

Вопросы:

3. Системы динамической устойчивости.

4. Построение интегрированной системы управления ходовой частью.

3. Системы динамической устойчивости

Определяющими атрибутами комбинированных систем этого класса являются: колесные датчики ABS; датчики рулевого управления или поперечного ускорения (вращения) автомобиля (рис. 1).

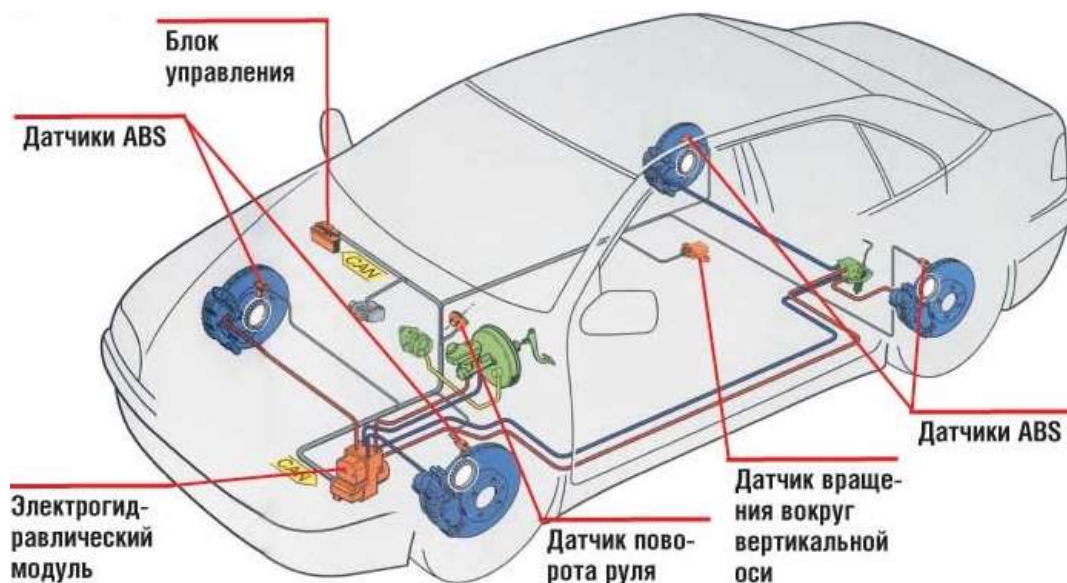


Рис. 1. Расположение элементов системы динамической устойчивости

Аппаратная реализация системы отличается от системы ABS комплектацией датчиков. Конструкция гидроэлектрического блока аналогична модулю ABS и отличается программным наполнением ЭБУ (рис. 2).

Классификацию комбинированных систем управления можно составить по признаку интеграции отдельных функциональных мехатронных подсистем с информационными завязями (рис. 3).

Система динамической стабилизации VDC (Vehicle Dynamic Control) предназначена для минимизации углового отклонения автомобиля от направления движения. Для информирования ЭБУ в системе используются датчики: скорости вращения колес, давления тормозной жидкости, положения руля, углового и поперечного ускорения автомобиля относительно направления движения. Система формирует сигналы управления электронасосом и модуляторами давления тормозной жидкости систем ABS и ASR, а также усилителем экстренного торможения (BAS – Brake Assist System).

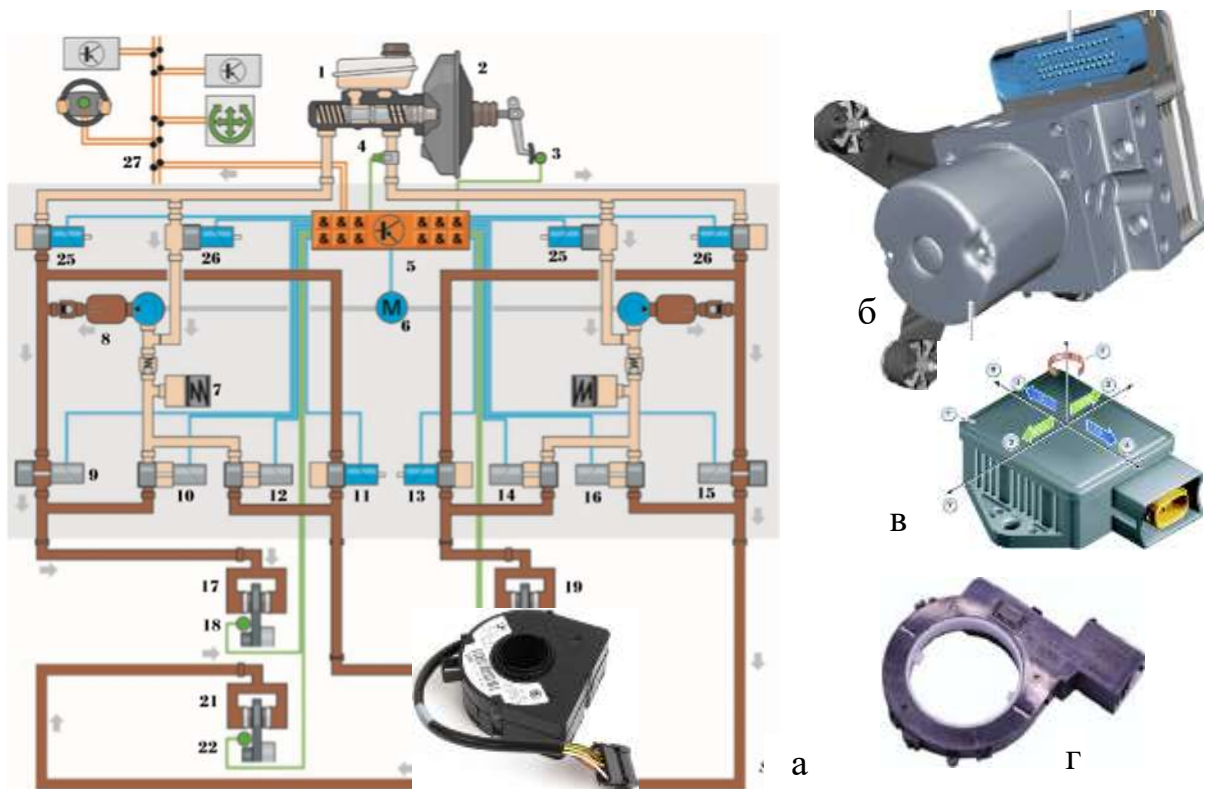


Рис. 2. Устройство системы курсовой устойчивости автомобиля:
 а – устрій гідравлічної частини; б – конструкція модуля; в – комбiнований датчик ускорень; г – датчик повороту рулевого колеса



Рис. 3. Классификационная структура комбинированных систем управления

На рис. 2, а обозначено: 1 – компенсационный бачок; 2 – вакуумный усилитель тормозов; 3 – датчик педали тормоза; 4 – датчик давления; 5 – блок управления; 6 – насос обратной подачи; 7 – аккумулятор давления; 8 – демпфирующая камера; 9, 11, 13, 15 – впускные ЭК; 10, 12, 14, 16 – выпускные ЭК; 17, 19, 21, 23 – тормозные цилиндры; 18, 20, 22, 24 – колесные датчики; 25 – переключающий ЭК; 26 – ЭК высокого давления; 27 – шина обмена данными.

Для исключения юза передних колес, система VDC автоматически снимает газ и притормаживает внутреннее заднее колесо, удерживая тем самым автомобиль от заноса во внешний кювет.

Если при резком повороте руля возникает проскальзывание задних колес, система притормаживает соответствующее переднее колесо и стабилизирует движение автомобиля в нужном направлении. Система VDC (используется на автомобилях Infiniti, Nissan, Subaru). Системы аналогичного построения, в зависимости от производителя получили различные названия:

- ESP (Electronic Stability Programme) в Европе и Америке;
- ESC (Electronic Stability Control) на автомобилях Honda, Kia, Hyundai;
- DSC (Dynamic Stability Control) на автомобилях BMW, Jaguar, Rover;
- DSM (Dynamic Stability Management) на автомобилях разных марок;
- DTSC (Dynamic Stability Traction Control) на автомобилях Volvo;
- VSA (Vehicle Stability Assist) на автомобилях Honda, Acura;
- VSC (Vehicle Stability Control) на автомобилях Toyota;

Принципиальное **отличие ESP от ABS** в том, что ESP непрерывно следит за соответствием ускорений автомобиля желаниям водителя, выраженным в повороте рулевого колеса, в то время как ABS включается только при торможении.

Алгоритм работы системы зависит от режима движения ТС. Система курсовой устойчивости должна распознать начало заноса ТС и предотвратить его. Она определяет желаемое направление по **углу поворота рулевого колеса**, а датчики на всех колесах измеряют скорость их вращения. На основании этих данных БУ вычисляет фактическую траекторию движения, которая более 25 раз в секунду сравнивается с желаемым направлением. Управление автомобилем с системой ESP учитывает три степени свободы автомобиля на плоскости дороги (продольное и поперечное направления и поворот вокруг вертикали).

Если блок управления ESP вычисляет, что ускорение при разгоне автомобиля достигло критических значений и возникли условия для потери устойчивости ТС (заноса) и бокового скольжения колес передней и/или задней осей), система включает подтормаживание пробуксовывающих колес.

Входные датчики фиксируют конкретные параметры автомобиля и преобразуют их в электрические сигналы. С помощью датчиков система динамической стабилизации оценивает действия водителя и параметры движения автомобиля. Блок управления системы ESP принимает сигналы от датчиков и формирует управляющие воздействия на исполнительные устройства подконтрольных систем активной безопасности. При необходимости блок использует

информацию из блока управления системы управления двигателем и блока управления автоматической коробкой переключения передач (АКП).

Одновременно датчики угловой скорости измеряют перемещение ТС вокруг вертикальной оси и его боковое ускорение. Если значения расходятся, система без какого-либо вмешательства со стороны водителя немедленно реагирует на ситуацию, снижая мощность двигателя и восстанавливая стабильность автомобиля. Если этого недостаточно, ESP дополнительно подтормаживает каждое колесо. Возникающее вращательное движение колеса противодействует заносу, и автомобиль остается на безопасной траектории движения. Оцениваются сигналы от датчика угла поворота рулевого колеса 16, датчика давления в тормозной системе 3 и от ЭБУ работой двигателя 5 (рис. 4).

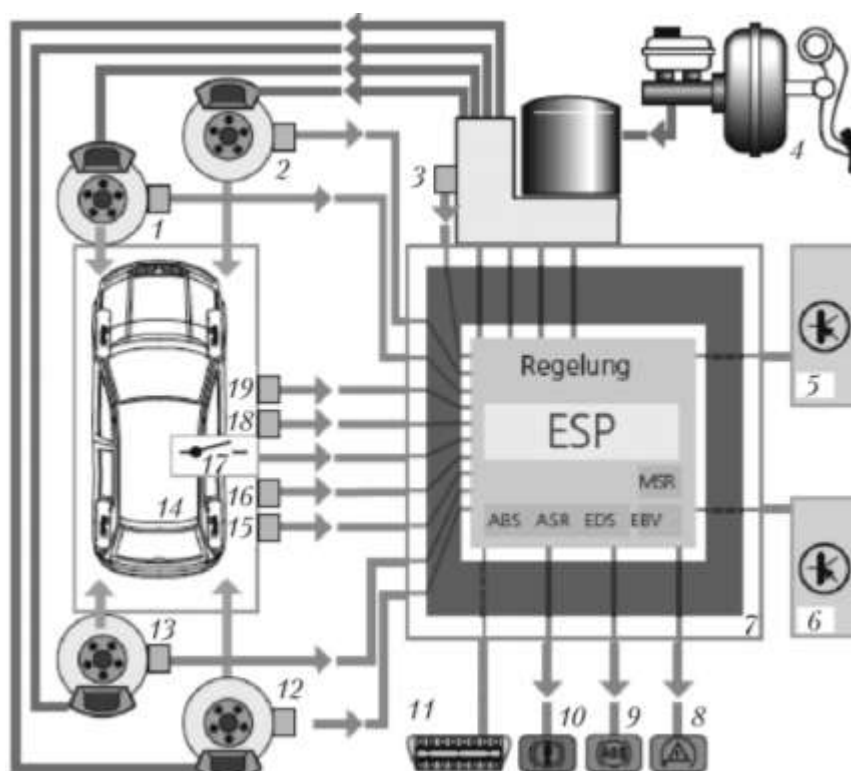


Рис. 4. Общая компоновка электронной системы курсовой устойчивости ESP (на примере Skoda Fabia):

1, 2, 12, 13 — датчики частоты вращения колес; 3 — датчик давления в тормозной системе; 4 — активный усилитель тормозной системы; 5 — ЭБУ работой двигателя; 6 — ЭБУ работой коробки передач (только на моделях с автоматической коробкой передач); 7 — гидравлический блок с блоком управления ABS EDL/TCS/ESP; 8 — контрольная лампа TCS/ESP; 9 — контрольная лампа ABS; 10 — контрольная лампа двухконтурной тормозной системы и стояночного тормоза; 11 — диагностический разъем; 14 — система динамики автомобиля и поведения водителя; 15 — выключатель стоп-сигнала; 16 — датчик угла поворота рулевого колеса; 17 — кнопочный выключатель систем TCS/ESP; 18 — датчик рысканья; 19 — датчик бокового ускорения

Помимо скорости движения автомобиля, в вычисления также входят необходимые характеристики коэффициентов сцепления между шинами и дорожным покрытием. Эти параметры оцениваются на основе сигналов, получа-

емых от датчиков частоты вращения колес 1, 2, 12, 13, датчика бокового ускорения 19, датчика рысканья 18 и датчика давления в тормозной системе 3. Датчик бокового ускорения сообщает БУ о боковом сносе автомобиля, в то время как датчик рысканья сигнализирует о склонности к заносу. Затем вычисляется момент относительно вертикальной оси, который необходим для приближенного приведения параметров действительного состояния к параметрам требуемого состояния. Стабилизация движения автомобиля с помощью системы ESP достигается:

- 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**).

Информация, поступающая от датчиков, анализируется ЭБУ для расчета направления движения, задаваемого **рулевым управлением**, и распознавания поведения автомобиля. Система ESP определяет, какое колесо должно быть ускорено или подторможено и насколько резко необходимо изменить крутящий момент двигателя, а также необходимость активизации блока управления коробкой передач (на моделях с АКП).

Цикл управления завершается при успешном результате, и система управления переходит к слежению за поведением автомобиля. Если устойчивость движения не восстановлена, то цикл управления повторяется. Активация цикла управления сопровождается миганием контрольной лампы системы курсовой устойчивости.

Определение наступления аварийной ситуации осуществляется путем сравнения действий водителя и параметров движения автомобиля. В случае если действия водителя (желаемые параметры движения) отличаются от фактических параметров движения автомобиля, включается система **ESP**.

Подтормаживание колес система осуществляет через гидромодулятор ABS, создающий давление в тормозной системе. Принцип алгоритма подтормаживания аналогичен описанному. Одновременно (или до этого) на ЭБУ двигателем поступает команда на сокращение подачи топлива и, следовательно, уменьшение крутящего момента на колесах.

ESP выбирает тормозные усилия для каждого колеса отдельно таким образом, чтобы результирующая тормозных сил противодействовала моменту, стремящемуся развернуть автомобиль вокруг вертикальной оси, и удерживала ТС на оптимальной траектории. Если автомобиль плохо входит в поворот и скользит передними колесами наружу (недостаточная поворачиваемость), ESP притормаживает внутреннее заднее колесо. Если автомобиль в результате заноса задней части пытается повернуть круче, чем необходимо (избыточная поворачиваемость), ESP исправляет ошибку подтормаживанием наружного переднего колеса. Чтобы предотвратить занос заднеприводного автомобиля, ESP уменьшает частоту вращения коленчатого вала двигателя. Благодаря этому

возникает стабилизирующий момент сил, возвращающий автомобиль на безопасную траекторию движения.

При угрозе опрокидывания ТС стабилизируется за счет уменьшения поперечного ускорения, которое достигается достаточно сильным подтормаживанием передних колес и одновременным снижением крутящего момента двигателя.

В системах курсовой устойчивости могут быть реализованы **дополнительные функции** (подсистемы ROP, BG, ESC+, FBS, BSW). Эти системы, в основном, не имеют своих конструктивных элементов, а являются программным расширением системы ESP.

Система предотвращения опрокидывания ROP (Roll Over Prevention) стабилизирует движение автомобиля при угрозе опрокидывания. Предотвращение опрокидывания достигается за счет уменьшения **поперечного ускорения** путем подтормаживания передних колес и снижения крутящего момента двигателя. Дополнительное давление в тормозной системе создается с помощью активного усилителя тормозов.

Система стабилизации автопоезда ESC+ (TSA – Trailer Stabilization Assistant) может быть реализована в автомобиле, оборудованном тягово-сцепным устройством. Система предотвращает рыскание прицепа при движении автомобиля, которое достигается за счет торможения колес или снижения крутящего момента. Торможение осуществляется всеми колесами, в том числе и тормозом наката и колес прицепа. Является программным расширением системы ESC.

4. Построение интегрированной системы управления ходовой частью

Принятые сокращения (BMW)

Устройство высшего уровня:

ICM – встроенное управление ходовой частью с датчиками DSC-SEN;

FDR – функция регулировки динамики.

Продольная динамика:

DSC – система динамического контроля стабильности.

EMF – электромеханический стояночный тормоз.

LDM – ЭБУ продольной динамикой;

DSC – ЭБУ динамического управления стабильностью.

Поперечная динамика:

Servotronic – ЭБУ (функция) электрогидравлического РУ.

IAL – интегральное активное рулевое управление.

QMVN – функция распределения крутящего момента задней оси (ЭБУ задним дифференциалом DPC).

AL – функция активного рулевого управления.

FDC – функция управления динамикой.

HSR – регулировка увода заднего моста.

Вертикальная динамика:

EDC-K – регулирование жесткости амортизаторов;

EDC-S – сателлит СУ амортизатора;

VDM – ЭБУ вертикальной динамикой (VDC функция);

ARS – стабилизация при крене;

ЕНС – контроль дорожного просвета;

RDC – контроль давления в шинах;

Помощь водителю:

FGR – функция поддержания заданной скорости;

DCC – круиз-контроль с функцией торможения;

ACC – активный круиз-контроль;

ACC Stop & Go – Активный круиз-контроль с функцией «Старт-стоп»;

KAFAS – система помощи водителю на базе видеокамер;

SRR – радар ближнего действия;

LRR – радар дальнего действия;

SWW – радиолокационный датчик сигнализации перестроения;

LRE – электронный блок в рулевом колесе с вибродвигателем.

Стратегия управления ICM: собрать сигналы с органов управления и датчиков, произвести промежуточные расчеты для оценки ситуации, распределить управление по системам с определенной степенью их участия в реализации поставленной задачи.

Для решения этих задач используются ЭБУ, в которых интегрируются функции по управлению динамикой автомобиля в продольном (системы стабилизации курса), поперечном (системы рулевого управления и динамики устойчивости) и вертикальном (системы подвесок) направлениях (рис. 5, а).

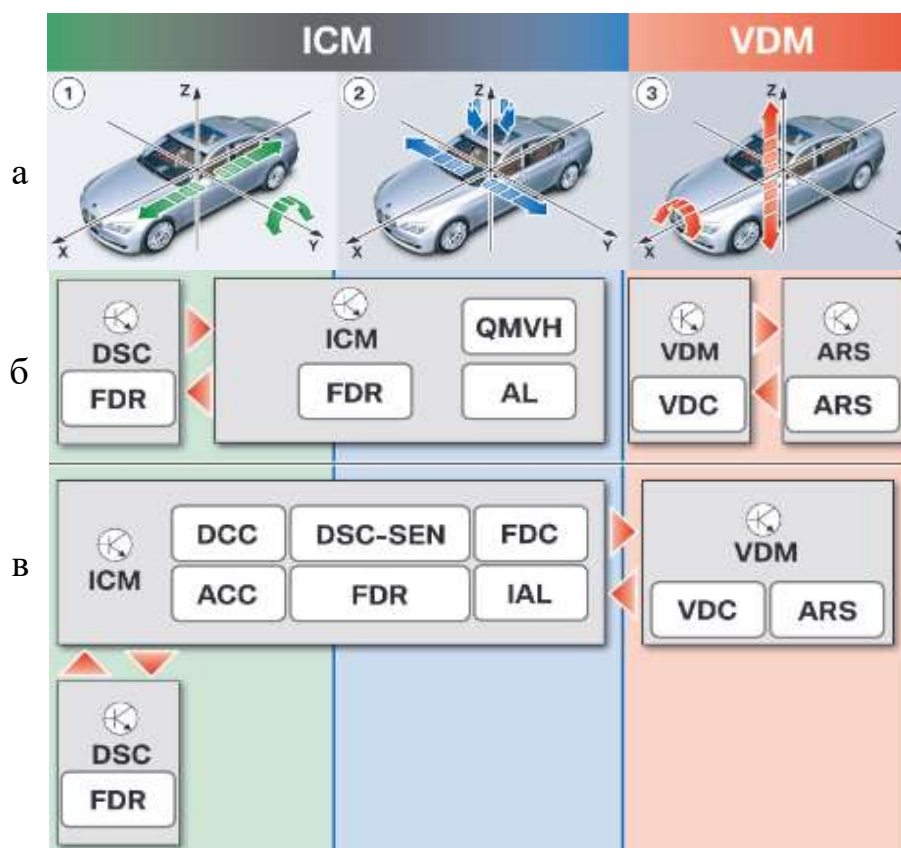


Рис. 5. Архитектура системы управления ходовой частью автомобилей BMW-E71/F01:

DCC – функция «Динамический круиз-контроль»; ACC – функция «Активный круиз-контроль»; VDM – блок управления вертикальной динамикой; VDC – функция «Управление вертикальной динамикой»; ARS – блок управления/функция «Активная система стабилизации при крене» Dynamic Drive; DSC – блок управления динамическим контролем стабильности; FDR – функция регулировки динамики; ICM – электронный блок интегрированной системы управления ходовой частью; QMVH – функция «Распределение крутящего момента на задней оси» системы управления задним дифференциалом DPC; AL – функция «Активное рулевое управление»; DSC-SEN – датчик DSC в блоке ICM; FDC – функция управления динамикой; IAL – функция «Интегральное активное рулевое управление»

Эти функции, в силу некоторых соображений (алгоритмических и конструктивных), в реальных моделях автомобилей BMW, распределяются по-разному (рис. 5, б, в). Аппаратная структура управления ICM водителем, показана на (рис. 6, а).



Рис. 6. Активизация функций управления динамикой:

1 – контроллер; 2 – переключатель режимов динамики и клавиша DTC; 3 – интегрированная система управления ходовой частью; 4 – педаль акселератора; 5 – автоматическая коробка передач; 6 – рулевое управление; 7 – управление вертикальной динамикой с электронной регулировкой жесткости амортизаторов; 8 – активная система стабилизации при крене; 9 – система динамического контроля стабильности; 10 – комбинация приборов; 11 – центральный информационный дисплей;

Переключатель режимов динамики (два дух-позиционных переключателя) позволяет водителю выбирать из четырех основных режимов: Comfort, Normal, Sport, Sport+. При этом меняется передаточная характеристика педали акселератора 4. Клавиша DTC дает еще два режима: Traction, DSC off. Действия водителя отражаются на индикаторах панели приборов (рис. 6, б).

С помощью переключателей 2 водитель может выбрать такую динамическую характеристику, которая наиболее оптимально подходит к той или иной трассе или цели поездки.

Джойстик контроллера 1 (нажатие, вращение, выбор направлений просмотра) включает питание системы контроля (дисплей), выбирать пункты меню, производить настройки опций (рис. 6, в).

Блок ICM принимает сигналы внешних (выносных) датчиков различных базовых систем (ABS, рули, подвеска) и интегрированных датчиков DSC 1, которые интегрированы в конструкцию блока 2 (рис. 7).

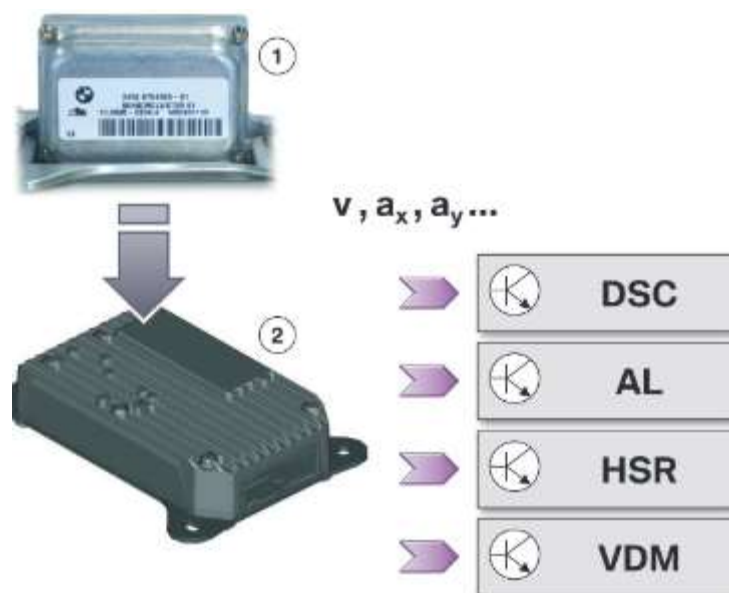


Рис. 7. Сигналы по динамике движения, выдаваемые ICM:

- 1 – датчик DSC, встроенный в ICM; DSC – система динамического контроля стабильности;
- 2 – блок управления ICM; AL – активное рулевое управление; v – скорость движения;
- HSR – регулировка угла бокового увода заднего моста; a_x – продольное ускорение;
- VDM – система управления вертикальной динамикой; a_y – поперечное ускорение

Центральная функция регулировки динамики в блоке ICM сначала оценивает текущий режим движения и желание водителя. Далее учитывается, какие системы управления динамикой имеются в автомобиле, и принимается решение о том, насколько сильным должно быть воздействие на динамику автомобиля. Совершенные системы управления динамикой мягко и почти незаметно начинают вмешиваться уже тогда, когда лишь наметилась тенденция, например, к недостаточной поворачиваемости. Координирующее устройство следит за тем, чтобы при этом задействовалось наиболее подходящее исполнительное устройство. При одновременном задействовании

несколько исполнительных устройств особое внимание уделяется тому, чтобы их вмешательство было гармоничным.

Интегрированная система управления ходовой частью выполняет **функции:**

- помощи водителю;
- регулировки динамики и рулевого управления (центральная);
- обработки и выдачи (нормализации и трансляции) сигналов внешних датчиков;
- управления динамикой.

Основной датчик DSC в блоке управления ICM измеряет продольное и поперечное ускорение, а также угловую скорость рыскания. Резервный датчик DSC – все тоже, кроме продольного ускорения.

Блок управления ICM **рассчитывает** текущий режим движения по перечисленным ниже сигналам. Речь идет в первую очередь о продольной и поперечной динамике:

- угловых скоростей всех четырёх колес;
- продольное ускорение;
- поперечное ускорение;
- скорость вращения автомобиля вокруг вертикальной оси.

Эти сигналы информируют блок управления ICM о том, как движется автомобиль в данный момент. Для оптимизации динамики соответствующим системам управления необходимо знать желание водителя. Оно выясняется по сигналам:

- угол педали акселератора или текущий крутящий момент двигателя;
- передаточное число АКП;
- степень нажатия педали тормоза и текущее тормозное давление;
- эффективный угол поворота и скорость его изменения.

Информацию о режиме движения и желании водителя ICM выдает как внутренним, так и внешним системам. Внутри ICM получателем сигналов служит центральная функция регулировки динамики. Внешними получателями являются блоки управления динамикой базовых систем (по шине FlexRay).

Центральная функция регулировки динамики. Вмешательство систем управления динамикой нацелено на улучшение **приемистости** автомобиля и **сцепления** его колес с дорогой при сохранении устойчивости автомобиля. Центральная функция регулировки динамики в ICM сравнивает желание водителя с фактическим режимом движения автомобиля и определяет, требуется ли вмешательство систем управления динамикой и если требуется, то какое. Исходным параметром, с которым работает центральная функция регулировки динамики, является **угловая скорость рыскания** (рис. 8).

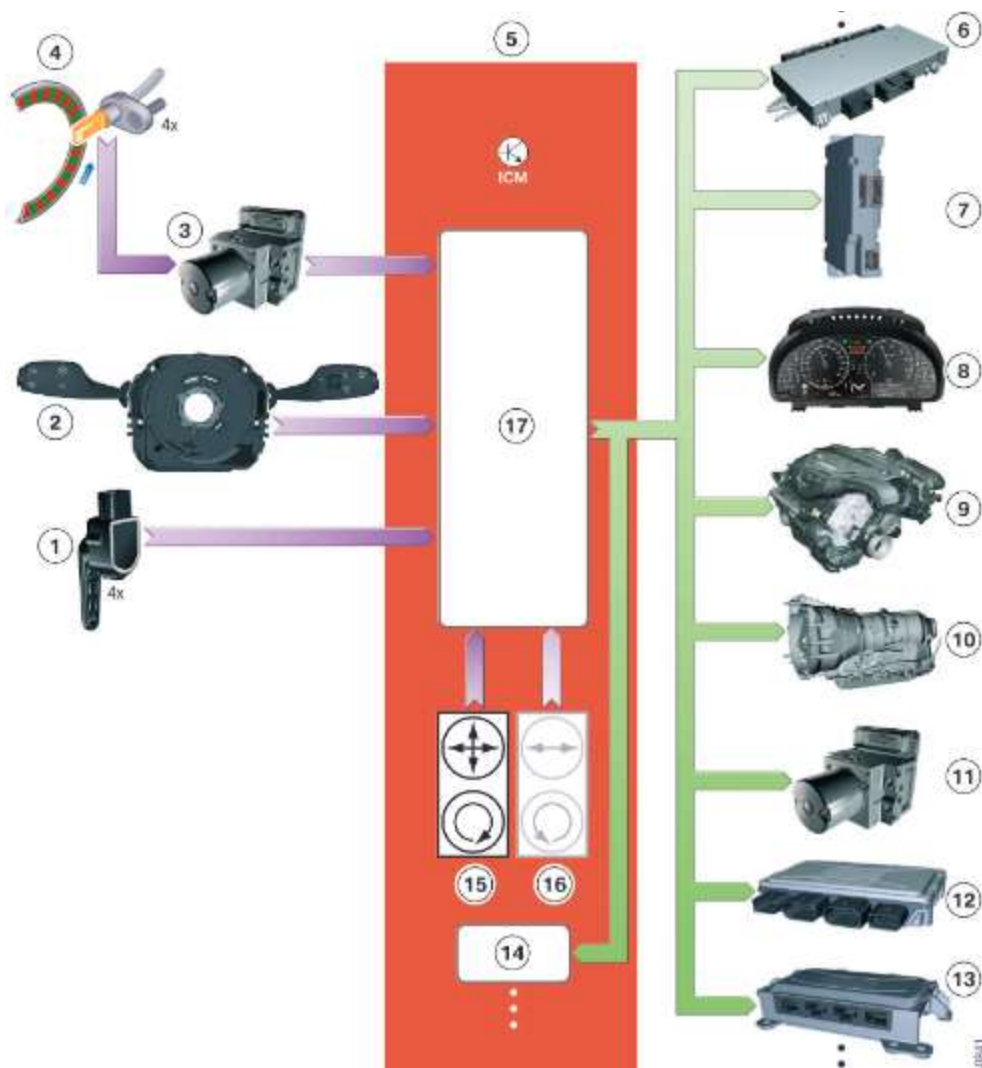


Рис. 8. Формирование сигналов блоком ICM:

- 1 – датчики дорожного просвета; 2 – коммутационный центр в рулевой колонке с датчиком угла поворота рулевого колеса; 3 – система динамического контроля стабильности; 4 – датчики угловой скорости колес; 5 – интегрированная система управления ходовой частью; 6 – модуль в пространстве для ног; 7 – блок управления KAFAS; 8 – комбинация приборов; 9 – система управления двигателем; 10 – электронная система управления коробкой передач; 11 – система динамического контроля стабильности; 12 – блок управления AL; 13 – блок управления HSR; 14 – функции управления динамикой в блоке управления ICM; 15 – датчик DSC в блоке управления ICM; 16 – резервный датчик DSC в блоке управления ICM; 17 – функция обработки сигналов;

Система ICM задействует системы управления динамикой еще до того, как упомянутые отклонения будут обнаружены, то есть раньше, чем в динамике автомобиля появится хоть какая-то нестабильность. Возможным это стало благодаря очень точным расчетным моделям и новым алгоритмам (ИНС).

Распределение задач между ICM и другими блоками управления динамикой продемонстрировано на рис. 9 – 11.

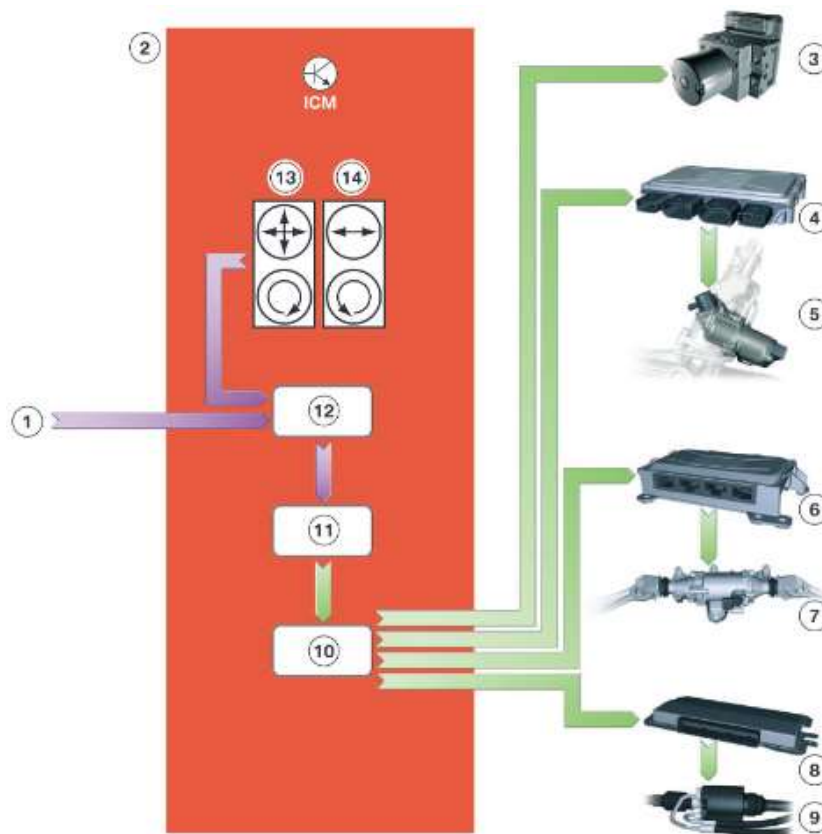


Рис. 9. Центральная функция регулировки динамики в ICM:

1 – входные сигналы внешних датчиков; 2 – блок ICM; 3 – система динамического контроля стабильности; 4 – блок управления AL; 5 – исполнительный узел AL; 6 – блок управления HSR; 7 – исполнительный узел HSR; 8 – блок управления VDM; 9 – активный стабилизатор; 10 – функция координации исполнительных устройств; 11 – центральная функция регулировки динамики; 12 – функция обработки сигналов датчиков; 13, 14 – датчики DSC в блоке ICM

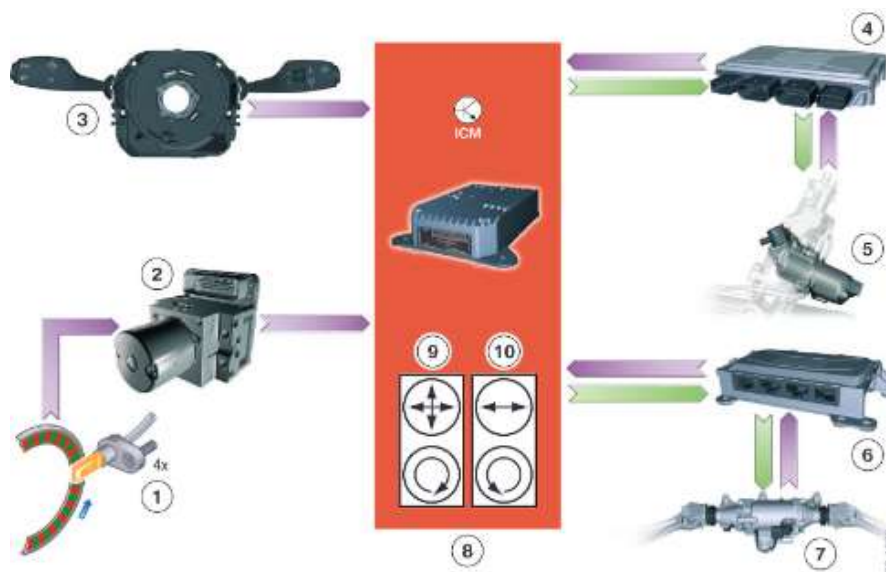


Рис. 10. ICM и блоки управления AL и HSR:

1 – датчики угловой скорости колес; 2 – система динамического контроля стабильности;

- 3 – коммутационный центр в рулевой колонке с датчиком угла поворота рулевого колеса;
 4 – блок управления AL; 5 – исполнительный узел AL; 6 – блок управления HSR;
 7 – исполнительный узел HSR; 8 – интегрированная система управления ходовой частью;
 9, 10 – датчики DSC в блоке ICM

Особый случай представляет собой все же интерфейс между ICM и системой динамического контроля стабильности

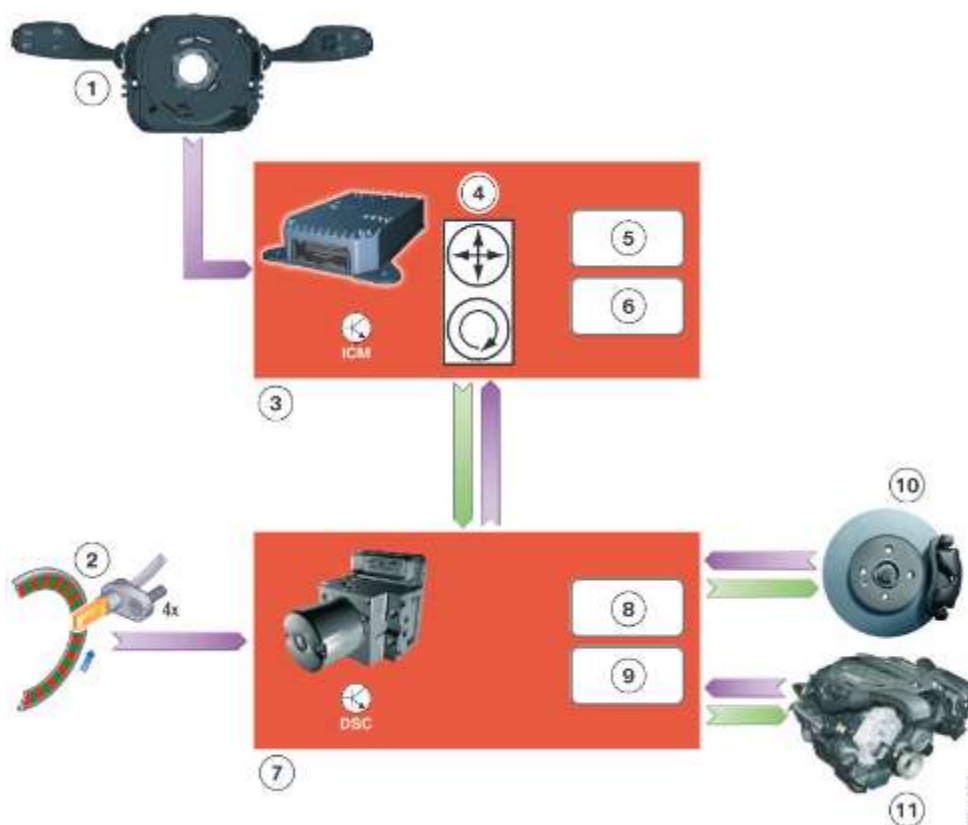


Рис. 11. Взаимодействие ICM и DSC:

- 1 – коммутационный центр в рулевой колонке с датчиком угла поворота рулевого колеса;
 2 – датчики угловой скорости колес; 3 – встроенное управление ходовой частью; 4 – датчик DSC в блоке управления ICM; 5 – функция регулировки динамики в ICM; 6 – функция координации исполнительных устройств; 7 – система динамического контроля стабильности; 8 – функция регулировки динамики в блоке управления DSC; 9 – функция активации исполнительных устройств; 10 – тормозной механизм колеса; 11 – двигатель и трансмиссия;

В зависимости от комплектации в ICM могут быть интегрированы **две функции помощи водителю**, влияющие на продольную динамику автомобиля:

- круиз-контроль с функцией торможения (динамический круиз контроль, DCC);
- активный круиз-контроль с функцией Stop & Go (ACC Stop & Go).

В состав ACC Stop&Go входит функция адаптивного тормозного ассистента, которая ранее реализовывалась в блоке LDM, теперь воплощена в блоке управления ICM (рис. 12).



Рис. 12. Системы помощи водителю, влияющие на продольную динамику:
 1 – радар ближнего действия SRR; 2 – радар дальнего действия LRR; 3 – модуль в пространстве для ног; 4 – панель управления функциями помощи водителю; 5 – коммутационный центр в рулевой колонке; 6 – панель управления DCC или клавиши ACC Stop & Go на рулевом колесе; 7 – интегрированная система управления ходовой частью; 8 – двигатель и трансмиссия; 9 – система динамического контроля стабильности; 10 – комбинация приборов; 11 – функция DCC; 12 – функции ACC Stop & Go и адаптивный тормозной ассистент

Параметры для выполнения функции DCC ранее рассчитывались системой динамического контроля стабильности, теперь в блоке управления ICM (рис. 13).



Рис. 13. Координация вызова вибрации на рулевом колесе:

1 – радиолокационный датчик сигнализации перестроения SWW; 2 – блок управления KAFAS; 3 – камера сигнализации ухода полосы движения; 4 – модуль в пространстве для ног; 5 – панель управления функциями помощи водителю; 6 – интегрированная система управления ходовой частью; 7 – коммутационный центр в рулевой колонке; 8 – электронный блок LRE и вибродвигатель в рулевом колесе; 9 – индикация сигнализации перестроения в наружном зеркале; 10 – комбинация приборов; 11 – функция координации вызова вибрации на рулевом колесе;

Структура блока управления ICM независимо от комплектации автомобиля содержит:

- два микропроцессора;
- один контроллер FlexRay;
- выходные каскады для активации клапанов рулевого управления;
- встроенные датчики параметров динамики DSC.

Один из микропроцессоров отвечает, в первую очередь, за расчет параметров регулирования, организацию функциональных связей и за активацию выходных каскадов. Основная задача второго процессора заключается в контроле важных для безопасности функций и их отключения в случае неисправности.