

УДК 626.018

UDC 626.018

## STANOWISKO BADAWCZE UKŁADU HAMULCOWEGO

BALAWENDER Krzysztof, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska, kbalawen@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0002-1219-8611

JAWORSKI Artur, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska, ajaworsk@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0002-1599-1711

KRZEMIŃSKI Artur, mgr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska, artkrzem@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0003-4733-7308

## THE TEST STAND OF THE BRAKING SYSTEM

BALAWENDER Krzysztof, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland, kbalawen@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0002-1219-8611

JAWORSKI Artur, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland, ajaworsk@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0002-1599-1711

KRZEMIŃSKI Artur, Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland, artkrzem@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0003-4733-7308

## СТЕНД ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ

БАЛАВЕНДЕР Кшиштоф, кандидат технічних, наук Жешовська Політехніка, Жешув, Польща, kbalawen@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0002-1219-8611

ЯВОРСКИ Артур, кандидат технічних наук, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща, ajaworsk@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0002-1599-1711

КЖЕМІНЬСКИ Артур, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща, artkrzem@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0003-4733-7308

## WSTĘP

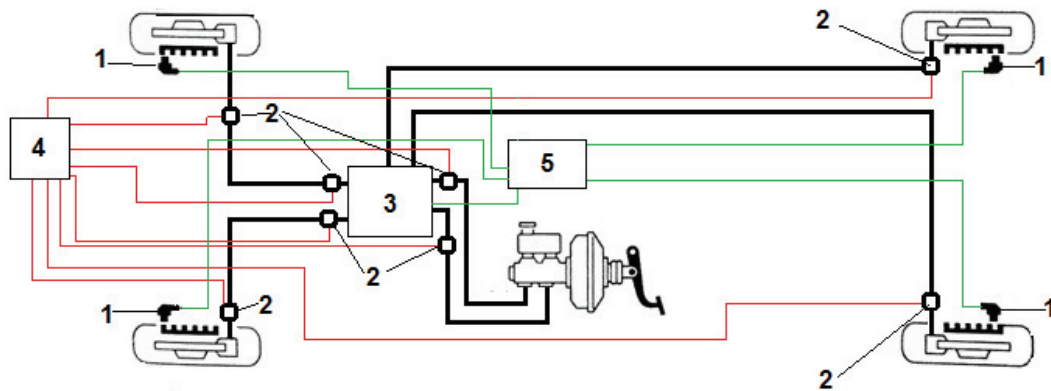
W związku z dążeniem do poprawy bezpieczeństwa ruchu samochodów doskonałe są układy funkcjonalne pojazdów samochodowych. Szczególne znaczenie w tym zakresie obejmują układy hamulcowe, które we współczesnych samochodach nie tylko są stosowane do zmniejszenia prędkości oraz zatrzymania samochodów [1,4], ale także do poprawy stateczności ruchu (ESP) oraz ograniczania poślizgu kół napędowych (ASR). Sterowniki układów hamulcowych posiadają coraz bardziej zaawansowane algorytmy sterowania modulacją ciśnienia płynu w układzie hamulcowym aby zapewnić jak największą skuteczność hamowania podczas jazdy na nawierzchniach o różnych przyczepnościach.

Do oceny działania układu hamulcowego prowadzone są testy w warunkach drogowych oraz badania stanowiskowe [2,3], które najczęściej są ograniczone do pomiarów miar skuteczności działania hamulców oraz stateczności ruchu podczas hamowania. Bardzo istotne są również parametry pracy układów przeciwblokujących (przeciwpoślizgowych), do których można zaliczyć: ciśnienie płynu hamulcowego w układzie i jego zmiany, zakresy poślizgów regulacji ciśnienia oraz prędkości obrotowe kół. Analiza tych parametrów możliwa jest w zależności od ich dostępności, uzależnionej od producenta i stosowanego testera diagnostycznego, a dodatkowo niezbędne jest przeprowadzenie szeregu badań drogowych.

Mając powyższe na uwadze, autorzy podjęli próbę opracowania stanowiska badawczego, które pozwala na przeprowadzenie badań układu hamulcowego w zakresie oceny działania systemów regulacji ciśnienia w warunkach stanowiskowych.

## CHARAKTERYSTYKA STANOWISKA BADAWCZEGO UKŁADU HAMULCOWEGO

Stanowisko badawcze układu hamulcowego zostało opracowane na układzie hamulcowym samochodu osobowego wyposażonego w system ABS. Dzięki zastosowaniu czujników i karty pomiarowej połączonej z komputerem PC, możliwe jest ciągle monitorowanie ciśnienia płynu hamulcowego w wybranych punktach układu hamulcowego. Schemat stanowiska został przedstawiony na rys. 1.



Rysunek 1 – Schemat układu hamulcowego stanowiska badawczego: 1 – czujniki prędkości, 2 – przetworniki ciśnienia, 3 – modulator elektrohydrauliczny ABS, 4 – karta pomiarowa zbierająca dane z przetworników ciśnienia, 5 – sterownik modulatora ABS

Figure 1 – Scheme of the test stand of braking system: 1 – speed sensors, 2 – pressure transmitters, 3 – ABS electrohydraulic modulator, 4 – measurement card collecting data from pressure transducers, 5 – ABS modulator driver

Ponieważ stanowisko badawcze ma charakter stacjonarny, sygnały z czujników kół układu ABS zostały zastąpione sygnałami z czterokanałowego generatora. Dzięki zastosowaniu tego typu rozwiązań, możliwe są badania wpływu sygnałów sterujących układem ABS na wartości ciśnień w układzie hamulcowym w różnych warunkach poślizgu kół pojazdu.

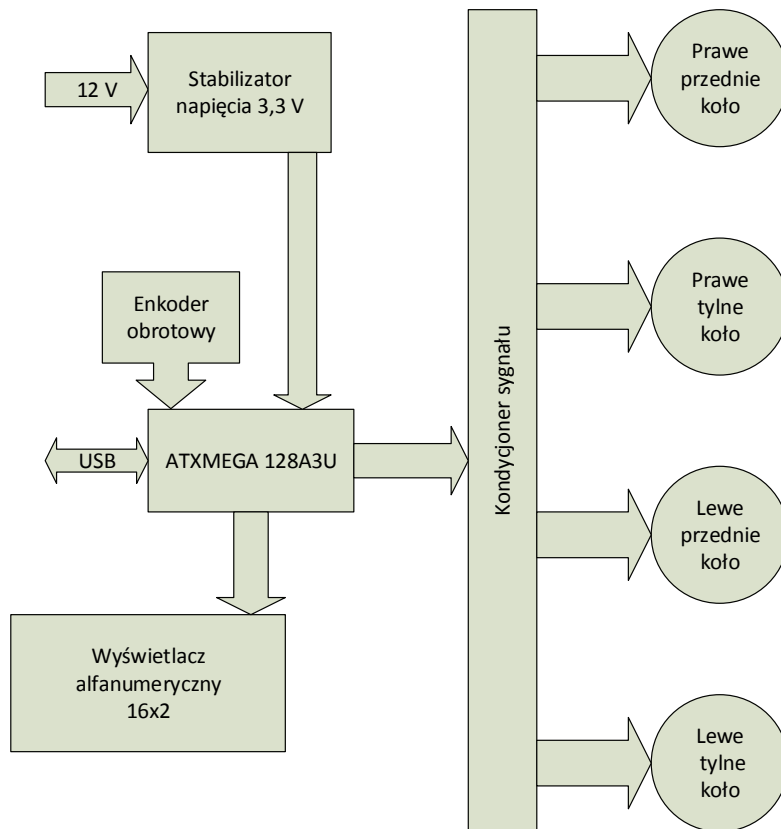
#### EMULATOR CZUJNIKÓW PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ KÓŁ UKŁADU ABS

Emulator został zbudowany jako czterokanałowy generator sygnałów o przebiegu prostokątnym. Umożliwia on generowanie sygnałów elektrycznych o określonej częstotliwości, co odpowiada określonej prędkości obrotowej kół pojazdu. Częstotliwość ta może być zmieniana w szerokim zakresie za pomocą enkodera obrotowego. Układ elektroniczny generatora umożliwia także zmianę częstotliwości sygnału dla określonej grupy kół lub wybranego koła. Schemat blokowy urządzenia został przedstawiony na rys. 2.

Głównym elementem układu jest mikrokontroler ATXMEGA 128A3U, zasilany z akumulatora pojazdu za pośrednictwem układu stabilizacji napięcia. Do mikrokontrolera podłączony został wyświetlacz LCD, umożliwiający wyświetlanie po 16 znaków w dwóch wierszach a także enkoder obrotowy z przełącznikiem monostabilnym, co umożliwia zadawanie określonych parametrów regulacyjnych generatora. Sygnały wyjściowe mikrokontrolera są kierowane do kondycjonera sygnału, który umożliwia regulację napięcia sygnałów wyjściowych w zakresie od 0 do 3,3 V. Sygnały te podłączone są w miejsce czujników prędkości kół układu hamulcowego samochodu. Opcjonalnie mikrokontroler może zostać połączony z komputerem PC za pomocą złącza USB.

Zarówno prędkość obrotowa, jak i wybrane kanały do regulacji są wyświetlone na ekranie wyświetlacza LCD. Na rys. 3 został przedstawiony wyświetlacz LCD – regulacja prędkości obrotowej dla przedniego, prawego koła (prędkość obrotowa koła równa 416 obr/min).

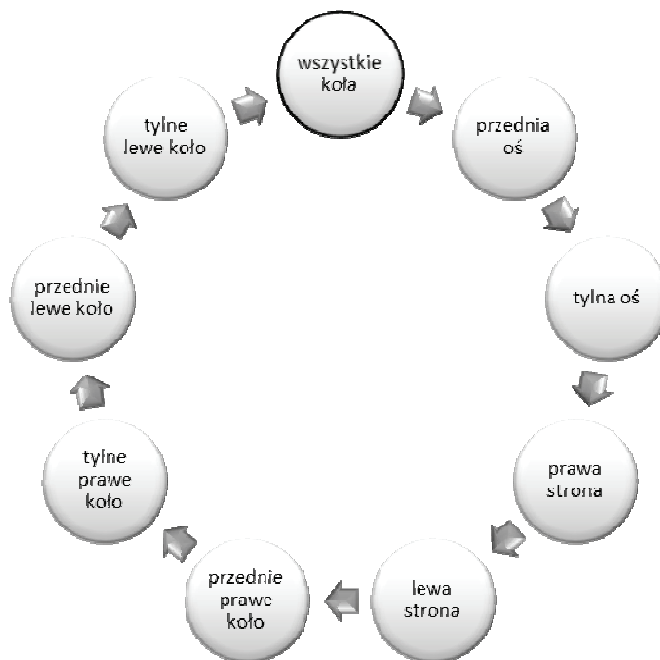
Wyboru regulacji prędkości obrotowej dla poszczególnych kół dokonuje się za pomocą enkodera, zgodnie ze schematem na rys. 4.



Rysunek 2 – Schemat blokowy generatora sygnału do emulacji czujników prędkości obrotowej kół pojazdu  
 Figure 2 – Block diagram of a signal generator for emulating wheel speed sensors of a vehicle

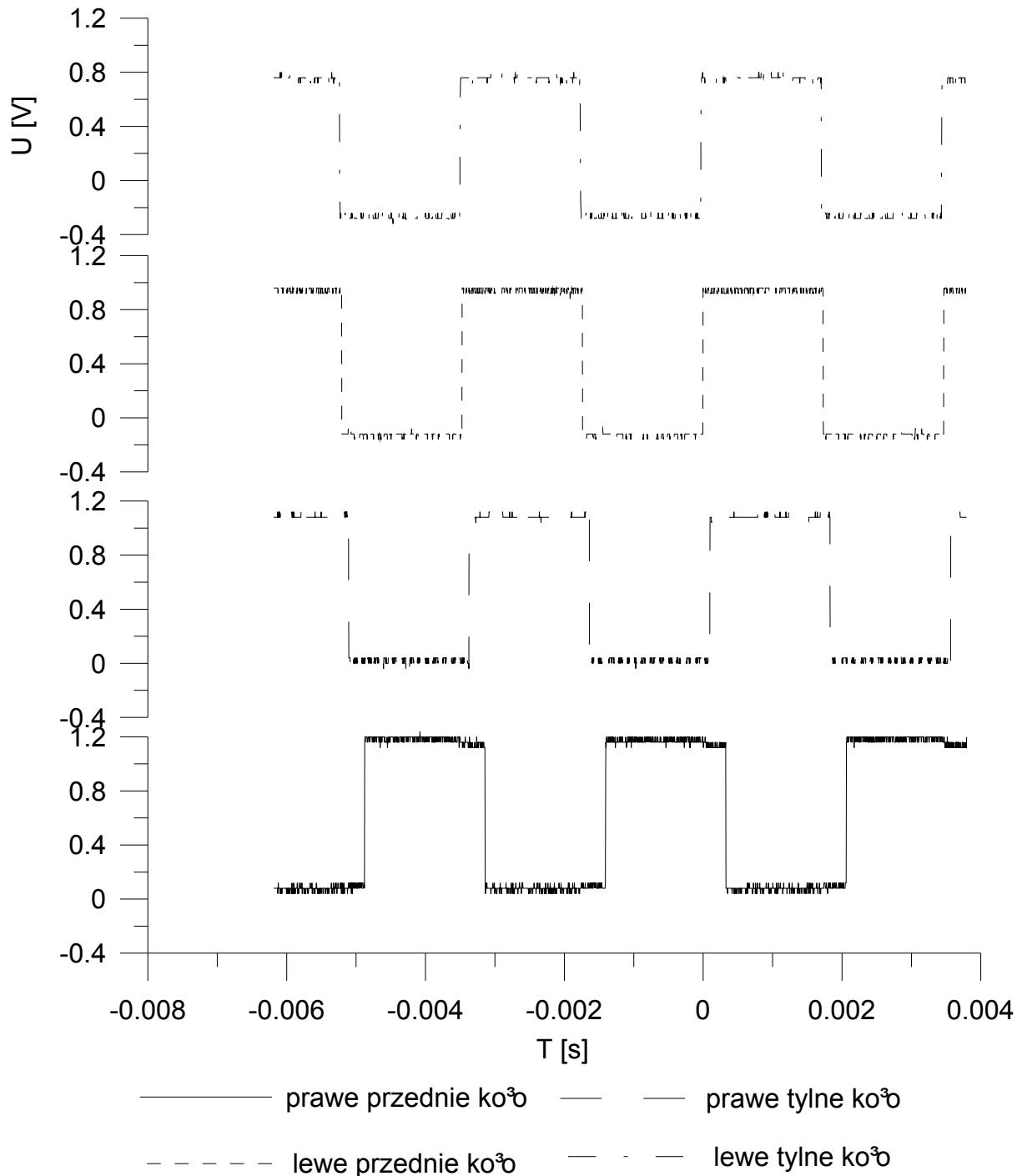


Rysunek 3 – Wyświetlacz LCD generatora sygnałów prędkości obrotowej kół układu ABS  
 Figure 3 – LCD display of the ABS wheel speed signal generator



Rysunek 4 – Schemat wyboru kanałów regulacji dla generatora sygnałów prędkości obrotowych kół  
 Figure 4 – Diagram of choice of control channels for the generator of wheel speed signals

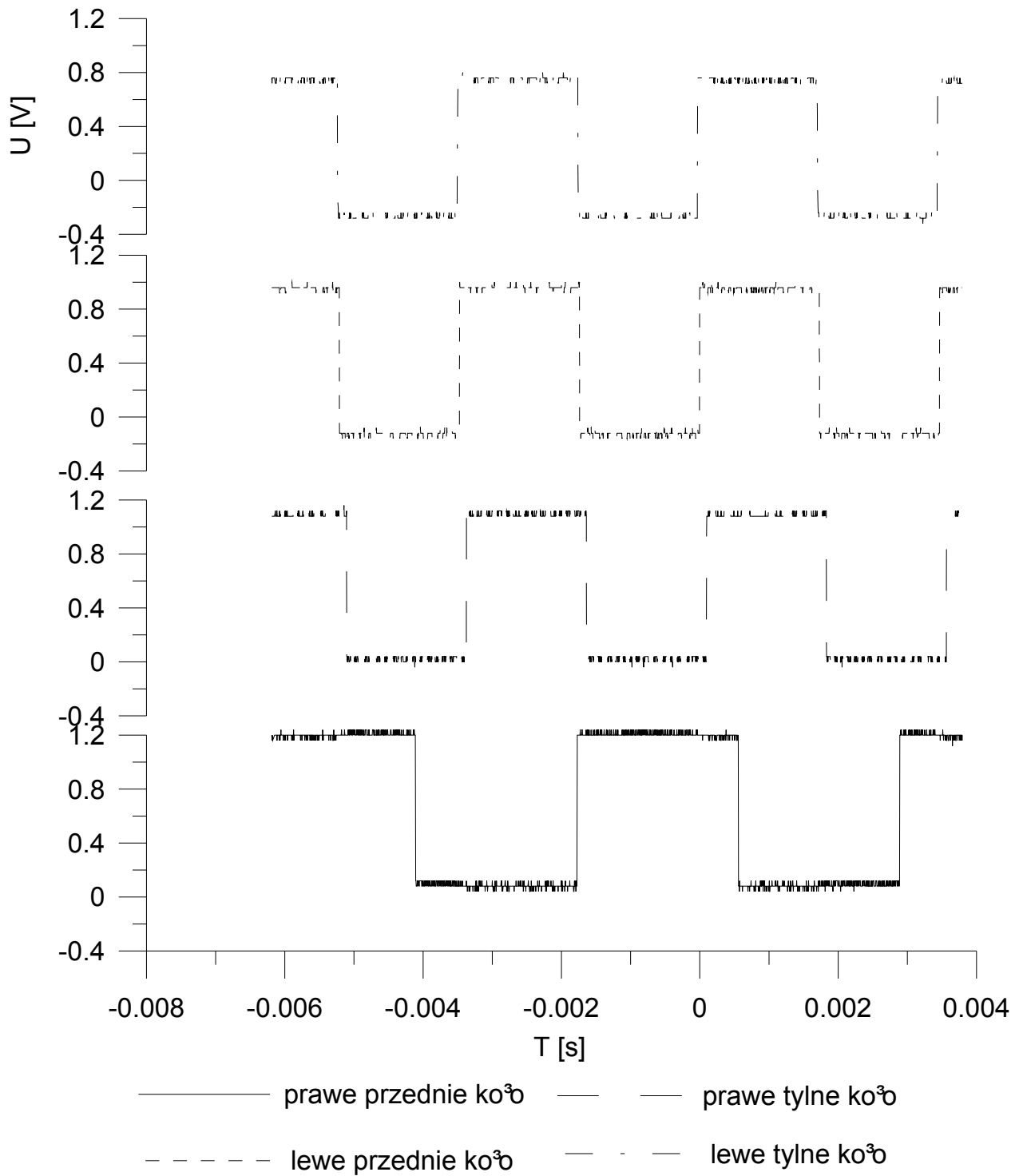
Po uruchomieniu generatora możliwe jest ustalenie prędkości obrotowej wszystkich kół pojazdu (rys. 5). Regulacja możliwa jest w zakresie od 0 do 2000 obr/min, co odpowiada prędkości pojazdu (z kołami 195/65/15”) od 0 do ponad 200 km/h. Następnie możliwy jest wybór określonej grupy lub pojedynczego koła wg schematu na rys. 4 i ustawienie wybranej prędkości obrotowej koła.



Rysunek 5 – Przebiegi sygnałów elektrycznych w przypadku jednakowej prędkości wszystkich czterech kół pojazdu

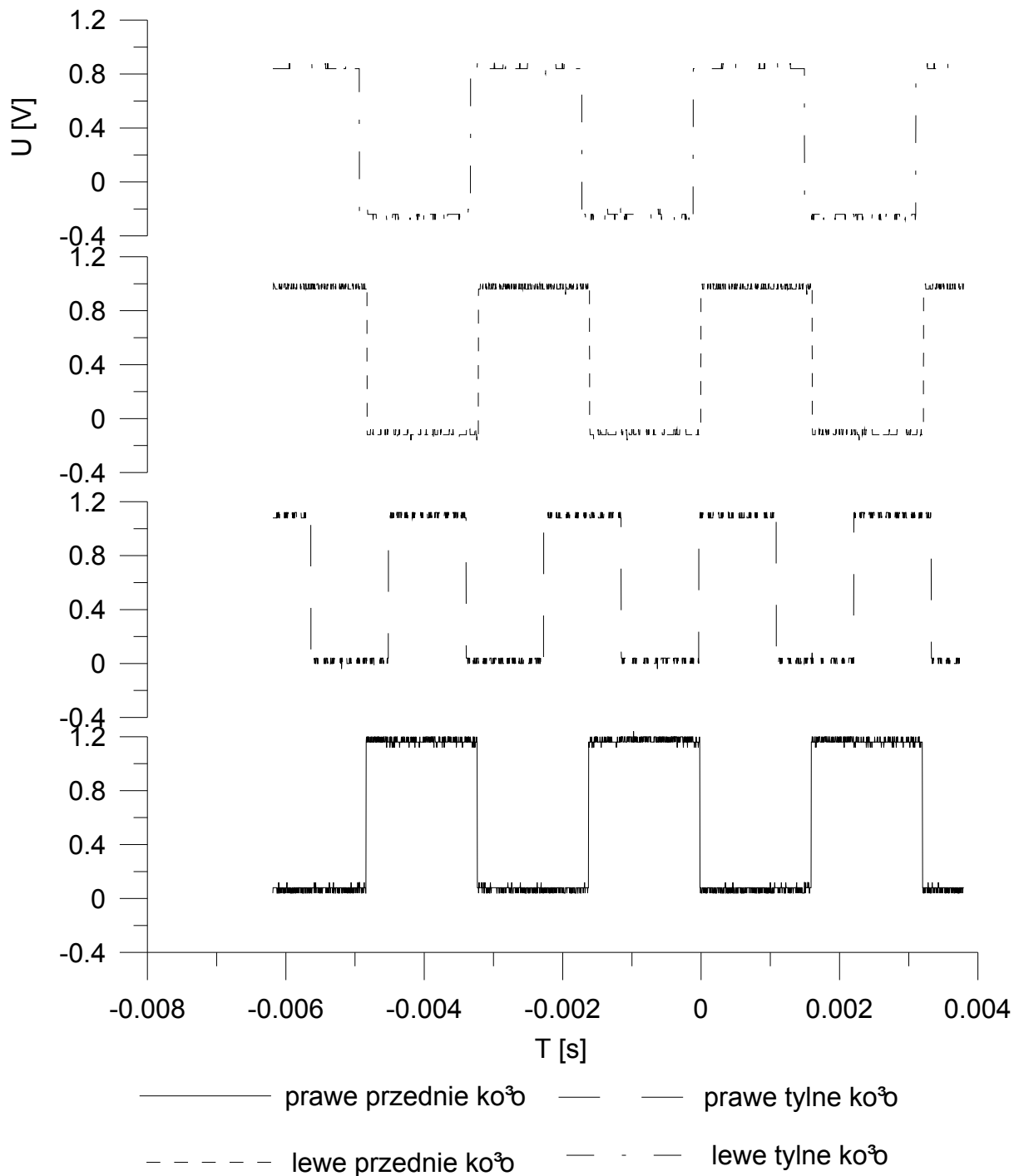
Figure 5 – The waveforms of electric signals at the same speed of all four wheels of the vehicle

Na rys. 6 przedstawiono przebieg sygnałów elektrycznych dla jednego z kół nienapędzanych będących w poślizgu. Częstotliwość sygnału dla przedniego prawego koła jest znacznie mniejsza niż pozostałych kół. Sytuacja taka ma miejsce jeżeli koło wpadnie w poślizg i ma mniejszą prędkość obrotową niż pozostałe koła. Jeżeli w poślizg wpada koło napędzane, wówczas zwiększa się jego prędkość obrotowa. Sygnały elektryczne takiego przypadku zostały przedstawione na rys. 7.



Rysunek 6 – Przebiegi sygnałów elektrycznych w przypadku gdy przednie prawe koło ma mniejszą prędkość obrotową niż pozostałe koła

Figure 6 – The waveforms of electric signals when the front right wheel has a lower speed than the other wheels



Rysunek 7 – Przebiegi sygnałów elektrycznych w przypadku gdy tylne prawe koło ma większą prędkość obrotową niż pozostałe koła

Figure 7 – The waveforms of electric signals when the rear right wheel has a higher speed than the other wheels

#### PODSUMOWANIE

Opracowane stanowisko pozwala na badania identyfikacyjne układu hamulcowego w zakresie analizy ciśnień w obwodach układu, dla różnych warunków wymuszeń symulujących poślizgi kół. W porównaniu do badań drogowych, testy na stanowisku mogą być realizowane w krótszym czasie, przy niższych kosztach i zachowaniem bezpiecznych warunków. W przyszłości planowana jest rozbudowa stanowiska w zakresie:

- implementacji dodatkowych kanałów generatora, umożliwiających symulację sygnału prędkości obrotowej silnika i prędkości pojazdu z czujnika umieszczonego w skrzyni biegów,
- zwiększenia zakresu regulacji napięcia sygnału wyjściowego generatora,
- połączenia układu generatora z komputerem PC za pomocą złącza USB,

- opracowania interfejsu graficznego na komputer PC w celu umożliwienia sterowania generatorem (także w sposób dynamiczny oraz zapewniającym odpowiednie prędkości kół przy jeździe na wprost i na zakrętach) i synchronizacji odczytanych danych z czujników ciśnienia układu hamulcowego z sygnałami generatora,
- przystosowania generatora do pracy z różnymi typami pojazdów wyposażonych w systemy bezpieczeństwa takie jak: ABS, ASR i ESP,
- odczytu prędkości obrotowej wybranego koła pojazdu i generowanie sygnałów dla pozostałych kół.

#### REFERENCES

1. Konwencjonalne i elektroniczne układy hamulcowe. Informator techniczny BOSCH, WKiŁ, Warszawa 2015.
2. Orzełowski S. (1995). Eksperymentalne badania samochodów i ich zespołów. WNT, Warszawa 1995.
3. Sitek, K. (2008). Diagnostyka układów hamulcowych. Poradnik serwisowy nr 4/2008. Grupa Wydawnicza Instalator Polski. Warszawa 2008.
4. Wicher, J. (2012). Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego WKiŁ, Warszawa 2012.

#### STRESZCZENIE

BALAWENDER Krzysztof, JAWORSKI Artur, KRZEMIŃSKI Artur. Stanowisko badawcze układu hamulcowego / K. BALAWENDER, A. JAWORSKI, A. KRZEMIŃSKI // Wisnyk Narodowego Uniwersytetu Transportu. Seria "Nauki techniczne". – K. : NTU, 2018. – № 3(42).

W pracy przedstawiono charakterystykę stanowiska do badań układu hamulcowego z elektrohydraulicznymi modulatorami ciśnienia. Sygnały z czujników prędkości kół układu ABS zostały zastąpione sygnałami z czterokanałowego generatora, dzięki czemu stanowisko badawcze ma charakter stacjonarny. Zastosowanie tego typu rozwiązań, umożliwi badania wpływu sygnałów sterujących układu ABS na wartości ciśnień w układzie hamulcowym, w różnych warunkach poślizgu kół pojazdu.

#### РЕФЕРАТ

БАЛАВЕНДЕР Кшиштоф, ЯВОРСКИ Артур, КЖЕМИŃСКИ Артур. Стенд для випробування гальмівної системи / К. БАЛАВЕНДЕР, А. ЯВОРСЬКИ, А. КРЖЕМИŃСКИЙ // Вісник Національного транспортного університету. Серія "Технічні науки". Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

В статті розглядається робота концептуального гальмівного стенда для перевірки гальм автомобіля з додатковими системами безпеки.

Об'єкт дослідження – гальмівний стенд для перевірки гідравлічних гальм автомобіля.

Мета роботи – вивчення впливу сигналів керування ABS на значення тиску в гальмівній системі в різних умовах кочення коліс автомобіля.

Метод дослідження – експериментальне дослідження шляхом емуляції сигналів від датчиків частоти обертання коліс за допомогою чотирьох каналного генератора.

У зв'язку з бажанням поліпшити безпеку автомобільного руху, поліпшуються функціональні системи автомобілів. Особливе значення в цьому відношенні мають гальмівні системи, які в сучасних автомобілях використовуються не тільки для зниження швидкості і зупинки автомобілів, але і для підвищення стійкості руху і зменшення ковзання ведучих коліс. Контролери гальмівних систем мають все більш сучасні алгоритми управління модуляцією тиску рідини в гальмівній системі, щоб забезпечити максимальну ефективність гальмування при русі на різних поверхнях.

Для оцінки ефективності гальмівної системи випробування проводяться в дорожніх умовах і стендових випробуваннях, які найчастіше обмежуються вимірюванням показників ефективності гальмування і стабільності під час гальмування.

Експлуатаційні параметри антиблокувальних систем також дуже важливі, включаючи тиск гальмівної рідини в системі і її зміни, діапазони регулювання тиску і швидкість обертання колеса.

Аналіз цих параметрів можливий в залежності від їх доступності, від виробника і використовуваного діагностичного тестера, і, крім того, необхідно провести серію дорожніх випробувань.

Беручи до уваги вищевикладене, в статті представлено концептуальну модель випробувального стенду, який дозволяє тестувати гальмівну систему в області оцінки роботи систем управління тиском, що базується на аналізі сигналів керування ABS на значення тиску в гальмівному контурі.

Переваги даного стенду обумовлені можливістю використовувати його як в дорожніх так і стендових випробуваннях гальм, а також можливість більш детально перевірити ефективність роботи додаткових систем на прикладі ABS, ESP та ін.

Результати роботи можуть бути впроваджені в стандарти або методи випробування гідравлічних гальмівних систем автомобілів за дорожнім або стендовим (лабораторним) методом.

Прогнозовані припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – натуральні випробування розробленого стенда і пошук допустимих меж його застосування.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** АНТИБЛОКУВАЛЬНА СИСТЕМА, ГАЛЬМІВНА СИСТЕМА, ЕФЕКТИВНІСТЬ ГАЛЬМ, СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТИСКОМ.

#### ABSTRACT

BALAWENDER K., JAWORSKI A., KRZEMIŃSKI A. The test stand of the braking system. Visnyk of National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

The article considered the work process of the conceptual braking system test stand for testing the vehicle's brakes with additional safety systems.

The object of the research is a braking system test stand for testing the vehicle's hydraulic brakes.

The purpose of the work is to study the influence of ABS signals on the value of pressure at the braking system during different vehicle wheels' rolling conditions.

The research method is an experimental study by emulating signals from the wheel speed sensors using a four-channel generator.

In connection with the desire to improve the motor vehicles safety, their functional systems are improving too. The braking systems at this respect has a particular importance. Modern braking system are used not only to reduce the speed and stop a vehicle, but also to improve the stability of motion and reduce the driving wheels sliding. The braking system controllers have increasingly modern algorithms for controlling fluid pressure modulation to provide maximum braking performance while traveling on different surfaces.

In order to assess the efficiency of the braking system, tests are carried out in road conditions and bench tests, which are often limited to measuring braking performance and stability during braking.

The assessment of the effectiveness of the braking system is carried out using road and stand tests, which are mostly limited by measuring the performance of braking and driving stability during braking.

Operating parameters of anti-block systems are also very important, including the fluid pressure at brake system and its changes, ranges of pressure regulation and wheel rotation speed. The analysis of these parameters is possible depending on their availability, from the manufacturer and the diagnostic tester used, and, moreover, it is necessary to conduct a series of road tests.

Taking into account the foregoing, a conceptual model of the braking system test stand, which allows testing the braking system by evaluating the operation of pressure control systems based on the analysis of ABS control signals on the pressure value in the brake circuit, is presented in the article.

The advantages of this stand are due to the possibility of using it both in road and stand tests of brakes, as well as the possibility to check more detail the performance of additional systems on the example of ABS, ESP, etc.

The results of the work can be implemented in the standards or methods of testing the hydraulic braking systems of cars by road or stand (laboratory) method.

Predictable assumptions about the development of the research object are natural tests of the developed stand and the search for admissible limits of its application.

**KEYWORDS:** ANTI-BLOCKING SYSTEM, BRAKING SYSTEM, BRAKE EFFICIENCY, PRESSURE CONTROL SYSTEM.



AUTOR:

BALAWENDER Krzysztof, dr inż., Politechnika Rzeszowska, adiunkt, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, e-mail: kbalawen@prz.edu.pl, tel.: +48178651588, 35-959, Rzeszów, Polska, Al. Powstańców Warszawy 12, orcid.org/0000-0002-1219-8611.

JAWORSKI Artur, dr inż., Politechnika Rzeszowska, adiunkt, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, e-mail: ajaworsk@prz.edu.pl, tel.: +48178651506, 35-959, Rzeszów, Polska, Al. Powstańców Warszawy 12, orcid.org/0000-0002-1599-1711.

KRZEMIŃSKI Artur, mgr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, e-mail: artkrzem@prz.edu.pl, tel.: +48178651509, 35-959, Rzeszów, Polska, Al. Powstańców Warszawy 12, orcid.org/0000-0003-4733-7308

АВТОРИ:

БАЛАВЕНДЕР Кшиштоф, кандидат технічних наук, Жешовська Політехніка, доцент кафедри двигунів внутрішнього згорання і транспорту, e-mail: kbalawen@prz.edu.pl, тел.: +48178651588, 35-959, Жешув, Польща, бульвар Повстанців Варшави 12, orcid.org/0000-0002-1219-8611

ЯВОРСКИ Артур, кандидат технічних наук, Жешовська Політехніка, доцент кафедри двигунів внутрішнього згорання і транспорту, e-mail: ajaworsk@prz.edu.pl, тел.: +48178651506, 35-959, Жешув, Польща, бульвар Повстанців Варшави 12, orcid.org/0000-0002-1599-1711

КЖЕМИŃСКИ Артур, магістр, Жешовська Політехніка, кафедра двигунів внутрішнього згорання і транспорту, e-mail: artkrzem@prz.edu.pl, tel.: +48178651509, 35-959, Жешув, Польща, бульвар Повстанців Варшави 12, orcid.org/0000-0003-4733-7308

AUTHORS:

BALAWENDER Krzysztof, PhD, Rzeszow University of Technology, associate professor of the internal combustion engines and transport department, e-mail: kbalawen@prz.edu.pl, tel.: +48178651588, 35-959, Rzeszow, Poland, Av. Powstancow Warszawy 12, orcid.org/0000-0002-1219-8611.

JAWORSKI Artur, PhD, Rzeszow University of Technology, associate professor of the internal combustion engines and transport department, e-mail: ajaworsk@prz.edu.pl, tel.: +48178651506, 35-959, Rzeszow, Poland, Av. Powstancow Warszawy 12, orcid.org/0000-0002-1599-1711.

KRZEMIŃSKI Artur, Rzeszow University of Technology, department of internal combustion engines and transport, e-mail: artkrzem@prz.edu.pl, tel.: +48178651509, 35-959, Rzeszow, Poland, Av. Powstancow Warszawy 12, orcid.org/0000-0003-4733-730.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілів, Київ, Україна.

Воевода Павел, кандидат технічних наук, Жешувська політехніка, доцент кафедри двигунів внутрішнього згорання і транспорту, Жешув, Польща.

REVIEWER:

Sakhno V.P, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, head of automobile department, Kyiv, Ukraine.

Woyevoda Pavel, PhD., Rzeszow University of Technology, associate professor of the internal combustion engines and transport department, Rzeszow, Poland.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Сахно В.П., доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, заведующий кафедрой автомобилей, Киев, Украина.

Воевода Павел, кандидат технических наук, Жешувского политехника, доцент кафедры двигателей внутреннего сгорания и транспорта, Жешув, Польша.