

СИСТЕМА АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В реальных условиях эксплуатации автотранспортного средства (АТС) для обеспечения высокого уровня активной безопасности требуется постоянный контроль информации о параметрах движения. На основе полученной информации необходимо достоверное распознавание условий движения, в соответствии с которыми важно производить корректировку или оставлять без изменения параметры движения АТС. С учётом высокой динамики движения выполнение описанных операций возможно лишь на основе автоматического регулирования движения колес автомобиля. Поэтому в последние годы и создаются различного рода автоматические устройства, объединенные общим названием «системы активной безопасности» (САБ).

Достижения ведущих автомобильных фирм Западной Европы в деле разработки САБ показали несомненную перспективность и преимущество таких систем. В настоящее время достаточно широкая гамма АТС в законодательном порядке оснащается антиблокировочными системами (ABS). Темпы развития таких систем показывают, что в скором времени ими будут оснащаться все транспортные средства и их составы. Отечественные производители автомобильной техники также приводят конструкции в соответствии с международными нормами. Поэтому производителям автомобильной техники приходится устанавливать САБ, предлагаемые фирмами, специализирующимися на их производстве, или заниматься разработкой собственных систем. Установка САБ, производимых ведущими зарубежными фирмами, несомненно, отразится на высокой себестоимости отечественной продукции. Кроме того, потребителю этой продукции необходимо будет повышать затраты на проведение технического обслуживания.



А. ЛЕЩИНСКИЙ

Разработка собственных САБ требует не слепого копирования аналогов, а правильного, соответствующего компоновочным и конструктивным параметрам автомобиля выбора структуры управления. Широкая гамма выпускаемого автомобильного и городского транспорта в Республике Беларусь требует соответствующей разработки САБ для их оснащения. С этой целью ведутся научно-исследовательские работы в области автоматического регулирования режимов движения АТС.

Характер движения транспортного средства во многом зависит от физико-механических процессов, протекающих в зоне контакта колеса с дорогой. Качественное и количественное изменение этих процессов принято характеризовать зависимостью коэффициента сцепления колеса μ (как в продольном, так и в поперечном направлениях) от коэффициента относительного скольжения s . На основании анализа исследований, проведённых в работе [1] для различных типов шин, а также с учётом нагрузочных, скоростных, температурных параметров и бокового увода, на рис.1 приведен характерный вид $\mu(s)$ -зависимости. Кроме этого, с учётом характерного экстремума $\mu(s)$ -зависимости условно делится на три основные области: I-область устойчивого качения колеса («доэкстремальная» область), II-область максимального использования сцепных свойств колеса с дорогой («экстремальная» область), III-область неустойчивого качения колеса («постэкстремальная» область).

При служебном торможении качение колеса описывается преимущественно устойчивой областью с частичным переходом в область максимального использования сцепных свойств колеса с дорогой. При экстренном (аварийном) торможении параметры движения колеса с максимальной интенсивностью для данных условий сцепления достигают неустойчивой области. Затем эти параметры принимают значения, соответствующие полному скольжению (блокированию) колеса при $s=100\%$. Задача существующих на сегодняшний день ABS заключается в недопустимости движения колеса в неустойчивой области и поддержании условий движения в области максимального использования сцепных свойств колеса с дорогой. С этой целью усовершенствование ABS идёт по пути расширения и улучшения сенсорной базы с одновременным перестроением работы алгоритма. Однако перестроение работы алгоритма направлено на дополнение его функциональной части и сужение диапазона области с максимальным коэффициентом сцепления μ_x .

На качество регулирования относительного скольжения колеса влияют не только динамические характеристики элементов автоматических систем и исполнительных механизмов. В большей степени качество регулирования относительного скольжения колеса зависит от полноты информационного обеспечения и алгоритма функционирования. Последний является основой автоматических систем. Задача алгоритма заключается в достоверном распознавании критических эксплуа-

тационных ситуаций на основе рассчитанных текущих значений параметров движения колеса, затем выборе приоритетных параметров и поддержании их в требуемом диапазоне значений. Основную проблему при построении алгоритма функционирования составляет обеспечение способности его динамической адаптации к текущим условиям эксплуатации.

Алгоритмы большинства интегрированных систем активной безопасности функционируют согласно классической схеме. В этом случае активизация функций ABS происходит в момент достижения параметрами движения колеса диапазона, соответствующего максимальному значению продольного коэффициента сцепления колеса с дорогой (максимум области II). Учитывая, с одной стороны инерционность пневматической части тормозного привода, гистерезис

осей и бортам транспортного средства. Неравномерность осевых и бортовых тормозных моментов является причиной формирования момента боковых сил, стремящегося повернуть транспортное средство вокруг вертикальной оси, проходящей через центр масс. В большинстве случаев момент боковых сил является основным импульсным воздействием, изменяющим траекторию движения транспортного средства при торможении.

Достаточная величина боковой реакции на колесе, обеспечивающая прямолинейное движение, зависит от величины коэффициента сцепления μ_y в боковом направлении (см. рис. 1) и боковой эластичности шины. Как видно из рис. 1, при торможении коэффициент сцепления в продольном направлении μ_x стремится к максимуму (в начальный момент) после чего (в большинстве случаев)

ласть. Отсюда вытекает ещё одна проблема безопасности процесса торможения - обеспечение наряду с высокой эффективностью достаточной устойчивости АТС.

Частными случаями данной проблемы являются условия, когда необходимо обеспечить приоритет одного из этих показателей. Например, при торможении в условиях с низкими сцепными свойствами колеса с дорогой очевидным будет обеспечение приоритета устойчивости по отношению к эффективности (поскольку торможение без сохранения устойчивости в данных условиях опаснее, чем, если бы водитель имел возможность корректировать траекторию АТС даже за счёт увеличения тормозного пути). Торможение на дорогах с высокими сцепными свойствами также является очень опасным, так как в этих условиях возможна реализация максимальной скорости АТС. И в этом случае необходимо предусматривать определённый запас по устойчивости, когда водителю потребуется изменить траекторию движения.

С развитием электронно-вычислительной техники, а также усовершенствованием пневматических тормозных приводов и тормозных механизмов (в направлении повышения их быстродействия), появилась возможность с большей эффективностью использовать «экстремальное регулирование» [2]. То есть такое регулирование, когда сцепные свойства колеса с дорогой поддерживаются в области максимальных значений. Проведенный анализ способов регулирования на основе автоматических экстремальных систем показал, что такие системы способны поддерживать максимальные значения параметров регулирования в узком диапазоне. Однако, вследствие вышеуказанных причин происходит искажение результатов экстремального регулирования. Это проявляется в том, что попытки поддержания параметров движения колеса с максимальными сцепными свойствами приводят к постоян-

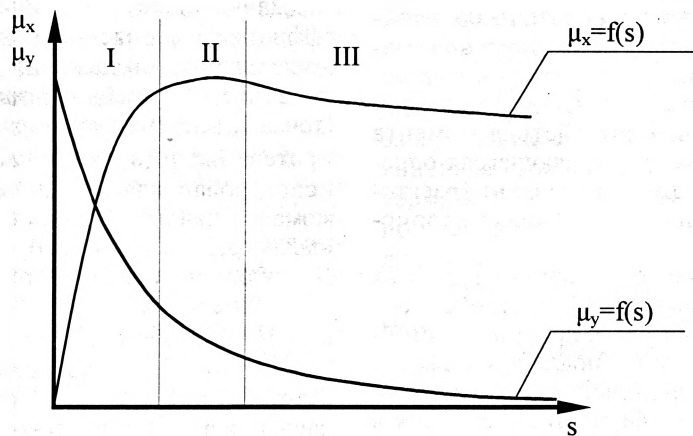


Рис. 1. Диаграмма зависимости коэффициента сцепления μ_x в продольном направлении и μ_y – в боковом от относительного скольжения колеса s .

тормозного механизма и динамичность процесса торможения (особенно в условиях с низким коэффициентом сцепления), с другой — параметры движения колеса достигают значений характеризующих его неустойчивое движение (область III). Кроме этого, в процессе антиблокировочного регулирования появляется неравномерность нарастания тормозных моментов по

медленно уменьшается, а коэффициент μ_y – к нулю. А так как коэффициент μ_x определяет эффективность торможения, а коэффициент μ_y определяет курсовую устойчивость транспортного средства, то с повышением эффективности торможения снижается устойчивость транспортного средства. В связи с этим необходимо исключить переход параметров движения колеса в неустойчивую об-

ному изменению условий движения колеса между устойчивой и неустойчивой областью.

Другими словами, автоматическая часть системы в состоянии отслеживать динамику процессов, происходящих в зоне контакта колеса с дорогой, и с соответствующей частотой выдавать команды для поддержания требуемых параметров движения колеса. Однако исполнительные элементы (пневматическая часть тормозного привода и тормозной механизм) из-за своей инерционности не в состоянии работать с высокой частотой. В результате чего процесс поддержания максимальных сцепных свойств колеса с дорогой выполняется с запаздыванием, что и является основной причиной неустойчивого режима движения колеса. Кроме этого, в подобных условиях движения колеса практически отсутствует запас по коэффициенту сцепления в боковом направлении μ_y , являющегося основным показателем сопротивления моменту боковых сил.

Для исключения неустойчивости движения колеса необходимо настроить работу алгоритма на активизирование функции ABS в области оптимального относительного скольжения, принимая его минимальные значения (область I, рис.1). В этом случае колесо не будет склонно к блокированию, особенно на дорогах с низким коэффициентом сцепления, поскольку остаётся запас по относительному скольжению. Очевидным будет увеличение запаса и по коэффициенту сцепления в боковом направлении μ_y , который позволяет компенсировать значительно большую часть момента боковых сил. Появление этого момента вызвано в первую очередь неравномерностью осевых и бортовых нагрузок на колёса и, как следствие, неравномерностью осевых и бортовых тормозных моментов. Дополнительное влияние на величину момента боковых сил оказывает поперечная жёсткость шины, макро- и микропрофиль дороги, конструктивные параметры автомоби-

ля, метеорологические условия и др. В связи с данным принципом регулирования алгоритм получил название «доэкстремальный» [3, 4, 5]. Основным преимуществом алгоритма являются минимальные затраты по сохранению устойчивости и управляемости автомобиля, так как в этом диапазоне регулирования боковые силы не оказывают критического воздействия. Ещё одним важным преимуществом «доэкстремального» алгоритма является увеличение срока службы автомобильных шин [4]. Очевидно, что чем больше относительное скольжение колеса (при разгоне или торможении), тем больше будет его износ. Это характерно для классических алгоритмов.

Таким образом, на основе выше сказанного для «доэкстремального» алгоритма характерны следующие особенности:

- способность без усложнения аналитической части адаптироваться к резкому изменению коэффициента сцепления, инерционности пневматического контура, гистерезису тормозного механизма;

- значительное снижение негативного воздействия момента боковых сил, являющегося определяющим в изменении траектории движения в процессе торможения;

- при торможении на дорогах с низкими сцепными свойствами обеспечивается приоритет устойчивости по отношению к эффективности за счёт реализации большего коэффициента сцепления в поперечном направлении;

- при торможении на дорогах с высокими сцепными свойствами достигается высокая устойчивость и управляемость с одновременным обеспечением требуемой эффективности (степень использования коэффициента сцепления не менее 80% [4]);

- увеличение срока службы автомобильных шин за счёт поддержания меньших значений относительного скольжения в зоне контакта колеса с дорогой.

Для более чёткого представления «доэкстремального» алгоритма необходимо привести его некоторое математическое описание

на основе зависимости продольного коэффициента сцепления от относительного скольжения колеса (рис.2). Любая точка $\mu(s)$ -зависимости будет описываться отношением производных $d\mu/ds$ т.е. тангенсом угла наклона касательной в данной точке. В связи с характерным видом $\mu(s)$ -зависимости значения отношения $d\mu/ds$ на участке 0-3, уменьшаясь, будут стремиться к нулю, в точке 3 отношение $d\mu/ds$ равно нулю, а на остальном участке до точки 5 эти значения будут отрицательными. Данное свойство $\mu(s)$ -зависимости удобно использовать для выбора пороговых значений регулирования относительного скольжения колеса.

Как видно из рис.2, начальные участки $\mu(s)$ -зависимости характеризуются своей линейностью (участок 0-1). В этом случае значения отношения $d\mu/ds$ принимаются постоянными.

Дальнейшее изменение коэффициента сцепления μ от относительного скольжения s не подчиняется линейному закону (точка 1, рис.2). Такой характер протекания $\mu(s)$ -зависимости использован для определения момента начала регулирования «доэкстремального» алгоритма. Для этого необходимо принять некоторое приращение отношения $d\mu/ds$, при достижении которого автоматическая часть системы выдаёт команду на сброс давления в исполнительном механизме (начало процесса растормаживания). Однако за счет инерционности исполнительской части, особенно пневматического тормозного привода и тормозного механизма, реальное уменьшение тормозного момента на колесе начнется после приближения или достижения коэффициентом сцепления колеса μ максимального значения (точка 3, рис.2). Область точки 3, где $d\mu/ds=0$, служит дополнительным условием сброса давления в тормозном приводе.

В результате падения тормозного момента начнется уменьшение коэффициента сцеп-

ления μ , но, в отличие от классических АБС, его изменение происходит по левой ветви $\mu(s)$ -зависимости (от точки 3 к точке 2, рис.2). На данном этапе регулирования очень важным является не допустить излишнего разгона (растормаживания) колеса, т.

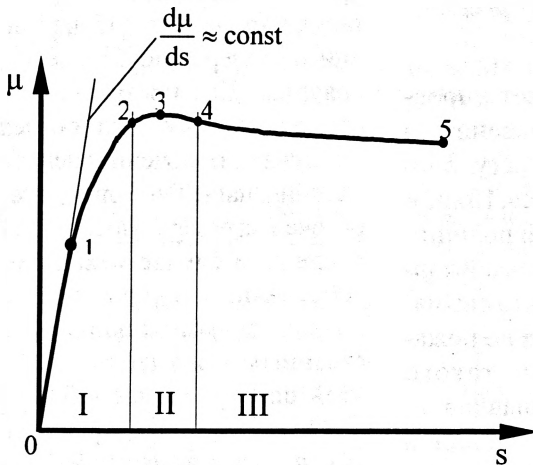


Рис.2. Характерный вид $\mu(s)$ -зависимости

е. необходимо ещё одно условие, выполнение которого приведёт к подаче команды на повышение давления в исполнительном механизме (начало очередного цикла торможения). С этой целью используется экстремум $\mu(s)$ -зависимости (точка 3), где $d\mu/ds=0$. И в качестве данного условия выбирается некоторое приращение отношения $d\mu/ds$, отличное от нуля. Здесь важно отметить, что для адаптации процесса регулирования необходимо корректировать пороговые значения условий сброса/повышения давления с учётом других параметров регулирования.

Таким образом, использование в логике работы АБС автомобиля «доэкстремального» алгоритма функционирования означает, что критическое влияние боковых сил на курсовую устойчивость в процессе торможения, характерное для неустойчивой области движения колеса, будет значительно меньше. В связи с этим повышается устойчивость и управляемость автомобиля при торможении. Для большегрузных автомобилей и их составов с пневматической тормозной системой алгоритм способен обеспечивать требуемую эффективность торможения с учетом задержек исполнительных устройств. Кроме этого, алгоритм адаптирован к изменениям кинематических и силовых характеристик

колеса в процессе торможения, поскольку параметрами регулирования служат производная $d\mu/ds$ и ее знак, а также замедление колеса, линейная скорость автомобиля и тормозной момент. Возможность получения всех параметров регулирования имеется [4].

Использование «доэкстремального» алгоритма позволяет в достаточной степени решить главную проблему адаптации процесса регулирования к динамически изменяющимся физико-механическим процессам в контакте колеса с дорогой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gnadler, R., Unrau, H.-J., Fischlein, H. and Frey, M.: Ermittlung von (-Schlupf-Kurven an Pkw-Reifen. FAT-Schriftenreihe Nr. 119, Frankfurt am Main, 1995.- 169 S.

2. Иванов В.Г., Бутылин В.Г., Лецинский А.И. Перспективный алгоритм АБС // Республиканская научно-техническая конференция «Автомобиль, дорога, безопасность». Минск. 1999. С. 125-127.

3. Лецинский А.И., Бутылин В.Г., Иванов В.Г. Доэкстремальный способ автоматического управления торможением транспортного средства // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-технических наук. 2000. № 1. С. 45-49.

4. Лецинский А.И. Системы активной безопасности большегрузных автомобилей // 21. Międzynarodowe sympozjum naukowe studentów i młodych pracowników nauki. Tom: Mechanika. Zielona Gora. 2000. S. 156-163.



Рисунок О. ПОПОВА.

Ресурсосбережение

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ ПРИНОСИТ ПРИБЫЛЬ

Республика Кипр удостоена специальной медали выставки «Экспо-2000» в Ганновере, за успешное осуществление в стране программы по эффективному использованию солнечной энергии.

Практическое использование солнечной энергии для обогрева воды и выработки электроэнергии началось на Кипре еще с 1960 года, когда здесь впервые приступили к

производству солнечных батарей в качестве альтернативного источника энергии.

С тех пор эта отрасль получила широкое развитие, модернизирована, и сейчас 92 процента киприотов используют солнечную энергию для обогрева воды в своих домах, этой же системой обогрева пользуются 45 процентов гостиниц страны. На се-

годняшний день Кипр занимает первое место в мире по использованию солнечных батарей для бытовых нужд на душу населения.

Как свидетельствует статистика, за счет солнечных батарей, установленных, как правило, на крышах домов, киприоты уже сэкономили примерно 19 млн. долларов.

«7 дней»