

# // PRZEPŁYWOMIERZ POWIETRZA

## **Zadanie czujnika**

Czujnik jest zainstalowany pomiędzy filtrem powietrza i zaworem przepustnicy. Jego zadaniem jest pomiar objętości powietrza zasysanego przez silnik. W przypadku silników benzynowych masa powietrza dolotowego jest najważniejszą wartością służącą do obliczania masy wymaganego paliwa. W przypadku silników diesla pomiar wartości w warunkach obciążenia częściowego służy do sterowania układem recyrkulacji spalin, natomiast pomiar w warunkach pełnego obciążenia służy do ograniczania produkcji czarnego dymu. Moduł sterujący oblicza maksymalną objętość wtrysku paliwa, które może zostać spalane bez wytworzenia dymu.

## **Jak działa przepływomierz masowy powietrza?**

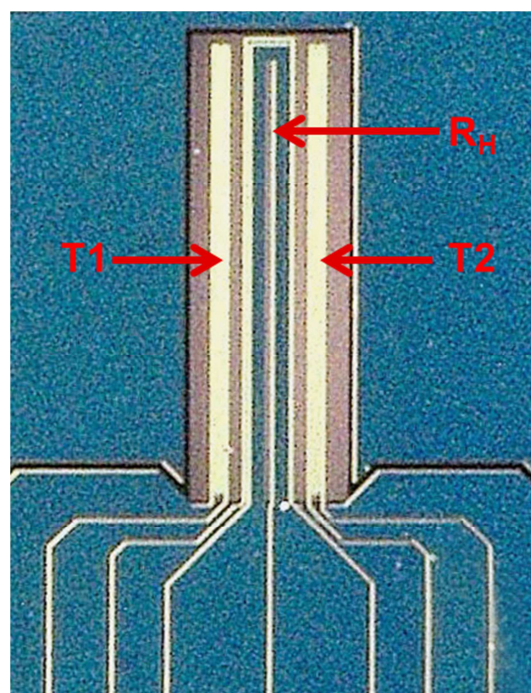
Element czujnika wykrywa tylko część łącznej masy powietrza. Kanał jest tak ukształtowany, aby zminimalizować zwrotny przepływ powietrza



Rysunek 1:  
Układ przepływomierza masowego powietrza. Źródło: NTK

dolotowego i zapobiec osadzeniu się cząstek stałych na elemencie czujnika.

Współczesne przepływomierze masowe powietrza składają się z rezystora grzejnego i dwóch czujników temperatury (Rys. 2). Układ elektro-



Rysunek 2:  
Element czujnika przepływomierza masowego. Źródło: NTK

niczny utrzymuje stałą temperaturę rezystora grzejnego wynoszącą około 160 stopni. Napływające świeże powietrze chłodzi czujnik temperatury T1 i jest ogrzewane przez rezystor grzejny. Dlatego też wartość temperatury na czujniku temperatury T2 jest wyższa. Układ elektroniczny oblicza masę powietrza na podstawie różnicy temperatur i dokonuje konwersji obliczonej wartości na sygnał elektryczny wykorzystywany przez moduł sterujący. W starszych przepływomierzach masowych powietrza stosowany jest analogowy sygnał napięciowy o zakresie od 0,2 V do 4,8 V.

Napięcie sygnału wzrasta wraz ze wzrostem masy powietrza.

W przypadku nowszych przepływomierzy masowych powietrza cyfrowy sygnał prostokątny jest przesyłany do modułu sterującego, a częstotliwość sygnału zależy od zmiany masy powietrza. Zakres częstotliwości wynosi od 1 kHz do 17 kHz. W niektórych przepływomierzach masowych wzrost masy powietrza powoduje spadek częstotliwości. W innych natomiast wraz ze wzrostem masy powietrza częstotliwość także rośnie.

W zależności od wersji możliwa jest rejestracja dodatkowych wartości pomiarowych: temperatury powietrza dolotowego, wilgotności powietrza i ciśnienia w przepływomierzu masowym powietrza.

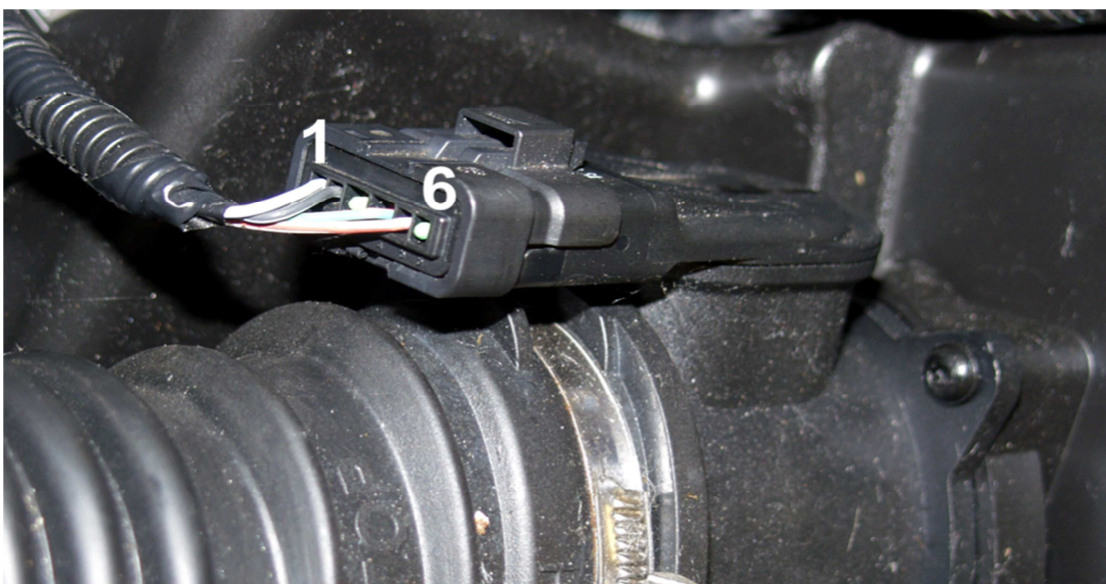
### **Potencjalne błędy i ich skutki.** **Usterka elektryczna przepływomierzy masowych powietrza**

Potencjalne przyczyny obejmują brak napięcia zasilającego, uszkodzenie przewodów, wadliwe

złącza lub usterkę układu elektronicznego czujników. Moduł sterujący wykrywa usterkę i przechowuje dane w pamięci błędów. Często wyświetlany jest następujący komunikat o błędzie: „Niewiarygodny sygnał z przepływomierza masowego powietrza, sygnał zbyt niski lub zbyt wysoki”. Moduł sterujący próbuje ustalić awaryjne parametry robocze, stosując podstawione wartości. Wartości stosowane w tym procesie są wyświetlane na liście danych urządzenia diagnostycznego. Klient skarży się na nieregularną pracę lub obniżenie sprawności silnika.

Przed wymianą przepływomierza masowego powietrza należy sprawdzić napięcie zasilające (12 V i/lub 5 V) i przewody prowadzące do modułu sterującego pod kątem uszkodzeń i zwarcia do masy. Podczas pomiarów elektrycznych na przepływomierzu masowym powietrza przydatny jest schemat obwodu.

Przepływomierze masowe powietrza są wyposażone w złącza liczące od trzech do siedmiu sty-



*Rysunek 3: Przykład układu styków przepływomierza masowego powietrza. Styk 1: Sygnał z czujnika temperatury powietrza dolotowego. Styk 2: Masa. Styk 4: Zasilanie, +12 V. Styk 5: Sygnał przepływu powietrza*

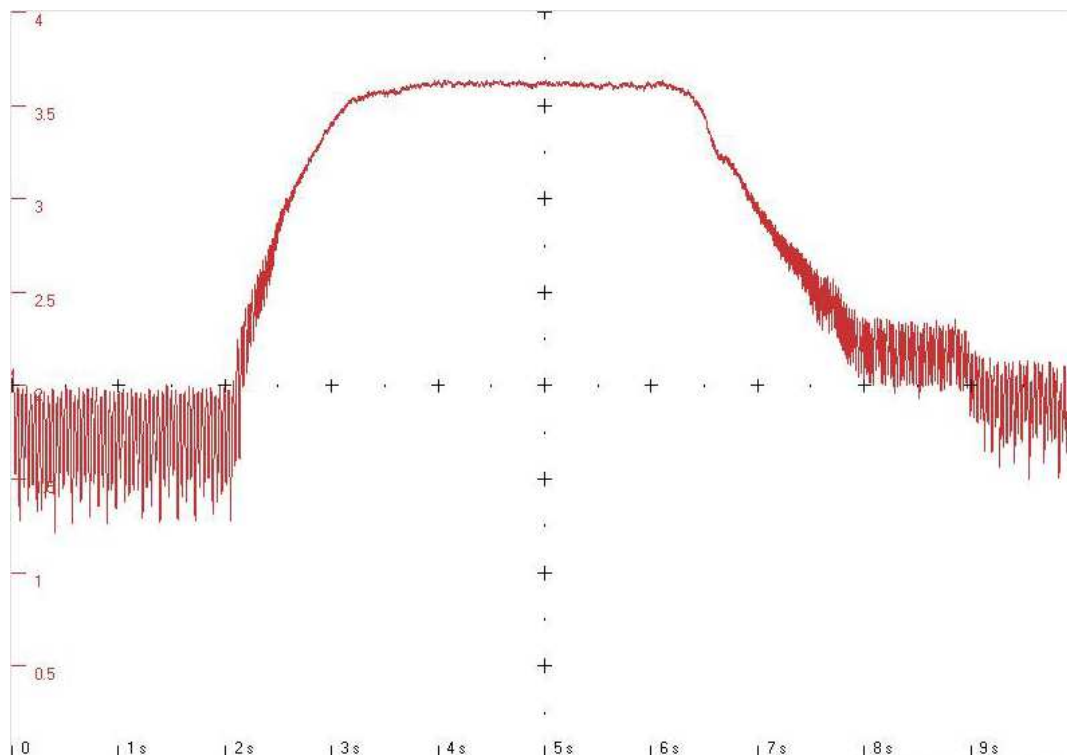
ków. Styk sygnałowy jest często ostatnim we wtyczce (Rys. 3).

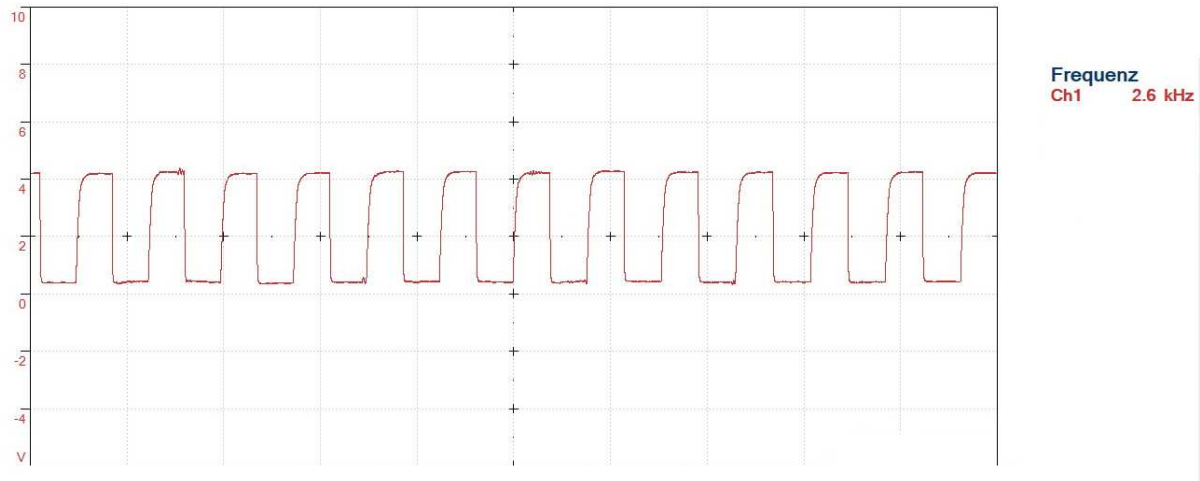
**Pomiar napięcia sygnału** służy przede wszystkim do kontroli podstawowych funkcji przepływomierza masowego powietrza. W przypadku przepływomierzy masowych powietrza wykorzystujących analogowe sygnały napięciowe należy podłączyć woltomierz lub najlepiej oscyloskop do styku sygnałowego i uziemienia sygnałowego. Po włączeniu zapłonu wartość napięcia powinna mieścić się w zakresie od 0,2 V do 1,0 V, w zależności od wersji. Jeżeli napięcie wynosi 0 V lub 5 V, przepływomierz masowy powietrza jest wadliwy i wymaga wymiany. Na biegu jałowym napięcie wynosi od 1,5 do 2 V.

Na oscyloskopie można zobaczyć obraz pulsującego napięcia, co jest spowodowane oscylacją kolumny powietrza w kolektorze dolotowym (Rys. 4). Gdy następnie silnie naciśniemy pedał gazu,

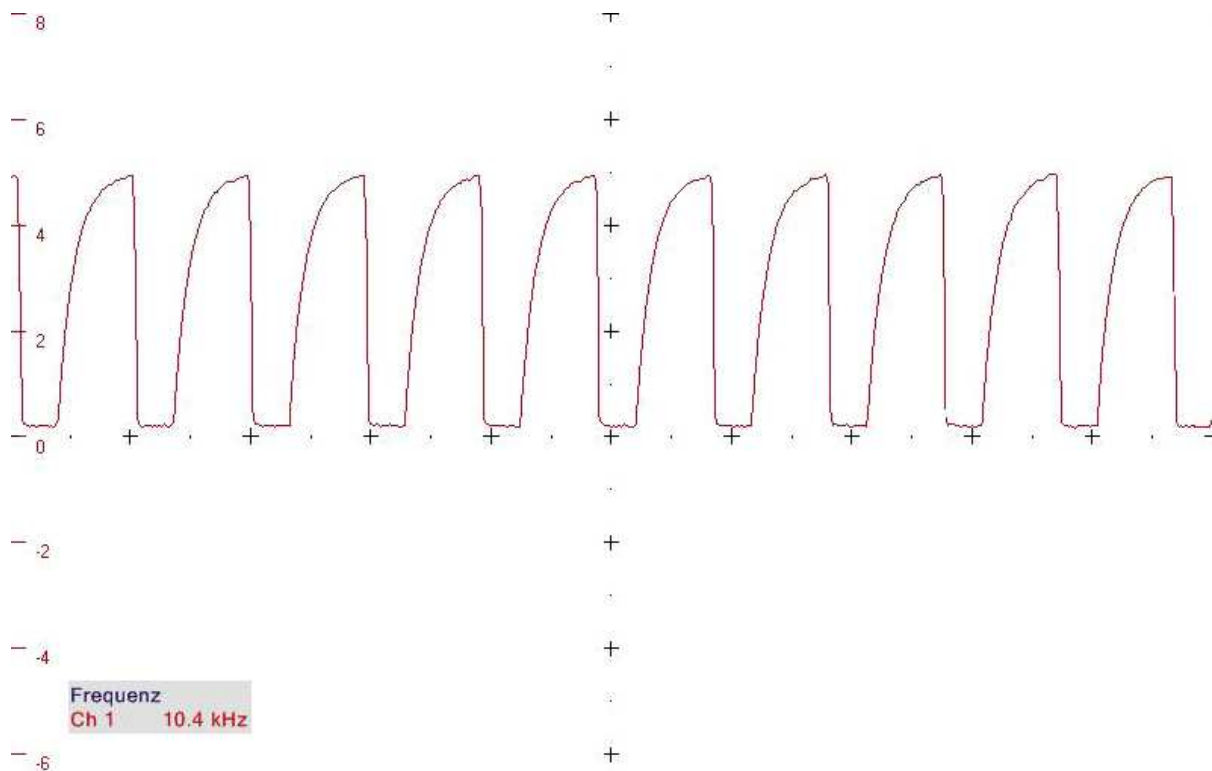
napięcie powinno wynieść ponad 3,5 V.

Najwyższą wartość napięcia sygnałowego, od 4,2 do 4,7 V, można osiągnąć wyłącznie podczas przyspieszania przy pełnym obciążeniu aż do prędkości nominalnej podczas jazdy testowej. Powyższe wartości napięcia są wartościami standardowymi. Informacje dotyczące szczegółowych wartości nastaw dla danego typu przepływomierza można znaleźć w dokumentacji dostarczonej przez producenta pojazdu.





Rysunek 5: Sygnał z przepływomierza masowego powietrza przy prędkości jałowej. Częstotliwość wynosi 2,6 kHz i wzrasta wraz ze wzrostem masy powietrza. Gdy zapłon jest włączony, częstotliwość wynosi 1,9 kHz.



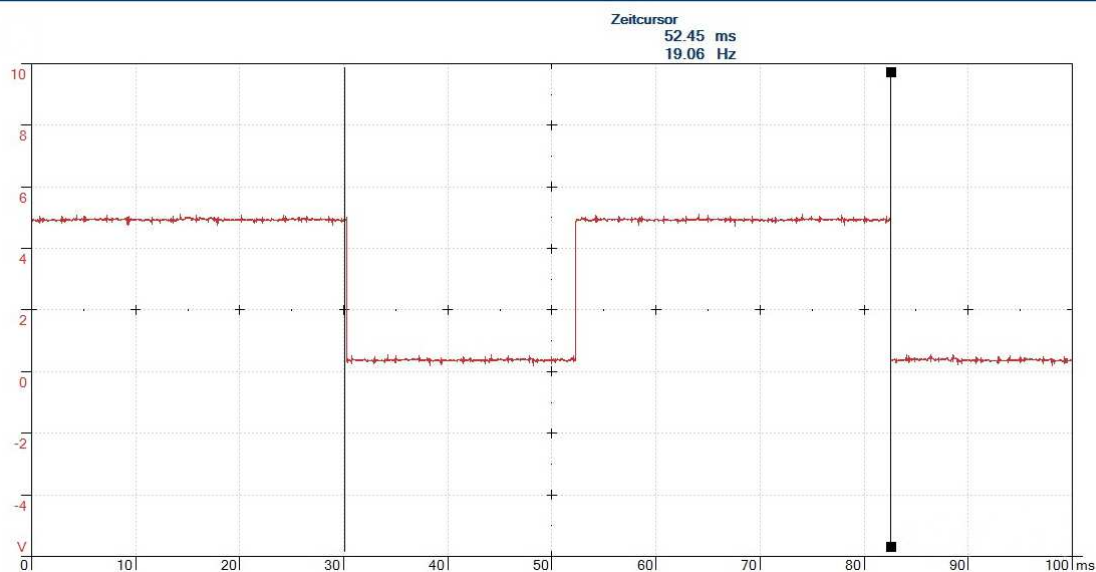
Rysunek 6: Sygnał z przepływomierza masowego powietrza po włączeniu zapłonu. Częstotliwość wynosi 10,4 kHz i spada do 2,0 kHz wraz ze wzrostem prędkości.

W przypadku przepływomierzy masowych powietrza, które generują sygnał fali kwadratowej, potrzebny jest oscyloskop lub urządzenie do pomiaru częstotliwości. Miernik należy podłączyć do styku sygnałowego i uziemienia sygnałowego. Po włączeniu zapłonu na oscyloskopie pojawi się sygnał fali kwadratowej, którego częstotliwość może się wahać od 1 kHz do 15 kHz (Rys. 5 i 6). W przypadku przepływomierzy masowych powietrza o niskich wartościach częstotliwości wynoszących od 1 do 2 kHz po naciśnięciu pedału

ciędłana w postaci sygnału fali kwadratowej. Sygnał temperatury powietrza dolotowego jest widoczny przy niskich wartościach częstotliwości (Rys. 7).

### **Nieprawidłowe wyniki pomiarów na przepływomierzu masowym powietrza**

W przypadku tego błędu zmierzona wartość jest zwykle niższa od rzeczywistej masy powietrza. Przyczyną jest często zanieczyszczenie elementu czujnika przez opary olejowe z wału korbowego



Rysunek 7: W przypadku pojazdu z Rys. 5 temperatura powietrza dolotowego także jest przedstawiana jako sygnał fali kwadratowej. Częstotliwość wynosi tylko 15 Hz. Temperatura zmienia cykl pracy.

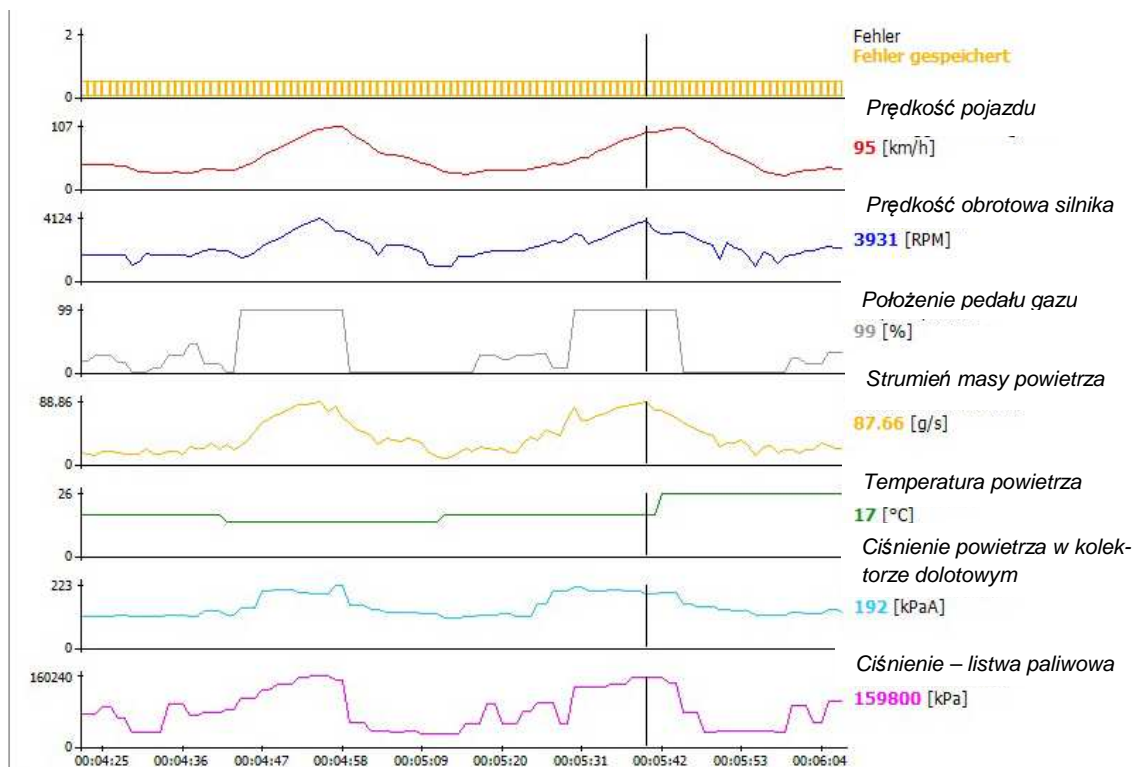
gazu obserwowane wartości muszą wzrosnąć (Rys. 5). W przypadku przepływomierzy masowych powietrza o wysokich wartościach częstotliwości (od 5 do 15 kHz przy włączonym zapłonie) wartość częstotliwości musi ulec obniżeniu (Rys. 6).

W przypadku nowszych przepływomierzy masowych powietrza nie tylko masa powietrza, ale i temperatura powietrza dolotowego jest odzwier-

lub cząstki stałe, które przedostają się ze względu na niedostateczną filtrację powietrza. W przypadku silników benzynowych moduł sterujący redukuje objętość wtrysku, dostosowując wartość do rzekomej małej masy powietrza. W zakresie obciążenia częściowego silnik pracuje nieregularnie i nie osiąga pełnej mocy. W przypadku silników diesla klient skarży się na obniżenie sprawności silnika, ponieważ moduł sterujący redukuje objętość wtrysku, dostosowując wartość

do zakładanej małej masy powietrza. Identyfikacja błędów jest w tym przypadku trudniejsza, ponieważ moduł sterujący nie przechowuje informacji o błędzie lub w pamięci błędów znajduje się tylko poniższy błąd. W przypadku silników benzynowych często wyświetlany jest błąd „Zbyt uboga mieszanka, osiągnięto limit żelu sondy lambda”.

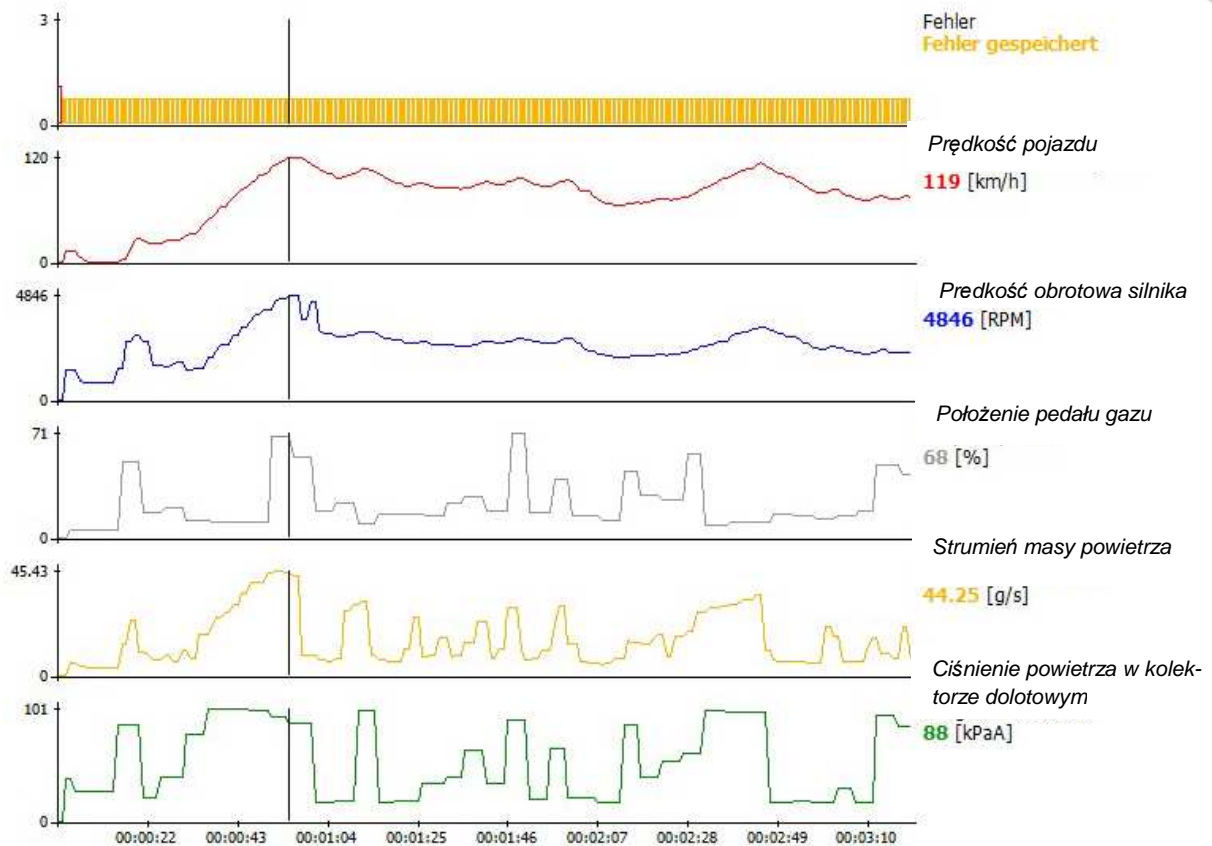
kach diesla powinna odpowiadać mocy silnika w koniach mechanicznych (Rys. 8), a w silnikach benzynowych – mocy silnika w kW (Rys. 9 i 10). Niniejsze wytyczne mają charakter orientacyjny. Szczegółowe informacje można znaleźć w dokumentacji producenta pojazdu.



Rysunek 8: Protokół z silnika diesla z nieuszkodzonym przepływomierzem masowym powietrza. Masa powietrza przy prędkości znamionowej wynosi 88 g/s. Moc silnika to 90 KM.

Aby zidentyfikować usterkę, należy przeprowadzić jazdę testową i zarejestrować wyniki pomiarów prędkości silnika, masy powietrza i ciśnienia w kolektorze dolotowym w przypadku silników z turbodoładowaniem. Przyspieszyć przy pełnym obciążeniu, na wysokim biegu, aby osiągnąć prędkość znamionową silnika. Wartość masy powietrza w gramach na sekundę (g/s) w silni-

Jeżeli tester nie zapewnia dostępu do fabrycznych danych diagnostycznych, wartości te można także zarejestrować za pomocą protokołu EOBD – funkcji diagnostycznej dostępnej w większości pojazdów z silnikiem z 2000 r. lub nowszym.



Rysunek 9: Protokół z silnika benzynowego z wadliwym przepływomierzem masowym powietrza. Masa powietrza wynosi tylko 44 g/s. Silnik powinien mieć moc 125 kW.

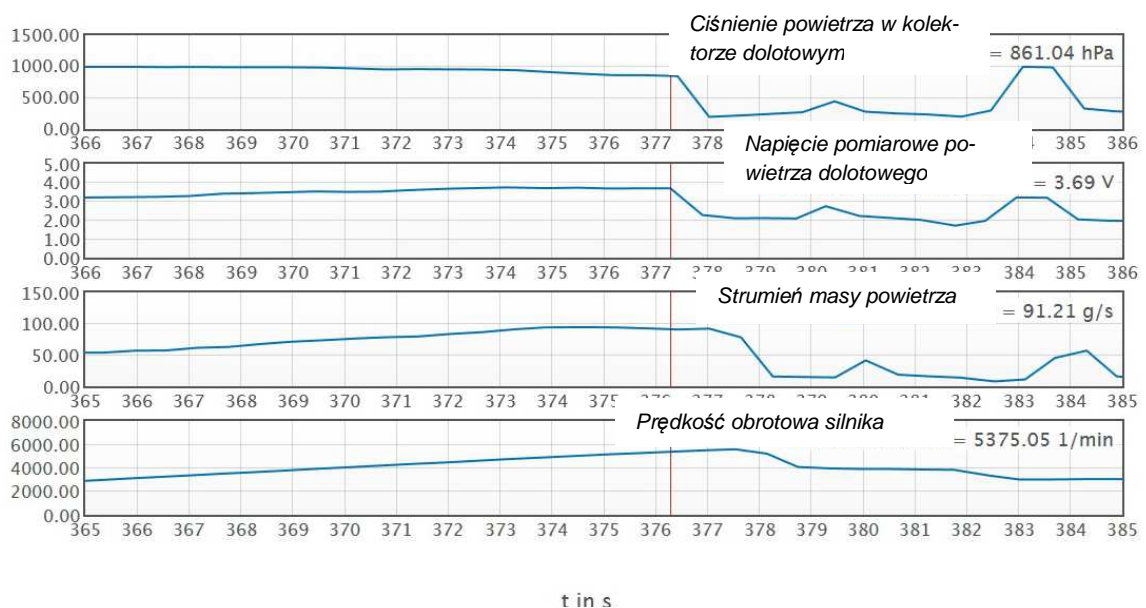
Niska wartość masy powietrza nie świadczy jednak jednoznacznie o usterce przepływomierza masowego powietrza. Dopiero po upewnieniu się, że wszystkie pozostałe układy powietrzne, tzn. filtr powietrza, układ recyrkulacji spalin, zawory klap zawiorań, filtr cząstek stałych i turbosprężarka są sprawne, można mieć pewność, że źródłem błędu jest przepływomierz masy powietrza. Zanieczyszczony kolektor dolotowy również może ograniczyć masę powietrza dolotowego, mimo że silnik osiąga pełne ciśnienie ładowania.

Przy małych masach powietrza należy odłączyć złącze przepływomierza masowego powietrza i

przeprowadzić krótką jazdę testową. Jeżeli silnik wykazuje znacznie większą sprawność, źródłem błędu jest prawdopodobnie wadliwy przepływomierz masy powietrza.

Czyszczenie zabrudzonego elementu czujnika tylko w niektórych przypadkach przynosi pożądany efekt. Nawet jeśli po wyczyszczeniu obserwowana będzie znaczna poprawa, nie uda się osiągnąć wyników oferowanych przez nowy przepływomierz masy powietrza (Rys. 9 i 10). Tylko wymiana wadliwego przepływomierza masowego powietrza daje szansę na trwałą poprawę.

W wielu pojazdach wymiana przepływomierza masowego powietrza wymaga wyzerowania przyuczonych wartości.



Rysunek 10: Silnik z Rys. 9 po nieudanej próbie wyczyszczenia przepływomierza masowego powietrza. Pomimo wzrostu masy powietrza z 44 g/s do 91 g/s nie udało się osiągnąć wartości 125 g/s, co potwierdza także niskie napięcie sygnału równe 3,7 V.

Dodatkowe informacje techniczne, program do nauki i użyteczne materiały wideo można znaleźć na platformie technicznej „TekniWiki” NGK.

[www.tekniwiki.com](http://www.tekniwiki.com)