

CHARAKTERYSTYKI ALTERNATORA KOMPAKTOWEGO WSPÓŁPRACUJĄCEGO Z REGULATOREM MULTIFUNKCYJNYM

Mieczysław Dziubiński*, Stanisław Walusiak**

* *Katedra Pojazdów Samochodowych Politechniki Lubelskiej
Ul. Nadbystrzycka 38, 20-618 Lublin, Polska
Tel.:(081) 53 81 249,*

** *Katedra Elektrotechniki Ogólnej Politechniki Lubelskiej
Ul. Nadbystrzycka 38a, 20-618 Lublin, Polska
Tel.:(081) 53 81 300, fax: (081) 53 81 299
e-mail: swal@elektron.pol.lublin.pl*

Streszczenie. Wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną w samochodach powoduje wprowadzanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych w źródłach energii. Jednym z nich jest alternator kompaktowy. Obecnie w samochodach wyższej klasy wraz z alternatorami kompaktowymi wprowadzane są multifunkcyjne regulatory napięcia, które oprócz regulacji napięcia spełniają inne funkcje, między innymi diagnostyczne. W artykule przedstawione zostały wyniki badań alternatora kompaktowego współpracującego z regulatorem multifunkcyjnym.

1. Wstęp

Wzrastająca liczba odbiorników energii elektrycznej instalowanych w pojazdach samochodowych, przy jednoczesnym wydłużeniu się czasu pracy silnika na biegu jałowym stawia poważne wymagania przed prądnicami samochodowymi, głównymi dostawcami energii elektrycznej. W produkowanych obecnie pojazdach samochodowych podstawowym źródłem energii elektrycznej są prądnice prądu przemiennego (alternatory). Wyparły one praktycznie stosowane wcześniej prądnice prądu stałego, co wynika z szeregu ich zalet, między innymi przy tej samej mocy alternator ma znacznie mniejsze wymiary, a masę dwa do trzech razy mniejszą w porównaniu z prądnicą prądu stałego. Uproszczony jest również układ regulacyjny ograniczony jedynie do regulatora napięcia. Stosowany w samochodach alternator jest prądnicą synchroniczną mającą wbudowany układ prostowniczy, umożliwiający uzyskanie prądu stałego niezbędnego do zasilania odbiorników instalacji elektrycznej pojazdu. Poprzez odpowiedni dobór przekładni między prądnicą a silnikiem spalinowym już podczas biegu jałowego silnika spalinowego alternator może oddawać do 70% mocy znamionowej.

Dynamiczny rozwój elektroniki spowodował zwiększenie liczby obwodów i elementów samochodu sterowanych elektrycznie. Jednoczesne instalowanie już w samochodach średniej klasy szeregu urządzeń podnoszących komfort jazdy, takich jak: klimatyzacja, elektryczne podnoszenie szyb, elektryczne podgrzewanie foteli, czy planowane wprowadzenie elektrycznego ogrzewania szyby przedniej wywołuje zwiększone zapotrzebowanie na energię elektryczną. W tym celu należy zwiększać moce alternatorów, jednak powiększanie ich wymiarów geometrycznych nie jest możliwe do zaakceptowania ze względu na wzrost masy alternatora oraz brak miejsca na zainstalowanie. Aktualnym kierunkiem zmian jest wprowadzenie alternatora kompaktowego pracującego przy wyższych obciążeniach elektromagnetycznych. Wymagało to zmian: w układzie chłodzenia (dwa wentylatory wewnątrz alternatora), zmian

w stosowanych dotychczas materiałach izolacyjnych odpornych na działanie wysokiej temperatury (klasa C), zmiany łożysk kulkowych (pracujących z prędkościami dochodzącymi do 22 000 obr/min). Nastąpiły również zmiany w układzie prostowniczym: wprowadzono diody Zenera jak diody prostownicze, które jednocześnie skuteczniej chronią urządzenia elektroniczne samochodu przed przepięciami oraz wprowadzono dodatkowe diody w punkcie zerowym gwiazdy uzwojenia stojana co pozwala na zwiększenie prądu oddawanego przez alternator.

2. Regulator multifunkcyjny

Alternatory samochodowe pracują przy zmieniających się w szerokich granicach prędkościach obrotowych i obciążeniach. Dla zapewnienia stałości napięcia w instalacji, niezbędne jest jego regulowanie. Do tego celu służą regulatory napięcia, aktualnie w produkowanych samochodach są to regulatory elektroniczne, które można podzielić na dwie grupy:

- regulatory monofunkcyjne,
- regulatory multifunkcyjne.

Do podstawowych zadań regulatora napięcia należy: utrzymywanie zadanej wartości napięcia na zaciskach alternatora niezależnie od zmian prędkości obrotowej i obciążenia, oraz kompensacja temperaturowa, czyli uwzględnianie przy regulacji napięcia temperatury panującej w komorze silnikowej.

Ostatnio w wyposażeniu elektrycznym samochodów zaczęły pojawiać się regulatory multifunkcyjne mające szereg dodatkowych funkcji, których celem jest optymalizacja pracy układu zasilania samochodu oraz zabezpieczenie jego zespołów przed skutkami uszkodzeń.

Dodatkowe funkcje regulatora multifunkcyjnego są następujące:

1. wykrywanie uszkodzeń takich jak: nadmierne ładowanie akumulatora (*overvoltage*), niewystarczające ładowanie akumulatora (*undervoltage*), brak ruchu wirnika alternatora, przerwa lub zwarcie w obwodzie wzbudzenia, przerwa lub zwarcie w stopniu mocy, przerwy w przewodzie ładowania akumulatora B+, przerwa w przewodzie pomiaru napięcia na akumulatorze.
2. zabezpieczenia przed: zwarciem obwodu wirnika, zwarciem lampki wskaźnika ładowania, uszkodzeniem termicznym.
3. *timer* (przełącznik czasowy, LRS) – funkcja zmieniająca działanie regulatora podczas rozruchu silnika samochodu.
4. *ładowanie progresywne* (miękkie włączanie mocy, CP); funkcja ta stosowana jest w alternatorach samochodów wysokiej klasy. Celem jej jest stabilizacja prędkości obrotowej silnika samochodu pracującego na biegu jałowym w momentach jednoczesnego włączania dużych obciążeń alternatora.
5. *key on* (wzbudzenie wstępne), poprzez odpowiednią regulację stopnia mocy regulatora wybierane jest optymalne wzbudzenie alternatora, tak aby alternator osiągnął zdolność oddawania prądu przy możliwie minimalnej prędkości obrotowej.
6. *wzbudzenie samoczynne* występuje samoczynnie w przypadku przepalenia się lampki kontrolnej ładowania lub przerwy w jej obwodzie.
7. *ograniczenie prędkości obrotowej* powoduje odłączenie uzwojenia wzbudzenia po przekroczeniu przez wirnik dopuszczalnej prędkości obrotowej.
8. *filtrowanie wejściowych sygnałów zakłócających* służy do filtracji zakłóceń i formowania odpowiednich sygnałów.
9. *battery sensing* – funkcja pomiaru napięcia ładowania bezpośrednio na zaciskach akumulatora, co pozwala na optymalizację napięcia ładowania akumulatora.

10. *regulacja awaryjna* – funkcja regulacji napięcia na podstawie poziomu napięcia na zaciskach alternatora w przypadku przerwania przewodu battery sensing lub zwiększonego spadku napięcia na przewodzie ładowania B+.
11. *wyłącznik prądu spoczynkowego* – przy wyłączonym zapłonie prąd pobierany przez regulator napięcia jest ograniczany do minimalnej wartości.
12. *monitor DF (DFM)* – funkcja przeznaczona do poprawy bilansu ładowania na podstawie aktualnego stopnia obciążenia alternatora. Odbywa się to poprzez redukcję poboru mocy przez odłączanie mniej ważnych odbiorników lub podniesienie prędkości biegu jałowego alternatora.

Regulatory multifunkcyjne wykonywane są w technologii monolitycznej (High end) lub hybrydowej (Low end), która jest bardziej elastyczna w kształtowaniu charakterystyk zgodnie z potrzebami klienta.

Regulatory monolityczne bazują na jednym zintegrowanym układzie scalonym realizującym wszystkie funkcje regulatora multifunkcyjnego. Do zalet regulatorów monolitycznych zaliczamy:

- dużą niezawodność dzięki zmniejszeniu liczby połączeń i zastosowaniu monolitycznej struktury półprzewodnikowej,
- redukcję o ponad 50% wewnętrznego spadku napięcia, co pozwala na uzyskanie większej mocy z alternatora,
- temperaturowy zakres pracy regulatora od -40°C do $+135^{\circ}\text{C}$ przy pracy ciągłej oraz do $+150^{\circ}\text{C}$ przy pracy krótkotrwałej,
- dużą odporność na drgania, wstrząsy, zmiany wilgotności i gwałtowne zmiany temperatury,
- większą odporność na prądy upływu, dzięki ujemnemu potencjałowi obudowy regulatora,
- niższa cena w porównaniu z regulatorami hybrydowymi.

Obecnie produkowane są regulatory monolityczne o trzech poziomach regulacji napięcia: $14,55\text{ V} \pm 3,5\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$; $14,63\text{ V} \pm 3,5\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$; $14,63\text{ V} \pm 10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$.

3. Badania alternatora kompaktowego z regulatorem multifunkcyjnym

Obiektem badań był alternator kompaktowy BOSCH KC 14 V 45/70 A z multifunkcyjnym monolitycznym regulatorem napięcia firmy Motorola typ 9RC6081.

Dane techniczne alternatora

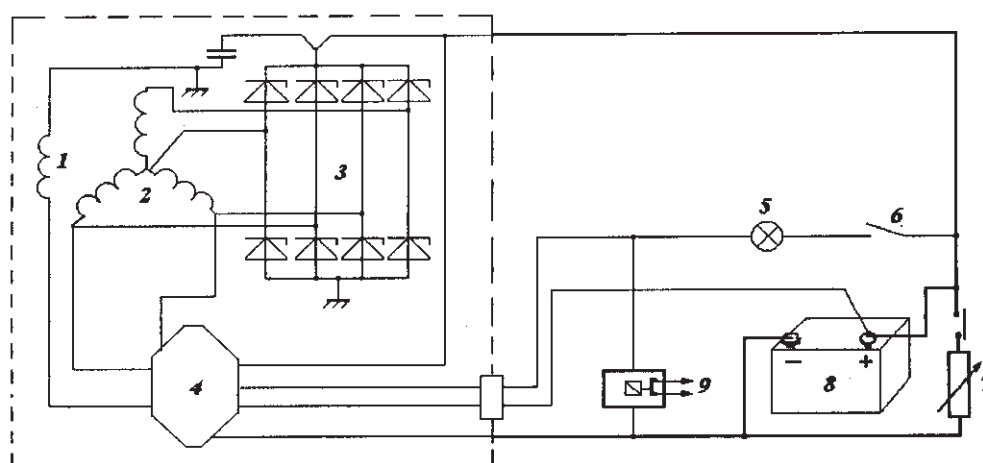
Napięcie	14 V
Moc	1000 W (przy napięciu 14,4 V)
Prąd	45 A przy 1850 obr/min
Prąd maksymalny	70 A przy 6000 obr/min
Znamionowa prędkość obrotowa	6000 obr/min
Maksymalna prędkość obrotowa:	
trwała	18000 obr/min
chwilowa	22000 obr/min

Parametry elektronicznego regulatora multifunkcyjnego przedstawiono w tabeli 1.

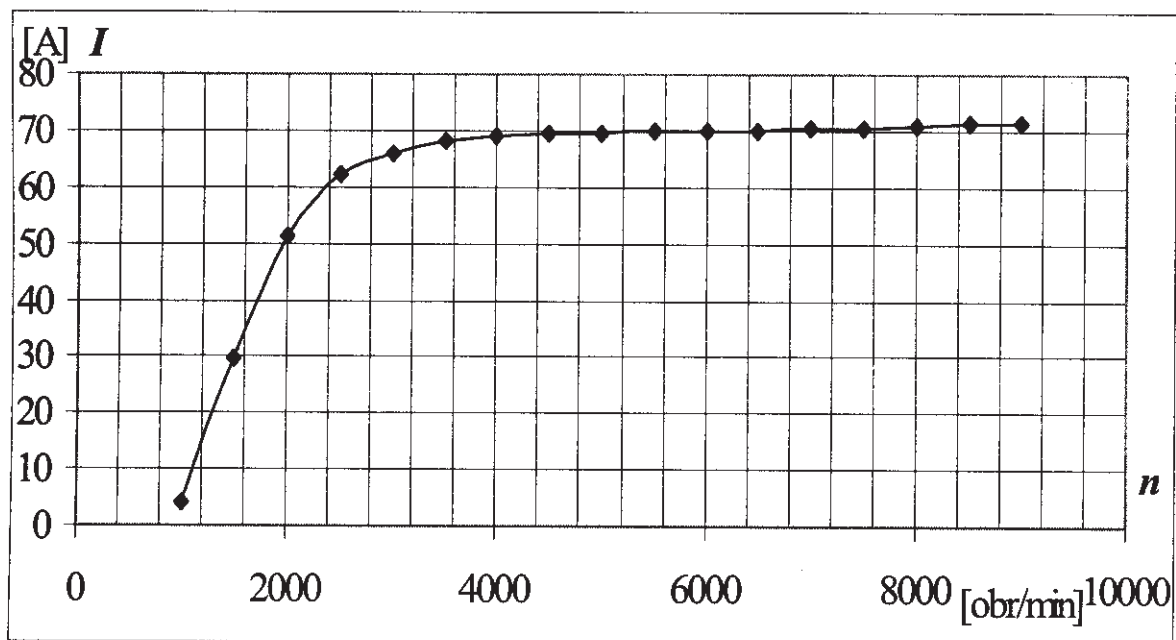
Schemat układu zasilania samochodu zawierającego alternator kompaktowy i monolityczny regulator napięcia przedstawiono na rys. 1.

Tabela 1

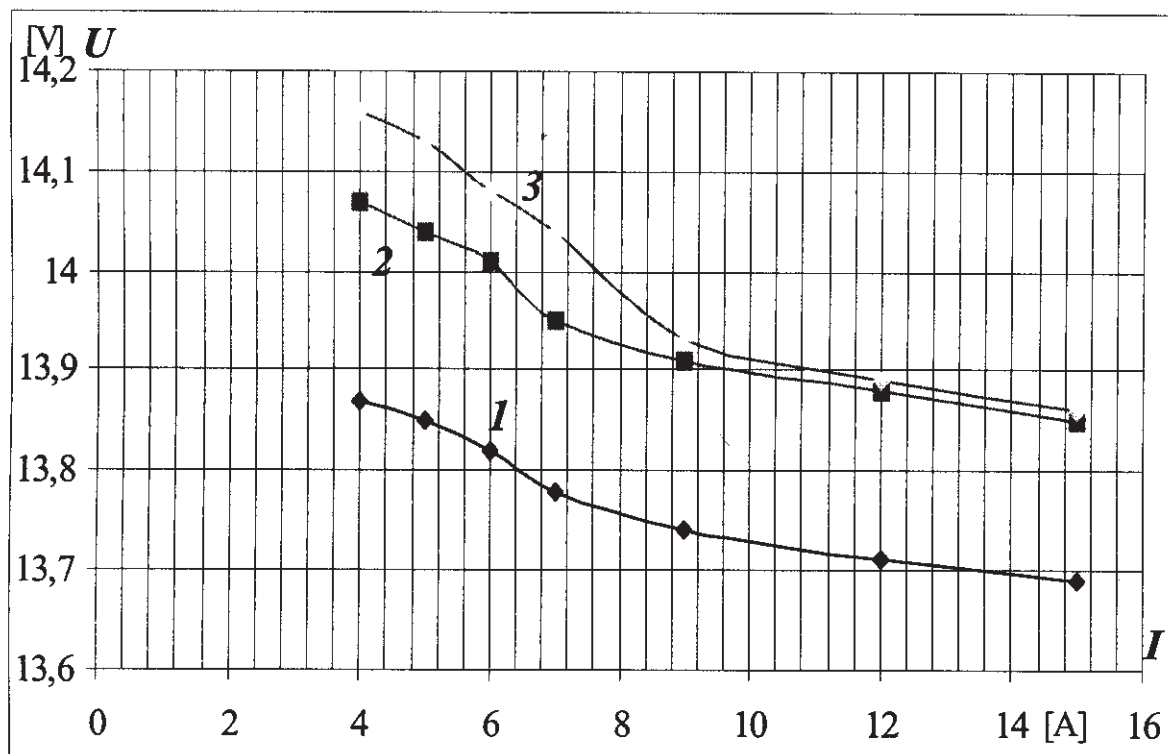
Parametr	Wartość
Regulacja napięcia	14,30 V \pm 0,15 V
Kompensacja temperaturowa	-45 mV \pm 3 mV
Liczba wyprowadzeń	7
Potencjał obudowy	Ujemny (-)
Maksymalna temperatura obudowy	140°C
Maksymalna chwilowa temperatura obudowy	150°C
Pobór prądu przed wzbudzeniem alternatora	<300 mA
Maksymalny pobór prądu przy wyłączonym zapłonie	<1 mA
Prędkość samowzbudzenia alternatora	<4000 obr/min
Sygnalizacja niewystarczającego ładowania (prędkość wirnika >2800 obr/min)	<0,79 U _{reg} (<11,3 V)
Sygnalizacja nadmiernego ładowania	>1,07 U _{reg} (15,3 V)
Zabezpieczenie przed zwarcim w uzwojeniu wzbudzenia	Uzwojenie odłączone, gdy I _{wzb} >10 A
Zabezpieczenie przed zwarcim lampki ładowania	Ograniczenie prądu do I=1,75 A
Częstotliwość regulacji	50 Hz < f < 100 Hz
Zabezpieczenie termiczne	Uszkodzenie gdy T>175°C
Timer	2084 impulsów fazowych
CP (od 0 do 100% ładowania)	10 s
Sygnalizacja przerwy w obwodzie wzbudzenia	Tak
Sygnalizacja braku obrotów wirnika	Tak
Pomiar napięcia na akumulatorze	Tak
Maksymalna moc lampki sygnalizacyjnej	10 W
Maksymalna rezystancja lampki sygnalizacyjnej	5 kΩ
Pobór prądu przez lampkę przed wzbudzeniem	<1 A



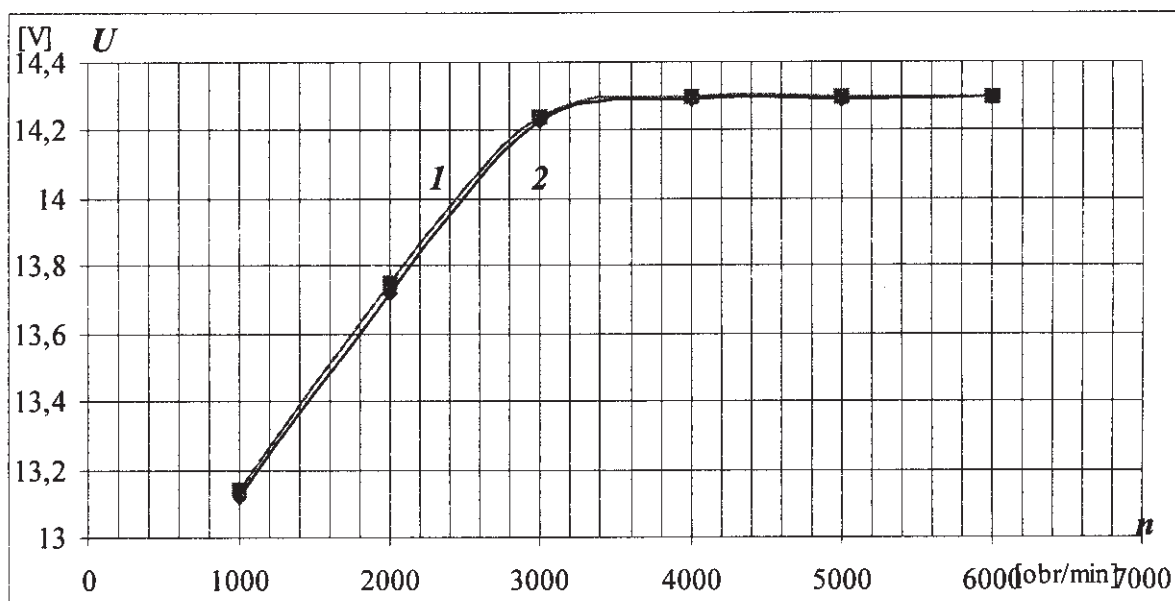
Rys. 1. Schemat połączeń obwodu zasilania samochodu z regulatorem multifunkcyjnym



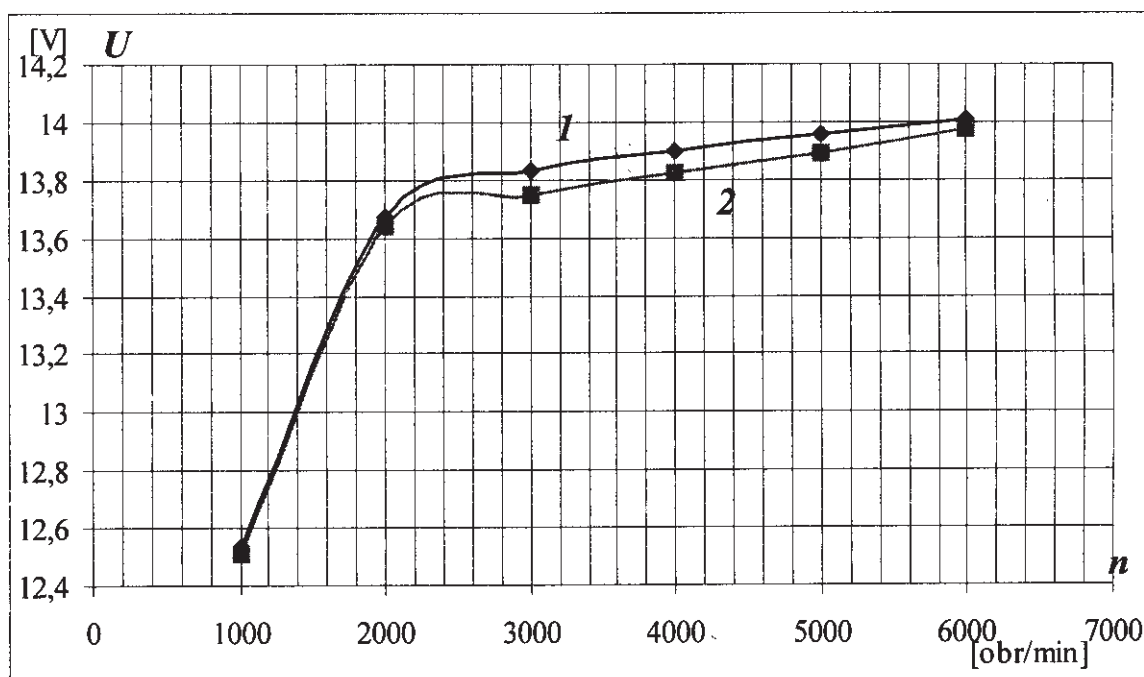
Rys. 2. Charakterystyka prądowo-prędkościowa $I = f(n)$



Rys. 3. Charakterystyki zewnętrzne układu $U = f(I)$ przy $n = \text{const.}$
 1 - $n = 2000 \text{ obr/min}$, 2 - $n = 3000 \text{ obr/min}$, 3 - $n = 4000 \text{ obr/min}$



Rys. 4. Charakterystyka $U = f(n)$ przy $I_{obc} = 0$
 1 - $n \uparrow$, 2 - $n \downarrow$



Rys. 5. Charakterystyka $U = f(n)$, przy $I_{obc} = const.$
 1 - $I_{obc} = 5 A$, 2 - $I_{obc} = 8 A$

Z analizy przebiegu charakterystyki prądowo-prędkościowej alternatora wynika, że już przy prędkości obrotowej silnika samochodu wynoszącej 1000 obr/min i stosowanym w samochodach wyższej klasy przełożeniu między wałem korbowym silnika a wirnikiem alternatora wynoszącym 3, alternator może oddawać ponad 90% prądu maksymalnego. Charakterystyka obciążenia alternatora ma płaski przebieg w zakresie eksploatacyjnych prędkości jazdy samochodu.

Zastosowanie w alternatorze diod Zenera wpłynęło na zabezpieczenie instalacji przed pojawiającymi się przepięciami, co jest szczególnie ważne w pojazdach zawierających mikroprocesory, które występują już w coraz większej liczbie pojazdów.

Wyniki sprawdzenia parametrów elektronicznego regulatora multifunkcyjnego typu Motorola 9RC6081 przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Lp.	Parametr	Wartość
1	Napięcie regulowane (wg wymagań firmy Bosch: obciążenie 0,2 I _n ; znamionowa prędkość obrotowa)	U = 14,3 V; przy I = 14 A; n _n = 6000 obr/min
2	Pobór prądu przed wzbudzeniem alternatora	0,3 A
3	Pobór prądu przy wyłączonym zapłonie	0,6 mA
4	Prędkość obrotowa wzbudzenia alternatora	700 obr/min
5	Prędkość obrotowa samowzbudzenia alternatora	3200 obr/min
6	Sygnalizacja niewystarczającego ładowania akumulatora	11,2 V
7	Sygnalizacja nadmiernego ładowania akumulatora	15 V
8	Zabezpieczenie przed zwarcie uzwojenia wzbudzenia	tak
9	Zabezpieczenie przed zwarcie lampki kontrolnej ładowania	tak

Sprawdzenie parametrów współpracy regulatora multifunkcyjnego z alternatorem wykazało, ich zgodność z danymi producenta.

4. Uwagi i wnioski

1. Zastosowanie w samochodach alternatora kompaktowego poprawiło problem zaopatrzenia urządzeń samochodu w energię elektryczną, szczególnie podczas pracy silnika na biegu jałowym, co występuje podczas eksploatacji samochodu w ruchu miejskim
2. Regulator multifunkcyjny lepiej niż konwencjonalny elektroniczny zabezpiecza układ zasilania samochodu przed uszkodzeniami. Mając dodatkowe funkcje pozwala na optymalizację pracy układu zasilania wykonując jednocześnie funkcje diagnostyczne.
3. Alternatory współpracujące z elektronicznymi regulatorami multifunkcyjnymi wykazują znacznie mniejsze wahania napięcia regulowanego przy zmianach prędkości obrotowej i obciążeniu oraz precyzyjniejszą kompensację temperaturową, niż w przypadku dotychczas stosowanych urządzeń.

Bibliografia

- [1] Materiały szkoleniowe firmy Bosch
- [2] Materiały informacyjne firmy Motorola
- [3] Dziubiński M., Ocioszyński J., Walusiak S.: Elektrotechnika i elektrotechnika samochodowa. Wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin 1999
- [4] Ptak M.: Współpraca alternatora z regulatorem. Praca dyplomowa. Politechnika Lubelska 1999

THE CHARACTERISTICS OF COMPACT ALTERNATOR COLLABORATING WITH THE MULTIFUNCTIONAL VOLTAGE REGULATOR

Summary. Growing demand on electric energy in cars bring, the introduction of new solutions to electric generator constructions. This is called a compact alternator. Presently high class cars with compact alternators introduce multifunctional voltage regulators, which regulate voltage and provide some other functions such as diagnostic among others. The paper present result characteristics compact alternators of collaborating with the multifunctional voltage regulator.