

Mieczysław DZIUBIŃSKI
Krzysztof KWIATKOWSKI

WSPÓŁPRACA REGULATORA MULTIFUNKCYJNEGO Z ELEKTRONICZNIE STEROWANYM WTRYSKIEM PALIWA

Compatibility of a multifunctional regulator with an electronic fuel injector

Wstęp

W konwencjonalnym alternatorze wewnętrzny regulator napięcia utrzymuje stałe napięcie w układzie. Regulatory multifunkcyjne mają szereg funkcji dodatkowych, których celem jest optymalizacja pracy układu zasilania oraz zabezpieczenie jego zespołów przed skutkami uszkodzeń. Do głównych funkcji należą:

Wykrywanie uszkodzeń – dodatkowe zintegrowane obwody oparte na kombinacjach logicznych dostarczające informacji kierowcy o nieprawidłowej pracy układu zasilania (lampa na tablicy rozdzielczej): 1. nadmierne ładowanie, 2. niewystarczające ładowanie, 3. brak obrotu wirnika alternatora, 4. przerwa w obwodzie wzbudzania, 5. zwarcie w obwodzie wzbudzania, 6. przerwa w stopniu mocy regulatora, 7. zwarcie w stopniu mocy regulatora, 8. przerwa w przewodzie pomiaru napięcia na akumulatorze, 9. przerwa w przewodzie ładowania B+.

Zabezpieczenia – multifunkcyjny regulator napięcia chroniony jest przed: zwarcie obwodu wirnika oraz zwarcie lampki ładowania. Zabezpieczenie termiczne – chroni regulator przed zniszczeniem termicznym, temperatura jest mierzona bezpośrednio na układzie scalonym. Po przekroczeniu temperatury dopuszczalnej napięcie regulowane zostaje obniżone.

Funcja przełącznika czasowego podczas rozruchu (LRS) – zmieniająca działanie regulatora podczas rozruchu silnika. Działanie LRS polega na eliminowaniu określonej ilości impulsów fazowych, podczas których uzwojenie wzbudzenia nie pobiera prądu, dzięki czemu cały prąd jest wykorzystywany przez rozrusznik i układ zapłonowy do rozruchu silnika, a alternator nie wytwarza momentu hamującego, obciążającego rozrusznik. Gdy zliczanie impulsów dobiega końca, następuje włączenie obwodu wzbudzania.

Ładowanie progresywne (CP, stopniowe włączenie odbiorników mocy) – funkcja kontroluje moment obrotowy alternatora podczas podłączania odbiorników większej mocy. Funkcja przeznaczona jest dla dużych obciążeń i może znacznie zredukować prędkość obrotową silnika lub nawet spowodować jego zatrzymanie. Celem funkcji jest stabilizacja prędkości obrotowej silnika, szczególnie na biegu jałowym.

Funkcja wzbudzenie wstępne – prąd wzbudzenia wstępnego sterowany jest przez regulator i zapewnia optymalne wzbudzenie alternatora. Współczynnik trwania impulsu stopnia mocy regulatora jest dobierany w taki sposób, aby zapewniać minimalną, możliwą w danym przypadku prędkość obrotową wystarczającą do wzbudzenia alternatora. Do końca wzbudzenia wstępnego lampka ładowania świeci się.

Wzbudzanie samoczynne – w przypadku spalenia lampki ładowania lub przerwy w jej obwodzie alternator wzbudza się samoczynnie po osiągnięciu prędkości samowzbudzenia.

Ograniczenie prędkości obrotowej – po przekroczeniu dopuszczalnej prędkości obrotowej uzwojenie wzbudzenia jest odłączone i alternator przestaje wytwarzać napięcie.

Filtrowanie zakłócających sygnałów wejściowych – wszystkie połączenia elektryczne regulatora realizowane są przez układ scalony i końcówkę mocy. Układ filtruje zakłócenia i jeżeli jest to konieczne, wysyła odpowiednie sygnały.

Funkcja pomiaru napięcia ładowania bezpośrednio na zaciskach akumulatora. Pomędzy zaciskami B+ alternatora a zaciskiem + akumulatora może występować spadek napięcia, dzięki pomiarowi napięcia bezpośrednio na akumulatorze zoptymalizowane zostanie jego ładowanie.

Regulacja awaryjna – po przerwaniu przewodu do zacisku „S”, jak również po większym spadku napięcia (>1 V) na przewodzie ładowania B+ regulacja odbywa się na podstawie poziomu napięcia na zacisku alternatora B+.

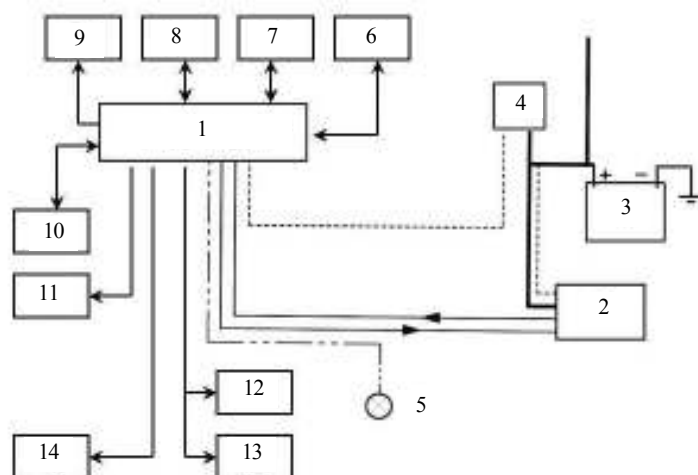
Włącznik prądu spoczynkowego – przy wyłączonym zapłonie prąd pobierany przez regulator napięcia jest redukowany do minimalnej wartości.

Współpraca alternatora z układem PCM EEC V

Moduł PCM steruje jednocześnie mocą wyjściową prądnicy i monitoruje ją. W tym celu dwa przewody elektryczne łączą obydwa elementy. Moduł steruje również prędkością biegu jałowego, gdy zmniejsza się ona z powodu obciążenia, uruchamia również przełącznik współpracy silnika. Dzięki temu przełącznikowi odbiorniki, które pobierają duży prąd (na przykład ogrzewanie tylnej szyby, klimatyzacja) zasilane są tylko wtedy, gdy alternator pracuje. Schemat funkcjonalny transmisji sygnałów wejściowych i wyjściowych EEC V przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Schemat funkcjonalny transmisji sygnałów wejściowych i wyjściowych czujników a PCM EEC V



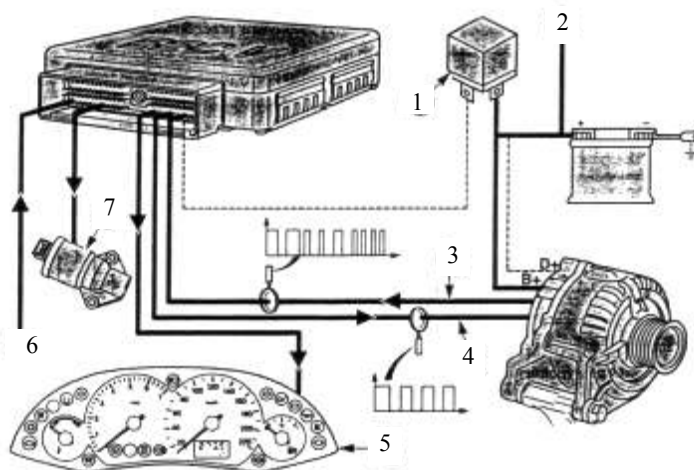
Rys. 2. Schemat blokowy współpracy układu sterowania wtryskiem paliwa EEC V, a innymi odbiornikami: 1 – moduł sterowania zespołem napędowym, 2 – alternator ze sterowanym regulatorem napięcia, 3 – akumulator, 4 – przełącznik zasilacza, 5 – zestaw wskaźników na deski rozdzielczej, 6 – sterownik układu ABS/ESP, 7 – przekładnia automatyczna, 8 – nadajnik/odbiornik PATS, 9 – lampka ostrzegawcza silnika, 10 – złącze diagnostyczne, 11 – zawór regulacji ilości powietrza biegu jałowego (IAC), 12 – komputer pokładowy, 13 – układ sterowania prędkością jazdy, 14 – sprężarka układu klimatyzacji (AC)

Do głównych odbiorników współpracujących z alternatorem należą: układ sterowania wtryskiem EEC V, sterownik ABS, klimatyzacja, przekładnia automatyczna i inne rys. 2.

Badania eksperymentalne

Obiekt badań

Obiektem badań był zespół alternatora kompaktowego z regulatorem multifunkcyjnym, współpracujący z układem wtrysku paliwa samochodowego Focus EEC V. W badanym alternatorze samochodu Focus 2000 funkcje regulatora napięcia zostały zachowane, natomiast wartość napięcia jest obliczana przez moduł PCM EEC V.



Rys. 3. Schemat toru pomiarowego: 1 – przekaźnik sygnału pracy silnika, 2 – odbiornik prądu, 3 – wyj. Alternatora (wej. PCM EEC V), 4 – wyj. Alternatora (wyj. PCM EEC V), 5 – lampka kontrolna ładowania w zestawie wskaźników, 6 – sygnał o temperaturze ze zintegrowanego czujnika, 7 – zawór regulacji ilości powietrza biegu jałowego

Z wyjścia alternatora przez przewód (3) sygnał jest przesyłany do modułu PCM EEC V w celu ustalenia stanu obciążenia alternatora. Sygnał jest przetwarzany, a następnie wykorzystywany do analizy prędkości obrotowej biegu jałowego. Zmienia się częstotliwość i procent wypełnienia cyklu sygnału. Zakres częstotliwości sygnału napięcia zawiera się w granicach między 100 i 200 Hz, cykl musi być wypełniony w 9 do 97%:

- 9% = mały prąd ładowania,
- 97% = duży prąd ładowania = zwiększenie prędkości obrotowej biegu jałowego.

Sygnal monitoruje wyjście alternatora, aby informować moduł PCM EEC V o ewentualnych usterkach. Może do nich dojść, jeśli np. procent wypełnienia cyklu będzie poza zakresem 9-97% lub jeśli do alternatora nie zostanie przesłany odpowiedni sygnał napięcia.

Jeśli poziom sygnału napięcia na wejściu modułu PCM jest zbyt niski, oznacza to, że napięcie ładowania jest za niskie. Alternator musi wytworzyć więcej energii, aby akumulator był odpowiednio naładowany i aby jego bilans naładowania był zrównoważony (zwiększenie prędkości obrotowej biegu jałowego). W zależności od sygnałów wejściowych (4) modułu PCM EEC V (np. zbyt niskie napięcie, V_{batt}) oraz temperatury akumulatora regulowane jest napięcie alternatora. Częstotliwość jest taka jak w przypadku sygnału wejściowego modułu PCM (100 do 200 Hz). Regulator napięcia wykorzystuje przy tym procent wypełnienia cyklu rzędu 15% = 12,5 V do 95% = 16,5 V.

Moduł PCM przesyła następnie do alternatora nową wartość żadaną napięcia. Chodzi przy tym o tymczasową wartość, do chwili aż moduł PCM ponownie obliczy nową wartość (wyjątek: zmiana obciążenia alternatora). Napięcie alternatora może zawierać się w granicach między 12,5 i 16,5 V. Układ pracuje pochwytując od ustalonej wartości żadanej napięcia alternatora, która jest optymalna dla danej temperatury akumulatora.

Moduł PCM EEC V przesyła sygnał do przekaźnika pracy silnika. Dzięki temu określone odbiorniki pobierające duży prąd (np. ogrzewana przednia szyba) są zasilane tylko wtedy, gdy alternator pracuje.

Moduł PCM włącza lampkę kontrolną ładowania przy włączonym zapłonie, wyłączonym silniku, podczas uruchamiania pojazdu i jeśli procent wypełnienia cyklu sygnału wejściowego EEC V przy pracującym silniku wynosi 0 lub 100%.

Cel i program badań

Celem badań była analiza współpracy alternatora z układem EEC V oraz potwierdzenie funkcji regulatora multifunkcyjnego, a także symulacja nowych rodzajów uszkodzeń w alternatorze. Do podstawowych funkcji regulatora należy: rozruch silnika, wpływ obciążenia, prędkość biegu jałowego, funkcja diagnostyki.

Rozruch silnika lub prędkość obrotowa poniżej prędkości biegu jałowego. Alternator Smart charge nie jest aktywny po włączeniu zapłonu i przy rozruchu silnika. W ten sposób silnik nie jest dodatkowo obciążony przy rozruchu. Regulator napięcia włącza się gdy z modułu PCM EEC V zostanie przesłany pierwszy odpowiedni sygnał PWM. Dlatego też alternator jest tak długo włączony, aż sygnał wyjściowy z modułu PCM, który jest przesyłany przy prędkościach obrotowych wyższych niż przy rozruchu oraz wyższych od prędkości obrotowej poniżej biegu jałowego.

Pełne obciążenie. W tym trybie pracy chodzi przede wszystkim o optymalizację przyspieszenia. Obciążenie silnika przez alternator zostaje zmniejszone przez PCM EEC V dzięki obniżeniu wartości żadanej napięcia do możliwie

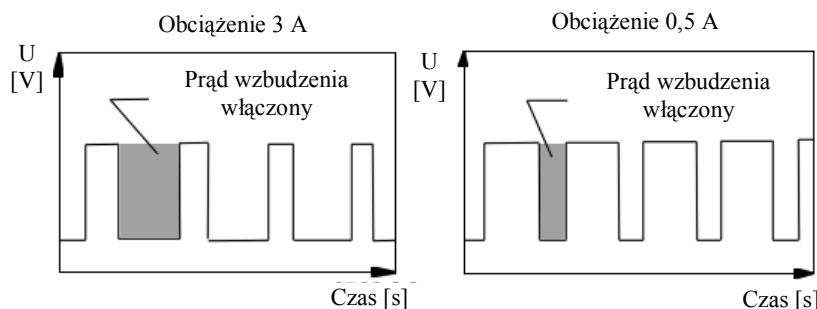
najmniejszej. Aby zapobiec rozładowaniu akumulatora, zostaje chwilowo wyłączony tryb pełnego obciążenia, tzn. alternator przechodzi na chwilę w normalny tryb pracy między następującymi po sobie fazami WOT (pełne otwarcie przepustnicy).

Regulacja prędkości biegu jałowego. Przez przewód sygnałów wejściowych EEC V do modułu PCM EEC V są stale przesyłane sygnały o obciążeniu alternatora. Obciążenie to powstaje przy podłączeniu odbiorników pobierających dużo prądu. Moduł PCM przesyła sygnał do zaworu regulacji powietrza biegu jałowego (LAC) i zwiększa prędkość obrotową biegu jałowego. Wykorzystano metodę regulacji ilości powietrza biegu jałowego zaworem IAC. W układzie Smart charge moduł PCM skompensował spadek prędkości obrotowej biegu jałowego przy maksymalnym obciążeniu przez wyregulowanie wartości regulatora napięcia. Zwiększenie prędkości obrotowej biegu jałowego na skutek zbyt dużego obciążenia alternatora nie było przeprowadzone w trybie „biegu jałowego”. Po jeździe samochodem i po powrocie do trybu biegu jałowego (pojazd stał), można było stwierdzić podwyższoną prędkość obrotową biegu jałowego.

Funkcje diagnostyczne układu. W przypadku nieprawidłowego działania układu Smart charge została wyregulowana żądana wartość napięcia odpowiednio do wartości alternatora. Wszystkie inne funkcje nie działały w tym trybie. Alternator musiał odbierać dane, pomimo usterki w przewodzie sygnałów wejściowych EEC V. Lampka kontrolna ładowania zapalała się w przypadku usterki układu oraz przy zbyt niskim napięciu ładowania

Wybrane wyniki badań

Zarejestrowane wybrane przebiegi sygnału DF alternatora przedstawia rys. 4. Obciążenie alternatora – 3 A, napięcie oscyluje od 14,3 do 14,5 V. Oscylacja jest wynikiem obciążenia regulatora i stałej czasowej testera. Do obwodu pomiarowego został dołączony zestaw diagnostyczny firmy Bosch MOT 240 w celu obserwacji zmian sygnału DF w zależności od obciążenia. Dalszy etap badań dotyczył wpływu uszkodzeń regulatora multifunkcyjnego na inne odbiorniki instalacji elektrycznej.



Rys. 4. Przebieg sygnału DF regulatora dla obciążenia 0,5 A i 3 A

Uwagi końcowe

Multifunkcyjne regulatory napięcia są skuteczniej zabezpieczane przed możliwością uszkodzenia na skutek awarii w układzie zasilania, nadmiernej temperatury oraz uszkodzeń mechanicznych od konwencjonalnych elektronicznych regulatorów napięcia.

Dzięki zastosowaniu w regulatorach multifunkcyjnych funkcji LRC (kontrola zmian obciążenia) praca silnika (szczególnie na biegu jałowym) podczas wystąpienia dużych skoków poboru prądu, np. podczas włączania klimatyzacji, stała się bardziej płynna.

Przy współpracy alternatora z układem wtryskowym praca silnika samochodu staje się bardziej stabilna.

Przeprowadzona symulacja uszkodzeń alternatora nie potwierdziła realizacji funkcji diagnostycznych regulatora multifunkcyjnego.

Piśmiennictwo

1. Dziubiński M., Ocioszyński J., Walusiak S.: Elektrotechnika i elektronika samochodowa. Wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin 1999.
2. Dziubiński M., Walusiak S.: Komputerowa analiza pracy alternatora pracującego przy podwyższonych napięciach. Zastosowania komputerów w elektrotechnice. Instytut Elektrotechniki Przemysłowej Politechniki Poznańskiej, 703-705, Poznań 2000.
3. Dziubiński M.: Analiza parametrów wybranych regulatorów wielozadaniowych współpracujących z alternatorem kompaktowym. PAN Oddział w Krakowie, 22, 77-85, Kraków 2001.
4. Dziubiński M.: Koncepcja diagnostyki wyposażenia elektrycznego samochodu. Eksploatacja i niezawodność. Polskie Naukowo-Techniczne Towarzystwo Eksploatacyjne, Warszawa, 39-47, 2002.

Streszczenie

W artykule przedstawiono możliwości regulatorów multifunkcyjnych, współpracę z elektronicznym układem sterującym wtryskiem paliwa (ECU, Electronic Control Unit) w samochodach marki Ford. Przeprowadzono ponadto badania laboratoryjne związane z symulacją typowych uszkodzeń w obwodzie ładowania oraz układu sterującego wtryskiem paliwa.

Summary

In the article we have presented the possibilities of multifunctional regulators and cooperation with ECU (Electronic Control Unit) fuel injection for the car – Ford. Moreover, there were made laboratory tests connected with simulation of typical defects in loading perimeter and the control system of fuel injection.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Cezary Bocheński