

Rafał SROKA

WPLYW USZKODZENIA CZUJNIKA TEMPERATURY CIECZY CHŁODZĄCEJ NA PRACĘ ELEKTRONICZNEGO UKŁADU STEROWANIA SILNIKIEM

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu temperatury cieczy chłodzącej na wybrane parametry regulacyjne pracy silnika. Badania zostały przeprowadzone na pojeździe marki Opel Zafira B napędzanym silnikiem ZI o pojemności skokowej 2200 [cm³] z systemem bezpośredniego wtrysku benzyny do komory spalania.

INFLUENCE OF FAILURE COOLANT TEMPERATURE SENSOR ON ECU WORKING

Summary. The results of investigations of coolant temperature influence on selected regulation parameters are presented in this paper. The reasearch was conducted on Opel Zafira B with 2200 [ccm] direct gasoline injection engine.

1. WPROWADZENIE

Temperatura cieczy chłodzącej silnik spalinowy jest istotnym parametrem kontrolnym; jej poprawny pomiar pozwala na:

- uruchomienie zimnego silnika,
- rozgrzanie zimnego silnika do wymaganej temperatury pracy,
- stabilizację prędkości obrotowej biegu jałowego rozgrzanego silnika,
- spełnienie wymagań poziomu emisji toksycznych składników spalin,
- minimalizację zużycia paliwa.

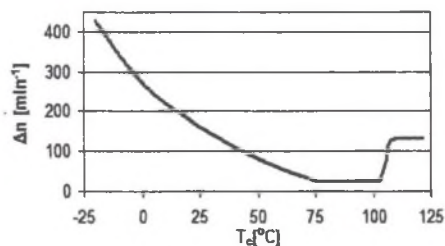
Temperatura cieczy chłodzącej jest również jednym z podstawowych sygnałów decydujących o wyborze procedur strategicznych sterujących pracą silnika spalinowego. Ustalona w fazie projektowania przez producenta temperatura graniczna t_g pozwala na wybór procedur realizowanych przez układ sterowania pracą silnika. Podział procedur strategicznych ze względu na temperaturę cieczy chłodzącej t_c przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Podział procedur strategicznych

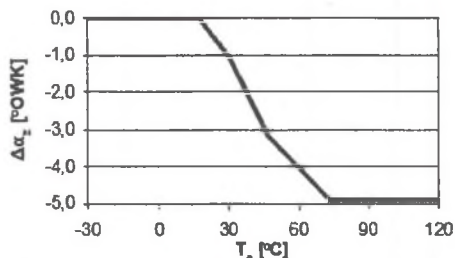
Temperatura cieczy chłodzącej t_c	$t_c < t_g$	$t_c > t_g$
procedury strategiczne	zimny rozruch	rozruch rozgrzanego silnika
	rozgrzewanie	bieg jałowy
	jazda z nierozgrzanym silnikiem	jazda z rozgrzanym silnikiem

Na podstawie informacji o temperaturze cieczy chłodzącej silnika algorytm sterowania elektronicznego urządzenia sterującego pracą silnika dokonuje wyboru procedur operacyjnych i regulacyjnych. Wpływ temperatury cieczy chłodzącej silnik na prędkość obrotową biegu jałowego silnika oraz korekcję kąta wyprzedzenia zapłonu prezentują rysunki 1 i 2.



Rys.1. Zwiększanie prędkości obrotowej biegu jałowego w funkcji temperatury cieczy chłodzącej w systemie Mono-Motronic [1]

Fig.1. Acceleration of idle rpm vs. coolant temperature in Mono-Motronic system [1]



Rys.2. Charakterystyka wartości korekcji temperaturowej zapłonu w systemie Mono-Motronic 1.7A [2]

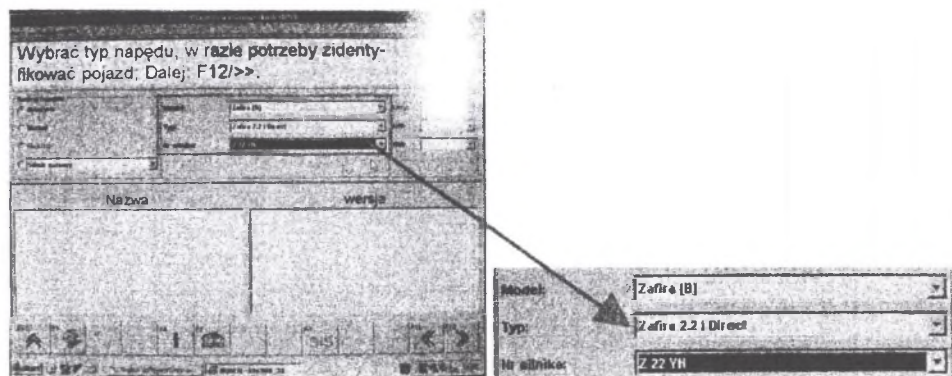
Fig.2. Temperature correction of angle ignition in Mono-Motronic system 1.7A [2]

W układach sterowania wtryskiem benzyny do pomiaru temperatury cieczy chłodzącej wykorzystuje się termistory typu PTC lub NTC. Z uwagi na większą liniowość charakterystyki wyrażającej zależności rezystancji termistora od jego temperatury szersze zastosowanie znalazły termistory typu NTC.

2. BADANIA STANOWISKOWE

Cel badań i obiekt badań

Celem badań było określenie wpływu temperatury cieczy chłodzącej na sterowanie pracą silnika przez elektroniczne urządzenie sterujące. Obiektem badań był pojazd marki Opel Zafira B napędzany silnikiem o pojemności 2200 [cm³] z systemem bezpośredniego wtrysku benzyny do komory spalania, sterowany układem typu Simtec 81.



Rys. 3. Identyfikacja pojazdu

Fig. 3. Vehicle identification

Jest on kontrolowany przez system diagnostyki pokładowej OBD II, który do komunikacji z pozostałymi układami sterującymi i instalacją elektryczną wykorzystuje szeregową szynę CAN.

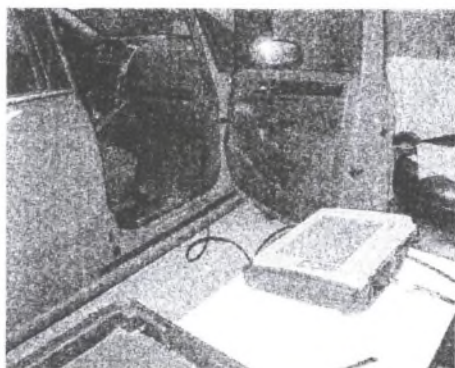
Metodyka badań

Badania przeprowadzono symulując zmiany temperatury cieczy chłodzącej. Zmiany te uzyskano poprzez zmianę oporności czujnika temperatury cieczy chłodzącej. W trakcie badań dla kilku wybranych temperatur rejestrowano następujące parametry pracy silnika:

- prędkość obrotowa silnika – n ,
- kąt wyprzedzenia zapłonu – α_z ,
- czas wtrysku – t_w ,
- status czujnika tlenu (sondy λ),
- kod usterki zakłócenia pracy czujnika temp. cieczy chłodzącej.

Parametry te wizualizowano oraz rejestrowano za pomocą urządzenia diagnostycznego firmy Bosch KTS 650.

Urządzenie rejestrujące oraz umiejscowienie złącza diagnostycznego przedstawiają rysunki 4 i 5.



Rys.4. Urządzenie diagnostyczne Bosch KTS 650



Rys.5. Złącze diagnostyczne
Fig.5. Diagnostic port

Fig.4. Diagnostic device Bosch KTS 650

Badania przeprowadzono dla nieobciążonego silnika dla trzech prędkości obrotowych:

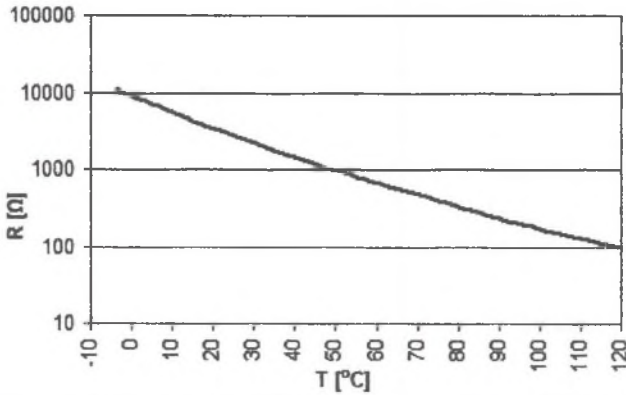
- a) biegu jałowego,
- b) w przybliżeniu $1500 \text{ [min}^{-1}\text{]}$,
- c) w przybliżeniu $2300 \text{ [min}^{-1}\text{]}$.

Dla każdej z tych prędkości obrotowych zasymulowano trzy wartości temperatury cieczy chłodzącej, tj. 32, 63 i 96 [°C]. Ponadto w trakcie badań sprawdzono wpływ symulacji temperatury cieczy chłodzącej w zakresie od -4 do 120 [°C] na reakcję elektronicznego układu sterowania pracą silnika.

Wyniki badań

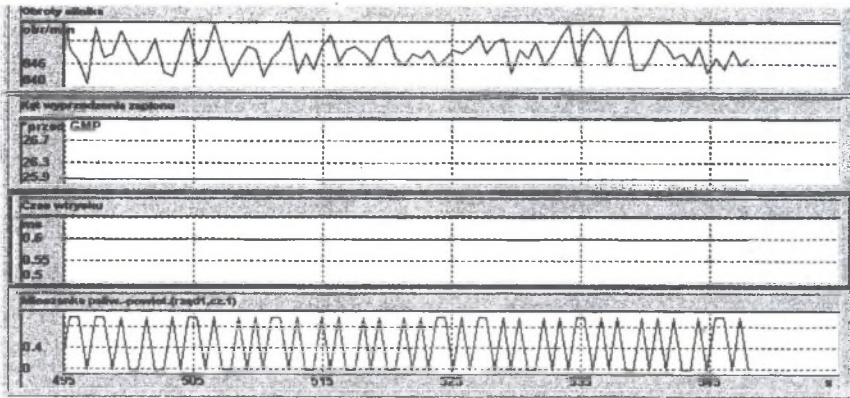
Badania poprzedzono pomiarami, których wyniki pozwalały na wykreślenie rzeczywistej charakterystyki termistora zastosowanego w układzie sterowania silnikiem, charakterystykę tę przedstawiono na rysunku 6.

Przykładowe przebiegi parametrów zarejestrowanych na biegu jałowym przedstawiono na rysunkach 7, 8 i 9, a odpowiadające im przedziały zmienności w tabeli 2.



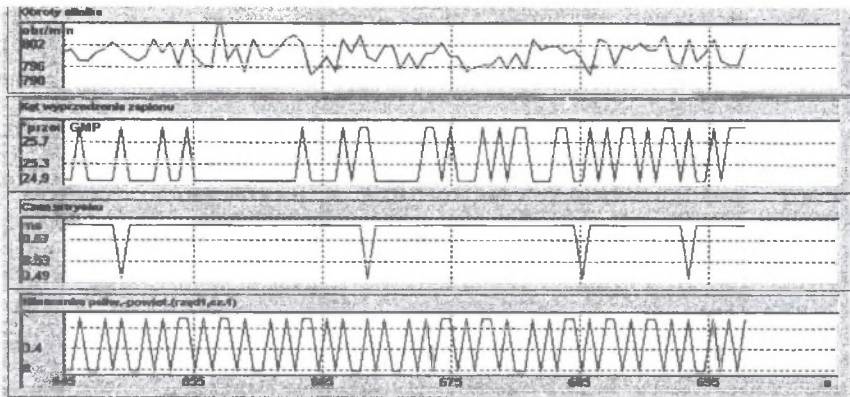
Rys. 6. Rzeczywista charakterystyka czujnika temperatury cieczy chłodzącej zastosowanego w układzie sterowania silnika Z22YH

Fig. 6. Real characteristic of coolant temperature sensor in Z22YH engine



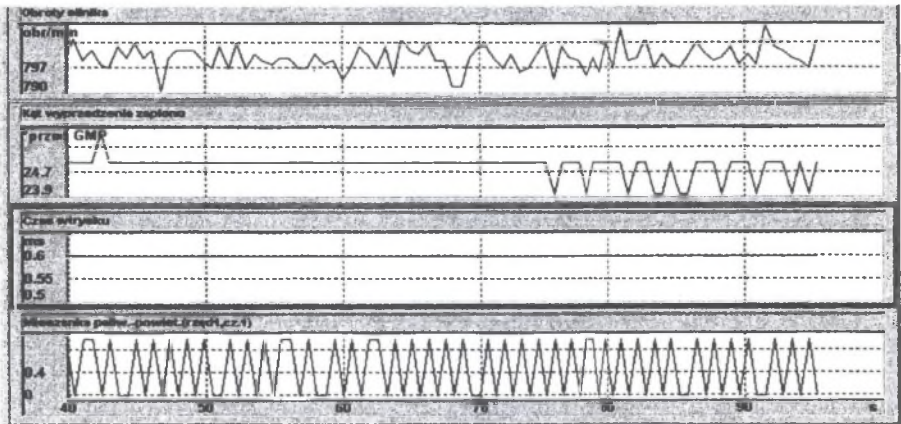
Rys. 7. Przebiegi zarejestrowanych parametrów – bieg jałowy, $t_c=32$ [°C]

Fig. 7. Results of measured parameters – idle running, $t_c=32$ [°C]



Rys. 8. Przebiegi zarejestrowanych parametrów – bieg jałowy, $t_c=63$ [°C]

Fig. 8. Results of measured parameters – idle running, $t_c=63$ [°C]

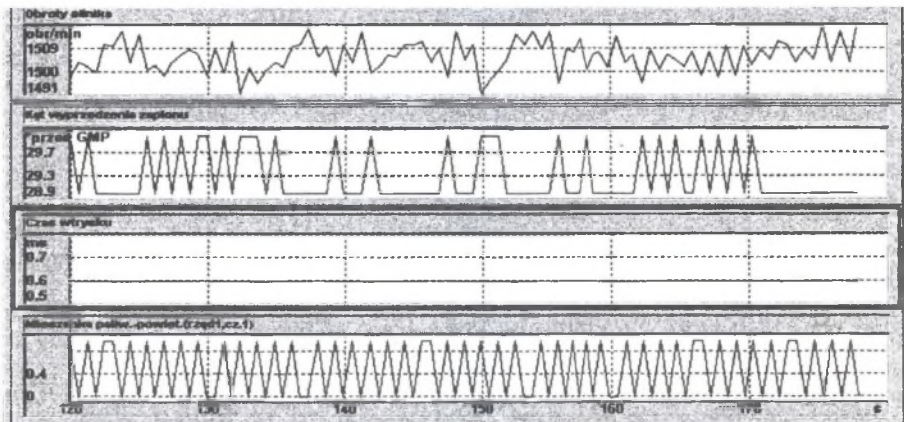


Rys. 9. Przebiegi zarejestrowanych parametrów – bieg jałowy, $t_c=96$ [°C]
 Fig. 9. Results of measured parameters – idle running, $t_c=96$ [°C]

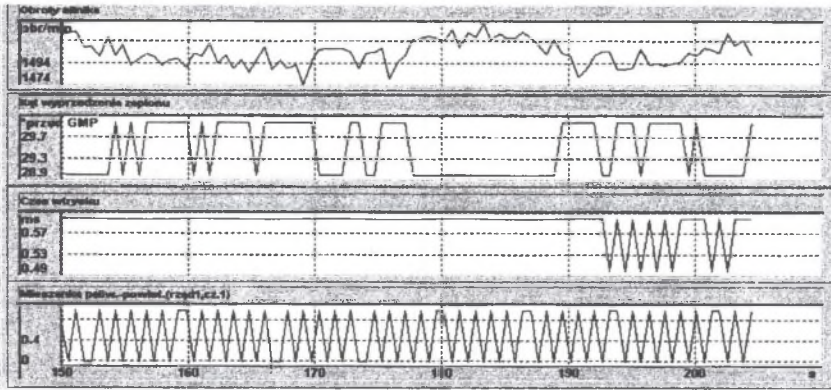
Tabela 2
 Przedziały zmienności rejestrowanych parametrów – bieg jałowy

Symulowana temp. cieczy chłodz. T_c [°C]	Prędkość obrotowa n [min^{-1}]	Kąt wyprzedzenia zapłonu α_z [°OWK]	Czas wtysku t_w [ms]	Częstotliwość przełączania układu regulacji f [Hz]
32	~850	26,0	0,6	1,24
63	~800	25,0-26,0	0,6	1,26
96	~800	25	0,6	1,44

Natomiast przebiegi parametrów zarejestrowane dla $n = 1500$ [min^{-1}] bez obciążenia przedstawiono na rysunkach 10, 11 i 12, a odpowiadające im przedziały zmienności w tabeli 3.

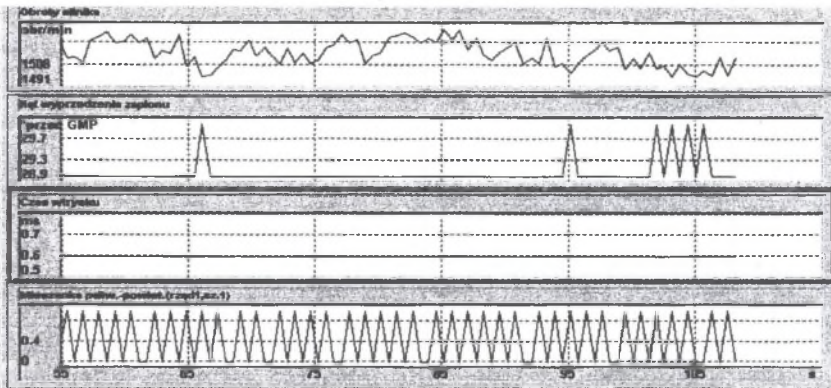


Rys. 10. Przebiegi zarejestrowanych parametrów – prędkość obrotowa równa w przybliżeniu 1500 [min^{-1}], $t_c=32$ [°C]
 Fig. 10. Results of measured parameters – rpm ca. 1500 [min^{-1}], $t_c=32$ [°C]



Rys.11. Przebiegi rejestrowanych parametrów – prędkość obrotowa równa w przybliżeniu 1500 [min⁻¹], t_c=63 [°C]

Fig.11. Results of measured parameters – rpm ca. 1500 [min⁻¹], t_c=63 [°C]



Rys.12. Przebiegi zarejestrowanych parametrów – prędkość obrotowa równa w przybliżeniu 1500 [min⁻¹], t_c=96 [°C]

Fig.12. Results of measured parameters – rpm ca. 1500 [min⁻¹], t_c=96 [°C]

Tabela 3

Przedziały zmienności zarejestrowanych parametrów
– prędkość obrotowa równa w przybliżeniu 1500 [min⁻¹]

Symulowana temp. cieczy chłodz. T _c [°C]	Prędkość obrotowa n [min ⁻¹]	Kąt wyprzedzenia zapłonu α _z [°OWK]	Czas wtrysku t _w [ms]	Częstotliwość przełączania układu regulacji f [Hz]
32	~1500	29-30	0,6	1,48
63	~1500	29-30	0,6	1,48
96	~1500	29-30	0,6	1,50

Przedziały zmienności parametrów zarejestrowane dla prędkości obrotowej równej w przybliżeniu 2300 [min⁻¹] bez obciążenia przedstawiono w tabeli 4, natomiast na rysunku 13 ukazano przebiegi parametrów zarejestrowane dla temperatury cieczy chłodzącej t_c=32 [°C].



Rys.13. Przebiegi zarejestrowanych parametrów – prędkość obrotowa równa w przybliżeniu 2300 [min⁻¹], $t_c=32$ [°C]

Fig.13. Results of measured parameters – rpm ca. 2300 [min⁻¹], $t_c=32$ [°C]

Tabela 4

Przedziały zmienności zarejestrowanych parametrów
– prędkość obrotowa równa w przybliżeniu 2300 [min⁻¹]

Symulowana temperatura cieczy chłodz. T_c [°C]	Prędkość obrotowa n [min ⁻¹]	Kąt wyprzedzenia zapłonu α_z [°OWK]	Czas wtrysku t_w [ms]	Częstotliwość przełączania układu regulacji f [Hz]
32	~2300	30	0,6	0,44
63	~2300	30	0,6	0,40
96	~2250	30	0,6	0,50

W trakcie badań zaobserwowano następujące reakcje układu sterującego pracą silnika:

- Zwiększanie temperatury cieczy chłodzącej powyżej 80 [°C] przy nierozgrzanym silniku (rzeczywista temperatura cieczy chłodzącej nie przekracza 30 [°C]) uniemożliwia uruchomienie silnika.
- Utrzymanie stałej temperatury cieczy chłodzącej równej 67 lub 96 [°C] przez okres 2 do 3 [min] przy prędkości obrotowej równej w przybliżeniu 2000 [min⁻¹] spowodowało przegrzanie silnika.
- Znaczny wzrost lub spadek temperatury cieczy chłodzącej w małym przedziale czasu $\Delta t \approx 1$ [s] powoduje wygenerowanie kodu usterki „zakłócenie pracy czujnika temperatury cieczy chłodzącej” i włączenie wentylatora chłodnicy. Podobną reakcję układu powoduje także chwilowe przerwanie obwodu elektrycznego czujnika temperatury cieczy chłodzącej. Wyłączenie obwodu sterowania wentylatora chłodnicy jest możliwe jedynie po usunięciu kodu usterki z pamięci elektronicznego urządzenia sterującego.

- d) Zmniejszenie temperatury cieczy chłodzącej poniżej temperatury otoczenia powoduje wygenerowanie kodu usterki „zakłócenie pracy czujnika temperatury cieczy chłodzącej” i włączenie wentylatora chłodnicy. Wyłączenie obwodu sterowania wentylatora chłodnicy jest możliwe jedynie po usunięciu kodu usterki z pamięci elektronicznego urządzenia sterującego.
- e) W każdym przypadku zwiększenie temperatury cieczy chłodzącej powyżej 100 [°C] powoduje włączenie wentylatora chłodnicy.

3. WNIOSKI

Przeprowadzone badania wykazały istotny wpływ temperatury cieczy chłodzącej na parametry regulacyjne badanego silnika. Stwierdzono również występowanie usterek nierejestrowanych przez pamięć błędów ECU, ale wpływających w istotny sposób na prawidłowy przebieg eksploatacji. W przypadku pracy rozgrzanego silnika na biegu jałowym zmniejszenie temperatury cieczy chłodzącej do wartości 32 [°C] powoduje zwiększenie prędkości obrotowej o około 50 [min⁻¹], co jest wynikiem uruchomienia przez elektroniczne urządzenie sterujące procedury rozgrzewania silnika polegającej na zwiększeniu prędkości obrotowej poprzez zwiększenie dawki paliwa. Pomimo kilkukrotnego powtórzenia pomiarów nie udało się jednak zaobserwować wzrostu czasu wtrysku benzyny. W odniesieniu do pracy silnika na biegu jałowym obserwujemy także nieznaczny wzrost częstotliwości pracy układu regulacji składu mieszanki paliwowo-powietrznej. Podczas pracy silnika nieobciążonego z prędkością obrotową równą w przybliżeniu 1500 [min⁻¹] nie zaobserwowano większego wpływu temperatury cieczy chłodzącej na rejestrowane parametry pracy silnika. Przy pracy z prędkością obrotową równą w przybliżeniu 2300 [min⁻¹] bez obciążenia zaobserwowano niewielki wpływ temperatury cieczy chłodzącej na częstotliwości pracy układu regulacji składu mieszanki paliwowo-powietrznej. Zakłócenia w obwodzie elektrycznym czujnika temperatury cieczy chłodzącej, takie jak znaczny wzrost lub spadek rezystancji w małym przedziale czasu oraz przerwa w obwodzie, powodują wygenerowanie kodu usterki i awaryjne włączenie wentylatora chłodnicy. Również zmniejszenie temperatury cieczy chłodzącej poniżej temperatury otoczenia powoduje wygenerowanie kodu ww. usterki i awaryjne włączenie wentylatora chłodnicy, które polega na włączeniu jego obwodu zasilania i ciągłej pracy. Wyłączenie obwodu sterowania wentylatora chłodnicy jest możliwe wyłącznie po usunięciu kodu usterki z pamięci elektronicznego urządzenia sterującego. Zwiększenie temperatury cieczy chłodzącej powyżej 100 [°C] w każdym przypadku powoduje włączenie wentylatora chłodnicy, co jest objawem normalnej pracy układu sterowania obwodem wentylatora chłodnicy przy niewystarczającym przepływie powietrza przez chłodnicę.

Literatura

1. Wendeker M.: Sterowanie napętnieniem w silniku samochodowym. Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Lublin 1999.
2. Wendeker M.: Sterowanie zapłonem w silniku samochodowym. Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Lublin 1999.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jan Adamczyk

Praca wykonana w ramach BW-419/RT2/2006