

**Интеллектуальные САБ:  
состояние и перспективы**

Слабко Ю. И., Фурунжиев Р. И.

Белорусский национальный технический университет

***1. Введение***

Для повышения безопасности движения транспортных средств (ТС) при различных погодных условиях, на дорогах с различным типом микропрофиля, при различных коэффициентах сцепления, внезапных изменениях дорожной ситуации, а так же действий водителя служат системы активной безопасности (САБ) ТС.

САБ представляют собой системы, оснащенные устройствами управления с обратной связью, и работающие совместно с антиблокировочной системой (АБС) и/или противобуксовочной системой (ПБС).

Задачей САБ (такой как АБС и ПБС) является поддержание тормозящего или ведущего колес в режиме оптимального относительного скольжения, при котором продольный коэффициент сцепления шины с опорной поверхностью находится в наиболее благоприятном диапазоне. Данная задача состоит из двух этапов:

- идентификации момента наступления события, приводящего к проскальзыванию или блокированию опорного элемента;
- определения управляющих воздействий на исполнительные механизмы с целью обеспечения проскальзывания/блокирования колес в допустимом диапазоне не зависимо от состояния внешней среды или действия водителя.

Для решения данной задачи САБ включают:

- датчики (сил/моментов, угловых скоростей колес, замедления корпуса машины, поворота рулевого колеса, абсолютного вращения автомобиля и т.д.);
- блок управления, получающий информацию от датчиков, обрабатывающий ее и подающий команду на исполнительные механизмы;

- исполнительные механизмы (в АБС, ESP - модуляторы давления рабочего тела тормозной системы, в ПБС - устройства, воздействующие на подачу топлива, зажигание, тормозную систему и др.).

### **Основные процессы управления с обратной связью АБС**

При первоначальном торможении давление в приводе возрастает; величина скольжения колеса в пятне контакта с дорогой увеличивается и достигается граница устойчивого и неустойчивого диапазонов качения колес. Начиная с этого момента, любое дальнейшее увеличение давления в приводе или тормозного момента не вызывает какого-либо дальнейшего повышения величины тормозной силы ( $F_T$ ). В устойчивом диапазоне скольжение колеса является скорее деформационным скольжением, оно имеет возрастающую тенденцию в неустойчивом диапазоне.

Если в движении одного из колес появляются признаки блокировки, то резко возрастают замедление вращения колеса и его скольжение. Если они превышают критические значения, то блок управления посылает сигналы к соленоидному распределительному клапану для прекращения роста или уменьшения давления в тормозном механизме до прекращения опасности блокировки. Затем давление должно быть восстановлено для предотвращения недотормаживания колеса. Во время автоматического управления торможением необходимо постоянно определять диапазоны устойчивого и неустойчивого качения колес и модулировать тормозное давление, создавая максимальное тормозное усилие.

При разработке системы ABS принимают во внимание следующее: варианты сцепления между шиной и дорогой; неровности дорожного покрытия, вызывающие колебания колес и осей; тормозной гистерезис; изменения давления в главном тормозном цилиндре при воздействии водителя на педаль тормоза; изменения радиуса колеса, например, при установке запасного колеса.

Критерии качества управления: поддержание курсовой устойчивости во время управления автомобилем путем обеспечения достаточной величины поперечной силы сцепления на задних колесах; поддержание управляемости автомобиля

путем обеспечения достаточной поперечной силы сцепления на передних колесах; уменьшение остановочного пути по сравнению с торможением с заблокированными колесами; быстрое изменение тормозных моментов для различных коэффициентов сцепления, например, когда автомобиль движется через небольшие участки льда на дорожном покрытии; контроль низких амплитуд изменения тормозного момента в целях предупреждения вибраций в зубчатых передачах; высокий уровень комфорта движения. в результате незначительного влияния обратной связи на педаль тормоза и применения бесшумных исполнительных механизмов.

Однако в САБ, основанных на классическом кинематическом принципе, есть трудности с идентификацией кривой зависимости коэффициента сцепления – скольжения и определения точной линейной скорости. Этот фактор во многом определяет рабочий диапазон скоростей движения ТС. Хотя с другой стороны с каждым годом происходит совершенствование технической реализации, увеличение быстродействия исполнительных механизмов, повышение точности измерения угловой скорости вращения, оптимизации алгоритмов идентификации, что в целом приводит к улучшению качества работы. При этом используются сложные алгоритмы идентификации, при проектировании которых используется дорогостоящее оборудование. Сложность современных САБ обуславливает ее высокую стоимость. Она может составлять до 5...10 % стоимости самого автомобиля в зависимости от его класса, например 1000 евро за установку электронной программы стабилизации (ESP) даже европейцам дорого. Экономический аспект является одним из основных аспектов, определяющих темпы внедрения САБ. Поэтому актуальным является создание САБ на новых принципах функционирования.

Нами предложена САБ и новый подход по идентификации события, приводящего к блокированию/проскальзыванию шины относительно опорной поверхности, основанный на силовом принципе. Данный подход состоит в измерении датчиками сил первой производной фактического тормозного момента в контакте “колесо-опорная поверхность”.

На основании измеренных данных фактического тормозного момента  $M_f$  и производной фактического тормозного момента

$\dot{M}_f$  от датчиков, когда в произвольные моменты времени  $t_i$  тормозное давление в рабочем цилиндре  $p(t_i) > 0$  и  $\dot{p}(t_i) \geq 0$  (что соответствует нажатию, удерживанию водителем педали тормоза или усилением нажатия на педаль) наблюдаемая производная фактического тормозного момента  $\dot{M}_f$  падает до нуля, то в последующий момент времени  $t_{i+1}$ , когда  $\dot{M}_f < 0$ , наступает блокирование колеса. Данный момент служит сигналом к управлению исполнительными механизмами.

Предложенный подход позволяет проектировать САБ, базирующуюся на новом физическом принципе, обрабатывающую данные с датчиков сил/моментов и производных сил/моментов, позволяющую определять момент наступления проскальзывания / блокирования при движении мобильной машины в любых погодных условиях, при различном состоянии дорожного полотна и действии водителя, не прибегая к сложным алгоритмам идентификации и дорогостоящему оборудованию.

### Литература

1. Автомобильный справочник BOSCH. Первое русское издание. – М.: Издательство «За рулем», 2002.
2. Нефедьев, Я. Н. Конструкции и характеристики электронных антиблокировочных систем зарубежных фирм. Обзорная информация / Я. Н. Нефедьев. – М.: Научно-исследовательский институт информации автомобильной промышленности, 1978.
3. Pat. USA 5,135,290 Aug.4, 1992 and DE-OS 35 35 843. Cao Chi-Thuan, An Automatic Control System for Antilocking and Antiskid Applications.