

*Е.Е. АЛЕКСАНДРОВ*, д-р. техн. наук,  
*С.В. СТРИМОВСКИЙ*, аспирант (г. Харьков)

## **ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ В ЭЛЕКТРОННОМ БЛОКЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАНС- МИССИЕЙ НА СОВРЕМЕННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ**

Пропонується проектувати мікропроцесорні системи керування гідромеханічними трансмісіями з розширеними діагностичними функціями завдяки аналізу більшої кількості параметрів, чим це необхідно для реалізації законів керування трансмісією. Розглянуті способи проведення повної діагностики автоматичної трансмісії за допомогою електронного блока керування.

It is offered design the microprocessor control system hydromechanical transmissions with extended diagnostic functions due to analysis of the greater number parameter, than this required for realization of the laws of control transmission. The considered ways of the undertaking the full diagnostics automatic transmission by means of electronic control unit.

**Введение.** В настоящее время гидромеханическая трансмиссия с микропроцессорной системой управления получила широкое распространение на транспортных средствах. Это объясняется тем, что по своим техническим и эксплуатационным характеристикам она не только не уступает механической трансмиссии, но и значительно превосходит ее по удобству пользования, то есть облегчает работу водителя, который не участвует в процессе переключения передач. Переключение передач в такой трансмиссии осуществляется автоматически по заранее заданной программе в электронном блоке микропроцессорной системы управления.

**Анализ проблемы диагностирования гидромеханических трансмиссий.**

Гидромеханическая трансмиссия (ГМТ) с микропроцессорной системой управления является сложной гидро- электромеханической системой, поскольку она состоит из гидравлической, электрической и механической частей. Блок-схема такого рода системы показана на рис. 1.

Выход из строя автоматической трансмиссии может произойти в результате возникновения одной или комбинации неисправностей в следующих местах [1]:

- в электрической части системы управления;
- в гидравлической части системы управления;
- одного или нескольких фрикционов коробки передач;
- в механической части коробки передач;
- в гидротрансформаторе;
- в электронном блоке управления.

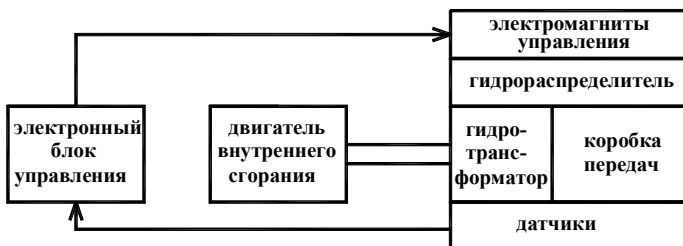


Рис.1 – Блок-схема гидромеханической трансмиссии с микропроцессорной системой управления

Диагностика ГМТ представляет собой процесс последовательного исключения из числа подозреваемых элементов исследуемой системы, в результате чего остаются только те, которые могут быть связаны с возникшей неисправностью. Редко когда удается сразу определить неисправность элемента. Поэтому прежде чем принимать решение о капитальном ремонте ГМТ необходимо хотя бы ориентировочно выяснить причину неудовлетворительной работы трансмиссии. Часто такой причиной служит неисправность одного из многочисленных датчиков или нарушение одного из регулировочных параметров системы управления и в результате простая замена датчика или проведение регулировки привода может привести к нормализации работы ГМТ. Таким образом, квалифицированная диагностика может во многих случаях избавить владельца транспортного средства от дорогостоящего ремонта.

Появление электронного блока в системе управления позволило значительно расширить возможности диагностики ГМТ. Электронный блок управления (ЭБУ) обеспечивает самодиагностику электрической части системы управления, а для некоторых моделей трансмиссий ее гидравлической части. Для этого ЭБУ непрерывно контролирует работу всех элементов, запоминая в виде определенных кодов любые неисправности, которые появились в процессе эксплуатации транспортного средства. В дальнейшем, во время проведения процедуры диагностики, эти коды могут быть считаны с блока управления и по ним можно определить ориентировочную причину возникновения неисправности, а иногда и верно указанный неисправный элемент.

**Цель и постановка задачи.** Целью настоящей работы является анализ возможности выполнения полной диагностики ГМТ и ее системы управления с помощью ЭБУ.

Рассмотрим какие параметры необходимо контролировать ЭБУ, для того чтобы провести полную диагностику автоматической ГМТ.

#### **Диагностика электрической части системы управления.**

В первую очередь ЭБУ анализирует исправную работу датчиков и электромагнитов включения передач, как перед началом, так и в процессе движения машины. В автоматических системах управления трансмиссией приме-

няются чаще всего следующие типы датчиков: потенциометрические, контактные, индукционные, гальваномангнитные (основанные на эффекте Холла).

Потенциометрические датчики могут определять положение педали подачи топлива, положение рычага селектора выбора режима работы трансмиссии и т.д. Включение такого типа датчиков в электрическую цепь показано на рис.2.

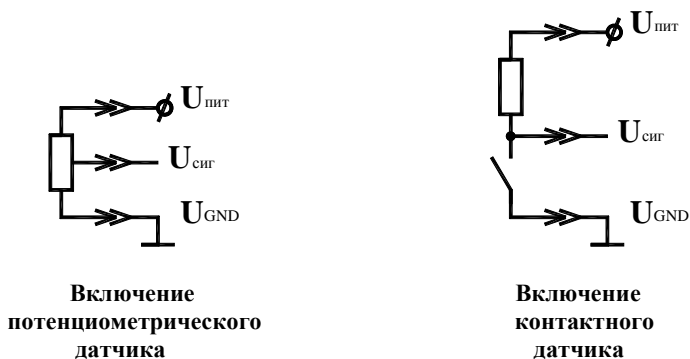


Рис. 2 – Включение датчиков в электрическую цепь системы управления  
 $U_{пит}$  – напряжение питания;  $U_{сиг}$  – напряжение сигнала, поступающее в электронный блок;  $U_{GND}$  – общий ноль

Из рисунка видно, что продиагностировать такого типа датчик очень просто. Если произойдет обрыв питающего провода, то  $U_{сиг}$  будет равно  $U_{GND}$ . Если произойдет обрыв общего провода, то  $U_{сиг}$  будет равно  $U_{пит}$ . Если произойдет обрыв сигнального провода, то на входе в блок напряжение будет приблизительно равно нулю. Поэтому достаточно выставить рабочий диапазон датчика так, чтобы  $U_{сиг}$  всегда было больше  $U_{GND}$  и меньше  $U_{пит}$ . И если выполнится одно из перечисленных условий, то это будет свидетельствовать о том, что датчик неисправен или сбилась его установка.

Индукционные или гальваномангнитные датчики применяются в основном для определения частоты вращения коленчатого вала двигателя и ведущих колес машины. Чаще всего эти датчики выполняются с контрольным выводом состояния электрических цепей. Но кроме этого, их исправную работу можно определять с помощью ЭБУ путем логического анализа. Например, если по алгоритму работы трансмиссии включилась 1-я передача в результате перевода рычага селектора в положение «движение вперед», а частота вращения коленчатого вала двигателя измеряется как равная нулю, то можно судить о неисправности датчика. Или если на 1-й передаче определяем избыточную угловую скорость вала двигателя, а сигнал от датчика частоты вращения ведущих колес измеряется как равный нулю, то можно судить о неисправности датчика частоты вращения ведущих колес. Или наконец на 2-

й и более высших передачах сигнал любого из датчиков измеряется как равный нулю, то соответствующий датчик вышел из строя.

Датчики контактного типа могут применяться для определения нажатия педали тормоза, определения положения рычага селектора выбора режима работы трансмиссии, а также в качестве кнопок и переключателей выбора режимов. Основной способ проверки работоспособности такого датчика – это вывод от него дублирующего сигнала на контрольный разъем. Очень часто производители автомобильной техники делают так, чтобы в результате поступления сигнала от контактного датчика через ЭБУ загорался соответствующий индикатор или светодиод. Это информирует водителя о том, что система управления восприняла его действие.

Контролировать работу электромагнитов включения передач можно двумя способами: с помощью датчиков измерения тока или с помощью датчика определяющего наличие магнитного поля, например геркона. Если применять герконы, то необходимо каждый из них устанавливать возле соответствующего электромагнита. Это делает управляющую систему громоздкой. Лучше всего применять датчики тока, которые располагаются в ЭБУ. Как только электронный блок подключает обмотку электромагнита в замкнутую электрическую цепь, он тут же измеряет величину протекающего тока. Если она не соответствует заданной, то считается, что электромагнит неисправен. Современные микросхемы силовых ключей для управления электромагнитами в автомобильной электронике выполняются с интегрированными датчиками тока [2,3].

В результате выше сказанного можно сделать вывод о том, что ЭБУ, спроектированный на основе микропроцессорной техники, в системе управления ГМТ может полностью диагностировать работу ее электрической части [4,5].

#### **Диагностика гидравлической части системы управления.**

Как правило, исправность гидравлической части системы управления определяют по трем основным параметрам – уровень масла, качество его состояния и давление в основной магистрали системы управления. Измерение уровня масла даёт важные сведения о состоянии трансмиссии. В первую очередь можно судить о герметичности трубопроводов системы управления. Неправильный уровень масла может привести к неисправной работе, как системы управления, так и самой ГМТ. Например, низкий уровень масла приводит к захватыванию насосом масла и воздуха. Воздух смешивается с маслом и увеличивает его сжимаемость, что приводит к задержке переключения передач и замедлению нарастания давления в бустерах фрикционных элементов управления во время их включения. Кроме того, наличие воздуха в масле не позволяет насосу обеспечивать необходимым количеством масла гидротрансформатор и систему смазки, что вызывает перегрев, быстрый износ и выход из строя элементов трансмиссии. И наоборот, если уровень масла слишком высок, то звенья планетарных рядов коробки передач будут оку-

наться в масло. Это вызовет его вспенивание и приведет к тем же самым результатам, что и при низком уровне масла. Вспенивание в комбинации с перегревом вызывает быстрое окисление и испарение масла, что приводит к ненормальной работе клапанов, сервомоторов и фрикционных элементов.

Очень часто работа трансмиссии может нормализоваться после того, как уровень масла был приведен к норме. Для контроля уровня масла в гидравлической системе с помощью ЭБУ необходимо применять датчик уровня (например, потенциометрического типа), датчик температуры масла (терморезистивного типа) и датчик углового положения автомобиля (определяет уклон дороги, на которой в соответствующий момент находится автомобиль). Как правило, уровень масла контролируется при температуре масла 85°C. Следует учитывать, что уровень холодного масла значительно отличается от уровня горячего масла. Алгоритм измерения уровня масла в соответствующие моменты может задаваться ЭБУ.

Не маловажным параметром является анализ качества состояния масла, который позволяет определить значительную внутреннюю поломку ГМТ. Как правило, качество состояния масла определяют по цвету и запаху. Свежее масло из-за добавления в него красителя имеет красный, зеленый или желтый цвета. В процессе эксплуатации оно принимает цвет темного прозрачного лака. В случае возникновения неисправности элементов в ГМТ масло будет изменять свой состав, цвет и запах. Например, масло обесцвечено и имеет черный оттенок с включениями частиц фрикционного материала – это происходит в результате разрушения фрикционов коробки передач, или в масле имеются включения частиц фрикционного материала и стальных частиц – это может быть признаком неисправности гидротрансформатора. Или масло помутнело в результате попадания охлаждающей жидкости двигателя в систему охлаждения масла трансмиссии и смешалось с ним. Охлаждающая жидкость двигателя вызывает раздувание и размягчение фрикционных накладок и тормозов.

Любой из перечисленных случаев сводится к одному: в результате возникновения неисправности элементов в ГМТ масло изменяет свой состав, а следовательно и диэлектрическую проницаемость. Измерять диэлектрическую проницаемость масла можно с помощью емкостного датчика, который необходимо установить в трубопроводе гидравлической системы [6].

Исправная работа системы управления также зависит от давления в основной магистрали гидравлической части системы. Отклонение величины давления от нормы может привести к неисправной работе системы управления. Это может произойти в результате поломки нагнетающего масляного насоса, регулятора давления, а также в результате засорения масляного фильтра или трубопроводов. Поэтому установка нескольких датчиков давления в основной магистрали гидравлической части системы управления позволит ЭБУ проводить анализ состояния гидравлической части системы.

### **Диагностика фрикционов коробки передач.**

Косвенно определить состояние фрикционов коробки передач можно по анализу качества состояния масла. Это было рассмотрено выше. Для прямого анализа состояния фрикционов необходимо в их бустерах разместить датчики давления. По их сигналам ЭБУ может вычислять время нарастания давления в бустерах фрикционов с момента подачи управляющих сигналов на электромагниты, а также судить произошло ли включение заданной передачи или выполнялась ли блокировка гидротрансформатора.

Таким образом, наличие датчиков тока в ЭБУ и датчиков давления в бустерах фрикционов позволяет электронному блоку точно определить, в какой части системы управления возникла неисправность.

### **Диагностика коробки передач и гидротрансформатора.**

Если в результате выполнения выше описанных процедур ЭБУ определил, что система управления ГМТ исправна, то необходимо проанализировать состояние коробки передач и гидротрансформатора. Это можно сделать следующим образом. Известно, что коробка передач на каждой передаче имеет соответствующее постоянное передаточное отношение  $i_{кп}$ . Поэтому, измерив величины угловых скоростей коленчатого вала двигателя и выходного вала коробки передач, можно вычислить величину  $i_{кп}$  и сравнить ее с величиной записанной в постоянной памяти ЭБУ. Поскольку величина  $i_{кп}$  на каждой передаче исправной коробки передач имеет постоянное значение, то в случае, если вычисленная величина  $i_{кп}$  отличается от записанной в постоянной памяти ЭБУ - это свидетельствует о неисправности внутри коробки передач.

Но следует учитывать, что на косвенное измерение величины  $i_{кп}$  будет влиять передаточное отношение гидротрансформатора. Поэтому вычислять величину  $i_{кп}$  стоит только после блокировки гидротрансформатора, т.е. когда осуществляется переход с гидравлического на механический способ передачи мощности от двигателя через гидротрансформатор в коробку передач. В этом случае передаточное отношение гидротрансформатора будет равно единице.

Диагностика коробки передач и гидротрансформатора, при наличии двух датчиков измерения угловых скоростей, усложняется тем, что при отклонении величины  $i_{кп}$  от заданной нельзя точно определить: поломка произошла в гидротрансформаторе или в коробке передач. Для точного определения места поломки необходимо измерять угловую скорость турбинного колеса гидротрансформатора. Это позволит не только проверять, произошла ли блокировка гидротрансформатора, но и определять величину  $i_{кп}$  не дожидаясь когда ЭБУ выдаст сигнал на блокировку гидротрансформатора.

### **Диагностика электронного блока управления.**

Поскольку электронный блок управления является главным элементом в реализации законов управления гидромеханической трансмиссией, а также в проведении диагностики всей системы, то анализ его исправного состояния является очень важной задачей. Разработчики электронных блоков управле-

ния гидромеханическими трансмиссиями обязательно предусматривают внутреннее самотестирование блока. Оно происходит сразу же после подачи питания на блок управления. При прохождении самотестирования электронный блок выполняет тест памяти, проверяет исправность внутренних элементов. После чего проверяется состояние источника питания и производится внешняя диагностика системы управления. Если все проверки произошли успешно, то об этом выдается сигнал водителю при помощи индикатора и разрешается запуск двигателя. Дальнейшая диагностика ГМТ и ее системы управления выполняется в процессе движения транспортного средства.

**Выводы.** В результате проведенного анализа диагностических параметров автоматической ГМТ можно сделать вывод о том, что ЭБУ может провести полную диагностику этой системы. Но для этого в электрическую часть системы управления необходимо ввести дополнительные датчики, которые не участвуют в реализации законов управления, а предназначены для построения диагностических функций в ЭБУ. Это датчики уровня масла, температуры масла, углового положения автомобиля; датчик качества состояния масла, датчики измерения давления в бустерах фрикционных и в основной магистрали гидравлической части системы управления; датчики измерения тока, протекающего в электромагнитах управления.

На первый взгляд может показаться, что реализация полной диагностики автоматической ГМТ на основе ЭБУ делает систему управления дорожке из-за введения дополнительных датчиков и увеличения производительности электронного блока. Но если рассмотреть историю развития автомобильной электроники, то можно увидеть, что в результате применения новых технологий для изготовления электронных компонентов, а также массового производства продукции, электронные системы управления на транспортных средствах значительно подешевели за последние десятилетия. Кроме того, полная диагностики поможет обслуживающему персоналу быстро и легко определять неисправности в ГМТ и ее системе управления. Это позволит владельцам транспортных средств экономить время и затраты на восстановление работоспособности трансмиссии.

**Список литературы:** 1. Харитонов С.А. Автоматические коробки передач. Эксплуатация, диагностика, техническое обслуживание и ремонт. – М.: Астель, 2003. – 479с. 2. Анфимов Е.С., Полинин Е.И. Энциклопедия ремонта. Вып. 8: Микросхемы для современной импортной автоэлектроники. Под общ. ред. Перебаскина А.В. – М.: ДОДЭКА, 1998. – 287с. 3. Прейшофф К. (перевод Биленко А.) Управление двигателем с помощью новых мощных полупроводниковых приборов. CHIP NEWS №2(12), март, 2002. – С. 20-23. 4. Яковлев В.Ф. Диагностика электронных систем автомобиля. Учебное пособие. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 272с. 5. Астратов Б.В., Соснин Д.А., Тюнин А.А. Электронное оборудование автомобилей. Диагностика и техническое обслуживание. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 288с. 6. Кошовий М.Д. Пристрій для визначення якості палива на АЗС // Сборник научных трудов ХНАДУ – Харьков: Автомобильный транспорт, 2001.- №7-8. - С. 166-168.

*Поступила в редколлегию 23.04.07*