

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 22.12.2021 15:43:36  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

**МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)**

**Кафедра технологии материалов и транспорта**

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
« 9 » \_\_\_\_\_ 2021 г.



**Современные и перспективные электронные системы  
управления транспортных средств**

Методические указания к выполнению практических работ  
для студентов направления подготовки 23.03.03 Эксплуатация  
транспортно-технологических машин и комплексов, направлен-  
ность, (профиль) "Автомобильный сервис"  
очной и заочной форм обучения

Курск 2021

УДК 621. 01

Составители: А.Ю. Алтухов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры технологии материалов и транспорта Б.А. Семенихин

**Современные и перспективные электронные системы управления транспортных средств:** Методические указания к выполнению практических работ для студентов направления подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, направленность, (профиль) "Автомобильный сервис" очной и заочной форм обучения / Юго-Зап. Гос. ун-т; сост.: А.Ю. Алтухов Курск, 2021. 30 с.: ил. 10, Библиогр.: б.: с. 30.

Представлены практические работы по антиблокировочной тормозной системе автомобиля, противобуксовочной системе автомобиля, рассмотрены системы управления курсовой устойчивостью автомобиля, система автоматического управления трансмиссией автомобиля, электронные противоугонные системы автомобиля.

Предназначены для студентов направления подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, направленность, (профиль) "Автомобильный сервис" очной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Усл.печ.л . Уч.-изд.л. . Тираж 100 экз. Заказ . Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр
Введение	4
Практическая работа №1. Антиблокировочная тормозная система автомобиля	5
Практическая работа №2. Противобуксовочная система автомобиля	8
Практическая работа №3. Система управления курсовой устойчивостью автомобиля	12
Практическая работа №4. Система автоматического управления трансмиссией автомобиля	17
Практическая работа №5. Электронные противоугонные системы автомобиля	22
Библиографический список	30

## ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемые методические указания составлены в соответствии с рабочей программой правления подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, направленность, (профиль) "Автомобильный сервис" очной и заочной форм обучения по дисциплине «Современные и перспективные электронные системы управления транспортных средств».

Отражены разделы программы теоретической части дисциплины. Представлены практические работы по антиблокировочной тормозной системы автомобиля, противобуксовочной системе автомобиля, рассмотрены системы управления курсовой устойчивостью автомобиля, система автоматического управления трансмиссией автомобиля, электронные противоугонные системы автомобиля.

.

## Практическая работа №1

### Антиблокировочная тормозная система автомобиля

Антиблокировочная тормозная система (англ. Antilock Brake System, ABS) препятствует блокировке колес автомобиля при торможении и тем самым обеспечивает безопасность движения и быструю остановку автомобиля.

Автомобильное колесо в процессе торможения замедляет свое вращение в широком диапазоне скоростей от свободного качения до полного блокирования, т.е. движется относительно дорожного полотна с проскальзыванием. Степень проскальзывания определяется отношением разности скорости автомобиля и окружной скорости вращения колеса к скорости автомобиля. От этой величины зависит коэффициент сцепления колеса с дорогой, а, следовательно, и тормозная сила на колесе автомобиля.

Типовая зависимость коэффициента сцепления колеса с дорогой  $\varphi$  от проскальзывания  $S$  (рисунок 1.1) достигает максимального значения коэффициента сцепления в продольном направлении. Для получения максимального замедления автомобиля и, следовательно, наименьшего тормозного пути (близкого к оптимальному торможению) необходимо, чтобы колеса при торможении имели проскальзывание, соответствующее максимальному значению коэффициента сцепления колеса с дорогой в продольном направлении. Для решения такой задачи и используется антиблокировочная тормозная система.

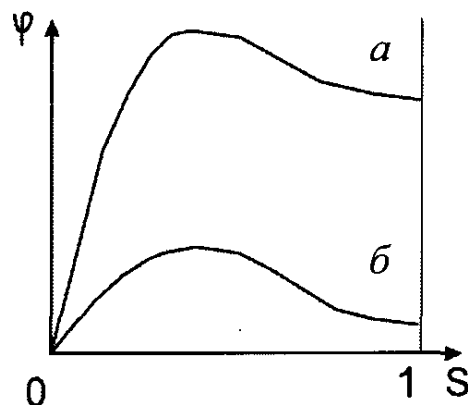


Рисунок 1.1 - Зависимость коэффициента сцепления колеса с дорогой  $\varphi$  от проскальзывания  $S$  (а и б — коэффициенты  $S$  соответственно на сухом и обледенелом бетоне)

При экстренном торможении обычная тормозная система обеспечивает торможение колес до их полного блокирования. Как показывают исследования, оптимальное торможение, по сравнению с торможением до блокирования колеса, позволяет уменьшить тормозной путь автомобиля на сухой дороге на 20 %, а на мокрой и покрытой льдом — на 50—60 %. При этом коэффициент сцепления колеса с дорогой в поперечном направлении также имеет высокое значение, что, в свою очередь, повышает устойчивость и управляемость автомобиля при торможении.

В современных автомобилях антиблокировочная тормозная система управляет всеми колесами автомобиля, но возможны и другие варианты.

Структурная схема антиблокировочной тормозной системы с обратной связью представлена на рисунке 1.2. Электронный блок управления (ЭБУ) собран на базе интегральных микросхем с применением цифровой технологии.

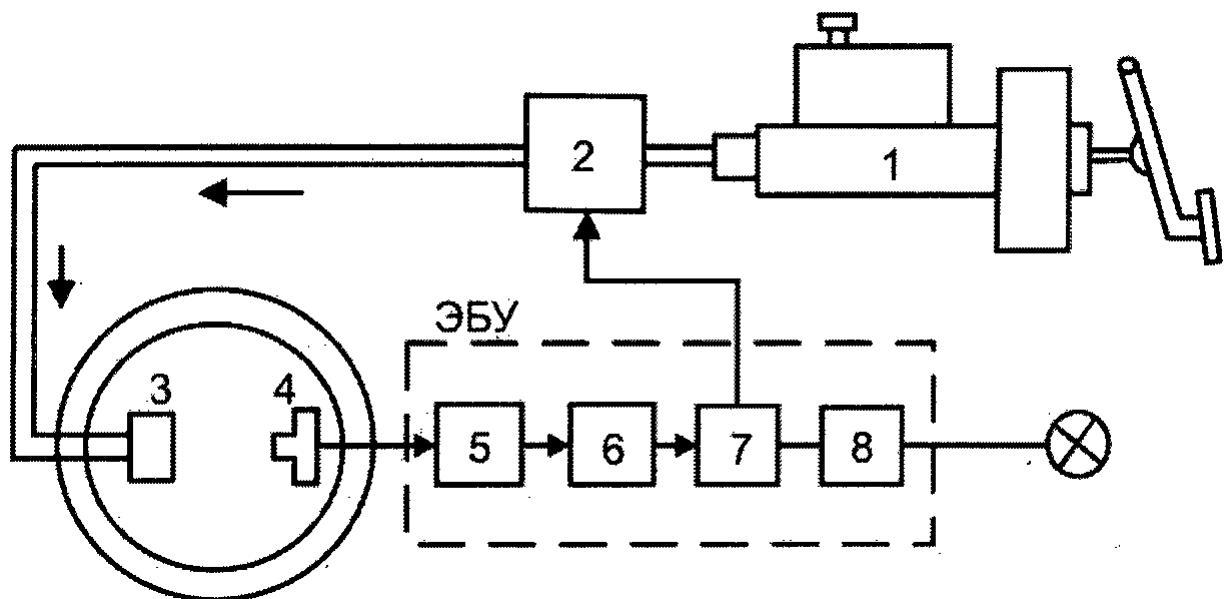


Рисунок 1.2 - Антиблокировочная тормозная система (ABS) с обратной связью: 1 — главный тормозной цилиндр; 2 — модулятор давления; 3 — колесный тормозной цилиндр; 4 — датчик скорости колеса; 5 — входной усилитель ABS; 6 — блок вычислений ABS; 7 — блок управления ABS; 8 — блок контроля исправности ABS

Он состоит из четырех блоков и семи микросхем:

- входной усилитель ABS для формирования и усиления сигналов датчика скорости колеса;
- блок вычислений ABS для выполнения логических операций; сравнения угловых скоростей колес, определения пробуксовки колес, их замедления и для формирования команд исполнительному механизму;
- блок управления ABS, представляющий собой усилитель мощности для привода электромагнитных клапанов в модуляторе давления;
- блок контроля исправности ABS. При возникновении неисправности этот блок отключает антиблокировочную систему. При этом основная тормозная система (без регулировки) остается в рабочем состоянии.

## Практическая работа №2

### Противобуксовочная система автомобиля

Противобуксовочная система (англ. Anti-Slip Regulation, ASR) — это электрогидравлическая система автомобиля, предназначенная для предотвращения потери тяги посредством контроля за пробуксовкой ведущих колес. Иногда эту систему называют системой управления силой тяги (трэкшн-контроль).

Во время ускорения автомобиля, когда излишний крутящий момент приводит к быстрому повышению частоты вращения одного или обоих ведущих колес, противобуксовочная система поддерживает проскальзывание ведущих колес в пределах допустимого уровня, выполняя следующие функции:

- регулирование силы тяги;
- поддержание курсовой устойчивости автомобиля.

Противобуксовочная система с замкнутой обратной связью (рисунок 2.1) объединяется с блоком управления антиблокировочной системы для совместного использования ее компонентов, включающих датчики частоты вращения колес и клапаны управления давлением.

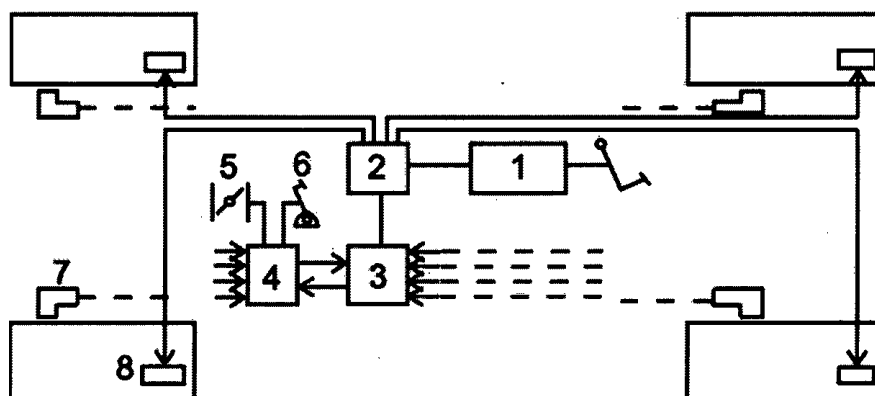


Рисунок 2.1 - Принципиальная схема противобуксовочной системы автомобиля: 1 — главный тормозной цилиндр; 2 — модулятор давления ABS/ASR; 3 — электронный блок управления ABS/ASR; 4 — электронный блок управления тягой двигателя; 5 — датчик положения дроссельной заслонки; 6 — датчик положения педали акселератора; 7 — датчики угловой скорости колес; 8 — колесные тормозные цилиндры



Для оптимального управления (с замкнутой обратной связью) крутящим моментом на ведущих колесах механическая связь между педалью подачи топлива и дроссельной заслонкой (или рычагом управления топливной форсункой на дизельных двигателях) заменена на электронную систему управления. Датчик преобразует положение педали подачи топлива в электрический сигнал, который затем с помощью блока управления используется для генерирования управляющего напряжения. Серводвигатель реагирует на этот сигнал восстановлением позиции дроссельной заслонки (или рычага управления топливным насосом в дизельных двигателях); затем он передает данные о положении дроссельной заслонки снова в блок управления. Краткое одновременное срабатывание рабочих тормозов применяется в качестве дополнения к работе электронной системы управления дроссельной заслонкой. К стандартному гидравлическому модулятору ABS может быть подключена секция ASR, что создает дополнительную гидравлическую энергию для получения тормозного усилия и переключения на работу ASR.

Реакция системы согласовывается регулированием момента воспламенения смеси, что позволяет сократить относительно протяженные задержки момента воспламенения, возникающие в том случае, когда крутящий момент двигателя контролируется исключительно с помощью дроссельной заслонки.

Существует несколько вариантов противобуксовочных систем (рисунок 2.2): управление двигателем, управление двигателем - тормозами, управление двигателем с блокировкой дифференциала.

Первый вариант управления не использует тормоза и не требует модификации антиблокировочной тормозной системы. Для повышения быстродействия системы при резком ускорении не только прикрывается дроссельная заслонка, но и уменьшается угол опережения зажигания и количество впрыскиваемого топлива. Данные меры способствуют увеличению устойчивости движения автомобиля.

Во втором случае блок электронного управления используется антиблокировочной тормозной системой в качестве элемента системы управления тяговым усилием. Механическая связь между

педалью управления подачей топлива и дроссельной заслонкой заменяется электронной. Педаль управления подачей топлива воздействует на потенциометр, который посылает сигнал о ее положении в ЭБУ.



Рисунок 5 – Блок-схема вариантов противобуксовочной системы

Датчики угловых скоростей колес позволяют обнаружить пробуксовку ведущих колес. При возникновении пробуксовки ЭБУ посылает сигнал для закрытия дроссельной заслонки. В том случае,

если пробуксовка начинается только у одного колеса, оно притормаживается антиблокировочной тормозной системой и одновременно прикрывается дроссельная заслонка.

Эффективными являются применение блокируемого дифференциала и при необходимости притормаживание обоих ведущих колес. Этот способ требует наличия дополнительной гидравлической системы, кроме ABS.

### Практическая работа №3

#### Система управления курсовой устойчивостью автомобиля

Система управления курсовой устойчивостью автомобиля (англ. Vehicle Dynamic Control, VDC) представляет собой систему с обратной связью, которая позволяет сохранить курсовую устойчивость во время движения автомобиля. Она объединена с тормозной системой и силовой передачей. В России ее называют противозапасной системой (ПЗС).

Система VDC предупреждает опережение или запаздывание поворота автомобиля во время управления им. Преимущества ABS и ASR развиваются системой VDC за счет повышения активной безопасности движения во время управления автомобилем по следующим пунктам:

- обеспечение водителя активной помощью даже в критических динамических ситуациях;
- увеличение курсовой устойчивости автомобиля даже при предельно сложных условиях дорожного движения для всех режимов эксплуатации, таких как полное или частичное торможение, движение накатом, разгон, торможение двигателем, изменение нагрузок;
- повышение устойчивости движения даже во время экстремальных маневров управления (аварийная ситуация);
- улучшение управляемости при предельно сложных условиях дорожного движения;
- лучшее использование потенциала сцепления между шинами и дорожным покрытием в зависимости от условий движения по сравнению с ABS и ASR.

На характеристику рулевого управления автомобиля можно повлиять посредством скольжения шин. В системе VDC эта характеристика шин используется в целях внедрения сервоуправления.

Система VDC управляет не только скоростью вокруг вертикальной оси, но и курсовым углом. VDC не ограничивается режимами работы систем ABS и ASR, но также распространяется на режим движения автомобиля накатом и приводится в действие во время частичного торможения на пределе возможности управления автомобилем.

На рисунке 3.1 показана структура управления курсовой устойчивостью автомобиля, состоящая из главного контроллера VDC и контроллеров скольжения. С помощью главного контроллера вводится значение номинальной величины проскальзывания для контроллера скольжения. Следящий блок определяет переменную контролируемого состояния (курсовой угол автомобиля)

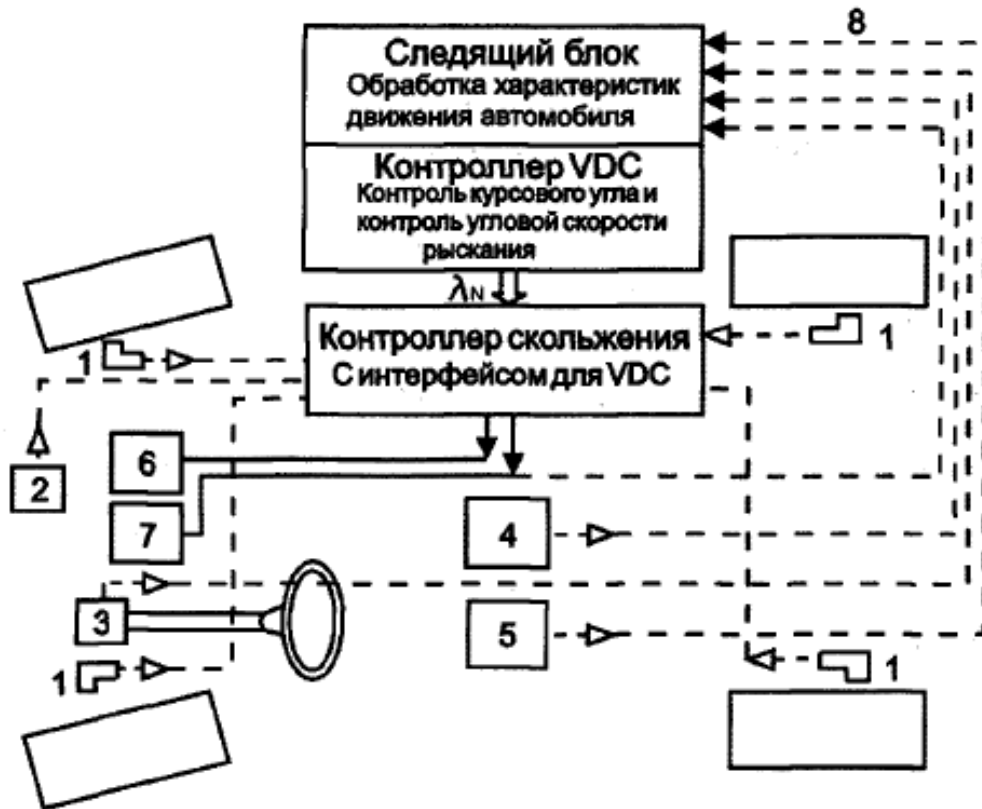


Рисунок 3.1 - Принципиальная схема системы управления курсовой устойчивостью автомобиля:

1 — датчики скорости вращения колес; 2 — датчик давления в тормозной системе; 3 — датчик положения рулевого колеса; 4 — датчик угловой скорости относительно вертикальной оси; 5 — датчик поперечного ускорения; 6 — модулятор давления; 7 — электронный блок управления тягой двигателя; 8 — сигналы датчиков для VDC

Оцениваются сигналы от датчика положения рулевого колеса, датчика давления в тормозной системе и органов управления работой двигателя. Помимо скорости движения автомобиля вычисля-

ются также необходимые характеристики коэффициентов сцепления между шинами и дорожным покрытием. Эти параметры оцениваются на основе сигналов, получаемых от датчиков скорости вращения колес, поперечного ускорения, угловой скорости относительно вертикальной оси и давления в тормозной системе. Затем рассчитывается момент относительно вертикальной оси, который нужен для приближенного приведения параметров действительного состояния к параметрам требуемого состояния. В целях получения требуемого момента рыскания необходимо, чтобы изменения в величинах относительного скольжения колес определялись посредством контроллера VDC. Затем эти величины устанавливаются с использованием контроллеров скольжения и тягового усилия с помощью исполнительного механизма гидравлической тормозной системы (модулятора давления) и электронного блока управления тягой двигателя. В данной системе применяется метод последовательных приближений компонентов ABS и ASR. Гидравлический модулятор с расширенными функциями ASR допускает высокий уровень динамического торможения всех колес при любых существующих температурах и в то же время надежно поддерживает необходимое разделение тормозных контуров.

Необходимый крутящий момент двигателя может быть установлен посредством управления работой двигателя через интерфейс CAN.

Далее рассмотрим, как ведет себя автомобиль во время работы ПЗС.

ПЗС реагирует на критические ситуации в том случае, если известно, куда намерен ехать водитель и куда на самом деле едет автомобиль. Ответ на первый вопрос система получает от датчиков, определяющих угол поворота рулевого колеса и угловые скорости колес автомобиля. Ответ на второй вопрос можно получить, измерив угол поворота автомобиля вокруг вертикальной оси и величину его поперечного ускорения. Если от датчиков поступают разные ответы на упомянутые выше вопросы, то существует вероятность возникновения критической ситуации, при которой необходимо вмешательство ПЗС. Критическая ситуация может проявляться в двух вариантах поведения автомобиля: недостаточная и избыточная поворачиваемость автомобиля.

В случае недостаточной поворачиваемости автомобиля ПЗС дозированно подтормаживает заднее колесо на внутренней стороне поворота, а также воздействует на системы управления работой двигателя и АКП (если автомобиль оборудован автоматической трансмиссией). В результате добавления к сумме сил тормозной силы, приложенной к упомянутому выше колесу, вектор результирующей силы, действующей на автомобиль, поворачивается в сторону поворота и возвращает машину на заданную траекторию движения, предотвращая выезд за пределы проезжей части и обеспечивая тем самым вписываемость в поворот.

В случае избыточной поворачиваемости автомобиля ПЗС дозированно подтормаживает переднее колесо на внешней стороне поворота и воздействует на системы управления работой двигателя и АКП (если автомобиль оборудован автоматической трансмиссией). Вследствие чего вектор результирующей силы, действующей на автомобиль, поворачивается наружу поворота, предотвращая тем самым занос автомобиля и следующее за ним неуправляемое вращение вокруг вертикальной оси. Еще одной распространенной ситуацией, в которой требуется вмешательство ПЗС, является объезд неожиданно возникшего на дороге препятствия. В случае, если автомобиль не оборудован ПЗС, события часто развиваются по следующему сценарию. Чтобы избежать столкновения с неожиданно возникшим препятствием, водитель резко поворачивает влево, а затем, чтобы возвратиться на ранее занимаемую полосу, — вправо. В результате автомобиль резко поворачивается и возникает занос задних колес, переходящий в неуправляемое вращение автомобиля вокруг вертикальной оси.

Развитие ситуации в случае с автомобилем, оборудованным ПЗС, выглядит несколько иначе. Водитель пытается объехать препятствие, как и в первом случае. По сигналам датчиков ПЗС распознает возникший неустойчивый режим движения автомобиля, производит необходимые вычисления и (в качестве контрмеры) подтормаживает левое заднее колесо, способствуя тем самым повороту автомобиля. При этом сила бокового увода передние колес сохраняется. Пока машина движется по дуге влево, водитель начинает поворачивать рулевое колесо вправо. Чтобы способствовать повороту автомобиля вправо, ПЗС подтормаживает правое переднее

колесо. Задние колеса при этом вращаются свободно, благодаря чему оптимизируется действующая на них боковая сила увода. Предпринятая водителем смена полосы движения может вызвать резкий поворот автомобиля вокруг вертикальной оси. Чтобы предотвратить занос задних колес, подтормаживается левое переднее колесо. В особо критических ситуациях это торможение должно быть очень интенсивным, чтобы ограничить нарастание боковой силы увода, действующей на передние колеса.

Рекомендуется выключать ПЗС при «раскачке» автомобиля, застрявшего в глубоком снегу или рыхлом грунте, езде с цепями противоскольжения и проверке автомобиля на динамометрическом стенде. Отключение ПЗС осуществляется нажатием кнопочного выключателя на панели приборов, включение — повторным нажатием на указанную клавишу. При запуске двигателя ПЗС находится в рабочем режиме.



## Практическая работа №4

### Система автоматического управления трансмиссией автомобиля

Система автоматического управления трансмиссией автомобиля реализуется благодаря появлению на автомобилях автоматических коробок перемены передач (АКПП).

АКПП обеспечивают бесступенчатое регулирование крутящего момента, подводимого к колесам автомобиля. Большинство АКПП состоят из гидротрансформатора, планетарных редукторов, фрикционных и обгонных муфт и соединительных валов и барабанов. Также иногда применяется тормозная лента, затормаживающая один из барабанов относительно корпуса АКПП при включении той или иной передачи.

Устройство управления АКПП представляет собой набор золотников, управляющих потоками масла к поршням тормозных лент и фрикционных муфт. Положения золотников задаются как вручную — механически рукояткой селектора, так и автоматически. Автоматика может быть гидравлической или электронной.

Гидравлическая автоматика реагирует на изменение давления масла от центробежного регулятора, соединенного с выходным валом АКПП, а также от нажатой водителем педали газа, получая информацию о скорости автомобиля и положении педали газа, на основании которой переключаются золотники.

Электронная автоматика предполагает использование соленоидов, перемещающих золотники. Кабели от соленоидов выходят из АКПП и идут к расположенному вне АКПП блоку управления, иногда объединенному с блоком управления впрыском топлива и зажиганием (рисунок 4.1).

Решение о перемещении соленоидов принимается электроникой на основе информации о положении педали газа и скорости автомобиля, а также о положении рукоятки селектора.

В некоторых случаях работоспособность АКПП сохраняется даже при полном выходе из строя электронной автоматики, но только с третьей передачей переднего хода или же со всеми передачами переднего хода, но с необходимостью их ручного переключения рукояткой селектора.

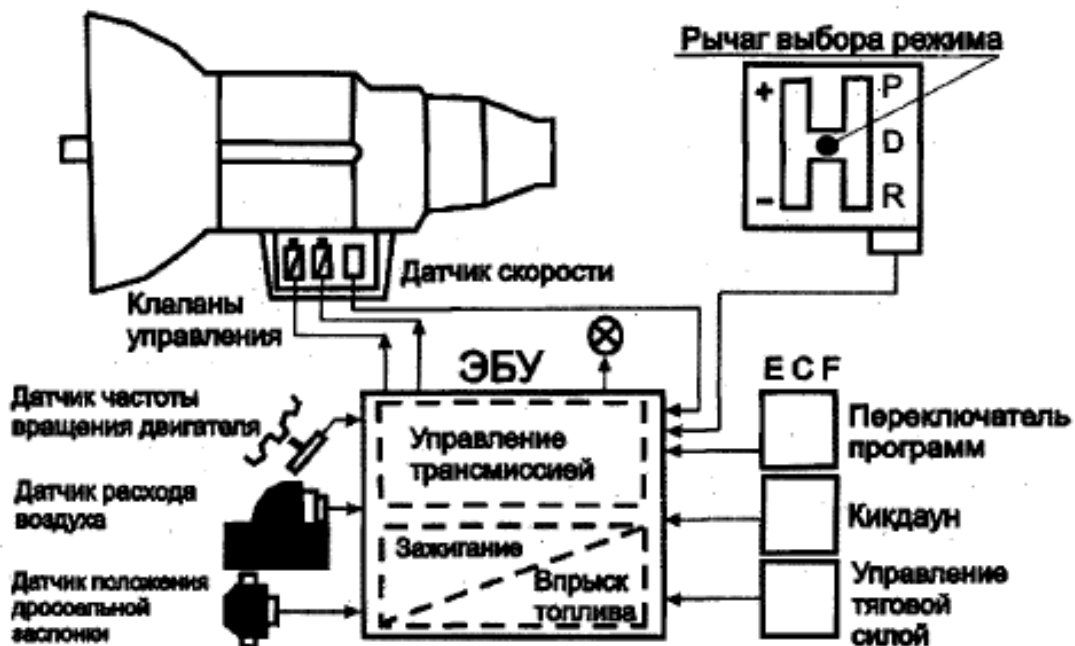


Рисунок 4.1 - Управление автоматической коробкой перемены передач

Разновидностью АКПП является автоматизированная бесступенчатая трансмиссия (вариатор). Также существуют различные автоматизированные («роботизированные») механические коробки перемены передач. Второе поколение роботизированных коробок передач называется преселективными коробками передач.

Пионером массового использования преселективных коробок стал концерн Volkswagen, применяющий DSG (Stronic у Audi) как на переднеприводных, так и на полноприводных моделях с продольно и поперечно установленными двигателями. Аббревиатура DSG (Direct Shift Gearbox — коробка прямого включения) означает роботизированную коробку передач с двумя сцеплениями.

Данный вид АКПП в настоящее время является наиболее совершенным с точки зрения экономичности и скорости переключения.

«Типтроник» (Tiptronic) — тип АКПП с возможностью ручного переключения передач. Это совместная разработка фирм-производителей узлов трансмиссии Porsche, Volkswagen и ZF Friedrich-shafen AG.

Возможность ручного переключения передач используется на

АКПП с гидротрансформатором и электронным управлением. Хотя, в принципе, возможность ручного переключения не зависит от конкретной конструкции АКПП и может применяться на любой АКПП при ее соответствующей доработке.

Физически метод ручного переключения представляет собой подачу с помощью селектора передач команды электронному блоку управления АКПП о желании повысить или понизить используемую передачу. Далее блок управления решает, что делать в ответ на поступившую команду.

На АКПП типа «Типтроник» сохраняется возможность выбора автоматического режима переключения передач, как и на традиционных АКПП, т.е. АКПП может функционировать в двух режимах: полностью автоматическом и ручном. При выборе ручного режима селектор заходит в специальный паз на панели, где он может перемещаться в двух направлениях: плюс и минус. Также на некоторых моделях автомобилей возможно ручное переключение на руле с помощью кнопок, аналогичное селектору.

Впервые «Типтроник» начал применяться на автомобилях Porsche и Audi с середины 1990—х годов. Впоследствии подобные системы управления АКПП появились практически у всех производителей, однако в связи с тем, что название Tiptronic запатентовано фирмой Porsche, каждый производитель называет такие коробки по-своему (Steptronic у BMW, AutoStick у Chrysler, S-Matic у Honda и т.д.).

Использование гидромеханической передачи (ГМП) облегчает работу водителя, особенно при движении в городских условиях. Применение электронного управления, в свою очередь, упрощает конструкцию гидромеханических и механических элементов передачи, повышает надежность системы в целом и позволяет оптимизировать закон переключения передач, обеспечивая тем самым снижение расхода топлива. Структурная схема электронного управления трехступенчатой ГМП автобуса ЛиАЗ-5256 представлена на рисунке 4.2.

В состав ГМП входят (рис. 4.2):

ДС — датчик скорости, вырабатывающий сигнал переменного тока, частота которого пропорциональна частоте вращения выходного вала ГМП;

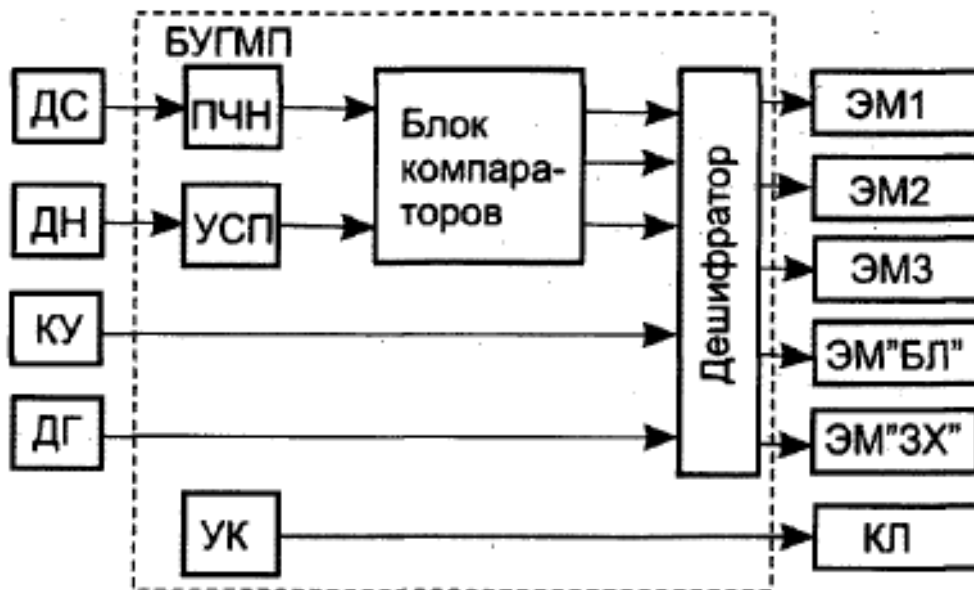


Рисунок 4.2 – Структурная схема электронного управления ГМП автобуса

ДН — датчик нагрузки двигателя, представляющий собой связанный с топливоподающим органом двигателя ступенчатый переключатель на три положения. Первое положение соответствует нагрузке 0...50 %, второе — 50...100 %, третье — более 100 % (так называемый режим «кикдаун»);

КУ — контроллер управления — ступенчатый переключатель на пять положений;

ДГ — контактный датчик включения гидрозамедлителя;

БУГМП — блок управления ГМП;

ЭМ1, ЭМ2, ЭМ3, ЭМ"БЛ", ЭМ"ЗХ" — соответственно исполнительные электромагниты включения первой, второй и третьей передач, блокировки гидротрансформатора и передачи заднего хода;

КЛ — контрольная лампа индикации аварийного режима.

Сигнал ДС поступает в преобразователь частота - напряжение (ПЧН), где преобразуется в сигнал постоянного тока, пропорционального частоте входного сигнала. Напряжение с выхода ПЧН подается на вход блока компараторов. Этот блок содержит три компаратора, сигнальные входы которых объединены. Опорным сигналом для компараторов является сигнал, формируемый в

устройстве сдвига порогов (УСП). Каждый из компараторов настроен таким образом, что при увеличении (или уменьшении) скорости автомобиля происходит поочередное переключение компараторов. При срабатывании первого компаратора формируется команда на включение второй передачи. Второй и третий компараторы формируют команды соответственно на включение третьей передачи и блокировку гидротрансформатора. Отсутствие сигналов на входах компараторов будет свидетельствовать о включении первой передачи. УСП изменяет порог срабатывания компараторов в зависимости от положения датчика нагрузки двигателя. При увеличении нагрузки переключение компараторов будет происходить при больших скоростях движения автомобиля.

Команды на переключение передач с выходов блока компараторов поступают на входы дешифратора. Сюда же подаются командные сигналы с КУ и ДГ. В зависимости от положения контроллера управления дешифратор обеспечивает автоматическое переключение передач по командам блока компараторов, принудительное включение первой передачи, передачи заднего хода или отключение коробки передач («нейтраль»). При включении гидрозамедлителя обеспечивается принудительная блокировка гидротрансформатора.

Узел контроля (УК) обеспечивает защиту от аварийных режимов при коротком замыкании или обрыве в цепи датчика скорости и при непредусмотренных комбинациях одновременного включения двух электромагнитов. При возникновении аварийных режимов УК снимает напряжение питания с электромагнитов и включает контрольную лампу КЛ.

## Практическая работа №5

### Электронные противоугонные системы автомобиля

Электронные противоугонные системы являются стандартным оборудованием на большинстве новых автомобилей и могут устанавливаться на выпущенные ранее. Промышленность производит много различных противоугонных систем, их цена, как правило, связана с предлагаемым уровнем защиты. Противоугонные системы должны быть эффективными, надежными, иметь длительный срок службы, устойчивыми к внешним воздействиям, например к радиопомехам. Установка такой системы не должна ухудшать безопасность автомобиля.

Противоугонные системы реализуют защиту автомобиля условно на трех уровнях:

1) по периметру. Система периметрической защиты использует микровыключатели для контроля за открывающимися панелями автомобиля (двери, капот, багажник). При попытке несанкционированного открытия панели включаются звуковой и световой сигналы. Иногда система дополняется датчиками, способными обнаруживать движения тела;

2) по объему. Система с помощью инфракрасных, ультразвуковых или микроволновых датчиков обнаруживает несанкционированное движение в салоне автомобиля. Ультразвуковые датчики используют эффект Доплера, когда любое движение в салоне изменяет частоту сигнала ультразвукового излучателя (40 кГц), принимаемого приемником. Микроволновая радиосистема работает на том же принципе, но радиосигнал излучается на частоте 10 ГГц. Микроволновые датчики реже ложно реагируют на движение воздуха и часто устанавливаются в кабриолетах. Инфракрасные датчики представляют собой сборку «приемник—излучатель» и монтируются на потолке салона. Они создают невидимую инфракрасную завесу до пола салона. Приемник постоянно контролирует отраженный сигнал и при его изменении (кто-то появился в салоне) включается сигнал тревоги;

3) иммобилизация двигателя. Иммобилизация двигателя осуществляется специальным ЭБУ, запрещающим запуск двигателя

при получении сигнала тревоги. Это может быть выполнено двумя способами:

а) аппаратной иммобилизацией, при которой некоторые электрические цепи системы пуска двигателя разрываются специальными реле или полупроводниковыми переключателями. Эффективность аппаратных систем иммобилизации сильно зависит от скрытности размещения разрывающих реле и немаркированных проводов в жгуте. Скрытность нужна для того, чтобы нельзя было шунтировать создаваемые этими устройствами разрывы в цепи;

б) программной иммобилизацией, когда по команде противоугонной системы ЭБУ двигателя запрещает его запуск, например делает недоступными калибровочные диаграммы подачи топлива и зажигания. После этого двигатель хотя и будет проворачиваться стартером, но не запустится. Такие системы очень эффективны, нужно только исключить возможность запуска двигателя путем замены ЭБУ двигателя на другой работоспособный блок.

Состав противоугонных устройств, входящих в стандартную комплектацию, зависит от модели автомобиля. Во всех случаях автомобиль комплектуется средствами периметрической защиты, многие противоугонные системы имеют иммобилизатор и защиту по объему. Обычно противоугонная система включается и выключается ключом замка двери или с дистанционного пульта, управляющего также и центральным замком. Припарковав автомобиль, водитель запирает двери и включает противоугонное устройство нажатием кнопки на дистанционном пульте управления (брелке). Светодиодный индикатор включения противоугонной системы начинает вспыхивать: сначала часто, информируя водителя о включении системы, затем редко, отпугивая потенциальных угонщиков.

При попытке несанкционированного проникновения в автомобиль противоугонная система включает звуковой сигнал, периодически зажигает и гасит фары, иммобилизатор блокирует работу двигателя. Примерно через 30 с звуковые и световые сигналы прекращаются, чтобы не разрядить чрезмерно аккумулятор, но иммобилизатор остается включенным до тех пор, пока владелец автомобиля не выключит его дверным ключом или с дистанционного пульта управления.

Существуют спутниковые охранно-поисковые системы, состоящие из двух основных частей: мобильного устройства (бортовой модуль), скрытно установленного в автомобиле, и круглосуточного диспетчерского центра. Диспетчерский центр обрабатывает информацию, полученную от бортового модуля с последующим отображением ее на электронной карте.

Бортовой модуль представляет собой небольшой герметичный необслуживаемый блок, скрытно устанавливаемый на контролируемый автомобиль и подключаемый к его бортовой сети и GPS/GSM антеннам. Бортовой модуль потребляет очень мало электроэнергии, его можно эксплуатировать практически неограниченное время даже при выключенном двигателе. Бортовой модуль получает сигналы от спутников, обрабатывает их и автоматически или по запросу передает в диспетчерский центр необходимую информацию, которая регистрируется в базе данных.

Диспетчерский центр — это рабочее место диспетчера, оснащенное персональным компьютером, специальным программным обеспечением и приемником сообщений от бортовых модулей. Диспетчерский центр позволяет обрабатывать сообщения от большого количества автомобилей, содержит базу данных маршрутов следования, позволяет определить местоположение автомобиля на электронной географической карте.

Разработана автосигнализация с обратной связью, когда сигнал тревоги передается прямо на брелок владельца автомобиля.

Противоугонная система автомобиля с автозапуском обеспечивает запуск и прогрев двигателя в холодное время в автоматическом режиме.

Система дистанционного управления позволяет управлять противоугонным устройством и центральным замком с некоторого расстояния. Она состоит из портативного передатчика, носимого водителем, и приемника, подключенного к ЭБУ противоугонного устройства и центральному замку.

Передатчик размещается в брелоке или самом ключе. Для миниатюризации применяются многослойные печатные платы и бескорпусные микросхемы. Питание осуществляется от миниатюрных литиевых батареек (как для наручных часов).



Противоугонная система включается и выключается передатчиком при посылке соответствующего цифрового кода. Код передается последовательно, при этом используется инфракрасное излучение или радиосигнал в УКВ - диапазоне. Системы, применяющие инфракрасное излучение, имеют малый радиус действия, требуют точного наведения луча передатчика, но не создают электромагнитных помех. УКВ - системы обладают большим радиусом действия, но их сигнал может быть перехвачен и декодирован угонщиками с помощью соответствующей электронной аппаратуры. УКВ - излучатели могут быть источниками электромагнитных помех, поэтому их параметры регламентируются соответствующими законодательными актами. Работают они в диапазоне дециметровых волн (200 - 450 МГц).

Передача сигналов содовой информации в автомобильных противоугонных системах производится, как правило, в одном направлении из соображений удешевления оборудования. Брелоки и электромеханические ключи приемников не имеют, хотя двунаправленные сигналы значительно усложнили бы взлом противоугонных систем.

Для повышения секретности линий связи многие противоугонные системы используют набор кодов, в результате при каждом нажатии кнопки передатчика (брелока) посылается свой код из набора. Программное обеспечение приемника синхронизирует его работу с передатчиком, т.е. приемник ожидает смену кода. Если приемник и передатчик вышли из синхронизации (например, когда водитель случайно нажал кнопку передатчика вдали от автомобиля), дистанционное управление работать не будет, но система автоматически синхронизируется при отпирании двери ключом.

В современных противоугонных системах используется динамический код Keeloq, алгоритм которого был разработан в середине 1980-х годов южноафриканской фирмой Nanoteq.

Технология динамических (плавающих) кодов делает бессмысленным и перехват кодов из эфира, и их подбор. Действительный код шифруется таким образом, что при каждой передаче излучается внешне совершенно другая кодовая посылка. В приемнике действительный код восстанавливается путем математической обработки. В результате становится невозможным предска-

зять, какая следующая кодовая комбинация снимет сигнализацию с охраны. Простое повторение предыдущей посылки не приведет к выключению сигнализации, так как использованные в прошлом посылки считаются недействительными. Предсказать же будущую посылку теоретически можно, только зная алгоритм итфрования кода, который держится фирмой—изготовителем в секрете, и достаточное количество выборок кода для анализа. Кодовые комбинации повторяются с очень большим интервалом.

На рисунках 5.1 и 5.2 схематично изображены алгоритмы работы передатчика и приемника при использовании динамического кода Keeloq. При нажатии кнопки брелока (передатчика) его микросхема переходит из режима ожидания в рабочий режим. Запускается 16-разрядный синхронизирующий счетчик, генератор динамического кода вырабатывает по определенному алгоритму динамический код (28—32 бит) в зависимости от значения секретного ключа (статический код) и состояния синхронизирующего счетчика.



Рисунок 5.1 – Алгоритм работы передатчика

Динамический код, заводской номер брелока и код нажатой клавиши образуют управляющее слово длиной 60-70 бит, которое передается приемнику по радиоканалу или иным способом. Если брелок зарегистрирован в данном приемнике, т.е. его идентификационный номер, секретный код, состояние синхронизирующего счетчика помещены в постоянное программируемое запоминающее устройство (EEPROM) приемника, принятая информация

идентифицируется по номеру брелока и обрабатывается. Синхронизирующий счетчик приемника запускается и в генераторе приемника вырабатывается динамический код. Если динамические коды приемника и передатчика совпадают, производится выполнение переданной команды.



Рисунок 5.2 – Алгоритм работы приемника

Заводской номер передатчика и секретный ключ - статические коды. Генератор динамического кода, тактируемый от 16-разрядного синхронизирующего счетчика, вырабатывает 65 535 различных значений кода, меняющихся в каждой посылке, повторяющихся циклически. Если пользоваться брелоком по 50 раз в день, повторение кода произойдет через 1310 суток.

Системы дистанционного управления на основе динамического кода являются криптографическими. Защита автомобиля от вскрытия зависит от кодовой длины секретного ключа, т.е. от числа его возможных состояний.

В современных противоугонных системах часто применяются специализированные микросхемы фирмы Microchip, реализующие алгоритм генерации псевдослучайной последовательности (динамического кода) Keeloq с длиной ключа 64 бита.

Код Keeloq представляет собой двоичную псевдослучайную последовательность с периодом  $2^{64}-1$  бит. Для идентификации передатчика используются блоки длиной 32 бита. Уникальный для

каждого передатчика 64-битовый ключ — это начальное состояние сдвигающего регистра генератора псевдослучайной последовательности.

Стандартный формат кода Keeloq имеет вид, представленный на рисунок 5.3

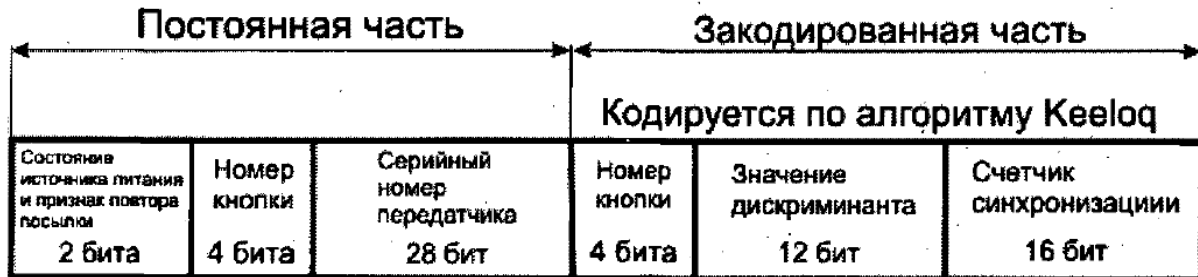


Рисунок 5.3 - Стандартный формат кода Keeloq

При данном формате кода Keeloq открыто передаются:

- 28 бит серийного номера передатчика, который должен быть уникальным для каждого выпускаемого производителем передатчика. Этот номер является первичной информацией для распознавания передатчика в приемнике устройства дистанционного управления. Как правило, он используется при формировании ключа кодирования для данного передатчика. Кроме того, в более секретных устройствах управления такой номер может передаваться в закодированном виде (Envelope Code) для исключения возможности применения различных код-грабберов;

- 4 бита кода команды (номер кнопки);

- 2 бита состояния источника питания передатчика и признака повтора посылки.

Собственно алгоритм Keeloq используется для кодирования следующих 32 бит данных:

- 4 бита команды (номер кнопки);

- 12 бит значения дискриминанта — секретного слова, которое может задаваться для каждой группы устройств, выпускаемых производителем;

- 16 бит счетчика синхронизации передаваемых посылок, обеспечивающих правильную работу декодера на приемной стороне.

На практике возможны случайные нажатия кнопок брелока, ведущие к рассинхронизации приемника и передатчика. В этом случае приемник начинает процедуру ресинхронизации, т.е. инкрементирует синхронизирующий счетчик и дешифрует сообщение с помощью соответствующих состоянием синхронизирующего счетчика и секретного ключа последовательностей, пока дискриминационное слово не дешифруется правильно. Далее реализуется алгоритм синхронизации приемника и передатчика.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коваленко О.Л. Электронные системы автомобилей: учебное пособие / О.Л. Коваленко; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. — Архангельск: НПЦ САФУ, 2013. — 80 с
2. Соснин Д.А., Яковлев В.Ф. Новейшие автомобильные электронные системы: учеб. пособие для специалистов по ремонту автомобилей, студентов и преподавателей вузов и колледжей. — М.: СОЛОН—Пресс, 2005. — 240 с.
3. Синопальников В. А. Надежность и диагностика технологических систем: учебник / В. А. Синопальников, С. Н. Григорьев. - М. : Высшая школа, 2005. - 343 с. :
4. Федосов В.П., Сытенький В.Д. Автомобильная электроника: учеб. пособие. — Таганрог: Изд—во ТРТУ, 1998. — 73 с.
5. Электрическое и электронное оборудование автомобилей. — М.: Рэндал; СПб.: Алфамер Паблишинг, 2008. — 284 с.
6. Электронные системы автомобиля: сайт.: <http://awtoel.narod.ru/index.html>.