

УДК 629.331:629.06

DOI: 10.35211/2500-0586-2024-2-47-53-56

Г. В. Бойко, А. П. Федин, В. А. Федина, К. И. Великая, В. В. Андреева
**О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ
В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
АГРЕГАТАМИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Волгоградский государственный технический университет

boyko@vstu.ru

Автор, ответственный за переписку: Григорий Владимирович Бойко, boyko@vstu.ru

В настоящее время актуальной и важной задачей является развитие автоматизированных систем управления разными агрегатами и системами автомобиля. Одной из таких систем является антиблокировочная система торможения автомобиля (АБС), которая обеспечивает безопасность движения в режиме торможения. В силу множества достоинств для управления такими системами используются регуляторы. В данной статье рассмотрены различные виды регуляторов и отдельно – возможность использования нечетких и ПИД-регуляторов для управления работой АБС.

Ключевые слова: моделирование движения автомобиля, антиблокировочная система торможения, тормозной регулятор АБС, ПИД-регулятор, нечеткая логика

G. V. Boyko, A. P. Fedin, V. A. Fedina, K. I. Velikaya, V. V. Andreeva

**ON THE POSSIBILITY OF USING VARIOUS REGULATORS
IN AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS OF VEHICLE UNITS**

Volgograd State Technical University

At present, the development of automated control systems for various units and systems of the vehicles is an urgent and important task. One such system is the Anti-lock Braking System (ABS), which ensures the safety of movement in braking mode. Because of the many advantages, different regulators are used to manage such systems. This article considers various types of regulators and separately considers the possibility of using fuzzy and PID regulators to manage the ABS.

Keywords: vehicle motion simulation, anti-lock braking system, ABS brake regulator, PID controller, fuzzy logic

Введение

В настоящее время активно развиваются системы, которые позволяют автоматизировать управление различными агрегатами и системами транспортных средств (управляющие системы). Благодаря достижениям в сфере микроэлектроники и в конструировании приводов и исполнительных механизмов появилась возможность с высокой точностью и быстродействием управлять агрегатами и системами автомобиля в автоматическом режиме [1–4].

Управляющие системы обычно состоят из следующих типов устройств:

- 1) управляющие устройства (исполнительные механизмы);
- 2) устройства, анализирующие дорожные условия и параметры движения автомобиля (различные виды видеокамер и датчиков);
- 3) вычислители, при помощи которых в условиях реального времени производится расчет операций, необходимых для функционирования автоматизированных управляющих систем.

В управляющих системах, обеспечивающих заданные параметры движения автомобиля, в настоящее время используются регуляторы различных типов.

Одной из сложных управляющих систем автомобиля, которая отвечает за безопасность дорожного движения, является антиблокировочная система торможения (АБС). Одной из актуальных и сложных технических задач является задача конструирования эффективных антиблокировочных систем.

Схема работы АБС

Независимо от конструкции любая АБС должна включать следующие элементы:

- датчики, функцией которых является выдача информации об угловой скорости колеса, давлении рабочего тела в тормозном приводе, замедлении автомобиля и других;
- блок управления, обычно электронный, куда поступает информация от датчиков, который после логической обработки информации дает команду исполнительным механизмам;

электронный блок управления состоит из четырех модулей: модуль усиления входного сигнала, модуль вычислений, модуль управления, модуль контроля исправности АБС;

– исполнительные механизмы (модуляторы давления), которые в зависимости от посту-

пившей из блока управления команды снижают, повышают или удерживают на постоянном уровне давление в тормозном приводе колес.

Рассмотрим схему работы антиблокировочной системы торможения автомобиля с обратной связью, которая представлена на рис. 1.

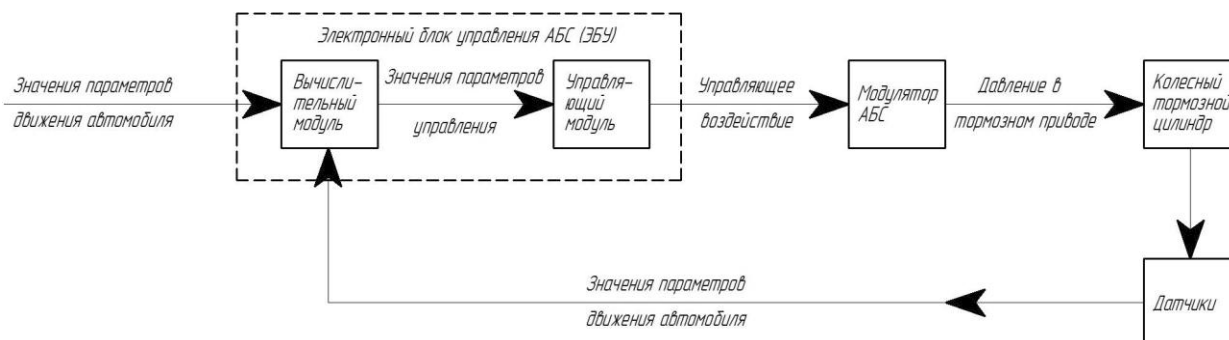


Рис. 1. Схема работы антиблокировочной системы торможения автомобиля с обратной связью

Электронный блок управления АБС (ЭБУ) можно представить в виде двух модулей: вычислительный и расчетный. Обычно АБС включается в работу при нажатии на педаль тормоза и срабатывании соответствующего датчика. С этого момента значения параметров движения автомобиля поступают в вычислительный модуль АБС. Результаты необходимых расчетов передаются в управляющий модуль АБС, в нем на основе расчетных данных происходит генерация управляющего воздействия. Управляющее воздействие генерируется на основе заложенного в АБС алгоритма работы. В настоящее время существует огромное количество различных алгоритмов работы АБС. Любой алгоритм основан на сравнении текущих значений выбранных параметров торможения автомобильного колеса с их граничными значениями, которые определяют возможность эффективной работы АБС. Параметры и их граничные значения определяются конструкторами антиблокировочных систем. Разработанные алгоритмы работы АБС являются коммерческой тайной производителя и держатся в секрете, чтобы обеспечить конкурентные преимущества предлагаемого продукта. Далее в управляющем модуле происходит усиление сгенерированного управляющего воздействия, и оно передается на модулятор АБС. В результате воздействия на исполнительные механизмы модулятора происходит изменение давления жидкости в тормозном приводе, давление может увеличиваться или уменьшаться, а также

в некоторых алгоритмах используется так называемый режим «отсечки», когда давление остается неизменным. Далее давление тормозной жидкости передается в колесные тормозные цилиндры и происходит затормаживание или растормаживание автомобильного колеса. От колесных датчиков значения параметров торможения автомобильного колеса поступают в вычислительный модуль АБС, после чего повторяется процесс расчета и генерируется новое управляющее воздействие с последующей его реализацией в колесном тормозном цилиндре. Процесс работы АБС является циклическим и должен быть реализован в режиме реального времени.

Применение ПИД-регулятора для управления работой АБС

Динамичное развитие электронных и микропроцессорных систем обуславливает возможность эффективного применения регуляторов, основанных на ПИД-регулировании (пропорционально-интегрально-дифференцирующий регулятор) для управления антиблокировочной системой торможения.

В случае применения ПИД-регулятора в работе АБС схема электронного блока управления АБС может быть представлена как на рис. 2. Вместо управляющего модуля появляются блок расчета ошибки параметра управления и ПИД-регулятор. Работа такого регулятора основана на компенсации ошибки между текущим значением параметра управления и его

заданным оптимальным значением – уставкой параметра управления. Входом для такого регулятора является значение ошибки между текущим значением параметра управления и его

заданным оптимальным значением, а выходом – управляющее воздействие, которое приводит к изменению величины давления в тормозном приводе [9, 10].

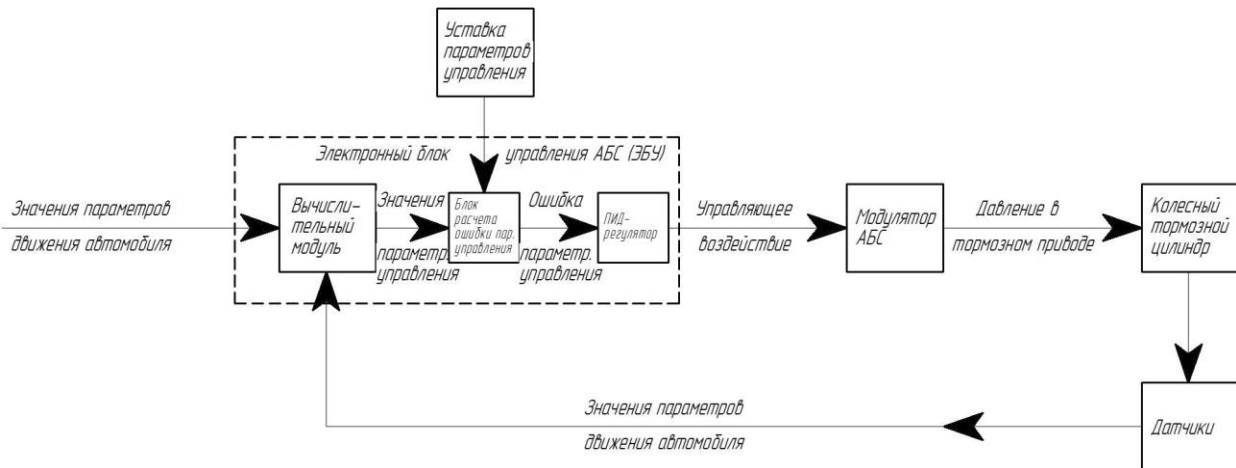


Рис. 2. Схема работы антиблокировочной системы торможения автомобиля с обратной связью с использованием ПИД-регулятора

В качестве параметров управления могут использоваться коэффициент относительного проскальзывания, угловая скорость и ускорение колеса.

Применение нечеткого регулятора для управления работой ABS

В настоящей статье для примера рассмотрен нечеткий контроллер, который имеет два входных параметра: ошибку коэффициента относительного проскальзывания, которая представляет собой разность между фактическим текущим значением коэффициента относительного проскальзывания и его установленным фиксированным значением, и скорость изменения этого параметра. В качестве установленного фиксированного значения принимается значение 0,2, при котором обеспечивается наилучшее сцепление колес с дорожной поверхностью. В этом случае задача регулятора – поддерживать текущее значение коэффициента относительного проскальзывания как можно ближе к значению 0,2.

Ниже представлена база нечетких правил, в которой используются следующие понятия [5–8]:

- ОБ: отрицательное большое значение,
- ОМ: отрицательное малое значение,
- Н: нулевое значение,
- ПБ: положительное большое значение,
- ПМ: положительное малое значение.

Выходным сигналом регулятора является давление в тормозном приводе, которое изме-

няется при соответствующих изменениях входных параметров. В этом случае правила для нечеткого регулятора выглядят следующим образом [11]:

1. Если ошибка скольжения равна ПБ, а скорость изменения ошибки равна ПБ, то давление равно ОБ.
2. Если ошибка скольжения равна ПБ, а скорость изменения ошибки равна ПМ, то давление равно ОБ.
3. Если ошибка скольжения равна ПБ, а скорость изменения ошибки равна Н, то давление равно Н.

.....

25. Если ошибка скольжения равна ОБ, а скорость изменения ошибки равна ОБ, то давление равно ПБ.

Выше представлен один из вариантов базы правил. Разные варианты имеют свои преимущества и недостатки. Исследователи стремятся создать такую базу правил, которая бы обеспечивала наилучшую эффективность торможения при сохранении устойчивости и управляемости движения. Под эффективностью торможения в данном случае понимается величина тормозного пути и время торможения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ульянов, И. А. Повышение безопасности колесных машин на основе совершенствования алгоритмов работы системы предотвращения столкновений. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, 2022 г., г.Москва.

2. Llorca D., Milanés V., Parra I., Gavilán M., Daza I. G. Autonomous Pedestrian Collision Avoidance Using a Fuzzy Steering Controller // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, IEEE. Vol. 12. – 2011. – N 2. – P. 390–401.
3. Hamid U. Z., Saito Y., Zamzuri H., Rahman M. A., Raksincharoensak P. A review on threat assessment, path planning and path tracking strategies for collision avoidance systems of autonomous vehicles // International Journal of Vehicle Autonomous Systems. Vol. 14. – 2018. – N 2. – 134 p.
4. Driankov D., Saffiotti A. Fuzzy logic techniques for autonomous vehicle navigation. – Studies in Fuzziness and Soft Computing, Physica, Springer, 2001. – 388 p.
5. Hessburg T., Tomizuka M. Fuzzy logic control for lane change maneuvers in lateral vehicle guidance // Univ. Calif., Berkeley, CA, Calif PATH Working Paper, 1995. – 11 p.
6. Milanés V., Pérez J., Godoy J., Onieva E. A fuzzy aid rear-end collision warning/avoidance system // Expert Systems with Applications. Vol. 39. – 2012. – N 10. – P. 9097-9107.
7. Штовба, С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С. Д. Штовба. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 288 с.
8. Devineau G., Polack P., Altche F., Moutarde F. Coupled Longitudinal and Lateral Control of a Vehicle using Deep Learning: 2018 IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2018. – 13 p.
9. Бойко, Г. В. Application of PID Control Principles in the Tasks of Modeling the Movement of Wheeled Vehicles Equipped with an Anti-Lock Braking System / Г. В. Бойко, А. П. Федин, J. Redl // Society 5.0. Cyber-Solutions for Human-Centric Technologies / eds.: A. G. Kravets, A. A. Bolshakov, M. V. Shcherbakov. – Cham (Switzerland) : Springer Nature Switzerland AG, 2023. – P. 321–334. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-35875-3_24. – (Book ser.: Studies in Systems, Decision and Control (SSDC) ; vol. 437).
10. Modeling the Movement of Vehicles with an Anti-lock Braking System on Various Types of Road Surface Using the Principles of PID Control / Г. В. Бойко, А. П. Федин, М. Петренко, И. Лесковец, J. Redl // Creativity in Intelligent Technologies and Data Science : 5th International Conference CIT&DS 2023 (Volgograd, Russia, September 11–15, 2023) : Proceedings / eds.: A. G. Kravets, M. V. Shcherbakov, P. P. Grompos ; Volgograd State Technical University [et al.]. – Cham (Switzerland) : Springer Nature Switzerland AG, 2023. – P. 155–167. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-44615-3_11. – (Book ser.: Communications in Computer and Information Science (CCIS); vol. 1909).
11. California State University, Northridge. design of a controller for abs anti-lock braking system using fuzzy logic control. A graduate project submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Masters of Science in Electrical Engineering by Angad Anil Aras. December 2013.