

Jarosław JAJCZYK*
Michał FILIPIAK*

DIAGNOSTYKA SYSTEMU ELEKTRONICZNEJ STABILIZACJI TORU JAZDY

W artykule przedstawiono system elektronicznej kontroli toru jazdy stosowany w pojazdach samochodowych. Omówiono jego budowę i działanie. Zaprezentowano metody testowania tego typu układów oraz przedstawiono wyniki przykładowych badań diagnostycznych.

1. WSTĘP

Ruch pojazdów samochodowych wiąże się z szeregiem niebezpieczeństw wywołanych niespodziewanymi sytuacjami drogowymi. Sytuacje te mogą mieć swoją przyczynę w stanie technicznym pojazdów, warunkach atmosferycznych, jak również w umiejętnościach kierowcy. Niezależnie od przyczyny, w każdym przypadku może dojść do okoliczności zagrażających mieniu i życiu. W pojazdach, pozbawionych systemów wspomagających prowadzenie pojazdu, uniknięcie niebezpiecznych sytuacji jest możliwe tylko dzięki umiejętnościom kierowcy. Niestety szybkość zachodzących zjawisk związana z prędkością poruszania się pojazdu i mnogość parametrów wpływających na zachowanie się pojazdu często uniemożliwia odpowiednie (na czas) zareagowanie kierowcy. Zwłaszcza, że sytuacje takie występują „z zaskoczenia”.

Wraz z rozwojem techniki mikroprocesorowej powstały systemy mające na celu wsparcie kierowcy podczas prowadzenia pojazdu [1, 2, 4, 7, 10, 11]. Do podstawowych układów zaliczyć można układ ABS (ang. Anti-Lock Braking System), który zapobiega blokowaniu się kół, dzięki czemu pojazd zachowuje sterowność podczas hamowania. Innym układem polepszającym parametry trakcyjne pojazdu jest system ASR (ang. Acceleration Slip Regulation), który zapobiega uślizgowi kół napędowych podczas przyśpieszania. Oba układy stosowane dość powszechnie w samochodach osobowych znacznie wpływają na bezpieczeństwo ruchu, lecz ich działanie ograniczone jest tylko do fazy przyśpieszania i hamowania (z niewielkimi modyfikacjami rozszerzającymi u niektórych producentów).

* Politechnika Poznańska.

Rozbudowaniem możliwości systemów wspomagających bezpieczeństwo czynne pojazdów w trakcie jazdy jest układ ESP (ang. Electronic Stability Program). Układ ten w sposób ciągły kontroluje zachowanie się pojazdu nie tylko w trakcie przyspieszania lub hamowania, ale również podczas poruszania się ze stałą prędkością [1, 2, 4, 7, 10, 11].

2. ZADANIA STAWIANE UKŁADOWI ESP

Systemem ESP ma za zadanie stabilizować tor jazdy pojazdu. Układ ten integruje systemy ABS i ASR zwiększając ich możliwości o dodatkowe funkcje [2, 10, 11]. Dzięki szeregu urządzeń pomiarowych i sterujących zapewnia prowadzenie pojazdu po wyznaczonym przez kierowcę torze jazdy. System ESP kontroluje zachowanie się pojazdu w sytuacjach nadsterowności i podsterowności pojazdu. Tego typu stabilizacja jest szczególnie przydatna w nagłych i nieprzewidzianych sytuacjach, w których należy wykonać gwałtowny manewr ominięcia przeszkody. Nadsterowność i podsterowność występuje również w sytuacji utraty przyczepności wywołanej zbyt dużą prędkością podczas zmiany pasa ruchu lub pokonywania zakrętu [2, 10, 11].

Nadsterowność pojazdu występuje, jeśli tył pojazdu zaczyna tracić przyczepność. Kierowca zaczyna wyczuwać poślizg tylnich kół, a jego reakcja wymusza skierowanie kół w takim kierunku, aby wyprowadzić pojazd na właściwą drogę. System ESP w tej sytuacji przyhamowuje odpowiednie przednie koło pojazdu.

Ze zjawiskiem podsterowności mamy do czynienia, gdy przyczepność tracą koła przedniej osi. W przypadku podsterowności samochód nie reaguje z należytą siłą na skręt kierownicy. Przednie koła wpadające w poślizg utrudniają manewrowanie pojazdem i poruszanie się w zadanym kierunku. W tej sytuacji system ESP przyhamowuje odpowiednie koło znajdujące się na tylnej osi, aby nakierować pojazd na właściwy tor jazdy. Działanie systemu ESP jest sygnalizowane miganiem lampki ostrzegawczej.

3. BUDOWA I DZIAŁANIE SYSTEMU ESP

Poprawna praca systemu ESP wymaga zapewnienia sterownikowi wielu sygnałów pozwalających na kontrolę zachowania się kierowcy i pojazdu. Do niezbędnych czujników można zaliczyć [10, 11]:

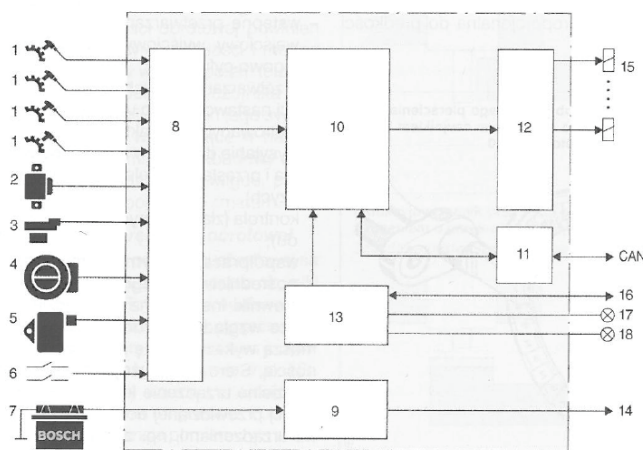
- czujniki prędkości obrotowej kół – najczęściej czujniki indukcyjne te same, które wykorzystuje system ABS i ASR,
- czujnik kąta obrotu kierownicy – możliwe rozwiązania to: czujniki wykorzystujące zjawisko Halla, czujniki magnetorezystancyjne i czujniki fotooptyczne,

- czujnik przyspieszenia poprzecznego – dostarcza informację o zachowaniu się pojazdu, który wykonuje manewry skrętu,
- czujnik prędkości kątowej – służy do przekazania informacji o prędkości obrotowej pojazdu wokół jego osi pionowej (najczęściej wykorzystuje się w nim działanie sił Coriolisa),
- czujnik ciśnienia – umożliwia kontrolę wartości ciśnienia w układzie hydraulicznym.

Głównym elementem układu ESP, który analizuje wszystkie sygnały jest sterownik systemu (rys. 1). Do zakresu jego działań zalicza się [10, 11]:

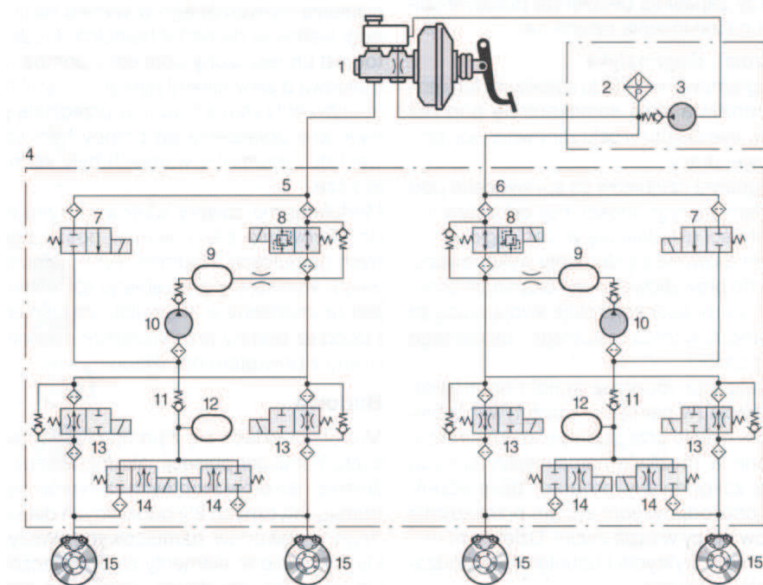
- zasilanie elektryczne czujników działających w tym systemie,
- przetwarzanie danych wejściowych i wyjściowych za pomocą przetwornika analogowo-cyfrowego,
- obliczanie na podstawie dostarczonych danych wartości elementów nastawczych,
- wysyłanie danych do elementów nastawczych oraz ich wzmocnienie,
- kontrola poprawnej pracy czujników i połączeń elektrycznych w układzie,
- współpraca z innymi sterownikami systemu samochodowego (np.: sterownik silnika, skrzyni biegów itp.).

Sterownik taki powinien być odporny na wstrząsy pochodzące od silnika i drogi na której porusza się pojazd.



Rys. 1. Schemat ogólny sterownika ESP [11]: 1 – czujniki prędkości obrotowej kół, 2 – czujnik położenia kątowego z czujnikiem przyspieszenia, 3 – czujnik kąta obrotu kierownicy, 4 – czujniki położenia włącznika zapłonu, 5 – czujnik ciśnienia płynu w układzie hamulcowym, 6 – czujniki położenia pedału hamulca oraz dźwigni hamulca ręcznego, 7 – akumulator, 8 – moduł wejściowy, 9 – stabilizator napięcia, 10 – mikroprocesor, 11 – złącze CAN, 12 – moduł wyjściowy, 13 – pamięć diagnostyczna, 14 – napięcie stabilizowane, 15 – zawory elektromagnetyczne modulatora, 16 – gniazdo diagnostyczne, 17 – lampka ostrzegawcza, 18 – lampka kontrolna

Głównym urządzeniem wykonawczym układu ESP jest modulator ciśnienia płynu hamulcowego (rys. 2). Najważniejszymi elementami składowymi modulatora są: pompa przetłaczająca, tłumiki pulsacji, akumulatory ciśnienia, zawory zwrotne i zawory elektromagnetyczne 2/2 oddzielne dla każdego z obwodów hamulcowych. Całość jest umieszczona w zwartej obudowie wraz z silnikiem pomp przetłaczających umieszczonej na zewnątrz. Sygnały wysyłane przez sterownik ESP wysterowują zawory elektromagnetyczne, które odpowiednio kierują przepływem płynu hamulcowego. Najczęściej modulator ciśnienia znajduje się w przedziale silnikowym pomiędzy zaciskiem hamulcowym a pedałem hamulca. Jest umiejscowiony tak, by długość przewodów hamulcowych była jak najkrótsza.



Rys. 2. Schemat układu modulatora [11]: 1 – pompa hamulcowa, 2 – czujnik ciśnienia, 3 – pompa wstępna, 4 – modulator, 5 – obwód drugiej sekcji pompy hamulcowej, 6 – obwód pierwszej sekcji hamulcowej, 7 – zawory ssące, 8 – zawory przetłaczające, 9 – tłumiki pulsacji, 10 – pompy przetłaczające, 11 – zawory zwrotne, 12 – akumulator ciśnienia, 13 – zawory wlotowe, 14 – zawory wylotowe, 15 – hamulce kół

Silnik pompy przetłaczającej działa w czasie hamowania tak, aby płyn hamulcowy wracał do pompy hamulcowej, natomiast w czasie hamowania aktywnego (bez udziału kierowcy) zastępuje kierowcę wytwarzając wzrost ciśnienia płynu hamulcowego. Akumulator ciśnienia ma za zadanie gromadzić napływający płyn z zacisków hamulcowych, natomiast tłumik pulsacji zmniejsza zmiany ciśnienia i redukuje pulsacje oddziałujące na pedał hamulca. W obudowie modulatora są umieszczone cztery pary zaworów elektromagnetycznych. Dwie pary służą jako zawory wlotowe, a dwie pozostałe jako wylotowe. Oprócz tych są

jeszcze dwie pary zaworów ssących i przełączających, które służą do hamowania aktywnego. Zawory zwrotne zapobiegają nagłemu zmniejszeniu ciśnienia w zaciskach hamulcowych [10, 11].

Układ ESP integruje działanie układów ABS i ASR dodatkowo rozbudowując je o dodatkowe funkcje. Działanie systemu ESP podczas hamowania w zasadzie nie różni się niczym od funkcjonowania systemu ABS. W trybie pracy hamowania aktywnego następuje załączenie zaworu przełączającego w pozycje zamkniętą (jeśli zawór nie jest zasilany jest on otwarty), zawór ssący jest w pozycji otwartej i załączona zostaje pompa przełączająca (rys. 2).

W trybie pracy ASR lub ESP zostaje załączona pompa wstępna, której zadaniem jest wyeliminowanie opóźnienia działania systemu w sytuacjach zwiększenia lepkości płynu hamulcowego w bardzo niskich temperaturach. Pompa ta jest podłączona bezpośrednio ze zbiorniczka płynu hamulcowego.

4. BADANIA DIAGNOSTYCZNE

W pracy przeprowadzono badania diagnostyczne systemu ESP zamontowanego w samochodzie osobowym Volkswagen Passat 1.9 tdi kombi. Pojazd ten wyposażony był w system ESP TRW 440. Jako urządzenie diagnostyczne wykorzystano nowoczesny tester diagnostyczny KTS 570 firmy Bosch (rys. 3). Umożliwia on m.in.: odczyt i kasowanie kodów błędów, wygaszanie kontrolki serwisowych, pomiar wartości w czasie rzeczywistym, sprawdzenie przebiegów sygnałów dzięki wbudowanemu oscyloskopowi. Dzięki bezprzewodowemu połączeniu z komputerem PC lub notebooka za pomocą standardu Bluetooth zapewnia w pewnym zakresie mobilność badań. Diagnostyk ten w pełni obsługuje standard OBD (ang. On-Board Diagnostic), a dzięki rozbudowanej bazie danych umożliwia badania pojazdów różnych producentów [1, 3, 5, 6, 7, 8, 9].



Rys. 3. Tester diagnostyczny Bosch KTS 570 wraz z osprzętem [5]

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

Na rysunku 4 przedstawiono zrzut ekranu diagnostycznego podczas weryfikacji współpracy układu z wybranymi podzespołami, które są połączone ze sterownikiem głównym za pośrednictwem magistrali CAN (ang. Controller Area Network) [2, 3, 4, 6, 7]. Jak widać nie zanotowano żadnych zakłóceń w działaniu.

•	Komunikacja ze wskaźn. wielofunkc.
	Komunikacja z wskaźn.wielofunkc. OK
•	Komunikacja z czujn.kąta obr.kier.
	Kom. z czujn.kąta obr.kierownicy OK
•	Komunikacja z Gateway
	Komunikacja z Gateway OK
•	Komunikacja z el.hamulcem postojowym
	Kom. z el.hamulcem postojowym OK

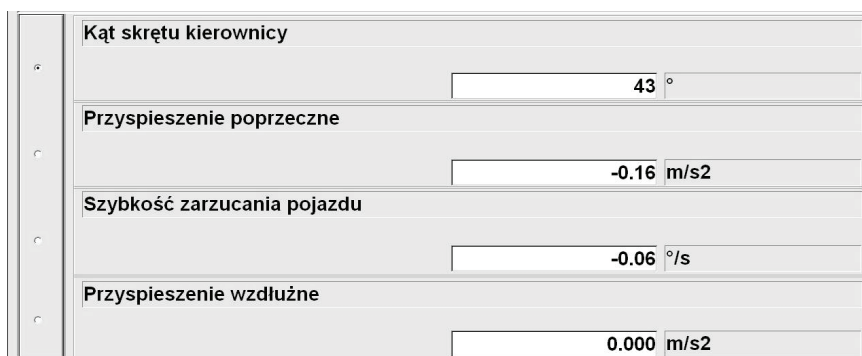
Rys. 4. Weryfikacja współpracy układu ESP z wybranymi podzespołami

Na kolejnym rysunku przedstawiono wyniki pomiaru prędkości obrotowej poszczególnych kół (rys. 5). Pojazd wyposażony był w czujniki indukcyjne, które generowały sygnał analogowy o częstotliwości zależnej od prędkości. Na jego podstawie sterownik systemu po dokonaniu obliczeń wyznaczył prędkości obrotowe. Podczas pomiarów pojazd nie wykonywał manewrów, dlatego prędkości poszczególnych kół są takie same.

•	Prędkość koła lewy przód	10 km/h
•	Prędkość koła prawy przód	10 km/h
•	Prędkość koła lewy tył	10 km/h
•	Prędkość koła prawy tył	10 km/h

Rys. 5. Pomiar prędkości poszczególnych kół

W dalszy pracach diagnostycznych odczytano sygnały z czujników: kąta skrętu kierownicy, przyspieszeń poprzecznych, szybkości zarzucania pojazdu oraz przyspieszeń wzdłużnych. Zrzut ekranu z testera diagnostycznego podczas przykładowego pomiaru przedstawiono rysunek 6.



Kąt skrętu kierownicy	43 °
Przyspieszenie poprzeczne	-0.16 m/s ²
Szybkość zarzucania pojazdu	-0.06 °/s
Przyspieszenie wzdłużne	0.000 m/s ²

Rys. 6. Pomiar sygnałów z wybranych czujników

Prezentowane przez diagnoskop wyniki pomiarów są wartościami przeliczonymi na jednostki z układu SI. Na uwagę zasługuje fakt wskazania niezerowych wartości przez czujniki przyspieszeń poprzecznych i szybkości zarzucania (pomimo, że pojazd nie poruszał się). Tak małe wartości tych parametrów mogą być wywołane drganiami pojazdu, wynikającymi m.in. z pracy silnika lub poruszania się osoby znajdującej się podczas pomiarów w kabinie pasażerskiej.

5. WNIOSKI

System elektronicznej stabilizacji toru jazdy jest systemem niewątpliwie wpływającym korzystnie na bezpieczeństwo w ruchu drogowym. Jego działanie wspiera kierowcę w prowadzeniu pojazdu. Dzięki zastosowaniu skomplikowanych systemów sterujących wykorzystujących układy mikroprocesorowe i zaawansowane technologicznie czujniki układ ten potrafi na czas zareagować na pojawiające się niebezpieczeństwa. Tak wyrafinowane systemy wymagają odpowiedniego sprzętu do ich diagnostyki. W zasadzie użyteczne są tylko urządzenia testujące współpracujące z komputerami.

W pracy przeprowadzono szereg podstawowych badań diagnostycznych wybranego układu ESP. 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. Zauważono, że pomimo

występowania sygnału informującego o przyspieszeniu poprzecznym i zarzucaniu pojazdu układ ESP nie reagował. Spowodowane to jest tym, że nie zostały przekroczone wartości progowe zadziałania układu (wartości te były zbyt małe).

6. LITERATURA

- [1] Bosch Team, Sieci wymiany danych w pojazdach samochodowych, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2008.
- [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] Myszkowski 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.

DIAGNOSTICS OF ELECTRONIC STABILITY CONTROL SYSTEM

This paper presents the electronic control system used to track vehicles. Discuss its construction and operation. Presents a method for testing the system and the results of diagnostic testing sample.