

Кальянов Г.К., к.т.н., Кубата В.Г., к.т.н.

ХНАДУ, г. Харьков

АВТОМОБИЛЬНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ КОРОБКА ПЕРЕДАЧ

Изложен подход к решению задачи разработки автомобильной автоматизированной коробки передач на базе существующих механических коробок передач с ручным приводом.

Постановка проблемы

Современный парк автотранспортной техники Украины (особенно большегрузной) состоит в основном из автомобилей, оборудованных механическими коробками передач (КП) с ручным приводом, в которых операция переключения передач производится за счёт мускульной энергии водителя. Поэтому в настоящее время особую актуальность приобрела задача автоматизации процессов переключения в указанных КП. Эта задача может быть решена за счёт создания автоматизированных трансмиссий на базе уже существующих механических. Кроме того, решение этой задачи позволит создать трансмиссию, которая бы сочетала в себе положительные свойства как механических, так и автоматических трансмиссий.

Анализ последних исследований и публикаций

Основой автоматизированной трансмиссии является обычная механическая КП [1-6], управление состоянием механизма сцепления и переключение передач в которой осуществляется соответствующими приводами под контролем системы управления.

Существует несколько вариантов превращения механической КП с ручным управлением в автоматизированную [1-6], различие между которыми состоит в принципе действия используемого привода механизма переключения передач (МПП) коробки.

Особенность каждого из этих вариантов состоит в использовании [5, 6, 8]:

- гидравлического привода МПП;
- пневматического привода МПП;
- электромеханического привода МПП.

Техническая реализация МПП с гидравлическим и пневматическим приводами возможна только на автотранспортных средствах, оборудованных соответствующими штатными источниками энергии. Если же говорить об универсальном МПП автоматизированной КП, то его техническая реализация должна базироваться на использовании электромеханического привода, т.е. электрического двигателя постоянного тока или шагового двигателя. В пользу этого вывода свидетельствует тот факт, что любое автотранспортное средство оборудовано бортовым источником электрической энергии.

Разработка современных систем и агрегатов для автотранспортной техники немыслима без применения электроники [7, 9, 10, 11]. Не является исключением в этом смысле и автоматизированная КП. Использование электронной системы управления позволит реализовать в коробке не только функцию «электронного рычага» для переключения передач, но и обеспечить два различных режима управления работой автоматизированной КП [5, 6]: автоматический и ручной.

При работе автоматизированной КП в автоматическом режиме процесс переключения передач в коробке происходит автоматически, согласно программе, предварительно записанной в память управляющего контроллера системы управления. В этом режиме работа автоматизированной КП ничем не отличается от работы обычного механического «автомата», т.е. водитель управляет только положением педали «газа», а всё остальное делает электроника.

При ручном управлении работой автоматизированной КП выбор передачи, на которую необходимо выполнить переключение, осуществляется водителем, а электроника лишь управляет процессом переключения на выбранную передачу.

Цель статьи

Показать один из возможных путей решения задачи разработки автомобильной автоматизированной КП на базе существующей механической КП с ручным приводом, использование которой позволит при незначительных финансовых затратах существенным образом повысить эффективность эксплуатации автотранспортной техники.

Материалы и результаты исследований

Разработка автоматизированной КП на базе существующей механической коробки передач грузового автомобиля КамАЗ была проведена в стенах ХНАДУ [12]. При этом соответствующие работы проводились в несколько этапов.

На первом этапе была проведена доработка конструкции механизма переключения передач (МПП) механической КП автомобиля. В результате — последняя была оснащена двумя электрическими двигателями постоянного тока. Использование указанных двигателей в качестве приводов МПП штатной механической КП позволяет, с одной стороны, повысить надежность системы в целом, а с другой стороны — максимально унифицировать электронику системы управления автоматизированной КП. При таком подходе техническая реализация автоматизированной КП возможна на любом автотранспортном средстве (с механической КП в штатной комплектации) с минимальными затратами, связанными только с доработкой конструкции МПП коробки.

Кинематическая схема доработанной конструкции МПП механической КП, базирующаяся на использовании электрических двигателей постоянного тока в качестве приводов последнего, приведена на рис. 1. В ее состав входят:

- 1 — силовой электродвигатель;
- 2 — датчик угла поворота вала силового электродвигателя;
- 3 — селекторный электродвигатель;
- 4 — датчик угла поворота вала селекторного электродвигателя;
- 5 — вал рычага переключения передач;
- 6 — рычаг переключения передач;
- 7 — селекторная шестерня;
- 8 — ползун КП.

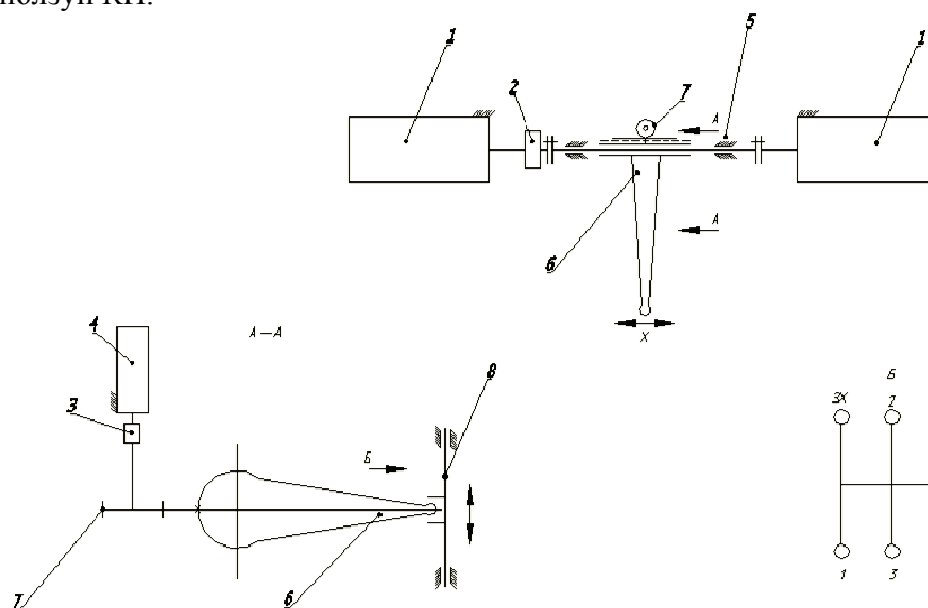


Рис. 1. Кинематическая схема МПП автоматизированной КП

Включение заданной передачи в коробке обеспечивается при помощи перемещения рычага 6 в одно из положений, показанных на виде Б, на котором отражены все возможные положения этого рычага в горизонтальной плоскости XY, характерные для шестиступенчатой КП. С этой целью по координате X, т.е. для выбора необходимого ползуна, селекторный двигатель 3 при помощи шестерни 7 перемещает рычаг 6 в соответствующую позицию. При выполнении данного перемещения положение рычага отслеживается аналоговым датчиком 4. После установки рычага 6 напротив ползуна необходимой передачи блок управления на основании выходного сигнала датчика 4 формирует команду выключения для селекторного электродвигателя 3. Кроме того, в этот же момент времени блок управления формирует команду включения для силового электродвигателя 1, вследствие чего вал рычага 6 начинает проворачиваться, обеспечивая перемещение выбранного ползуна по координате Y. В момент включения передачи, который фиксируется блоком управления по сигналу датчика 2, последний формирует команду выключения для силового электродвигателя 1.

Как следует из приведенного выше, необходимость наличия в составе технических средств автоматизированной КП соответствующей системы управления является неоспоримым фактом. Кроме того, техническая реализация данной системы управления должна отвечать современным тенденциям в мировом автомобилестроении, заключающимся в широком использовании цифровой электроники при разработке различных систем и агрегатов современного автомобиля.

Таким образом, второй этап разработки автоматизированной КП, в выполнении которого (а также всех последующих этапов) принимали непосредственное участие авторы статьи, был связан с разработкой структуры электронной системы управления КП, которая в самом общем виде представлена на рис. 2.

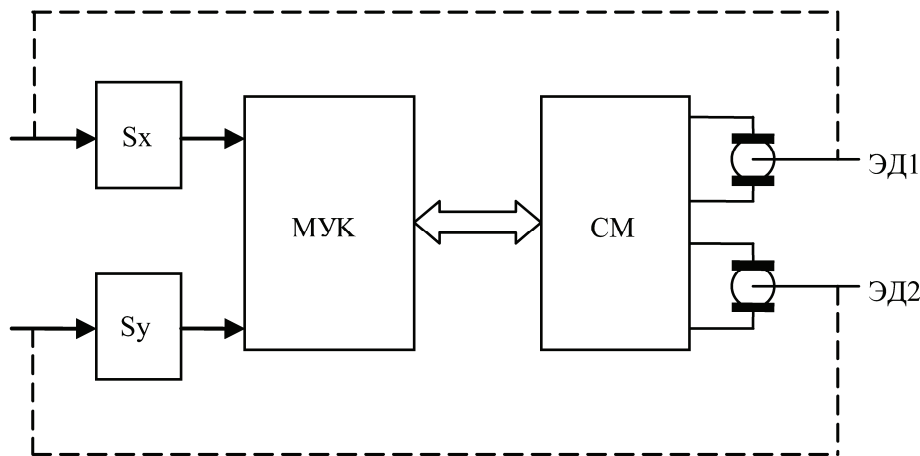


Рис. 2. Структурная схема электронной системы управления автоматизированной КП

Как следует из этого рисунка, в состав разработанной структуры электронной системы управления автоматизированной КП входят два модуля: модуль управляющего контроллера (МУК) и силовой модуль (СМ). К входу МУК подключены потенциометрические датчики положения МПП Sx и Sy, формирующие на своем выходе напряжения, величины которых зависят от положения МПП коробки передач по координатам X и Y, соответственно. К выходу СМ подключены электрические двигатели ЭД1 и ЭД2, выполняющие функции силового и селекторного двигателей, соответственно. Цепь обратной связи образована при помощи механической связи подвижных элементов датчиков положения МПП и роторов двигателей (рис. 1).

Назначение первого модуля, т.е. МУК, состоит в формировании сигналов управления состоянием силового и селекторного двигателей в зависимости от заданной траектории перемещения МПП, обеспечивающей переключение автоматизированной КП на заданную передачу.

Назначение силового модуля СМ состоит в реализации интерфейсных функций при управлении указанными двигателями с помощью силовых мостовых драйверов на основе сигналов управления, поступающих на вход СМ с выхода МУК. Кроме того, возможности силового модуля должны обеспечить:

- ограничение на заданном уровне величин токов силового и селекторного электродвигателей, что позволяет регулировать момент вращения на их валах;
- реализацию алгоритмов токовременной защиты указанных электродвигателей;
- возможность управления работой электродвигателей в автономном режиме (при помощи нажатия соответствующих кнопок), которая используется при проведении регулировочных работ;
- формирование ряда постоянных напряжений (с гальванической развязкой), предназначенных для питания драйверов силовых мостов.

На третьем этапе были разработаны структуры модуля управляющего контроллера и силового модуля. На рис. 3 представлена структурная схема модуля управляющего контроллера, в состав которой входят:

- микроконтроллер (МК);
- дисплей (Д);
- блок формирования управляющих команд N_{con} (БФУК);
- датчик позиционирования МПП по X-координате (S_x);
- датчик позиционирования МПП по Y-координате (S_y);
- формирователь опорного напряжения U_{ref} (ФОН);
- формирователь сетки опорных напряжений для X-координаты (ФОН $_x$);
- формирователь сетки опорных напряжений для Y-координаты (ФОН $_y$);
- формирователь кода позиционирования N_x по X-координате (ФКП $_x$);
- формирователь кода позиционирования N_y по Y-координате (ФКП $_y$);
- мультиплексор (М);
- сторожевой таймер (СТ).

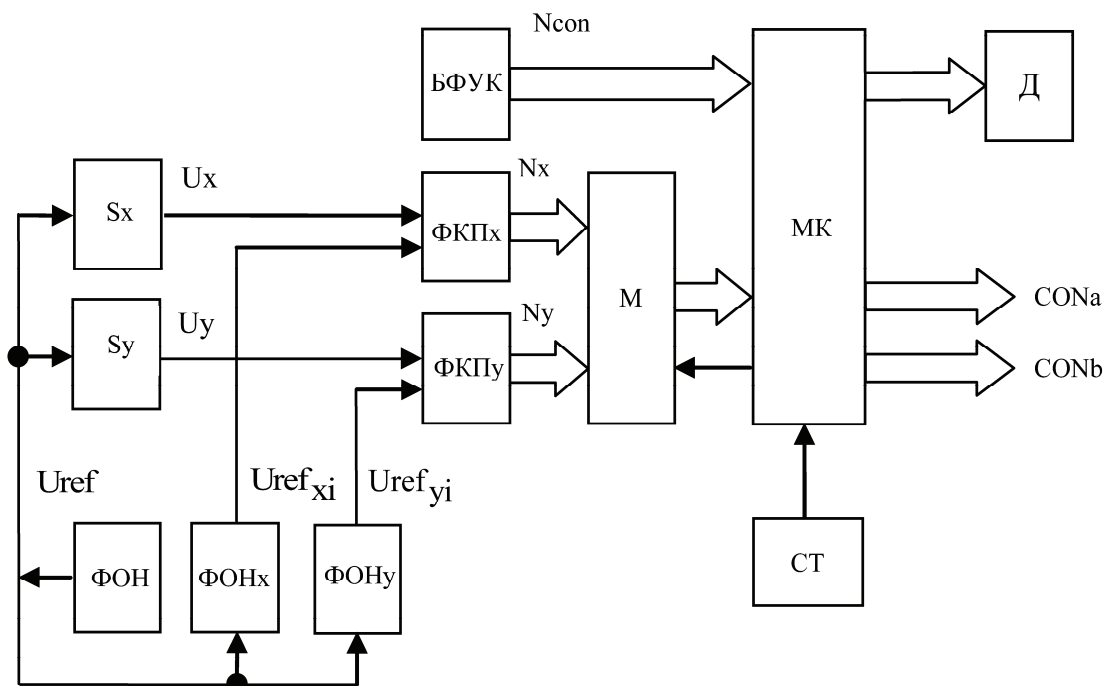


Рис. 3. Структурная схема управляющего модуля контроллера системы управления автоматизированной КП

Рассмотрим назначение и особенности функционирования перечисленных блоков, входящих в состав модуля управляющего контроллера электронной системы управления автоматизированной КП.

Микроконтроллер. Назначение микроконтроллера состоит в программном управлении работой всех узлов и блоков электронной системы управления автоматизированной КП при осуществлении в ней переключения передач. В качестве входной информации при реализации указанного процесса используются значения кодов позиционирования N_x и N_y , формируемые на выходе соответствующих формирователей кода позиционирования (ФКПх и ФКПу), а также информация с выхода блока формирования управляющих команд БФУК в виде кода управления N_{con} . Базируясь на результатах совместного анализа указанных выше информационных кодов, микроконтроллер принимает решение, которое заключается в формировании, если это необходимо, соответствующих импульсных последовательностей на выходах $CONa$ и $CONb$. Эти импульсные последовательности поступают на вход силового модуля CM и, проходя через интерфейсные микросхемы последнего, управляют состоянием силовых мостов модуля, которые, в свою очередь, осуществляют непосредственное управление соответствующими электродвигателями, т.е. обеспечивают включение или выключение силового и селекторного двигателей в определенной последовательности и в определенном направлении вращения. В результате происходит перемещение МПП по траектории, соответствующей переключению механической КП с текущей передачи на заданную в автоматизированном режиме. Кроме того, микроконтроллер управляет работой дисплея, на котором при помощи соответствующего набора символов отображается положение МПП в процессе работы автоматизированной КП.

Дисплей. Данный узел, как уже отмечалось выше, предназначен для отображения при помощи соответствующего набора символов положения МПП автоматизированной КП в процессе ее функционирования.

Для автоматизированной КП характерны два режима работы:

– режим «Настройка», в котором производится настройка величин опорных напряжений для формирователей кодов позиционирования ФКПх и ФКПу и для которого характерен автономный режим управления перемещением МПП коробки (без участия МУК) при помощи нажатия соответствующих кнопок;

– режим «Автомат», т.е. режим работы автоматизированной КП, в котором перемещение МПП по траектории, соответствующей переключению КП с текущей передачи на заданную, осуществляется при помощи команд, формируемых МУК.

В связи с этим следует отметить, что при работе автоматизированной КП в каждом из этих режимов используется свой набор символов, а их особенность обусловлена предложенным вариантом технической реализации дисплея, который заключается в применении в качестве элементов индикации семисегментных знаков синтезирующих светодиодных матриц.

Блок формирования управляющих команд. Данный блок решает задачу формирования кода управления N_{con} , значение которого определяется состоянием коммутационных элементов (кнопки и т.д.), входящих в состав данного блока. Воздействие на состояние этих элементов при работе автоматизированной КП, т.е. при эксплуатации автомобиля, возложено на водителя (оператора). Формируемый на выходе БФУК код управления задает то положение МПП, в которое необходимо обеспечить его перемещение для осуществления переключения на заданную передачу.

Датчики позиционирования. Датчики позиционирования S_x и S_y предназначены для формирования аналоговых напряжений U_x и U_y , величина которых пропорциональна положению МПП автоматизированной КП по координатам X и Y , соответственно. Роль указанных датчиков выполняют переменные резисторы, подвижный контакт которых механически связан с валами силового и селекторного двигателей, что обеспечивается получением автоматической системы управления с замкнутым контуром обратной связи.

Формирователь опорного напряжения. Данный узел модуля управляющего контроллера предназначен для формирования высокостабильного опорного напряжения U_{ref} , которым осуществляется питание датчиков позиционирования S_x и S_y . Кроме того, данное напряжение используется для питания формирователей ФОНх и ФОНу, назначение которых состоит в формировании соответствующих сеток опорных напряжений:

$U_{ref_{xi}}$ — сетка опорных напряжений для координаты X;

$U_{ref_{yi}}$ — сетка опорных напряжений для координаты Y.

Указанные опорные напряжения, величины которых могут быть подвергнуты корректировке, используются в качестве пороговых напряжений при работе формирователей кодов позиционирования ФКПх и ФКПу.

Блок формирователей кодов позиционирования. Данный блок предназначен для формирования кодов позиционирования N_x и N_y МПП автоматизированной КП по координатам X и Y, соответственно. Указанные коды генерируются при помощи формирователей ФКПх и ФКПу. Техническая реализация формирователей базируется на использовании аналоговых компараторов, в которых производится аналоговое сравнение выходных напряжений U_x и U_y датчиков позиционирования S_x и S_y , соответственно, с напряжениями уставок $U_{ref_{xi}}$ и $U_{ref_{yi}}$ формируемых на выходах ФОНх и ФОНу.

В состав ФКПх входят четыре аналоговых компаратора, каждый из которых производит сравнение напряжения U_x с соответствующими значениями напряжений уставок $U_{ref_{xi}}$ (где $i = 1, \dots, 4$). Таким образом, на выходе ФКПх формируется четырёхразрядный код позиционирования N_x . Что же касается ФКПу, то в его состав входят восемь аналоговых компараторов и в формировании восьмиразрядного кода позиционирования N_y принимают участие напряжение U_y и восемь напряжений уставок $U_{ref_{yi}}$ (где $i = 1, \dots, 8$). Конкретные значения напряжений уставок $U_{ref_{xi}}$ и $U_{ref_{yi}}$ устанавливаются при проведении регулировочных работ. Возможность корректировки величин напряжений уставок позволяет учесть индивидуальные особенности каждой конкретной механической КП при ее использовании в автоматизированном режиме.

Мультиплексор. Данный узел используется при вводе информации в виде кодов позиционирования N_x и N_y с выходов соответствующих формирователей кода позиционирования (ФКПх и ФКПу) в микроконтроллер в режиме временного мультиплексирования. Так как коды N_x и N_y имеют байтовый формат, то используемый мультиплексор является двухходовым, восьмиразрядным. Выбор передаваемого на выход мультиплексора, а следовательно, на вход микроконтроллера, информационного кода определяется значением одноразрядной управляющей команды, подаваемой на соответствующий вход управления мультиплексора.

Сторожевой таймер. Данный узел является непременным атрибутом любой системы управления и контроля, базирующейся на использовании микроконтроллеров (микропроцессоров). Его назначение — восстановление адекватной очерёдности выполнения программного кода (устранение «зависаний») после возникновения различного рода программных сбоев, причинами которых чаще всего бывают:

- мощные импульсные электромагнитные помехи, распространяющиеся по эфиру;
- помехи, распространяющиеся по цепям питания.

На заключительном этапе реализации проекта, который по объёму и временным затратам значительно превышает первые три, описанные выше, были выполнены следующие работы:

- разработаны алгоритмы функционирования модуля управляющего контроллера и силового модуля;
- разработано программное обеспечение для указанных модулей;
- проведен весь комплекс мероприятий, связанных с изготовлением действующего макета устройства управления автоматизированной КП.

Выводы

Разработан и изложен обобщенный подход к решению задачи разработки автомобильной автоматизированной коробки передач на базе существующих механических коробок передач с ручным приводом.

Список литературы

1. Shifting Along nicely // International journals Applied pneumatics. — 1987. — Vol. 11, № 87. — P. 16-17.
2. ZF Easyshift, Electro-pneumatische Schaltung (ES). ZF Semishift, Semiautomatische mit electro-pneumatischer Schaltung (SES). ZF Ecoshift, Automatisierte Vorwahl-Schaltung (AVS). ZF Autoshift, Automatische Schaltung (AS) (проект фирмы Zahnradfabric, Германия).
3. CAG — Computer-aided gear changing (проект фирмы Scania, Швеция).
4. Jahier F. Gamme, boites, moteur 500 ch pour Voivo / F. Jahier // Les Officiels d'Transports, Франция. — 1991. — № 1667. — P. 15-17.
5. Roboshift Electrically operated pneumatic gear shift system for heavy duty vehicles (проект фирмы Вольво).
6. Петров В.А. Автоматические системы транспортных машин / В.А. Петров. — М.: Машиностроение, 1974. — 336 с.
7. Microprocessor applied to automobile transmission control // Automotive Engineering. — 1982. — August. — Vol. 90. — № 8. — P. 36-42.
8. Automatic clutch and throttle System ACTS (проект фирмы Borg&Beck, Великобритания).
9. Поляк Д.Г. Электроника автомобильных систем управления / Д.Г. Поляк, Ю.К. Есеновский-Лашков. — М.: Машиностроение, 1987. — 200 с.
10. Elektronisches Kupplungssystem EKS (проект фирмы SACHS, Германия).
11. Гируцкий О.И. Электронные системы управления агрегатами автомобиля / О.И. Гируцкий, М.И. Есеновский, Ю.К. Лашков, Д.Г. Поляк. — М.: Транспорт, 2000.
12. Барун В.Н. Автомобили КамАЗ: Техническое обслуживание и ремонт / В.Н. Барун, Р.А. Азаматов, В.А. Трынов. — М.: Транспорт, 1984. — 251 с.

Стаття надійшла до редакції 14.07.10

© Кальянов Г.К., Кубата В.Г., 2010