

THE INVESTIGATIONS OF STABILITY OF VEHICLE EQUIPPED WITH ESP

Cezary Szczepaniak

Technical University of Lodz
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź, Poland
tel.: +48 42 6312393, fax: +48 42 6312398
e-mail: cezary.szczepaniak@p.lodz.pl

Adam Gołaszewski

Technical University of Lodz
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź, Poland
tel.: +48 42 6312395, fax: +48 42 6312398
e-mail: adam.golaszewski@p.lodz.pl

Krzysztof Surmiński

Technical University of Lodz
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź, Poland
tel.: +48 42 6312395, fax: +48 42 6312398
e-mail: krzysztof.surminski@p.lodz.pl

Andrzej Szosland

Technical University of Lodz
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź, Poland
tel.: +48 42 6312400, fax: +48 42 6312398
e-mail: andrzej.szosland@p.lodz.pl

Abstract

The paper presents investigation results of dynamics of vehicle equipped in ESP device. The device is a design of the Vehicles Institute of Technical University of Lodz which was embedded in the experimental vehicle. This vehicle was previously adapted for research conducting of devices of traffic inspection. Installed in its multi-channel measuring- equipment let on registration of parameters movement, control signals of the device work as well dimension criterion and parameters of ESP algorithm. Estimation of the vehicle dynamics was performed for different cases of motion. In the paper there were put chosen investigation results of circular movement of the vehicle with on and out of operation ESP device. The investigation results included performances driving of the bus on path of the slalom type without the active ESP device, results driving of the bus on path of the slalom type with working the ESP device, with realizing various variants control of braking moment, results of the driving on circle with the constant speed, investigation results movement on surfaces with variable coefficients of cohesion.

The investigations took place on flat paths of homogeneous surfaces with the high and low coefficient of cohesion, and on the heterogeneous surface consisting of two sorts surfaces representing the high and low coefficient of cohesion.

Test results showed that had not followed long-lasting blocking wheels during changes surface and drive path, there was noticeable change of the value of the delay at the passage from one surface to second one, the ESP device demonstrated the correctness of the operating on roads of low coefficient of cohesion, the ESP

device demonstrated the adaptability for varying conditions of the adhesiveness, with keeping of the efficiency of the stabilization running-track.

Keywords: transport, motor vehicle, automatic control, ESP device

BADANIA STABILNOŚCI RUCHU AUTOBUSU WYPOSAŻONEGO W ESP

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań dynamiki pojazdu wyposażonego w urządzenie ESP. Zaprezentowano urządzenie ESP konstrukcji Instytutu Pojazdów PŁ, które zostało wbudowane do samochodu doświadczalnego. Pojazd ten został uprzednio przystosowany do prowadzenia badań urządzeń kontroli ruchu. Zamontowana w nim wielokanałowa aparatura pomiarowa pozwoliła na rejestrację parametrów ruchu, sygnałów sterujących pracą urządzenia oraz kryterium wielkości i parametrów algorytmu ESP. Ocenę dynamiki pojazdu wykonano dla różnych sytuacji ruchu. W pracy zamieszczono wybrane wyniki badań ruchu krzywoliniowego pojazdu z działającym oraz wyłączonym urządzeniem ESP, które obejmowały wyniki przejazdu autobusu po torze typu slalom bez aktywnego urządzenia ESP, wyniki przejazdu autobusu po torze typu slalom z działającymi urządzeniem ESP, realizującym różne warianty sterowanie momentem hamującym, wyniki jazdy po okręgu ze stałą prędkością, wyniki badań po nawierzchni o skokowo zmiennym współczynniku przyczepności.

Badania odbywały się na torach płaskich o nawierzchniach jednorodnych o wysokim i niskim współczynniku przyczepności, oraz o nawierzchni niejednorodnej składającej się z dwóch rodzajów nawierzchni reprezentujących wysoki i niski współczynnik przyczepności.

Wyniki badań wykazały, że nie nastąpiło długotrwałe blokowanie kół podczas zmian nawierzchni i toru jazdy, widoczna jest zmiana wartości opóźnienia przy przejściu z jednej nawierzchni na drugą, urządzenie ESP wykazało poprawność działania na drogach o niskim współczynniku przyczepności, urządzenie ESP wykazało zdolność adaptacji do zmieniających się warunków przyczepności, z zachowaniem skuteczności stabilizacji toru.

Słowa kluczowe: transport, pojazd, sterowanie, urządzenie ESP

1. Wstęp

Rozwój konstrukcji współczesnych pojazdów ukierunkowany jest w coraz większym stopniu na zwiększenie bezpieczeństwa jazdy. Uczestniczenie w narastającym natężeniu ruchu drogowego wymaga od kierowcy zwiększenia uwagi i koncentracji. Aby ułatwić działania kierowcy wyposaża się pojazdy w automatyczne urządzenia kontroli ruchu. Sterowanie zespołami układów ruchu zwiększa bezpieczeństwo jazdy, ponieważ zastępuje kierowcę w wielu czynnościach, często niemożliwych do wykonania przez człowieka ze względu na ograniczenia jego natury. Układy sterowania pozwalają więc na uniknięcie stanu zagrożenia i zmniejszenia liczby wypadków. Jedną z sytuacji niebezpiecznych, powstających w ruchu jest jazda po torach krzywoliniowych, w czasie której istnieje możliwość utraty kierowności i stabilności samochodu. Pomocnym kierowcy jest w takich warunkach urządzenie stabilizacji toru jazdy ESP. Jest ono następstwem rozwoju urządzeń ABS i ASR. ESP pozwala na kontrolę wartości sił stycznych na kołach w przypadku jazdy po torze krzywoliniowym. Urządzenie takie zostało opracowane w Instytucie Pojazdów Politechniki Łódzkiej, z przeznaczeniem do pojazdów z pneumatycznym układem uruchamiania hamulców.

2. Badania drogowe autobusu z urządzeniem ESP

Badania wykonano w oparciu o autobus Jelcz PR110 w wersji dalekobieżnej, który pokazano na rys. 1.



Rys. 1. Autobus badawczy Jelcz PR 110
Fig. 1. Test vehicle Jelcz PR 110

W trakcie prób istniała możliwość pomiaru i rejestracji następujących wielkości fizycznych:

- przemieszczenia wzdłużnego pojazdu,
- prędkości obrotowych kół jezdnych,
- siły na pedale hamulca,
- opóźnienia w kierunku osi podłużnej (oś OX) pojazdu,
- opóźnienia w kierunku osi poprzecznej (oś OY) środka masy pojazdu,
- prędkości obrotowej silnika,
- ciśnienia w siłownikach hamulcowych,
- sygnałów sterujących modulatorami ABS i ESP.

Zastosowano następującą aparaturę:

- czujnik przemieszczenia liniowego pojazdu DATRON LS1,
- czujniki prędkości obrotowej kół jezdnych, konstrukcja własna Instytutu Pojazdów PŁ,
- czujnik nacisku na pedał hamulca DATRON GSE,
- przetworniki ciśnienia APLISENS PC28,
- czujnik kąta skrętu kierownicy – optyczny przetwornik kodowy MOB,
- akcelerometr trzyosiowy ADXL 05EM-3 firmy Analog Devices,
- czujnik prędkości obrotowej silnika – prądniczka tachometryczna LUMEL TP6-2 z dodatkowym układem filtrującym, konstrukcja własna Instytutu Pojazdów PŁ,
- półprzewodnikowy żyroskop prędkości CRS03 firmy Silicon Sensing System,
- czujnik dynamiki IMU-300CC firmy Crossbow zawierający w sobie trzyosiowy akcelerometr mikromechaniczny i trzyosiowy żyroskop prędkości (rate gyroscope),
- blok dzielników napięcia i sygnalizacji optycznej stanu wszystkich modulatorów zainstalowanych w pojeździe, konstrukcja własna Instytutu Pojazdów PŁ.

Miejsce i sposób rozmieszczenia poszczególnych czujników w stosunku do ramy pojazdu pokazują rysunki 2-7.



Rys. 2. Czujnik przemieszczenia wzdłużnego pojazdu
Fig. 2. Sensor of longitudinal displacement



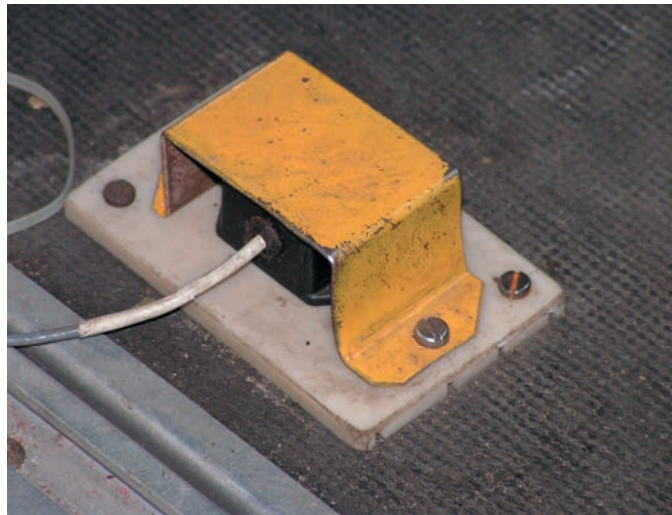
Rys. 3. Żyroskop
Fig. 3. Gyroscope



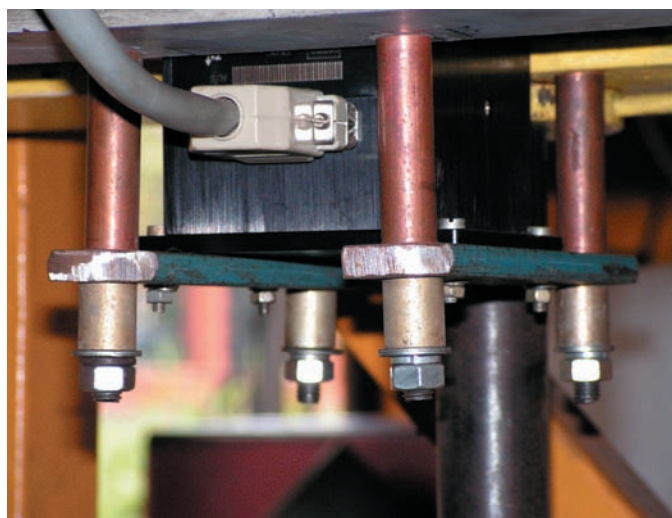
Rys. 4. Kierownica z zamontowanym czujnikiem kąta obrotu
Fig. 4. Steering wheel and rotational sensor



Rys. 5. Czujnik siły nacisku na pedale hamulca
Fig. 5. Force sensor on braking pedal



Rys. 6. Trójosiowy akcelerometr zamocowany nad osią przednią pojazdu
Fig. 6. Three-axle accelerometer mounted above front axle



Rys. 7. Czujnik dynamiki pojazdu (akcelerometr + żyroskop) zamontowany w środku masy pojazdu
Fig. 7. Dynamic sensor of vehicle motion mounted in the middle centre of mass

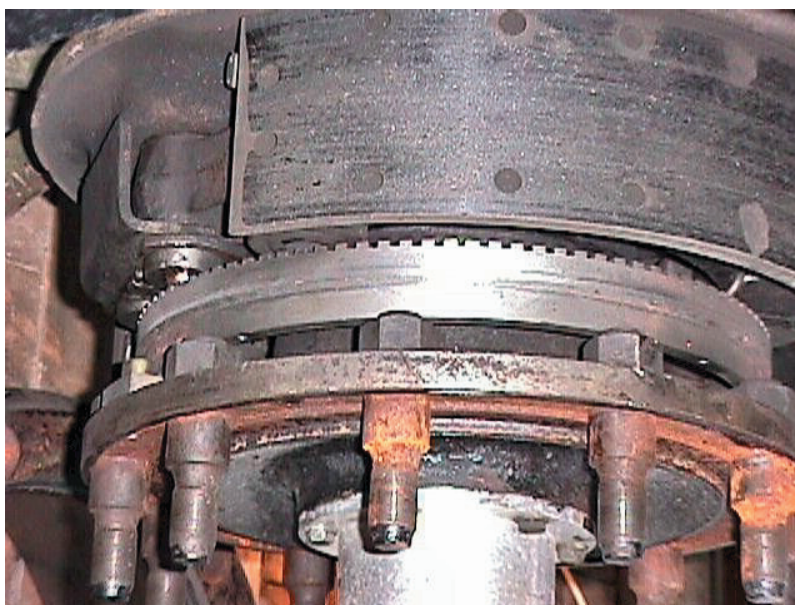
Rejestracja mierzonych wielkości odbywała się za pomocą dwóch 16 kanałowych 12-bitowych kart pomiarowych National Instruments PCI-MIO-16-E4, pracujących pod kontrolą programu LabVIEW. Czas próbkowania ustalono na 1 ms. Dane pomiarowe były zapisywane na dysku twardym komputera ACME PIV-1.7GHz. Zestaw pomiarowy przedstawiony jest na rys. 8.



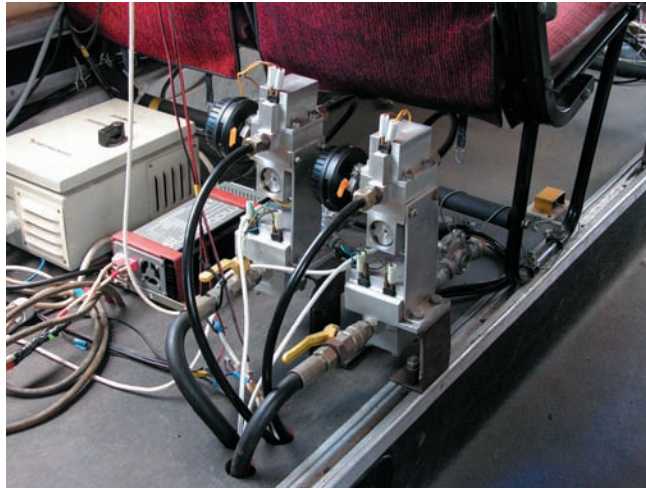
Rys. 8. Komputer pomiarowy
Fig. 8. Measuring computer

Sygnały z indukcyjnych czujników prędkości obrotowej kół i silnika współpracowały z przetwornikami częstotliwość/napięcie konstrukcji własnej IP PŁ. Rejestracji podlegały sygnały analogowe proporcjonalne do chwilowych prędkości obrotowych mierzonych przez te czujniki.

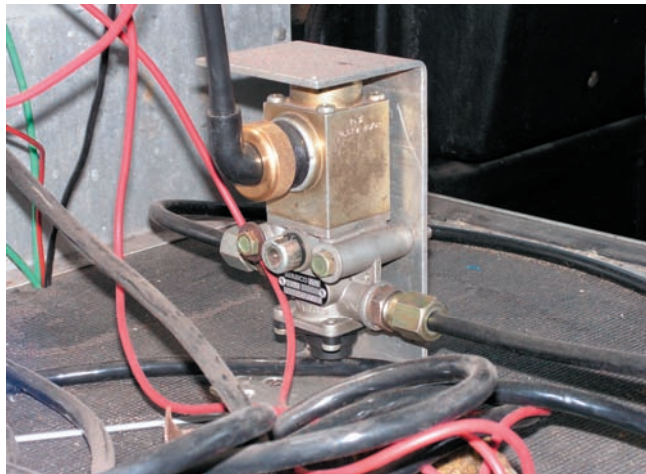
Elementy urządzenia ESP przedstawione są na kolejnych rysunkach.



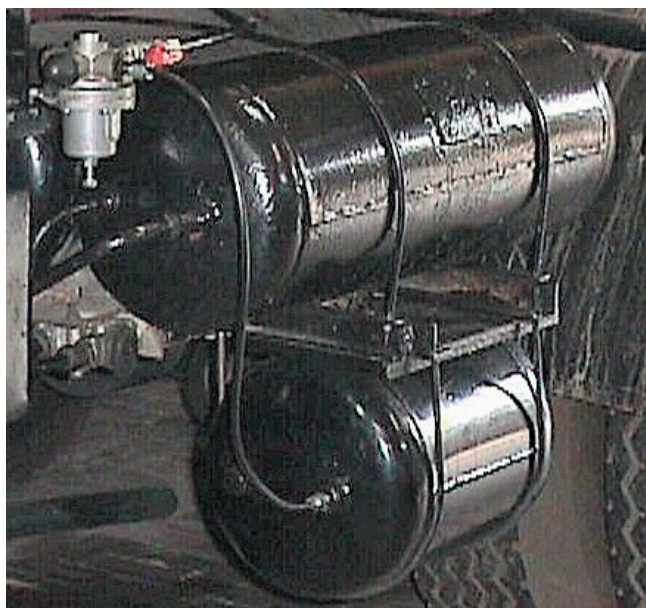
Rys. 9. Koło tylne z zamocowaną tarczą zębatą do współpracy z czujnikiem prędkości
Fig. 9. Rear wheel with teeth plate of rotational speed sensor



Rys. 10. Zestaw modulatorów ESP
Fig. 10. The set of ESP modulators



Rys. 11. Zawór proporcjonalny sterowania siłownikiem silnika
Fig. 11. Proportional valve for actuator of motor control



Rys. 12. Zbiornik powietrza z regulatorem ciśnienia
Fig. 12. Air tank with pressure regulator

Badania drogowe odbywały się na:

- torach płaskich o nawierzchniach jednorodnych o wysokim i niskim współczynniku przyczepności,
- torach płaskich o nawierzchni niejednorodnej składającej się z dwóch rodzajów nawierzchni reprezentujących wysoki i niski współczynnik przyczepności.

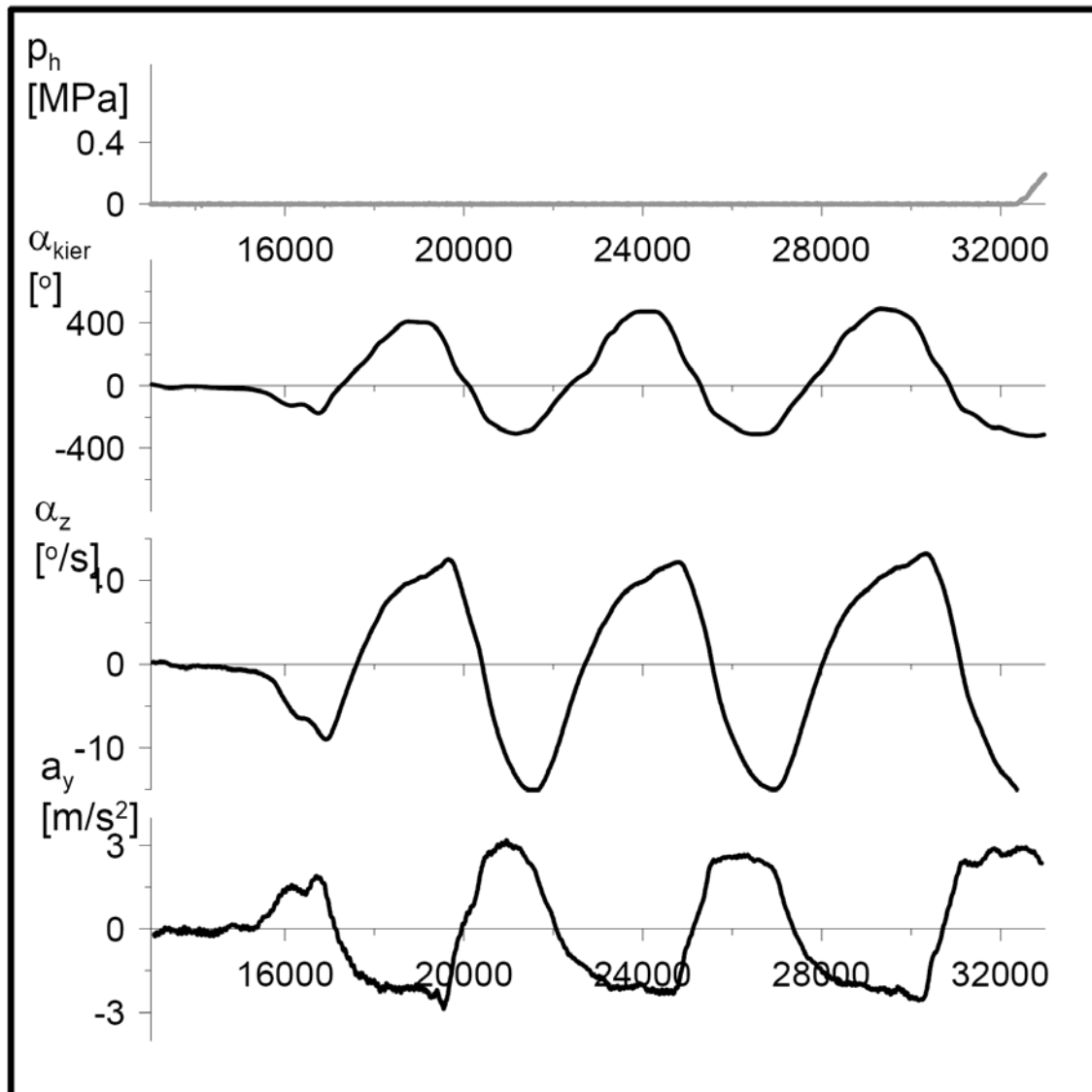
Próby przeprowadzono dla różnych prędkości początkowych, różnych torów jazdy i na różnych nawierzchniach.

Badania drogowe podzielono na dwa etapy.

Etap pierwszy miał za zadanie dostarczyć informacji o dynamice pojazdu w trakcie specyficznych manewrów mogących doprowadzić do utraty stabilności. Badano także reakcje pojazdu na działanie pojedynczych sygnałów sterujących mogących być wykorzystanych przez urządzenie ESP.

Próby w drugim etapie badań polegały na wykonaniu analogicznych przejazdów z działającym algorytmem progowym ESP.

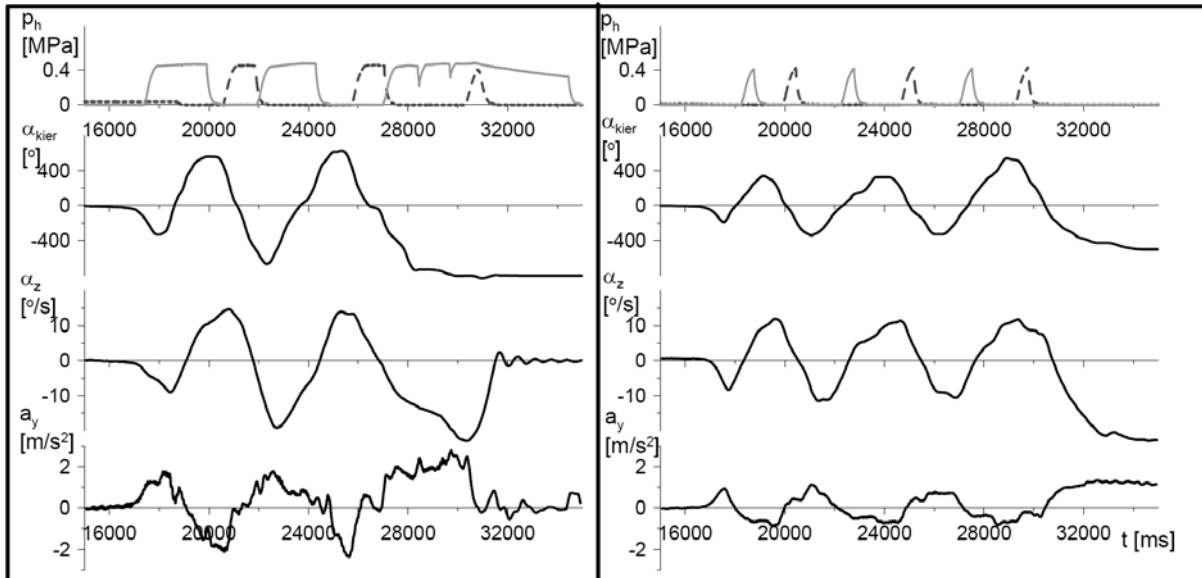
Poniżej zaprezentowano wybrane przypadki ruchu pojazdu z aktywnym urządzeniem ESP i dla porównania te same przypadki bez ESP.



Rys. 13. Wyniki przejazdu autobusu po torze typu slalom bez aktywnego urządzenia ESP

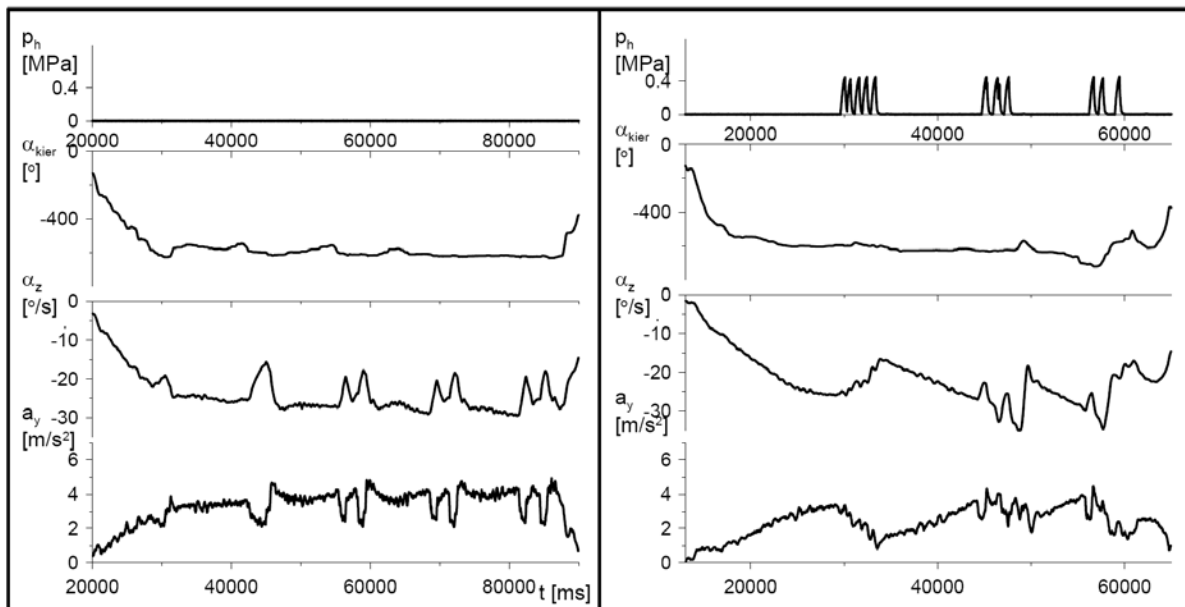
Fig. 13. The results of bus movement along slalom path without ESP operation

Na rys. 14 zamieszczone są wyniki ruchu w przypadku sterowania jego przebiegiem urządzeniem ESP, realizującym zmiany wartości momentu hamującego poszczególnych kół.



Rys. 14. Wyniki przejazdu autobusu po torze typu slalom z działającym urządzeniem ESP, realizującym różne warianty sterowanie momentem hamującym

Fig. 14. The results of bus movement along slalom path with ESP operation, with different types of tracking torque control



Rys. 15. Jazda po okręgu ze stałą prędkością; nawierzchnie o skokowo zmiennym współczynniku przyczepności
a – bez działającego urządzenia ESP

b – urządzenie ESP aktywne

Fig. 15. Circular movement with constant speed; the surface with different adhesion coefficient

a – without ESP operation

b – with ESP operation

3.WNIOSKI

Na podstawie analizy uzyskanych wyników należy stwierdzić, że:

- nie nastąpiło długotrwałe blokowanie kół podczas zmian nawierzchni i toru jazdy, co świadczy o braku istotnych błędów w działaniu urządzenia,
- widoczna jest zmiana wartości opóźnienia przy przejściu z jednej nawierzchni na drugą, co świadczy o dostosowaniu przez ESP intensywności działania do chwilowych warunków drogowych,
- urządzenie ESP wykazało swoją poprawność działania na drogach o niskim współczynniku przyczepności,
- urządzenie ESP wykazało pewną zdolność adaptacji do zmieniających się warunków przyczepności, z zachowaniem skuteczności stabilizacji toru właściwej dla danej nawierzchni.