

ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИКИ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЕЙ

**В.П. Волков, профессор, д.т.н., Н.Н. Алекса, профессор, к.т.н.,
А.В. Мищенко, инженер, А.Ю. Рыжко, студент, ХНАДУ**

Аннотация. На примере мехатронной системы управления двигателем и трансмиссией автомобиля показаны особенности технологии их диагностирования.

Ключевые слова: автомобиль, мехатроника, диагностика, методы исследования, принципы построения.

Введение

Мехатроника возникла как комплексная наука от слияния отдельных частей механики и микроэлектроники. Её можно определить как науку, занимающуюся анализом и синтезом сложных систем, в которых в одинаковой степени используются механические и электронные управляющие устройства.

Все мехатронные системы автомобилей по функциональному назначению делят на три основные группы [1]:

- системы управления двигателем;
- системы управления трансмиссией и ходовой частью;
- системы управления оборудованием салона.

Система управления двигателем подразделяется на системы управления бензиновым и дизельным двигателем. По назначению они бывают монофункциональные и комплексные.

В монофункциональных системах ЭБУ подает сигналы только системе впрыска. Впрыск может осуществляться постоянно и импульсами. При постоянной подаче топлива его количество меняется за счет изменения давления в топливопроводе, а при импульсном – за счет продолжительности импульса и его частоты.

В комплексных системах один электронный блок управляет несколькими подсистемами: впрыска топлива, зажигания, фазами газораспределения, самодиагностики и др.

Система электронного управления дизельным двигателем контролирует количество впрыскиваемого топлива, момент начала впрыска, ток факельной свечи и т.п.

В электронной системе управления трансмиссией объектом регулирования является главным образом автоматическая трансмиссия. На основании сигналов датчиков угла открытия дроссельной заслонки и скорости автомобиля ЭБУ выбирает оптимальное передаточное число трансмиссии, что повышает топливную экономичность и управляемость.

Управление ходовой частью включает в себя управление процессами движения, изменения траектории и торможения автомобиля. Они воздействуют на подвеску, рулевое управление и тормозную систему, обеспечивают поддержание заданной скорости движения.

Управление оборудованием салона призвано повысить комфортабельность и потребительскую ценность автомобиля. С этой целью используются кондиционер воздуха, электронная панель приборов, multifunctionальная информационная система, компас, фары, стеклоочиститель с прерывистым режимом работы, индикатор перегоревших ламп, устройство обнаружения препятствий при движении задним ходом, противоугонные устройства, аппаратура связи, центральная блокировка замков дверей, стекло-

подъёмники, сиденья с изменяемым положением, режим безопасности и т. д.

Цель и постановка задачи

То определяющее значение, которое принадлежит электронной системе в автомобиле, заставляет уделять повышенное внимание проблемам, связанным с их обслуживанием.

Решение этих проблем заключается во включении функций самодиагностики в электронную систему. Реализация этих функций основана на возможностях электронных систем, уже использующихся на автомобиле для непрерывного контроля и определения неисправностей в целях хранения этой информации и диагностики.

Самодиагностика мехатронных систем автомобилей

Развитие электронных систем управления двигателем и трансмиссией привело к улучшению эксплуатационных свойств автомобиля.

На рис. 1 показан пример электронной системы управления трансмиссией автомобиля [2]. На основании сигналов датчиков ЭБУ

вырабатывает команды на включение и выключение сцепления. Эти команды подаются на электромагнитный клапан, который осуществляет включение и выключение привода сцепления. Для переключения передач используются два электромагнитных клапана. Сочетанием состояний «открыт-закрыт» этих двух клапанов гидравлическая система задает четыре положения передач (1, 2, 3 и повышающая передача). При переключении передач сцепление выключается, исключая тем самым последствия изменения момента, связанного с переключением передач.

Законы управления (программы) переключения передач в автоматической трансмиссии обеспечивают оптимальную передачу энергии двигателя колесам автомобиля с учетом требуемых тягово-скоростных свойств и экономии топлива. При этом программы достижения оптимальных тягово-скоростных свойств и минимального расхода топлива отличаются друг от друга, так как одновременное достижение этих целей не всегда возможно. Поэтому в зависимости от условий движения и желания водителя можно выбрать с помощью специального переключателя программу «экономия» для уменьшения расхода топлива, программу «мощность»

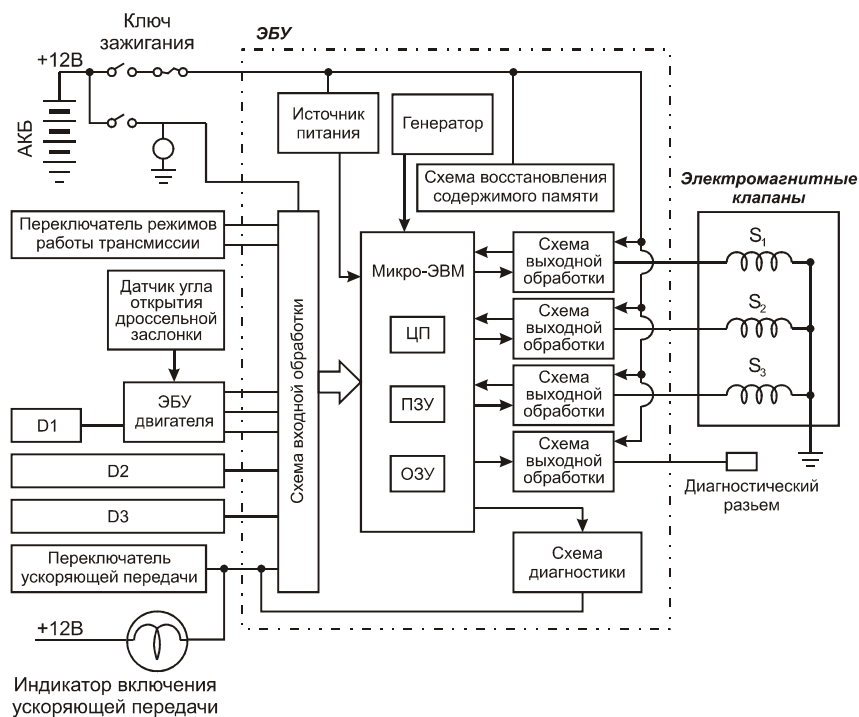


Рис. 1. Система управления трансмиссией: D_1 – датчик температуры охлаждающей жидкости; D_2 – датчик скорости автомобиля, установленный в спидометре; D_3 – датчик скорости автомобиля, установленный в автоматической трансмиссии



Рис. 2. Структурная схема самодиагностики мехатронных систем автомобилей

– для улучшения тягово-скоростных свойств или программу «ручное», чтобы перейти на переключение передач водителем.

На рис. 2 приведена структурная схема самодиагностики мехатронных систем автомобилей [3].

Электронный блок управления (ECU) производит самопроверку своего функционирования следующим образом: программируемые чипы памяти снабжены тестовыми комбинациями, которые могут восстанавливаться и использоваться в целях сравнения. Для запоминающих устройств применяется сравнение с итоговыми данными испытаний для гарантии того, что все данные и программы хранятся в этих устройствах правильно.

Возможности самодиагностики включают: идентификацию системы и ECU; распознавание, хранение и считывание информации о статических и единичных нарушениях работы; считывание текущих реальных данных, включающих условия окружающей среды и спецификации; моделирование функций системы; программирование параметров системы.

Отдельные программы для испытательного блока хранятся в подключаемых модулях, в

то время как корректировка и передача данных в системе осуществляются посредством интерфейса данных.

Бортовая система контроля и диагностики (БСКД), например автомобиля МАЗ, предназначена для:

- обеспечения диагностирования бортовых электронных систем по интерфейсу ISO 9141 непосредственно на автомобиле;
- контроля осевой нагрузки и режимов работы автомобиля;
- отсчета текущего времени и соответственно отображения контролируемых параметров и текущего времени на ЖК-индикаторе (экране) блока контроля, установленного на панели приборов без применения внешних устройств.

Система БСКД позволяет произвести диагностику электронных систем автомобиля (ABS/ASR, ECAS, EDC двигателя) по протоколу ISO 9141. Диагностика включает в себя чтение данных из энергонезависимой памяти электронных блоков: серийный номер блока; версия программного обеспечения блока; дата изготовления блока; чтение памяти ошибок; стирание памяти ошибок.

Процесс диагностики начинается с инициализации систем – обнаружения их в составе

электрооборудования автомобиля. При успешной инициализации возможно: прочитать память ошибок; произвести стирание памяти ошибок; просмотреть данные следующей обнаруженной системы или выйти в главное меню; изменить показания выбранного ряда; осуществить коррекцию текущего времени; произвести коррекцию текущей даты и выполнить ряд дополнительных функций.

Одной из важных особенностей двигателя MAN D2866-LF2, установленного на автомобиле MA3, является наличие Electronic Diesele Control (EDC) – электронной системы управления (ЭСУ) со встроенной системой диагностики. При каждом включении или выключении замка включения стартера и приборов, а также на протяжении всего периода работы двигателя с помощью ЭСУ осуществляется диагностика состояния электрических цепей и параметров встроенных датчиков (температуры, давления наддува и т. д.) и исполнительного механизма подачи топлива двигателя. В случае возникновения неисправностей или нарушения заданных параметров загорается контрольная лампа, корректируется режим работы двигателя (например, уменьшается подача топлива, снижается мощность) и записывается код неисправностей в память электронного блока управления (ЭБУ).

Коды неисправностей записываются в двух микросхемах памяти. Одна из микросхем памяти содержит коды, другая – информацию о неисправностях, которую можно считать и стереть только с помощью компьютерной контрольно-диагностической системы MAN-CATs. Стирание содержимого памяти первой микросхемы не влияет на содержание памяти второй микросхемы. Одновременно в памяти одной микросхемы может содержаться информация только о пяти неисправностях. При устранении (исчезновении) неисправности, записанной однажды в памяти микросхемы, информация о ней автоматически стирается из памяти обеих микросхем (если в течение 100 включений или выключений замка включения стартера и приборов данная неисправность не повторялась).

Простейшая диагностика неисправностей EDC может быть произведена нажатием кнопки диагностики EDC панели приборов.

При этом коды неисправностей определяют по числу и длительности вспышек контрольной лампы «EDC», а виды неисправностей определяются по таблицам кодов.

Углубленная диагностика и установка параметров (параметрирование) системы могут быть произведены с помощью компьютерной контрольно-диагностической системы (КДС) MAN-CATs.

Упрощенная диагностика неисправностей с помощью световых мигающих кодов. Диагностика неисправностей с помощью световых мигающих кодов может производиться как при работающем, так и при неработающем двигателе.

Для входа в режим диагностики необходимо в течение 3 с (но не более 10 с) нажать на кнопку диагностики EDC, а затем отпустить. Во время нажатия кнопки на щитке приборов загорается контрольная лампа «EDC», которая после отпускания кнопки гаснет (это позволяет также проверить исправность лампы). Если в системе есть неисправность, то по истечении 3 с после отпускания кнопки лампа «EDC» начинает мигать, выдавая световой код неисправности длинными (в течение 2 с) и короткими (в течение 0,5 с) вспышками. При этом сначала выдается код только одной (последней) неисправности. Для вызова кода следующей неисправности необходимо вновь нажать и отпустить кнопку диагностики EDC. Процесс вызова кодов неисправностей необходимо продолжать до тех пор, пока не повторится код, вызванный первым.

В качестве примера считывания светового кода приведена временная диаграмма (рис. 3) кода 2 – 4 (неисправность выключателя холостого хода датчика положения педали подачи топлива).

После нажатия и отпускания кнопки диагностики EDC происходит следующее: пауза перед началом выдачи кода – 3 с; длинная вспышка – 2 с; пауза между вспышками – 1 с; длинная вспышка – 2 с; пауза между вспышками – 5 с; четыре короткие вспышки по 0,5 с с паузами по 0,5 с.

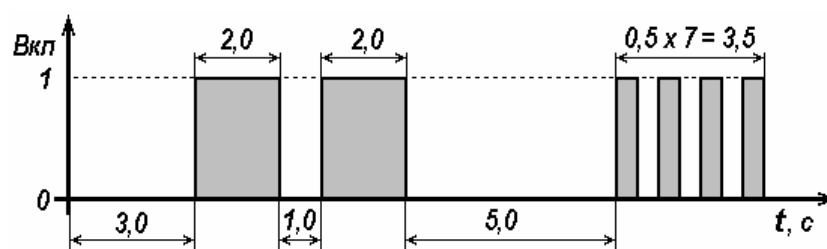


Рис. 3. Временная диаграмма светового кода 2 – 4

После считывания кодов и устранения неисправностей производится очистка памяти ошибок (световых кодов). При этом все коды устраненных неисправностей стираются из памяти ЭБУ. Если после стирания в памяти остались какие-либо коды, значит какая-то неисправность не устранена и стереть ее код можно лишь после устранения неисправности.

При возникновении трудностей в определении неисправности по световым мигающим кодам проводятся анализ вероятных причин и комплексная диагностика EDC с помощью КДС MAN-CATs.

Компьютерная (углубленная) диагностика электронных систем автомобилей также может быть проведена с помощью специального компьютерно-диагностического комплекса, выполненного на базе ПЭВМ.

Работы по компьютерной диагностике могут производиться непосредственно на автомобиле (на открытых площадках), а также в сервисных центрах и мастерских по ремонту автомобилей, цехах, отделах технического контроля и лабораториях. Для обеспечения контроля работы систем на автомобиле в дорожных условиях, например при обкатке автомобиля, используется ПЭВМ типа Notebook.

Принцип компьютерной диагностики (рис. 4) основан на следующем [3,4]:

- создании и передаче под управлением ПЭВМ через диагностический интерфейс (адаптер), выполненный в соответствии со стандартом ISO 9141, электрических сигналов, инициализирующих связь с конкретным электронным блоком;

- приеме информации от электронного блока, поступающей по диагностическому каналу;

- преобразовании информации в сигналы стандарта RS 232C;
- обработке этих данных по заданной программе и отображении результатов на экране ПЭВМ.

Линия диагностического интерфейса ISO-9141 используется для передачи команд и данных в электронный блок, а линия через адаптер – для приема данных от электронного блока, их ретрансляции и передачи по интерфейсу RS-232C в ПЭВМ. При параметрировании систем эта линия может также использоваться для передачи данных в электронный блок.

Диагностическая программа позволяет получить информацию о текущих неисправностях системы (активные неисправности), если они имеются, а также информацию о неисправностях, которые были, но в данный момент отсутствуют (пассивные неисправности). Кроме того, могут быть получены сведения о номере электронного блока, его изготовителе и дате изготовления, версии программного обеспечения, дате последнего изменения параметров.

С электронного блока системы управления двигателем могут быть считаны данные об общей наработке двигателя (суммарное число полных оборотов коленчатого вала, мото-часы работы), в том числе на холостом ходу, общем пробеге автомобиля, пробеге после последнего ТО и т. д.

Диагностика неисправностей и установка параметров с помощью компьютерной контрольно-диагностической системы MAN-CATs

В состав компьютерной контрольно-диагностической системы (КДС) MAN-CATs входят: компьютер (ПК) типа «NOTEBOOK»; интерфейсный блок ISO-9141; переходной, комму-

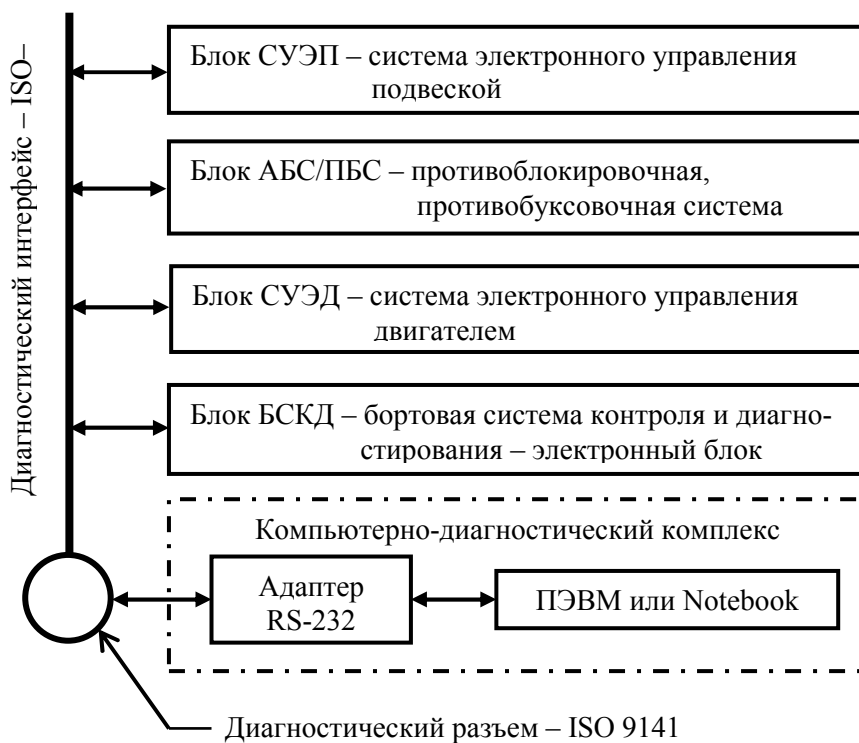


Рис. 4. Структурная схема компьютерной диагностики мехатронных систем автомобиля МАЗ с двигателем MAN D2866-LF20

тационный блок; комплект соединительных кабелей; программное обеспечение (ПО).

Информация о содержании версий ПО получается аналогично после выбора указанного режима

Программное обеспечение КДС совместимо с операционной системой Windows '98. В комплект программ входят инсталляционный пакет и пакет программ для электронных систем и их модификаций. Связь с ЭБУ осуществляется по каналу в соответствии со стандартом ISO-9141.

После завершения загрузки ПО на экране ПК появляется основное меню режимов: диагностика; программирование параметров в режиме EOL (end of line); инсталляция системы; информация о содержании версий ПО MAN-CATs. Выбрав требуемый режим работы, например «Мот», в режиме «Диагностика» и версию EDC, далее можно выйти в диалоговый режим с ПК, который позволяет произвести диагностику системы или программирование параметров в режиме EOL.

Инсталляция системы производится после выбора указанного режима и нажатия кла-

виши Enter. При этом на экране появляется информация о порядке работы с инсталляционными дискетами.

Выводы

Самодиагностика является стандартной для всех микропроцессорных систем управления. При нормальной работе функции самопроверки обеспечиваются параллельно с другими функциями, такими, как впрыск топлива и зажигание; управление подвеской; работа ABS/ПБС и др. Самодиагностика характеризуется выполнением нескольких требований:

- 1) контроль за работой сложных систем и узлов. Все усложняющаяся конструкция двигателя делает возможности самодиагностики весьма важными для обнаружения и устранения неисправностей. Целью является интегрирование всей системы в процесс диагностики;
- 2) защита узлов и деталей, подвергающихся особому риску в случае появления неисправностей. Например, можно привести защиту каталитического нейтрализатора, реагирующего на пропуски зажигания в двигателе. Система реагирует на определенную частоту

появления пропусков зажигания, отключая подачу топлива в неисправный цилиндр для предотвращения перегрева нейтрализатора;

3) работа в аварийной ситуации осуществляется по величинам, принимаемым по «умолчанию». Например, при выходе из строя датчика нагрузки (определяющего массовый расход воздуха), генерируется сигнал его замены, базирующийся на значениях частоты вращения коленчатого вала и положения дроссельной заслонки;

4) информация водителя о неисправностях системы диагностики с помощью индикаторных ламп, дисплеев и акустических приборов предупреждения. В США определены требования к бортовой диагностике автомобилей. В Европе разрабатываются аналогичные нормы для выявления нарушений в устройствах для снижения токсичности отработавших газов;

5) хранение точной информации. Система хранит в ЕСУ предупреждающую информацию и данные об отдельных неисправностях. Также в запоминающем устройстве хранятся данные об условиях работы двигателя на момент первоначального обнаружения ошибки. Тип и полнота информации регламентируются стандартами ISO;

6) доступ к хранимым ошибкам. Данные, хранящиеся в памяти системы самодиагностики во время работы автомобиля, могут быть переданы на диагностический стенд с дисплеем через последовательно подключенный многоканальный вход (порт). Необ-

ходимые для этого протоколы обмена приведены в стандартах ISO-9141 и ISO-14230;

7) наиболее простым вариантом передачи данных об ошибках является сообщение в форме мигающего кода на приборном щитке измерительной аппаратуры. Это помогает обслуживающему персоналу ускорить диагностику путем сужения поля возможных источников неисправностей.

Литература

1. Бутылин В.Г., Иванов В.Г., Лепешко И.И. и др. Анализ и перспективы развития мехатронных систем управления торможением колеса // Мехатроника. Механика. Автоматика. Электроника. Информатика. – 2000. – №2. – С. 33 – 38.
2. Данов Б.А., Титов Е.И. Электронное оборудование иностранных автомобилей: Системы управления трансмиссией, подвеской и тормозной системой. – М.: Транспорт, 1998. – 78 с.
3. Данов Б. А. Электронные системы управления иностранных автомобилей. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 224 с.
4. Сига Х., Мидзутани С. Введение в автомобильную электронику: Пер. с японск. – М.: Мир, 1989. – 232 с.

Рецензент: М.А. Подригало, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 31 октября 2007 г.