

Anna Bocheńska, Paulina Grzelak, Wojciech Gis, Adam Majerczyk, Andrzej Żółtowski
Instytut Transportu Samochodowego, Warszawa

BADANIA POJAZDU ELEKTRYCZNEGO ZILENT COURANT W TESTACH JEZDNYCH

TESTING THE ELECTRIC VEHICLE ZILENT COURANT IN DRIVING TESTS

Streszczenie: Zużycie energii przez samochód jest zależne od warunków ruchu oraz od właściwości samochodu. Zużycie energii jest zdeterminowane przebiegiem prędkości samochodu oraz warunkami zewnętrznymi, np. oporami toczenia, wzniesieniami, wiatrem itp. Z tego powodu zarówno zużycie paliwa, jak i emisję zanieczyszczeń, ocenia się dla klasycznych samochodów w testach jezdnych. Oczywiście, aby wiedza o właściwościach samochodu nie dotyczyła wyłącznie testów homologacyjnych, jest konieczne wykonywanie badań w wielu testach odpowiadających różnym warunkom ruchu. W artykule przedstawione zostały badania zużycia energii przez samochód osobowy w testach zarówno homologacyjnych: europejskich - NEDC, amerykańskich - FTP jak i specjalnych np.: Stop and Go. Oprócz tego wykonane zostały badania w warunkach trakcyjnych w czasie jazd rzeczywistych. Pomiar przeprowadzone zostały na samochodzie osobowym marki Zilent model Courant wyprodukowany przez chińską firmę Shandong Baoya New Energy Vehicle Co., Ltd. Jest to samochód elektryczny, którego jedynym źródłem zasilania są akumulatory, czyli spełnia on warunki do zakwalifikowania jako „pure electric vehicle” zgodnie z punktem 2 Regulaminu 101 EKG ONZ.

Abstract: The energy consumption of the car is dependent on traffic conditions and the car properties. The energy consumption in the vehicle is dependent on vehicle's speed and resistance motion such as rolling resistance, the angle of travelled hills, wind speed, etc. It is necessary to perform the research in a number of tests corresponding to the different traffic conditions for increase knowledge beyond type-approval tests. The article presents energy consumption studies of electric passenger vehicle in both approval test: European – NEDC, American – FTP as well as special tests, for example Stop and Go. In addition, tests under actual conditions of traffic on the big city streets were prepared. The measurements were performed on a passenger car brand Zilent model Courant, produced by Chinese company Shandong Baoya New Energy Vehicle Co. Ltd. This is an electric vehicle, with the only energy of battery, which meets the conditions to qualify it as a “pure electric vehicle” in accordance with section 2 of the ECE Regulation no. 101.

Słowa kluczowe: pojazdy elektryczne, transport drogowy, ochrona środowiska

Keywords: electric vehicles, road transport, environmental protection

1. Obiekt badań

Pomiary przeprowadzono na samochodzie osobowym marki Zilent model Courant. Jest to samochód elektryczny, którego jedynym źródłem zasilania są akumulatory, czyli spełnia on definicję „pure electric vehicle” zgodnie z pkt. 2 Regulaminu 101 EKG ONZ.

Courant jest pojazdem 4-sobowym, zbudowanym na bazie pojazdu wyposażonego w silnik spalinowy (Rys.1).

Adaptacja, przeprowadzona przez producenta pojazdu, polegała na zastąpieniu silnika spalinowego silnikiem elektrycznym. W zespole przeniesienia napędu zastosowano sprzęgło, stopniową, mechaniczną skrzynię biegów oraz półosie napędzające koła przednie.



Rys. 1. Samochód elektryczny Zilent Courant

Zamontowano dziesięć akumulatorów połączonych szeregowo i wyposażono pojazd w zespoły zarządzania energią (Rys.2).



Rys. 2. Widok komory akumulatorów samochodu elektrycznego Zilent Courant

Ładowanie akumulatorów odbywa się z gniazda zewnętrznego 230V przez prostownik zamontowany na stałe w pojeździe.

Dane techniczne deklarowane przez producenta podano w tabeli 1.

Tab. 1. Dane techniczne pojazdu deklarowane przez producenta

wymiary (długość x szerokość x wysokość)	3618 x 1563 x 1533 mm
masa własna (bez akumulatora)	831 kg
masa pojazdu gotowego do jazdy	1170 kg
rozstaw osi	2335 mm
prędkość maksymalna	85 km/h
prędkość ekonomiczna	40 km/h
zasięg	≥ 150 km
moc silnika	8,5 kW
typ silnika	elektryczny AC, trójfazowy
napięcie znamionowe zespołu akumulatorów	120V (10 akumulatorów 12V-100Ah)
typ akumulatora	kwasowo-olowiowe,
ładowanie wbudowane	220V/50-60Hz, moc 1500W
czas ładowania	12 – 14h

2. Urządzenia pomiarowe

Do badań były stosowane: hamownia podwoziowa jednorolkowa z regulowaną krzywą oporów firmy AVL-Zoellner, piąte koło marki Peiseler oraz urządzenie pomiarowe z rejestrato-

rem procesu ładowania oraz przebiegu testu jezdnego.

Rejestrowano następujące sygnały :

- prędkość obrotową rolki hamowni podwoziowej z wykorzystaniem sygnału z hamowni podwoziowej,
- napięcie na zespole akumulatorów,
- natężenie prądu na zaciskach zespołu akumulatorów.



Rys. 3. Rejestrator procesu ładowania oraz przebiegu testu jezdnego

3. Procedura pomiarowa

Badania prowadzono na hamowni podwoziowej, wyregulowanej dla odtworzenia rzeczywistych oporów drogowych badanego pojazdu. Przed rozpoczęciem badań przeprowadzono cykle rozładowania oraz ładowania akumulatorów, zgodnie z Regulaminem 101 EKG ONZ. Pojazd został zbadany w testach jezdnych. Jednak ich odtworzenie badanym samochodem zgodnie z założeniami nie było możliwe. Dynamika badanego pojazdu nie pozwalała na właściwe odtworzenie żadnego z nich za wyjątkiem testu Stop&Go. Zatem, jeżeli przyspieszenie samochodu było zbyt niskie to odtwarzano test z maksymalnie wciśniętym pedałem przyspiesznika, aż do osiągnięcia założonej prędkości, a następnie kontynuowano test zgodnie z założeniami.

Testy powtarzano, aż do rozładowania akumulatorów, co objawiało się spadkiem własności dynamicznych badanego obiektu (Rys.6).

Serię pomiarów przerywano, gdy pojazd tracił zdolność do przyspieszania, a decyzję o przerwaniu cyklu pomiarów podejmował kierujący pojazdem.

Akumulatory pojazdu były następnie ładowane, aż do chwili uruchomienia wskaźnika pełnego naładowania zamontowanego w pojeździe.

Wartość zużytej energii określano na podstawie energii pobranej z sieci elektrycznej, niezbędnej do pełnego naładowania akumulatorów bezpośrednio po zakończeniu testu jezdnych.

Dla weryfikacji wyników badań otrzymanych na stanowisku hamowni wykonano badania w warunkach nadzorowanej jazdy drogowej w Warszawie i okolicach.

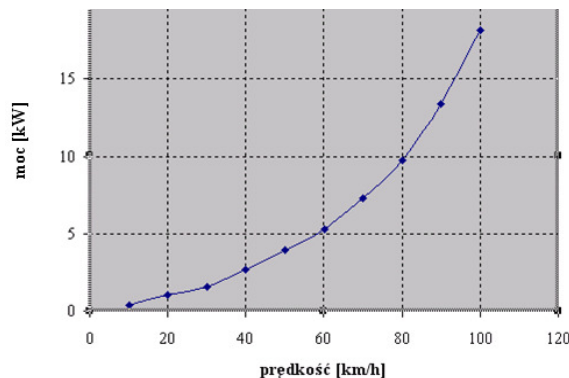
4. Przebieg i wyniki pracy

4.1. Zależność zużycia energii przez samochód od jego prędkości w statycznych stanach pracy

Wykonano pomiary zużycia energii przez pojazd przy prędkościach stałych. Badanie wykonano na hamowni podwoziowej. Rejestracji podlegały prąd i napięcie na zaciskach baterii akumulatorów. Badanie powtarzano dla poszczególnych przełożeń skrzyni biegów. Punkty pomiarowe zostały dobrane w taki sposób, by pokrywały użytkowy zakres pracy silnika elektrycznego. Wyniki przedstawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Moc pobierana z akumulatora podczas odtwarzania prędkości stałych [kW]

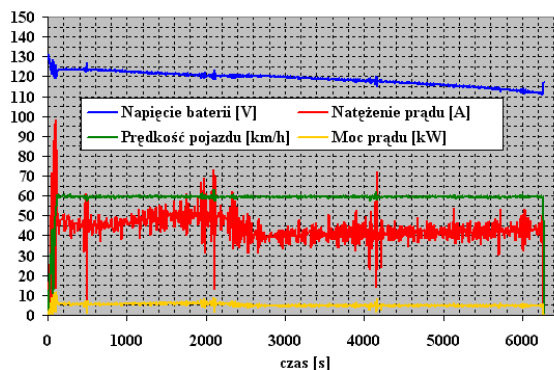
Prędkość [km/h]	Bieg I	Bieg II	Bieg III	Bieg IV	Bieg V	Śr.
10	0,61	0,27	0,32	0,23	0,28	0,34
20	1,58	1,21	0,90	0,65	0,77	1,02
30	-	1,73	1,69	1,51	1,42	1,59
40	-	2,72	2,72	2,85	2,46	2,69
50	-	-	3,91	4,16	3,65	3,91
60	-	-	5,22	5,47	5,09	5,26
70	-	-	-	7,15	7,37	7,26
80	-	-	-	9,77	9,67	9,72
90	-	-	-	-	13,35	13,35
100	-	-	-	-	18,11	18,11



Rys. 4. Średnia moc pobierana z akumulatora podczas odtwarzania prędkości stałych

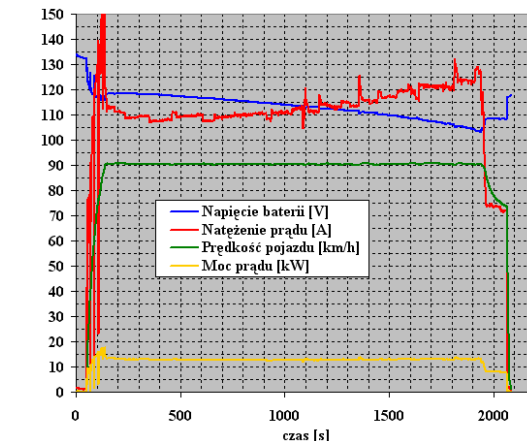
4.2. Badania zasięgu pojazdu przy prędkościach stałych

Badanie polegało na rozpędzeniu pojazdu na hamowni do założonej prędkości, a następnie utrzymaniu założonej prędkości, odpowiednio 60 i 90 km/h.



Rys. 5. Test prędkości stałej 60 km/h

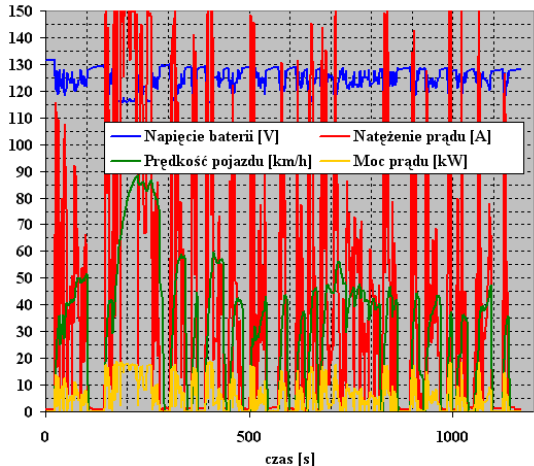
Podczas utrzymywania prędkości 60 km/h układ napędowy pobierał prąd o wartości ok. 43,6A, a pojazd przejechał 102,8 km. Procedurę powtórzono podnosząc prędkość pojazdu do 90 km/h. Pobór prądu wzrósł do 108A, a zasięg pojazdu wyniósł 49,5 km.



Rys. 6. Test prędkości stałej 90 km/h

4.3. Pomiary w teście jezdnym FTP

Do rozładowania akumulatorów w teście FTP (test amerykański) odtworzono test sześciokrotnie.

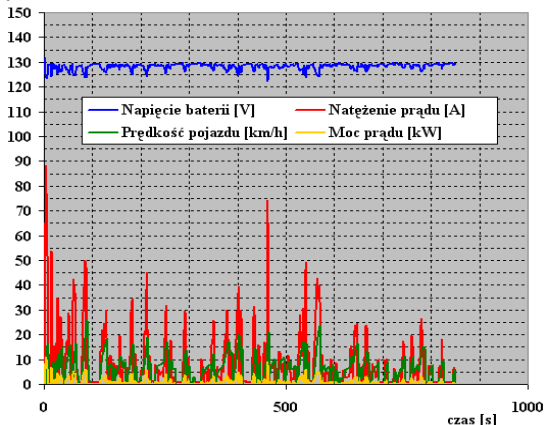


Rys. 7. Rejestracja przebiegu wybranego testu FTP

W ostatnim, szóstym teście stan naładowania akumulatorów spowodował obniżenie własności dynamicznych pojazdu oraz ograniczył prędkość do 70 km/h. Pojazd przejechał 70 km.

4.4. Pomiary w teście Stop&Go

Test Stop&Go, o prędkości średniej poniżej 6 km/h reprezentuje ruch pojazdu w zatłoczonych centrach miast.

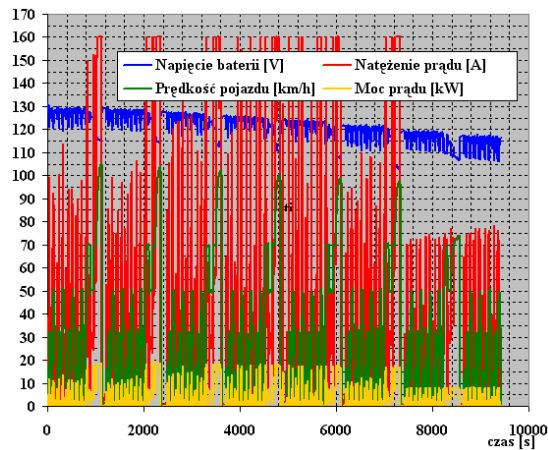


Rys. 8. Rejestracja przebiegu wybranego testu FTP Stop&Go

Do wyładowania akumulatorów pojazd przejechał 95,4 km ze średnią prędkością 5,8 km/h.

4.5. Pomiary w teście pozamiejskim

W ramach pomiarów test pozamiejski według Regulaminu 83 EKG ONZ odtworzono siedmiokrotnie, przy czym prędkości w dwóch ostatnich testach odbiegały w coraz większym stopniu od założonego przebiegu.



Rys. 9. Parametry wybranego testu pozamiejskiego

Pojazd przejechał 77,2 km ze średnią prędkością 37,4 km/h.

4.6. Badania w warunkach trakcyjnych w czasie rzeczywistych jazd

Badania w warunkach drogowych były realizowane na drogach publicznych w Warszawie w ramach normalnego użytkowania pojazdu. Większość przebiegu pojazdu była prowadzona w godzinach szczytu komunikacyjnego. Pojazd pokonywał drogi na terenie nizinnym. Doświadczenie prowadzono w miesiącach letnich (lipiec i sierpień), zatem w miesiącach, w których następuje znaczące upłynnienie ruchu drogowego w Warszawie powodowane spadkiem liczby użytkowników w sezonie urlopowym. Ograniczono użytkowanie urządzeń dodatkowych w pojeździe do niezbędnego minimum. Ze względu na porę roku nie było używane ogrzewania wnętrza, jak też wycieraczki przedniej szyby. Zatem z punktu widzenia zużycia energii pojazd był użytkowany w optymalnym okresie w roku.

Zapisy obejmują czas jazdy, dystans oraz zużycie energii spisywane z licznika energii użytkowanego do rozliczeń za energię elektryczną. Wyniki zbiorcze są przedstawione w tabeli 3.

Tab. 3. Pomiary zużycia energii przez samochód elektryczny

Data	Przebieg (km)	Czas podróży (hh:ss)	Zużycie energii / ładowanie (kWh)
29.07.2011	59	02:00	13,78
30.07.2011	46	01:30	11,09
06.08.2011	81	02:10	16,96
07.08.2011	44	01:40	9,86
08.08.2011	72	02:10	14,10

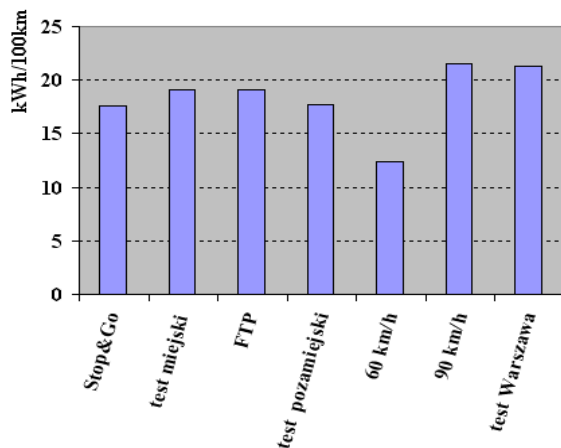
09.08.2011	53	01:45	11,86
10.08.2011	70	01:40	13,31
11.08.2011	72	01:20	11,59
12.08.2011	53	01:30	11,05
13.08.2011	51	01:20	11,98
16.08.2011	46	01:20	10,63
17.08.2011	54	01:30	11,49
18.08.2011	48	01:35	9,95
19.08.2011	37	01:05	9,03
22.08.2011	51	01:20	12,11
23.08.2011	52	01:20	12,14
24.08.2011	62	01:50	13,50
25.08.2011	58	01:20	13,34
26.08.2011	49	01:30	10,44
27.08.2011	58	01:30	8,13
29.08.2011	32	01:10	8,00
RAZEM	1148	32:35:00	244,34

Średnie zużycie energii badanego samochodu elektrycznego, przy średniej prędkości $V_{\text{śr.}} = 35,2 \text{ km/h}$ wyniosło $21,3 \text{ kWh/100 km}$.

4.7. Zużycie energii w testach jezdnych

Zużycie energii w cyklach jezdnych zawiera się w przedziale od $17,6 \text{ kWh/100km}$ w teście Stop&Go do $21,3 \text{ kWh/100km}$ w teście drogowym.

Zwraca uwagę zużycie energii w teście Stop&Go w porównaniu do pozostałych testów drogowych.



Rys. 10. Zużycie energii w badanych warunkach ruchu

W przypadku samochodów napędzanych silnikiem spalinowym zużycie paliwa w testach o prędkościach ok. 6 km/h wzrasta ponad dwukrotnie w stosunku do wyników w teście pozamiejskim. Dla samochodu elektrycznego zużycie energii w teście Stop&Go jest najniższe, co sugeruje optymalny sposób użytkowania napędu elektrycznego.

Tab. 4. Parametry pracy pojazdu w badanych warunkach ruchu

Rodzaj testu	Zasięg pojazdu	Prędkość średnia	Zużycie energii
	[km]	[km/h]	[kWh/100km]
Stop&Go	95,4	5,8	17,6
FTP	70,2	30,1	19,1
pozamiejski	77,2	37,4	17,7
60 km/h	102,8	58,9	12,4
90 km/h	49,5	85,5	21,6
drogowy Warszawa	-	35,2	21,3

5. Omówienie wyników

Przeprowadzone pomiary świadczą o istotnym wpływie warunków ruchu, jak też techniki prowadzenia pojazdu elektrycznego na zasięg pojazdu. Deklarowany przez producenta zasięg ok. 150 km jest możliwy do osiągnięcia jedynie przy założeniu, że pojazd porusza się z prędkością ekonomiczną 40 km/h . Pobór prądu w tych warunkach wynosi średnio ok. 20 A , co przy praktycznie wykorzystywanej pojemności akumulatorów $82\text{-}85\text{Ah}$ wystarcza na 4 godziny jazdy. Jest to jednak wykonalne w przypadku, gdy w pojeździe nie włączono dodatkowych odbiorników energii takich, jak oświetlenie pojazdu, ogrzewanie wnętrza i wycieraczki przedniej szyby.

Przy zwiększaniu prędkości zasięg ulega zmniejszeniu. Dla prędkości stałej 60 km/h do wartości niewiele przekraczającej 100 km , natomiast dla prędkości 90 km/h spada poniżej 50 km .

Wśród testów jezdnych najkorzystniejszym dla zasięgu pojazdu jest test Stop&Go, którego prędkość średnia wynosi $5,8 \text{ km/h}$.

Przyśpieszenia uzyskiwane w teście FTP o prędkości średniej 31 km/h , jak też w teście europejskim zamiejskim o prędkości średniej $37,4 \text{ km/h}$ były odtwarzane z wykorzystaniem maksymalnych, technicznie osiągalnych przyśpieszeń. Maksymalny zasięg wynoszący odpowiednio 70 i 77 km został osiągnięty na pojeździe, który ostatnie kilometry drogi pokonywał przy znacznie ograniczonej prędkości. Warunki ruchu testu europejskiego zakładają utrzymywanie prędkości stałych 50 i 70 km/h przez przeważający czas testu, a następnie przyśpieszenie do 120 km/h . Prędkość maksymalna występująca w teście FTP jest niższa niż w przy-

padku testu europejskiego, jednak test ten zawiera szereg przyspieszeń, i przez to zbliżony do jazdy w rzeczywistych warunkach drogowych.

Zużycie energii jest zbliżone, lecz przebieg w teście FTP niższy.

W rzeczywistych warunkach ruchu drogowego w Warszawie badany pojazd nie jest zdolny do jazdy z typowymi przyspieszeniami uzyskiwanymi przez inne samochody osobowe.

W warunkach płynnej eksploatacji jest zdolny do osiągnięcia przebiegów rzędu 80 km (tab.3), lecz wymaga to zachowania dyscypliny podczas prowadzenia pojazdu w celu ograniczenia przyspieszeń, prędkości oraz właściwego gospodarowania energią.

Jazda dynamiczna, z użyciem elektrycznego ogrzewania wnętrza pojazdu oraz wycieraczek ogranicza praktyczny zasięg pojazdu do ok. 45 km.

Główną zaletą badanego pojazdu jest zużycie energii oraz zasięg w testach o dużym udziale zatrzymań.

6. Wnioski

Na charakterystykę zużycia energii przez pojazd elektryczny i jego zasięg oraz charakterystykę pracy użytych akumulatorów istotny wpływ ma technika jazdy oraz warunki ruchu.

Dla badanego pojazdu elektrycznego optymalna z punktu widzenia zużycia energii oraz zasięgu jest jazda z prędkościami ok. 40 km/h.

Metody pomiaru zużycia energii przez pojazd badany na hamowni podwoziowej mogą skutecznie zastąpić badania wykonywane w warunkach rzeczywistych, jednak należy opracować testy jezdne dostosowane do dynamiki badanych pojazdów.

Największą zaletą napędu elektrycznego w stosunku do użycia silnika spalinowego jest relatywnie niskie zużycie energii w warunkach jazdy wymagających częstych zatrzymań.

7. Literatura

- [1]. Chłopek Z., Gis W., Żółtowski A., Bocheńska A., Taubert S., Majerczyk A., Dziołak P.: *Opracowanie metod wyznaczania charakterystyk zużycia energii przez samochód elektryczny w warunkach symulujących rzeczywiste użytkowanie*
- [2]. Sprawozdanie ITS nr 6110 COŚ wykonane w ramach działalności statutowej.