

Kacper SZCZEPANIEC¹

Opiekun naukowy: Krzysztof PARCZEWSKI²

WYKORZYSTANIE I ANALIZA DANYCH Z SIECI POKŁADOWEJ CAN SAMOCHODU ELEKTRYCZNEGO

Streszczenie: W artykule przedstawiono sieci CAN samochodów, ich przeznaczenie i zastosowanie. Przedstawiono również genezę powstania systemu diagnostycznego OBD, przez który można komunikować się z siecią CAN oraz uzyskiwać dane o błędach występujących podczas pracy pojazdu. Systemy te opracowano z myślą o pojazdach wyposażonych w silniki spalinowe i w początkowym okresie można było uzyskać tylko dane dotyczące emisji związków toksycznych spalin. Systemy te były rozwijane i obecnie są dostępne dane o działaniu poszczególnych układów. W pojazdach elektrycznych dane te pozwalają między innymi na ocenę stanu baterii i pracy układu napędowego. Do oceny i analizy pracy pojazdu wykonano specjalny skaner, który pozwalał na zapis danych uzyskanych poprzez gniazdo diagnostyczne. Podczas badań dane uzyskane w sieci CAN samochodu elektrycznego wykorzystano do określenia zużycia energii przez pojazd. Posłużono się testem WLTP.

Słowa kluczowe: samochód elektryczny, sieć CAN, system OBD, zużycie energii samochodów BEV

USE AND ANALYSIS OF DATA FROM THE BEV VEHICLE CAN NETWORK

Summary: The article presents the CAN networks of cars, their purpose and application. The genesis of the OBD diagnostic system, through which you can communicate with the CAN network and obtain data on errors occurring during vehicle operation, is also presented. These systems were developed for vehicles with internal combustion engines and in the initial period only data on the emission of toxic exhaust gases could be obtained. These systems were developed and data on the operation of individual systems is now available. In electric vehicles, these data allow, among other things, to assess the condition of the battery and the operation of the drive system. A special scanner was made to evaluate and analyze the operation of the vehicle, which allowed for recording the data obtained through the diagnostic socket. During the tests, the data obtained in the CAN network of the electric car was used to determine the energy consumption of the vehicle. The WLTP test was used.

¹ Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki: kszczepaniec@ath.bielsko.pl

² Dr hab. inż., prof. ATH, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki: kparczewski@ath.bielsko.pl

Keywords: BEV car, vehicles CAN network, OBD system, BEV car energy consumption

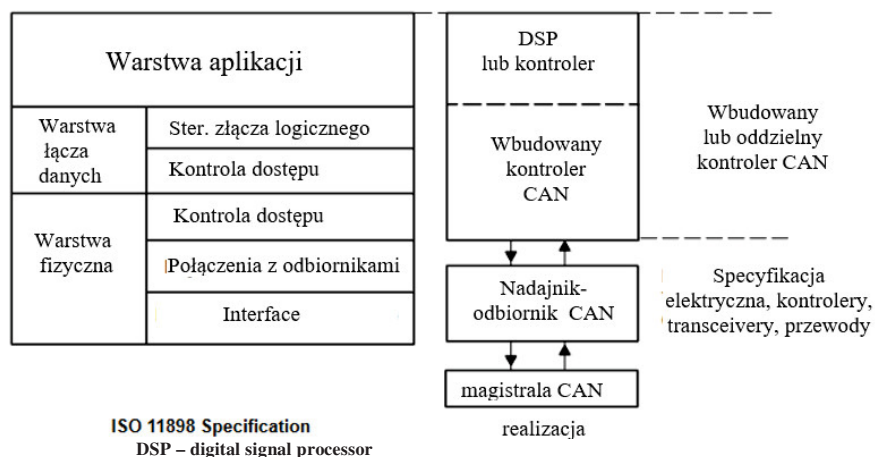
1. Wprowadzenie

Światowy przemysł samochodowy podlega obecnie zmianom związanym z problemami XXI wieku, takimi jak: skażenie środowiska naturalnego, globalne ocieplenie, duża produkcja odpadów czy starzenie się społeczeństw. Samochód o ładnej sylwetce, wygodny, niezawodny i o atrakcyjnych parametrach technicznych nie jest już wystarczający. Dla potencjalnych nabywców najważniejsze stały się aspekty związane z ochroną środowiska naturalnego. Obejmuje to rozwiązanie takich problemów jak: emisja toksycznych składników spalin, globalne ocieplenie, zagospodarowanie pojazdów wycofanych z użytkowania, zużycie nieodnawialnych surowców naturalnych oraz przestawienie się na alternatywne źródła energii na wypadek deficytu paliw ropy pochodnych.

Kolejną kwestią jest zwiększenie bezpieczeństwa użytkowników dróg. W tej dziedzinie nie wystarczą już nakłady na bezpieczeństwo czynne i bierne. Przyszli użytkownicy chcą, aby samochody były w stanie zapobiegać ludzkim błędom przez wykrywanie nieuwagi kierowcy lub jego znużenia. Warto zauważyć, że zwiększenie bezpieczeństwa to również wzrost niezawodności pojazdu oraz detekcja niesprawności pojazdu wpływających na bezpieczeństwo. Do kwestii bezpieczeństwa odwołuje się również doskonalenie technologii związanych z „inteligentnym” samochodem, który rozpoznaje otoczenie, umożliwia wykrycie przeszkód, rozpoznaje warunki drogowe oraz stan kierowcy i jego intencje. Nabywcy z całą pewnością oczekują, że przyszłe pojazdy wspomogą, a nawet zastąpią kierowcę w pewnych czynnościach, zwiększając przez to wygodę i bezpieczeństwo jazdy. Za tymi działaniami idzie wyposażenie pojazdu w szereg urządzeń rejestrujących i kontrolujących zarówno pracę układu napędowego samochodu jak również jego układów jezdnych, hamulcowych, komfortu itp., oraz układów wspomagających kierowcę. Sieci CAN okazały się doskonałym rozwiązaniem problemów z dużą ilością przewodów we wiązkach elektrycznych pojazdów.

2. Sieci CAN w samochodach

Sieć CAN (Controller Area Network) została po raz pierwszy zaprezentowana przez firmę Bosch w 1985 roku. Była ona przeznaczona do zastosowań w pojazdach samochodowych. W przeszłości producenci samochodów łączyli urządzenia elektroniczne w pojazdach za pomocą systemu przewodów biegnących z punktu do punktu. Jednakże z biegiem czasu zaczęto wykorzystywać coraz większą ilość urządzeń elektronicznych, co spowodowało skomplikowanie systemu przewodów, a więc wzrost masy systemu połączeń oraz kosztów produkcji. Rozpoczęło się tworzenie dedykowanych sieci przewodów wewnątrz pojazdu co pozwoliło na zredukowanie masy, kosztów produkcji oraz stopnia skomplikowania systemu. CAN, jako wysoce zintegrowana sieć połączeń urządzeń elektronicznych, stała się standardem sieci połączeń w pojazdach (w 1993 powstała norma ISO 11898) [1].



Rysunek 1. Układ sieci CAN ujęty w normie ISO 11898 [2]

Na rysunku 1 przedstawiono układ sieci CAN określony w normie ISO 11898.

2.1. Korzyści wynikające ze stosowania sieci CAN

Niski koszt oraz niewielka masa – CAN pozwala na stworzenie niewielkim kosztem wytrzymałej sieci, która umożliwi wzajemną komunikację wielu urządzeń elektronicznych. Zaletą jest również to, że sterowniki elektroniczne (ECU – electronic control unit) mogą być podłączone do sieci za pomocą jednego przyłącza, zamiast być analogowo połączone ze sterowanymi urządzeniami, co pozwala na zredukowanie masy układu. Łatwość przesyłu informacji – każde urządzenie w sieci CAN jest wyposażone w mikrokontroler, a więc jest urządzeniem inteligentnym. Wszystkie urządzenia w sieci mają dostęp do wszelkich przesyłanych informacji. Każde urządzenie wykorzystuje jedynie informację, która jest istotna dla jego działania, informacje są więc „filtrowane” w każdym urządzeniu. Takie działanie pozwala na łatwe modyfikowanie sieci CAN.[3,4,8]

Uszeregowanie informacji – każda informacja przesyłana w sieci CAN ma określony priorytet. Jeżeli dwa urządzenia podejmują próbę przesłania informacji w tym samym czasie, przesłana zostaje wiadomość o wyższym poziomie ważności, mniej istotna wiadomość zostaje chwilowo „odłożona”. Taka struktura pozwala na nieprzerwany przepływ najważniejszych informacji, a także ich przepływ w najkrótszym możliwym czasie.

Wykrywanie usterek – Sieć CAN sprawdza urządzenia pod kątem wystąpienia usterki w regularnych odstępach czasu. W przypadku wykrycia usterki, informacja, na którą ona wpływa jest ignorowana przez pozostałe urządzenia. Informacje o błędach są przesyłane do sterownika, w przypadku wystąpienia zbyt dużej liczby błędów, poszczególne urządzenia mogą zostać odłączone od przesyłu informacji lub odłączone kompletnie od sieci. [1]

2.2. System diagnostyki pokładowej OBD

Koncepcja uniwersalnego systemu diagnostyki pokładowej OBD (On Board Diagnostics) została opracowana przez California Air Resources Board. Głównym celem stosowania tego systemu miało być ułatwienie prowadzenia kontroli emisji związków toksycznych spalin przez samochód. System OBD stał się obowiązkowy w USA w 1988 roku. System ten rozwijano, w kolejną wersję OBDII Opracowano też jednolity, wspólny dla wszystkich producentów, pięciodziesiętny kod błędów, zdefiniowany w normach ISO/SAE. Złącze to pozwala na odczyt błędów zapisanych w pamięci samochodu, kasowanie tych błędów, odczyt parametrów pracy silnika i podstawowych danych samochodu, oraz sprawdzanie poprawności pracy szeregu układów samochodu. Poprzez złącze diagnostyczne można programować wtryskiwacze, oraz inne urządzenia wymagające „rejestracji” w systemie.

W samochodach hybrydowych poprzez złącze diagnostyczne można sprawdzać też szereg parametrów dotyczących układu hybrydowego w tym: natężenie prądu akumulatora, stan naładowania akumulatora, napięcie akumulatora, jego temperaturę, moc generowaną przez silnik elektryczny i stan akumulatora podstawowego.

Pojazdy elektryczne są również wyposażone z złącze diagnostyczne, pozwalające na monitorowanie układów pojazdu takich jak prędkość jazdy, położenie pedałów przyspieszenia i hamulca, czy też informacji o układzie elektrycznym (w tym stanu naładowania baterii, mocy odbieranej przez silnik oraz zasięgu samochodu).

3. Skaner pomiarowy ATH

Do badań wykorzystano skaner, wykonany w Katedrze Silników Spalinowych i Pojazdów Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej, pozwalający na odczyt danych z sieci CAN pojazdu z częstotliwością 10 Hz. Dane te mogą być wykorzystywane podczas badań na hamowni podwoziowej oraz podczas badań drogowych pojazdu. W obu przypadkach są one zapisywane na karcie pamięci. Ze względu na znaczną ilość danych do zapisu wybrano tylko te dane, które pozwalały na ocenę przepływu energii w pojeździe, w trakcie jej pobierania z akumulatorów lub podczas generowania przy hamowaniu. Dodatkowo zbierano szereg danych pozwalających na diagnostykę układu napędowego. Skaner pokazano na rysunku 2.

Na ekranie skanera, przedstawionego na rysunku poniżej, można w czasie rzeczywistym obserwować wartości wybranych parametrów.



Rysunek 2. Skaner diagnostyczny [badania własne]

4. Testy badawcze

Badania samochodu elektrycznego przeprowadzono z wykorzystaniem hamowni podwoziowej Schneck oraz aparatury pomiarowej będącej na wyposażeniu Laboratorium Budowy Pojazdów. Pojazdem badawczym był samochód osobowy Fiat 500e [5].

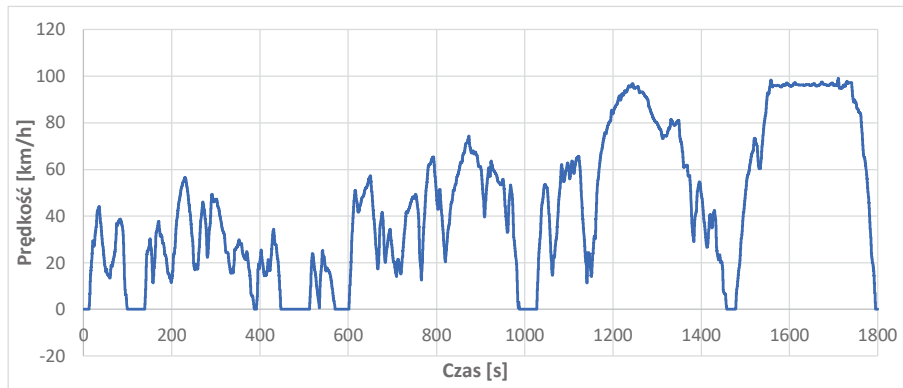
Badania obejmowały następujące etapy:

- test WLTP,
- jazda ze stałą prędkością bez odbiorników mocy,
- jazda ze stałą prędkością z włączonymi odbiornikami mocy w postaci oświetlenia zewnętrznego pojazdu (światła drogowe, światło przeciwmgłowe),
- jazda ze stałą prędkością z włączonym systemem klimatyzacji (temperatura zadana na panelu sterowania: 17°C),
- jazda ze stałą prędkością z włączonym systemem ogrzewania (temperatura zadana na panelu sterowania: 35°C),
- przejazd w rzeczywistych warunkach miejskich.

Pierwsze pięć testów wykonano na hamowni podwoziowej, a ostatni w rzeczywistym ruchu miejskim. Ze względu na to, że podczas jazdy miejskiej warunki drogowe nie były ustabilizowane, test ten potraktowano jako przykładowe badania pokazujące zachowanie się pojazdu w warunkach ruchu miejskiego.

Do analiz wybrano test WLTP. 1 września 2017 r. weszła w życie nowa procedura testowania pojazdów – Worldwide Harmonised Light-duty Vehicles Test Procedure (WLTP). Procedurę WLTP opracowano na podstawie danych pochodzących z rzeczywistych warunków jazdy. Jest to cykl dynamiczny, trwający 30 minut, dzieli się na cztery fazy z czego 52% odpowiada jeździe po mieście a 40% jeździe poza miastem. Średnia prędkość testu 46,5 a maksymalna prędkość to 131 km/h. W teście uwzględniane są dodatkowe cechy charakterystyczne samochodu, które mogą się zmieniać w zależności od modelu. Momenty zmiany biegów wynikają z warunków

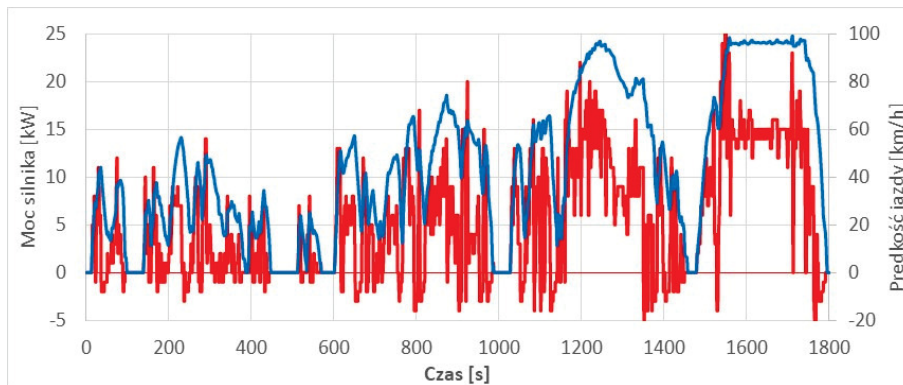
testu. Z uwagi na ograniczenia hamowni maksymalną prędkość pojazdu ustalono na 100 km/h. Na rysunku 3 przedstawiono prędkość ruchu pojazdu podczas testu.



Rysunek 3. Prędkość pojazdu podczas realizacji testu WLTP [badania własne]

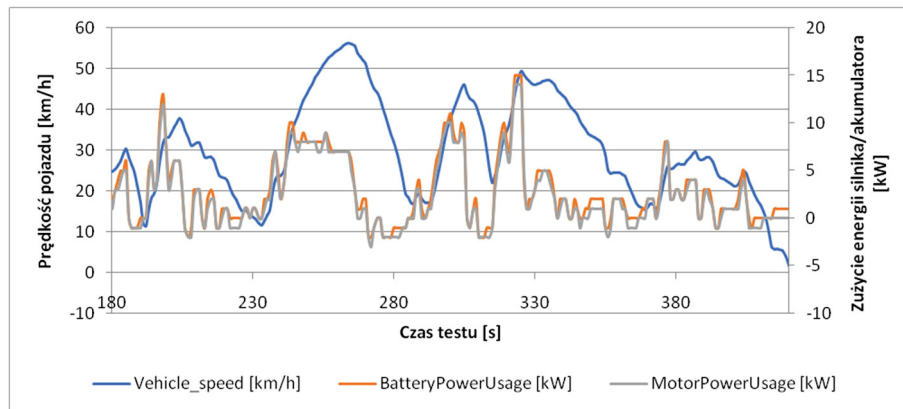
5. Wyniki badań

W artykule przedstawiono głównie wyniki badań dla testu WLTP. Na rysunku 4 pokazano moc generowaną przez silnik podczas jazdy.



Rysunek 4. Moc generowana przez silnik podczas testu WLTP [badania własne]

Największe zapotrzebowanie na moc występuje w chwilach gdy pojazd przyspiesza. Przy stałej prędkości zapotrzebowanie na moc jest mniejsze. Podczas hamowania silnik przechodzi w pracę generatorową. Stąd na wykresie pojawiają się moce ujemne.

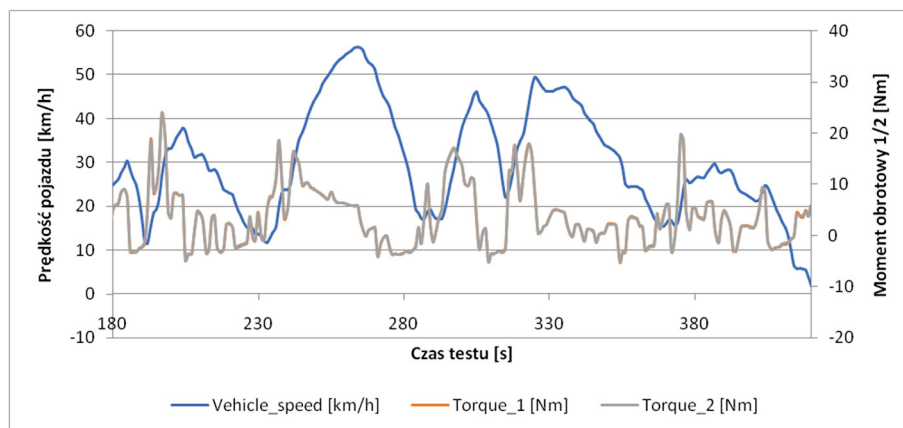


Rysunek 5. Moc pobierana z baterii i moc generowana przez silnik podczas testu WLTP [badania własne]

Ze względu na bardzo dużą liczbę danych na następnym rysunku (rysunek 5) zostały przedstawione wybrane fragmenty testu WLTP pokazujące moc pobieraną z baterii pojazdu, moc generowaną przez silnik z naniesioną siatką prędkości. Różnica między mocą pobieraną z baterii a mocą generowaną przez silnik wynika ze sprawności układu.

Na rysunku 6 został przedstawiony ten sam fragment testu WLTP.

Moment obrotowy zadany przez sterownik, oraz rzeczywisty moment obrotowy silnika elektrycznego są prawie jednakowe. Przebiegi obu tych parametrów niemal się pokrywają, co oznacza, że czas reakcji systemu sterowania jest bardzo mały. Największy moment obrotowy wykorzystywany jest podczas przyspieszania. Wraz ze zwiększaniem momentu obrotowego silnika rośnie również zużycie energii. W czasie gdy silnik elektryczny pracuje jako generator (podczas hamowania) moment obrotowy osiąga wartości ujemne.



Rysunek 6. Moc pobierana z baterii i moc generowana przez silnik podczas testu WLTP [badania własne]

Przeprowadzono również szereg testów pozwalających na analizę zużycia energii przy włączonych dodatkowych odbiornikach. Przeprowadzono testy jazdy ze stałą prędkością z włączonymi poszczególnymi odbiornikami: włączone oświetlenie (światła główne pojazdu), włączony układ klimatyzacji (chłodzenie do temperatury 17 stopni) oraz włączone ogrzewanie (zadana temperatura 35 stopni).

6. Podsumowanie

W tabeli 1 zestawiono średnie wartości zużycia energii przez silnik oraz przez akumulator podczas poszczególnych testów.

Tabela 1. Porównanie zużycia energii przez silnik oraz przez akumulator w zależności od poboru energii przez dodatkowe odbiorniki [badania własne]

Rodzaj testu	Średnie zużycie energii przez silnik [kW]	Średnie zużycie energii przez akumulator [kW]
Jazda bez odbiorników	7,07	7,41
Jazda z włączonym oświetleniem	6,98	7,52
Jazda z włączonym układem klimatyzacji	7,17	8,35
Jazda z włączonym układem ogrzewania	6,99	10,85

Podczas jazdy z uruchomionymi dodatkowymi odbiornikami energii rośnie jej pobór z akumulatora, co zmniejsza zasięg pojazdu. W przypadku jazdy z włączonym oświetleniem zewnętrznym nie jest to zbyt znaczna różnica, jednak w przypadku wykorzystania urządzeń wymagających większej ilości energii elektrycznej do pracy, zwłaszcza układu ogrzewania, wpływa to w sposób znaczący na rzeczywisty zasięg pojazdu [6,7].

7. Wnioski

Sieci CAN współczesnych pojazdów umożliwiają szybkie oraz sprawne przesyłanie informacji. Dzięki hierarchii informacji, istotne dane zawsze w najkrótszym możliwym czasie docierają do właściwych urządzeń sterujących zapewniając sprawność działania oraz bezpieczeństwo użytkownika samochodu. Dane te są wykorzystywane do działania systemów pojazdu i są przekazywane do odpowiednich jednostek sterujących.

Korzystając ze złącza diagnostycznego OBD II można uzyskać dostęp do tych danych i wykorzystać je w celach diagnostycznych oraz w celach badawczych. Można

przeprowadzić diagnostykę pojazdu. Sieć CAN skonstruowana jest tak aby zapisywała informację o usterce danego elementu jeżeli wykryte zostaną nieprawidłowości jego działania oraz informowała kierowcę o usterce za pomocą odpowiedniej kontrolki bądź komunikatu wyświetlanego na desce rozdzielczej. Wykorzystując złącze diagnostyczne oraz odpowiednie oprogramowanie można odczytać kod usterki i uzyskać informację na temat tego, który element jest uszkodzony. Zmniejsza to znacząco czas diagnozy.

Wykorzystując specjalistyczne skanery oraz oprogramowanie można również uzyskać dostęp do informacji gromadzonych przez pojazd w czasie jazdy. Pozwala to na obserwowanie mechanizmów jego działania, charakterystykę pracy, pozwala również na przeprowadzenie analizy działania poszczególnych systemów. Gromadzenie i dostęp do różnego rodzaju danych daje możliwość analizy zachowania się pojazdu w rzeczywistych warunkach eksploatacji, a zatem możliwość oceny zastosowanych rozwiązań i tym samym opracowania ewentualnych zmian oraz usprawnień.

Dane gromadzone przez sieć CAN wykorzystywane są również przez systemy wspomagające kierowcę takie jak na przykład układ stabilizacji toru jazdy czy aktywny tempomat. Te same dane oraz systemy mogą być również wykorzystywane przez pojazd autonomiczny.

Sieć CAN została wykorzystana podczas badań samochodu z napędem elektrycznym. Analiza informacji zapisanych w sieci CAN pozwoliła na ocenę przepływu energii określenie wpływu użycia dodatkowych odbiorników na jej zużycie a pośrednio na zasięg pojazdu. Z przeprowadzonych badań wynika, że: oświetlenie pojazdu zwiększa zużycie energii o ~6%, klimatyzacja do 18% a ogrzewanie nawet do 50%. Parametry te muszą być brane pod uwagę podczas planowania trasy pojazdu.

Badania przeprowadzono i skaner diagnostyczny wykonano w ramach prac prowadzonych przez promotora w Katedrze Silników Spalinowych i Pojazdów, Wydziału Budowy Maszyn i Informatyki, Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej.

LITERATURA

1. Controller Area Network (CAN) Overview, NI Engineer Ambiously, 9/2020.
2. Texas Instruments, Introduction to the Controller Area Network (CAN), 2003.
3. Sieci CAN, Elektronika praktyczna 7/2005.
4. SZOKAŁO A.A., RYCHTER M.: Rozwój systemu diagnostyki pokładowej samochodów osobowych w świetle zasady działania systemu OBD, Autobusy 6/2018.
5. Fiat 500e Owner's Manual, 2017.

6. SZCZEPANIEC K., Praca dyplomowa pt. Wykorzystanie i analiza danych z sieci CAN pojazdu służących do sterowania (np. pojazdu autonomicznego) 2022 ATH Bielsko-Biała.
7. KAŻMIERCZAK A., BIELAWSKI Ł.: Wybrane zagadnienia systemów wspomagania kierowcy w jeździe zautomatyzowanej, 2018.
8. Researchgate.net Components used for electronic control In MED Motronic system of the Bosch.