



## REGULATOR OBROTÓW DO SILNIKÓW INDUKCYJNYCH

Powszechnie wiadomo, że prędkość obrotowa indukcyjnych silników jednofazowych można regulować w szerokich granicach przez zmianę częstotliwości prądu zasilającego. Natomiast przez zmianę napięcia zasilającego uzyskuje się regulację w bardzo wąskim zakresie (około 10%) i związane jest to dodatkowo ze stratą momentu napędowego.

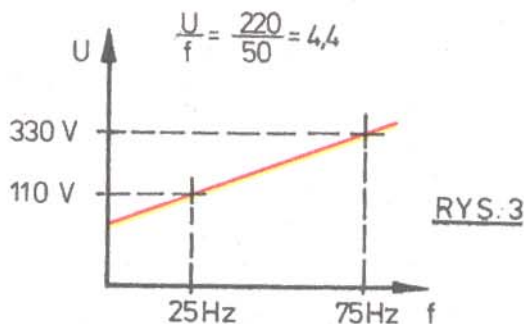
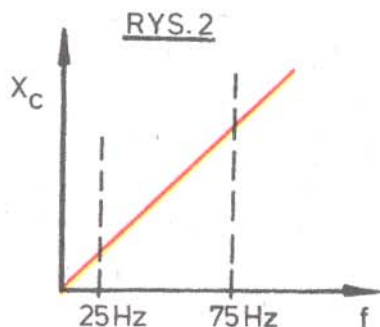
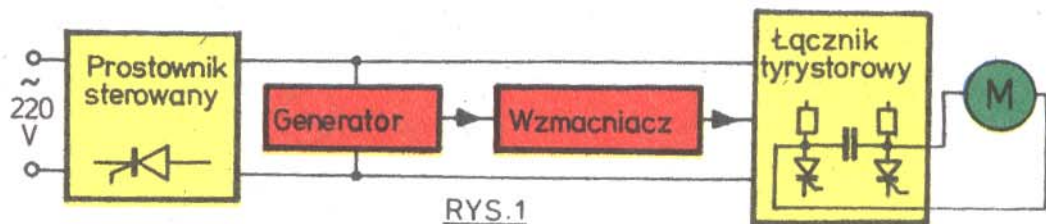
Zasada działania regulatora polega na wykorzystaniu statycznego łącznika tyrystorowego. Aby uprościć układ, silnik zasilany jest przebiegiem prostokątnym. Przy takim zasilaniu należy liczyć się ze zmniejszeniem o kilkanaście procent momentu napędowego. Nie ma to jednak decydującego znaczenia na pracę silnika.

Na rys. 1 pokazany jest schemat blokowy urządzenia. Składa się ono z prostownika regulowanego, generatora o regulowanej częstotliwości, wzmacniacza i łącznika tyrystorowego.

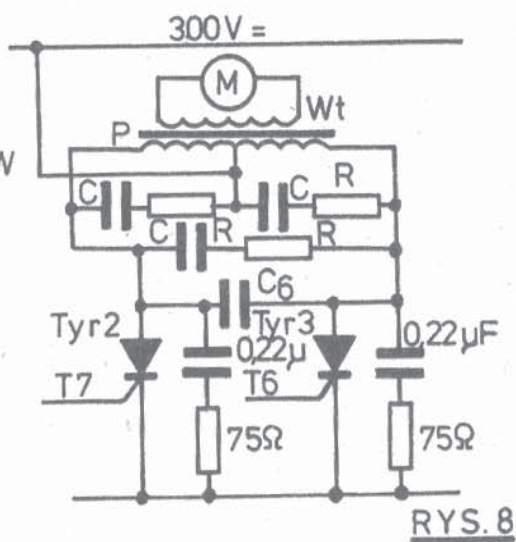
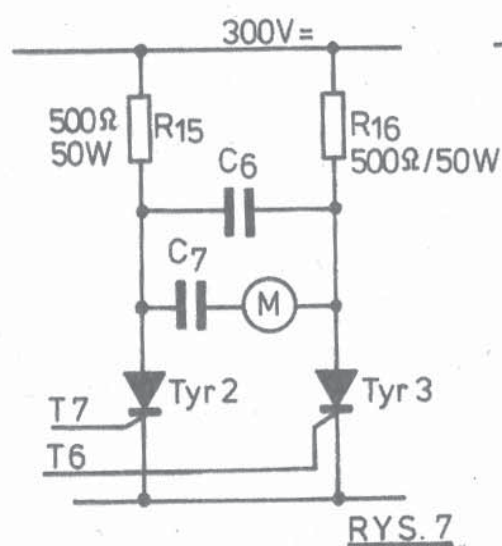
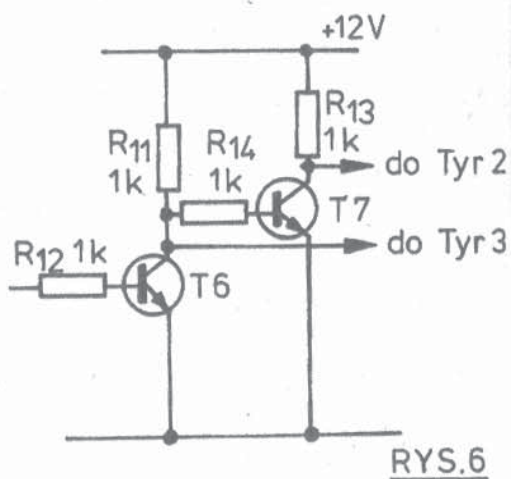
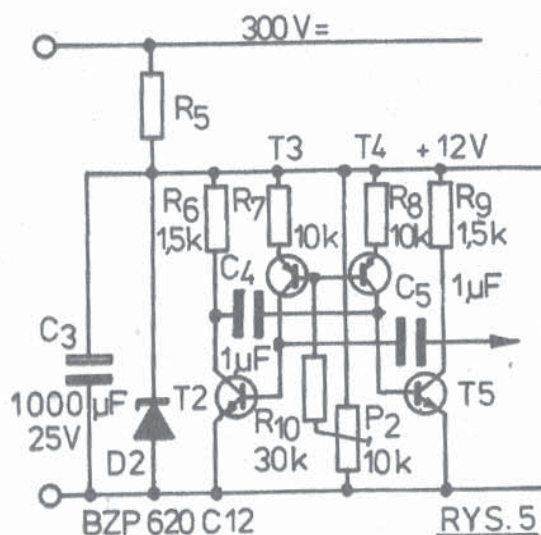
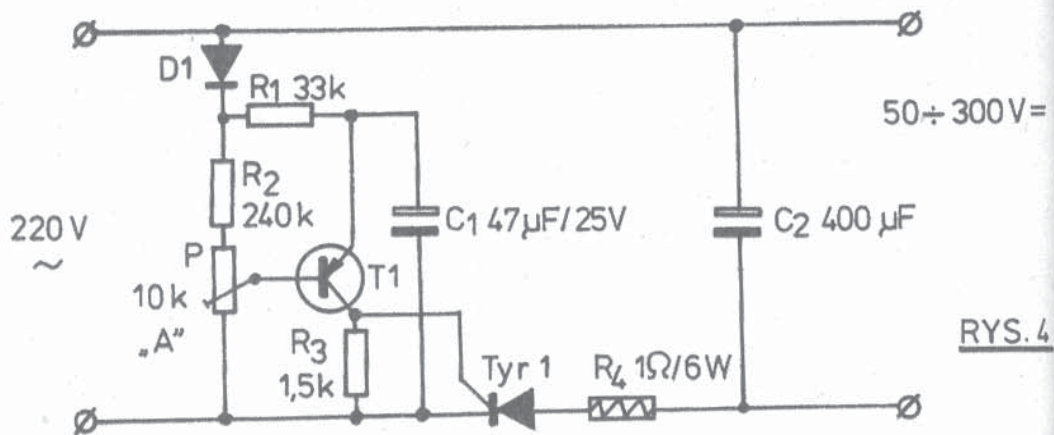
ny jest konieczny z tego względu, że reaktancja indukcyjna silnika jest zależna od częstotliwości.

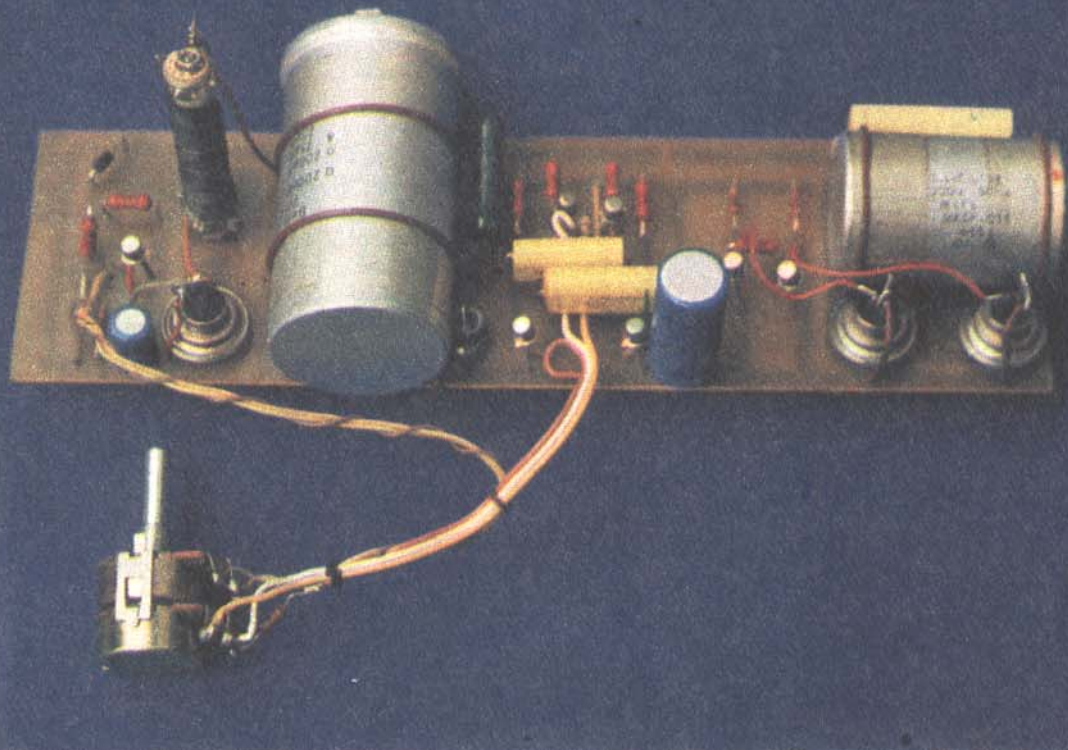
Prąd płynący przez silnik uzależniony jest od reaktancji (rys. 2). Przy małej częstotliwości popłynąłby duży prąd, a przy dużej częstotliwości – mały. Aby spełnić warunek jednakowego prądu w całym zakresie regulacji, należy regulować napięcie zasilające łącznik. Musi być bowiem spełniony warunek, że  $U : f = \text{const.}$  dla całego zakresu częstotliwości (rys. 3).

Generator znajdujący się w układzie służy do zmiany częstotliwości (regulacji częstotliwości). Łącznik tyrystorowy jest szybkim przerywaczem, tyrystory typu BTP2 pracują w tym układzie do 400 Hz. Silnik nie pracuje do tej częstotliwości ze względu na dużą reaktancję indukcyjną. Optymalne obroty uzyskuje się przy 75 Hz.









Płytką montażową regulatora silników indukcyjnych. Rezystory  $R_{15}$  i  $R_{16}$  znajdują się na innej płytce, ze względu na silne nagrzewanie się drutu oporowego

Na rys. 4 przedstawiony został schemat prostownika sterowanego zbudowanego przy użyciu tyrystora BTP2/400. W regulatorze tym kąt przepływu prądu zawiera się w granicach  $90^\circ$ – $180^\circ$ . Amplituda napięcia sieci w chwili włączenia tyrystora określa wartość wyprostowanego napięcia.

Praca układu polega na okresowym doładowaniu kondensatora przez tyrystor, a więc przebieg napięcia ma charakter piłokształtny. Moment włączenia tyrystora (Tyr 1) określa układ  $R_1C_1$ . Potencjometr (P) służy do sterowania tranzystora T1, co ma wpływ na amplitudę napięcia występującego na kondensatorze  $C_1$ . Amplituda tego napięcia decyduje o załączeniu tyrystora.

Tranzystor T1 przełącza, gdy napięcie na bazie przekracza napięcie  $U_{BE}$ . Tyrystor załącza się wtedy, jeżeli napięcie sieci ma wartość wyższą od napięcia na kondensatorze  $C_2$ . Prąd ładowania ograniczony jest rezystorem  $R_4$ .

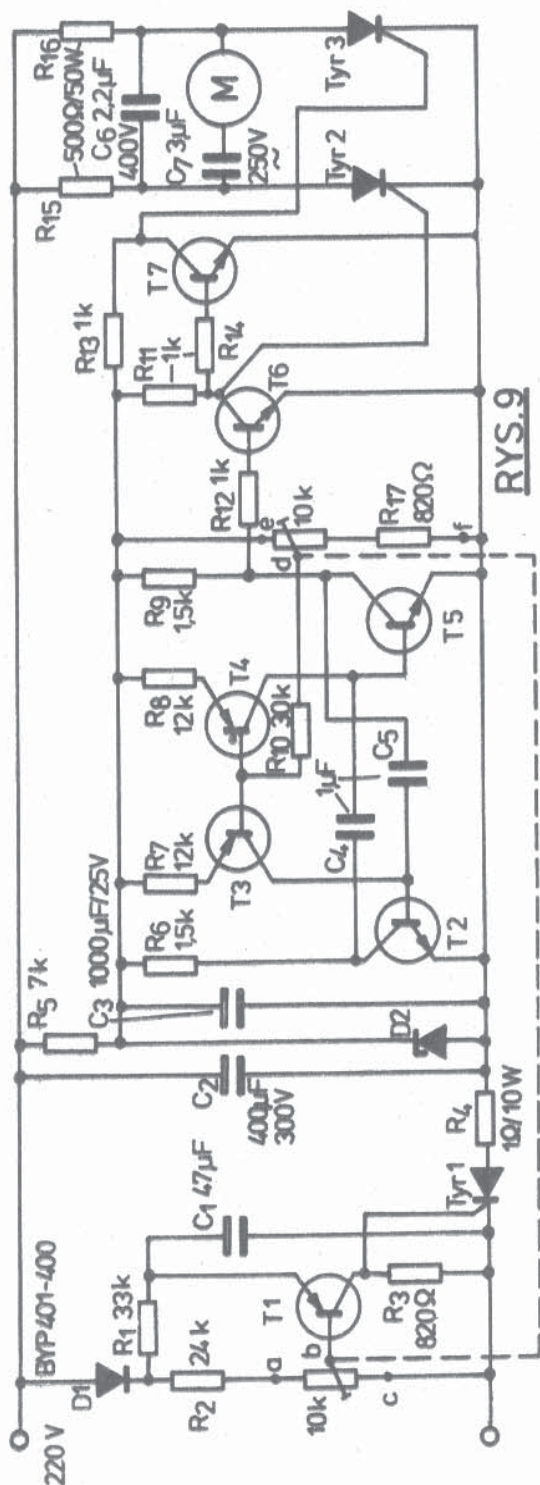
Generator (rys. 5) zasilany jest napięciem stabilizowanym z układu  $R_5, D_2$ . Jest to multiwibrator astabilny o sprzężeniu kolektorowym, w którym

rezystory baz zastąpione są wtórnikami tranzystorowymi. Przez regulację potencjału baz wtórników uzyskuje się zmianę rezystancji kolektor–emiter i w efekcie zmianę częstotliwości generatora w szerokich granicach. Bez trudu można uzyskać stosunek  $f_1 : f_2 = 1 : 10x$  dzięki wzmacniającemu działaniu tranzystorów. Tranzystory zastępujące rezystory baz mają polaryzację przeciwną do pozostałych, są one typu BC 177.

W celu wzmocnienia sygnału sterującego zastosowany jest wzmacniacz (rys. 6) na tranzystorach T6 i T7. W ten sposób zapewniony jest warunek przesunięcia sygnału sterującego o  $180^\circ$ . Zapewnia to prawidłową pracę łącznika tyrystorowego.

Łącznik (rys. 7) jest typowym falownikiem o komutacji równoległej. Szczególną rolę w tym układzie spełnia kondensator  $C_6$  włączony równolegle do tyrystorów. W czasie przewodzenia tyrystora (Tyr 2) kondensator  $C_6$  ładuje się przez rezystor  $R_{16}$  do napięcia  $U_{C2}$ . Włączenie tyrystora (Tyr 3) powoduje wystąpienie na anodzie tyrystora (Tyr 2) potencjału ujemnego względem katody. Prąd  $I_{Tyr2}$  osiąga wartość D po upływie czasu, w którym zawór





przechodzi ze stanu przewodzenia w stan zaporowy. Powtórne wystąpienie napięcia dodatniego, w wyniku wyładowania kondensatora, nie powoduje włączenia zaworu, jeżeli potencjał jego elektrody sterującej jest dostatecznie mały. Wynika z tego, że włączenie dowolnego zaworu powoduje wyłączenie drugiego. Musi być więc spełniony warunek przesunięcia fazy sygnału sterującego tak, aby bramki tyristorów nie były sterowane jednocześnie. Napięcie przemienne w postaci fali prostokątnej może mieć w tym przypadku regulowaną częstotliwość.

Kondensator włączony szeregowo z obciążeniem (silnikiem) powoduje zmianę polaryzacji prądu płynącego przez silnik i poprawia warunki komutacji przez odcięcie składowej stałej. Minimalna pojemność kondensatora  $C_6$  wynosi:

$$\frac{I_{gr}}{C} = 0,69 \frac{E}{t_{wył}}$$

$C = 1 \mu F$ , dla tyristora 2A przyjęto  $3,0 \mu F/400 V$   
 Rezystancję  $R_{15}$  i  $R_{16}$  można obliczyć ze wzoru:

$$R = (0,01-0,1) \frac{E}{I_{gr}}$$

a więc

$$R_{gr} = 500 \Omega$$

Rezystancję taką przedstawia np. żarówka o mocy 100W/220V. W układzie tym zamiast rezystorów dużej mocy (bardzo trudnych do nabycia) można użyć żarówek o zmminiaturyzowanym balonie.

Można też użyć tu transformatora, np. tak, jak w układzie przedstawionym na rys. 8. Należy pamiętać, że przekrój użyteczny kolumny rdzenia musi być zwiększony o 50% w stosunku do normalnego transformatora. Ilość zwojów też jest zwiększona o 50%, bardzo korzystnie na pracę układu wpływa szczelina rdzenia szerokości 0,1-0,2 mm. Przykładowo dla silnika 100W wymiary kolumny powinny wynosić  $3,8 \times 3,8$  cm, przy

$$zw/V = \frac{45}{s} = \frac{45}{13} = 3,4 zw/V$$

$$Z_{wt} = 250V \cdot 3,4 = 850 zw + 50\% = 1200 zw,$$

$$I_{wt} = 0,5A, d_{wt} = \varnothing_d = 0,55 mm,$$

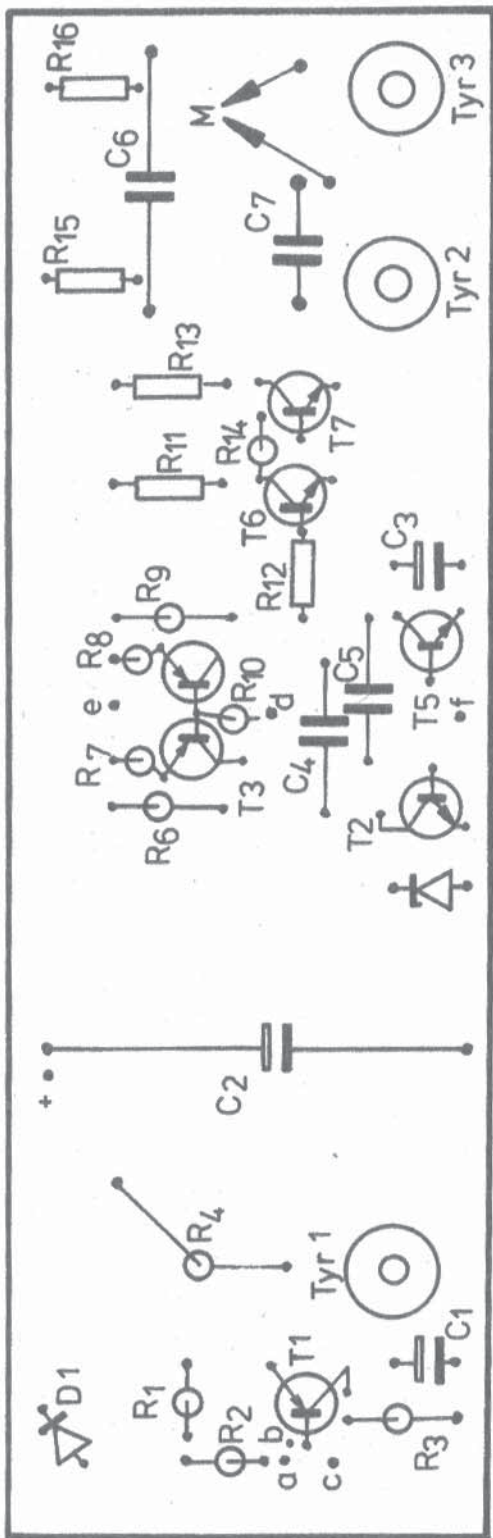
$$Z_p = 2 \times (300V \cdot 3,4) + 50\% = 2 \times 1500 zw,$$

$$I_p = 2 \times 0,25A, d_p = \varnothing_p = 0,35 mm$$

W układzie z transformatorem trzeba zastosować elementy gaszące przepięcia na indukcyjności transformatora złożone z oporników  $R = 75\Omega/0,5W$  i pojemności  $C = 0,22 \mu F/630V$ .

Kompletny schemat ideowy regulatora przedstawiony został na rys. 9, natomiast na rys. 10 znajduje się układ połączeń poszczególnych elementów z płytką drukowaną oraz rysunek druku od strony miedzianych ścieżek.

Inż. Antoni Białoszewski



RYS.10

