

Дисциплина «ЭСКТС»
 Часть 3 «Мехатронные системы ходовой части автомобиля»
 Тема 15 «Структура комбинированных систем управления»
 Лекция № 44 (2 часа)

Вопросы:

1. Особенности построения.
2. Системы стабилизации курса.

1. Особенности построения

Системы управления (СУ) комбинированной структуры по определению включают несколько функциональных или комплексных систем управления по назначению (объектам управления). Объектами управления на автомобиле являются его агрегаты и узлы.

Связь между отдельными ЭБУ комбинированных систем осуществляется по информационным цепям датчиков (входным сигналам ЭБУ) и исполнительных устройств (выходным сигналам ЭБУ). По этому, **особенностями структуры** комбинированных СУ является наличие шинных информационных связей (бортовой информационной инфраструктуры).

Применение комбинированных СУ в мехатронных системах автомобиля позволяет **решать задачи** комплексного характера:

- комфорта вождения (помощи водителю);
- снижения эксплуатационных расходов;
- повышение безопасности движения;

Названия некоторых систем содержат слова похожие по смыслу (устойчивость, стабилизация). При этом, системы с конкурирующими названиями выполняют похожие функции, но по реализуют управляющие воздействия по разному. Чтобы систематизировать информацию о системах этого класса, приведем классификацию, ориентируясь на признаки состава структуры (степень интеграции) и вида возмущающих воздействий на автомобиль.

Классификация

По мере развития, СУ комбинированной структуры можно представить поколениями (по степени интеграции):

1. СУ силовыми агрегатами (ДВС + КПП) – сила тяги;
2. Системы стабилизации курса (ДВС + КПП + ABS = DME-M) – сила тяги + реакция торможения = продольная динамика;
3. Динамической устойчивости (ДВС + КПП + ABS + AS + EDC = ESP, DSC) – продольная динамика + поперечная динамика (рулевое управление, датчики ускорения);
4. Динамикой ходовой части (интегрированные) ICM (продольной DSC, поперечной AL, вертикальной VDM);

5. Телематические системы безопасности и помощи водителю (KAFAS, ADAS) – подробнее в следующей теме «Построение систем помощи водителю и безопасности движения».

Стабилизация движения и устойчивость автомобиля достигаются несколькими **способами**:

- подтормаживанием определенных колес;
- изменением крутящего момента двигателя;
- изменением угла поворота передних колес (при наличии системы активного рулевого управления);
- изменением степени демпфирования амортизаторов (при наличии адаптивной подвески).

Шинная структура современного автомобиля

Пример – А6 Avant:

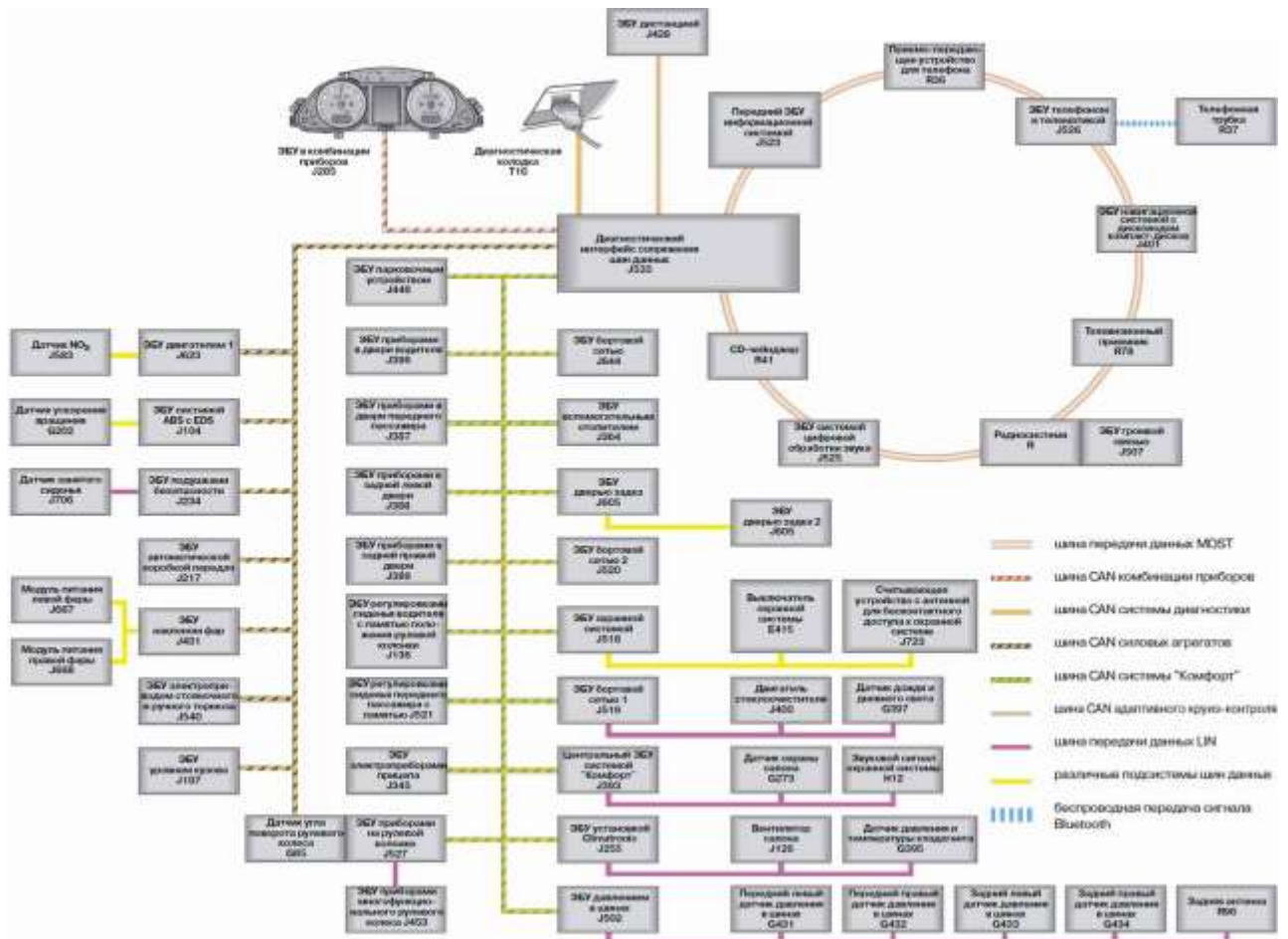


Рис. 1. Шинная структура системы управления автомобиля А6 Avant

Электронные шины

Сетевой интерфейс CAN (Controller Area Network) обеспечивает подключение любых устройств, которые могут одновременно принимать и передавать цифровую информацию (дуплексная система). Собственно шина представляет собой витую пару. Данная реализация шины позволила снизить влия-

ние внешних электромагнитных полей, возникающих при работе двигателя и других систем автомобиля (парофазное подавление помех).

CAN-шина – это система цифровой связи и управления электрическими устройствами автомобиля, позволяющая собирать данные от всех устройств, обмениваться информацией между ними, управлять ими. Информация о состоянии устройств и командные (управляющие) сигналы для них передаются в цифровой форме по специальному протоколу двумя проводами, т.н. «витая пара». Кроме того, к каждому устройству подается и питание от бортовой электросети, но в отличие от обычной проводки – все потребители соединены параллельно, т.к. нет необходимости вести от каждого выключателя до каждой лампочки свой провод. Это значительно упрощает монтаж, снижает число проводов в жгутах и повышает надёжность всей электросистемы.

Скорость передачи данных по CAN-шине может достигать **до 1 Мбит/с**, при этом скорость передачи информации между блоками управления (двигатель - трансмиссия, ABS - система безопасности) составляет **500 кбит/с** (быстрый канал), а скорость передачи информации системы "Комфорт" (блок управления подушками безопасности, блоками управления в дверях автомобиля и т.д.), информационно-командной системы составляет **100 кбит/с** (медленный канал). На рис. 2 показана структура CAN-шины легкового автомобиля.

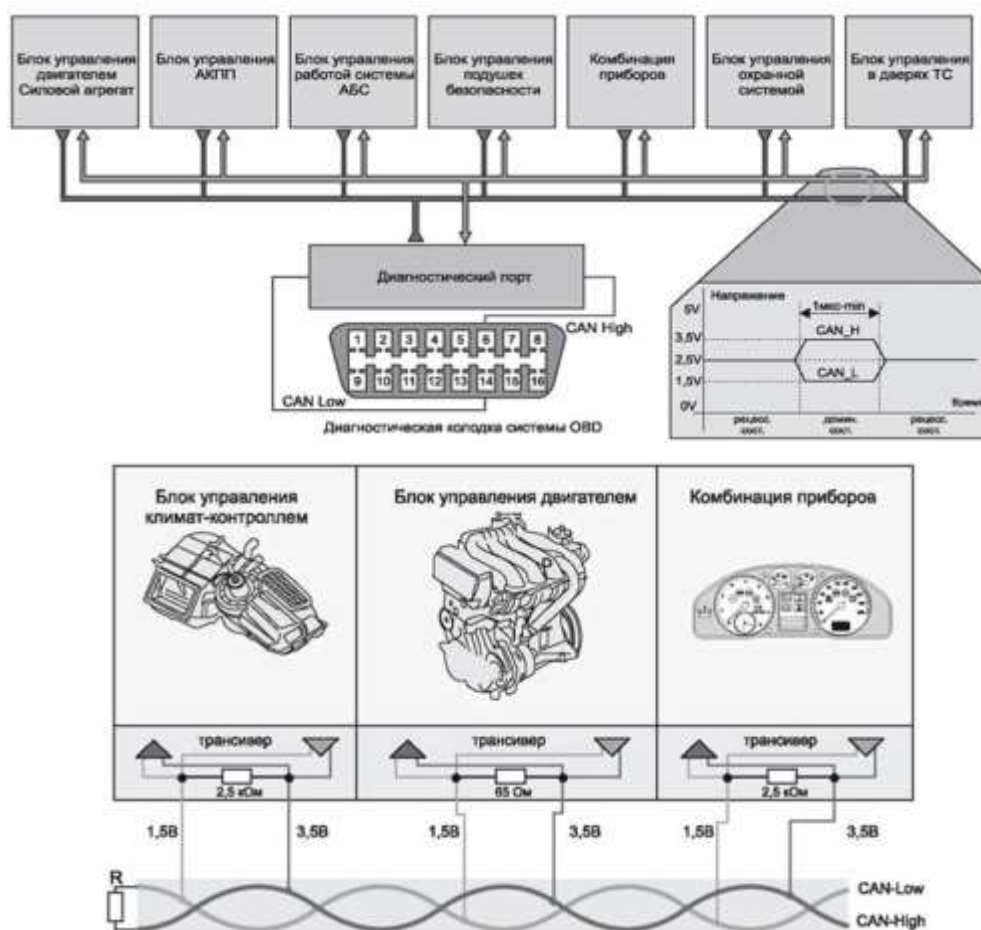


Рис. 2. Структура CAN-шины:

а – топология; б – форма сигналов; в – распределение нагрузки в линиях High и Low

При передаче информации какого-либо из блоков управления сигналы усиливаются **приемо-передатчиком (трансивером)** до необходимого уровня.

Каждый подключенный к CAN-шине блок имеет определенное **входное сопротивление**, в результате образуется общая **нагрузка шины CAN**. Общее сопротивление нагрузки зависит от числа подключенных к шине электронных блоков управления и исполнительных механизмов. Так, например, сопротивление блоков управления, подключенных к CAN-шине силового агрегата, в среднем составляет **68 Ом**, а системы "Комфорт" и информационно-командной системы - от **2,0 до 3,5 кОм**.

Следует учесть, что при выключении питания происходит отключение нагрузочных сопротивлений модулей, подключенных к CAN-шине. На рис. 2, в показан фрагмент CAN-шины с распределением нагрузки в линиях CAN-High, CAN-Low.

Системы и блоки управления автомобиля имеют не только различные нагрузочные сопротивления, но и скорости передачи данных, все это может препятствовать обработке разнотипных сигналов. Для решения данной технической проблемы используется **преобразователь для связи между шинами**. Такой преобразователь принято называть **межсетевым интерфейсом**, это устройство в автомобиле чаще всего **встроено** в конструкцию блока управления, комбинацию приборов, а также может быть выполнено в виде отдельного блока. Также интерфейс используется для **ввода и вывода диагностической информации** (рис. 3).

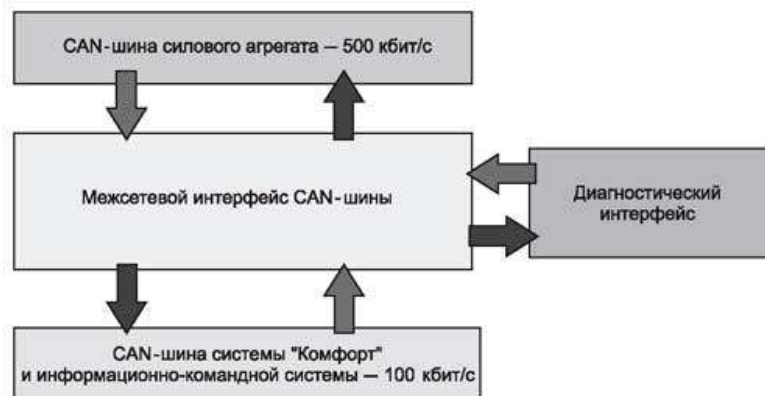


Рис. 3. Блок-схема межсетевого интерфейса

В таблице 1 представлены электронные блоки и элементы, относящиеся к CAN-шинам различного назначения.

Таблица. 1. CAN-шины современного автомобиля

CAN-шина силового агрегата	Электронный блок управления двигателя Электронный блок управления КПП Блок управления подушками безопасности Электронный блок управления АБС Блок управления электроусилителя руля
----------------------------	--

	Блок управления ТНВД Центральный монтажный блок Электронный замок зажигания Датчик угла поворота рулевого колеса
CAN-шина системы "Комфорт"	Комбинация приборов Электронные блоки дверей Электронный блок контроля парковочной системы Блок управления системы "Комфорт" Блок управления стеклоочистителей Контроль давления в шинах
CAN-шина информационно-командной системы	Комбинация приборов Система звуковоспроизведения Информационная система Навигационная система

Для передачи сообщения в CAN шину генерируется **кадр данных** определенного формата. **Формат кадра данных включает** семь последовательных зон (рис. 4).

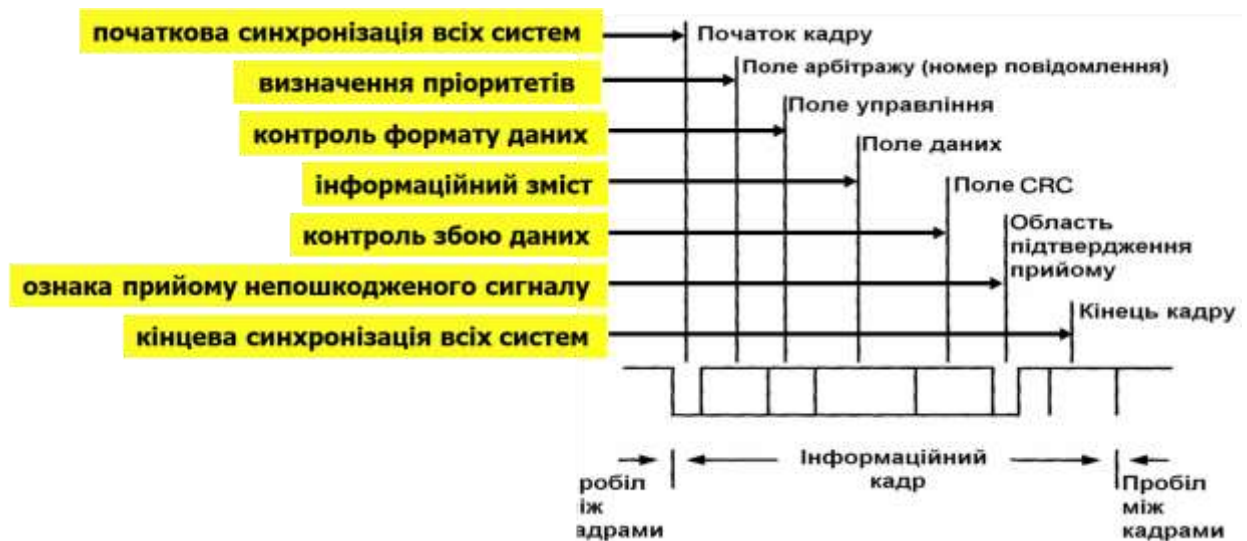


Рис. 4. Формат кадра по шине CAN

Для повышения оперативности передачи данных CAN система позволяет упаковывать в один кадр несколько сообщений малой вместительности.

Шина LIN

Увеличившееся число электронных модулей привело к внедрению новых технологий передачи данных между отдельными блоками управления. В настоящий момент к CAN-шинам автомобиля добавились: однопроводная шина LIN (Local Interconnect); оптоволоконная шина MOST (Media Oriented System Transport); беспроводная шина Bluetooth™.

Шина Local Interconnect означает, что все блоки управления данной сети находятся в пределах одного условно ограниченного модуля (к примеру: багажника, крыши, мотора вентилятора и др.). Обмен данными между отдельными системами шин LIN одного автомобиля осуществляется через соответствующий блок управления по шине данных CAN. Алгоритм работы шины LIN позволяет осуществлять обмен данными между одним блоком управления LIN, его называют **Master**, и подчиненными блоками **Slave (сателлитами)**.

Блоки управления LIN Master сопряжен с шиной данных CAN и выполняют мастер-функции управления определенной шиной LIN. Основные **функции** блока LIN Master:

- контролирует передачу данных в шине LIN и скорость обмена;
- отправляет посылки-телеграммы в шину LIN (заложен цикл, какому подчиненному блоку, когда, как часто и какие посылки-телеграммы отправлять);
- сопрягает сателлиты шины LIN с шиной данных CAN;
- обеспечивает процесс диагностики подключенных блоков управления LIN Slave.

Структура сателлита: датчик + интерфейс + МК + драйвер + исполнительное устройство

Сателлиты (Slave) выполняют функции контроля и управления работой отдельных устройств (до 16 шт), например, мотора вентилятора, привода люка в крыше, а также датчиков и исполнительных механизмов (датчик уклона, ручного тормоза, сирена противоугонной сигнализации и т.д.). Датчики измеряют или контролируют какие-либо величины и передают сигнал в аналоговом виде. **Блок управления LIN Slave анализирует и преобразовывает принятые параметры в цифровую форму.** Затем эти величины передаются по шине LIN в виде цифрового сигнала. Блок управления LIN Master опрашивает исполнительные устройства (посылает телеграмму) и получает информацию о состоянии. Это позволяет провести сравнительный анализ между фактическим и расчетным состоянием и влиять на работу исполнительных механизмов через блоки управления LIN Slave. Каждый блок LIN Slave имеет свой **адрес**. Адрес передается в заголовке посылки-телеграммы и его опознает блок, за которым закреплен этот адрес, иными словами происходит **идентификация обращения**. Соединение LIN Slave с LIN (Master) осуществляется по однопроводной линии с помощью одно-контактного разъема, одного на всех.

Скорость шины LIN примерно в **5 раз меньше** скорости шины CAN и составляет до **20 кбит/сек**. Реализовано это для того, чтобы не перегружать шину CAN. Размах цифровых сигналов определяется уровнем напряжения питания (0 до 12 В).

Если по шине LIN не происходит передача телеграмм или передается "**рецессивный**" бит (**отсутствие информационного сигнала – логический «0»**), то уровень сигнала будет около 12 В, если будет передан "**доминантный**" бит (**информационный импульс – логическая «1»**), то передатчик замыкает шину на

"массу" (исключает помехи на информационном уровне) и уровень будет близок к нулю (рис. 5, а).

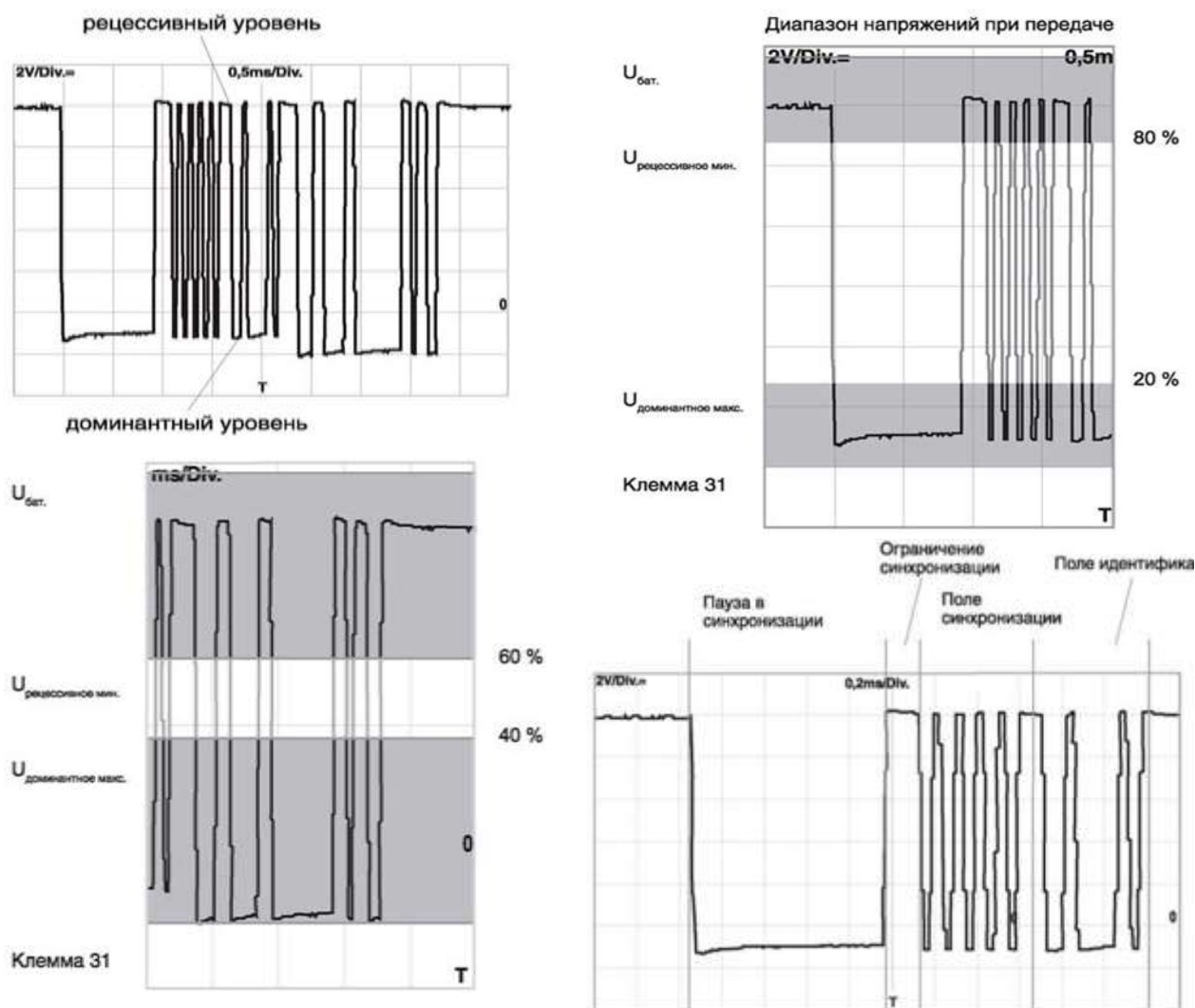


Рис. 5. Форматы информационных сигналов шины LIN:

а – уровни; б – диапазон напряжений при передаче; в – диапазон напряжений при приеме; г – осциллограмма заголовка телеграммы

Последовательность доминантных и рецессивных битов составляет телеграмму, с помощью которой блок управления Master обменивается с блоками Slave. Для повышения помехоустойчивости, различимость уровней передаваемых сигналов устанавливается в гарантированном интервале (рис. 5, б), а прием сигналов обеспечивается при отклонениях размаха до 40% (рис. 5, в).

Алгоритм LIN-связи

Блок управления LIN Master посылает **телеграмму** блоку LIN Slave и в заголовке передается код операции – что именно надо сделать. Например, необходимо переслать показания датчиков, измеряющих скорость вращения вентилятора (**телеграмма – опрос**). В ответ блок LIN Slave пересылает телеграмму с измеренными величинами (**телеграммы – ответ**). Блок управления LIN Master анализирует показания датчиков, пересланные от блока LIN Slave и

посылает телеграмму с указаниями изменить скорость вращения (**телеграмма управляющая**). Реализация этого алгоритма начинается с того, что блок LIN Master с определенным циклом обращается к блокам LIN Slave, посылая заголовок телеграммы (рис. 5, г).

Блок управления LIN Master посылает опросные телеграммы с разной периодичностью, защитой в программном обеспечении. Каждая телеграмма содержит **заголовок (Header) и собственно текст**, состоящий из переданных данных.

Заголовок состоит из четырех частей (рис. 5, г): пауза в синхронизации; окончание синхронизации; поле синхронизации; поле идентификатора.

Пауза в синхронизации (synch break)

Представляет собой не менее 13-ти битов, пересылаемых доминантным уровнем, что в вычислительной технике расценивается как передача не менее 13-ти "нулей". Блоки LIN Slave имеют возможность настроиться на прием телеграммы, ибо в тексте самой телеграммы не может быть подобной информации и столь долгая передача только доминантного уровня подсказывает блокам, что после этого поля последуют другие.

Окончание синхронизации (synch delimiter)

Эта часть передается рецессивным уровнем (около 12 В), что соответствует передаче "единицы" и сообщает блокам LIN Slave о том, что пауза закончилась и необходимо приготовиться к синхронизации.

Поле синхронизации (synch field)

Эта часть заголовка служит для непосредственной настройки блоков LIN Slave на работу с блоком управления LIN Master. Поле состоит из последовательности доминантных и рецессивных битов, то есть последовательности "нулей" и "единиц". Таким образом синхронизируется частота, на которой блоки LIN Slave должны работать по шине LIN, принять поле идентификатора и последующие за ним данные.

Поле идентификатора

Это поле **состоит из восьми бит**. В первых 6-ти битах передаются адрес блока LIN Slave для его опознавания (идентификации) и количество полей для передачи данных, отведенных для ответа (от 0 до 8). Два оставшихся бита предназначены для передачи **контрольной суммы**. Контрольная сумма вычисляется согласно определенному алгоритму и необходима для того, чтобы избежать ошибок в передаче. При совпадении контрольной суммы оборудование считает, что информация передана корректно.

Получая информацию о количестве полей для передачи данных (Datafields), блок LIN Slave передает данные о состоянии сопряженных с ним датчиков, например, о скорости вращения вентилятора. Каждое поле - это 10 бит информации, из них первый бит - доминирующий стартовый, далее передается байт (**8 бит**) информации и заканчивается поле стоповым рецессивным битом (рис. 6, а).

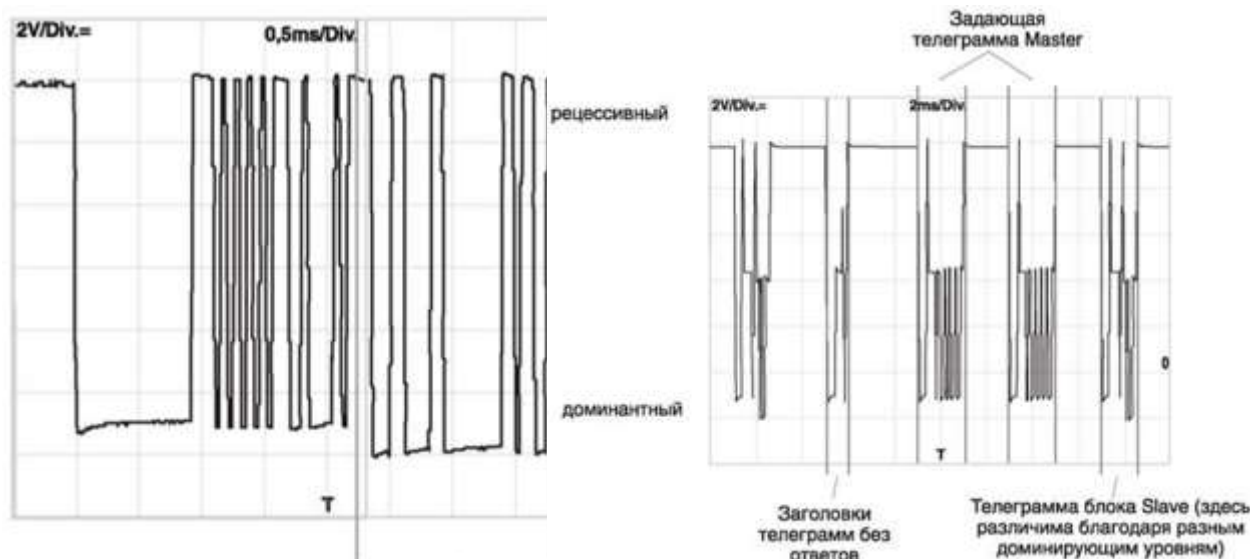


Рис. 6. Осциллограммы телеграмм: а – ответа; б - с заголовками без ответов

Комплектация современного автомобиля может быть разной, и если блок управления LIN Master, имеющий полное ПО, посылает запрос несуществующему блоку LIN Slave, то заголовки телеграмм возвращаются к LIN Master без ответа (рис. 6, б). Это не мешает алгоритму работу шины LIN и при установке соответствующего блока LIN Slave незамедлительно начинается его опрос и контроль работы со стороны блока управления LIN Master.

Виды шин данных в приложениях

Назначение шин автомобиля:

- **PT-CAN (C)** – двигателя, трансмиссии и ходовой части;
- **K-CAN (B)** – кузовная (общее электрооборудование);
- **D-CAN (D)** – диагностика автомобиля (системные функции);
- **FlexRay** – системы управления динамикой движения;
- **MOST** - информационно коммуникационные системы;
- **Ethernet** – быстрый доступ к программированию и кодированию.

Подшины: BSD, K-Bus, LIN, Local-CAN.

Подшины обеспечивают обмен данными в пределах одной функциональной группы для передачи относительно небольших объемов данных в рамках отдельных систем **без сопряжений в модуле обмена**. Например, данные датчика дождя, света, солнечного освещения и запотевания считываются блоком JBE, обрабатываются и передаются в модуль стеклоочистителя. Соединение между блоками управления RLS и JBE – шина LIN.

Датчики подключаются к тому блоку управления, который в первую очередь нуждается в информации в рамках логической схемы или по принципу актуальности. Однако данная информация также может быть предоставлена другим блокам управления. Например, блок управления VDM через датчики дорожного просвета регистрирует высоту дорожного просвета отдельных колес. Эти данные также могут использоваться системой автоматической регулировки угла наклона фар.

Структура и скорость передачи данных

Центральный модуль межсетевого обмена (центральный интерфейс ZGW) обеспечивает связь между всеми основными шинами (**скорость** передачи данных, **структура** шины):

- D-CAN – 500 кбит/с, линейная, двухпроводная;
- Ethernet – 100 Мбит/с, линейная;
- FlexRay – 10 Мбит/с, смешанная топология, двухпроводная;
- K-CAN – 100 кбит/с, линейная, два провода, в аварийном режиме возможна передача по одному проводу;
- K-CAN 2 – 500 кбит/с, линейная, двухпроводная;
- MOST – 22,5 Мбит/с, кольцевая, оптоволоконная;
- PT-CAN (шина CAN ходовой части) 500 кбит/с Линейная, двухпроводная;
- BSD – интерфейс передачи данных последовательным двоичным кодом, 9,6 кбит/с, линейная, однопроводная;
- LIN – локальная сеть, 9,6/19,2/20,0 кбит/с, линейная, однопроводная;
- Local-CAN – локальная 500 кбит/с, линейная, двухпроводная.

Подробнее

Диагностическая шина D-CAN для подключения сканера к межсетевому преобразователю. Центральный модуль межсетевого обмена переадресовывает запросы тестера внутренним шинам. Ответные сигналы поступают в обратном направлении.

Кузовная шина K-CAN обеспечивает обмен данными с узлами, имеющими **низкую скорость** передачи данных. Через центральный модуль межсетевого обмена шина K-CAN соединена также с другими шинными системами. Некоторые блоки управления на шине K-CAN имеют шину LIN в качестве подшины.

Кузовная шина K-CAN 2 обеспечивает обмен данными между блоками управления с **высокой скоростью** передачи данных. Через центральный модуль межсетевого обмена шина K-CAN 2 соединена также с другими шинными системами. Ко всем блокам управления на шине K-CAN 2 в качестве подшины подключена шина LIN.

Шины PT-CAN для примера включает корреспонденты: ACSM – блок управления ACSM; DME – ЭБУ двигателем; EGS – ЭБУ коробкой передач; EMF – электромеханический стояночный тормоз; EMA LI, RE – электрическое втягивающее устройство с левой стороны и правой стороны; GWS – переключатель выбора передач; KAFAS – системы помощи водителю на базе видеокamеры; Kombi – комбинация приборов; NVE – электронный блок системы ночного видения; EKPS – систему управления топливным электронасосом

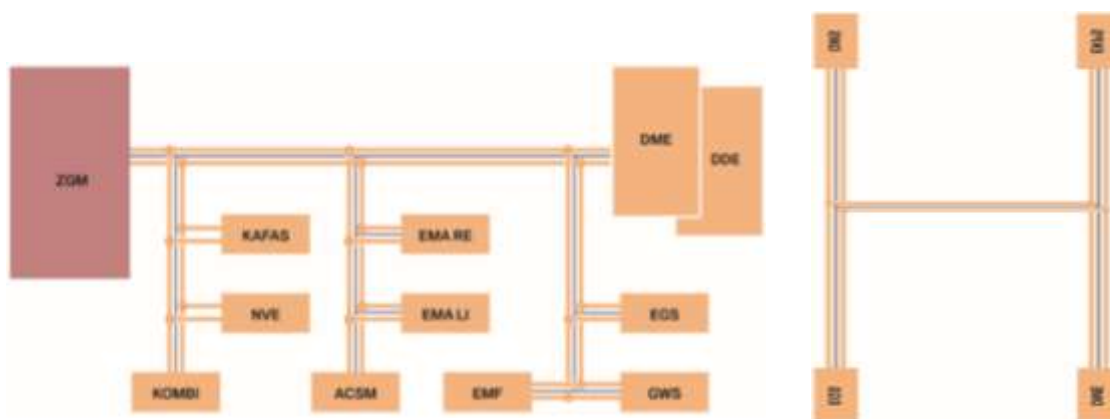


Рис. 7. Примеры шинных структур PT-CAN-систем:
а – основной PT-CAN; б – резервной PT-CAN 2

Шина Ethernet – универсальная проводная сетевая технология. В настоящее время большая часть компьютерных сетей функционирует на базе этой технологии обмена данными.

Отличительные особенности Ethernet:

- высокая скорость передачи данных – 100 Мбит/с;
- запуск системы после установления связи и присвоение адресов в течение менее 3 секунд, переход в состояние покоя менее чем за секунду;
- доступ к системе только через системы программирования BMW.

Функции Ethernet: ускоренное программирование автомобиля службой сервиса; обмен данными, хранимыми на носителе, между CIC и RSE.

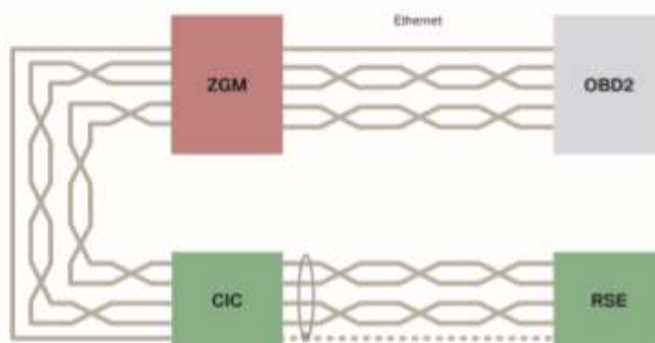


Рис. 8. Пример структуры шины Ethernet:

CIC (Car Information Computer) бортовой компьютер; OBD2 – гнездо диагностического разъема; RSE – развлекательная система для задних пассажиров; ZGM – центральный модуль межсетевое обмена

Шина FlexRay – новая коммуникационная система, задача которой состоит в обеспечении надежной и высокоэффективной передачи данных в реальном времени между электрическими и мехатронными компонентами для сетевого взаимодействия не только уже существующих, но и будущих инновационных функций автомобиля. В новой системе используется протокол, обеспечивающий высокую скорость передачи данных (до 10 Мбит/с.) для отдельных систем автомобиля в реальном времени.

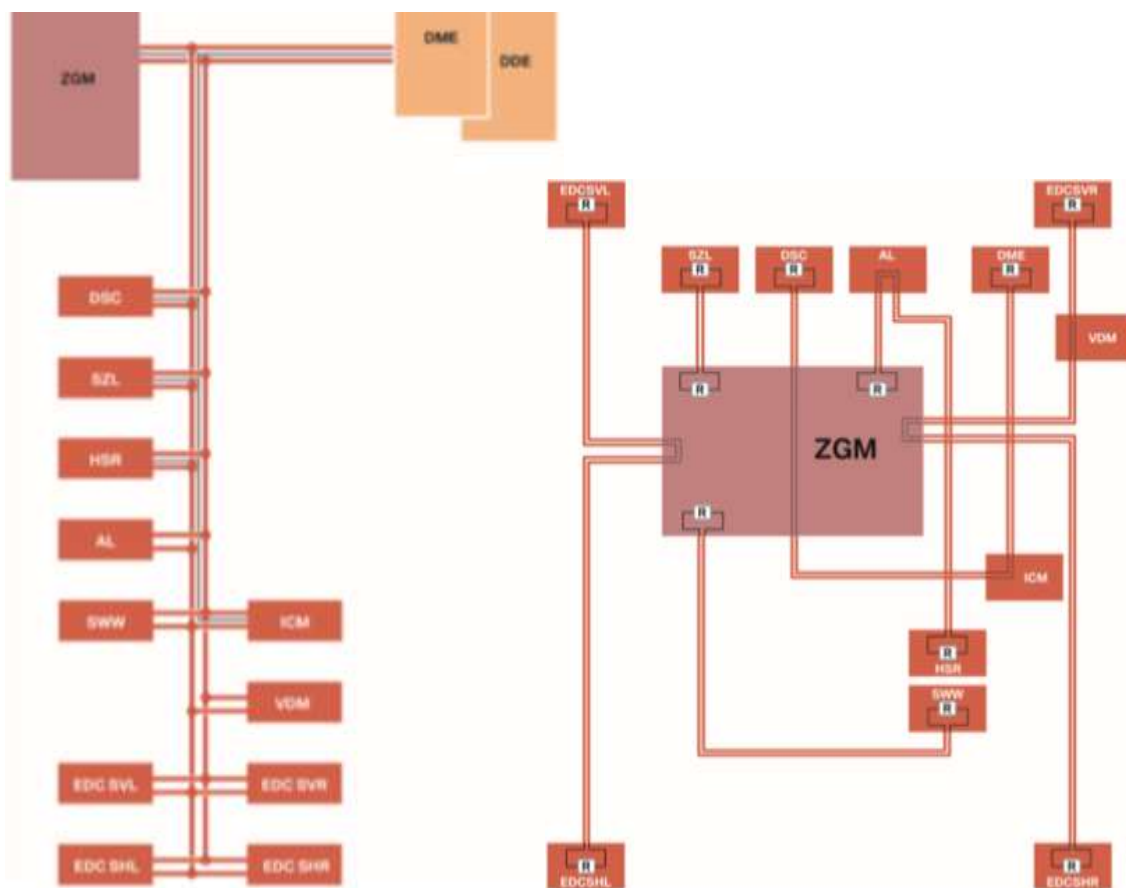


Рис. 9. Пример системы FlexRay: а – физическая структура; б – топология
 AL – активное рулевое управление; BD – шинный драйвер; DME – цифровая система управления двигателем; DSC – система динамического контроля стабильности; EDCS HL, HR, VL, VR – спутники системы регулирования жесткости амортизаторов; HSR – регулировка угла бокового увода заднего моста; ICM – встроенное управление ходовой частью; SZL – коммутационный центр в рулевой колонке; VDM – система управления вертикальной динамикой ZGM – центральный модуль межсетевой связи.

В зависимости от комплектации автомобиля в модуле ZGM имеется один или два так называемых **концентратора с четырьмя шинными драйверами** каждый. Шинные драйверы передают данные блоков управления через контроллер коммуникационной системы в центральный модуль межсетевой связи (ZGM). К данным шинным драйверам блоки управления FlexRay в зависимости от типа их замыкания подключаются двумя разными способами:



Рис. 10. Способы подключения по шине FlexRay: а – тупиковый; б – сквозной

Коэффициент сопротивления данных согласующих резисторов определяется по скорости передачи данных и длине кабелей. Согласующие резисторы находятся в блоках управления.

Топология шинной системы Шинная система FlexRay в автомобиле может иметь различную топологию (рис. 11)

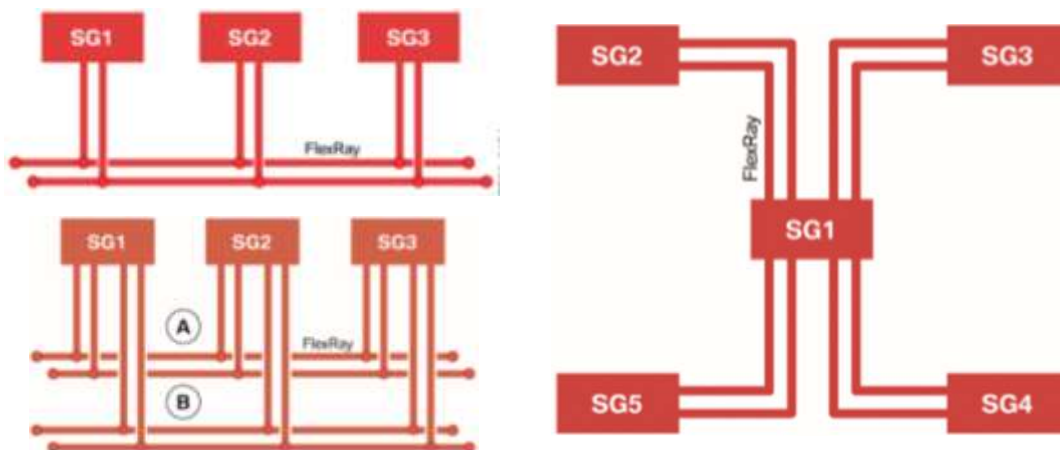


Рис. 11. Виды топологии шинной системы FlexRay:
 а – линейная; б – звездообразная; в – резервная

Проблема CAN системы – событийно-управляемая (передача данных осуществляется, если имеет место событие). При большом скоплении событий возможны задержки в передаче данных. В случае неудачной или неправильной передачи информации попытки ее отправки повторяются **до тех пор, пока адресат не подтвердит прием**. Сбои в шинной системе могут привести к скоплению подобной событийно-управляемой информации и к перегрузке шинной системы, когда передача отдельных сигналов происходит со значительной задержкой по времени. Это может стать причиной искажения регулировочных характеристик отдельных систем быстрого реагирования (ABS, ESP).

Решение проблемы CAN системы – применение детерминированной передачи данных системе FlexRay. В этой системе, наряду с управлением передачей информации в масштабе реального времени, дополнительно осуществляется фрагментация записи в отдельных поддиапазонах передачи данных, ориентированных на события (рис. 12).

Общая продолжительность цикла 5 мс, из них 3 мс в статическом режиме (с управлением по времени) и 2 мс в динамическом режиме (событийно-управляемая передача). Параметры в формате: n – частота вращения; \angle° – угол; t° – температура; v – скорость движения; хуз... abc... – событийно-управляемая информация; t – время. В диапазоне, управляемом по времени, кванты времени (time slots) закрепляются за конкретной информацией. Квант времени – заданный интервал, выделенный для передачи определенной информации.

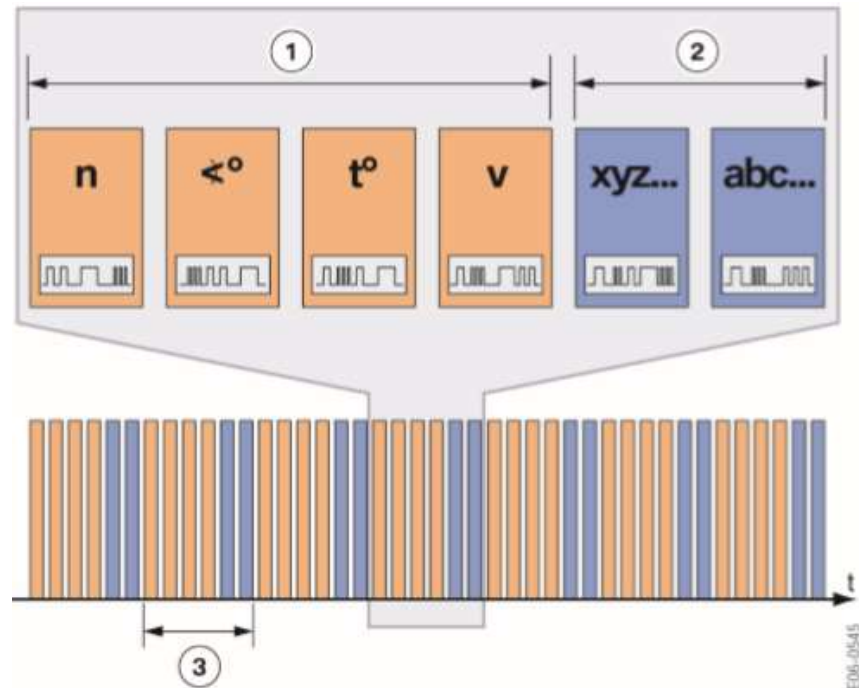


Рис. 12. Формат передачи данных по шине FlexRay:

1 – управляемый по времени диапазон циклической передачи; 2 – событийно управляемый диапазон циклической передачи; 3 – цикл передачи

Благодаря этому, в шинной системе FlexRay передача важной периодической информации осуществляется в строгом соответствии с неизменным временным растром фрагментов, что исключает перегрузки FlexRay (в отличие от CAN). Другие, менее срочные сообщения передаются в событийно-управляемом диапазоне. Ниже приводится пример детерминированной передачи данных.

Шина MOST – это технология шины передачи данных для связи мультимедийных приложений, разработанная, в первую очередь, для использования на автомобилях. Сокращение MOST обозначает «Multimedia Oriented System Transport» (система передачи данных между медийными средствами). Передача данных по шине MOST осуществляется с помощью световых импульсов. Шина имеет кольцевую структуру. При этом передача данных по кольцу происходит только в одном направлении (рис. 13).

Важной отличительной чертой мультимедийной сети MOST является то, что по ней передаются не только сигналы от блоков управления и датчиков, как, например, по шинам CAN и LIN. **Мультимедийная сеть может, кроме этого, передавать аудио и видеосигналы и графические изображения, а также сообщения телекоммуникационных служб.** Отличительные особенности MOST:

- высокая скорость передачи данных до 22,5 Мбит/с;
- синхронная и асинхронная передача данных;
- MOST упорядочивает узлы блоков управления в шине;
- в качестве среды передачи данных используется оптоволокно;
- кольцевая структура.

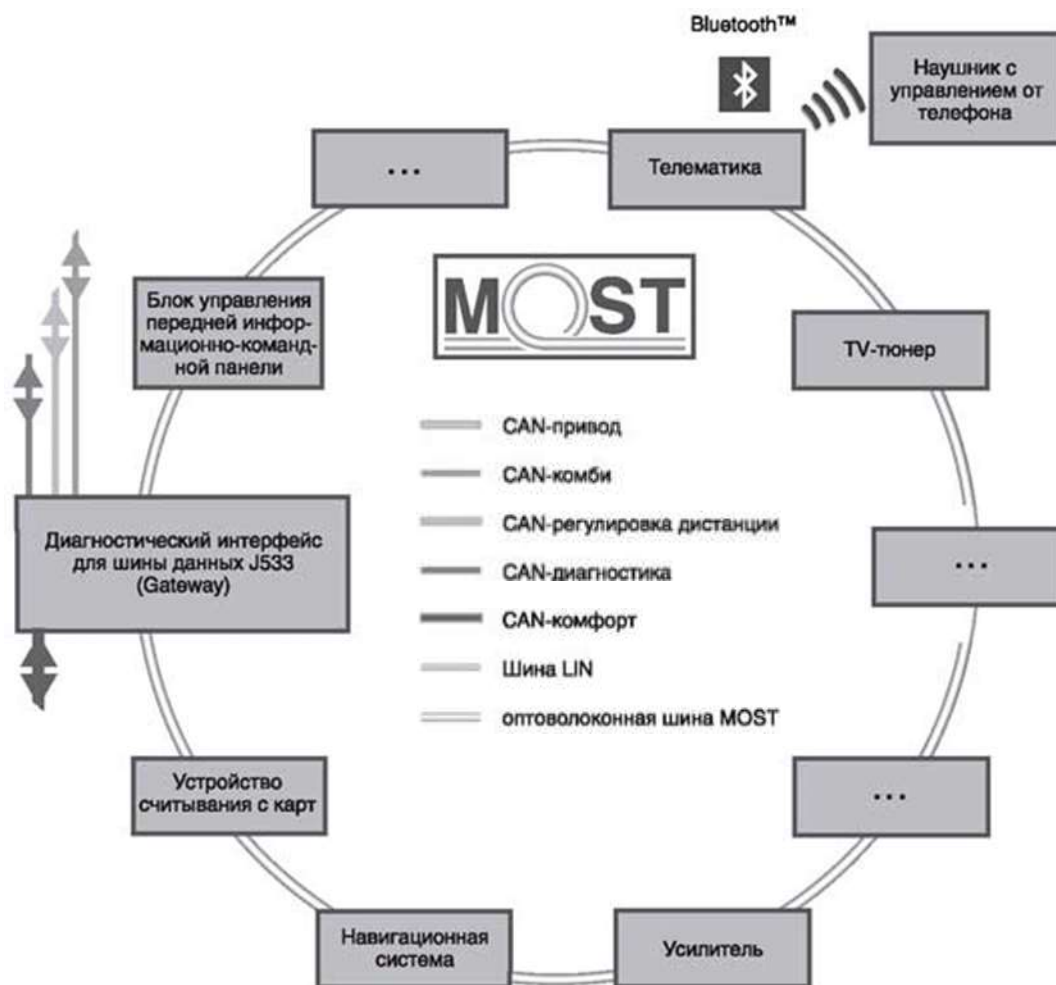


Рис. 13. Применение оптоволоконной шины MOST

По **каналу управления 3** пересылаются управляющие сигналы, например, регулировки громкости звука для усилителя Top-HiFi, и данные для диагностики. **Синхронный канал 1** используется преимущественно для пересылки аудиосигналов. По **асинхронному каналу 2** передаются отображаемые данные системы навигации, например, изображение дорожной карты и стрелочный указатель (рис. 14, а).

Согласно рис. 14, в: Top HiFi – усилитель Top-HiFi; CIC – Car Information Computer; DVD – DVD-чейнджер; KOMBI – комбинация приборов; RSE - развлекательная система для задних пассажиров; SDARS – спутниковый радиоприемник; TCU – Telematic Control Unit; ULF-SBX – интерфейсный модуль; VM – видеомодуль; ZGM – центральный модуль межсетевой обмена

Для программирования блоков управления в сети MOST используются канал управления и асинхронный канал, адаптированные к прямому доступу к шине MOST. В зависимости от комплектации, устанавливаются один или два **соединительных блока** (рис. 14, б). К первому соединительному блоку подключаются устанавливаемые на заводе блоки управления. Ко второму подключаются комплекты подготовки под дополнительное оборудование.

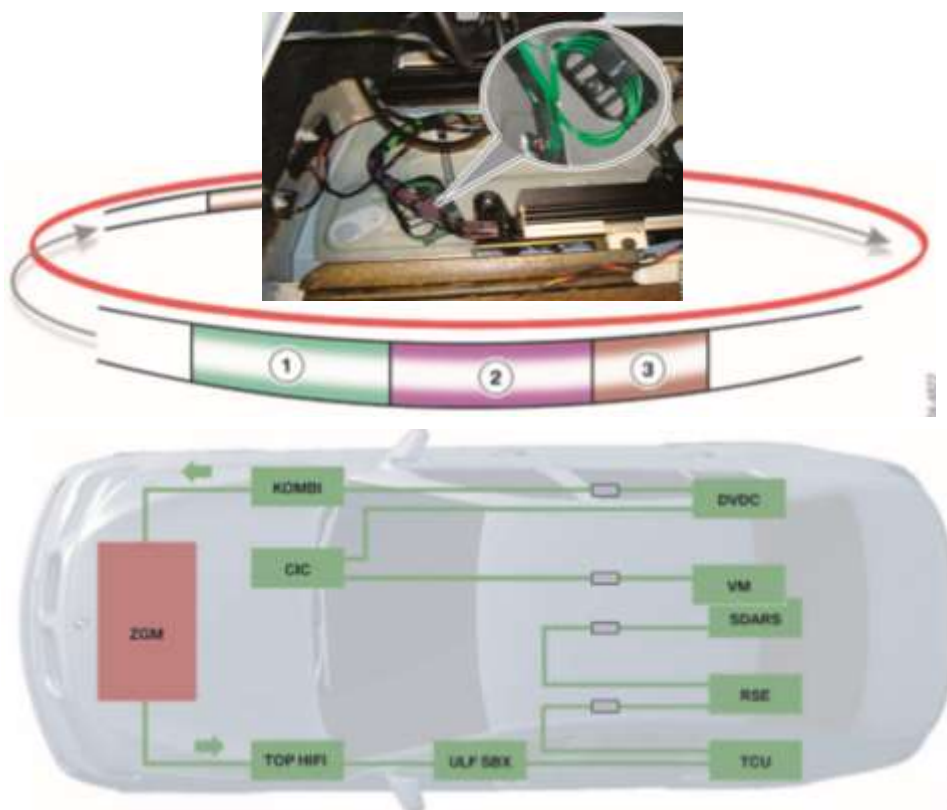


Рис. 14. Реализация шины MOST:

а – передача по каналам; б – способ подключения линии; в – топология

Под-шина BSD Интерфейс передачи данных последовательным двоичным кодом (BSD) будет применяться также на F01/F02 (ввиду отсутствия свободных интерфейсов). Обеспечиваются соединения между системой управления двигателем и подсистемами: регулятора напряжения, датчика состояния масла, электрического насоса охлаждающей жидкости.

Протокол K-Bus Понятие „K-Bus (протокол)“ применяется в шинной структуре для **обозначения ряда подшин**. Эти подшины используются для самых различных целей. Общим для них является, используемый здесь K-Bus-протокол, уже применявшийся на предыдущих моделях. Данный протокол применяется, например, в системах: связи между блоком управления ACSM и TCU, комфортного доступа, шины **CAS**.

Под-шина LIN обеспечивает различные соединения между: модулем в пространстве для ног и блоком переключателей в двери водителя; модулем в пространстве для ног и наружными зеркалами; функциональным центром в крыше и датчиком дождя, света, солнечного освещения и запотевания; блоком управления системы ИЖКА и 16 серводвигателей для их активизации через соединение „Daisy-Chain“ (последовательное включение сигнальных проводов).

В системе **LIN** всегда имеется **только одно ведущее устройство и возможно подключение до 16 абонентов шины** (так называемых исполнительных устройств). Основной областью применения на автомобилях являются **мехатронные узлы (сателлиты)**, Один блок управления (например, блок JBE)

служит задающим устройством шины, все другие подключенные блоки (например, модуль стеклоочистителя) являются исполнительными устройствами. Сообщения LIN в протоколе данных подразделяются на четыре группы: **синхронизация, идентификатор, данные, контрольная сумма.**

Под-шина Local-CAN – служит для передачи больших объемов данных от наружных датчиков в ICM (например, от радара), рис. 15.



Рис. 15. Пример структуры под-шины Local-CAN:

ICM – встроенное управление ходовой частью; LRR – радар дальнего действия; SRR L – радар ближнего действия левый; SRR R – радар ближнего действия правый

Беспроводная шина Bluetooth™ - примеряет протоколы разных систем цифровой связи.

Компоненты систем управления оригинального назначения

Отметим датчики, свойственные для систем контроля динамического поведения автомобиля. Варианты конструкций координатных комбинированных датчиков, в которых реализованы функции одноосевого гироскопа и трехосевого акселерометра показаны на рис. 16.

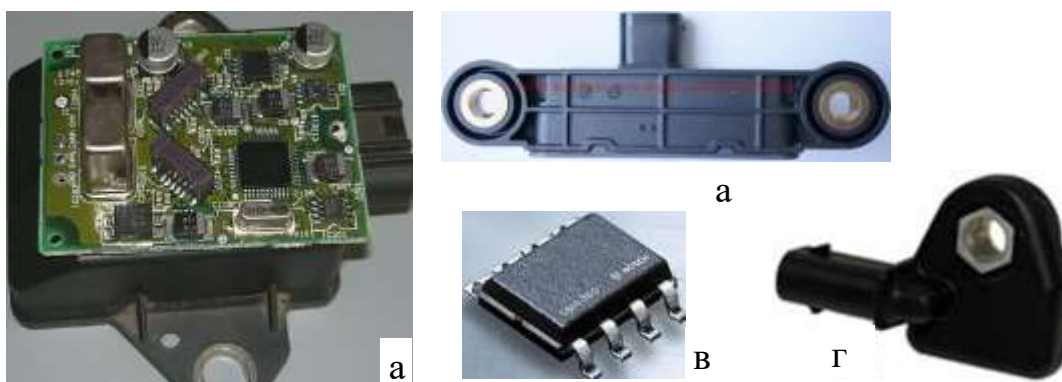


Рис. 16. Интегральные комбинированные датчики автомобильных систем: а – датчик DSC; б – датчик углового ускорения; в – микросхема SD787; г – модуль SMI540

Фирмой Bosch представлен комбисенсор SMI540, объединяющий **датчик бокового ускорения** и датчик **угловой скорости** курса (рис. 16, г). Комбидатчики SD787/788 Sensor Dynamics, разработанные для автомобильных применений

типа ESC, объединяют в одном корпусе одноосевой гироскоп и трехосевой акселерометр (рис. 16, в). Известны следующие типы комбидатчиков, разрабатываемые для автомобильных систем:

Компания TRW представила **удаленные мультиосевые датчики ускорения** RAS (Remote Acceleration Sensors) предназначенные для детектирования ударов более чем в одном направлении одновременно, что повышает качественные показатели определения аварий в сравнении с традиционными методами детектирования.

Датчики обнаружения крена — еще одно потенциально важное применение мультиосевых датчиков в пассажирских автомобилях. При анализе данных о вертикальном ускорении, получаемых посредством и в комбинации с данными датчиков боковых ударов можно предсказывать события крена без гироскопа. Для осуществления этой функции TRW разрабатывает двухосевые и мультиосевые сенсорные технологии.

Встроенные датчики.

В ЭБУ интегрируются встроенные микромеханические датчики, которые раньше устанавливались отдельно и назывались датчиками DSC (рис. 17).

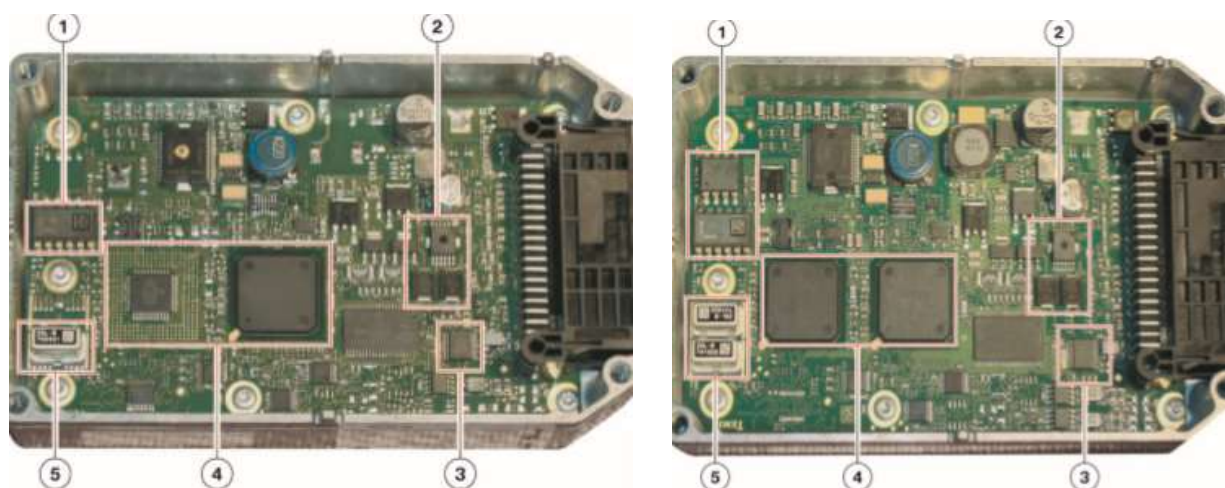


Рис. 17. Компоновка элементов ЭБУ системы ИСМ в исполнениях Basis (High):
1 – датчик (и) продольного и поперечного (два) ускорения; 2 – выходные каскады клапанов сервоэлектроника и EVV (ECO); 3 – контроллер соединения с FlexRay; 4 – два микропроцессора Basis (High); 5 – датчик (и) вращения автомобиля вокруг вертикальной оси (два)

В основе работы датчиков продольного и поперечного ускорения лежит **емкостный** принцип. Следует понимать, что датчик не различает, какие именно силы вызывают его реакцию (измерительный сигнал на выходе): наклон автомобиля и/или дорожного полотна (сила скатывания); изменение скорости (тяговая или тормозная сила); вижение в повороте (центробежная сила).

9.2. Системы стабилизации курса

В системах стабилизации курса возмущающими факторами, действующими на автомобиль, являются сила тяги и реакция торможения. Классификация комбинированных систем стабилизации курса по назначениям мехатронной системы с демонстрацией их интегрирования представлена (рис. 18).



Рис. 18. Классификационная структура систем стабилизации курса

К перечню комбинированных систем управления АТС можно отнести цифровые системы, построенные на базе комплексных систем управления двигателем (DME – Digital Motor Electronic), в которых реализуются дополнительные функции управления автомобилем: ASC (курсовой стабильностью), MSR (тяговым моментом ДВС), EML (мощностью ДВС). Такая комбинированная система согласовывает заданную водителем (желательную) мощность ДВС с допустимым режимом движения автомобиля.

Для примера, рассмотрим систему DME-M (DME-Motronic), которая используется на автомобиле BMW модели M-70 с двурядным 12-ти цилиндровым ДВС (рис. 19).

В контуре ручного управления системы используется электронная педаль акселератора, положение которой обеспечивает соответствующее положение дроссельной заслонки и желательную мощность ДВС. При этом, управление системами зажигания и впрыскивание топлива происходит в автоматическом режиме. Поддержка допустимого режима движения автомобиля происходит также автоматически на основании сигналов с датчиков угловой скорости колес системы ABS.

Система управления дроссельными заслонками EML (Elektronische Motor Leistungsregelung) обеспечивает координированное управление двумя системами Motronic в части синхронизации положения обеих дроссельных заслонок, режима впрыскивания и момента зажигания.

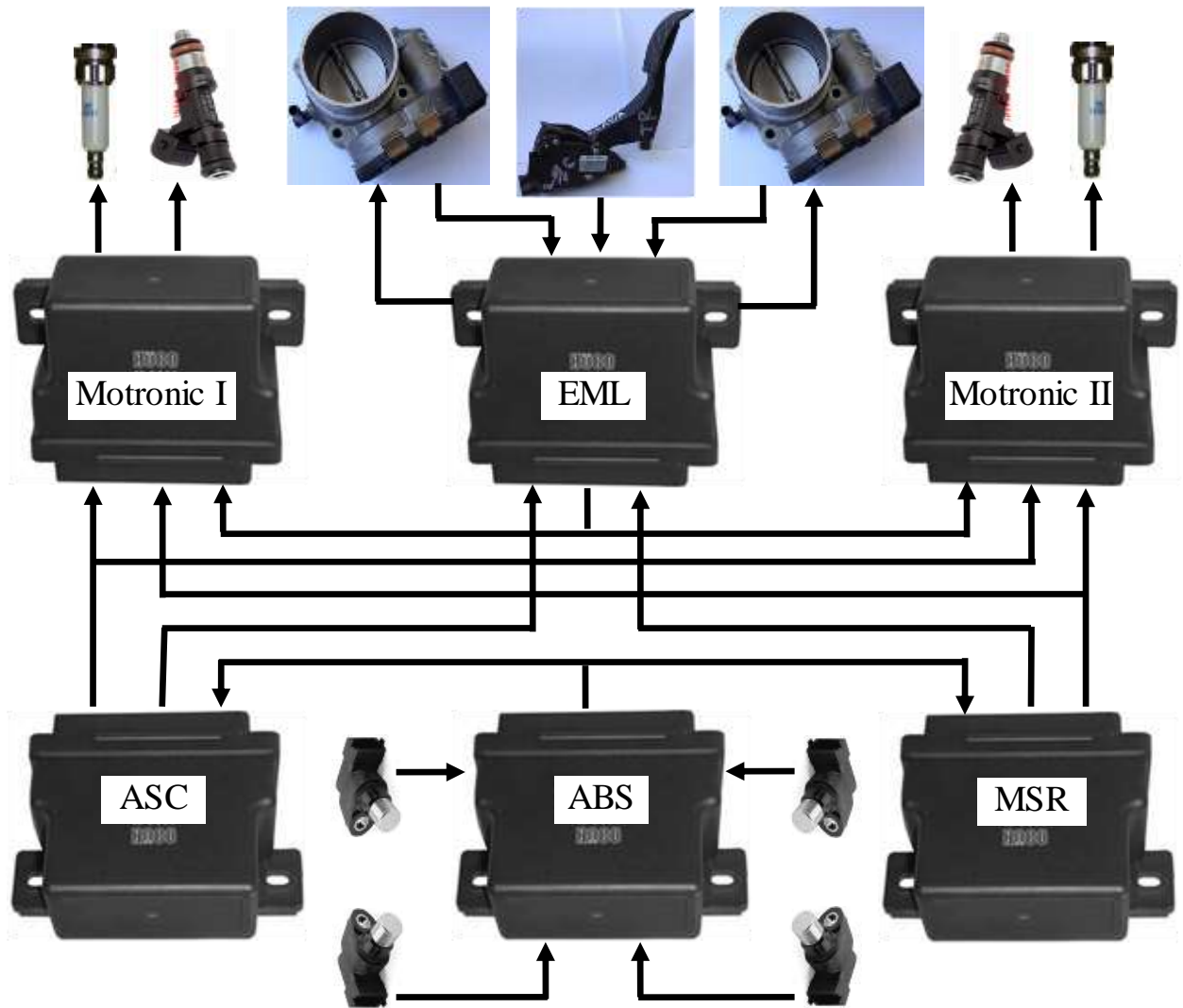


Рис. 19. Структура комбинированной системы управления ДВС

За счет этого система осуществляет ограничение скорости автомобиля или частоты обращения ДВС и адаптацию оборотов холостого хода к рабочим условиям (температуры ДВС). Дополнительно, система позволяет изменять пропорциональность между ходом педали акселератора и положением дроссельной заслонки в зависимости от частоты обращения ДВС и учитывать особенности характеристик коробки передач, которая применена на автомобиле. Для решения этих задач блок EML использует информацию, которая поступает от режимных датчиков (частоты обращения ДВС, температуры охлаждающей жидкости, скорости движения автомобиля) и органов управления (переключателя режимов движения, электронной педали акселератора, кнопки запроса на включение кондиционера).

Комплексная система управления ДВС Motronic обеспечивает оптимальное впрыскивание (продолжительность срабатывания форсунок) и зажигание (момент и энергию искрового разряда) топливной смеси по цилиндрам ДВС.

Система автоматического управления стабильностью ASC (Automatic Stability Control) предназначена для поддержки курсового положения во время трогания автомобиля с места при чрезмерном нажиме на педаль акселератора. По команде от ASC, система EML по сигналам ABS оценивает сцепление колес с дорогой и влияет на положение дроссельных заслонок, ограничивая крутящий момент. Системы ASC и ABS обычно реализуются в одном корпусе, ASC сравнивает скорости вращения передней и задней колесных пар и колес ЭБУ, поскольку обеим системам нужна информация о скорости вращения колес. При этом правого и левого борта. В случае возникновения разности между скоростями вращения колес, система EML прикрывает дроссельные заслонки и через системы Motronic обеспечивает более поздний момент зажигания. Таким образом, в системе ASC задействованы системы EML, Motronic и ABS.

Система регулирования тягового момента ДВС MSR (Motor Schleppmoment Regelung) также предназначена для поддержки курсового положения автомобиля, только во время сбрасывания мощности ДВС вызванной резким отпусканием педали акселератора. При этом, ведущие колеса оборащаются медленнее чем свободные и возникает вероятность движения автомобиля юзом. Чтобы предотвратить это, реализуется обратная функция ASC (через EML прибавляется газ). При этом опровергается режим принудительного холостого хода и обеспечивается более раннее зажигание. К приведенному примеру комбинированной системы DME-M можно прибавить системы аналогичного назначения, которые реализуются другим способом.

Аппаратное преимущество применения CAN связи между отдельными ЭБУ в рассмотренной структуре продемонстрировано на рис. 20.

В рассмотренной структуре можно отделить: датчики общего назначения для управления ДВС (положение педали акселератора, положение коленчатого вала, температуры охлаждающей жидкости, скорости движения автомобиля, атмосферного давления) и датчики индивидуального назначения по рядам цилиндров (положение дроссельной заслонки, массовой затраты воздуха, детонации, концентрации кислорода) и ABS (угловой скорости обращения колес). Сравнение рассмотренных вариантов структур показывает, что одна шина (провод) CAN связи заменяет 10 линий (16 проводов) информационных связей между отдельными блоками комбинированной системы.

Информационным преимуществом CAN структуры является принцип «Multi-Master», что обеспечивает равнозначность всех корреспондентов системы обмена данными. Это означает, что неисправность одного блока системы не совершает влияния на другие. При этом, значимость общей неисправности комбинированной системы логической структуры существенно снижается в сравнении с запертыми системами или системами иерархической структуры, в которых неисправность одного блока вызывает неисправность всей комбинированной системы.

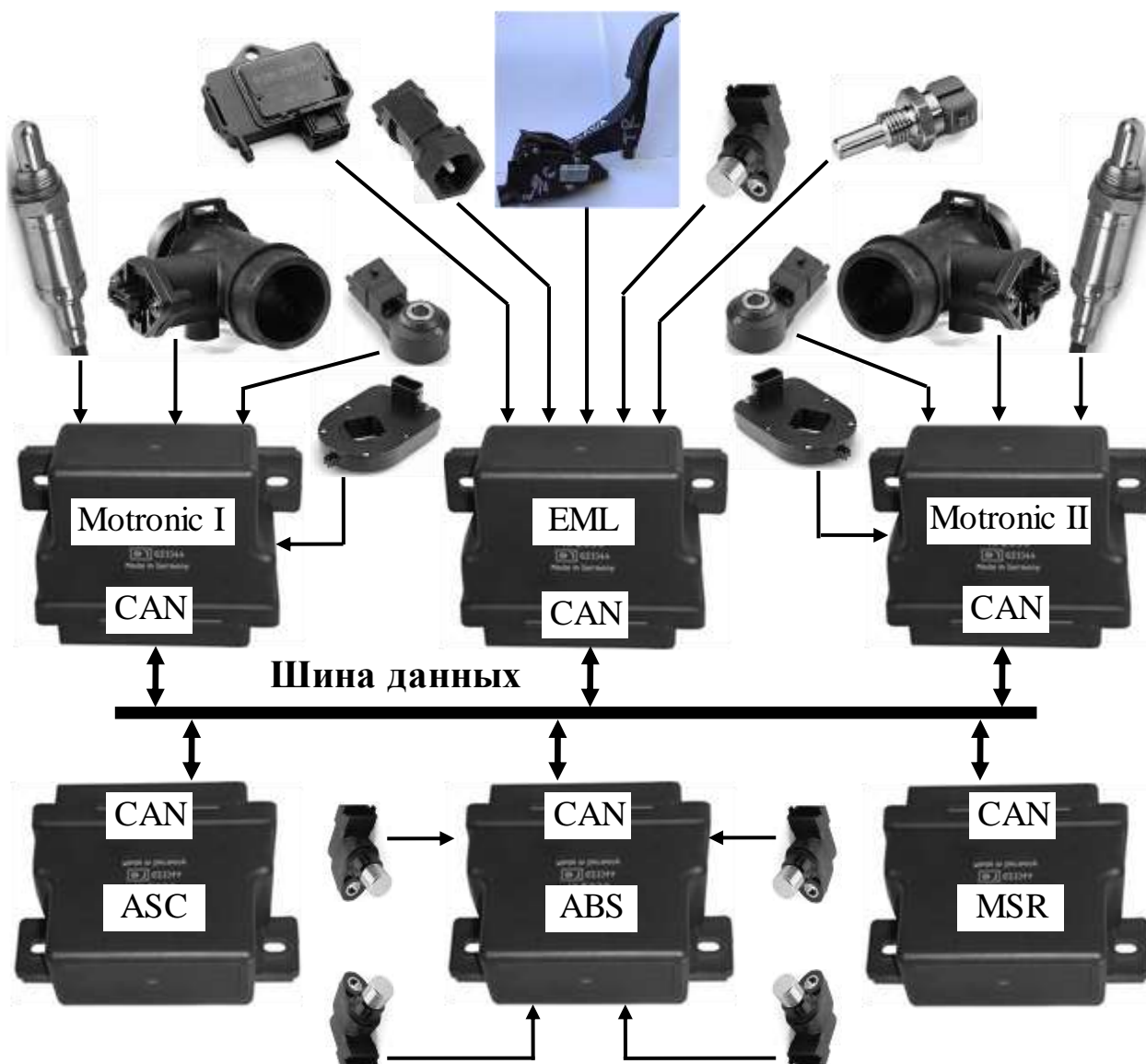


Рис. 20. Структура комбинированной системы управления с использованием CAN - интерфейса обмена данными

Для реализации этого принципа CAN системой формируются идентификационные метки содержания данных и приоритетности сообщений. При этом, больший приоритет присваивается сигналам, которые изменяются с большей скоростью или являются наиболее важными из позиций формирования управляющих влияний. В результате, в шине передачи данных одновременно не могут транслироваться сообщения одинакового приоритета. Каждый блок (функция ЭБУ) обрабатывает только те сообщения, идентификация которых, сохраняется в их собственном перечне (фильтрация сообщений). Эта операция может выполняться специальным модулем CAN (Full-CAN), который разгружает основной микропроцессор ЭБУ. Для того чтобы все сообщения имели возможность войти в шину, скорость передачи данных в шине должна отвечать числу блоков, которые работают с этой шиной.

Противобуксовочные системы DTC (Dynamic Traction Control), **TCS**, **ASR** предназначены для предотвращения потери сцепления колёс с дорогой посредством контроля за буксованием ведущих колёс. Колесные датчики ABS отслеживают скорость вращения колёс при разгоне автомобиля. При резком возрастании скорости вращения одного из ведущих колёс (начало буксования), ЭБУ **снижает тягу** и подтормаживает это колесо. Для снижения тяги (в зависимости от реализации системы) могут использоваться следующие методы:

- прекращение **искрообразования** в одном или нескольких из цилиндров двигателя;
- уменьшение **подачи топлива** в один или несколько цилиндров;
- прикрытие **дроссельной заслонки** (если к ней подключено электронное управление);
- изменение **угла опережения** зажигания.

Одновременно для восстановления сцепления с дорогой, а также увеличения крутящего момента на противоположном относительно дифференциала колесе, производится кратковременное **подтормаживание колеса**, потерявшего сцепление при помощи электрогидравлических актуаторов.

Система использует те же датчики и некоторые механизмы ABS и системы помощи при экстренном торможении BAS (Brake Assist System), поэтому автомобили, оборудованные противобуксовочной системой, также оборудованы и этими системами.

Система анти-пробуксовки ведущих колес ASR (Antriebs Schlupf Regelung) аналогичного назначения по алгоритму управления объединяет функции систем ASC и TCS. В отличие от ASC в системе ASR наряду с влиянием на **положение дроссельной заслонки** крутящий момент ДВС ограничивается за счет уменьшения продолжительности открытого состояния **форсунок**.

Система помощи при спуске DBC (Downhill Brake Control) облегчает равномерный спуск транспортного средства с крутых уклонов, автоматически удерживая скорость на отметке 8 км/час **без использования тормозов**. Разработчик системы Hyundai Motor Company & Kia Motors Corporation. В зависимости от разработчика получила другие названия (**HDC**, Hill Descent Control; **DAC**, Downhill Assist Control; **DDS**, Downhill Drive Support). Система является программным расширением системы ABS и использует конструктивные элементы данной системы.

Принцип работы системы основан на поддержании постоянной скорости при спуске за счет **подтормаживания колес**, а также **управления настройками двигателя**. На основании сигналов датчиков электронный блок управления анализирует текущую дорожную ситуацию и в случае необходимости включает **насос обратной подачи**. Впускные клапаны и клапаны высокого давления ABS открываются, а выпускные и переключающие клапаны при этом закрыты. Далее в тормозной системе нагнетается необходимое давление, которое обеспечивает снижение скорости до определенного значения. Оно зависит от начальной скорости машины и включенной передачи (обычно в пределах

5...15 км/ч). Причём, подтормаживание происходит очень аккуратно, чтобы избежать сноса и возможного переворота автомобиля. В случае необходимости цикл работы системы повторяется заново. При этом алгоритм управления системы срабатывает при определенных условиях: автомобиль заведен, педали газа и тормоза отпущены, скорость движения менее 20 км/ч, преодолеваемый уклон более 20 %.

Автомобили с АКПП могут иметь функцию торможения двигателем. Электронный блок АКПП самостоятельно распознаёт режим торможения двигателем (обычно на крутых затяжных спусках) и принудительно **включает пониженную передачу** (третью при четырёхступенчатой АКПП) при достижении заданной скорости, не перегружая трансмиссию и двигатель. Для снятия режима торможения достаточно поставить ногу на педаль газа, при этом АКПП сразу перейдёт на повышенную передачу (упадут обороты двигателя).

Электронная система распределения тормозных усилий EBD (Electronic Brake Distribution) работает в комплексе с четырехканальной ABS и является ее программным дополнением. Она позволяет более эффективно распределять тормозное усилие на колесах в зависимости от загрузки автомобиля и обеспечивает более высокую управляемость и устойчивость при торможении.

При экстренном торможении центр тяжести автомобиля смещается в переднюю часть, уменьшая нагрузку на заднюю ось. Если в этот момент тормозные усилия на все колеса будут одинаковыми, задние колеса могут быть полностью заблокированы. Это приводит к потере курсовой устойчивости под воздействием боковых сил, а также к заносам и потере управляемости. Также регулировка тормозных сил необходима при загрузке автомобиля пассажирами или багажом.

В случае, когда торможение выполняется в повороте (при этом центр тяжести переносится на колеса, идущие по внешнему радиусу) или произвольные колеса попадают на поверхности с различным сцеплением (например, на лед), действия одной системы ABS может быть недостаточно.

Система взаимодействует с каждым колесом в отдельности. На практике это включает следующие задачи:

- определение степени проскальзывания на дорожном покрытии для каждого колеса.
- изменение давления рабочей жидкости в тормозных механизмах и распределение тормозных усилий в зависимости от сцепления колес с дорогой.
- сохранение курсовой устойчивости при воздействии боковых сил.
- снижение вероятности заноса автомобиля в процессе торможения и поворота.

Система стабилизации торможения при повороте СВС (Corner Brake Control). Возникающие при торможении в повороте опасные ситуации могут проявиться в избыточной или недостаточной поворачиваемости и привести к заносу автомобиля. Это объясняется тем, что при торможении в повороте ско-

рость поворота автомобиля (рысканье) может достигать до такой величины, что будут происходить описанные выше явления. Для корректировки проявлений такого рысканья функция СВС управляет тормозными давлениями таким образом, чтобы создать разворачивающий момент компенсации.

При экстренном торможении в повороте автомобиля без системы СВС возможность передних колес воспринимать поперечные (управляющие) усилия сильно сокращается. Автомобиль смещается с заносом передней оси к внешнему краю поворота. В автомобилях с СВС при появлении недостаточной поворачиваемости система уменьшает тормозное давление для передних колес. В результате колеса вновь оказываются в состоянии воспринимать управляющие усилия и автомобиль сохраняет заданное направление движения.

Для работы СВС не требуются дополнительные узлы или компоненты, она использует уже имеющиеся устройства системы ABS, т.е. СВС является только программным расширением системы ABS. Особенность СВС заключается в том, что она способна распознавать опасные ситуации при торможении в повороте **без датчиков поворота или бокового ускорения**, только на основании данных об угловой скорости вращения колес. При обнаружении проскальзывания колес, которого еще недостаточно для включения ABS, срабатывает СВС. При дальнейшем анализе этих данных блок управления ABS может распознать появление недостаточной или избыточной поворачиваемости и соответствующим образом откорректировать тормозные давления.

Система распределения крутящего момента EDS (Elektronische Differenzialsperre) предназначена для предотвращения пробуксовки ведущих колес при трогании автомобиля с места, разгоне на скользкой дороге, движении по прямой и в поворотах за счет подтормаживания ведущих колес. Система осуществляет электронную блокировку дифференциала при проскальзывании одного из ведущих колес и подтормаживает прокручивающееся колесо, за счет чего на нем увеличивается крутящий момент. Так как ведущие колеса соединены симметричным дифференциалом, на другом колесе (с лучшим сцеплением) крутящий момент также увеличивается.

Система EDS построена на основе антиблокировочной системы тормозов. В отличие от системы ABS, в конструкции EDS предусмотрена возможность самостоятельного создания давления в тормозной системе. Для реализации данной функции используется насос обратной подачи и два электромагнитных клапана (на каждое из ведущих колес), включенные в гидравлический блок ABS. Это переключающий клапан и клапан высокого давления.

Управление системой осуществляется с помощью соответствующего программного обеспечения в блоке управления ABS. Электронная блокировка дифференциала, как правило, является составной частью антипробуксовочной системы и работает в диапазоне скоростей от 0 до 80 км/ч.

Система активного распределения крутящего момента ATTS (Active Torque Transfer System) использует активные дифференциалы с электронным управлением (см. предыдущий раздел по теме «Структура мехатронных систем трансмиссии»).