

Grupowy regulator mocy

AVT-5067

Z problemem regulacji mocy dostarczanej do odbiorników energii elektrycznej spotykamy się bardzo często. Jeżeli urządzenie zasilane jest prądem stałym, to rozwiązania układowe regulatorów mocy są dość proste i powszechnie znane. Nieco trudniej jest regulować dostarczaną moc do urządzeń zasilanych napięciem zmiennym. Jeden z prostszych sposobów przedstawiamy w artykule.

Rekomendacje: urządzenie umożliwiające skuteczną, w pełni cyfrową regulację mocy dostarczanej do żarówek, grzejników elektrycznych, grzałek bojlerowych, a także większości elektrycznych pieców CO.



Najprostszymi sposobami regulacji mocy w obwodach DC są: zmiana napięcia zasilającego odbiornik, ograniczanie prądu pobieranego przez niego lub zasilanie impulsowe przebiegiem o zmiennym wypełnieniu. Kiedy jednak mamy do czynienia z prądem przemiennym, a najczęściej jest to prąd pobierany z sieci energetycznej, to zadanie komplikuje się.

W epoce „przed-półprzewodnikowej“ stosowano do takiej regulacji autotransformatory o płynnie regulowanym przełożeniu, transduktory i inne elementy elektromechaniczne. Używane były także monstrualne rezystory o mocy setek i tysięcy watów. Wraz z wynalezieniem tyrystorów, a następnie triaków

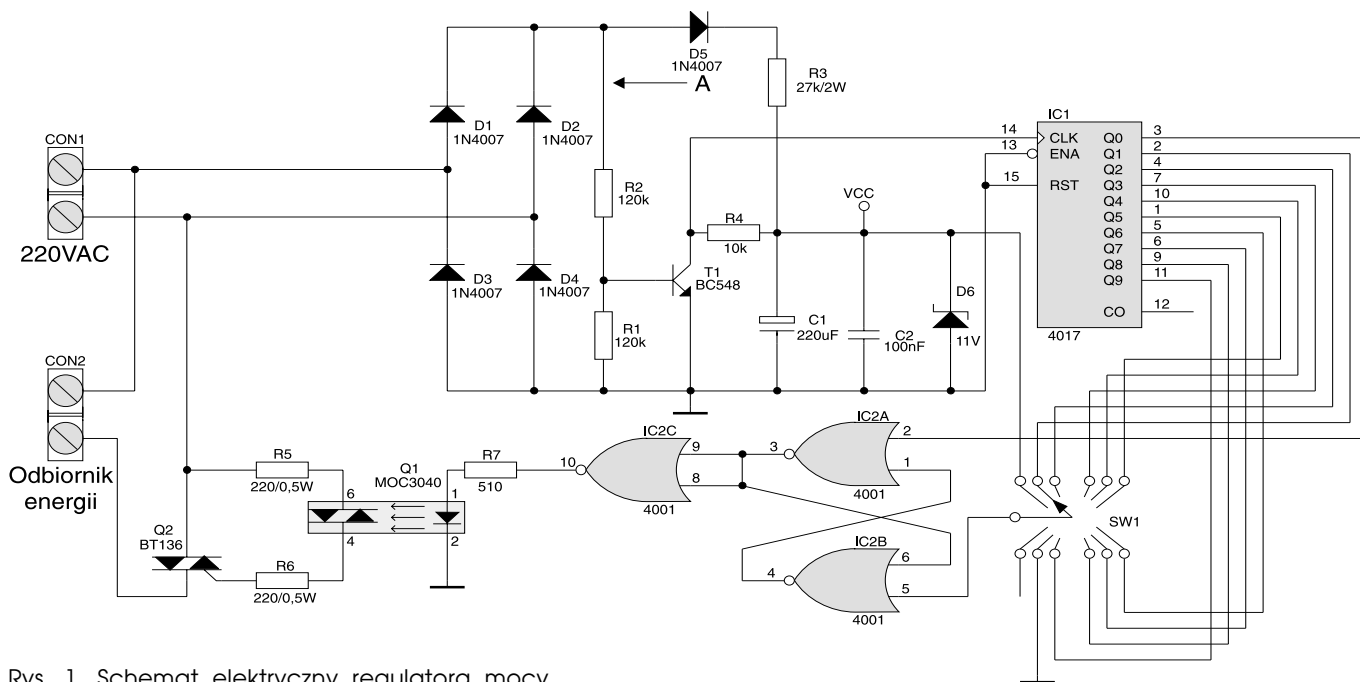
zmiennoprądowych budowa regulatorów mocy dla urządzeń zasilanych z sieci energetycznej uproszcza się. Obecnie nie ma chyba elektronika, który nie zbudowałby takiego regulatora - popularnego „ściemniacza“. Do jego realizacji potrzebne jest zaledwie kilka elementów: triak, diak, kondensator odpowiedniej pojemności, rezystor, potencjometr i elementy służące likwidowaniu generowanych przez układ zakłóceń radioelektrycznych.

No właśnie, doszliśmy do sedna sprawy! Zbudowanie regulatora mocy dla prądu przemiennego o dopuszczalnym prądzie nawet setek amperów jest sprawą prostą. „Schody“ zaczynają się dopiero przy usuwaniu zakłóceń generowanych przez taki sterownik. Jeżeli w dodatku sterowane urządzenie charakteryzuje się dużą indukcyjnością, to zadanie staje się naprawdę trudne. Przypominam sobie długie godziny spędzone przy dobieraniu elementów przeciwzakłóceńowych do sterownika grzałek w piekarniku elektrycznym, zakończone jedynie połowicznym sukcesem.

Tymczasem okazuje się, że problem regulacji mocy odbiorników energii elektrycznej AC można rozwiązać inaczej. Jako element przełączający zastosujemy także triak, ale będzie on pracował w takiej konfiguracji, że o jakichkolwiek zakłóceńach radioelektrycznych nie może być mowy. Układem, w którym generowanie zakłóceń nie wystąpi jest układ sterowania grupowego. Nazwa pochodzi stąd, że układ zasila odbiornik energii elektrycznej grupą przebiegów sinusoidalnych, włączanych zawsze przy

Jako element przełączający zastosujemy także triak, ale będzie on pracował w takiej konfiguracji, że o jakichkolwiek zakłóceńach radioelektrycznych nie może być mowy.

sposoby regulacji uległy zmianie. Od samego początku ich istnienia tyrystory znalazły zastosowanie w obwodach regulacji prądu przemiennego. Tyrystor jest jednak elementem przeznaczonym do pracy w obwodzie prądu stałego. Jego stosowanie w układach zasilanych prądem przemiennym było nieco kłopotliwe i wiązało się z koniecznością stosowania dodatkowego prostownika lub dwóch tyrystorów pracujących w układzie przeciwsobnym. Wraz z wynalezieniem i wprowadzeniem do masowej produkcji triaków - tyrystorów dwukierunkowych, przeznaczonych do obwodów



Rys. 1. Schemat elektryczny regulatora mocy

napięciu bliskim zero (tylko pełne okresy przebiegu).

Zanim przystąpimy do opisu budowy proponowanego układu, musimy zdać sobie sprawę z ograniczeń w jego stosowaniu. Nasz regulator w żadnym wypadku nie nadaje się do regulacji mocy żarówek zasilanych z sieci energetycznej, chyba że zmienilibyśmy jego nazwę na „Generator impulsów świetlnych o częstotliwości 5Hz i zmiennym wypełnieniu”. To był tylko w połowie żart, takie zastosowanie opisanego regulatora jest także możliwe! Jednak w zasadzie układ przeznaczony jest do sterowania odbiornikami, takimi jak grzałki i piecyki elektryczne o mocy zależnej jedynie od typu zastosowanego triaka (w więc do dziesiątków kilowatów).

Wykonanie proponowanego regulatora jest bardzo proste, a koszt użytych materiałów jest znikomy. **Pamiętajmy jednak o jednym: budujemy urządzenie zasilane wprost z sieci energetycznej, którego każdy element znajduje się pod niebezpiecznym dla zdrowia i życia napięciem 220VAC! Dlatego też Koledzy nie mający doświadczenia w budowie takich układów proszeni są o zachowanie szczególnej ostrożności podczas uruchamiania i testowania regulatora!**

Opis działania układu

Na rys. 1 przedstawiono schemat elektryczny regulatora mocy i każdy chyba się zgodzi, że to

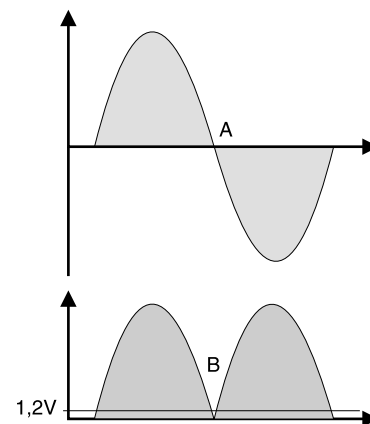
co napisałem o jego prostocie nie mijają się z prawdą. Układ zasilany jest bezpośrednio z sieci 220VAC za pośrednictwem prostownika zbudowanego z diod D1...D5. Rezystor R3 ogranicza prąd pobierany przez układ, a dioda Zenera D6 stabilizuje napięcie zasilające na poziomie ok. 11V. Tranzystor T1 pełni w układzie ważną rolę generatora impulsów zegarowych sterujących pracą licznika Johnsona IC1. Jeżeli napięcie w punkcie A układu ma większą wartość niż ok. 1,2V, to tranzystor ten przewodzi i na wejściu licznika IC1 występuje niski poziom napięcia.

Na rys. 2 pokazano przebiegi napięciowe na wejściu układu i na wyjściu prostownika. Analizę układu rozpoczniemy w chwili, kiedy napięcie na wyjściu prostownika wynosi - powiedzmy - kilkadziesiąt woltów i maleje. W momencie, kiedy napięcie w punkcie A spadnie poniżej 1,2V tranzystor T1 przestanie przewodzić, na wejście zegarowe CLK licznika Johnsona przekazane zostanie dodatnie zbocze sygnału zegarowego i licznik zmieni swój stan. Po włączeniu zasilania licznik znajdował się w stanie przypadkowym, a więc może być potrzebnych kilka impulsów zegarowych, aby poziom wysoki wystąpił na wyjściu Q0. Konsekwencje tego faktu mogą być następujące:

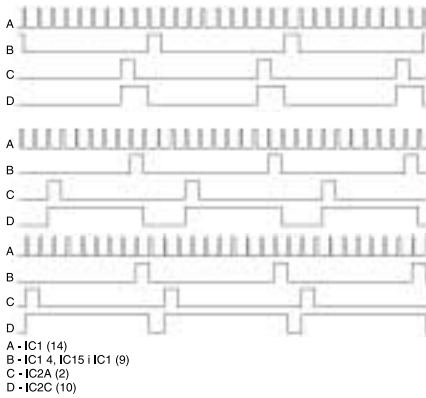
1. W przypadku ustawienia przełącznika SW1 na pozycję 1 nic

szczególnego się nie stanie. Na wejściu zerującym (pin 5) przerzutnika R-S, zrealizowanego na bramkach IC2A i IC2B, występuje permanentnie poziom wysoki i przerzutnik ten pozostaje wyzerowany. Na jego wyjściu 3 występuje poziom wysoki i dioda tranzystora nie jest włączona, triak Q2 pozostaje stałe wyłączony. W tej pozycji SW1 do odbiornika nie płynie żaden prąd.

2. W przypadku ustawienia przełącznika SW1 na jedną z pozycji 2...9, wystąpienie poziomu wysokiego na wyjściu Q0 licznika IC1 spowoduje natychmiastowe włączenie przerzutnika R-S. Poziom niski z jego wyjścia zostanie doprowadzony do wejścia inwertera zrealizowanego na bramce IC2C, co spowoduje zaświecenie się diody wewnątrz struktury optotriaka. Na razie, nic poza tym się nie stanie,



Rys. 2. Przebiegi napięciowe na wejściu i wyjściu układu prostownika



Rys. 3. Przebiegi czasowe napięcia w wybranych punktach układu dla trzech położenia przełącznika

pamiętajmy bowiem, że napięcie w sieci jest w tym momencie bliskie 0 i triak Q2 nie może się włączyć. Dopiero po „przejściu” napięcia sieci przez zero i osiągnięciu przez nie wartości kilku woltów triak włącza się i prąd zaczyna płynąć do odbiornika. Czas przewodzenia triaka zależy ściśle od położenia przełącznika SW1. Jeżeli został on ustawiony w pozycji 1, to tuż przed kolejnym przejściem napięcia sieci przez zero przerzutnik R-S zostanie wyłączony. Tak więc triak będzie pozostawał otwarty jedynie przez 1/10 czasu i do odbiornika będzie przekazywana jedynie 1/10 energii, która mogłaby zostać przekazana w przypadku stałego otwarcia triaka. Ustawienie przełącznika np. w pozycji 5 spowoduje, że odbiornik będzie otrzymywał 1/5, a w pozycji 9 - 9/10 maksymalnej energii.

Szczególnym przypadkiem jest ustawienie przełącznika w pozycji 10. Wówczas przerzutnik R-S nie będzie w ogóle się wyłączał, a triak będzie pozostawał stale otwarty. Wszystkie włączenia triaka następujące będą tuż po przejściu napięcia sieci przez zero, przy napięciu rzędu kilku woltów. Z kolei, triak może zostać wyłączony (a właściwie sam się wyłączy) także jedynie przy napięciu bliskim zeru. Tak więc, nie ma możliwości powstawania jakichkolwiek zakłóceń, nawet w przypadku obciążenia o sporej indukcyjności.

Dla łatwiejszego zrozumienia zasady działania układu, na rys. 3 pokazano przebiegi napięciowe w ważniejszych punktach układu dla trzech położenia przełącznika SW1.

Wszystkie opisane zjawiska będą zachodzić w układzie cyklicz-

nie, powtarzając się z częstotliwością 50Hz. Widzimy więc, dlaczego nasz regulator w zasadzie nie nadaje się do sterownia żarówkami, nawet tymi o dużej mocy i sporej bezwładności włókna. Natomiast zastosowanie go w układzie sygnalizatora optycznego, w którym żarówki są zasilane z sieci energetycznej może być interesującym eksperymentem.

Montaż i uruchomienie

Na rys. 4 przedstawiono rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej regulatora. Płytkę została wykonana na laminacie jednowarstwowym, co spowodowało konieczność zastosowania kilku zworek, od których wykonania rozpoczniemy montaż urządzenia. Montaż wykonujemy typowo, lutując najpierw elementy o najmniejszych gabarytach, a kończąc na zamontowaniu przełącznika obrotowego SW1. Pod układy scalone warto zastosować podstawki. Regulator zmontowany ze sprawdzonych elementów nie wymaga żadnego uruchamiania ani regulacji. Zawsze jednak może się zdarzyć, że na skutek np. błędu w montażu układ nie działa lub działa źle. Stanowczo odradzam jakichkolwiek manipulacji w układzie dołączonym do sieci, nawet jeżeli będziemy przestrzegać znanej powszechnie zasady pracy jedną ręką. W przypadku konieczności dokonania jakichś poprawek w układzie lub wykonania eksperymentów zalecam dołączyć go do zastępczego źródła zasilania, o napięciu np. 24V. Należy wtedy zbocznikować rezystor R3 za pomocą rezystancji 1...2kΩ, a jako obciążenie zastosować żarówkę małej mocy dostosowaną do używanego napięcia. W taki sposób był wstępnie testowany prototyp regulatora, a jako obciążenie zastosowałem dwie szeregowo połączone żarówki od oświetlenia kabiny kierowcy w samochodzie.

Zmontowany i sprawdzony układ musimy koniecznie umieścić w obudowie, najlepiej z tworzywa sztucznego. Płytkę obwodu drukowanego nie została wprawdzie zwymiarowana pod żadną konkretną obudowę, ale w ofercie AVT znajdzie się z pewnością nawet kilka obudów nadających się do naszych celów.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R2: 120kΩ
 R3: 27kΩ/2W
 R4: 10kΩ
 R5, R6: 220Ω/0,5W
 R7: 510Ω

Kondensatory

C1: 220μF/16V
 C2: 100nF

Półprzewodniki

D1...D5: 1N4007 lub odpowiednik
 D6: dioda Zenera 11V
 IC1: 4017
 IC2: 4001
 Q1: MOC3040
 Q2: BT136

T1: BC548 lub odpowiednik

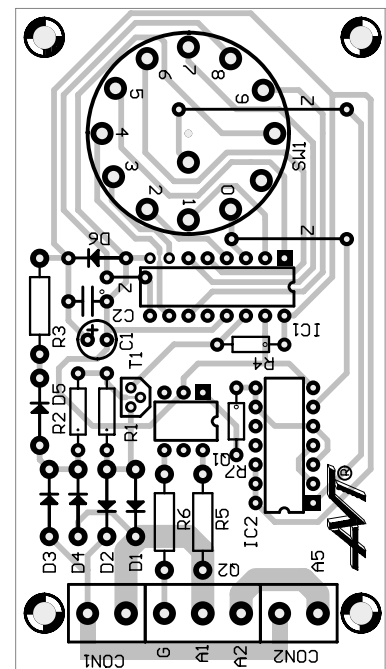
Różne

CON1, CON2: ARK2
 SW1: przełącznik obrotowy lutowany w płytkę

Dopuszczalny prąd wyjściowy układu zależy wyłącznie od rodzaju zastosowanego triaka. W układzie prototypowym, przeznaczonym głównie do badań laboratoryjnych zastosowałem najtańszy triak typu BT136 o dopuszczalnym prądzie 6A i taki triak będzie dostarczany w kicie.

Zbigniew Raabe, AVT

Wzory płytek drukowanych w formie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/sierpien02.htm> oraz na płycie CD-EP08/2002B w katalogu PCB.



Rys. 4. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej