

УДК 629.113

А.С. МЕЛЬНИКОВ, канд. техн. наук; И.С. САЗОНОВ, В.А. КИМ, доктора техн. наук
Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Республика Беларусь

В.И. ВАСИЛЕВСКИЙ, канд. техн. наук
ОАО «Могилевоблавтогранс», Республика Беларусь

УПРАВЛЕНИЕ ТОРМОЖЕНИЕМ МОТОЦИКЛА

Проведен анализ систем регулирования движения мобильных машин и их источников информации. В работе изложен алгоритм системы управления торможением двухколесного мототранспортного средства, основанного на измерении и анализе силовых факторов в контакте его колес с опорной поверхностью и фактически реализуемых колесами, формируемых водителем тормозных моментов.

Ключевые слова: торможение, управление, источники, информация, регулирование, алгоритм, система, устойчивость, безопасность

По данным Всемирной организации здравоохранения 40 % жертв дорожно-транспортных происшествий (ДТП) — это велосипедисты и мотоциклисты. Например, в Великобритании за год погибает около 400 мотоциклистов, и 6 000 получают травмы [1]. Типичной причиной ДТП двухколесных мототранспортных средств является заваливание мотоциклов набок в результате превышения скоростного режима на поворотах, либо блокировка их колес при торможении, вызывающих боковое скольжение колес, влекущих потерю устойчивости мотоцикла [2].

В настоящее время устойчивость движения и эффективность торможения колесных машин обеспечивается системами регулирования динамики движения мобильных машин (СРДД, международное обозначение — VDC), системой BAS (Brake Assist), ESP (Electronic Stability Program), производимые известными фирмами «Wabco», «Bosch», «Lucas», «Girling», «Bendix», «Dana» и рядом других фирм. Главной задачей всех систем активной безопасности (САБ) является обеспечение управляемости и устойчивости движения мобильных машин в любых режимах их движения [3–9].

Для формирования сигналов управления движением колесных машин современные системы активной безопасности осуществляют измерение кинематических параметров вращения колес, остова машин, углов поворота управляемых колес и т. п. На основе данных параметров алгоритмы систем управления производят расчеты по определению коэффициентов относительного скольжения или сил в контакте колес с опорной поверхностью [6–9] с целью определения состояния сцепления колес с опорной поверхностью.

Алгоритм формирования сигналов управления, основанный на измерении и анализе кинематических параметров несовершенен потому, что он осуществляет косвенный способ определения сил в контакте колес с опорной поверхностью. Многие алгоритмы систем активной безопасности колесных машин (АБС/ПБС), основанные на измерении и анализе кинематических параметров, с целью упрощения расчетов, осуществляют формирование сигналов управления на основе косвенных методов расчета максимальных значений касательных сил (тяговая, тормозная) в контакте колес путем установления относительных скольжений контактов колес или их буксования (20–22 %) [7–10]. Таким образом, использование кинематических параметров для установления силовых фак-

торов в контакте колес с опорной поверхностью представляет собой способ косвенной оценки сил, реализуемых колесами машины с опорной поверхностью.

Наиболее серьезный недостаток датчиков кинематических параметров заключается в том, что поступающая информация не позволяет производить точные расчеты по определению силовых факторов в контакте колеса с опорной поверхностью или косвенных параметров, например коэффициентов сцепления колес с опорной поверхностью для идентификации опорной поверхности.

Новый принцип формирования сигналов управления тормозными механизмами мотоциклов основан на измерении и анализе боковых сил, возникающих в контакте колес с опорной поверхностью и фактически реализуемых колесами тормозных моментов, формируемых водителем [4, 6, 8, 9].

Алгоритм работы системы активной безопасности, функционирующий на основе измерения и анализа боковых сил, возникающих в контакте колес с опорной поверхностью, представлен на рисунке 1.

Принципиальной особенностью алгоритма управления торможением мотоцикла на силовом анализе является то, что в основу формирования сигналов управления положен принцип идентификации отрицательных знаков производных от силовых факторов, характеризующих скольжение контактов колес машины относительно опорной поверхности.

Кроме того, система управления торможением на силовом анализе осуществляет управление путем определения сил прижатия тормозных колодок к тормозному диску — Q , скорости движения машины — V , частоты вращения колеса — ω_k , боковых сил — R_1 , R_2 , действующих на колеса, фактически реализуемых колесами тормозных моментов — $M_{\text{фн}}$. При обнаружении вращения колес — ω_k и линейной скорости движения машины — V система управления анализирует величину силы прижатия тормозных колодок — Q к тормозному диску. При идентификации усилия прижатия тормозных колодок к тормозному диску — Q осуществляется анализ боковых сил воспринимаемых правым — R_1 и левым — R_2 устройствами. При неравенстве значений сил, действующих на правое и левое устройство, осуществляется анализ их производных, dR_i/dt . При обнаружении отрицательных знаков производных от боковых сил система формирует сигнал управления на растормаживание колес.

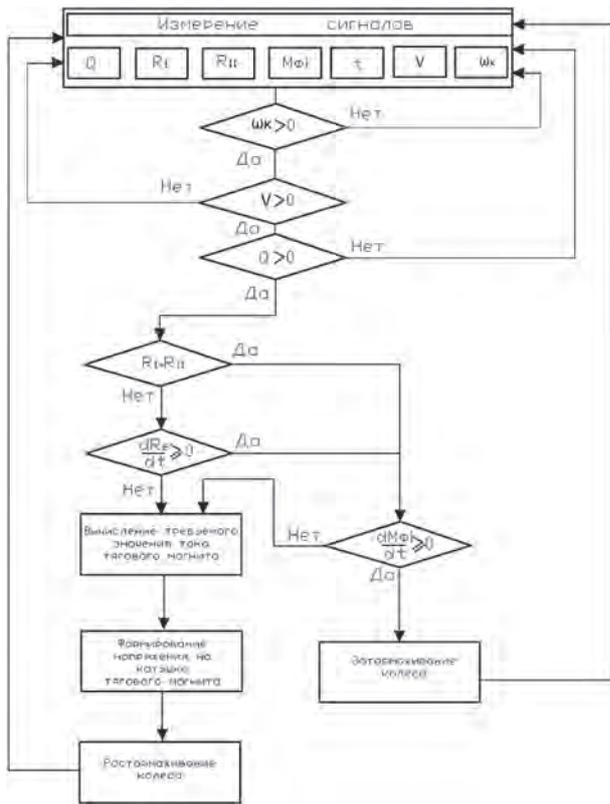


Рисунок 1 — Алгоритм системы активной безопасности двухколесного мототранспортного средства на основе анализа силовых факторов

При положительных знаках производных от боковых сил dR_{ϕ}/dt осуществляется анализ знаков производных от тормозных моментов по времени $dM_{\phi i}/dt$. При отрицательном знаке производных от тормозных моментов подается команда на растормаживание колес. Таким образом, алгоритм осуществляет управление на основе анализа знаков производных от боковых сил по времени, возникающих в контакте колес с опорной поверхностью и фактически реализуемых колесами тормозных моментов, что позволяет обеспечить устойчивость движения и повысить эффективность торможения двухколесного мототранспортного средства за счет максимального использования условий сцепления колес.

Структурная схема устройства, с помощью которого реализуется алгоритм работы системы активной безопасности, двухколесного мототранспортного средства представлена на рисунке 2. Измерение боковых сил осуществляется с помощью силового датчика левого (СДЛ), и силового датчиков правого (СДП) (не показан на рисунке 2) установленных в левой и правой трубах вилки переднего колеса, выдающих электрические сигналы, пропорциональные боковым реакциям. Электронный блок обработки информации (ЭБО) формирует сигнал управления торможением.

Электрические сигналы пропорциональные боковым силам, а также информация от датчика тормозного момента (ДМ), размещенного в тормозном механизме, поступают на вход многоканального преобразователя (АЦП), затем в микропроцессорный блок обработки (МБО).

Микропроцессорный блок обработки (МБО) производит постоянный контроль фактического значения сил, действующих на колеса, и сравнивает их с пороговыми

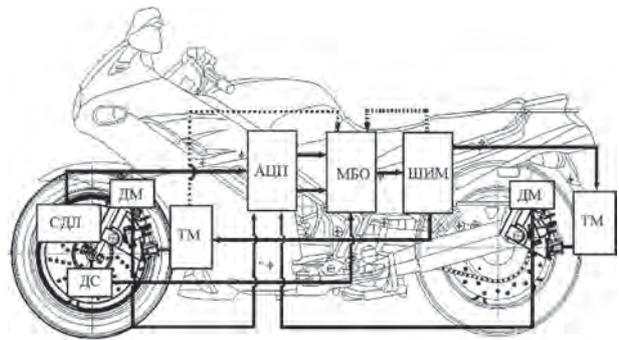


Рисунок 2 — Структурная схема устройства управления мотоциклом в процессе торможения

значениями. В случае возникновения опасности бокового скольжения мотоцикла алгоритм МБО осуществляет расчет требуемого значения усилия тягового магнита (ТМ) и выдает сигнал на широтно-импульсный модулятор (ШИМ), который формирует соответствующее напряжение на катушке ТМ. Усилие, создаваемое магнитом через механическую передачу, воздействует на тормозные колодки, что приводит к растормаживанию колеса и снижает вероятность заноса мотоцикла. С целью повышения точности и надежности регулирования в устройстве реализованы схемы стабилизации тока и усилия ТМ с обратной связью (см. рисунок 2).

На рисунке 3 представлен двухколесный мотоцикл производства СЗАО «Мотовело» оснащенный разработанной системой активной безопасности.

Из рисунка 4 видно, что при максимальном значении боковой реакции колеса не происходит блокировка колес. Это означает, что при блокировке колеса значение коэффициента сцепления колеса не достигает минимума. В то же время алгоритмы современных систем АБС формируют сигнал управления при обнаружении блокировки колеса, и тем самым



Рисунок 3 — Двухколесный мотоцикл производства СЗАО «Мотовело», оснащенный системой активной безопасности на силовом анализе: 1 — опорный узел передней вилки с силоизмерительным датчиком (левым) боковых сил; 2 — датчик фактически реализуемого тормозного момента переднего дискового тормоза; 3 — дисковый тормозной механизм переднего колеса; 4 — тяговый электромагнит переднего дискового тормоза; 5 — электронный блок обработки информации; 6 — датчик фактически реализуемого тормозного момента заднего дискового тормоза; 7 — тяговый электромагнит заднего дискового тормоза; 8 — дисковый тормозной механизм заднего колеса



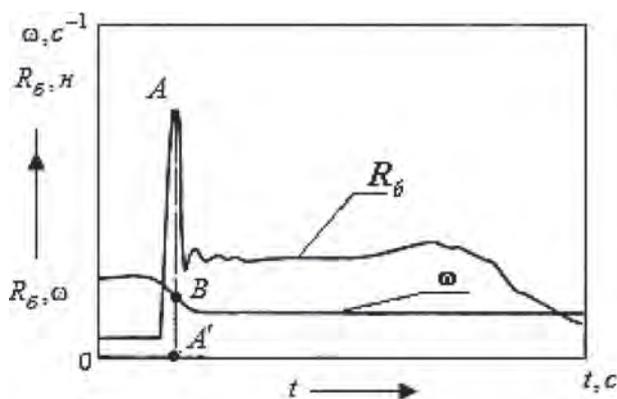


Рисунок 4 — Изменение боковой реакции переднего колеса мотоцикла R_δ и угловой скорости его вращения ω при экстренном торможении мотоцикла по криволинейной траектории с начальной скоростью торможения 40 км/ч по опорной поверхности — сухой асфальт

могут снизить эффективность торможения колесной машины [4].

Для проверки эффективности алгоритма управления торможением мотоцикла на основе измерения и анализа, производных от боковых сил, действующих на колеса мотоцикла, были проведены испытания электронного блока управления, формирующего сигнал управления при отрицательных знаках производных боковых сил, действующих на колеса.

Из рисунка 5 видно, что эффективность регулирования торможения колеса по боковой силе выше, чем регулирование по тормозному моменту.

В совокупности предлагаемая методика создания систем активной безопасности мотоциклов на силовом анализе позволит создать эффективные системы активной безопасности двухколесных мототранспортных средств, и тем самым уменьшить число ДТП с участием мотоциклов.

Выводы. 1. Создание систем управления торможением мотоциклов на основе измерения и анализа боковых реакций колес существенно повысит устойчивость, управляемость мотоциклов за счет максимального использования коэффициентов сцеплений колес с опорной поверхностью, а, следовательно, их безопасность.

2. Информация о тормозных моментах и боковых силах, действующих на колеса мотоцикла, могут быть использованы для создания новых бортовых систем диагностики тормозной системы, синхронности срабатывания тормозов и мониторинга процесса торможения мотоциклов, оценки качества функционирования систем ABS, ESP и других современных систем управления.

3. Информацию о силах можно использовать для создания новых противобуксовочных систем мотоциклов.

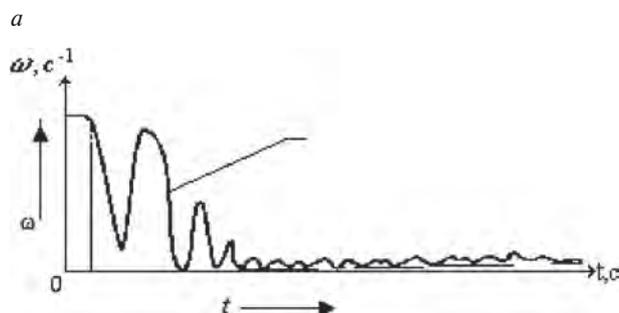
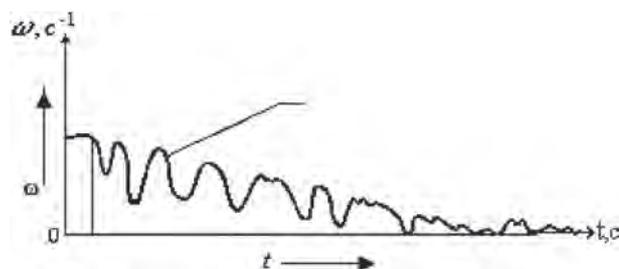


Рисунок 5 — Регулирование процесса торможения переднего колеса мотоцикла на основе измерения и анализа тормозного момента и боковой реакции (скорость начала торможения 40 км/ч, мокрый асфальт): а — регулирование по тормозному моменту; б — регулирование по боковой реакции колеса

Список литературы

1. Mode of access: <http://centr.minsk.gov.by/zakonnost-i-pravoporyadok/ruvd/ne-letajte-bystrye-svoego-angela-khranitelnya>.
2. Mode of access: <http://mink-scooter.by/statistika-moto-avarij>.
3. Автомобильный справочник = Bosch. Automotive handbook / перевод с английского [Г.С. Дугина]. — Москва: За рулем, 2002. — 895 р.
4. Способ управления антиблокировочной системой торможения транспортного средства: Евразийский патент № 017953 РБ ВУ С1 : МПК В 60 Т 8/52 F 16 D 55/22 / И.С. Сазонов, В.А. Ким, В.А. Ким, Ф.А. Ким, Р.М. Андреев, В.Т. Минченя, Г.В. Бочкарев, А.С. Мельников. Бел.-Рос. ун-т. — № а 201001250. — заявл. 06.07.2010; опублик. 30.04.13 // Афіц. бюлетень / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. — № 2. — С. 144.
5. Схемотехническая реализация датчиков измерения боковых реакций на колеса мотоцикла / А.С. Мельников [и др.] // Вестн. Белорусско-Российского ун-та. — 2014. — № 3. — С. 44–55.
6. Динамика колесных машин / И.С. Сазонов [и др.]. — Могилев: Белорусско-Российский университет, 2006. — 461 с.
7. Ким, В.А. Методология создания адаптивных САБ АТС на основе силового анализа: Монография / В.А. Ким. — Могилев: Белорусско-Российский университет, 2003. — 346 с.
8. Тормозные системы колесных машин / И.С. Сазонов [и др.]; под общ. ред. И.С. Сазонова. — Могилев: Белорусско-Российский университет, 2011. — 351 с.
9. Алгоритм системы активной безопасности двухколесной мобильной машины / А.С. Мельников [и др.] // Вестн. Белорусско-Российского ун-та. — 2012. — № 4. — С. 40–49.
10. Anti-lock Brake Control System: пат. 4.822.113 США: МКИ В 60 Т 8/58 / А. Kade, Н.Г. Hopkins, М.А. Salman (США); BOEING. — № 784609; заявлено 14.03.72; опублик. 11.08.74 // Бюл. № 405. — 21с.: ил.

Melnikov A.S., Sazonov I.S., Kim V.A., Vasilevski V.I.
Motorcycle braking control

Systems of control of mobile machine movement and sources of information are analyzed. The developed system of regulation of two-wheeled motor vehicle movement during braking, which operates on the basis of the analysis of forces in contact of the wheel with the bearing surface, is described.

Поступил в редакцию 07.07.2015.

