

УДК 629.113

СРАВНЕНИЕ ТРАДИЦИОННЫХ СИСТЕМ КУРСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ И АНАЛОГИЧНЫХ СИСТЕМ, РЕАЛИЗУЕМЫХ НА АВТОМОБИЛЯХ С КОМБИНИРОВАННЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ

А. А. Умницын / ФГУП «НАМИ»

Как известно, страны, входящие в Европейский союз, с 1 ноября 2013 года, согласно приложению 9 Правил № 13-Н ЕЭК ООН, могут отказываться в предоставлении национального или регионального официального утверждения типа категории M_1 в случае отсутствия на ТС системы электронного контроля устойчивости. В нашей стране в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации № 720 «Об утверждении технического регламента о безопасности колёсных транспортных средств» для автомобилей категории M_1 , вводимых в эксплуатацию после 1 января 2016 года, также обязательно наличие системы курсовой устойчивости. Таким образом, вопросы использования и повышения эффективности таких систем становятся актуальными.

Термин «система электронного контроля устойчивости» (ЭКУ) применён в Правилах № 13-Н ЕЭК ООН. Система ЭКУ предназначена для сохранения траектории движения и стабилизации положения автомобиля в процессе выполнения манёвров, особенно на высоких скоростях или при низком коэффициенте сцепления шин с дорогой. Система позволяет удерживать автомобиль в пределах заданной водителем траектории при различных режимах движения. Это реализуется с помощью изменения межколёсного (и (или) межосевого при полном приводе) распределения тормозных усилий и тяги.

Схема традиционной системы ЭКУ показана на рис. 1.

Следящий блок анализирует данные, полученные от датчиков скорости вращения колёс, датчика давления в тормозной системе, датчика положения рулевого колеса, датчиков продольного и поперечного ускорения, и при обнаружении отклонения от заданных значений (карт движения) посылает сигнал на контроллер скольжения, который, в свою очередь, в зависимости от ситуации либо уменьшает подачу топлива в цилиндры ДВС, либо притормаживает одно или несколько колёс, либо делает и то и другое одновременно, при этом возникают силы F_{T1} и F_{T2} , создающие стабилизирующий момент M_s (рис. 2).

Главными минусами таких систем являются потери кинетической энергии автомобиля, повышенный износ

тормозных колодок, а также относительно малый стабилизирующий момент.

Наряду с традиционной системой ЭКУ существуют разновидности, которые способны улучшить эксплуатационные свойства систем в целом. Рассмотрим некоторые из них.

На рис. 3 представлена система S-AWC (Super All Wheel Control), применяемая на автомобиле Mitsubishi Lancer Evolution. Она включает в себя систему управления задним активным дифференциалом Super AYC (Super Active Yaw Control), систему управления блокировкой межосевого дифференциала ACD (Active Centre Differential), систему курсовой стабилизации ASC (Active

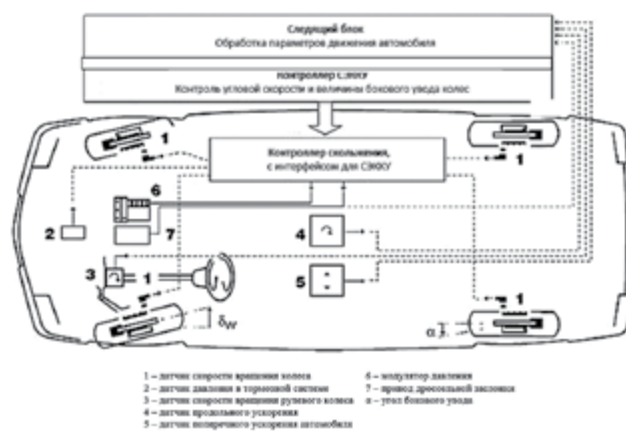


Рисунок 1. Схема традиционной системы ЭКУ

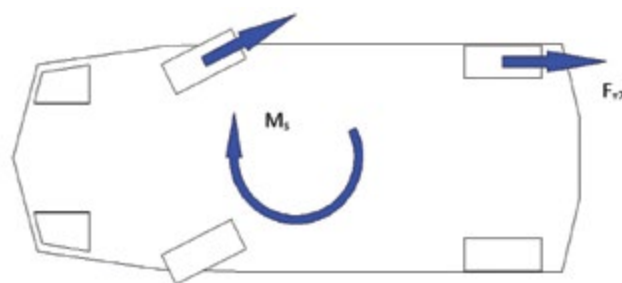


Рисунок 2. Силы и моменты, возникающие при действии традиционной ЭКУ

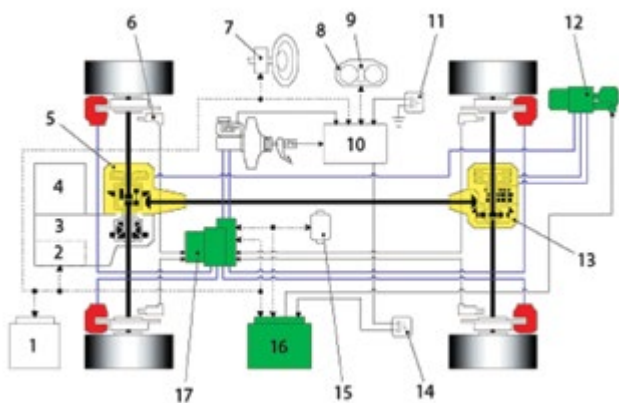


Рисунок 3. Система S-AWC: 1 — блок управления двигателем; 2 — блок управления коробкой передач; 3 — коробка передач; 4 — двигатель; 5 — межосевой (ACD) и межколёсный дифференциалы; 6 — датчик ABS; 7 — датчик поворота руля; 8 — датчик ручного тормоза; 9 — индикатор работы системы; 10 — блок управления сервисной электроникой; 11 — выключатель ASC; 12 — гидравлический насос ACD/AYC; 13 — задний дифференциал Super AYC; 14 — переключатель режимов («асфальт», «гравий», «снег») S-AWC; 15 — датчики продольного и поперечного ускорения автомобиля; 16 — блок управления S-AWC; 17 — блок ASC/ABC



Рисунок 4. Прямолинейное движение

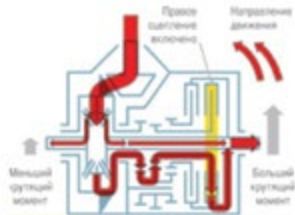


Рисунок 5. Движение в повороте с незначительным боковым проскальзыванием шин

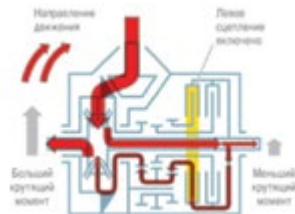


Рисунок 6. Движение в повороте с высоким боковым проскальзыванием шин

Stability Control) и антиблокировочную систему ABS, датчики угла поворота руля, блок управления ДВС, датчики скорости вращения колёс, датчики продольного и поперечного ускорения. Система Super AYC — это задний активный дифференциал, корпус которого соединён с правой полуосью посредством дополнительных пере-

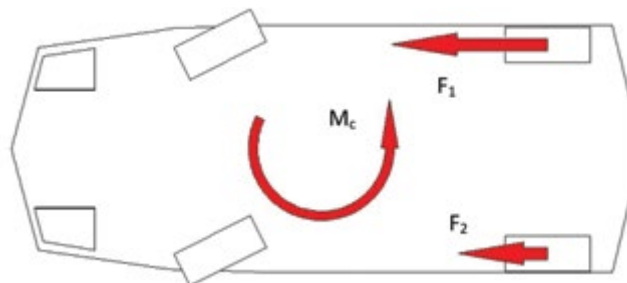


Рисунок 7. Распределение сил и моментов при незначительном проскальзывании шин

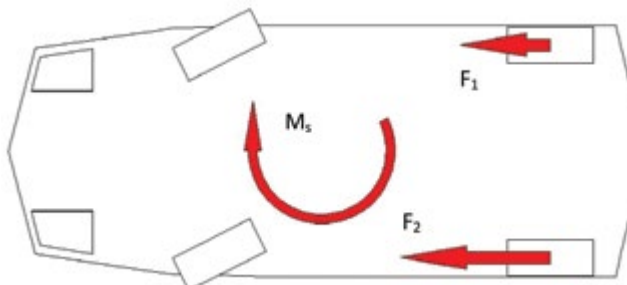


Рисунок 8. Распределение сил и моментов при движении в повороте с высоким боковым проскальзыванием шин

дач — понижающей и повышающей, которые включаются при помощи многодискового сцепления мокрого типа, что создаёт поворачивающий момент относительно вертикальной оси автомобиля (рис. 4–6). Блок управления системой S-AWC анализирует информацию, полученную с датчиков, сравнивает её с картами движения и при выявлении отклонений посылает сигнал на исполнительные устройства — в зависимости от ситуации это может быть гидронасос систем Super AYC/ACD, блок ABS/ASC. При движении с малым боковым проскальзыванием шин, например в левом повороте, система S-AWC подаёт больший момент на заднее правое колесо, а также изменяет коэффициент блокировки межосевого дифференциала, что создаёт дополнительный поворачивающий момент M_c (рис. 7). При возрастании бокового проскальзывания шин момент на заднем внутреннем колесе увеличивается, а на внешнем — уменьшается (рис. 8), если и этого недостаточно, то в действие вступает тормозная система, подтормаживая внешние колёса и обеспечивая создание стабилизирующего момента M_s (рис. 9).

Главной особенностью системы SH-AWD (Super Handling All Wheel Drive), применяемой на автомобилях Honda Legend и Acura RL, является отказ от межосевого и заднего межколёсного дифференциалов — их функции выполняет задний активный мост (рис. 10).

Крутящий момент, подведённый через карданный вал к заднему мосту, проходя через планетарный редуктор и гипоидную передачу, распределяется посредством двух электромагнитных муфт прямого действия,

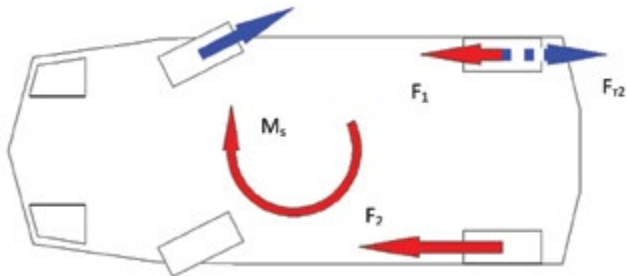


Рисунок 9. Распределение сил и моментов при движении в повороте с высоким боковым проскальзыванием шин при подтормаживании колёс тормозными механизмами

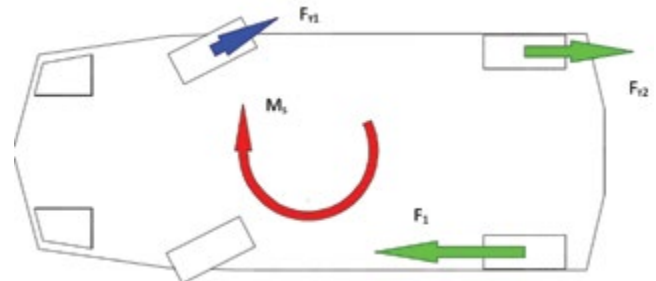


Рисунок 13. Схема распределения сил и моментов при работе системы Sport Hybrid SH-AWD при повороте с большим боковым скольжением шин

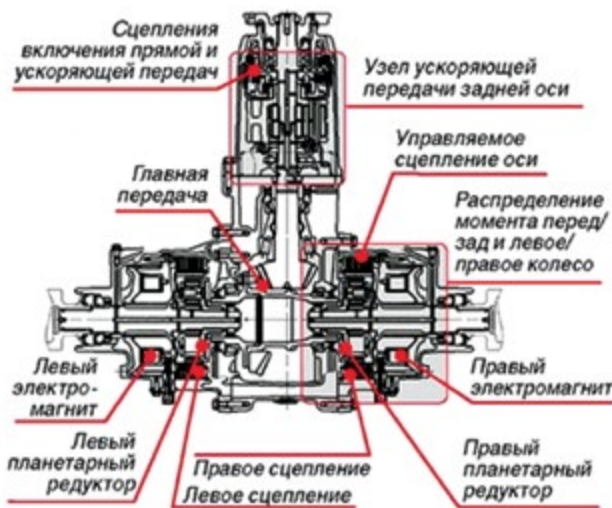


Рисунок 10. Активный мост системы SH-AWD

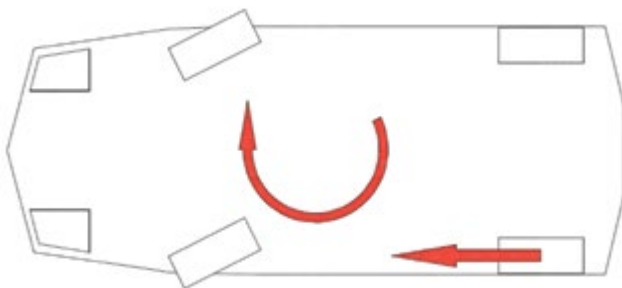


Рисунок 11. Схема распределения сил и моментов при работе системы SH-AWD при прогрессирующем заносе

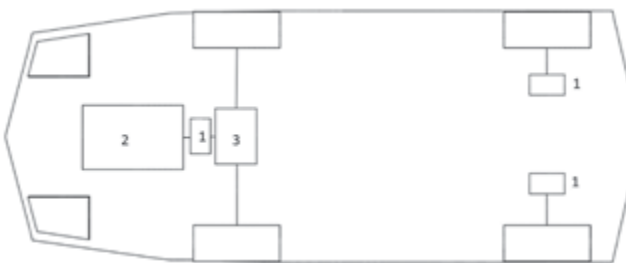


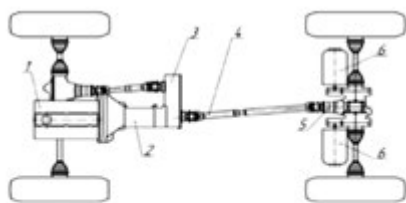
Рисунок 12. Схема системы Sport Hybrid SH-AWD

причём управление каждой муфтой независимое — это позволяет весь момент, доступный заднему приводу (в зависимости от условий движения — от 30 до 70 %), реализовать на одном из колёс. При движении по прямой соотношение в редукторе 1:1, а в повороте его выходной вал вращается быстрее входного на 5 %, что позволяет создать дополнительный момент вокруг вертикальной оси автомобиля. Если занос прогрессирует, то система переключает передачу в редукторе на повышенную и уменьшает тяговый момент. Необходимо отметить, что данная система при значительном боковом проскальзывании шин не увеличивает момент на внутреннем колесе, а уменьшает тягу на внешнем (рис. 11); если это не помогает, то в работу вступают тормозные механизмы.

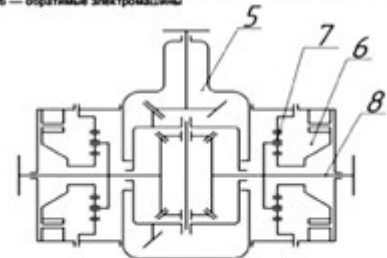
У данных систем есть ряд недостатков: поворачивающий момент зависит от передаточного числа механизма и не всегда является оптимальным, системы не обеспечивают заметного увеличения проходимости автомобиля, потери кинетической энергии автомобиля (из-за применения тормозных механизмов), повышенный износ тормозных колодок, реализация асимметричной тяги только на задней оси.

Дальнейшее развитие системы SH-AWD привело к созданию новой системы Sport Hybrid SH-AWD, применяемой на автомобиле Acura RLX (рис. 12). Она включает в себя три обратимые электромшины (1), датчики (такие же, как и в системе SH-AWD), ДВС (2). Обратимая электромшина, интегрированная в коробку передач (3), служит для рекуперации энергии или для подведения дополнительного момента в случае интенсивного разгона. При повороте без существенного бокового скольжения шин заднее внешнее колесо получает дополнительный крутящий момент от электромшины, расположенной на задней оси. При повороте с большим боковым скольжением система может осуществлять торможение одного из задних колёс при помощи электромшины, а на второе колесо подводить тяговый момент (рис. 13).

На рис. 14 показаны схемы возможного применения ЭКУ на автомобилях с комбинированной энергетиче-



1-2-3 — силовой агрегат с ДВС (в состав может входить генератор),
4 — карданная передача привода от ДВС, 5 — редуктор заднего моста,
6 — обратные электромашины



5 — редуктор заднего моста, 6 — обратная электромашина, 7 — планетарная передача ОЗМ, 8 — выходной вал редуктора, 9 — вал привода колеса

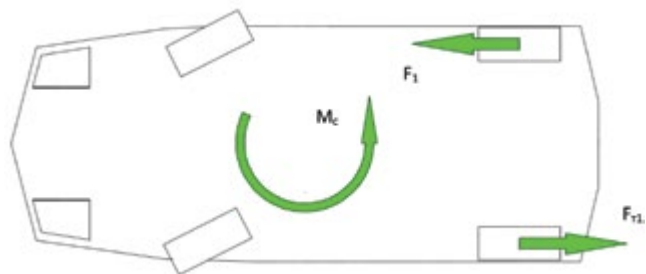


Рисунок 15. Схема распределения сил и моментов при малом боковом угле шин и несимметричном распределении тяги

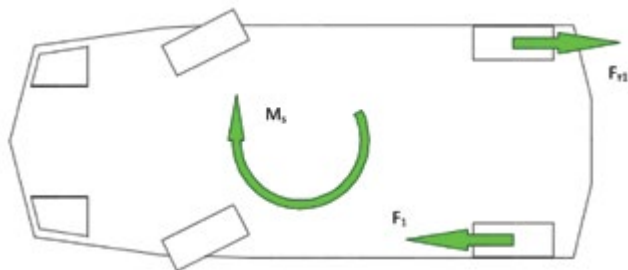


Рисунок 16. Схема распределения сил и моментов при несимметричном распределении тяги и рекуперативном торможении при значительном боковом угле шин

ской установкой. По аналогии с системой Sport Hybrid SH-AWD обратимые электромашины могут подводить к колёсам или оси дополнительный крутящий момент либо тормозной момент. Одним из очевидных плюсов таких схем являются минимальные конструктивные изменения, вносимые в конструкцию, и, как следствие, возможность применения их на автомобилях, изначально не спроектированных как автомобили с комбинированной энергетической установкой.

Рисунок 14. Схемы возможного применения ЭКУ на автомобилях с комбинированной энергетической установкой

Необходимо отметить, что системы электронного контроля курсовой устойчивости потенциально могут работать в более широких пределах и более эффективно на автомобилях с комбинированными энергетическими установками с возможностью реализации несимметричной тяги. При этом есть возможность использовать следующий алгоритм: при малых значениях угла бокового увода шин создаётся дополнительный поворачивающий момент посредством несимметричной тяги на ведущих колёсах автомобиля (рис. 15), а при значительном увеличении угла бокового увода, используя рекуперативное торможение одного из колёс и режим тяги на другом колесе, создаётся стабилизирующий момент (рис. 16). Данный алгоритм позволит увеличить КПД системы курсовой устойчивости и автомобиля в целом, избежать повышенного износа тормозных колодок, улучшить управляемость автомобиля, его проходимость и активную безопасность. Вместе с тем автомобили с такими системами будут иметь значительное изменение свойств управляемости и устойчивости в зависимости от условий движения, что требует дополнительного изучения влияния указанных изменений на поведение системы «водитель — автомобиль».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Куликов И. А., Селифонов В. В. Математическое моделирование движения автомобиля с гибридной силовой установкой параллельного типа // Труды НАМИ: сб. науч. ст. — М., 2009. — № 242. — С. 67–85.
2. Бахмутов С. В., Круташов А. В., Маликов О. В. Расширение функциональных возможностей — необходимый шаг в развитии конструкций гибридных автомобилей // Журнал автомобильных инженеров. — 2012. — № 6 (77). — С. 43–46.
3. Круташов А. В. Дифференциал повышенного трения плюс ПБС. Энергетическая эффективность распределения мощности // Автомобильная промышленность. — 2011. — № 1. — С. 11–13.