

Symulacja układów bezpieczeństwa czynnego pojazdów samochodowych z wykorzystaniem oprogramowania komputerowego

Sebastian Styła, Artur Boguta, Andrzej Sumorek, Marek Horyński, Marcin Buczaj

Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej, Politechnika Lubelska,
20-618 Lublin, Nadbystrzycka 38a; e-mail: s.styla@pollub.pl

Streszczenie. Symulacja elektronicznych obwodów występujących we współczesnych pojazdach jest niezwykle trudna ze względu na ich złożony charakter. Odzworowanie rzeczywistych zależności i procesów występujących w danym układzie jest ważne z punktu widzenia przeprowadzania badań modelowych oraz w procesie dydaktycznym.

W artykule zaprezentowano wirtualne modele laboratoryjne symulujące działanie systemów bezpieczeństwa czynnego pojazdów samochodowych. Przedstawiono budowę modeli: przeciwblokowania kół pojazdu ABS, przeciwpoślizgowego ASR oraz stabilizacji toru jazdy ESP. Do budowy modeli wykorzystano oprogramowanie komputerowe LabView firmy National Instruments. **Słowa kluczowe:** bezpieczeństwo czynne, ABS, ASR, ESP, symulacja komputerowa, modelowanie.

WPROWADZENIE

Obecnie nikt nie wyobraża sobie życia bez komputerów. Zawładnęły one praktycznie wszystkimi dziedzinami życia. Od kilku lat można zaobserwować ich znaczącą rolę w badaniach naukowych oraz dydaktyce. Nowe podejście do tworzenia modeli laboratoryjnych maszyn, urządzeń lub nawet całych procesów technologicznych sprawiło, że coraz częściej tworzone jest specjalistyczne oprogramowanie dedykowane dla konkretnych zastosowań. Obecnie wiele prac badawczych dotyczących opracowywania nowych technologii oraz rozwiązań konstrukcyjnych oparte jest na modelach wirtualnych [5, 9, 10, 11, 14, 18, 19, 23, 24, 26]. Takie podejście charakteryzuje się możliwością odzworowania wielu zmiennych bez konieczności ponoszenia olbrzymich kosztów związanych z wykonaniem symulacji oraz tworzeniem fizycznych modeli laboratoryjnych. Ponadto wykorzystanie techniki komputerowej odgrywa znaczącą rolę w procesie dydaktycznym. Zastosowanie symulacji komputerowej przyczynia się do podniesienia jakości i efektywności kształcenia przyszłych absolwentów. Obecnie coraz więcej

jednostek naukowo-dydaktycznych wykorzystuje ten rodzaj tworzenia modeli laboratoryjnych poszerzając swoją ofertę edukacyjną [1, 13, 20, 25]. Ze względu na wierne odzwierciedlenie poszczególnych zależności i powiązania między elementami danego urządzenia, maszyny lub procesu ważne jest odpowiednie przygotowanie takiego modelu laboratoryjnego. W procesie przygotowawczym można wyróżnić trzy etapy: projektowania, budowy i walidacji modelu [6].

Właśnie takie podejście dosyć często wykorzystywane jest w badaniach elementów bardzo złożonych. Przedstawione w niniejszej pracy rozwiązania są tylko przykładowym podejściem do problemu tworzenia wirtualnych stanowisk symulujących złożone systemy bezpieczeństwa czynnego pojazdów samochodowych. Modele te wykorzystywane są w obecnej chwili w procesie badawczo-dydaktycznym na uczelni wyższej i zostały wykonane z wykorzystaniem oprogramowania komputerowego Lab View firmy National Instruments [22].

Mianem bezpieczeństwa czynnego pojazdów określa się zespół urządzeń oraz czynników wpływających na zmniejszenie ryzyka kolizji lub wypadku. Systemy te należą do tzw. grupy systemów Advanced Vehicle Control Systems, czyli systemów zaawansowanego sterowania pojazdem, które wspomagają decyzje kierowcy i korygują jego błędy. Należą do nich m. in. takie układy jak: ABS, ASR, ESP. Ze względu na swoją popularność są one szeroko opisane w pozycjach literaturowych [3, 4, 8, 12, 16, 17]. Do ich poprawnego działania wymagana jest duża liczba sygnałów dostarczanych m. in. przez czujniki: prędkości obrotowej, przyspieszeń poprzecznych, kąta obrotu, itp [2, 7]. Mimo wielu różnic konstrukcyjnych opracowanych przez poszczególnych producentów samochodów zasada działania wszystkich systemów jest podobna.

UKŁAD PRZECIWBLOKOWANIA KÓŁ ABS

ABS (ang. Anti-lock Braking System) jest systemem zapobiegającym blokowaniu kół podczas procesu hamowania.

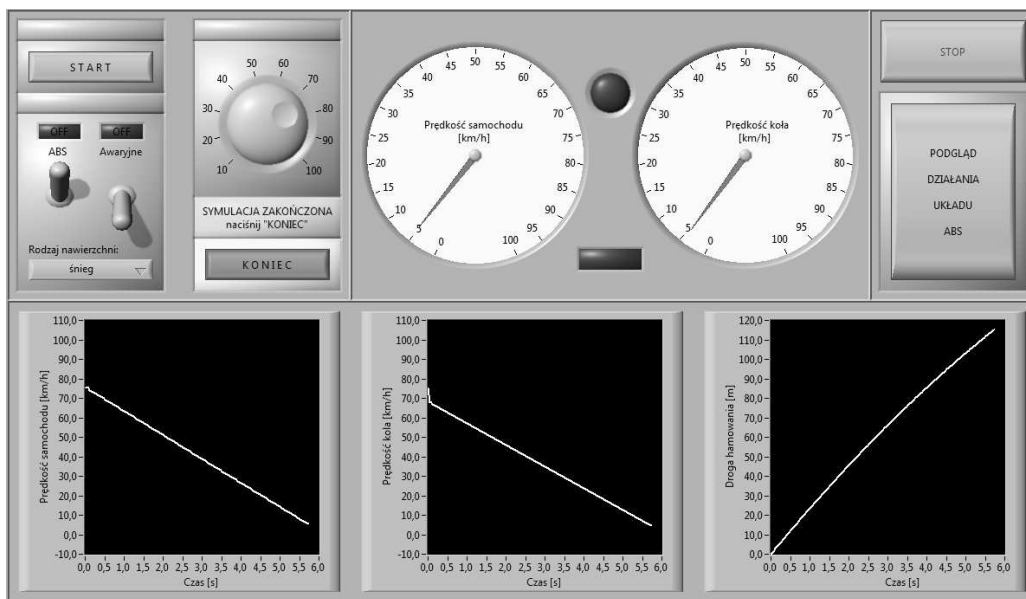
Daje to możliwość manewrowania pojazdem podczas wciśnięcia pedału hamulca i omijania przeszkód znajdujących się na drodze, z jednoczesnym wyhamowywaniem pojazdu.

Przedstawiony model symulujący działanie układu przeciwblokującego koła ABS daje możliwość obserwacji wpływu rodzaju nawierzchni, rodzaju hamowania oraz dynamicznie zmieniających się warunków drogowych na prędkość samochodu, a także czas i drogę hamowania. Dane te są wyświetlane w postaci charakterystyk czasowych. W programie uwzględnione zostały rzeczywiste współczynniki przyczepności opon pojazdu do nawierzchni. Zakres działania układu ABS zawiera się w granicach 10-30% wartości poślizgu, tak jak występuje to w samochodzie.

Program symulacyjny (rys. 1) umożliwia obserwację wyników w zależności od dynamicznie zmieniających się

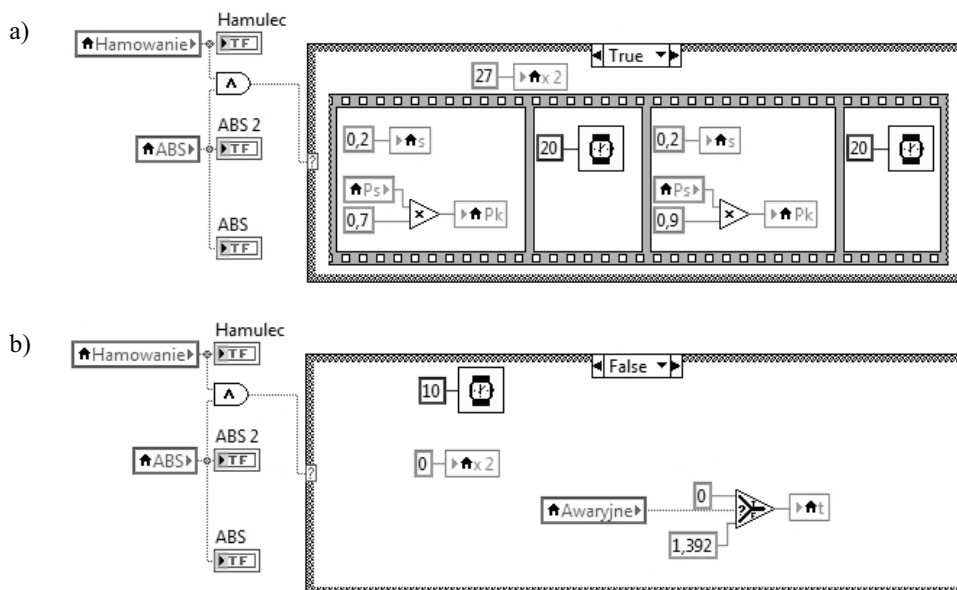
warunków jazdy: rodzaju nawierzchni (asfalt suchy lub mokry, śnieg, lód). Funkcja ta została zrealizowana poprzez wprowadzenie do programu charakterystyk uwzględniających różną przyczepność opon samochodu do nawierzchni drogi. Użyto w tym celu strukturę wyboru *case* zbudowaną z czterech ramek. Każda ramka posiada blok *Scaling And Mapping* z odpowiednią charakterystyką przyczepności.

Model umożliwia również porównanie parametrów hamowania z układem ABS i bez niego. Tak jak uprzednio użyta została w tym celu struktura wyboru *case* (rys. 2). Ramka *True* (rys. 2a), czyli hamowanie z aktywnym układem ABS, zawiera strukturę sekwencyjną *Flat Sequence*, która odpowiedzialna jest za hamowanie pulsacyjne. To dzięki tej strukturze uwzględniona została wartość poślizgu koła w granicach 10-30%.



Rys. 1. Panel czołowy układu ABS [18]

Fig. 1. The front panel of the ABS system [18]

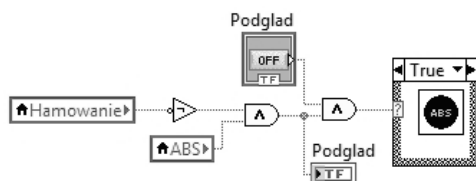


Rys. 2. Struktura programu wyboru rodzaju hamowania: a) hamowanie z ABS, b) hamowanie bez ABS [18]

Fig. 2. The structure of program select the type of braking: a) braking with ABS, b) braking without ABS [18]

Ramka *false* (rys. 2b) odpowiedzialna jest za hamowanie bez ABS. Można tutaj wyróżnić hamowanie zwykłe (prędkość koła podczas hamowania 5 km/h) oraz awaryjne (prędkość koła podczas hamowania 0 km/h).

W modelu uwzględniono także możliwość podglądu działania układu ABS. Rozwiązane to zostało wykonane dzięki zastosowaniu „skoku” do podprogramu. Wykonuje to prosta funkcja przedstawiona na rysunku 3. Z wykorzystaniem podprogramu można obserwować działanie modulatora układu ABS w trzech podstawowych trybach pracy: wzrostu, utrzymania i spadku ciśnienia w układzie hamulcowym.

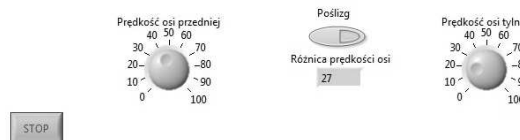
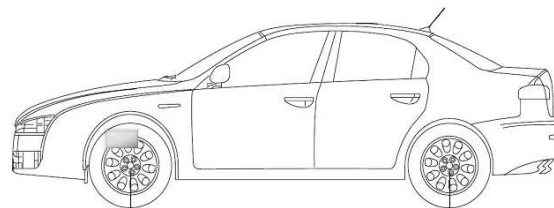


Rys. 3. Odwołanie do podprogramu [18]
Fig. 3. A reference to the subroutine [18]

UKŁAD PRZECIWPOŚLIZGOWY
KÓŁ NAPĘDOWYCH ASR

ASR (ang. Anti Skid Regulation) jest systemem, który aktywowany jest podczas utraty przyczepności kół napędowych pojazdu. Wykorzystywany jest przede wszystkim podczas ruszania na śliskiej nawierzchni lub nadmiernym przyspieszaniu. Różni producenci pojazdów mogą stosować inne nazwy handlowe tego systemu: TCS (ang. Traction Control System), TC (ang. Traction Control) lub ATC (ang. Automatic Traction Control).

Na rysunku 4 został przedstawiony stworzony panel czołowy służący do symulacji działania układu ASR. Program wykrywa różnicę prędkości kół osi napędzanej porównując ją z prędkością kół osi nienapędzanej. Różnica prędkości jest miarą poślizgu. Jest to duże uproszczenie modelu, jednak takie rozwiązanie ma na celu przedstawienie jedynie głównej funkcji układu ASR bez zagłębiania się w strukturę wewnętrzną tego obwodu.



Rys. 4. Panel czołowy układu ASR [13]
Fig. 4. The front panel of the ASR system [13]

Struktura wewnętrzna programu symulacyjnego składa się z dwóch części (rys. 5).

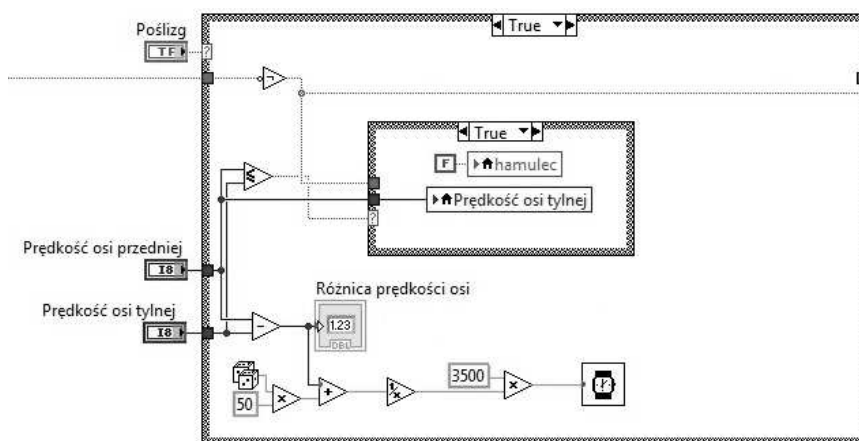
Pierwszą jest blok odpowiedzialny za częstotliwość działania systemu. Podobne rozwiązanie zastosowane zostało w modelu symulującym działanie układu ESP (rys. 8).

Drugi człon wykorzystujący funkcję wyboru *case* oblicza różnicę między prędkością obu osi. Jeżeli jest ona różna od zera, wtedy zaczyna pulsować dioda umieszczona przy kole, symulująca aktywację systemu ASR. Im większa różnica tym większa częstotliwość migania diody co w rzeczywistym układzie oznacza zwiększenie siły oddziaływania układu ASR.

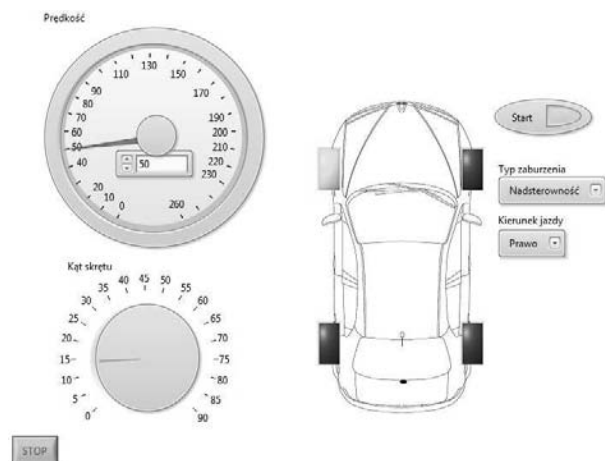
UKŁAD STABILIZACJI TORU JAZDY ESP

ESP (ang. Electronic Stability Program) jest zaawansowanym systemem, który zapobiega zbcoczeniu pojazdu z zamierzonego toru jazdy. Zmniejsza to ryzyko zarzucenia lub przewrócenia samochodu.

Rysunek 6 przedstawia utworzony panel sterujący układem ESP. Podstawowymi parametrami regulacyjnymi są prędkość pojazdu oraz kąt skrętu kierownicy. Dodatkowo brana pod uwagę jest podsterowność lub nadsterowność pojazdu oraz kierunek ruchu. Na podstawie tych parametrów układ ESP dokonuje przyhamowywania odpowiedniego z kół samochodu.



Rys. 5. Struktura programu symulującego działanie układu ASR [13]
Fig. 5. The structure simulates the operation of the ASR system [13]



Rys. 6. Panel czołowy układu ESP [13]

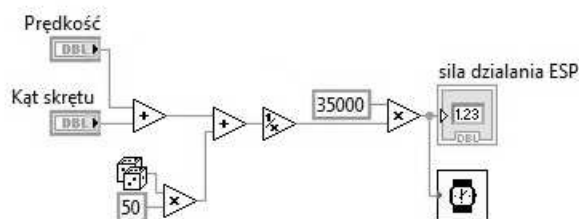
Fig. 6. The front panel of the ESP system [13]

Wybór rodzaju zaburzenia jakim poddawany jest pojazd w sytuacjach awaryjnych został wykonany za pomocą dwóch funkcji wyboru *case* umieszczonych jedna wewnątrz drugiej, według procedury przedstawionej na rysunku 7. Siła z jaką oddziałuje układ ESP na poszczególne koła pojazdu zależy od jego prędkości oraz kąta skrętu kierownicy i została opisana prostą funkcją przedstawioną na rysunku 8. Siła ta symulowana jest w modelu przez częstotliwość migania diody umieszczonej przy danym kole pojazdu.

Wybór koła - (x,y)	
x:	0 - prawy, 1 - lewy;
y:	0 - nadsterowność, 1 - podsterowność
(0,0)	- Lewy - Przód - 1
(0,1)	- Prawy - Tył - 2
(1,0)	- Prawy - Przód - 0

Rys. 7. Tabela wyboru zaburzenia oraz kierunku jazdy

Fig. 7. Table selection of the disorder and the direction of travel



Rys. 8. Struktura programu odpowiedzialna za siłę hamowania odpowiednich kół w systemie ESP [13]

Fig. 8. The structure of program answered for braking the appropriate wheels in the ESP system [13]

PODSUMOWANIE

Odpowiednio zaprojektowane i wykonane modele wirtualne powinny odzwierciedlać rzeczywiste warunki pracy poszczególnych urządzeń czy maszyn. Muszą one odwzorowywać rzeczywiste zależności i procesy panujące wewnątrz badanego układu. Daje to możliwość dokładnej analizy badanego obwodu oraz obserwacji szeregu zależności panujących między poszczególnymi elementami.

Przedstawione w niniejszym artykule modele symulujące działanie układów bezpieczeństwa czynnego ABS, ASR i ESP dają możliwość szybkiego zapoznania się przez studentów z zasadą działania, budową oraz sposobami badania w/w obwodów. Ważne jest aby modele wirtualne nie zastępowały modeli fizycznych, co jest coraz częściej widoczne w szkolnictwie technicznym. Powinny one jedynie wspomagać proces dydaktyczny rozszerzając zdolności analityczne abiturientów poprzez umiejętność posługiwania się różnego rodzaju oprogramowaniem. W przeciwieństwie do modeli fizycznych, dzięki modelom komputerowym, słuchacze mają dostęp do struktury wewnętrznej układów, przez co mogą je korygować i sprawdzać wpływ tych zmian na pracę całego systemu sterowania.

Opisane modele dają możliwość wykonania szeregu badań naukowych w celu opracowania nowych procedur sterujących i diagnostycznych dotyczących układów bezpieczeństwa czynnego samochodów. Przyczynia się to do ich rozwoju oraz zwiększenia niezawodności.

LITERATURA

1. **Buczaj M., Walusiak St., Sumorek A., Pietrzyk W., 2004:** Zastosowanie komputerowych programów symulacyjnych do tworzenia wirtualnych stanowisk laboratoryjnych. IX Konferencja Naukowo-Techniczna pod patronatem Komitetu Elektrotechniki PAN „Zastosowania Komputerów w Elektrotechnice”, Poznań/Kiekrz, Materiały Tom II, 651-654.
2. **Brzeżański M., 2009:** Czujniki w pojazdach samochodowych, Informator techniczny Bosch WKŁ, Warszawa.
3. **Chalecki M., 2006:** Konwencjonalne i elektroniczne układy hamulcowe, Informator techniczny Bosch, WKŁ, Warszawa.
4. **Dziubiński M., 2003:** Elektroniczne układy pojazdów samochodowych, Wydawnictwo Naukowe Gabriel Borowski, Lublin.
5. **Dziubiński M., Walusiak S., 1997:** Analiza komputerowa stanu technicznego wybranych elementów rozrusznika, Teza Komisji Naukowo-Problemovej Motoryzacji PAN o/Kraków, zeszyt 11, 177-182.
6. **Flasza J., Drab M., 2010:** Systemy mechatroniczne w przemyśle w aspekcie stanowiska laboratoryjnego wspomaganego komputerowo, Logistyka nr. 6/2010, 801-811.
7. **Gajek A., Juda Z., 2009:** Czujniki. Mechatronika samochodowa, WKŁ. Warszawa.
8. **Herner A., Riehl H. J., 2011:** Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych, WKŁ, Warszawa.
9. **Jamrozik A., 2011:** Numerical optimization of the ignition angle of SI engine, TEKA Komisji Motoryzacyjnej i Energetyki Rolnictwa PAN o/Lublin, tom XI, 157-165.
10. **Kamiński Z., 2003:** Badania symulacyjne instalacji pneumatycznej ciągnika rolniczego, MOTROL – Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa PAN o/Lublin, tom V, 73-79.
11. **Karwiński A., Pysz S., Krokosz J., 2006:** Komputerowe projektowanie wykonania odlewów dla motoryzacji przy

- zastosowaniu nowej generacji ciekłych mas ceramicznych, MOTROL – Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa PAN o/Lublin, tom VIII, 101-109.
12. **Kierylak W., 2004:** ABS w samochodach Daewoo, Poradnik serwisowy nr. 3/2004, Instalator Polski, Warszawa.
 13. **Lachowski J., 2010:** Wykorzystanie modelowania komputerowego w realizacji zajęć dydaktycznych z mechaniki, Logistyka nr. 6/2010, 1837-1845.
 14. **Malesa W., 2011:** Modelling tire-soil interaction with the FEM application, TEKA Komisji Motoryzacyjnej i Energetyki Rolnictwa PAN o/Lublin, tom XI, 236-244.
 15. **Nowak Ł., 2013:** Komputerowy model symulujący działanie układów ASR/ESP, praca dyplomowa pod kierunkiem A. Boguty, Politechnika Lubelska, Lublin.
 16. **Polkowski S., 2001:** Układy bezpieczeństwa i komfortu jazdy, Informator techniczny Bosch, WKŁ, Warszawa.
 17. **Reński A., 2000:** Układy stabilizacji toru jazdy ESP, Informator techniczny Bosch, WKŁ, Warszawa.
 18. **Sarniak M., 2012:** The application of labview software for the control of a model of a tracking photovoltaic system, TEKA Komisji Motoryzacyjnej i Energetyki Rolnictwa PAN o/Lublin, vol. 12, no 1, 237-241.
 19. **Styla S., Pietrzyk W., 2011:** The identification of operational failures of the heating, ventilation and air-conditioning circuit in the car by means of thermovision methods. TEKA Komisji Motoryzacyjnej i Energetyki Rolnictwa PAN o/Lublin, tom XI, 354-362.
 20. **Styla S., Walusiak S., Pietrzyk W., 2008:** Computer simulation possibilities in modeling of ignition advance angle control in motor and agricultural vehicles. TEKA Komisji Motoryzacyjnej i Energetyki Rolnictwa PAN o/Lublin, tom VIII, 231-240.
 21. **Tarnowski K., 2011:** Symulacyjny model wybranego sterownika samochodowego wykorzystujący oprogramowanie LabView, praca dyplomowa pod kierunkiem W. Pietrzyka, Politechnika Lubelska, Lublin.
 22. **Tłaczała W., 2002:** Środowisko LabVIEW w eksperymencie wspomaganym komputerowo, WNT, Warszawa.
 23. **Tutak W., 2011:** Numerical analysis of the impact of EGR on the knock limit in SI test engine, Komisji Motoryzacyjnej i Energetyki Rolnictwa PAN o/Lublin, tom XI, 397-406.
 24. **Walusiak S., Dziubiński M., 1999:** Komputerowy model diagnostyczny alternatora samochodowego, TeKa Komisji Naukowo-Problemovej Motoryzacji PAN o/Kraków, zeszyt 18, 435-441.
 25. **Walusiak S., Poldeśny M., 2006:** Symulacja procesów sterowania pracą silnika ZI z wykorzystaniem języka C+. Konferencja pod patronatem Komitetu Elektrotechniki PAN i Institute of Electrical and Electronics Engineers „Zastosowania Komputerów w Elektrotechnice, Poznań, Materiały, 55-56.
 26. **Wróbel K., Styla S., Sumorek A., 2012:** Use of GIS systems in the construction of hydraulic model of networks. ECONTECHMOD – an international quarterly journal on economics of technology and modeling processes, Lublin-Lviv-Cracow 2012, Commission of Motorization and Energetics in Agriculture, vol. 1, no. 2/2012, 63-67.

SIMULATION OF AUTOMOTIVE ACTIVE SAFETY SYSTEMS USE OF COMPUTER SOFTWARE

Summary. Simulation of electronic circuits that occur in modern vehicles is difficult due to their complex nature. Representation of the real relationships and processes occurring in the system is important for the model testing and teaching.

The paper presents a virtual laboratory models that simulate the action of vehicles active safety systems. The structure models: Anti-lock Braking System ABS, Anti Skid Regulation ASR and Electronic Stability Program ESP. To build the models used LabView software from National Instruments.

Key words: automotive active safety, ABS, ASR, ESP, computer simulation, modeling.