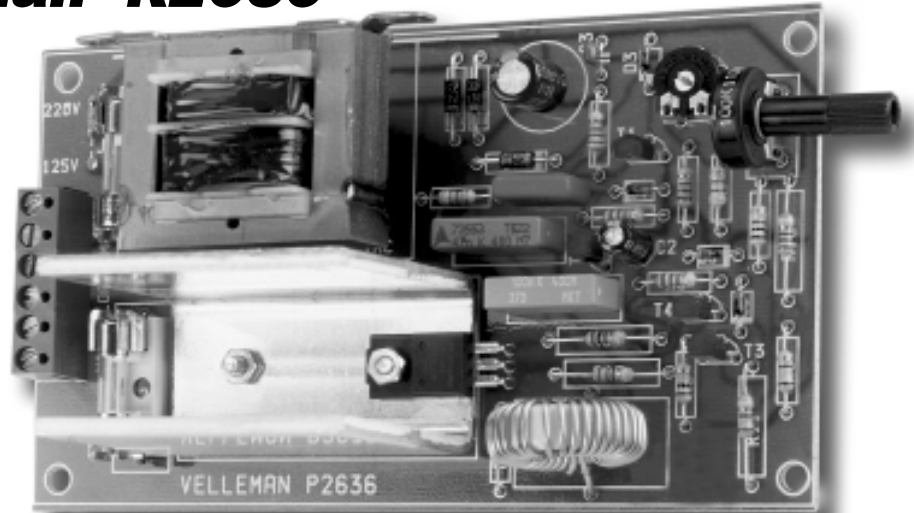


Uniwersalny regulator obrotów silnika AC

Zestaw Velleman K2636



„Stary, nie ściemniaj“ - to odzywka młodych ludzi popularna obecnie. Spoko - mówiąc ich językiem - ściemniać nie będę. Wręcz przeciwnie, spróbuję co nieco rozjaśnić pewien temat. Ściemniacze, to dość popularny typ układów budowanych przez elektroników. Wynika to z ich przydatności w gospodarstwie domowym. Prezentowane w artykule urządzenie może wprowadzić pracować w roli regulatora oświetlenia, ale zamysł konstruktora był nieco inny.



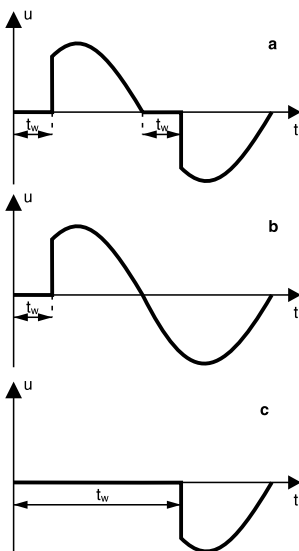
Każdemu z nas, od czasu do czasu, zdarza się skorzystać z urządzeń zawierających silniki prądu zmiennego. Są one w odkurzacach, robotach kuchennych, elektrycznych krajalnicach czy maszynkach do mięsa. Domowi majsterkowicze na pewno posiadają często używamy je do najbardziej ulubionej czynności podczas wykonywania nowego urządzenia, jaką jest wiercenie otworów w płytce obwodu drukowanego. Podczas tych prac, bardzo pomocna lub wręcz nieodzowna jest możliwość regulacji obrotów. Lecz tu ujawnia się pewna niemiła cecha komutatorowych silników prądu zmiennego. Wraz ze spadkiem obrotów maleje ich moment obrotowy. Postanowiłem tak zaprojektować układ, aby maksymalnie zmniejszyć to niekorzystne zjawisko. Na element wykonawczy wybrałem triak.

Działanie regulatorów zbudowanych na triakach polega na włączaniu ich w odpowiednim momencie cyklu napięcia zasilającego. W tradycyjnych ściemniaczach impuls wyzwalający jest podawany w tych samych chwilach t_w , zarówno dla dodatniej, jak i ujemnej połówki przebiegu napięcia (rys. 1a). Taki typ sterowania doskonale sprawdza się w regula-

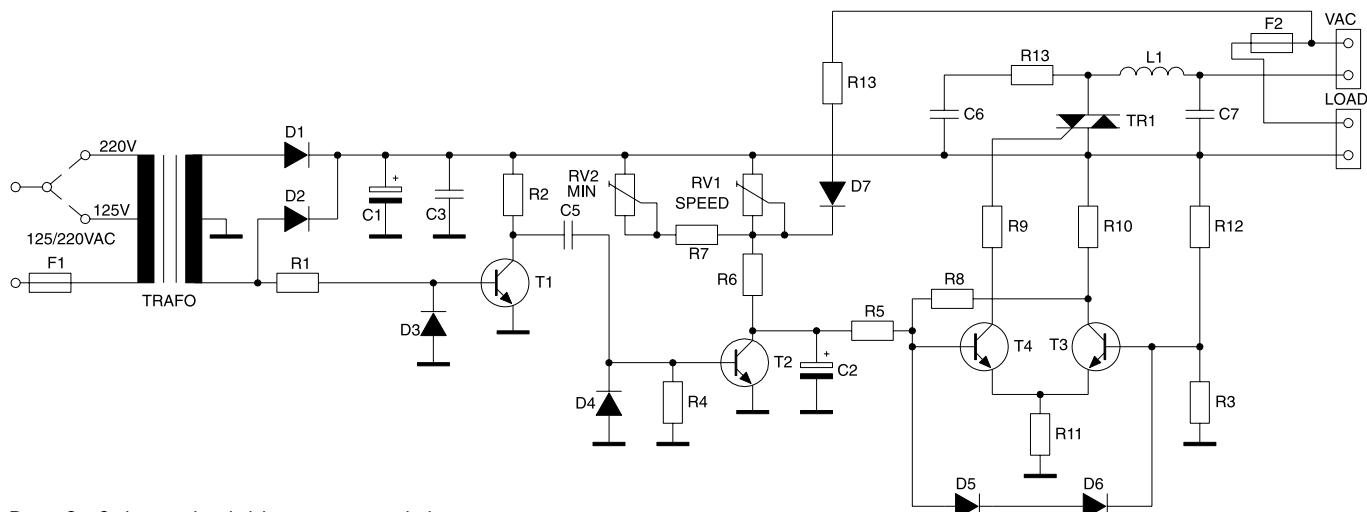
torach oświetlenia, jednak w przypadku regulacji obrotów silników komutatorowych lepszym rozwiązaniem jest wyzwolenie triaka tylko w jednym punkcie cyklu (rys. 1b lub 1c). Gdy będzie to następowało w zakresie małych obrotów silnika, a więc w drugiej połowie cyklu (rys. 1c), średnie napięcie podawane przez regulator będzie osiągało wartość różną od zera. Silnik jest wówczas zasilany ze składową stałą, ale właśnie dzięki temu wzrasta moment obrotowy.

Zasada działania

Schemat ideowy regulatora jest przedstawiony na rys. 2. Wyróżniamy w nim trzy bloki funkcjonalne: zasilacz, układ ustalający moment wyzwolenia triaka i przerzutnik sterujący bramką. Regulator może być zasilany z sieci energetycznej 125V lub 220...240V, poprzez transformator separujący i jednocześnie obniżający napięcie. Dzięki dzielnemu uzwojeniu wtórnemu można było zrezygnować z mostka Graetz'a w zasilaczu. Prostowanie napięcia zapewniają diody D1 i D2, a kondensator C1 zapewnia jego wygładzenie. Kondensator C3 powoduje gaszenie zakłóceń impulsowych. Tranzystor T1 pracuje jako klucz - od zatkania do nasycenia. Jest on włączany i wyłączany prawie



Rys. 1. Przykłady włączania triaka w regulatorach napięcia.



Rys. 2. Schemat elektryczny regulatora.

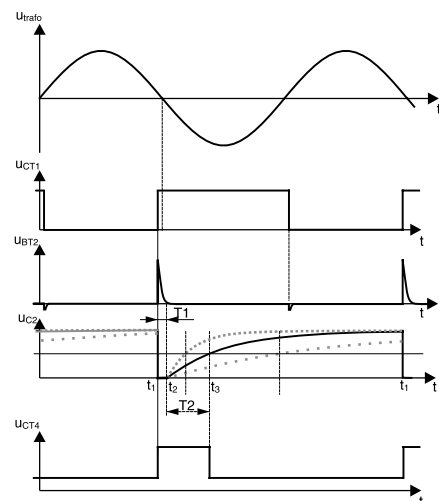
dokładnie na początku i na końcu dodatniej połówki napięcia występującego w dolnej sekcji uzwojenia wtórnego transformatora (między masą a diodą D2 i rezystorem R1). Dzieje się tak, gdyż uzwojenie to jest połączone poprzez rezystor R1 z bazą T1. W efekcie, na kolektorze tego tranzystora uzyskuje się przebieg prostokątny (rys. 3). Kolektor tranzystora T1 jest połączony poprzez układ różniczkujący C5, R4 z bazą T2. Tranzystor T2, pracujący również jako klucz, jest więc włączany na krótko w chwilach pojawiania się narastającego zbocza na kolektorze T1. O tym jak długo jest włączony tranzystor T2, decyduje stała czasowa R4, C5 (T1 na rys. 3). W porównaniu z okresem napięcia zasilającego, czas ten jest bardzo krótki. Włączenie tranzystora T2 powoduje natychmiastowe rozładowanie kondensatora C2, natomiast, gdy T2 jest wyłączony, kondensator C2 jest ładowany poprzez potencjometry RV1 i RV2 oraz rezystory R7 i R6. Dzięki zastosowaniu potencjometrów można zmieniać stałą czasową ładowania, a to z kolei, jak się przekonamy później, ma wpływ na ustalenie napięcia zasilającego dołączony do regulatora odbiornik. Diody D3 i D4 zabezpieczają złącza baza-emiter tranzystorów T1 i T2, gdy są one spolaryzowane ujemnie.

Elementem wykonawczym opisywanego regulatora jest triak TR1. Aby mógł on przewodzić, obwód do którego jest dołączona jego bramka powinien umożliwić przepływ prądu. Jak widać ze schematu, bramka jest sterowana poprzez

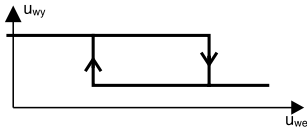
tranzystor T4, który wraz z tranzystorem T3 i przyległymi elementami tworzy przerzutnik Schmitta. Dzięki dodatkniemu sprzężeniu zwrotnemu realizowanemu przez rezystor R8, układ ten pracuje tylko w dwóch stanach: I - włączony T4, wyłączony T3; II - wyłączony T4, włączony T3. Dzieje się tak nawet w przypadku wolnozmiennego napięcia sterującego, podawanego na wejście przerzutnika. Dla U_{we} mniejszego od napięcia na bazie T3 (ok. 3.5V), ustalonego przez dzielnik R12, R3, tranzystor T4 będzie wyłączony, T3 zaś będzie włączony. Jeśli napięcie wejściowe nawet minimalnie przekroczy napięcie U_{BT3} , to tranzystor T3 zostanie przytkany, gdyż wzrośnie potencjał emiterów obu tranzystorów. Baza T3 pozostaje nadal na niezmiennym (prawie) potencjale ustalonym przez wspomniany dzielnik napięciowy. Przytkanie tranzystora T3 oznacza wzrost napięcia na jego kolektorze, a to z kolei zwiększa (poprzez R8) napięcieysterujące T4. Widać tu działanie dodatniego sprzężenia zwrotnego, gwarantującego bardzo szybki przerzut regeneracyjny tranzystorów, po przekroczeniu progowej wartości napięcia wejściowego. Przerzutnik Schmitta cechuje się występowaniem histerezy w jego charakterystyce przejściowej. Oznacza to, że aby układ powrócił do stanu poprzedniego, napięcie wejściowe musi spaść do wartości dużo niższej niż wspomniana wyżej wartość progowa. W tym konkretnym przypadku różnicę napięć wyznaczają napięcia przewodzenia diod D5 i D6 (razem ok. 1.2V). Charakterys-

tyka układu jest przedstawiona na rys. 4.

Wróćmy do omówienia efektów związanych z ładowaniem kondensatora C2. Analizę rozpoczniemy, gdy jest on całkowicie rozładowany (T2 - rys. 3). Napięcie na nim - jak wiadomo - będzie narastało wykładniczo do wartości wyznaczonej przez napięcie zasilające (ok. 8V). Po przekroczeniu wartości progowej dla przerzutnika Shmitta nastąpi jego przerzut, a co za tym idzie włączenie triaka. Czas, po którym to nastąpi (T2 - rys. 3), mierzony od chwili rozpoczęcia ładowania kondensatora C2, będzie zależał od stałej czasowej ustawionej potencjometrami RV1 i RV2. W chwili t_1 (rys. 3) tranzystor T1 zostaje wyłączony, co jak już było powiedziane wcześniej, powoduje rozładowanie kondensatora C2. Napięcie sterujące przerzutnikiem Shmitta spada więc



Rys. 3. Przebiegi czasowe w wybranych punktach układu.



Rys. 4. Charakterystyka $U(wy)=f(Uwe)$ przerzutnika Schmitta.

poniżej dolnej wartości progowej, powodując tym samym ponowny jego przerzut, a więc i wyłączenie triaka. Jak widać z rysunku 4, triak pozostaje włączony od momentu t_3 do t_1 i jak nie trudno zauważyć, przedział ten może się rozciągać na prawie cały okres cyklu napięcia zasilającego. Praktycznie, zakres ten wynosi od 5 do 95% okresu. W takim też przedziale możemy wpływać na napięcie podawane na obciążenie układu.

Montaż i uruchomienie

Przyznam szczerze, że opisany tu układ był pierwszym kitem Vellemana, który osobiście zmontowałem i uruchomiłem. Muszę przyznać, że jestem pod wrażeniem. Całość jest bardzo starannie przygotowana, począwszy od opakowania, poprzez krótki, ale wystarczający opis układu, aż po zgromadzenie elementów do montażu. Może nawet śmieszyć bardzo szczególnie wymienianie w instrukcji kolejności montowanych elementów. Dzięki temu jednak mogą sobie z tym poradzić nawet zupełni laicy nie rozróżniający kondensatora od rezystora. Jeśli w instrukcji jest napisane, że „przyłutuj najpierw rezystor R1”, to wiadomo, że element ten będzie na początku tasiemki ze sklejonymi podzespołami. Każdy kolejny element będzie odpowiadał kolejnej pozycji wymienionej w instrukcji. Dodatkowo - chyba na wszelki wypadek - podawany jest kod kolorowy, jeśli taki właśnie rodzaj oznakowania zastosował producent. W zestawie znajdziemy wszystko, łącznie ze śrubkami potrzebnymi do przykręcenia radiatora. Uruchamiając układ wykryłem jednak drobną różnicę między zamieszczonym w instrukcji schematem ideowym, a połączeniami na płytce drukowanej. Aktualny schemat jest przedstawiony w niniejszym artykule. Dla porządku więc dodam tylko, że różnice dotyczyły wyprowadzeń łączówek „VAC” i „LOAD”.

Podczas montażu należy zwracać uwagę na polaryzację kondensatorów elektrolitycznych i diod. Wydaje się mało prawdopodobne, żeby wyprowadzenia triaka mogły się zewrzeć z radiatorem, lecz przed podłączeniem napięcia należy sprawdzić, czy tak się jednak nie stało. Na wstępie pisałem, że układ może być zasilany z sieci 125V lub 220...240V. W naszym przypadku będziemy mieli do czynienia raczej z tą drugą możliwością. Wyboru dokonujemy wlotowując zworę w odpowiednie miejsce na płytce. Po zamontowaniu wszystkich elementów należy włożyć bezpieczniki w specjalnie do tego przeznaczone podstawki. Jeśli któryś z nich ulegnie przepaleniu, można go zastąpić tylko identycznym. Przed dołączeniem napięcia, warto jeszcze sprawdzić poprawność montażu. Jeśli wszystko jest w porządku, można przystąpić do uruchomienia układu. I tu ważna informacja: dołączany do regulatora odbiornik może być zasilany napięciem zmiennym o wartości skutecznej od 24 do 240V. Ważne tylko, aby napięcie to miało tę samą częstotliwość co napięcie zasilające i było z nim w zgodnej lub przeciwnej fazie. Na płytce znajdują się trzy łączówki śrubowe. Pierwsza z nich (opisana „MAINS”) służy do dołączenia napięcia zasilającego układ, do drugiej („LOAD”) dołączamy odbiornik, a do trzeciej („VAC”) napięcie zasilające odbiornik. Na elementach wlotowych do płytki występuje niebezpieczne dla życia napięcie sieciowe. Należy zachować szczególną ostrożność podczas uruchamiania układu. Pod żadnym pozorem nie można wymieniać bezpieczników, gdy układ nie jest odłączony od sieci. Jeśli odbiornik ma być zasilany napięciem 220...240V, to sieć należy doprowadzić jednocześnie do łączówek „MAINS” i „VAC”. Maksymalne obciążenie układu to 5.5A (ok. 1200W). Regulator jest przeznaczony głównie dla silników AC. Najlepiej więc uruchamiać układ, dołączając taki właśnie typ odbiornika. Przed włączeniem zasilania potencjometr RV1 należy skrócić w lewe, skrajne położenie. Teraz można włączyć napięcie zasilające. Regulując potencjometrem RV2, dopro-

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1: 4,7kΩ
R2: 3,3kΩ
R3: 680Ω
R4, R5: 22kΩ
R6: 1,5kΩ
R7: 47kΩ (dla 50Hz), 10kΩ (60Hz)
R8: 100kΩ
R9: 100Ω
R10: 120Ω
R11: 68Ω
R12: 1kΩ
R13: 27Ω
R14: 390kΩ
RV1: 100kΩ potencjometr
RV2: 100kΩ potencjometr montażowy

Kondensatory

C1: 470μF/25V
C2: 1μF/16V
C3: 100nF
C5: 47nF MKM
C6: 100nF/400V
C7: 47nF/400V

Półprzewodniki

D1, D2, D7: dioda z serii 1N4000
D3...D6: 1N914 lub 1N4148
T1, T3: BC547, (545/549/238/239)
T4: BC517
TR1: BT137F

Różne

TRAFO: transformator 125V/220V/2x6V
L1: dławik przeciwzakłóceńowy

wadzamy do uzyskania minimalnych obrotów silnika. Dzięki temu ograniczymy iskrzenie szczotek, a tym samym przedłużymy ich żywot. Gdyby okazało się, że w minimalnym położeniu potencjometru, moment obrotowy silnika jest za mały, zalecam zamienić miejscami przewody doprowadzone do łączówki „VAC”. Można uznać, że na tym uruchamianie układu zostało zakończone. Teraz pozostaje już tylko zamknąć całość w jakąś obudowę, nakleić na nią tabliczkę znamionową (zawartą w zestawie elementów), założyć wiertło do wiertarki i wiercić, wiercić, wiercić...

Jarosław Doliński, AVT
jaroslaw.dolinski@ep.com.pl

Zestawy firmy Velleman są dostępne w ofercie handlowej AVT - szczegóły w Internecie www.sklep.avt.com.pl oraz pod numerami telefonów opublikowanych na str. 103.