

Piotr BAKALAREK*
Leszek KASPRZYK*

PRZEPLYWOWY PODGRZEWACZ PALIWA DLA POJAZDÓW Z SILNIKIEM DIESLA

W artykule przedstawiono koncepcję przeplywowego elektrycznego podgrzewacza paliwa przeznaczonego do pojazdów z silnikiem Diesla z automatyczną regulacją mocy grzewczej w funkcji temperatury, który został wykonany w ramach pracy dyplomowej inżynierskiej. Omówiona została warstwa sprzętowa podgrzewacza oraz zaimplementowane funkcje realizowane przez urządzenie. W pracy zostały także omówione problemy wynikające z użytkowania oleju napędowego w niskich temperaturach oraz zasadność stosowania podgrzewaczy paliwa.

SŁOWA KLUCZOWE: podgrzewacz paliwa, pojazdy spalinowe, układy sterowania

1. WSTĘP

Układ paliwowy jest najbardziej newralgicznym układem w pojeździe. Zatankowanie złej jakości paliwa może prowadzić do unieruchomienia pojazdu, a nawet do uszkodzenia podzespołów mechanicznych takich jak wtryskiwacze lub pompa wysokiego ciśnienia. Duże znaczenie ma jego czystość, lecz podczas pracy pojazdu w niskich temperaturach pojawia się kolejny istotny problem – wytrącenie parafiny. Jest ona jednym z podstawowych składników oleju napędowego, która w niskich temperaturach wydziela się w postaci zlepiających się kryształów, tworzących ciało stałe. Zostaje ono zatrzymane przez filtr paliwa, doprowadzając do jego całkowitej niedrożności. W klimacie umiarkowanym w okresie zimowym paliwa przystosowane są do pracy w temperaturze powyżej -20°C . Gdy nastąpi spadek temperatury poniżej tej wartości, mogą zacząć się problemy z poprawną pracą silnika. Istnieją specjalne dodatki zwane depresatorami, które obniżają temperaturę wytrącania parafiny. Są one jednak skuteczne tylko zanim substancja ta wydzieli się z paliwa. Dodatkowo dla ich poprawnego zadziałania należy doprowadzić do dobrego rozprowadzenia depresatora w paliwie. Nie ma skutecznej substancji rozpuszczającej parafinę w ujemnych temperaturach, która nie byłaby szkodliwa dla zdrowia człowieka lub działająca destrukcyjnie na podzespoły silnika. Jedynym znanym skutecznym i nieszkodliwym sposobem jest jej ogrzanie do temperatury, w której ulegnie stopieniu.

* Politechnika Poznańska.

Z tego właśnie powodu pojazdy zaczęto wyposażać w różnego typu podgrzewacze paliwa. Umożliwiają one poprawną pracę silnikom w niskich temperaturach, nawet przy użyciu gorszego jakościowo paliwa [1].

Aktualnie można spotkać się z wieloma rozwiązaniami podgrzewaczy, różniącymi się przede wszystkim źródłem dostarczania ciepła oraz mocą grzewczą, a ich zadanie nie ogranicza się już tylko do uniemożliwienia powstania kryształów parafiny w paliwie, czy też ich roztopienia. Drugi istotny argument świadczący o konieczności stosowania podgrzewaczy, związany jest z zależnością lepkości kinematycznej oleju napędowego od temperatury – im niższa temperatura paliwa tym większa jego lepkość i większa trudność prawidłowego rozpylenia w komorze spalania [2]. W przypadku dużej lepkości strumień paliwa sięga głęboko do komory spalania, lecz krople są stosunkowo duże, co utrudnia ich prawidłowe odparowanie i spalanie. Wpływa to niekorzystanie zarówno na pracę silnika, jego trwałość, ale także na środowisko. Złe rozpylenie paliwa skutkuje spalaniem niecałkowitym i niezupełnym. W związku z tym w spalinach pojawiają się cząstki stałe w postaci sadzy oraz gazowe w postaci tlenku węgla. Substancje te są częściowo utleniane w katalizatorze, lecz w przypadku nadmiernej ich ilości może dojść do jego przegrzania i uszkodzenia.

Należy jednak zwrócić uwagę, że podgrzewanie paliwa wymaga kontroli, ponieważ wraz ze zmniejszaniem się lepkości paliwa, wzrastają straty nieszczelności w pompie wysokiego ciśnienia, a także pogarszają się jego właściwości smarne. Dawniej pompy wtryskowe smarowane były olejem. Aktualnie zarówno wtryskiwacze, jak i pompy wysokiego ciśnienia są smarowane przepływającym paliwem. Wraz z zastosowaniem systemu zasilania common rail, znacząco zwiększyła się dokładność wykonania układu wtryskowego – wtryskiwacze w niektórych rozwiązaniach otwierają się nawet 7 razy w ciągu jednego cyklu pracy silnika (w starszych rozwiązaniach był tylko jeden wtrysk na cykl). W związku z powyższym w nowych pojazdach nadmierne zmniejszenie właściwości smarnych paliwa może w krótkim czasie doprowadzić do uszkodzenia wtryskiwaczy oraz pompy wysokiego ciśnienia. Wymusza to konieczność stosowania układów regulujących temperaturę paliwa. Układy takie mogą być zintegrowane z samym podgrzewaczem lub występować niezależnie np. w filtrze paliwa [1].

2. KONCEPCJA PODGRZEWACZA PALIWA

Podstawowym założeniem projektu było opracowanie koncepcji oraz wykonanie prototypowego przepływowego podgrzewacza oleju napędowego wraz z systemem regulacji mocy grzewczej elementu grzejnego. Dodatkowym celem było opracowanie algorytmu sterującego współpracą układu z drugim podgrzewaczem, który do ogrzania paliwa wykorzystuje ciecz układu chłodzącego. Podgrzewacz miał na celu spełnienie dwóch podstawowych zadań:

- niedopuszczenie do zatkania filtra paliwa przez rozpuszczenie kryształów parafiny w paliwie w temperaturze do $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- poprawienie jakości wtrysku paliwa przez podgrzanie go do optymalnej temperatury.

Opracowywany podgrzewacz przeznaczony będzie do pracy w samochodowym pojeździe osobowym, w związku z tym ustalono jego znamionowe napięcie jako napięcie zasilania: $13,8\text{ V}$ ($12 - 15\text{ V}$). Wymiennik ciepła będzie wykonany w formie walca o średnicy 22 mm z króćcami przyłączeniowymi do węży paliwowych o średnicy 8 mm , natomiast element grzejny będzie w postaci spirali z drutu oporowego o średnicy 2 mm .

Ponadto układ zostanie wyposażony w następujące zabezpieczenia:

- automatyczne załączenie podgrzewacza wykorzystującego ciecz chłodzącą po jej ogrzaniu,
- zabezpieczenie przed przeciążeniem alternatora,
- zabezpieczenie przed przegrzaniem paliwa.

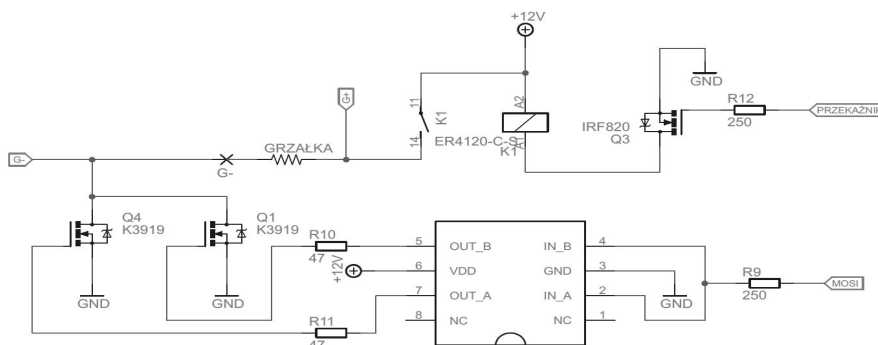
Po przeprowadzeniu szczegółowej analizy ekonomiczno-technicznej różnych rozwiązań podgrzewaczy paliwa, jako element grzejny wykorzystano drut oporowy o średnicy 2 mm i rezystancji jednostkowej $0,43\text{ }\Omega/\text{m}$. Opornik został zwinięty w spiralę o średnicy wewnętrznej 10 mm . Całkowita wartość rezystancji grzałki została dobrana w taki sposób, żeby jej moc w modelu wynosiła 200 W . Wartość mocy została określona tak, aby była wystarczająca dla zapewnienia poprawnej pracy układu paliwowego w większości samochodów osobowych dostępnych na rynku, pracujących w temperaturach nie mniejszych niż $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Spirala została umieszczona w miedzianej rurce o średnicy zewnętrznej 22 mm , która stanowi obudowę podgrzewacza.

Sterowanie prądem grzewczym projektowanego podgrzewacza jest realizowane przez mikrokontroler ATmega8 z zastosowaniem PWM. To rozwiązanie wprowadza konieczność użycia elementu umożliwiającego szybkie łączenie prądów o wartościach do 17 A . W związku z tymi wymaganiami jako elementy przełączające, zostały zastosowane dwa jednakowe połowe tranzystory mocy MOSFET typu K3919 z kanałem wzbogacającym typu N [5].

Wysterowanie tranzystorów bezpośrednio z mikrokontrolera skutkowałoby znacznymi stratami mocy i ich przegrzaniem, dlatego konieczne jest zastosowanie elementu pośredniczącego pomiędzy mikrokontrolerem, a tranzystorami o jak największym chwilowym prądzie na wyjściu sterującym, które jest podłączone do bramki tranzystora. W projekcie jako element pośredniczący został zastosowany sterownik tranzystorów MOSFET o oznaczeniu TC427. Charakteryzuje się on chwilową wydajnością prądową o wartości $1,5\text{ A}$ oraz możliwością realizacji wysokich częstotliwości przełączeń. Umożliwia niezależną obsługę dwóch tranzystorów. Sterownik został zasilony napięciem 12 V , co umożliwia wysłanie na bramki tranzystorów sygnału o napięciu wyższym niż 5 V . Dzięki takiemu rozwiązaniu dodatkowo zmniejszone zostały straty mocy dla elementów łączących.

Układ zasilania grzałki podgrzewacza został przedstawiony na rysunku 1. Rezystory R9 oraz R12 mają na celu zabezpieczenie mikrokontrolera przed przepływem zbyt dużego prądu. Jako maksymalny prąd bezpieczny uznaje się 20 mA na pojedynczą linię wejścia/wyjścia. Jeden zacisk grzałki jest podłączony przez przełącznik do zacisku dodatniego pojazdu, drugi natomiast jest zwierany do masy przez tranzystor, co pozwala regulować wartość prądu grzewczego. Ze względu na warunki termiczne w układzie zostały zastosowane dwa równoległe połączone tranzystory.

Przełącznik stanowi dodatkowe zabezpieczenie układu przed przegrzaniem paliwa. Napięcie potrzebne do zasilania cewki przełącznika w celu zamknięcia jego zestyków jest doprowadzone przy użyciu dodatkowego tranzystora MOSFET IRF820. Jego otwarcie oraz zamknięcie jest kontrolowane przez mikrokontroler.

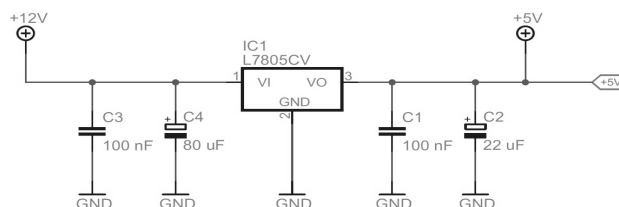


Rys. 1. Układ zasilania elementu grzejnego

Podgrzewacz został zaprojektowany do zasilania z instalacji elektrycznej pojazdu, dlatego występuje konieczność obniżenia napięcia zasilania mikrokontrolera do wymaganej wartości. Dla spełnienia tego zadania w projekcie został wykorzystany liniowy stabilizator napięcia LM7805 w obudowie TO-220.

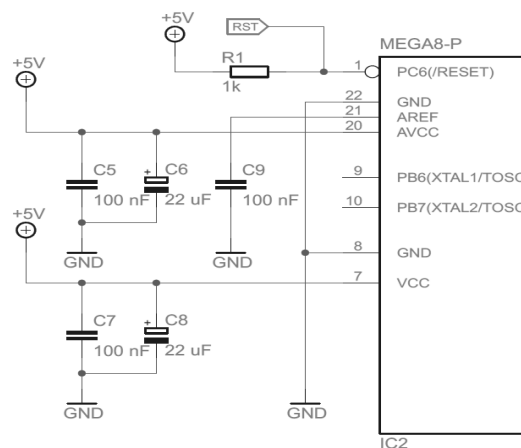
W celu poprawnej pracy mikrokontrolera wymagana jest filtracja napięcia zasilającego. Należy pamiętać, że źródłem zakłóceń jest nie tylko zewnętrzne źródło zasilania i urządzenia do niego podłączone, ale przede wszystkim zakłócenia generowane są przez mikrokontroler, którego zapotrzebowanie na prąd jest zmienne i często skokowe [3].

Na rysunku 2 przedstawiono sposób, w jaki zrealizowano filtrację napięcia wejściowego oraz wyjściowego stabilizatora. Podczas testów modelowego układu filtracji, zostały wykorzystane pomiary oscyloskopowe napięcia zasilającego mikrokontrolera ATmega8 z wykorzystaniem stabilizatora LM7805 [2]. Bazując na wynikach badań można dojść do wniosku, że ważne jest, aby zastosować zarówno kondensatory ceramiczne, jak i elektrolityczne, ponieważ mają one różną skuteczność filtracji dla różnych częstotliwości zakłócających.



Rys. 2. Układ filtracji napięcia przy stabilizatorze

W przypadku mikrokontrolera również zostały zastosowane kondensatory ceramiczne oraz elektrolityczne. Istotne jest ich rozmieszczenie w układzie - powinny one znajdować się jak najbliżej nóżek zasilających oznaczonych jako VCC oraz AVCC. Układ zasilania oraz filtracji został przedstawiony na rysunku 3.



Rys. 3. Układ zasilania oraz filtracji przy mikrokontrolerze

Do pomiaru temperatury paliwa oraz cieczy chłodzącej wybrano czujniki cyfrowe DS18B20, wykorzystujące magistralę komunikacyjną 1-Wire, która została zaimplementowana w mikrokontrolerze programowo [4]. Dodatkowo sterownik został wyposażony w złącze umożliwiające podłączenie wyświetlacza LCD, służącego do bieżącej analizy temperatury paliwa i cieczy chłodzącej oraz wpływu mocy pobieranej przez podgrzewacz na napięcie zasilające, a także wpływu obydwu mierzonych temperatur na ustawienia zaworu cieczy chłodzącej.

Program zawiera także funkcje zabezpieczające na wypadek uszkodzenia czujników temperatury, uszkodzenia tranzystorów mocy oraz nadmiernego spadku napięcia zasilającego. Mikrokontroler został zaprogramowany przy użyciu programu napisanego w środowisku Eclipse Kepler, a jako oprogramowanie obsługujące programator zastosowano mkAVR Calculator.

3. WNIOSKI

Podstawowym zadaniem opracowanego i zbudowanego podgrzewacza jest regulacja prądu grzewczego podgrzewacza w funkcji temperatury paliwa. Urządzenie prototypowe zostało przetestowane na modelu symulującym pracę pojazdu, wyposażonym między innymi w seryjną pompę paliwa stosowaną w pojazdach marki Ford. Podczas przeprowadzonych testów podgrzewacz w pełni spełniał swoje zadanie i działał zgodnie z założeniami. Testom zostały również poddane funkcje dodatkowe takie, jak wyświetlenie temperatury paliwa i cieczy chłodzącej, pomiar napięcia zasilania oraz zabezpieczenie przed przegrzaniem paliwa w sytuacji awarii czujnika temperatury. Wszystkie próby wykonane w różnych warunkach środowiskowych zakończyły się powodzeniem.

Sterownik został przystosowany do pracy z zaworem sterującym przepływem cieczy chłodzącej przez dodatkowy podgrzewacz nieelektryczny. Jest to podejście innowacyjne, łączące zalety szybkości działania podgrzewacza elektrycznego z ekonomicznością użytkowania podgrzewacza z cieczowym wymiennikiem ciepła. Pracą obydwu urządzeń zarządza jeden sterownik, co obniża koszty układu.

LITERATURA

- [1] Bakalarek P.: Projekt i wykonanie przepływowego podgrzewacza paliwa dla pojazdów z silnikami diesla, Praca dyplomowa inżynierska, Instytut Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej Politechniki Poznańskiej.
- [2] Idzior M., Karpiuk W., Borowczyk T.: Postępy Nauki i Techniki nr 15, 2012.
- [3] Kardaś M.: Mikrokontrolery AVR język C podstawy programowania. Szczecin, Wydawnictwo ATNEL, 2011.
- [4] Rząsa M. R., Kiczma B.: Elektryczne i elektroniczne czujniki temperatury. Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2005.
- [5] Tietze U., Schenk Ch.: Układy półprzewodnikowe. Warszawa, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1997.

INSTANTANEOUS HEATER FUEL FOR VEHICLES WITH DIESEL ENGINE

The article presents the concept of the instantaneous heater fuel for vehicles with diesel engine with automatic control of heating power as a function of temperature. Discussed the hardware layer of the heater and implemented the functions performed by the device. The paper also discusses the problems arising from the use of diesel fuel at low temperatures and the appropriateness of the use of fuel heaters.