

Michał FILIPIAK*
Jarosław JAJCZYK*

BADANIE SYSTEMU ESP W WARUNKACH DROGOWYCH

W artykule przedstawiono najbardziej znany system kontroli toru jazdy stosowany w pojazdach samochodowych. Przedstawiono jego budowę, omówiono działanie systemu w przypadku podsterowności i nadsterowności. Zaprezentowano wyniki przykładowych badań diagnostycznych przeprowadzonych w warunkach drogowych.

1. WSTĘP

Niektóre sytuacje drogowe są trudne do zasymulowania w warunkach laboratoryjnych lub na stanowisku diagnostyki pojazdów. Zwłaszcza, gdy przyczyny ich zaistnienia są losowe. Podczas ruchu pojazdu w warunkach drogowych zachodzą zdarzenia nieprzewidywalne i aby je zasymulować konieczne są badania w warunkach drogowych. Badania takie mają na celu wykazanie skuteczności systemów wspomagających kierowcę. Dotyczy to szczególnie systemów bezpieczeństwa, których działanie zazwyczaj ogranicza się do nieoczekiwanych i nagłych zdarzeń na drodze. Dochodzi wtedy do gwałtownego hamowania lub wykonywania manewrów ze zbyt dużą prędkością, niedostosowaną do warunków drogowych. Sytuacje takie mogą doprowadzić do utraty sterowności pojazdu, a w konsekwencji do spowodowania wypadku. Ich przyczyną może być np. wkroczenie pieszego na jezdnię lub słaba widoczność, zwłaszcza w nocy lub we mgle, podczas której pojawienie się przeszkody na drodze jest zauważalne z opóźnieniem. Innymi przyczynami zaistnienia niebezpieczeństwa może być niedostosowanie prędkości do warunków drogowych przy pokonywaniu zakrętów wynikające często ze zbyt małego doświadczenia kierowcy.

Wraz z rozwojem techniki mikroprocesorowej powstał szereg systemów mających za zadanie wspomaganie kierowcy w prowadzeniu pojazdu, zwłaszcza w sytuacjach nagłych i niespodziewanych mogących mieć konsekwencje w bezpieczeństwie [1, 2, 4, 6, 7, 11, 12]. Pierwszy, najbardziej popularny system, który powszechnie zastosowano w pojazdach samochodowych to system zapobiegający blokowaniu się kół podczas hamowania, czyli układ ABS (ang. Anti-Lock Braking System). Kolejny układ to system zapobiegający poślizgowi

* Politechnika Poznańska.

kół napędowych podczas przyspieszania (ABS – ang. Acceleration Slip Regulation). Układem wpływającym na trakcję pojazdu, stosowanym w coraz większej liczbie nowych aut, jest układ elektronicznej stabilizacji toru jazdy (ESP – ang. Electronic Stability Program). Jak wykazują badania tego typu układy znacznie wpływają na bezpieczeństwo, a układ ESP, który od 31 października 2014 roku stanie się obowiązkowym wyposażeniem we wszystkich nowo rejestrowanych samochodach, może zapobiec nawet 80 % wypadków związanych z poślizgiem i jest drugim po pasach bezpieczeństwa najważniejszym systemem bezpieczeństwa w pojeździe [9].

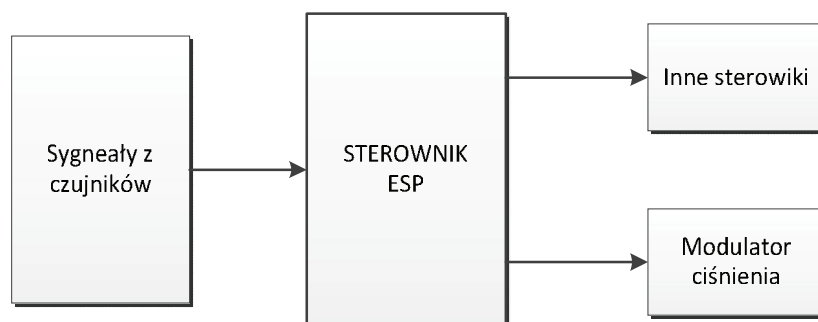
2. SYSTEM ESP

System ESP jest układem, który ma za zadanie stabilizować tor jazdy pojazdu. System ten swoimi funkcjami obejmuje układy ABS (zapobiega blokowaniu się kół podczas manewru hamowania) i ASR (zapobiega obracaniu się kół napędowych w miejscu podczas ruszania). Dzięki swojej budowie i oprogramowaniu prowadzi pojazd po wyznaczonym przez kierowcę torze jazdy. Elektroniczny układ stabilizacji toru jazdy wykorzystuje informacje z szeregu zaawansowanych technologicznie czujników i nawet do 25 razy na sekundę sprawdza, czy rzeczywisty tor poruszania się pojazdu odpowiada skrętowi kierownicy. Odbywa się to na podstawie informacji o ruchu pojazdu w osi pionowej. Wykrycie rozbieżności między wartościami zadanymi a rzeczywistymi, mogące skutkować utratą stabilności pojazdu, powoduje ingerencję ESP. Działanie układu jest różne w zależności od wersji, choć zazwyczaj w pierwszej kolejności obniżony zostaje moment obrotowy w celu przywrócenia stabilności pojazdu. Jeśli to nie wystarczy dodatkowo wyhamowane zostają odpowiednie koła w celu naprowadzenia pojazdu na zadany tor jazdy [12].

System ESP idealnie nadaje się do sterowania w sytuacjach nadsterowności, jak i podsterowności pojazdu. Tego typu stabilizacja jest szczególnie użyteczna w przypadku nagłych i nieprzewidzianych manewrów, które mogą zaistnieć podczas wykonania gwałtownych manewrów ominięcia przeszkody. Występuje ona również w przypadku tracenia przyczepności przy zbyt dużych prędkościach podczas zmiany pasa ruchu. Nadsterowność pojazdu występuje, jeśli tył pojazdu zaczyna tracić przyczepność z nawierzchnią drogi. Kierowca zaczyna wyczuwać poślizg tylnich kół, a jego reakcja wymusza skontrowanie pojazdu tak, aby wyprowadzić go na właściwą drogę. Zazwyczaj w tej sytuacji samochód opuszcza zadany tor jazdy i może znaleźć się np. na przeciwnym pasie ruchu, co jest niedopuszczalne. System ESP w tej sytuacji przyhamowuje poszczególne przednie koła pojazdu. W przypadku podsterowności samochód nie reaguje z należytą siłą na skręt kierownicy. Przednie koła wpadając w poślizg powodują, iż manewrowanie pojazdem jest znacznie utrudnione. W tej sytuacji system ESP

przyhamowuje koła znajdujące się na tylnej osi tak, aby nakierować pojazd na właściwy tor jazdy. Działanie system ESP jest sygnalizowane miganiem lampki ostrzegawczej.

Głównym elementem układu ESP, który odpowiada za pracę systemu jest sterownik systemu (rys. 1). Analizuje on wszystkie sygnały i na ich podstawie podejmuje odpowiednie działanie, które w sytuacjach wymagających zadziałania systemu skutkuje wysterowaniem modulatora ciśnienia płynu hamulcowego w odpowiednim obwodzie hamulcowym i przekazaniu dodatkowej informacji do sterownika silnika [1, 2, 7, 11, 12].



Rys. 1 . Schemat blokowy systemu ESP

Funkcje, jakie realizuje sterownik to [1, 2, 4, 12]:

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

Do poprawnej pracy system ESP wykorzystuje wiele sygnałów z szeregu czujników, wyposażonych często w układy mikroprocesorowe obrabiające wstępnie sygnał i transmitujące go w postaci cyfrowej do sterownika ESP. Spośród podstawowych czujników wyróżnić można:

- czujniki prędkości obrotowej kół,
- czujnik kąta obrotu kierownicy,
- czujnik przyspieszenia poprzecznego pojazdu,
- czujnik prędkości kątowej (obrotowej) pojazdu wokół osi pionowej,
- czujnik ciśnienia w układzie hydraulicznym.

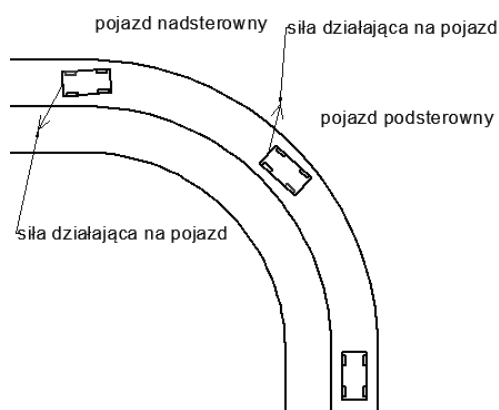
Najważniejszym elementem wykonawczym systemu ESP jest modulator ciśnienia płynu hamulcowego. Składa się on m. in. z pompy przetłaczającej i zaworów elektromagnetycznych oddzielnych dla każdego obwodu hamulcowego. Modulator, na podstawie sygnałów ze sterownika może doprowadzić do zwiększenia lub zmniejszenia siły hamowania poszczególnego koła [12].

3. BADANIA W WARUNKACH DROGOWYCH

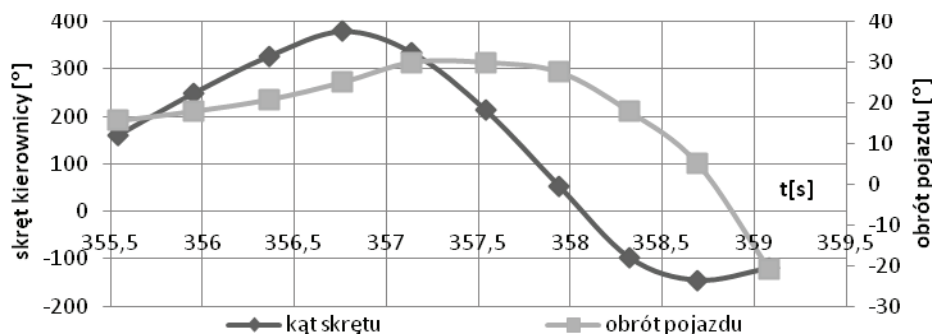
Zadaniem układu elektronicznej stabilizacji toru jazdy jest kontrola trakcji pojazdu w trakcie jazdy. Z tego powodu badania symulacyjne w sytuacjach, w których system ESP jest przydatny, można wykonać tylko w warunkach drogowych (w ruchu). W pracy badaniom został poddany układ ESP TRW 440. Stanowił on wyposażenie samochodu marki Volkswagen Passat 1.9TDI kombi. Badania przeprowadzono przy wykorzystaniu testera diagnostycznego KTS 570 firmy Bosch [3, 5, 8, 10].

Pomiary zostały wykonane przy prędkości około 40 km/h na pokrytej ubitym śniegiem jezdni, a więc charakteryzującej się niskim współczynnikiem przyczepności. W celu zarejestrowania i zbadania zachowania się pojazdu w sytuacji nadsterowności i podsterowności przeanalizowano dwa przypadki. Pierwszy to pokonywanie zakrętu ze zbyt dużą prędkością (dostosowaną do suchej nawierzchni) (rys. 2), natomiast drugi to nagła zmiana pasa ruchu (rys. 5).

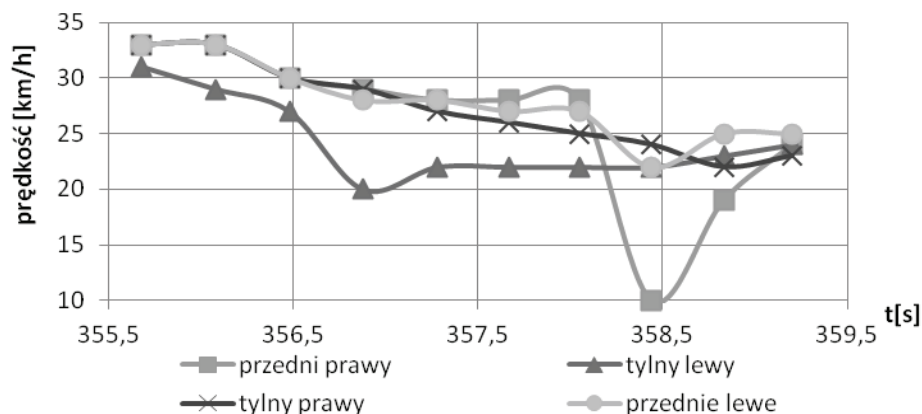
Zmiany prędkości obrotowej kół podczas wykonywania gwałtownego skrętu kierownicą w lewo (rys. 3) przedstawiono na rysunku 4. W tej sytuacji śliska nawierzchnia jest przyczyną wystąpienia podsterowności i pomimo skrętu w lewo można zaobserwować, że siła odśrodkowa działająca na przód pojazdu powoduje, że samochód nie podąża w zadanym kierunku. W tym momencie przednie koła tracą przyczepność.



Rys. 2. Manewr skrętu w lewo na śliskiej nawierzchni



Rys. 3. Kąt obrotu kierownicy i pojazdu w funkcji czasu



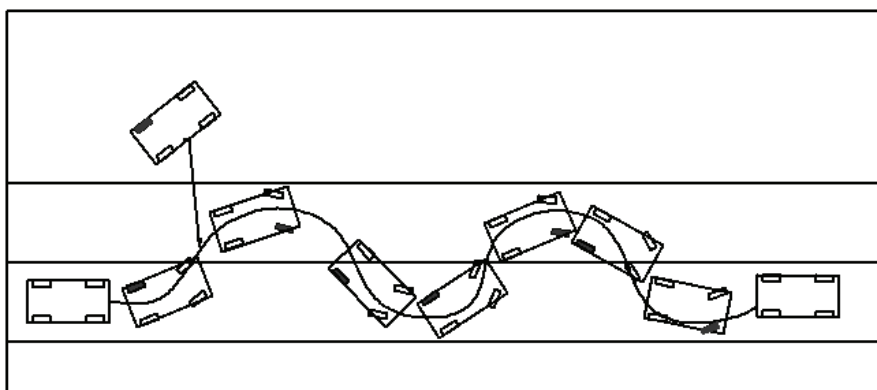
Rys. 4. Prędkości obrotowe kół pojazdu w funkcji czasu

System bezpieczeństwa czynnego ESP wykrywa niebezpieczną sytuację za pomocą czujnika przyspieszenia poprzecznego i rotacji pojazdu względem osi pionowej. Sterownik uruchamia modulator ciśnienia i przyhamowuje tylne lewe koło (rys. 2 i rys. 4). Będąc w połowie zakrętu pojazd zostaje nakierowany na właściwy tor jazdy. Natomiast przy wyjeździe z zakrętu kierowca wykrywając, że zbyt mocno skręca w lewo zmienia kierunek jazdy na przeciwną stronę (rys. 3), wprowadzając pojazd w nadsterowność. W tym przypadku system odpowiednio zareagował poprzez przyhamowanie przedniego prawego, koła nie pozwalając na uślizg tyłu pojazdu (rys. 2 i rys. 4).

W kolejnych badaniach przeprowadzono próbę nagłej zmiany pasa ruchu. Tor jazdy został przedstawiony na rysunku 5.

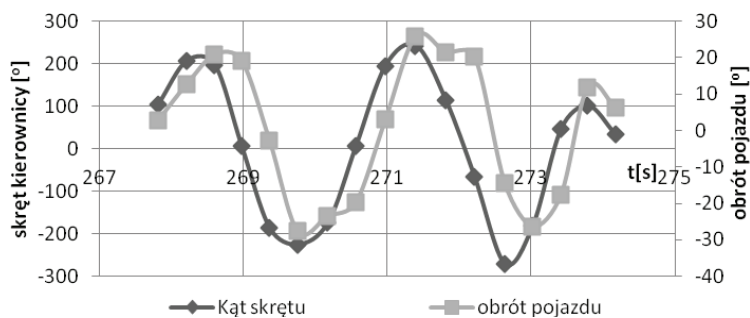
W przedstawionej próbie pojazd miał do omińnięcia cztery przeszkody, które znajdowały się zarówno na prawym jak i lewym pasie ruchu. W początkowej fazie pokonywania przeszkody zauważono, że system wyprowadza pojazd z podsterowności przyhamowując tylne lewe koło, nadając moment skręcający

pojazdem mimo poślizgu przednich kół. Następnie przy powrocie na właściwy pas ruchu pojazd staje się nadsterowny. Aby nie dopuścić do obrotu wokół własnej osi, zostaje przyhamowane przednie lewe koło. Podczas prostowania kół samochód zostaje odpowiednio nakierowany na wprost i podczas skrętu w lewo ponownie wpada w podsterowność (rys. 5).

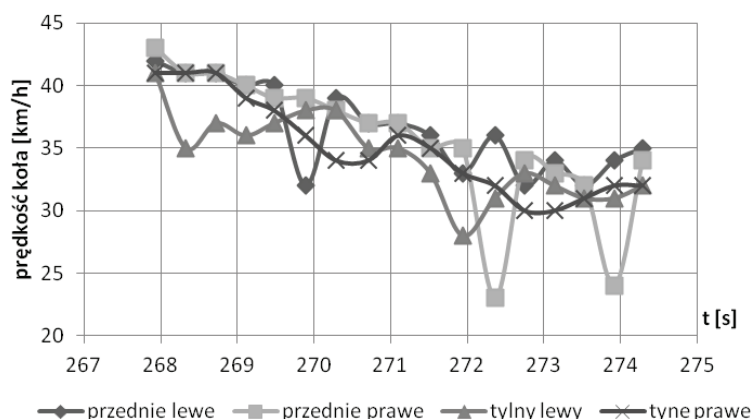


Rys. 5. Badanie sterowności pojazdu przy zmianie pasa ruchu

W końcowej fazie ruchu zauważono gwałtowne przyhamowanie przednim prawym kołem. Ta sytuacja została niepotrzebnie spowodowana przez kierowcę, gdyż wcześniejsze wyprostowanie kół nie wprowadziłoby samochodu w nadsterowność. Podczas manewru omijania przeszkód nie stwierdzono sytuacji, w której kierowca mógłby utracić kontrolę nad pojazdem. Ten fakt potwierdza wykres obrotu pojazdu wokół osi pionowej (rys. 6). Wynika z niego, że każdy zadany kierunek jazdy z małym opóźnieniem ma odzwierciedlenie na obrocie pojazdu wokół osi pionowej.



Rys. 6. Skręt kierownicy i obrót pojazdu w funkcji czasu



Rys. 7. Prędkości obrotowe kół pojazdu w czasie manewru omijania przeszkód

Podczas prób w warunkach drogowych nie zauważono sytuacji, w której pojazd nie zareagowałby na zmianę zadanego toru jazdy. Na rysunku 7 można dostrzec, że w ciągu dwóch sekund przyhamowane zostało dwukrotnie prawe przednie koło (272 i 274 sekunda na rysunku 7). Można również dostrzec, że żadne z kół nie zostało całkowicie zablokowane, gdyż sterowanie zaworami odbywa się impulsowo. W ten sposób bardzo precyzyjnie zostaje dobrana siła korygująca. Jeśli siła hamowania została źle dobrana, to samochód z sytuacji podsterownej przeszedłby do nadsterowności. System ESP oprócz wysterowania zaworami elektromagnetycznymi obniża również prędkość pojazdu.

4. WNIOSKI

System bezpieczeństwa czynnego ESP podczas testów w trudnych warunkach atmosferycznych działał poprawnie. W trakcie wykonywania niebezpiecznych manewrów na śliskiej nawierzchni nie dopuścił do utraty kontroli nad pojazdem. Na podstawie wykonanych pomiarów można wywnioskować, że dynamika systemu nawet podczas wyższych prędkości nie ulegnie zmianie. Reakcja systemu stabilizacji toru jazdy na zadany przez kierowcę kierunek jazdy zawsze była obciążona z lekkim opóźnieniem. Jest to spowodowane opóźnioną reakcją samochodu na manewr wykonany kierownicą. Natomiast, jeśli taka reakcja nie nastąpiła, to zostały uruchomione procedury bezpieczeństwa poprzez przyhamowywanie odpowiedniego koła, aby wspomóc manewr zadany przez kierowcę. Jednocześnie, aby ułatwić jazdę i zmniejszyć ryzyko wypadku został ograniczony moment obrotowy silnika.

System ESP monitoruje czujniki podczas poruszania się pojazdu. Aktywacja modulatora ciśnienia w celu nakierowania pojazdu na właściwy tor następuje

podczas odchylenia osi podłużnej pojazdu od zadanego kierunku jazdy. Takie sytuacje następowały, gdy kąt odchylenia był większy niż 10 stopni lub następowała zmiana rotacji pojazdu w przeciwną stronę.

BIBLIOGRAFIA

- [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] Struth Werner, Robert Bosch, Informacja prasowa, Warszawa, listopad 2011.
- [10] Trzeciak K., Diagnostyka samochodów osobowych, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2010.
- [11] Konwencjonalne i elektroniczne układy hamulcowe, Praca zbiorowa, WKŁ 2006.
- [12] Układ stabilizacji toru jazdy, Praca zbiorowa, WKŁ 2000.

ESP SYSTEM TESTING IN CONDITIONS OF ROAD

This paper presents the most famous track control system used in motor vehicles. The paper presents the design, discussed the system in the event of understeer and oversteer. The results of diagnostic tests performed exemplary in road conditions.