превышению норм на токсичность в 1,5 раза. Мониторы обслуживают: каталитический нейтрализатор; датчики кислорода; пропуски воспламенения: топливную систему; систему улавливания паров топлива в баке; систему рециркуляции выхлопных газов; систему подачи воздуха в выпускной коллектор.

Разрешающие критерии для работы мониторов: температура охлаждающей жидкости более 75 °С; скорость автомобиля превышает 20 км/ч более чем 2 мин; дроссельная заслонка открыта; система управления двигателем работает в режиме с обратной связью; частота вращения коленчатого вала двигателя в пределах 1248... 952 об/мин для автоматической коробки передач и 1248...2400 об/мин - для ручной; напряжение на выходе датчика абсолютного давления во впускном коллекторе в пределах 1,5...2,6 В.

Критерии отмены работы мониторов: наличие кодов ошибок из-за пропусков воспламенения; наличие кодов ошибок, установленных монитором датчиков кислорода; наличие кодов ошибок из-за неисправности датчика кислорода на входе каталитического нейтрализатора; наличие кодов ошибок из-за неисправности датчика кислорода на выходе каталитического нейтрализатора; наличие кодов ошибок из-за работы топливной системы на переобогащенной смеси; наличие кодов ошибок из-за работы топливной системы на переобедненной смеси; система управления двигателем работает в аварийном режиме, имеются коды ошибок из-за датчиков абсолютного давления во впускном коллекторе, положения дроссельной заслонки или температуры охлаждающей жидкости; наличие кодов ошибок из-за рациональности сигнала датчика кислорода на входе каталитического нейтрализатора; наличие кодов ошибок из-за рациональности сигнала датчика кислорода на выходе каталитического нейтрализатора.

Конфликты при работе мониторов: работает монитор системы рециркуляции выхлопных газов; работает монитор системы улавливания паров бензина в баке; двигатель заведен менее 60 секунд тому назад; в предыдущей поездке был получен код ошибки из-за пропуска воспламенения; в предыдущей поездке монитором датчиков кислорода был получен код ошибки; в предыдущей поездке был получен код ошибки из-за неисправности нагревателя входного датчика кислорода; в предыдущей поездке был получен код ошибки из-за неисправности нагревателя выходного датчика кислорода; в предыдущей поездке был получен код ошибки из-за работы топливной системы с переобедненной смесью; в предыдущей поездке был получен код ошибки из-за работы топливной системы с переобогащенной смесью [6].

Таким образом, использование мониторов работы значительно упрощает диагностирование электронных систем управления. Однако усложнение конструкции за счет мониторинга зачастую приводит к неадекват-

ному поведению электронной системы управления, что в свою очередь приводит к ухудшению достоверности результатов при выполнении диагностирования. Результаты, полученные при компьютерном диагностировании обязательно необходимо подтверждать проведением поэлементного диагностирования. Использование функций активации исполнительных механизмов и вывод фактических параметров с использованием компьютерного сканирующего тестера значительно сокращают объем работ поэлементного диагностирования. Достоинством введения системы OBD-II является диагностирование электронных систем управления различных марок автомобилей универсальными сканирующими тестерами.

Список использованных источников

1. Элементы автоматики: учеб.-метод. пособие / М.Г. Киселев [и др.]. – Минск: БНТУ, 2010. – 113 с.
2. Экология и ресурсосбережение на транспорте: учебник / М.М. Болбас [и др.]; под ред. М.М. Болбаса. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2011. – 296 с.: ил.
3. Соснин, Д.А., Яковлев, В.Ф. Пowsейшие автомобильные электронные системы. – М.: СОЛОН - Пресс, 2005. – 240 с., ил.
4. Тюнин, А.А. Диагностика электронных систем управления двигателем легковых автомобилей. М.: СОЛОН - Пресс, 2007. – 352 с., ил.
5. Савич, Е.Л., Болбас, М.М., Ярошенич, В.К. Техническое обслуживание и ремонт легковых автомобилей / Под общ. ред. Е.Л. Савича. – Минск: Вышэйш. школа, 2001. – 252 с.
6. Электронные системы управления автомобилем: лабораторные работы (практикум) для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» и 1-37 01 07 «Автосервис»: в 3 ч. Ч. 1. «Диагностирование электронных систем управления двигателем» / Сост.: Е.Л. Савич, А.С. Гурский. – Минск: БНТУ, 2007. – 80 с.

УДК 631.3.02:621.78.084

ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ЗАКАЛОЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЖИДКОСТЬЮ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СТАЛЕЙ ПОНИЖЕННОЙ ПРОКАЛИВАЕМОСТИ

¹*Бетенья Г.Ф., к.т.н., доцент, ¹Анискович Г.И., к.т.н., доцент,
²Церба А.В, директор*

¹*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск*

²*ОАО «Минский агросервис», г. Минск*

Для обеспечения длительной эксплуатации сменных деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин (ДРОМ), работающих в тяжелых условиях абразивного изнашивания, характерных для почв республики, необходимо при их производстве применять качественные конструкционные стали и соответствующие технологии их упрочнения.