

ОСНОВЫ АЛГОРИТМОВ СИСТЕМ АКТИВНОЙ БЕЗОПАННОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ (САБ АТС) НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЯ И АНАЛИЗА СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ

В.А. Ким, Ки-Йонг Чой, Е.И. Марукович, И.С. Сазонов

***Белорусско-Российский университет, г. Могилев,
Институт технологии металлов НАН Беларуси, г. Могилев***

В работе дано обоснование создания эффективных алгоритмов САБ АТС на основе измерения и анализа сил в контакте колес автотранспортных средств (АТС) с дорогой и сил взаимодействия между звеньями автопоездов

Введение

Мировая практика подтвердила эффективность использования САБ АТС, поэтому, начиная с 1 октября 1991 г., Директива 71/320 ЕЭС и приложение к Правилам 13 ЕЭК ООН законодательно предписывают установку АБС на грузовые автомобили общей массой более 16 т, прицепы и полуприцепы полной массой более 10 т, автобусы полной массой свыше 12 т. В настоящее время ЕЭК ООН с 2014 г. предписала обязательную установку на магистральные АТС системы курсовой устойчивости ESP (Electronic Stability Program). Существующие алгоритмы САБ АТС (ABS, ESP) основаны на измерении и анализе угловых скоростей вращения колес, углов и скорости углов поворота управляемых колес. На основе анализа кинематических параметров производят расчеты сил в контакте колес автопоезда с дорогой или коэффициентов сцеплений колес с дорогой для формирования сигналов управления, т.е. по существу осуществляют косвенные методы определения сил.

Способы измерения силовых факторов и основы алгоритма САБ АТС на силовом анализе

Алгоритмы САБ АТС на силовом анализе основаны на прямом измерении и анализе тормозных моментов, фактически реализуемых колесами при взаимодействии с опорной поверхностью дорог, и сил в шарнирных связях между звеньями с помощью специальных

электронных датчиков [1,3,5]. Фирма BOEING применяет систему управления торможением самолета, основанную на определении тормозных сил [3].

Для обоснования способа измерения тормозного момента в барабанном тормозе рассмотрим схему, представленную на рис. 1.

При торможении устройство 2 создает разжимные силы \bar{Q}_A, \bar{Q}_B на колодки 3 тормоза. В результате между колодками 3 и барабаном возникает тормозной момент. Допустим, что колесо 1 поднято относительно поверхности дороги С. Водитель нажимает на тормозную педаль. Колодки тормоза 2 прижимаются к поверхности барабана колеса 1. В точках «А» и «В» опоры колодок возникают реакции \bar{R}_A и \bar{R}_B . Если к колесу 1 не приложен внешний момент (колесо поднято), то модули сил $|\bar{R}_A| = |\bar{R}_B|$ (см. рис. 1). Допустим, к колесу приложен момент, который старается повернуть колесо в направлении ω , то реакции опор «А» и «В» изменятся, $|\bar{R}_A| \neq |\bar{R}_B|$. Разность реакций опор равна: $\Delta R = |\bar{R}_A| - |\bar{R}_B|$. **Величина ΔR пропорциональна тормозному моменту тормозящего колеса.** В процессе торможения автомобиля момент, прикладываемый к колесу зависит от силы в контакте колеса с дорогой \bar{T} (см. рис. 1), которая в свою очередь зависит от характеристики дороги и тормозного момента, формируемого водителем, нормальной реакции колеса \bar{N} . Величину ΔR можно определить с помощью установки индукционных датчиков сил в опорах тормозных колодок. Для определения ΔR были изготовлены датчики измерения сил (см. рис. 2), которые размещались на опорах барабанного тормоза. Датчики размещаются в опорах колодок барабанного тормоза. Сигнал от датчиков пропорциональных тормозным моментам, реализуемым тормозящими колесами с дорогой.

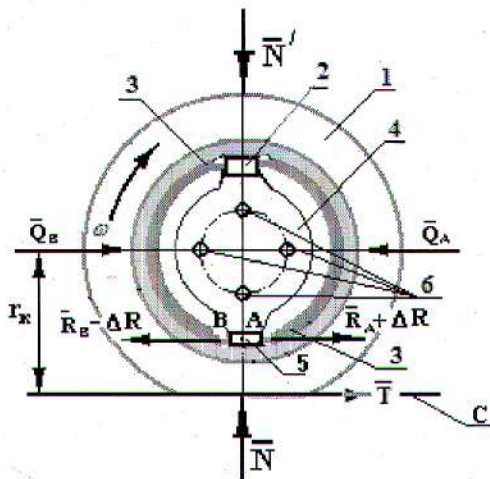


Рисунок 1. Схема к пояснению способа измерения тормозного момента в барабанном тормозе: 1 – тормозящее колесо с тормозным барабаном; 2 – разжимное устройство колодок тормоза; 3 – тормозные колодки; 4 – суппорт тормоза; 5 – опорная пластина колодок тормоза; С – поверхность дороги; ω – угловая скорость вращения колеса; r_k – радиус качения колеса; \bar{R}_A, \bar{R}_B – реакции в точках «А» и «В» опоры пластины 5; $\bar{R}_B - \bar{R}_A = \Delta R$ – разность реакций, возникающая при приложении момента к колесу; \bar{N} – нормальная реакция дороги С; \bar{Q}_B, \bar{Q}_A – разжимные усилия колодок тормоза

Датчики измерения $\Delta R = |\bar{R}_A| - |\bar{R}_B|$ в барабанном тормозе МАЗ могут быть размещены на поворотных осях колодок барабанного тормоза (см. рис. 3).

На рис. 4 представлена осциллограмма изменения $\Delta R = |\bar{R}_A| - |\bar{R}_B|$, полученная при экстренном торможении тягача автопоезда МАЗ–544018.

При срабатывании дискового тормоза, если на колесо не приложен момент, момент трения между диском и колодкой тормоза отсутствует. При этом реакция в опоре колодки тормоза в точке «А» равна: $|\bar{R}_A| = 0$.

Если к колесу приложить момент, то в опоре колодок возникает реакция $|\bar{R}_A| \neq 0$.

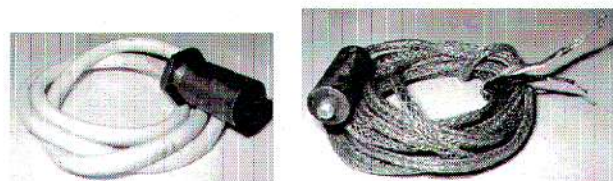


Рисунок 2. Индукционные датчики для измерения сил в опорах барабанных и в дисковых тормозных механизмах: а – бесконтактный датчик дифференцирования определения производной тормозного момента $\frac{dM}{dt}$; б – бесконтактный датчик измерения тормозного момента

Таким образом, при торможении колеса в зависимости от дорожных условий к колесу будут приложены различные моменты, в зависимости от силы в контакте колеса с дорогой \bar{O} . При этом, величина разности сил ΔR также изменяться. При торможении колеса, вращающегося в противоположном направлении величина $|R_A| = 0$, а величина $|R_B| \neq 0$. Следовательно, это позволяет производить измерение тормозного момента колеса при торможении автомобиля при движении задним ходом.

Из осциллограмм (рис. 4) видно, что тормозные моменты имеют характерные особенности их изменений при экстренном торможении автомобиля. Например, в на участках от точки «О» до достижения максимума момента M (ΔR) в точке «А» производная от $\frac{dM}{dt} = 0$. После прохождения максимума производная $\frac{dM}{dt} < 0$, что означает скольжение пятна контакта тормозящего колеса. Для измерения силы давления колодки дискового тормоза на суппорт можно использовать индукционные датчики, размещенных на его суппорте.

Из анализа результатов измерения тормозных моментов установлено, что при блокировке колеса при торможении, происходит спад тормозного момента (см. рис. 4) Следовательно, алгоритм управления может быть основан на анализе знаков производных от тормозного момента M , пропорционального электрическому сигналу ΔR (разность сигналов в опорах тормозных колодок).

Из анализа результатов исследований следует, что скольжение пятна контакта колеса при торможении можно идентифицировать по отрицательному знаку производной тормозного момента [3], и данное свойство можно положить в основу алгоритмов САБ АТС на силовом анализе [1,3,4].

Для определения сил между звеньями автопоезда были созданы датчики измерения сил между звеньями автопоезда. На рис. 5 представлен шкворень сцепного устройства седельного автопоезда МАЗ с размещенным в нем электронным датчиком измерения сил.

Результаты испытаний датчиков измерения сил в шкворне сцепного устройства автопоезда МАЗ (рис. 6) подтвердили возможность измерения сил в шкворне и установления закономерности их изменений, необходимых для создания алгоритмов управления торможением седельных автопоездов, исключающих складывание их звеньев [1,4].

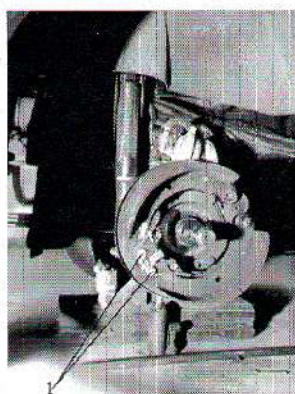


Рисунок 3. Монтаж датчиков измерения сил на поворотных осях колодок барабанного тормоза: 1 – поворотные оси колодок барабанного тормоза автомобиля МАЗ – 544018-320-030 с датчиками измерения сил

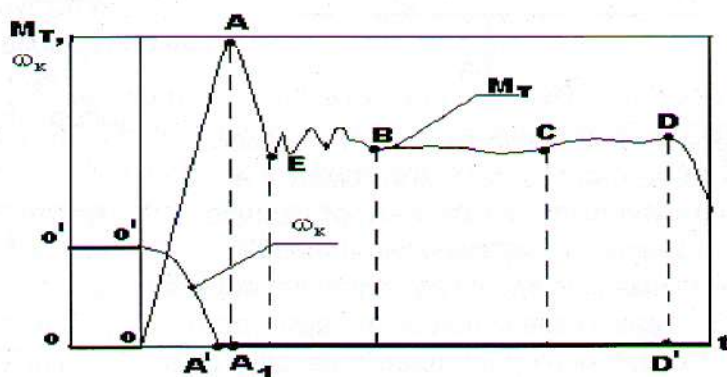


Рисунок 4. Осциллограмма изменения ΔR , пропорционального тормозному моменту, реализуемого колесом автомобиля ВА3-2108 при экстренном торможении: M_T – изменение тормозного момента; ω_k – угловая скорость тормозящего колеса (вертикальная нагрузка на колесо $N = 200$ кг; (угловая скорость начала торможения равна $\omega = 32$ с⁻¹)

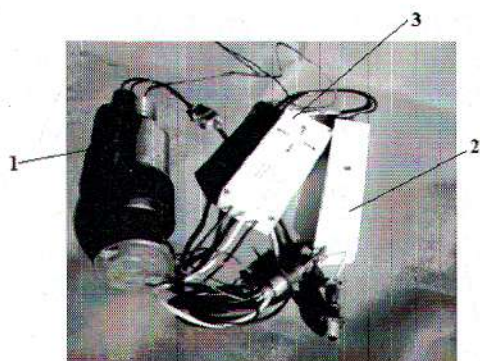


Рисунок 5. Шкворень седельно-сцепного устройства автопоезда в составе тягача МАЗ-64229 и полуприцепа МТМ 9330, включающий устройство измерения сил между тягачом и полуприцепом:
1 – шкворень седельно-сцепного устройства;
2 – электронный блок обработки информации;
3 – светодиодный индикатор

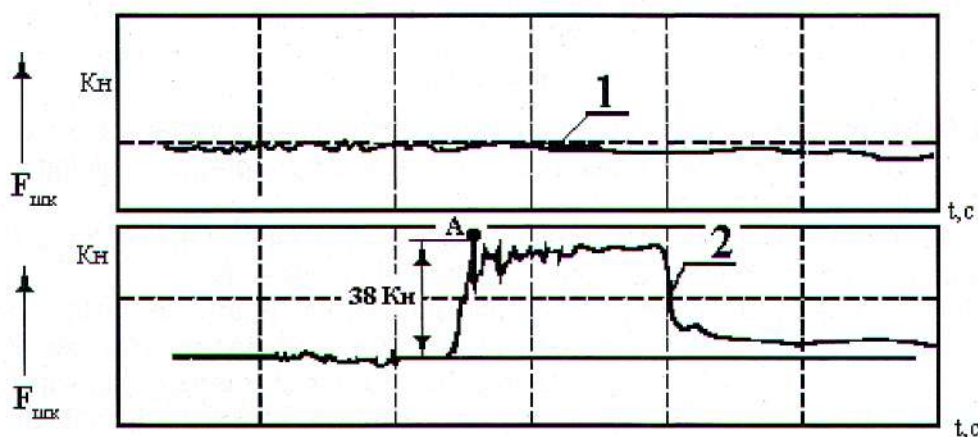


Рисунок 6. Осциллограмма изменения сил в шкворне при прямолинейном торможении седельного автопоезда составе тягача МАЗ-64229 и полуприцепа МТМ 9330:
1 – силы в поперечном направлении; 2 – силы в продольном направлении

На рис. 6 представлены осциллограммы изменения сил в шкворне автопоезда при экстренном торможении автопоезда по прямолинейной и криволинейной траектории.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ким, В.А. Методология создания адаптивных САБ АТС на основе силового анализа: Монография /В.А. Ким. – Могилев: Белорусско-Российский университет, 2003.-346 с.
2. Пат. 2131365 (RU), МКИ⁶ В 60 Т 8/52, G 01 L 5/28. Устройство измерения тормозного момента / Г.В. Бочкарев, В.А. Ким, Ф.А. Ким, В.С. Портасенок, Р.И. Фурунжиев. - № 97109779/28; Заявлено 13.06.97; Оpubл. 10.06.99, Бюл. № 16. – 6 с.: ил. 0005; Заявлено 29.07.96; Оpubл. 15.01.98. – 2 с.: ил.
3. Пат. 98/01332 (WO), МКИ⁶ В60Т 8/52. Способ управления антиблокировочной системой торможения транспортного средства / В.А. Ким, Ф.А. Ким, В.С. Портасенок, Р.И. Фурунжиев, В.П. Лобах, Г.В. Бочкарев. – № PCT/ВУ96/0
4. Пат. 2299140 РФ, МКИ⁶ В 60 Т С 1. Способ регулирования торможением автопоезда И. С. Сазонов, А. Т. Скойбеда, В. И. Василевский, Г. В. Бочкарев, В. В. Корсаков, Н. А. Коваленко, В. А. Ким, И. И. Цыганков, Л. Г. Красневский, В. В. Сикорский, В. Д. Рогожин – № 2005132206/11 ; заявл. 18.10.05; опубл. 20.05.07, Бюл. № 14. – С. 5: ил.
5. Сазонов, И.С. Динамика колесных машин: Монография /И.С. Сазонов, П.А. Амелыченко, В.А. Ким [и др]. – Белорусско-Российский университет, 2006. – 461с.
6. Пат. 4.822.113 США, МКИ В 60 Т 8/58 Anti-lock Brake Control System /Kade A., Hopkins H. G., Salman M.A. (США); BOEING, -№ 784609; Заявлено 14.03.72. Оpubл. 11.08.74. Бюл. №405. –21с.: ил.