

**УДК 629.3.083****ІМІТАТОР СИГНАЛІВ ЕЛЕКТРОННОГО БЛОКА КЕРУВАННЯ АБС  
ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА НА БАЗІ АВТОМОБІЛЯ OPEL VECTRA**

R.M. Modla<sup>1</sup>, A.G. Pavelchak<sup>1</sup>, I.M. Kovala<sup>1</sup>, V.M. Brytkovskyi<sup>1</sup>, O.M. Sorochinsky<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National University "Lviv Polytechnic", Bandery str., 12, Lviv, 79013, Ukraine,

<sup>2</sup>Ukrainian Academy of Printing, Pid Goloskom str., 19, Lviv, 79020, Ukraine

*В роботі розроблений імітатор сигналів давачів та виконавчих пристроїв електронної антиблокувальної системи лабораторного стенда на базі автомобіля Opel Vectra A в середовищі MATLAB. Імітатор дає змогу моделювати різні режими роботи та несправності з подальшим діагностуванням за допомогою автомобільних сканерів.. Використання запропонованих результатів дає змогу поглибити вивчення студентами електронної антиблокувальної системи автомобіля при різних режимах роботи.*

**Ключові слова:** антиблокувальна система, активна безпека автомобіля, системи керування автомобілем, імітаційне моделювання

**Постановка проблеми.** Постійно зростаючі вимоги до автомобільної техніки, обсягу функцій і комфорту управління в легкових автомобілях є причиною постійно зростаючої кількості електроніки і це ставить перед конструкторами провідних автомобільних компаній все більш складні завдання. Це стосується і гальмівної системи. Пильну увагу розробники приділяють гальмівному шляху і чіткості гальмування. Одним з найважливіших досягнень у цій області стала розроблення антиблокувальної системи (АБС/ABS). Застосування в гальмівних системах автомобілів антиблокувальних систем, які унеможливають блокування коліс автомобіля при гальмуванні, забезпечує збереження керованості та стійкості руху[1].

Найбільший ефект від застосування АБС виходить на слизькій дорозі, коли гальмівний шлях автомобіля зменшується на 10 ... 15%.

Антиблокувальні гальмівні системи мають три важливі переваги у порівнянні з гальмівною системою без АБС:

1. Так як в гальмівних системах з АБС колеса не блокуються, повільніше зношуються шини.

2. Водій автомобіля, обладнаного АБС, краще контролює автомобіль. Навіть при різкому гальмуванні автомобіль з АБС не втрачає управління.

3. Автомобіль з АБС має зменшену тенденцію до аквапланування (ковзання на водному шарі при русі по мокрій дорозі).

На кафедрі Комп'ютеризованих систем автоматики національного університету «Львівська політехніка» створений стенд на базі автомобіля Opel Vectra A з трьома електронними системами керування двигуном автомобіля і АБС. Для поглибленого вивчення студентами системи АБС виникає потреба імітації сигналів електромагнітних давачів АБС і моделювання різних режимів роботи та несправностей.

**Мета дослідження.** Розроблення імітатора сигналів датчиків та виконавчих пристроїв електронного блоку керування АБС лабораторного стенда на базі автомобіля Opel Vectra A і відповідного моделювання сигналів АБС за допомогою додатку Simulink в середовищі MATLAB.

**Виклад основного матеріалу.** Основою структури АБС автомобіля Opel Vectra A є блок керування, який обмінюється даними з іншими системами автомобіля, а також виконує передачу керуючих сигналів через блок модулятора на виконавчі механізми, в залежності від вхідної інформації з датчиків швидкості обертання коліс, положення гальмівної педалі, датча рівня гальмівної рідини та інших (рис. 1).

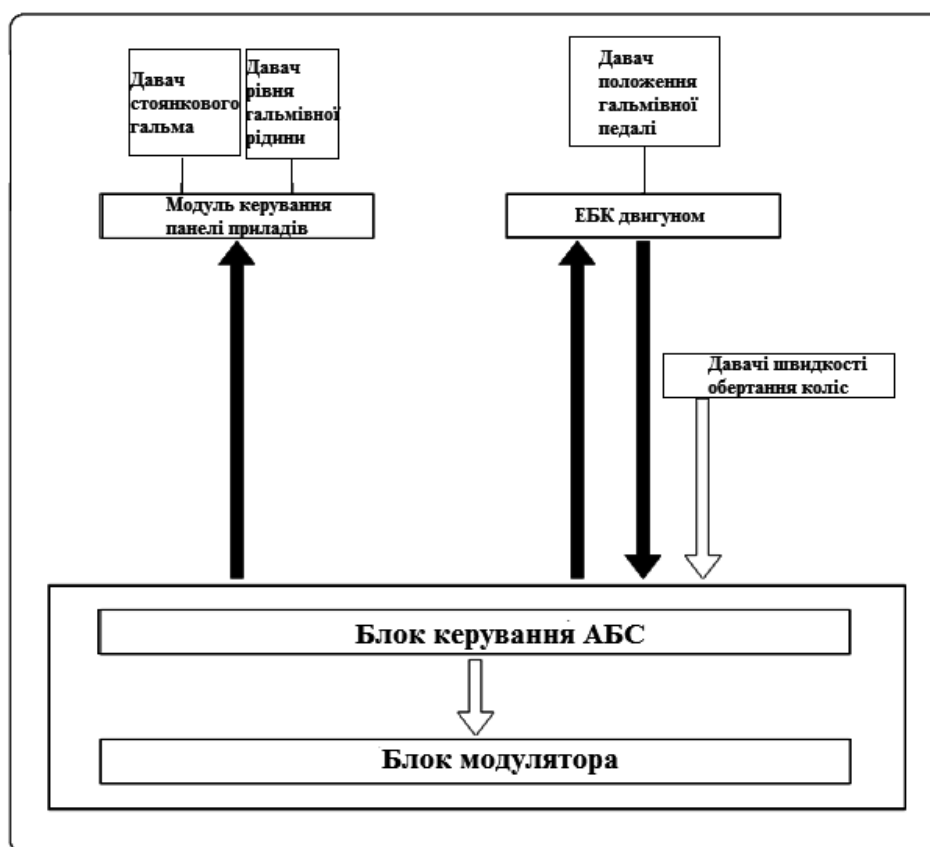


Рис. 1. Структурна схема АБС автомобіля Opel Vectra A

Система АБС підвищує активну безпеку автомобіля й перешкоджає блокуванню коліс при різкому гальмуванні. При цьому автомобіль до повної зупинки зберігає керуваність без заносу. Це досягається автоматичним відпусканням гальма на відповідному колесі, після чого гальмування відновлюється. До складу АБС входять: стандартна система гальмування, кінцеві датчики частоти обертання коліс, гідравлічний блок, електронний блок керування й електричні проводи.

При загорянні лампи під час руху необхідно зупинитися й виключити запалювання й прилади, потім знову запустити двигун. Після включення запалювання гідравлічний блок протягом 60с. відновлює необхідний робочий тиск у системі. Індикатор АБС спалахує на 2-20 с. Залежно від величини тиску в системі. Потім ЕБК- АБС перевіряє окремі компоненти системи [2]. У випадку, якщо будуть замічені які-небудь відхилення, гальмова система з АБС буде працювати, як звичайна гальмова система без АБС, а контрольна лампа буде горіти. Вихід з ладу системи АБС дозволяє рухатися автомобілю, але вимагає більшої уваги до швидкості руху й дорожній обстановці, тому що ефективність керування різко знижується.

Відомо, що на даний час підвищення експлуатаційних властивостей автомобіля відбувається шляхом мехатронізації конструкції. Основною мехатронною системою, з точки зору активної безпеки, є антиблокувальна система, на якій базуються такі системи, як протибуксувальна система (ASR), система блокування диференціалу ведучого моста (EDS), та більш високого рівня – систем курсової стійкості автомобіля (ESP, VDC).

Моделюванням робочого процесу та розробкою імітатора сигналів давачів та алгоритмів керування антиблокувальною системою займалися такі вчені, як: R.R. Guntur, С. Unsal, Р. Kachroo, S. Drakunov, T.D. Day, S.G. Roberts, Е.М. Гецович, Р.І. Фурунжиєв та інші [3].

Оцінка експлуатаційних властивостей автомобілів з АБС, зокрема гальмівних властивостей, неможлива без знання робочого процесу, закладеного алгоритму керування та принципів регулювання.

Моделювання АБС легкового автомобіля полягає у складанні динамічної моделі легкового автомобіля, алгоритму роботи антиблокувальної системи для кожного колеса, моделюванні виконавчої частини АБС та контактної взаємодії автомобільного колеса з дорожньою поверхнею.

Модель автомобіля прийнята плоскою з можливістю перерозподілу нормального навантаження, не враховуються сили опору кочення колеса. Колесо взаємодіє з дорожньою поверхнею в точці з урахуванням ковзання. Характеристика коефіцієнта зчеплення реалізована фіксованою нелінійною залежністю від коефіцієнта поздовжнього ковзання для кожного типу поверхні. Не враховуються перехідні характеристики роботи клапанів модулятора, конструктивні параметри гідравлічного приводу гальмівної системи.

Керування процесом гальмування колеса, пов'язаного з автомобілем, ускладнюється змінним характером ряду факторів: динамічного радіуса колеса, інерції обертальних мас, вертикального навантаження. Це призводить до деякого викривлення регулювання гальмівними моментами.

Коротко розглянемо плоску динаміку автомобільного колеса в гальмівному режимі. При русі на колесо діють: вертикальне навантаження, реакція дороги, гальмівний момент, а також інерційні силові фактори. Реакція дороги:

$$R_x = \varphi_x \cdot R_z = \varphi_x \cdot m_{gw} \cdot g, \quad (1)$$

де  $\varphi_x$  – поведздовжній коефіцієнт зчеплення;  
 $m_{gw}$  – маса колеса з вертикальним навантаженням;  
 $g$  – прискорення вільного падіння.

Коефіцієнт зчеплення  $\varphi_x$  шини з дорожньою поверхнею визначається інтерполяцією заданих таблиць в залежності від коефіцієнта ковзання  $s$  (рис. 2). Коефіцієнт ковзання колеса виразимо наступним чином:

$$s = 1 - \frac{V_{theor}}{V_{real}} = 1 - \frac{\omega_{theor} \cdot r_{eff}}{\omega_{real} \cdot r_{eff}} = 1 - \frac{\omega_{theor}}{\omega_{real}}, \quad (2)$$

де  $V_{theor}$ ,  $\omega_{theor}$  – теоретична лінійна та кутова швидкість колеса відповідно;  
 $V_{real}$ ,  $\omega_{real}$  – фактична лінійна та кутова швидкість колеса відповідно;  
 $r_{eff}$  – динамічний радіус кочення колеса.

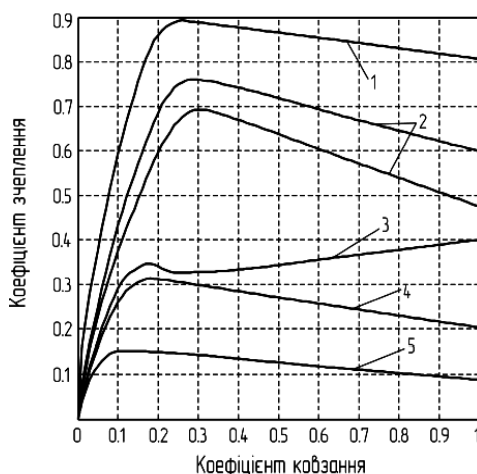


Рис. 2. Залежність коефіцієнта зчеплення від коефіцієнта ковзання 1 – сухий асфальт; гальмівних моментів в залежності 2 – мокрий асфальт; 3 – свіжовипадений сніг; 4 – укочений сніг; 5 – лід

Гальмівний момент для дискового гальма (рис. 3):

$$M_b = 2 \cdot S_p \cdot p_b \mu_b \cdot R_{fric}, \quad (3)$$

де  $S_p$  – площа поршня колісного гальмівного циліндра;  
 $p_b$  – тиск у гальмівному гідроприводі;  
 $\mu_b$  – коефіцієнт тертя фрикційних накладок з гальмівним диском;  
 $R_{fric}$  – середній радіус тертя.

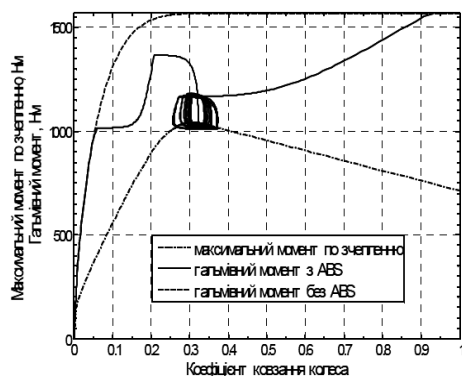


Рис. 3. Графік моменту по зчепленню та гальмівних моментів в залежності від коефіцієнта ковзання колеса

Рівняння руху автомобільного колеса в гальмівному режимі:

$$\begin{cases} m_{gw} \frac{d^2x}{dt^2} = -R_x \\ J_w \frac{d^2\varphi}{dt^2} = M_b - R_x \cdot r_{eff} \end{cases} \quad (4)$$

де  $J_w = m_{gw} \cdot r_{eff}^2 / 2$  – момент інерції колеса [4].

На основі виразів 1-4 та графіків рис. 2 і 3, враховуючи технічні характеристики автомобіля Opel Vectra А була складена плоска динамічна модель в середовищі MATLAB (рис. 4).

В моделі АБС прийнятий закритий цикл керування з кутовим прискоренням, як критерій блокування колеса; алгоритм керування реалізований унікальною логічною структурою. Робочий процес АБС виконується за трифазним циклом: наростання, зменшення та утримання тиску в гідроприводі гальм.

Алгоритм керування АБС для даного транспортного засобу не є адаптивним та реалізований тільки для певної швидкості, з певними пороговими значеннями кутових прискорень. Для даного транспортного засобу з колесами 205/60R15 були прийняті наступні параметри: порогове значення першого циклу для обох пар коліс передньої та задньої осей становить  $225 \text{ рад/с}^2$ , порогове значення наступних циклів –  $50 \text{ рад/с}^2$ . Початкова швидкість руху легкового автомобіля (повною масою 1960кг) – 80 км/год.

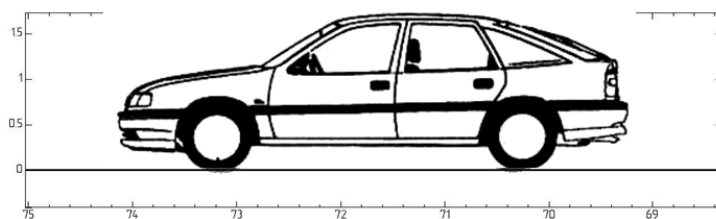


Рис. 4. Модель автомобіля Opel Vectra А в програмному середовищі MATLAB

Представимо результати імітації гальмівного руху легкового автомобіля з АБС на мокрому асфальті ( $\varphi_{x,max} = 0,7$ ) та порівняємо характеристики руху з відповідними результатами автомобіля з вимкненою АБС.

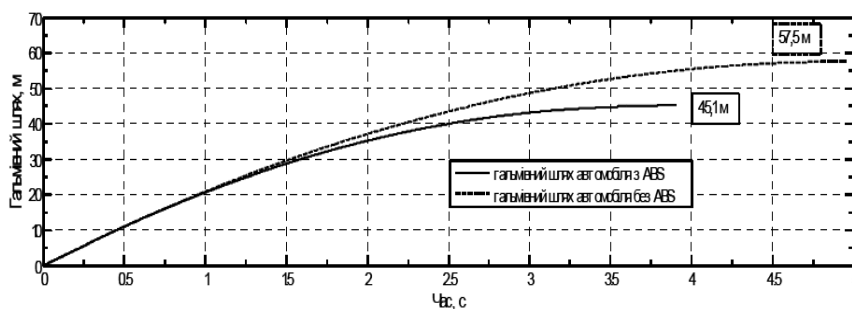


Рис. 5. Графік гальмівного шляху автомобіля з активованою та дезактивованою АБС

Порівняння гальмівних шляхів демонструє, що ефективність гальмування на мокрому асфальті становить 12,4 м від нерегульованого гальмування, тобто приблизно 22% (45,1 м і 57,5 м відповідно). АБС дозволяє тримати оптимальне поздовжнє зчеплення і реалізувати уповільнення близько  $6,6 \text{ м/с}^2$ , у той час як при блокуванні коліс – лише  $4,8 \text{ м/с}^2$ .

**Висновки.** В роботі розроблений імітатор сигналів давачів та виконавчих пристроїв для електронного блоку керування АБС лабораторного стенда на базі автомобіля Opel Vectra A в середовищі MATLAB. Імітатор дає змогу моделювати різні режими роботи та несправності з подальшим діагностуванням за допомогою автомобільних сканерів. Наведені приклади зменшення гальмівного шляху автомобіля з АБС при складних погодних умовах. Використання запропонованих результатів дає змогу поглибити вивчення студентами електронної антиблокувальної системи автомобіля при різних режимах роботи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Динамика автомобиля/ М.А. Подригало, В.П. Волков, А.А. Бобошко и др.– Харьков, изд-во ХНАДУ, 2008.– 452с.
2. Роман Модла, Василь Бритковський, Олександр Сорочинський. Діагностування електронних систем запалювання бензинових двигунів автомобілів // Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій : матеріали 6-ої Міжнародної науково-технічної конференції (Львів, 25–26 жовтня 2018 р.). – 2018. – С. 143–145.
3. Дячук М.В. Моделирование антиблокировочной системы колеса / М.В. Дячук, Д.И. Петренко / Зб. наук. пр.: Інтенсифікація робочих процесів будівельних та дорожніх машин. – Дн-вськ: ПДАБА, 2011.– Вип. 63. – С. 236
4. Шелудченко В.В. Аналіз особливостей експлуатації, які впливають на керуваність та стійкість руху автомобілів з АБС. / В.В. Шелудченко // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Выпуск 24. Технические науки.– Симферополь: НИЦ КИПУ, 2010/

## REFERENCES

1. Dynamyka avtomobylia/ M.A. Podryhalo, V.P. Volkov, A.A. Boboshko y dr.– Kharkov, yzd-vo KhNADU, 2008.– 452 s.
2. Roman Modla, Vasyl Brytkovskyi, Oleksandr Sorochynskyi. Diahnostuvannia elektronnykh system zapaliuvannia benzynovykh dvyhuniv avtomobiliv // Teoriia ta praktyka ratsionalnoho proektuvannia, vyhotovlennia i ekspluatatsii mashynobudivnykh konstruksii : materialy 6-oi Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii (Lviv, 25–26 zhovtnia 2018 r.). – 2018. – С. 143–145.
3. Diachuk M.V. Modelyrovanye antyblokyrovochnoi systemy kolesa / M.V. Diachuk, D.Y. Petrenko / Zb. nauk. pr.: Intensyfikatsiia robochykh protsesiv budivelnnykh ta dorozhnykh mashyn. – Dn-vsk: PDABA, 2011.– Vyp. 63. – S. 236
4. Sheludchenko V.V. Analiz osoblyvostei ekspluatatsii, yaki vplyvaiut na kerovanist ta stiikist rukhu avtomobiliv z ABS. / V.V. Sheludchenko // Uchenye zapysky Krymskoho ynzhenerno-pedahohycheskoho unyversyteta. Выпуск 24. Tekhnnycheskye nauky.– Symferopol: NYTs KYPU, 2010.

UDC 629.3.083

**SIGNAL SIMULATOR OF THE ELECTRONIC CONTROL BLOCK OF ABS LABORATORY STAND ON THE BASIS OF OPEL VECTRA**

R.M. Modla<sup>1</sup>, A.Г. Pavelchak<sup>1</sup>, I.M. Kovala<sup>1</sup>, V.M. Brytkovskyi<sup>1</sup>, O.M. Sorochinsky<sup>2</sup>

<sup>1</sup> National University “Lviv Polytechnic”, 12, S. Bandera St., Lviv, 79013, Ukraine,

<sup>2</sup> Ukrainian Academy of Printing, 19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine

*In the work, the simulator of sensor signals and actuators of the electronic antiblocking system of the laboratory stand on the basis of Opel Vectra A vehicle in the MATLAB environment has been developed. The simulator allows you to model different modes of operation and malfunction with subsequent diagnosis using automobile scanners. Using the suggested results allows students to further explore the electronic antiblocking system of the car at different operating modes.*

**Keywords:** antiblocking system, active car security, car control systems, simulation modeling.

*Стаття надійшла до редакції 22.02.2018*

*Received 22.02.2018*

**Practical Significance.** The results of the work can be applied in the development of methods of adaptive management of resources in network devices for specialized multiservice telecommunication networks with high requirements for the efficiency and guarantee the exchange of information within the tendency to create networks of the new generation.

**UDC 629.3.083**

**SIGNAL SIMULATOR OF THE ELECTRONIC CONTROL BLOCK OF  
ABS LABORATORY STAND ON THE BASIS OF OPEL VECTRA**

R.M. Modla<sup>1</sup>, A.Г. Pavelchak<sup>1</sup>, I.M. Kovala<sup>1</sup>, V.M. Brytkovskyi<sup>1</sup>,  
O.M. Sorochinsky<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*National University "Lviv Polytechnic" 12, S. Bandera St., Lviv, 79013, Ukraine,*

<sup>2</sup>*Ukrainian Academy of Printing 19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine  
roman.modla@ukr.net*

**Research Methodology.** Different methods of signal simulation of automobile electronic control units have been analyzed. Modeling an automobile ABS is to compile a car dynamic model, an algorithm for the antiblocking system for each wheel, the modeling of the executive part of ABS, and contact interaction of the road wheel with the road surface. When implementing the simulator of signals, the flat dynamics of a car wheel in the braking mode has been used. Simulation of ABS signals is done using the Simulink application in the MATLAB environment.

**Results.** In the work the simulator of sensor signals and actuators of the electronic antiblocking system of the laboratory stand on the basis of Opel Vectra A vehicle in the MATLAB environment has been developed. The simulator allows you to model different modes of operation and malfunction with subsequent diagnosis using automobile scanners.

**Novelty.** The novelty of the study is the new approach to the creation of a dynamic ABS vehicle model. The simulator provides a flexible system for forming the signals of sensors and actuators using the Simulink application in the MATLAB environment.

**Practical Significance.** The realized simulator is an integral part of the training stand on the basis of the Opel Vectra automobile and it is used in the educational process for the training of automobile electronics specialists at the Department of Computerized Automation Systems at National University "Lviv Polytechnic". The method can be used at service stations during repairing and diagnostics of ABS of a car.