

Rafał Setlak, Marcin Fice
Politechnika Śląska, Gliwice

UKŁAD WSTĘPNEGO PODGRZEWANIA CIECZY CHŁODZĄCEJ NAPEWU MILD HYBRID

ELECTRIC PREHEATING COOLING WATER SYSTEM IN MILD HYBRID DRIVE SYSTEM

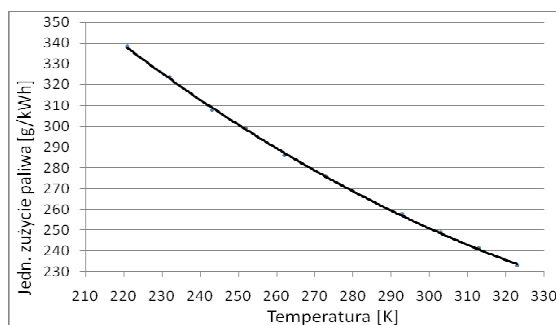
Abstract: Article describes project of automatic, preheating engine block system, which enable shortening duration of fuel injection after starting combustion engine. It will cause reduction of air pollution during catalyst heating-up phase. The automatic, preheating engine block system should have electric regulation of cooling water temperature, which is realized by electric cooling water pump. Independent control of pump speed and application extra heating-up of cooling water makes possible heating cooling water when engine is turn off and control engines temperature during engine running (admission of increase temperature to 110°C).

1. Wstęp

Transport drogowy państw UE uważany jest za główny sektor odpowiedzialny za emisję CO₂. W ostatnich latach w UE jego udział się wciąż powiększa m.in. za sprawą szybkiego rozwoju handlu internetowego. Podejmowane są więc działania prawne na rzecz zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych. Uchwała Rady Europejskiej mówi, że do roku 2012 poziom emisji CO₂ przez samochód osobowy powinien się obniżyć do wartości 120g/km. W dalszych planach leży kolejne ograniczenie emisji CO₂ do wartości rzędu 80-100g/km.

2. Chłodzenie silników spalinowych

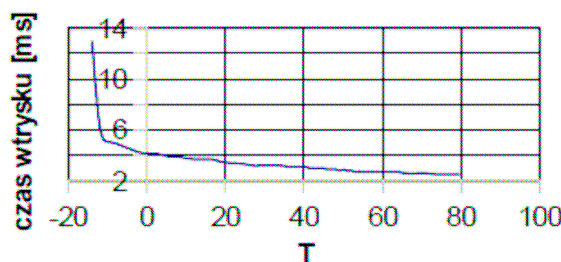
Źródłem obciążeń cieplnych silników iskrowych jest czynnik doprowadzany do cylindra. Rolę odprowadzania ciepła powstałego podczas spalania mieszanki oraz tarcia pełnią w silnikach spalinowych układy chłodzenia. Temperatura silnika jest tak dobierana, aby temperatura graniczna oleju silnikowego mierzona na dnio kanałika pierwszego pierścienia tłoka wynosiła nie więcej niż 210°C. Chłodzenie pozwala na osiągnięcie kompromisu między temperaturą silnika (im wyższa, tym większa jest sprawność obiegu cieplnego), a parametrami wytrzymałościowymi części mechanicznych oraz warunkami smarowania. Podnoszenie temperatury ma wpływ na spadek współczynnika napełniania cylindrów, a także ogranicza maksymalny stopień sprężania (pośrednio moc silnika). Przykładowy wpływ temperatury na jednostkowe zużycie paliwa pokazano na rysunku 1.



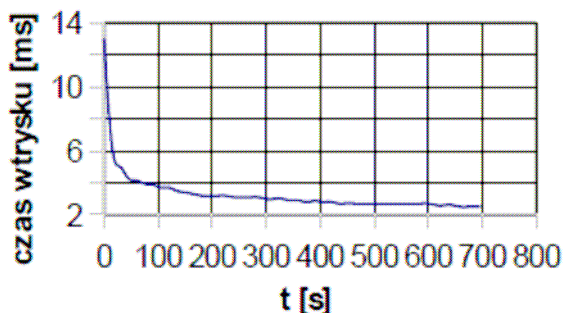
Rys. 1. Przykład zależności jednostkowego zużycia paliwa od temperatury cieczy chłodzącej [7]

3. Wstępne podgrzewanie płynu chłodzącego

W samochodach w fazie nagrzewania silnika spalinowego stosuje się wydłużenie czasu wtrysku paliwa. Wykorzystując silnik z zapłonem iskrowym Suzuki G16B wyznaczono charakterystyki czasu wtrysku na biegu jałowym w zależności od temperatury płynu chłodzącego (rys. 2) oraz czasu pracy silnika (rys. 3).



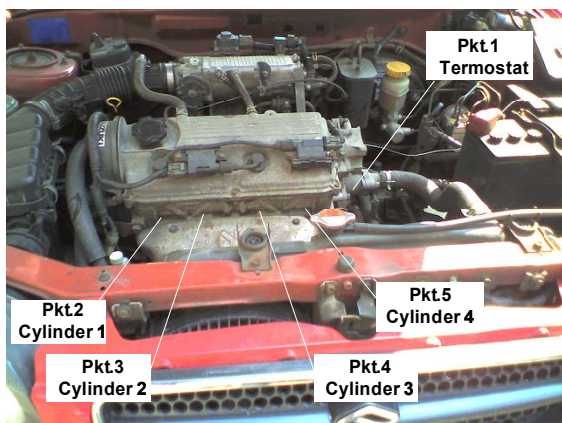
Rys. 2. Zależność czasu wtrysku układu wtryskowo-zapłonowego DENSO silnika G16B w funkcji temperatury płynu chłodzącego podczas rozruchu zimnego



Rys. 3. Zależność czasu wtrysku układu wtryskowo-zapłonowego DENSO silnika G16B w funkcji czasu podczas rozruchu zimnego silnika

Proces wzbogacania jest niezbędny dla odparowania paliwa podczas napełniania cylindrów. Skrócenie czasu pracy zimnego silnika z wzbogacaniem mieszanki powinno spowodować zmniejszenie w standardowym cyklu jezdnym NEDC zużycia paliwa i emisji CO₂. Umożliwi to osiągnięcie niskim kosztem wymogów zastrzanych norm (tzw. norm EURO) emisji zanieczyszczeń i CO₂ a co za tym idzie powinno mieć przełożenie na zmniejszenie tempa wzrostu cen układów napędowych pojazdów.

W stanowisku badawczym silnika spalinowego G16B zastosowano elektryczną pompę cieczy chłodzącej i umieszczono ją możliwie blisko wylotu z płaszcza wodnego silnika tak aby wymuszała przepływ w obiegu dużym i małym (rys. 4).

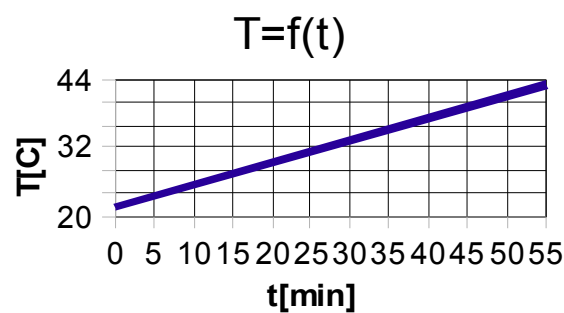


Rys. 4. Miejsce montażu elektrycznej pompy cieczy chłodzącej zaznaczone nazwą Termostat

Jako elementy grzejne w układzie wstępnego podgrzewania ze względu na małe gabaryty i dużą moc jednostkową zastosowano grzałki żarowe palcowe, które mogą być łączone w układy: pojedyncza, dwie, trzy, cztery, pięć i sześć grzałek pracujących równolegle. Moduł podgrzewacza został zainstalowany w silniku

G16B w obiegu krótkim chłodzenia. Podgrzewacze były podczas prób zasilane napięciem 12V z akumulatora VRLA.

Po zamontowaniu układu do samochodu badawczego przeprowadzono serię testów procesu wstępnego podgrzewania silnika przy różnych konfiguracjach połączeń grzałek. Celem pomiarów było określenie optymalnej mocy podgrzewacza w stosunku do pojemności baterii VRLA dla różnych prądów wyładowania. Wybrane wyniki pomiarów temperatur płynu chłodzącego silnik G16B i napięcia akumulatora SB100-12i podczas prób nagrzewania silnika G16B z wykorzystaniem grzałek o mocy 150W pokazano na rysunku 5.



Rys. 5. Temperatura płynu chłodzącego podczas nagrzewania silnika G16B z wykorzystaniem mocy 150W

W próbach nagrzewania bloku silnika G16B zastosowano akumulator SB100-12i. Przeprowadzono dla niego podobnie jak dla ogniwa SB40-12i serię pomiarów procesów wyładowania co pozwoliło określić jego parametry energetyczne. Wyniki pomiarów zaprezentowano w tabeli 1.

Tabela 1. Rzeczywiste parametry elektryczne i energetyczne ogniwa VRLA typu SBL100-12i

I_w [A]	i_w -	Q_w [Ah]	q_{en} [Wh/kg]	$P_{w\dot{r}}$ [W/kg]	η_{en} [-]
88	0,88	72,8	26,47	29,5	0,685
120	1,2	61	21,57	40,3	0,665
160	1,6	52	18,27	50,4	0,661

Prawidłowa regulacja prędkości obrotowej pompy cieczy chłodzącej wpływa na właściwości termiczne silnika spalinowego oraz na ilość zu-

żytego przez silnik paliwa. Z tego powodu istotne było stworzenie odpowiedniego algorytmu działania elektrycznej pompy cieczy chłodzącej.

Aby odpowiednio sterować temperaturą silnika opracowano odpowiedni algorytm pracy układu wstępnego podgrzewania silnika oraz elektrycznej pompy cieczy chłodzącej.

Dla obniżenia emisji spalin w fazie rozgrzewania silnika spalinowego (bez regulacji lambda λ w pętli sprzężenia zwrotnego) kiedy katalizator nie osiągnął wymaganej temperatury, wprowadzono strategię uruchamiania zimnego silnika spalinowego. Faza ta jest inicjowana np. telefonem GSM lub przekaźnikiem czasowym alarmu samochodu. Następuje wtedy poprzez przetwornicę energoelektroniczną przepływ porcji energii z akumulatora do superkondensatora rozruchowego. Superkondensator pełni funkcję magazynu energii do rozruchu silnika spalinowego. Pozostała część energii akumulatora zostaje przemieniona w ciepło podgrzewania wstępnego cieczy chłodzącej. Elektryczna pompa cieczy chłodzącej zostaje włączona i umożliwia rozproszanie ciepła z układu podgrzewacza do bloku nieruchomego silnika spalinowego. Tryb podgrzewania wstępnego kończy się z chwilą osiągnięcia napięcia końcowego wyładowania dla danego prądu zasilania pompy lub uruchomienia silnika przez kierowcę.

Podczas pracy silnika w fazie nagrzewania elektryczna pompa cieczy chłodzącej pracuje z niską prędkością obrotową, co powoduje szybsze osiągnięcie określonego progu temperatury pracy silnika spalinowego. Termostat jest blokowany dodatkowym elektrozaworem. Po osiągnięciu przez silnik temperatury ustalonej następuje regulacja prędkości pompy odpowiadająca prędkościom silnika spalinowego, silnik może pracować z regulacją termostatyczną.

Podczas pracy silnika spalinowego w zakresie małych i średnich obciążeń, prędkość obrotowa elektrycznej pompy cieczy chłodzącej jest obniżana, aby temperatura cieczy chłodzącej utrzymywała się na poziomie 110°C (temperatura ta jest o ok. 15°C większa od temperatury pracy silnika spalinowego z tradycyjną pompą cieczy chłodzącej), okresowo jest blokowany termostat.

Podczas pracy przy dużym obciążeniu następuje zwiększenie prędkości elektrycznej pompy cieczy chłodzącej do wartości znamionowej, i otwarcie termostatu co umożliwia obniżenie

temperatury do wartości 80°C zapewniającej odprowadzenie ciepła i gwarantuje zapas chłodzenia silnika spalinowego pracującego w obszarze mocy submaksymalnej.

4. Podsumowanie

W artykule przedstawiono projekt zastosowania elektrycznej pompy cieczy oraz układu wstępnego nagrzewania cieczy chłodzącej dla silnika spalinowego. Rozruch wstępnie nagrzanego silnika spalinowego powinien skutkować zmniejszeniem emisji zanieczyszczeń w fazie pracy silnika z otwartym sprzężeniem od sondy Lambda. Elektryczne sterowania prędkością pompy cieczy chłodzącej umożliwi ponadto okresowe dopuszczanie do pracy silnika z temperaturą na wyjściu z głowicy około 110°C.

Zwiększając temperaturę silnika pracującego przy małych i średnich obciążeniach można obniżyć zużycie paliwa. Teoretycznie można zwiększyć temperaturę ustaloną pracy silnika z 90°C do 140°C, jednak wzrost temperatury czynnika chłodzącego powodowałby wzrost temperatury powietrza dostarczanego do komory spalania co skutkowałoby spadkiem masy powietrza obniżając tym samym wartość momentu obrotowego silnika. Przyrost temperatury powietrza zwiększa także prawdopodobieństwo wystąpienia spalania stukowego, co powoduje zmniejszenie kąta wyprzedzenia zapłonu przez układ regulacji. Konsekwencją zmniejszenia wartości kąta wyprzedzenia zapłonu jest zwiększenie zużycia paliwa i obniżenie mocy oraz momentu obrotowego silnika. Badania wpływu wstępnego układu podgrzewania będą prezentowane w innym artykule.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2008-2011 jako projekt badawczy

Literatura

- [1]. Setlak R., Fice M., Kuś P.: *Thermal analysis in combustion engine for mild hybrid drive*. 2010 International Symposium on Electric Vehicles, II Conference of Polich Society for Ecological Vehicles, 7-8 lipiec, Warszawa 2010.
- [2]. Setlak R., Fice M., Kuś P.: *Temperature electric regulation of cooling water in internal combustion engine in mild hybrid drive* - 2010 International Symposium on Electric Vehicles, II Conference of Polich Society for Ecological Vehicles, 7-8 lipiec Warszawa 2010.
- [3]. Setlak R., Fice M., Kulesz B.: *Ograniczanie zużycia paliwa w modułowym hybrydowym napędzie samochodu*, XIX Seminarium Techniczne-Problemy Eksploatacji Maszyn i Napędów Elektrycznych,

BOBRME KOMEL, Rytyo 2010. Zeszyty Problemowe Nr 86/2010, str 255-261.

[4]. Setlak R., Kuś P.: *Regulacja temperatury cieczy chłodzącej w układzie napędowym Mild Hybrid*, XIX Seminarium Techniczne-Problemy Eksploatacji Maszyn i Napędów Elektrycznych, BOBRME KOMEL, Rytyo 2010. Zeszyty Problemowe Nr 86/2010, str 213-219.

[5]. Setlak R., Kuś P.: *Badania cieplne silnika spalinowego samochodu osobowego w aspekcie zastosowania systemu napędowego Mild Hybrid*, XIX Seminarium Techniczne-Problemy Eksploatacji Maszyn i Napędów Elektrycznych, BOBRME KOMEL, Rytyo 2010. Zeszyty Problemowe Nr 86/2010, str. 219-225.

[6]. Ogrodzki A.: *Chłodzenie trakcyjnych silników spalinowych*. Wydaw. Komunikacji i Łączności 1974.

[7]. Ogrodzki A.: *Technika cieplna w pojazdach*. Wydaw. Komunikacji i Łączności 1982.

[8]. Biuletyn Europejskiego Prawa Ochrony Środowiska nr 16 z dnia 26.02.2007 r.

[9]. Komunikat Komisji do Rady i Parlamentu Europejskiego z dnia 07.02.2007 r. zawierający wyniki przeglądu wspólnotowej strategii na rzecz zmniejszenia emisji CO₂ pochodzących z samochodów osobowych i lekkich pojazdów dostawczych.

[10]. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego i Rady: Ramy prawne podstawą dla zwiększania konkurencyjności przemysłu motoryzacyjnego w XXI w. Stanowisko Komisji w sprawie sprawozdania końcowego grupy wysokiego szczebla CARS 21.

Autorzy

Rafał Setlak: Pracownik naukowo-dydaktyczny Zakładu Maszyn Elektrycznych i Inżynierii Elektrycznej w Transporcie. Laureat Nagrody za najlepszą pracę doktorską Koncernu FIAT: Synchronizacja pracy czterosiłnikowego napędu elektrycznego pojazdu o przeznaczeniu specjalnym w roku 2005. Promotor prac dyplomowych, które zdobyły Nagrody Koncernu FIAT za najlepsze prace z dziedziny motoryzacji.

Kontakt: rafal.setlak@polsl.pl

Marcin Fice: Pracownik naukowo-dydaktyczny Zakładu Maszyn Elektrycznych i Inżynierii Elektrycznej w Transporcie. W roku 2010 obronił pracę doktorską pt: Zarządzanie rozływem energii w napędzie hybrydowym. Działalność naukowa: napędy wieloźródłowe, diagnostyka w pojazdach, elektrotechnika i elektronika samochodowa.

Kontakt: marcin.fice@polsl.pl