

Michał FILIPIAK\*  
Jarosław JAJCZYK\*

## DIAGNOSTYKA RADAROWEGO SYSTEMU ACC

W pracy scharakteryzowano budowę i zasadę działania radarowego systemu adaptacyjnej kontroli prędkości (ACC). Przedstawiono najważniejsze elementy składowe systemu oraz omówiono jego współpracę z innymi elektronicznymi układami pojazdu. Istotną część pracy stanowią badania diagnostyczne jakie zostały przeprowadzone na przykładowym układzie ACC. W artykule przedstawiono urządzenie diagnostyczne użyte podczas badań oraz scharakteryzowano badany system. W trakcie badań diagnostycznych zweryfikowano poprawność komunikacji systemu ACC z innymi układami. Przetestowano pracę przycisków manipulatora ACC. Odczytano wartości napięć i prądów istotnych dla poprawnej pracy systemu. W ostatniej części badań zweryfikowano sygnały związane z bieżącymi ustawieniami i stanem systemu ACC.

SŁOWA KLUCZOWE: diagnostyka pojazdów, układy komfortu, radar, system ACC

### 1. WSTĘP

Elektroniczne systemy komputerowe na stałe wpisały się w rozwój motoryzacji XXI wieku. Mechaniczne sterowanie silnikiem zostało zastąpione elektromechanicznymi nastawnikami sterowanymi mikroprocesorowo, które na podstawie wielu czujników i elementów wykonawczych precyzyjnie dobierają dawkę paliwa. W ten sposób oszczędza się paliwo i zyskuje bardziej ekologiczne silniki. Obecnie pojazdy są wyposażone w systemy, których zadaniem jest poprawa bezpieczeństwa i komfortu kierującego pojazdem. Systemy bezpieczeństwa czynnego takie jak ABS (ang. Anti-Lock Braking System) czy późniejsze jego rozwinięcie w system ESP (ang. Electronic Stability Program) poprawiają bezpieczeństwo. System ABS zapobiegając blokowaniu kół zapewnia sterowanie pojazdem podczas hamowania. System ESP, dzięki wyposażeniu go w specjalne czujniki, umożliwia monitorowanie kierunku jazdy i zapobieganie niebezpiecznym zjawiskom nadsterowności lub podsterowności. System stabilizacji toru jazdy posiada możliwość przyhamowania wybranego z kół bez ingerencji kierowcy. Szybkość działania decyduje o jego skuteczności [10, 11].

Rozwój systemów komfortu również przyczynił się do poprawy bezpieczeństwa na drodze. Takie rozwiązania jak automatyczne wycieraczki, klimatyzacja

---

\* Politechnika Poznańska.

czy czujniki cofania ułatwiają kierowcy obserwację otoczenia pojazdu. Automacyjne skrzynie biegów pozwalają na prawidłowe trzymanie kierownicy i pełne skupienie się na prowadzeniu. Podczas pokonywania długich tras przydatne okazują się automatyczne systemy utrzymywania prędkości pojazdu (tempomat). Systemy tego typu w wersji standardowej tak sterują silnikiem, aby utrzymywać zadaną prędkość. Rozszerzone wersje, szczególnie w ciężarówkach (Scania Active Prediction), pozwalają na przewidywanie nachylenia terenu drogi za pomocą danych GPS [12]. System pozwala na oszczędności paliwa poprzez przewidywanie topologii drogi. Przed wzniesieniami przyspiesza pojazd a przed szczytem wzniesienia obniża moment obrotowy, aby przy późniejszym zjeździe nie hamować. Systemy tempomatu w ostatnich czasach rozwinęły się dzięki radarom dalekiego i krótkiego zasięgu. Połączenie wyżej wymienionych układów pozwoliło na stworzenie aktywnego tempomatu (ACC – ang. Adaptive Cruise Control).

System ACC poprzez możliwość ingerencji w algorytm sterowania silnika, skrzyni biegów i systemów bezpieczeństwa może przyspieszyć, zwolnić a nawet zatrzymać pojazd. Decyzja podejmowana jest z uwzględnieniem pozycji i prędkości innych obiektów na drodze. Takie rozwiązanie odciąża kierowcę od wciskania pedału gazu i wspomaga go monitorując prędkość poprzedzającego pojazdu. Funkcja ta jest szczególnie przydatna podczas zmęczenia kierowcy, kiedy jego czas reakcji jest znacznie dłuższy.

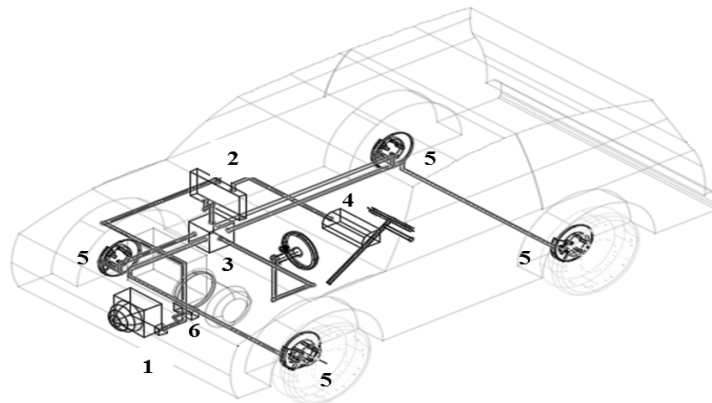
Skomplikowane systemy będące na wyposażeniu nowoczesnych pojazdów wymagają specjalistycznych narzędzi do ich obsługi i diagnostyki. Nie bez znaczenia jest również umiejętność obsługi tych narzędzi. W pracy omówiono budowę i zasadę działania systemu aktywnego tempomatu (ACC) oraz przedstawiono wyniki badań diagnostycznych zrealizowanych za pomocą komputerowego systemu diagnostycznego.

## **2. BUDOWA I ZASADA DZIAŁANIA SYSTEMU ACC**

Zadaniem systemu ACC jest stałe utrzymywanie zadanej prędkości pojazdu wraz z możliwością dostosowania prędkości do pojazdów poruszających się wolniej. System odciąża kierowcę od ciągłej zmiany prędkości i pozwala na bezpieczną jazdę ze stałą odległością od pojazdu poprzedzającego. Jest on połączony z systemami odpowiedzialnymi za przyspieszanie i hamowanie pojazdem. Budowę systemu ACC przedstawiono na rysunku 1.

Systemu ACC po uruchomieniu przez kierowcę działa samoczynnie realizując jedną z kilku funkcji. Kierowca podczas załączania systemu ma możliwość ustawienia maksymalnej prędkości jazdy oraz odległości od poprzedzającego pojazdu. Pozostałe funkcje takie jak przełączanie się systemu z trybu tradycyjnego tempomatu do automatycznej regulacji prędkości, przyspieszanie, zwalnianie i hamowanie aktywują się automatycznie. Funkcja tempomatu ma za

zadanie utrzymywać zadaną prędkością w sytuacjach braku pojazdów poprzedzających poruszających się z mniejszą prędkością.

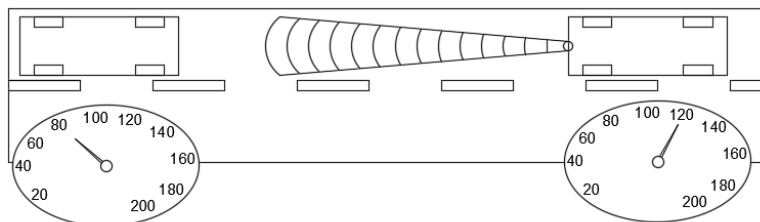


Rys. 1. Budowa adaptacyjnej regulacji prędkości jazdy (ACC) [1]:

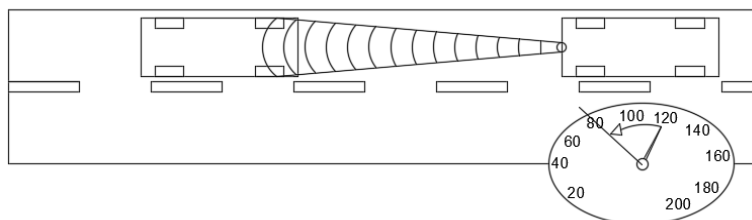
1 – radarowy zespół układu ACC, 2 – sterownik silnika, 3 – układ hamulcowy z systemem ESP, 4 – zespolona tablica wskaźników i elementów obsługi systemu ACC, 5 – czujniki prędkości obrotowej kół, 6 – sterownik automatycznej skrzyni przekładniowej (opcja)

Reakcja systemu ACC zostaje zainicjowana w momencie wykrycia przez radar innego pojazdu poruszającego się z mniejszą prędkością. W takim przypadku zostaje wysłany sygnał do sterownika silnika z żądaniem zmniejszenia momentu obrotowego, a w sytuacji ciągłego przybliżania się zostaje aktywowany hamulec poprzez wysterowanie systemu ESP. Hamowanie jest realizowane poprzez stopniowe zwiększanie ciśnienie w układzie hamulcowym, aż do momentu wyrównania prędkości z poprzedzającym pojazdem. Podążanie za pojazdem odbywa przy zachowaniu stałej odległości proporcjonalnej do prędkości. Ustalona podczas inicjacji systemu odległość odpowiada czasowi jaki jest potrzebny do przemieszczenia się do miejsca, w którym aktualnie znajduje się pojazd poprzedzający. Działania systemu zilustrowano na rysunkach 2-4.

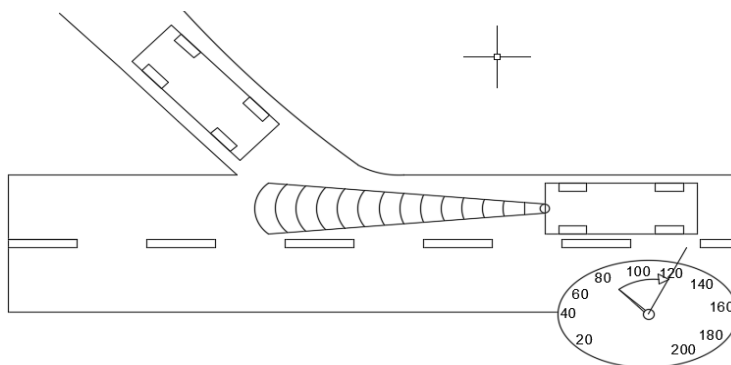
Najważniejszym elementem systemu ACC odpowiedzialnym za określenie odległości od innego pojazdu (obiektu) jest radar dalekiego lub średniego zasięgu. Przewagą systemu radarowego nad np. systemem świetlnym jest precyzyjniejsze określanie odległości, szczególnie podczas trudnych warunków atmosferycznych takich jak deszcz, śnieg czy mgła. Odbicie światła zależne jest od powierzchni, na którą światło pada. Zabrudzone powierzchnie mogą znacznie obniżyć poziom strumienia świetlnego lub go całkowicie rozproszyć. Radar jest odporny na tego typu zakłócenia. Wiązka fali elektromagnetycznej wysyłana z radaru jest odbijana szczególnie dobrze przez wszystkie materiały przewodzące prąd elektryczny, w związku z czym idealnie nadają się do pomiaru odległości od pojazdów.



Rys. 2. Działanie systemu ACC – podążanie ze stałą prędkością bez wykrycia przeszkody



Rys. 3. Działanie systemu ACC – wykrycie wolniejszego pojazdu i zwalnianie



Rys. 4. Działanie systemu ACC – brak innego pojazdu w zasięgu radaru i przyspieszanie do zadanej prędkości

Pomiar odległości może odbywać się poprzez bezpośredni lub pośredni pomiar czasu przebycia wiązki fali elektromagnetycznej.

W przypadku pomiaru bezpośredniego należy skorzystać ze wzoru (1):

$$\tau = \frac{2d}{c} \quad (1)$$

gdzie:  $\tau$  - czas [s],  $d$  – odległość do poprzedzającego pojazdu [m],  $c$  – prędkość rozchodzenia się fali elektromagnetycznej (300000 [km/s]).

Pomiar jest wykonywany w czasie jazdy. W takim przypadku występuje efekt Dopplera. W związku z tym częstotliwość sygnału odbitego od innego pojazdu będzie wykazywać przesunięcie częstotliwości  $f_D$  względem sygnału wysyłanego z radaru. Przesunięcie to będzie zależne od różnicy prędkości pojazdów i można je obliczyć z wzoru (2):

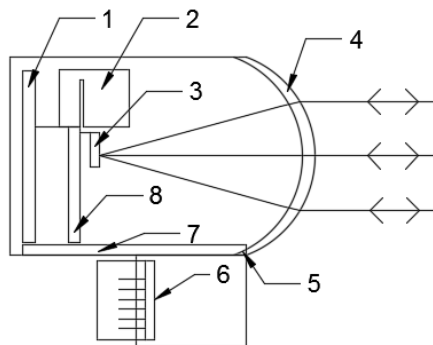
$$f_D = \frac{-2f_C v_{rel}}{c} \quad (2)$$

gdzie:  $f_C$  – częstotliwość nośna sygnału radarowego,  $v_{rel}$  – prędkość względna.

Precyzyjne określenie przesunięcia częstotliwości ma zasadniczy wpływ na dokładność pomiaru odstępów między obiektami.

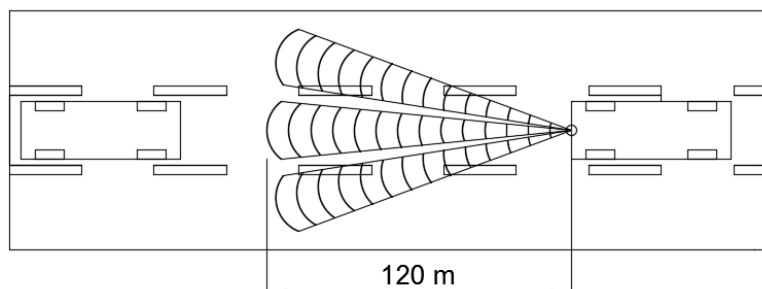
Radar montowany jest w przedniej części pojazdu. Budowę radarowego zespołu ACC przedstawiono na rysunku 5.

Soczewka radaru jest wytworzona ze specjalnego tworzywa odpornego na warunki atmosferyczne i uszkodzenia mechaniczne. Radar wyposażony jest w układ podgrzewania zapobiegającego oblodzeniu, które powodowałyby dodatkowe tłumienie sygnału.



Rys. 5. Budowa radaru ACC: 1 – płytki drukowane, 2 – korpus generatora, 3 – źródło promieniowania, 4 – soczewka, 5 – zestaw ogrzewania soczewki, 6 i 7 – obwód drukowany, 8 – radarowy moduł nadawczo-odbiorczy (RTC) [1]

Poprawne działanie zespołu radarowego jest uzależnione od jego właściwego zamocowania i ustawienia w pionie i poziomie. Nieprawidłowe ustawienie zespołu radarowego może powodować odbieranie niewłaściwych sygnałów np. z innego pasa ruchu bądź powodować niepoprawne zmierzenie dystansu lub niewykrycie innego pojazdu. W celu uzyskania miarodajnych i jednoznacznych wyników pomiarów sygnał wysyłany przez radar ma szerokość około  $9^\circ$  i jest złożony z trzech równoległych wiązek (rys. 6).



Rys. 6. Wiązki fali elektromagnetycznej radaru ACC

W tabeli 1. zestawiono przykładowe parametry radaru firmy Bosch stosowanego w systemie ACC opracowanym przez tą firmę.

Tabela 1. Parametry przykładowego radaru [1]

Nazwa	wartość	Jednostka
Zasięg	2 – 120	m
Prędkość względna	-50 - 50	$\frac{m}{s}$
Średnia moc nadajnika	1	mW
Rozdzielczość	0,85 (1,7)	m (m/s)
Częstotliwość	76-77	GHz
Jednostka pomiaru	10	Hz
Szerokość pasma	ok. 200	Hz

Wygenerowanie promieniowania radarowego o wysokiej częstotliwości (76-77 GHz) i wyemitowanie go jednocześnie w trzech wiązkach fal a następnie odbiór i analiza fal odbitych od obiektu wymaga bardzo szybkich i precyzyjnych układów elektronicznych. Układy te mają rozbudowany moduł autodiagnozy.

### 3. DIAGNOSTYKA SYSTEMU ACC

W pracy przeprowadzono badania diagnostyczne systemu ACC zamontowanego w samochodzie osobowym Volkswagen Passat 2.0 TDI kombi. Pojazd ten wyposażony był w system ACC firmy TRW (3C0 907 567 M). Jako urządzenie diagnostyczne wykorzystano nowoczesny tester diagnostyczny KTS 570 firmy Bosch. Umożliwia on m.in.: odczyt i kasowanie kodów błędów, wygaszanie kontrolki serwisowych, pomiar wartości w czasie rzeczywistym, podgląd prze-

biegów sygnałów w trybie oscyloskopu. Dzięki bezprzewodowemu połączeniu z komputerem PC lub notebookiem za pomocą standardu Bluetooth zapewnia w pewnym zakresie mobilność badań. Diagnostoskop ten w pełni obsługuje standard OBD (ang. On-Board Diagnostic) a dzięki rozbudowanej bazie danych umożliwia przeprowadzanie badań pojazdów różnych producentów [ 3, 5, 7, 8, 9].

W trakcie badań sprawdzono działanie systemu ACC. Ponieważ odczyt kodów usterek dał wynik negatywny przeprowadzono pomiary parametrów rzeczywistych najważniejszych podzespołów tego układu.

Na rysunku 7 przedstawiono zrzut ekranu programu diagnostycznego podczas weryfikacji współpracy układu z podzespołami, które są połączone ze sterownikiem systemu ACC za pośrednictwem magistrali CAN (ang. Controller Area Network) [2, 4, 6]. Do systemów, z którymi komunikuje się moduł ACC zaliczyć można: sterownik automatycznej skrzyni biegów, kontroler wskaźników wielofunkcyjnych, układ pomiaru kąta skrętu kierownicy, kontroler przełączników w kolumnie kierownicy, sterownik elektrycznego hamulca postojowego a także bramkę pozwalające na komunikację z innymi magistralami (np. CAN diagnozy). Podczas diagnozy nie zanotowano żadnych zakłóceń w działaniu (rys. 7).

The screenshot shows the Bosch diagnostic software interface. At the top, it displays 'ESITronic 2.0' and 'BOSCH VWV 3831 / VW (VOLKSWAGEN) / Passat 2.0 TDI Variant 4Motion / 3CS'. Below this, there are three tabs: 'Informacja o pojeździe', 'Diagnoza.', and 'Wyszukiwanie błędów'. The 'Diagnoza.' tab is active, showing the title 'Regulacja predk./odstępu / ACC 3.1' and 'Wartości rzeczywiste'. Below the title, there is a table with six rows, each representing a different CAN bus module and its status.

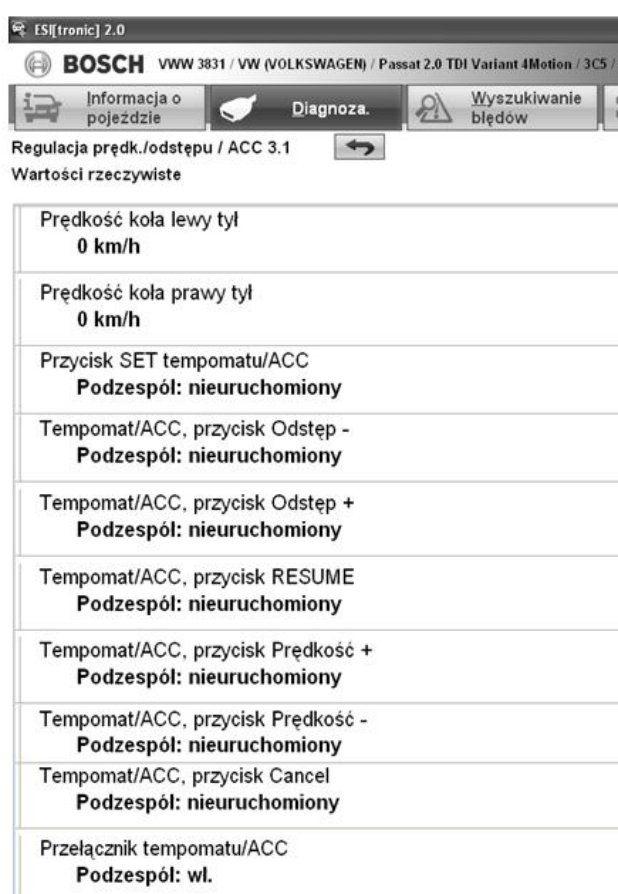
Wartości rzeczywiste	
Kom. ze sterownikiem przekładni	<b>Stan: w porządku</b>
Komunikacja ze wskaźn. wielofunkc.	<b>Stan: w porządku</b>
Komunikacja z czujn. kąta obr.kier.	<b>Stan: w porządku</b>
Kom. z grupą przełączników kol.kier.	<b>Stan: w porządku</b>
Komunikacja z el.hamulcem postojowym	<b>Stan: w porządku</b>
Komunikacja z Gateway	<b>Stan: w porządku</b>

Rys. 7. Stany magistrali danych podczas weryfikacji współpracy układu ACC z innymi modułami

W kolejnej części badań diagnostycznych zweryfikowano pracę przycisków i przełączników niezbędnych do aktywacji, dezaktywacji, wprowadzenia nastaw i kontroli systemu ACC. Przyciski te znajdują się w obszarze kierownicy. Wyniki odczytane za pomocą diagnostoskopu przedstawiono na rysunku 8. W widoku okna programu diagnostycznego zauważyć można, że pierwsze dwie wielkości odczytane w tym zestawie danych dotyczą prędkości wybranych kół i przyjmują

wartości równe 0 km/h. Jest to spowodowane tym, że badania wykonywano podczas postoju. W czasie diagnozy wciskano poszczególne przyciski i weryfikowano ich działanie oraz przesyłanie odpowiednich komunikatów do sterownika ACC. Nie wykryto żadnych nieprawidłowości.

W dalszej części badań odczytano sygnały elektryczne związane z działaniem systemu ACC. Wybrane zmierzone wartości, które odczytano przedstawia rysunek 9.



Prędkość koła lewy tył	<b>0 km/h</b>
Prędkość koła prawy tył	<b>0 km/h</b>
Przycisk SET tempomatu/ACC	<b>Podzespół: nieuruchomiony</b>
Tempomat/ACC, przycisk Odstęp -	<b>Podzespół: nieuruchomiony</b>
Tempomat/ACC, przycisk Odstęp +	<b>Podzespół: nieuruchomiony</b>
Tempomat/ACC, przycisk RESUME	<b>Podzespół: nieuruchomiony</b>
Tempomat/ACC, przycisk Prędkość +	<b>Podzespół: nieuruchomiony</b>
Tempomat/ACC, przycisk Prędkość -	<b>Podzespół: nieuruchomiony</b>
Tempomat/ACC, przycisk Cancel	<b>Podzespół: nieuruchomiony</b>
Przełącznik tempomatu/ACC	<b>Podzespół: wł.</b>

Rys. 8. Stany podzespołów w trakcie badania pracy przycisków manipulatora ACC

Informacje o poziomach poszczególnych napięć i wartościach prądów pozwalają ocenić poprawność zasilania układu. W tym przypadku również nie zauważono nieprawidłowości.

W ostatniej części badań odczytano parametry związane z bieżącymi ustawieniami i stanem systemu ACC (rys. 10).



Zesp. czujn. ACC, napięcie str.plusa	<b>4,4 V</b>
Zesp.czujn.ACC, napięcie, str.minusa	<b>4,4 V</b>
Napięcie zasilania	<b>13,8 V</b>
Zesp.czujn.ACC,prąd rzecz.,str.plusa	<b>0,274 A</b>
Zesp.czuj.ACC,prąd rzecz.,str.minusa	<b>0,017 A</b>

Rys. 9. Wartości wybranych napięć i prądów w systemie ACC

ACC	<b>Funkcja: nieaktywna</b>
Tempomat	<b>Funkcja: wyłączona</b>
Tempomat/ACC, zapisana prędkość	<b>40 km/h</b>
Tempomat/ACC, zapisany odstęp	<b>2,3 s</b>
Temperatura sterownika	<b>34 °C</b>
Podgrzewanie obiektywu ACC	<b>47 °C</b>
Sygn.sterow.ACC, zadane przyspiesz.	<b>2,919 m/s<sup>2</sup></b>
Odległość obiektu radarowego 1	<b>0 m</b>
Kąt nachylenia obiektu radarowego 1	<b>0,0 °</b>
Prędk.względna obiektu radarowego 1	<b>0,0 km/h</b>
Czujnik kąta skrętu kierownicy	<b>0 °</b>
Czujnik szybkości zarzucania pojazdu	<b>-0,14 %/s</b>

Rys. 10. Wartości wybranych sygnałów w systemie ACC odczytane podczas diagnozy

Sprawdzono stan systemu ACC (załączony/wyłączony), poprawność zapisania zadanej prędkości poruszania się pojazdu i odległości za poprzedzającym obiektem (w postaci odstępu czasowego). Zweryfikowano również poprawność

działania układu stabilizacji temperatury sterownika i obiektywu radaru. Ponadto urządzenie diagnostyczne umożliwiło odczyt takich parametrów jak: przyspieszenie pojazdu, odległość, kąt nachylenia i prędkość względną obiektu radarowego, kąt skrętu kierownicy oraz szybkość zarzucania pojazdem.

#### 4. PODSUMOWANIE

System automatycznej kontroli prędkości jest niewątpliwie systemem wpływającym korzystnie na bezpieczeństwo i komfort podróżowania pojazdami w niego wyposażonymi. Dzięki zastosowaniu skomplikowanych systemów sterujących wykorzystujących układy mikroprocesorowe i zaawansowane technologicznie czujniki (radar) układ ten potrafi na czas zareagować na pojawiające się bodźce i dostosować prędkość pojazdu do pojazdu poprzedzającego w taki sposób, aby utrzymywać zadany odstęp. Tak wyrafinowane systemy wymagają odpowiedniego sprzętu do ich diagnostyki. W zasadzie użyteczne są tylko urządzenia testujące współpracujące z komputerami.

W pracy przeprowadzono szereg badań diagnostycznych wybranego systemu ACC. Działał on poprawnie i nie zanotowano żadnych błędów. Zanotowano niezerowe wartości niektórych sygnałów, choć ze względu na brak poruszania się pojazdu podczas badań spodziewano się wartości zerowych. Wyniki takie mogły być wywołane zakłóceniami zewnętrznymi jak również niedokładnością pomiarów urządzenia diagnostycznego. Na przykład stwierdzono, pomimo realizacji badań na zatrzymanym pojeździe, występowanie niezerowego sygnału z czujnika szybkości zarzucania pojazdu.

Przeprowadzone badania z jednej strony pozwoliły na zaprezentowanie możliwości urządzenia diagnostycznego jakie zostało użyte, z drugiej strony pozwoliły na sprawdzenie stanu systemu ACC oraz na analizę sygnałów jakie można odczytać podczas badania układu.

#### LITERATURA

- [1] Bosch Team, Adaptacyjna regulacja prędkości jazdy ACC, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2005.
- [2] Filipiak M., Jajczyk J., Nawrowski R., Putz Ł.: Systemy bezpieczeństwa czynnego i ich diagnostyka, Poznan University of Technology Electrical Engineering Academic Journals, zeszyt 69, s. 219-226, Poznań, kwiecień 2012, s. 219-226.
- [3] Filipiak M., Jajczyk J., Nawrowski R., Putz Ł.: Urządzenia diagnostyczne w pojazdach samochodowych, Poznan University of Technology Electrical Engineering Academic Journals, zeszyt 69, Poznań, kwiecień 2012, s. 227-234.
- [4] Herner A., Riehl H.J., Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2002.
- [5] KTS 570 User Manual.

- [6] Myszowski S., Poradnik serwisowy. Diagnostyka pokładowa. Standard OBD II/EOBD, Instalator Polski, Warszawa 5/2003.
- [7] Schmidgall R., Zimmermann W., Magistrale wymiany danych w pojazdach. Protokoły i standardy, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2008.
- [8] Sitek K., Syta S., Pojazdy samochodowe. Badania stanowiskowe i diagnostyka, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2011.
- [9] Trzeciak K., Diagnostyka samochodów osobowych, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2010.
- [10] Konwencjonalne i elektroniczne układy hamulcowe, Praca zbiorowa, WKŁ 2006.
- [11] Układ stabilizacji toru jazdy, Praca zbiorowa, WKŁ 2000.
- [12] <http://www.scania.pl/>, dostęp: 2016-01-14.

#### **DIAGNOSTICS OF THE RADAR SYSTEM ACC**

The work was characterized by the construction and operation of the radar system, adaptive cruise control (ACC). It presents the most important components of the system and discussed its cooperation with other electronic vehicle systems. An important part of the work are the diagnostic tests have been carried out on the sample system. The paper presents a diagnostic tool used in the tests and the test system characterized ACC. During the diagnostic tests verified the correctness of communication ACC with other systems. Tested working buttons manipulator ACC. Read voltages and currents essential for the proper operation of the system. In the last part of the study verified the signals associated with the current settings and the state of the ACC.

*(Received: 17. 02. 2016, revised: 5. 03. 2016)*