

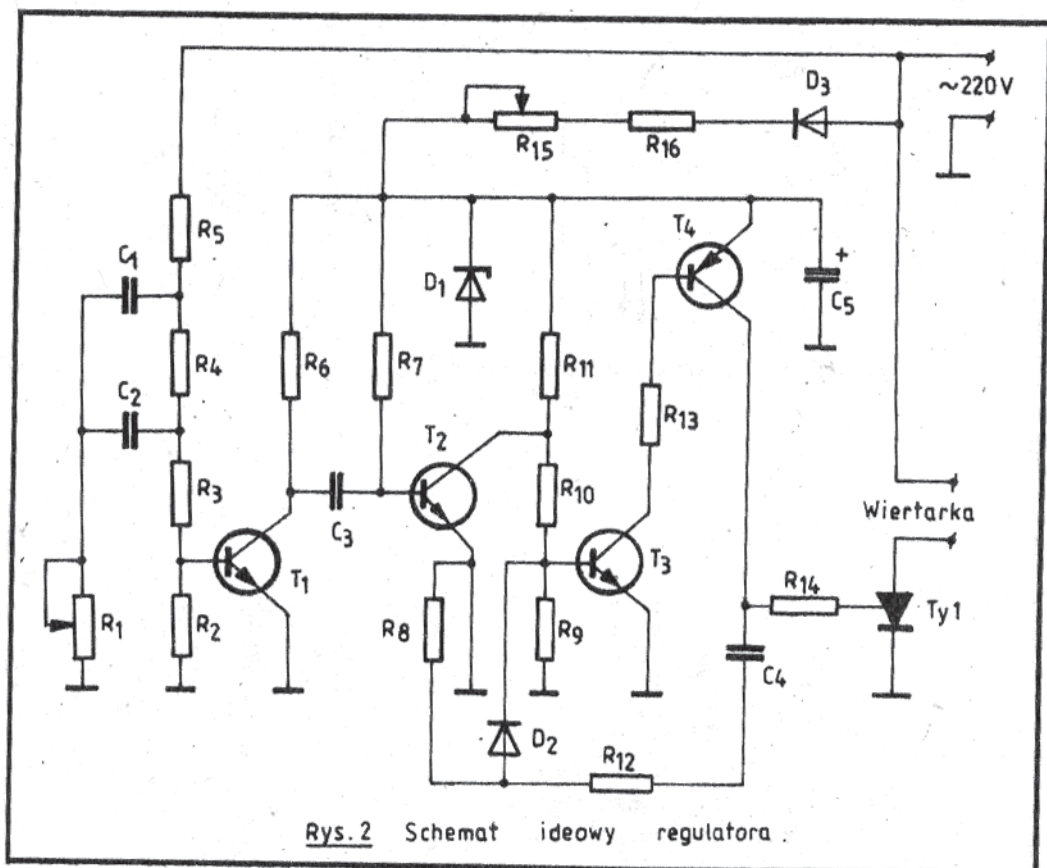
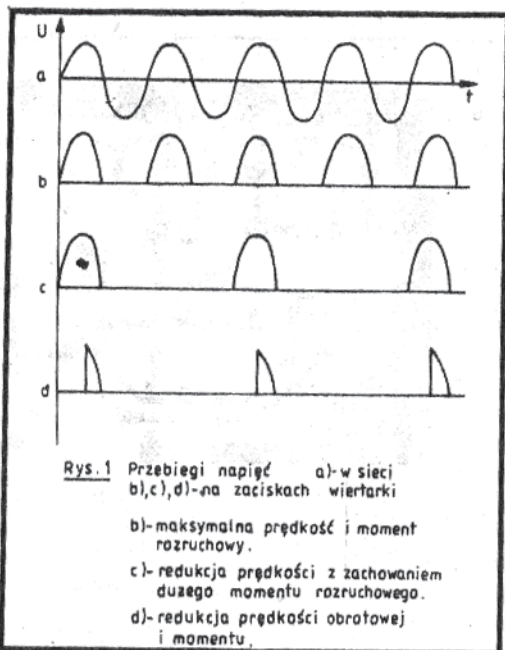
REGULATOR PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ DO WIERTARKI ELEKTRYCZNEJ

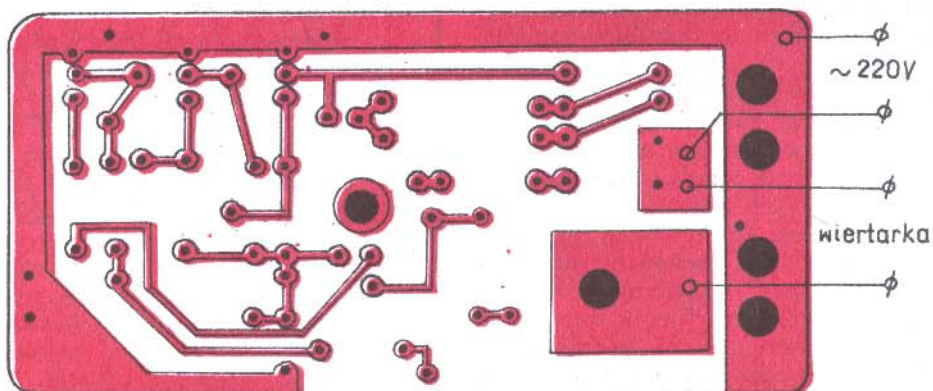
Elektryczna wiertarka w rękach doświadczonego majsterkowicza jest nieocenionym i uniwersalnym narzędziem. Często przeszkodą w jeszcze wszechstronniejszym wykorzystaniu wiertarki jest jednak brak płynnej regulacji prędkości obrotowej w szerokim zakresie – do obrotów nawet bardzo małych. Potrzeba taka występuje przy precyzyjnych pracach frezerskich, nawiercaniu, fazowaniu otworów, wierceniu otworów w niektórych tworzywach sztucznych, kiedy przy zbyt dużych obrotach następuje stapianie obrabianego materiału. Najczęściej konieczność regulacji obrotów w szerokim zakresie występuje przy amatorskim nawijaniu cewek, uzwojeń transformatorów i dławików, itp. Dobór prędkości obrotowej za pomocą autotransformatora jest możliwy, jednak przyrząd taki nie zawsze jest dostępny, poza tym nie pozwala on na uzyskanie małych – i stabilnych – prędkości obrotowych przy zachowaniu dostatecznego momentu obrotowego. Przy wierceniu następuje wtedy zakleszczanie wiertła, przy nawijaniu uzwojeń – luźne układanie zwojów, zwłaszcza wykonanych grubszym drutem. Konwencjonalne tyrystorowe regulatory napięcia, z powodzeniem sterujące żarówką lub grzejnikiem, we współpracy z wiertarką zwykle zawodzą, wykazując kapryśne „skoki” prędkości obrotowej i brak stabilności obrotów w zależności od obciążenia.

Przedstawiony poniżej tyrystorowy regulator prędkości obrotowej wiertarki wolny jest od wymienionych mankamentów. Zaprojektowano go do współpracy z popularną wiertarką PRCr 10/6 IIB, z powodzeniem może jednak być użyty do współpracy z innymi podobnymi urządzeniami, napędzanymi silnikami komutatorowymi prądu przemiennego. Regulator zapewnia skuteczną redukcję obrotów wrzeczona aż do kilku obr/min., przy małej wrażliwości na zmiany obciążenia, oraz możliwości doboru charakterystyki napędu.

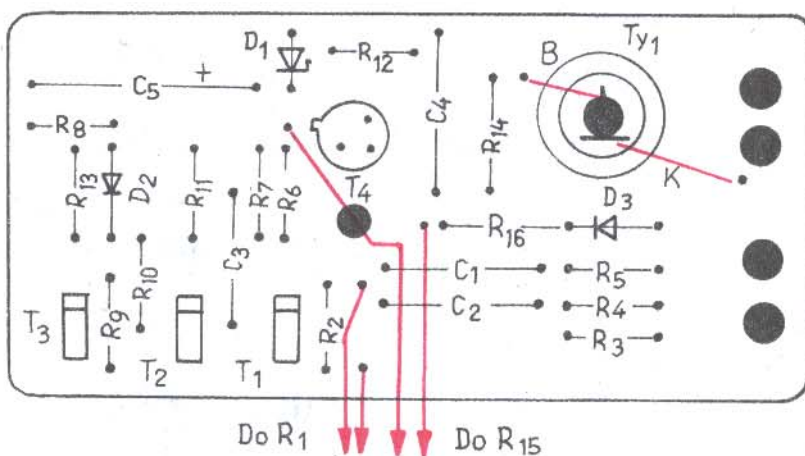
Silnik wiertarki zasilany jest tylko w dodatnich półokresach napięcia sieci (rys. 1). Zasilanie jest impulsowe, przy czym regulacja częstotliwości impulsów zasilających silnik i energii dostarczonej w każdym impulsie wirnikowi jest praktycznie niezależna. Przy zasilaniu pełnymi półokresami z maksymalną częstotliwością (tzn. 50 Hz) wirnik osiąga około 70% obrotów znamionowych. Zmniejszając częstotliwość impulsów zmniejszamy prędkość obrotową, ale silnik zachowuje duży moment rozruchowy – zasilany jest nadal pełnymi półokresami. Wirnik wprawiany jest w ruch energicznymi „pchnięciami”. Ten tryb pracy odpowiedni jest do wiercenia, frezowania lub gwintowania – zapobiega bowiem zakleszczaniu narzędzia.

Jeżeli teraz z kolei zmniejszymy energię odprowadzoną do silnika w pojedynczym impulsie – drogą ograniczania tzw. kąta przepływu (opóźniając moment po-

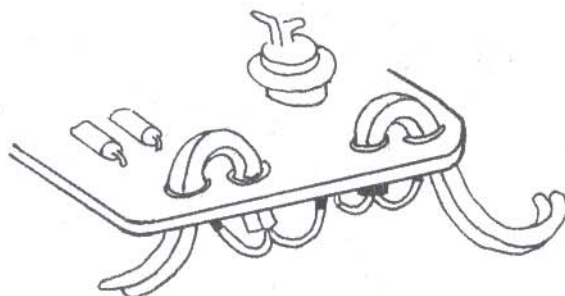




Rys. 3. Schemat połączeń drukowanych.



Rys. 4. Rozmieszczenie elementów na płycie montażowej.



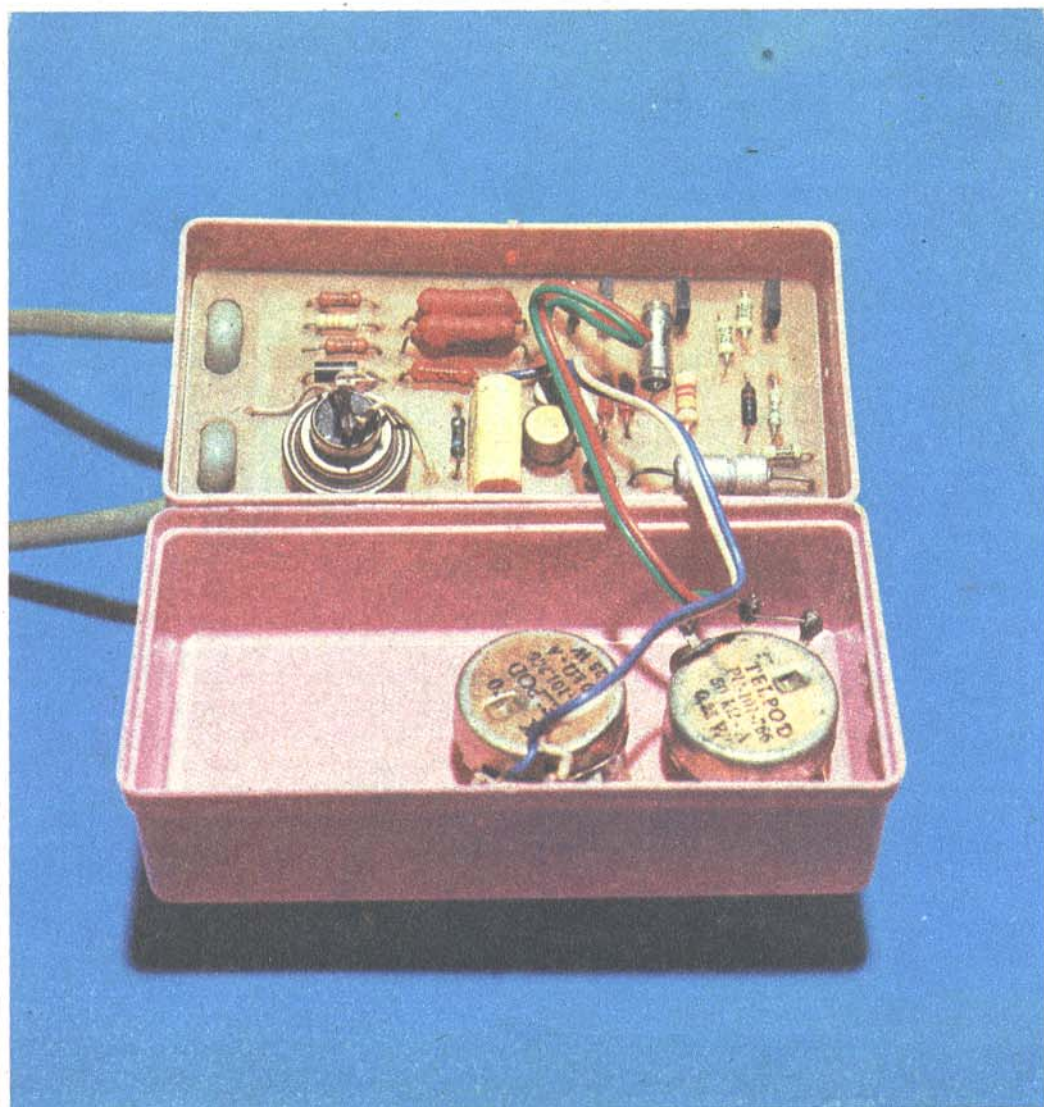
Rys. 5. Sposób zabezpieczenia przewodów przed wyrwaniem.

dania napięcia na silnik w ramach półokresu), obroty wirnika także zmniejszają. Równocześnie zmniejszy się jednak i moment obrotowy, zwłaszcza rozruchowy: energia dostarczana jest teraz wirnikowi płynnie, impulsami o stosunkowo dużej częstotliwości, lecz niewielkiej wartości. Ten system pracy najlepiej nadaje się do nawijania uzwojeń, odpowiednia redukcja prędkości obrotowej i momentu zapobiega zerwaniu najcieńszych nawet drutów – np. DNE Ø 0,13 mm.

Możliwe jest oczywiście łączenie obydwu regulacji w celu doboru optymalnych

w danym zastosowaniu właściwości napędu wiertarki.

Schemat ideowy regulatora przedstawia rys. 2. Multiwibrator monostabilny z tranzystorami T3, T4 dostarcza do bramki tyrystora wyzwalający impuls prądowy. Uzwojenia silnika charakteryzują się pewną indukcyjnością, co opóźnia narastanie prądu po podaniu napięcia na zaciski. Impuls wyzwalający tyrystor musi więc być dość szeroki, by zapewnić pewne wyzwolenie w każdych warunkach. (Impuls ten musi trwać tak długo, aż prąd tyrystora nie osiągnie wartości podtrzyma-



nia). Wynika z tego stosunkowo duża wartość kondensatorów C_4 i C_5 . Po wyzwoleniu multiwibratora kondensator C_5 rozładowuje się przez T_4 , R_{14} i bramkę tyrystora, po czym zaczyna ponownie ładować się przez D_3 , $R_{15}+R_{16}$ (oczywiście tylko w dodatnich półoknach sinusoidy). Wyzwolenie multiwibratora możliwe jest tylko przy jednoczesnym spełnieniu dwóch warunków: naładowaniu C_5 do określonego napięcia granicznego (około 8,5 V), oraz wystąpieniu na bazie T_2 zatykającego go impulsu ujemnego. Tylko wtedy bowiem napięcie z C_5 przez dzielnik $R_{10}+R_{11}$, R_9 podawane jest na bazę T_3 . Jeśli w trakcie tego próbkowania napięcie na bazie T_3 jest dostateczne by tranzystor ten zaczął przewodzić, nastąpi wyzwolenie. Baza T_2 , polaryzowana jest dodatnio przez R_7 , pod nieobecność impulsu ujemnego tranzystor ten zwiera więc do masy prąd płynący od C_5 przez R_{11} . Ujemny impuls na bazie T_2 – a więc i próbkowanie stanu naładowania C_5 – występuje raz w każdym dodatnim półokresie. Podawany jest on przez C_3 , różniczkujący opadające zbocze przebiegu na kolektorze T_1 . Moment, w którym T_1 zacznie przewodzić, generując ujemny impuls, określony jest przesunięciem fazowym układu C_1 , C_2 , R_1 , R_3 , R_4 , R_5 .

Przy potencjometrze R_1 ustawionym na maksymalną rezystancję przesunięcie praktycznie jest zerowe, i tranzystor T_1 włącza się na początku każdego dodatniego półokresu. Odpowiada to doprowadzaniu do silnika pełnych półokresów – impulsów o maksymalnej energii. W miarę zmniejszania R_1 napięcie na bazie T_1 opóźnia się coraz bardziej względem napięcia sieci – impuls próbkujący stan C_5 występuje w nim coraz bliżej końca dodatniego półokresu na anodzie tyrystora. Odpowiada to zwięźeniu impulsu podawanego do silnika, zmniejszeniu jego energii. Przy R_{15} skróconym w położenie minimalnej rezystancji kondensator C_5 zdoła naładować się w każdym półokresie – przy zwiększaniu R_{15} naładowanie C_5 do napięcia wyzwolenia wymaga coraz większej liczby półokresów. Następuje redukcja częstotliwości wyzwoleń multiwibratora – układ pracuje tu jako dzielnik częstotliwości sieci. Dioda Zenera D_1 w poprawnie funkcjonującym układzie w zasadzie nie jest potrzebna. Zabezpiecza ona jednak przed uszkodzeniem C_5 i T_4 w przypadku zaniku impulsów próbkujących na bazie T_2 , co może się zdarzyć przy uruchamianiu układu. Po uruchomieniu regulatora diodę D_1 można wylutować.

Spis elementów

R_1	– potencjometr 50 kiloomów, najlepiej wykładniczy,
R_2	– 3,3 kilooma,
R_3	– 51 kiloomów,
R_4	– 33 kiloomy,
R_5	– 100 kiloomów 0,5 W,
R_6, R_7	– 130 kiloomów,
R_8, R_9, R_{10}	– 22 kiloomy,
R_{11}	– 220 kiloomów,
R_{12}, R_{13}	– 1,5 kilooma,
R_{14}	– 68 omów,
R_{15}	– potencjometr 500 kiloomów, najlepiej wykładniczy,
R_{16}	– 36 kiloomów 0,5 W,

C_1, C_2	– 150 nF/250V,
C_3	– 5,6 nF,
C_4	– 680 nF,
C_5	– 4,7 μ F/16V
D_1	– dowolna dioda Zenera na 12–15 V, np. BZP630-C12,
D_2	– BAVP17 lub dowolna inna impulsowa dioda krzemowa,
D_3	– BVP401-400,
T_1, T_2, T_3	– BC148, BC106,
T_4	– BC313, BC158, BC178,
Ty_1	– BTP3/400, BTP10/400.

Wszystkie rezystory o mocy 0,125W – o ile nie podano inaczej.

Konstrukcja i uruchomienie

Układ regulatora zamontowano na płycie jednostronnie drukowanej. Schemat połączeń pokazuje rys. 3., zaś rozmieszczenie elementów rys. 4. Regulator ma wyprowadzone dwa dwużyłowe przewody. Jeden z nich, zakończony wtyczką, służy do połączenia z siecią, drugi – z gniazdem – umożliwia dołączenie wiertarki. W układzie nie przewidziano wyłącznika sieciowego. Zamiast niego przecięto ścieżkę oporową potencjometru R_{15} na końcu, odpowiadającym maksymalnej rezystancji – przy braku przepływu prądu przez R_{15} nie ładuje się C_5 i nie jest wyzwalany tyrystor. Dla zabezpieczenia przewodów przed wyrwaniem z płytki, przeciągnięto je przez uprzednio wykonane otwory (rys. 5). Całość zabudowano w plastikowym pudełku na przezroczu, o wymiarach 106 × 52 × 54 mm (do nabycia w sklepach FOTO-OPTYKI). Przewody: zasilający i wiertarki wypro-

wadzone przez otwory w czołowej ścianie pudełka. Potencjometry zamontowano na wieczku, zaś płytkę montażową przykręcono do dolnej części pudełka pojedynczym wkrętem M3 z tulejką dystansową. Otwór na wkręt znajduje się pośrodku płytki.

Uwaga! Wszystkie elementy regulatora mogą znajdować się pod napięciem sieci! Konstrukcję regulatora należy więc bezwzględnie zabezpieczyć przed przypadkowym dotknięciem ze względów bezpieczeństwa. Szczególną uwagę trzeba poświęcić potencjometrom – muszą one obowiązkowo być wyposażone w izolowane pokrętła! Nie wolno zapominać o zabezpieczeniu wystających elementów metalowego korpusu potencjometru: gwintowanej tulejki wraz z nakrętką.

Zmontowany prawidłowo i ze sprawnych elementów układ powinien pracować poprawnie od początku, nie wymagając żadnych dodatkowych regulacji. Trudność ze stabilizacją najniższych obrotów wynikać może co najwyżej ze zbyt dużego prądu upływu kondensatora C_s . Można temu zapobiec włączając go na kilka godzin (szeregowo z rezystorem około 5 kiloomów) do źródła napięcia stałego około 15V, co powoduje jego podformowanie. Lepszym rozwiązaniem jest zastosowanie w charakterze C_s kondensatora tantalowego, lub styrofleksowego.

Pokrętła potencjometrów można wykalować w umownych jednostkach – ułatwia to w przyszłości odtwarzanie raz dobranych nastawień.

Opisany regulator może być z powodzeniem stosowany do sterowania innych odbiorników, dopuszczających zasilanie pulsacyjne – np. grzejników. Nie zaleca się sterowania oświetleniem, z uwagi na migające światło. Regulator nie nadaje się też do regulacji prędkości obrotowej elektrycznych silników indukcyjnych.

Przy obciążeniu regulatora silnikiem o mocy znamionowej powyżej 500 W wskazane jest w charakterze elementu regulacyjnego zastosować tyrystor BTP10/400.

Roland Waclawek