

УДК 629.113

СТЕНДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ТОРМОЗОВ АВТОМОБИЛЯ И ЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЛЯ ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ С АБС

В. В. Бернацкий, к. т. н., доц. / А. Ф. Майоров, доц.

Московский Государственный Машиностроительный Университет (МАМИ)

Основной задачей тормозной системы автомобиля является снижение до минимума тормозного пути и сохранение устойчивости и управляемости автотранспортного средства (АТС).

Максимальная нагрузка на систему происходит в режиме экстренного торможения. Идеальное торможение возможно лишь тогда, когда полностью используются силы сцепления колёс с дорогой, но без блокировки колёс.

Первым помощником водителя при торможении стал регулятор, распределяющий давление в тормозных контурах передних и задних колёс. Основным фактором, обуславливающим необходимость регулировать величину тормозных моментов, является широкое варьирование коэффициента сцепления шин с дорогой.

Использование регуляторов тормозных сил существенно повышает эффективность экстренного торможения автомобиля. Однако рабочие характеристики как статических, так и динамических регуляторов ещё пока далеки от оптимальных. В результате происходит неполное использование сил сцепления, блокировка колёс и, как следствие, снижение продольного сцепления шин с полотном дороги (особенно значительное на скользких дорогах) и падение способности воспринимать боковые силы.

При этом снижение коэффициента сцепления φ_x вызывает увеличение длины тормозного пути, а потеря способности к восприятию поперечных реакций — потерю управляемости автомобиля (при юзе передних колёс) или занос (при юзе задних колёс).

Снижение φ_x при переходе колёс в юз объясняется изменением характера взаимодействия шин с опорной поверхностью. На сухих асфальтобетонных дорогах снижение сил сцепления относительно мало,

но на скользких дорогах падение φ_x может достигать 50 % по сравнению с реализуемым при оптимальном режиме проскальзывания колёс, что подтверждается диаграммой $\varphi_x - S$ тормозящего колеса (рис. 1).

Это дало толчок к разработке и практическому применению таких регуляторов, которые предохраняют колёса от блокировки и поддерживают давление в приводе, обеспечивающее 15–30%-е проскальзывание колёс. Такие автоматические регуляторы получили название антиблокировочных систем (АБС).

АБС могут быть реализованы на различных элементных базах и выполнены по существенно отличающимся друг от друга принципиальным схемам. Вместе с тем общность задач и объекта регулирования обуславливает наличие в рассматриваемой системе

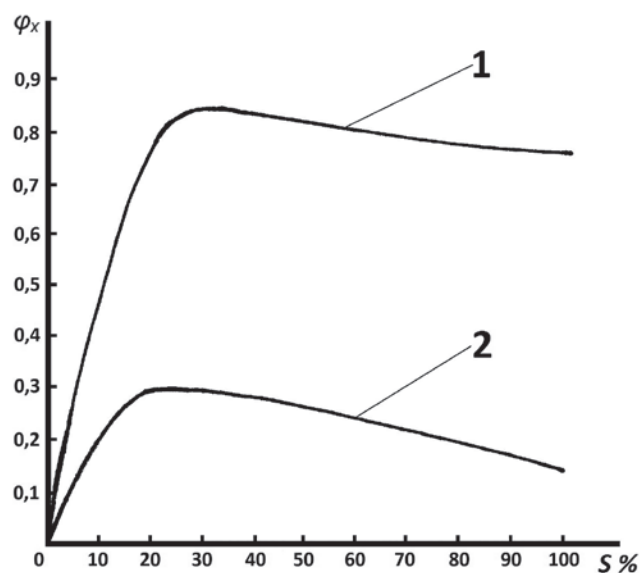


Рисунок 1. Диаграмма $\varphi_x - S$ тормозящего колеса: 1 — покрытие типа «сухой асфальт»; 2 — обледенелое покрытие

функциональных структур и узлов, служащих аналогичным целям. К таким структурам, прежде всего, относятся исполнительный механизм с приводом, осуществляющий непосредственное регулирование тормозного момента, датчики состояния функциональных систем автомобиля, контролирующие изменение того или иного параметра, и блок управления на основе поступающей информации.

В этой связи особую актуальность приобретает необходимость диагностирования тормозных систем с АБС. Существующие системы самодиагностирования на автомобиле, выводящие сигнал о неисправностях на панель приборов, а также специальные тестеры-сканеры позволяют контролировать в основном электрические блоки, но необходимо также тестировать исполнительные механизмы с приводом [1]. Особое значение имеет возможность оценить работу тормозной системы в целом на покрытиях с разными коэффициентами сцепления φ_x .

Методы и средства диагностирования тормозных систем разрабатываются применительно к диагностическим параметрам и требованиям технологических процессов технического обслуживания и ремонта автомобиля. Соответственно этому существуют средства для общего диагностирования тормозов в дорожных условиях, для общего стационарного диагностирования перед обслуживанием или ремонтом, для поэлементного диагностирования в процессе технического обслуживания и ремонта или же после их выполнения.

Все стенды технического диагностирования тормозов (СТАТ) подразделяют на две большие группы. Первая, к которой относят основную часть стендов, является более многочисленной. Эта группа СТАТ работает с использованием сил сцепления колеса с опорной поверхностью. В данных стендах реализуемый тормозной момент ограничен силой сцепления колеса с опорной поверхностью стенда, поэтому в большинстве из них невозможно реализовать полный тормозной момент автомобиля. Вторая группа стендов, работающих без использования сил сцепления колеса с опорной поверхностью, конструктивно отличается тем, что тормозной момент передаётся непосредственно через колесо или через ступицу. Эта группа стендов не нашла широкого применения из-за сложности конструкции и нетехнологичности проведения испытаний.

Стенды, в свою очередь, по способу нагружения бывают силовые и инерционные. Силовые стенды первой группы по режиму движения колеса на стенде могут быть с частичным проворачиванием колеса и с полным. Первый режим, как правило, характерен для платформенных стендов, а второй — для всех остальных.

По конструкции опорных устройств стенды подразделяются на площадочные, роликовые и ленточные (первая группа); с вывешиванием осей колёс и без вывешивания (вторая группа).

Диагностирование тормозов при помощи силовых стендов наиболее распространено. Это объясняется большой приспособленностью силовых стендов к поэлементному диагностированию при совмещении диагностических работ с регулировочными, относительно небольшой их стоимостью, малой занимаемой или производственной площадью и экономичным расходом электроэнергии.

Несомненным преимуществом инерционных тормозных стендов является возможность диагностирования тормозов на высоких скоростях движения. Именно этот фактор является основополагающим для испытания тормозных систем с АБС, так как эта система начинает свою работу со скорости примерно в 20... 30 км/ч.

Анализ отечественных и зарубежных исследований показывает, что для оценки эффективности торможения АТС с АБС в большинстве случаев используются традиционные параметры, принятые для обычных систем [2]. Основным документом, регламентирующим тормозные свойства автомобиля с АБС, который часто используется разработчиками отечественных и зарубежных национальных стандартов в качестве исходного, является приложение 13 «Предписания, касающиеся испытаний тормозных систем, оборудованных антиблокировочными устройствами колёс» к Правилам 13 ЕЭК ООН E/ECE/324 — E/ECE/TRANS/505. В нём в качестве критерия эффективности АБС вводится величина реализуемого сцепления E , которая определяется на основе аналитических выражений.

Считается, что антиблокировочная система имеет удовлетворительную эффективность, если выполняется условие $E \geq 0,75$.

Иными словами, этим условием допускается некоторое снижение эффективности торможения автомобиля с АБС по сравнению с торможением юзом на поверхности типа «сухой асфальт», для которой падение коэффициента сцепления при блокировании колёс обычно не превышает 12–15 %. На других типах поверхности при использовании АБС регламентировано сохранение эффективности или даже её повышение, например на мокром грязном асфальте, для которого характерно снижение коэффициента сцепления при блокировании колёс на 40–45 %.

Рассматривая возможность моделирования с помощью управляемого электропривода условий, соответствующих реальному поведению колеса автомобиля на дороге, необходимо обеспечить реализацию различных коэффициентов сцепления колеса.

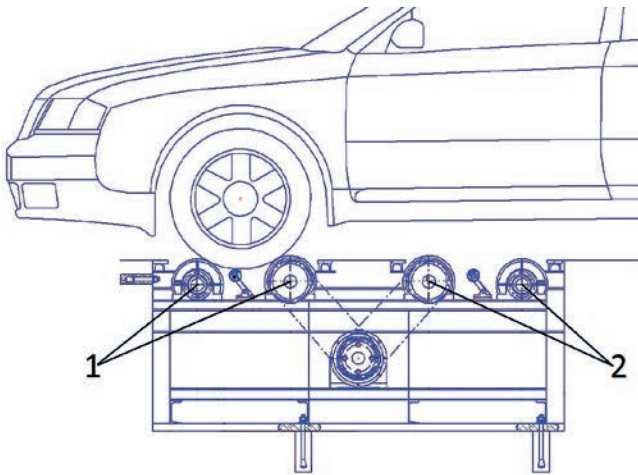


Рисунок 2. Стенд для испытаний тормозной системы с АБС:

1 — имитация покрытия типа «сухой асфальт»; 2 — имитация обледенелого покрытия

На рис. 2 показана схема стенда, позволяющего проводить испытания тормозной системы на поверхности с высоким и низким коэффициентами сцепления. Для этого на стенде нужно иметь дополнительную секцию блока роликов с другим типом покрытия. Для проверки работоспособности тормозной системы, оснащённой АБС, предлагается оценивать зависимость частоты вращения колеса от времени на разных покрытиях при проявлении различных дефектов в АБС.

Исходя из того, что на стенде моделируется торможение на обледенелой дороге, появляется возможность использовать в качестве привода двигателя относительно небольшой мощности. Это существенно удешевляет испытательный стенд. Кроме того, моделирование процесса торможения на скользкой дороге создаёт для АБС тяжёлые режимы функционирования (что как раз и требуется при экспресс-диагностике), поскольку АБС должна преобразовывать высокое давление в системе, вызванное нажатием на тормозную педаль при торможении, в более низкое, соответствующее торможению на обледенелой дороге.

Привод диагностического стенда сконструирован таким образом, чтобы имитировать скольжение между колесом автомобиля и приводящим роликом и тем самым активизировать работу АБС.

Колёса раскручивают до заданной скорости (больше 5 км/ч), производят торможение. В момент торможения система регулирования частоты вращения вала электродвигателя постоянного тока реагирует на изменение нагрузки на приводном валу и стремится поддержать частоту вращения колёс на прежнем уровне. В этом случае момент, действующий со стороны электродвигателя на приводной вал, будет соответствовать тормозному моменту колеса

автомобиля. Определяя вращающий момент, действующий на вал электродвигателя в момент торможения, можно сделать заключение о тормозном моменте, приложенном к колесу автомобиля. К стенду подключается комплект диагностической аппаратуры, позволяющей делать заключения о правильности срабатывания модулятора в момент возникновения скольжения между колесом и приводящим роликом. При этом величина максимального тормозного момента зависит от усилия воздействия водителя на тормозную педаль, следовательно, от давления в тормозном контуре, а полученные значения момента в диапазоне $0-M_{max}$ — от управляющего действия исполнительного механизма (модулятора). Определяя величину тормозного момента по предлагаемой ниже методике, можно косвенно судить об исправности модулятора, после чего производить проверку на правильность его срабатывания.

Методика определения тормозного момента является довольно простым способом вычисления вращающего момента, создаваемого на испытательном стенде. Вращающий момент определяется устройством, оснащённым микроЭВМ. В результате отпадает необходимость в использовавшихся до настоящего времени специальных агрегатах, таких как маятниковые машины или валы для измерения вращающего момента.

Передаваемая мощность двигателя постоянного тока (P_e) определяется по методу вычисления отдельных потерь. P_e получается определённой электрической мощности $U_e \cdot I_a$, из которой вычитаются потери в медных проводах $I_a \cdot R_a$, потери в щёточном переходе $U_b \cdot I_a$, магнитные потери и потери на трение V_0 , а также дополнительные потери V_z :

$$P_e = U_a \cdot I_a - R_a \cdot I_a^2 - U_b \cdot I_a - V_0 - V_z. \quad (1)$$

Передаваемый вращающий момент M_e может быть определён по мощности P_e при соответствующей частоте n :

$$M_e = \frac{60}{2\pi} \cdot \frac{P_e}{n}, \quad (2)$$

где n — частота вращения вала электродвигателя; P_e — мощность электродвигателя постоянного тока.

Вращающий момент холостого хода M_0 , соответствующий магнитным потерям и потерям на трение, зависит от числа оборотов и определяется на стенде опытным путём на холостом ходу.

Вращающий момент, соответствующий дополнительным потерям M_z , зависит от числа оборотов. Он изменяется пропорционально квадрату тока:

$$M_z = M_{zn} \cdot \left(\frac{I_a}{I_n}\right)^2, \quad (3)$$

где M_{zn} представляет собой функцию, измеренную при номинальном токе и зависящую от числа оборотов.

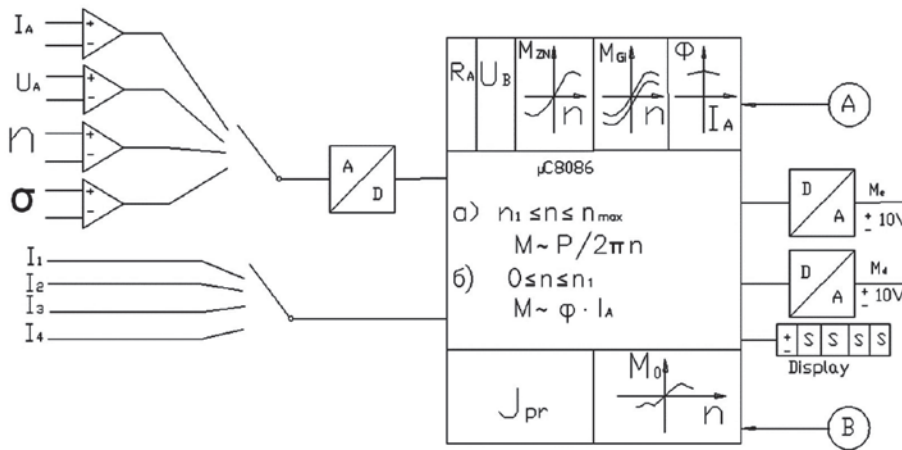


Рисунок 3. Модуль устройства определения вращающего момента: R_a — сопротивление контура якоря; U_a — падение напряжения на щётках; M_{zn} — вращающий момент, соответствующий дополнительным потерям при номинальном токе; M_o — вращающий момент холостого хода; M_{Gr} — вращающий момент, соответствующий потерям в проводе; Φ — магнитный поток; I_a — ток якоря; U_a — напряжение якоря; N — число оборотов; v — температура якоря; I — передаточное отношение привода; M_e — вращающий момент воздушного зазора; M_d — вращающий момент вала; P_e — мощность

Вращающий момент, действующий на вал, M_d получают из момента M_e за вычетом момента ускорения M_B :

$$M_d = M_e - M_B. \quad (4)$$

Момент ускорения M_B определяется через момент инерции испытательного стенда J_p и изменение числа оборотов dn/dt (в момент торможения автомобиля на стенде).

$$J_p = (J_{эд} + J_k) \cdot \xi,$$

где J_p — момент инерции, суммарный момент инерции стенда и колеса автомобиля; — момент инерции электродвигателя; J_k — момент инерции колеса; ξ — коэффициент учёта вращающихся масс, $\xi = 1, 2, \dots, 1, 5$.

$$M_B = \frac{2\pi}{60} \cdot J_p \cdot \frac{dn}{dt}. \quad (5)$$

Уравнение (2) для определения вращающего момента в состоянии покоя и малого числа оборотов либо непригодно, либо даёт неточные данные. В этом случае используем другое определение вращающего момента, который прямо пропорционален магнитному потоку и току якоря:

$$M_e = k \cdot \Phi \cdot I_a, \quad (6)$$

где k — коэффициент, зависящий от конструкции двигателя и определяемый как соотношение $k = pN/2\pi a$ (p — число пар полюсов; N — число активных проводников обмотки якоря; a — число пар параллельных ветвей обмотки якоря); Φ — магнитный поток.

На калибровочных прогонах магнитный поток определяется с учётом противодействия якоря.

Таким образом, устройство для определения вращающего момента работает в два этапа: от состояния покоя до определённого числа оборотов — по уравнению (6), а начиная с этого числа оборотов до максимальной частоты вращения — по уравнению (2).

Расчёты и определение калиброванных величин осуществляет цифровая ЭВМ с использованием про-

грамм, записанных в отдельной системе, состоящей в основном из микроЭВМ модульной конструкции. Специальные программные модули позволяют осуществлять проектирование и программирование. Консоль вмещает все приборы, необходимые для составления программы, включая и эксплуатационные рабочие приборы. Комплекс аппаратно-программного обеспечения разработан фирмой ASEA Brown Boveri (Швейцария) [3] (рис. 3).

Устройство определения вращающего момента работает по циклу в 2 мс и выдаёт действительные значения в виде аналоговых величин в форме постоянного напряжения (± 10 В) в цифроаналоговый преобразователь: скорректированный по всем потерям вращающий момент M_e и момент вала, который соответствует тормозному моменту колеса автомобиля во время его торможения на стенде.

Следовательно, рассмотренная методика исследования тормозной системы с АБС реального автомобиля позволяет в стендовых условиях оценить работу системы в целом на поверхностях с разными коэффициентами сцепления. При этом снижаются затраты времени и средств на проведение испытаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мирошников А. В., Болдин А. П., Пал В. И. Диагностирование технического состояния автомобилей на автотранспортных предприятиях. — М.: Транспорт, 1977. — 263 с.
2. Ревин А. А. Автомобильные автоматизированные тормозные системы: техническое решение, теория, свойства: монография. — Волгоград: Изд-во Института качества, 1995. — 160 с.
3. Шталь О., Хойзер Г. Новый тип испытательных стендов для моделирования скольжения колеса для испытания и разработки ПБС и РПБК. — Кёльн: Институт безопасности движения при Агентстве технадзора Рейнланда, 2001.