

Problematyka dokładności pomiaru ilości paliwa w systemach paliwowych pojazdów szynowych

Selected problems of the measuring accuracy in the rail vehicles fuel system

MAREK ROŚKOWICZ
DAWID CHOJNACKI *

Materiały z XX SKW PWiE, Jurata 2016 r.
DOI: 10.17814/mechanik.2016.7.186

Wiarygodne dane o ilości paliwa w zbiornikach są podstawą do pomiarów systemu paliwowego, zapewniających wystarczającą dokładność w każdych warunkach eksploatacyjnych. W artykule przedstawiono wyniki badań dwóch typowych sond paliwowych, uzyskane podczas testów na specjalnym stanowisku pomiarowym. Otrzymane wyniki są świadectwem istnienia zależności pomiędzy warunkami eksploatacyjnymi systemu paliwowego a dokładnością pomiaru ilości paliwa oraz potwierdzają konieczność stosowania dodatkowych układów korygujących.

SŁOWA KLUCZOWE: pojazdy szynowe, system paliwowy, dokładność pomiaru ilości paliwa

Reliable information about the amount of fuel in the fuel tanks is the basis of accurate fuel system, providing sufficient accuracy in all operating conditions. The article presents the results of two typical probes fuel obtained from tests on special test bench. The results show the effect of operating conditions on the accuracy of measurements and the need for additional corrective systems.

KEYWORDS: fuel rail vehicles, fuel system, the accuracy of measuring the amount of fuel

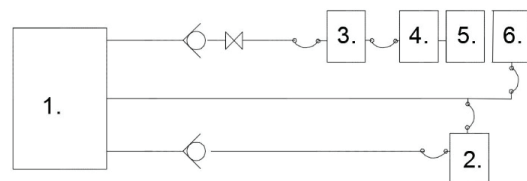
Ciągle doskonalenie konstrukcji silników spalinowych oraz ich systemów paliwowych, spowodowane wprowadzaniem m.in. nowych rygorystycznych norm dotyczących emisji spalin czy poziomu hałasu, wymusza stosowanie coraz bardziej rozbudowanych i precyzyjnych układów kontrolno-pomiarowych [4, 5]. Kompleksowa wiedza o istotnych parametrach użytkowych i eksploatacyjnych systemu pozwala precyzyjnie szacować czas eksploatacji pojazdu oraz planować jego obsługę bieżące i okresowe [6, 7]. Współcześnie wykorzystywane czujniki, dopuszczone do zastosowań w urządzeniach przemysłowych i pojazdach – mają dokładność pomiarową rzędu 1,5÷2% [8, 9]. Jeśli dokładność pomiaru zostanie powiązana z ilością mierzonych cieczy roboczej, która jest transportowana w systemie paliwowym, to okaże się, że ilości paliwa pozostające w obszarze dokładności pomiarowej układu kontrolno-pomiarowego mogą mieć istotny wpływ na koszty eksploatacji pojazdu. Przeciętny zbiornik spalinowej lokomotywy manewrowej ma pojemność ok. 3000 l, co przy dokładności pomiarowej układu kontrolnego, opartego na jednym czujniku mierzącym z dokładnością 2%, oznacza 60 l paliwa, które jest poza kontrolą systemu pomiarowego [1÷3]. Biorąc pod uwagę liczbę operacji logistycznych wykonywanych przez pojazd szynowy, liczbę pojazdów eksploatowanych przez przewoźników oraz bardzo częste przypadki niepożądanego ingerencji osób nieupoważnionych w system paliwowy (niekontrolowane „upuszczanie” paliwa), okaże się, że tego rodzaju straty przewoźników szynowych liczone są w setkach tysięcy złotych.

Ponieważ podstawowym i bardzo istotnym elementem układu kontrolno-pomiarowego są czujniki mierzące poziom paliwa w zbiorniku, przeprowadzono badania eksperymentalne, oceniające wpływ czynników środowiskowych (ciśnienia

powietrza atmosferycznego oraz temperatury) na jakość uzyskiwanych wyników.

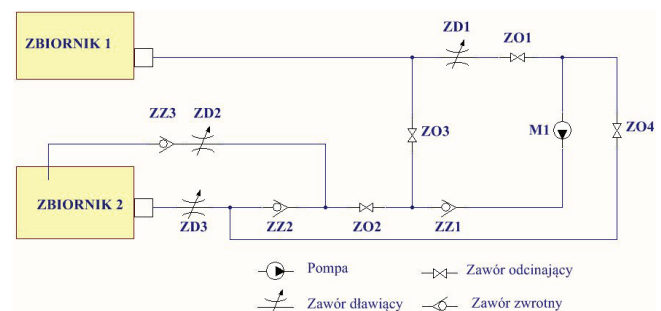
Badania eksperymentalne

Testy, których celem była ocena dokładności pomiaru ilości paliwa zgromadzonego w zbiorniku w zależności od wybranych parametrów środowiskowych (zmiany temperatury oraz zmiany ciśnienia atmosferycznego), zostały wykonane na specjalnie zbudowanym stanowisku, które przygotowano na bazie schematów systemów paliwowych obecnie eksploatowanych lokomotyw spalinowych. W układach tych paliwo jest przemieszczane w obiegu zamkniętym [12, 13] – rys. 1. System paliwowy zapewnia utrzymywanie odpowiedniego poziomu ciśnienia paliwa przed pompą-wtryskiwaczami w tzw. zasobniku wysokiego ciśnienia; wymaga to stałej pracy pompy, co z kolei powoduje konieczność odprowadzania nadmiaru paliwa do zbiornika głównego (1).



Rys. 1. Schemat ideowy systemu paliwowego lokomotywy

Zamontowane dodatkowo w systemie zawory zwrotne zapewniają jednokierunkowy przepływ cieczy roboczej. Bloki (3) i (4) stanowią zespół filtrów wstępnego i dokładnego czyszczenia. Pompy wymuszające przepływ paliwa w systemie do układów wtryskowych zamontowane są na silniku (5). Na wyjściu z silnika zainstalowana jest chłodnica paliwa (6). Ponadto w systemie może być zamontowany podgrzewacz paliwa (2), wykorzystywany przy eksploatacji pojazdu w niskiej temperaturze. Przygotowany do testów zmodernizowany układ paliwowy, w którym zamiast odbiornika cieczy w postaci silnika zastosowano drugi zbiornik (zbiornik przelewowy), pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Schemat ideowy stanowiska pomiarowego

Podczas badań eksperymentalnych testom poddano dwa paliwomierze w postaci sond hydrostatycznych o następujących parametrach technicznych:

* Płk dr hab. inż. Marek Rośkowicz (marek.roskowicz@wat.edu.pl) – WMiL ITL; mgr inż. Dawid Chojnacki (dawid.chojnacki@wat.edu.pl) – WMiLITL, INTECO S.A.

Sonda nr 1:

- zakres pomiarowy 0÷800 mm, zakres temperatury pracy od $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, błąd podstawowy $< 0,16\%$, błąd dodatkowy wynikający ze zmiany temperatury $0,3\%/10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sonda nr 2:

- zakres pomiarowy 1 bar, zakres temperatury pracy od $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, liniowość $0,025\%$, błąd dodatkowy od zmian temperatury $0,5\%/10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

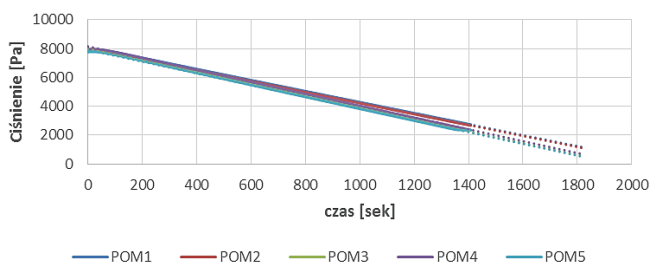
Zastosowane sondy pracują na bazie różnych algorytmów i układów korekcji błędów, do których użytkownik nie ma pełnego dostępu [9÷11]. Próby wykonywano w warunkach działania systemu, tzn. przetłaczania cieczy roboczej. Sondy hydrostatyczne zamontowane zostały w dwóch 1000-litrowych zbiornikach, połączonych przewodami o średnicy 22 mm. Przepływ cieczy został wymuszony przez pompę wirową (M1), zapewniającą wydatek na poziomie 70 l/min, przy ciśnieniu nieprzekraczającym 4 bar. Na pierwszym etapie badań w odstępie dwóch tygodni wykonano serię pięciu napełnień zbiornika dla sondy nr 1 oraz czterech napełnień dla sondy nr 2. Na drugim etapie badań wykonano pomiary, w których oceniono wpływ temperatury na wskazywaną przez sondę nr 1 wartość poziomu cieczy (glikolu). Badania wykonano w komorze klimatycznej firmy CLIMATS SPIRALE 3 [15]. Czujnik pomiarowy sondy umieszczony został w pojemniku w kształcie walca o średnicy 75 mm i wysokości 550 mm.

Zakres temperatury podczas badania wynosił od $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

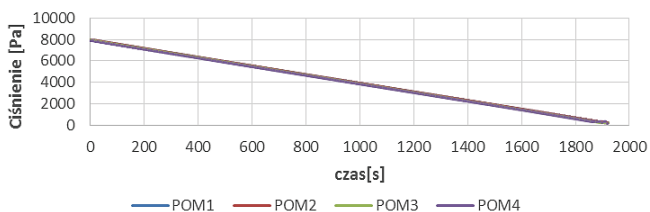
Wyniki badań

Wyniki z pierwszego etapu badań przedstawiono w postaci wykresów zmiany ciśnienia hydrostatycznego: dla sondy nr 1 na rys. 3, natomiast dla sondy nr 2 – na rys. 4.

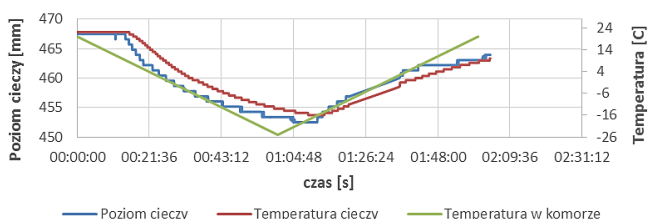
Rozpatrując dwa skrajne przypadki dla sondy nr 1, tj. POM1 i POM4, otrzymano różnicę we wskazaniach poziomu cieczy równą 430 Pa, co odpowiada różnicy w wysokości słupa cieczy 2,3 cm, a uwzględniając wymiary geometryczne zbiornika, różnica jest równa 23 l cieczy. Po uwzględnieniu pojemności zbiornika błąd pomiarowy sondy równy jest 2,3%, przy pomia-



Rys. 3. Zmiany poziomu paliwa podczas prób dla sondy nr 1



Rys. 4. Zmiany poziomu paliwa podczas prób dla sondy nr 2



Rys. 5. Wyniki pomiaru poziomu cieczy uzyskane podczas badań w komorze klimatycznej

rach wykonywanych w stabilnych warunkach pokojowych, przy średniej różnicy temperatury na poziomie $2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Wydaje się, że otrzymane wyniki zależały od wartości aktualnie panującego ciśnienia atmosferycznego. W przypadku badań sondy nr 2 nie obserwowano podobnej prawidłowości. Na podstawie otrzymanych wyników dla obu sond oraz na podstawie inspekcji badanego układu wykluczono powstanie błędów wynikających z nieszczelności instalacji czy niewłaściwej pracy pompy.

W wyniku realizacji badań, których celem była ocena wpływu temperatury na jakość danych generowanych przez testowane czujniki, otrzymano krzywe prezentujące zmianę wskazań poziomu cieczy w funkcji zmiany temperatury. Przykładowe wyniki otrzymane podczas jednego cyklu zmiany temperatury zaprezentowano na rys. 5.

Rezultaty badań wskazują na pewne zaburzenia pracy sondy przy zmianach temperatury. Rejestrowane zmiany poziomu cieczy (kolor niebieski) powinny się pokrywać ze zmianą temperatury (kolor czerwony). Na rys. 5 pomiar poziomu cieczy jest przesunięty względem zmiany temperatury, co może wskazywać na niewystarczającą dokładność stosowanego czujnika temperatury.

Wnioski

Na podstawie uzyskanych wyników z przeprowadzonych badań i analiz stwierdzono, że:

- warunki środowiskowe w istotny sposób wpływają na pomiary wykonywane za pomocą testowanych paliwomierzy;
- stosowanie w układach paliwowych czujników, których działanie opiera się na pomiarze ciśnienia względnego, ma istotny wpływ na dokładność pomiarową całego układu. W celu zwiększenia dokładności pomiarowej układu należy stosować dodatkowe korekcyjne czujniki ciśnienia, za pomocą których będzie możliwa kalibracja pomiaru;
- duże znaczenie w obszarze dokładności pomiaru ma również precyzyjny pomiar temperatury cieczy roboczej oraz warunki otoczenia, w jakich dokonywany jest pomiar.

Autorzy składają szczególne podziękowania dla firmy INTECO S.A. za udostępnienie urządzeń pomiarowych oraz odpowiedniej aparatury.

LITERATURA

- Rychulik A. „Metody pomiaru zużycia paliwa pojazdów użytkowych”. *Eksploatacja i Niezawodność* NR 4/2006, s. 37÷41.
- Młynarczyk M., Mrotek Z., Małuj J. „Pokładowy system monitorowania stanu lotniczego płynu hydraulicznego”. *Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej 288, Mechanika 85*, s. 489÷500.
- Czerwiński J. „Wybrane zagadnienia związane z cechami metrologicznymi systemu kontroli zużycia paliwa”. *Technika Transportu Szybowego 3/2008*, s. 32÷36.
- Marcinika Z., Pielecha I. „Właściwości silników spalinowych w aspekcie ochrony środowiska”. *Technika Transport Szybowego 5/2008*, s. 73÷79.
- Directive 2004/26/EC of the European Parliament and of the Council amending Directive 97/68/EC on the approximation of the laws of the Member States relating to measures against the emission of gaseous and particulate pollutants from internal combustion engines to be installed in non-road mobile machinery. 21.04.2004.
- Hubertus G. „Diagnostowanie silników wysokoprężnych”. WKŁ, Warszawa 2002.
- Brzeżański M. „Bosch „Czujniki w pojazdach samochodowych”. WKŁ, Warszawa 2009.
- www.ifm.com
- www.hubacontrol.com
- www.nivelco.com
- www.e-direct.endress.com
- Kortas P. Kropiwnicki J. „Analysis of locomotive engine operating conditions during idling” *Combustion Engines*. 2013, 154(3), 275÷282.
- Praca zbiorowa „Zasobnikowe układy wtryskowe CommonRail” WKŁ. 2009.
- Gajek A., Juda Z. „Czujniki”. WKŁ 2011.
- www.climats-tec.com