



360242 47/00

POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 38472

Kl. 21 d², 14/01

Inż. mgr Józef Plebański

Warszawa, Polska

Potencjometryczna przetwornica częstotliwości oraz sposób jej użycia

Patent trwa od dnia 13 maja 1953 r.

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie umożliwiający w stosunkowo ekonomiczny sposób przetwarzanie jednej częstotliwości na inną lub też przetwarzanie prądu stałego na zmienny i odwrotnie.

Na rysunku fig. 1 przedstawia schemat ideowy przetwornicy jednofazowej według wynalazku, fig. 2 — odmianę rozwiązania według fig. 1 o większej liczbie par biegunów, fig. 3 — odmianę oszczędnościową z jednym potencjometrem i z komutacją, ograniczoną do kąta, mniejszego od 90°, fig. 4 — odmianę z nieruchomym dławikiem lub opornikiem potencjometrycznym, fig. 5 — odmianę trójfazową, fig. 6 — układ wzmacniania potencjometrycznego.

W zasadzie wynalazek jest dalszym rozwinięciem i ulepszeniem pomysłu, opisanego w opisie patentowym USA nr 2241815.

Na fig. 1 występuje komutator 1 o 36-ciu wycinkach. Liczba tych wycinków może być oczywiście dowolna. Wycinki komutatora są połączone z opornikami, które tworzą zamknięte koło, a właściwie mostek potencjometryczny,

do którego biegunów 9 i 10 doprowadza się przez pierścienie 3,4 napięcie U , podlegające przetwarzaniu. Za pomocą szczotek 6,7 odbiera się napięcie przetworzone U_0 , które użytkuje się na oporności odbiorczej $2R_0$. Można również wykorzystać połowę tego napięcia, używając np. jednej szczotki 6 i pierścienia 5, połączonego z punktami środkowymi 11 i 12 oraz ewentualnie z ziemią.

Odpowiedni silnik nadaje za pośrednictwem wału 8 ruch obrotowy komutatorowi 1 i pierścieniom 3, 4, 5.

Jak wykazuje teoria i doświadczenia praktyczne, oporniki między poszczególnymi wycinkami komutatora mogą być zawsze tak dobrane względem oporności obciążenia R_0 , aby przy ruchu obrotowym komutatora i przy stałym napięciu U powstawała na oporniku R_0 (lub $2R_0$) krzywa przebiegu napięcia o kształcie sinusoidy. Inaczej mówiąc $U_0 = U \sin \alpha$ lub jeżeli

li szybkość obrotowa wynosi $\frac{p_0}{2\pi}$ obr/sek $U_0 = U \sin p_0 t$.

W takim układzie jeżeli obciążenie jest mniejsze od obciążenia dopasowanego, odpowiadającego oporności R_0 , to sinusoida zniekształca się, stając się bardziej płaską. Jeżeli na odwrót obciążenie jest większe od dopasowanego, to sinusoida zaostrza się. Celem dopasowania jest stworzenie bardziej ekonomicznych warunków w praktyce.

Jeżeli U jest napięciem zmiennym, pochodzącym np. z sieci 50 c/s, to $U_0 = U \cdot \sin pt$. $\sin \omega t$ (gdzie $f_0 = \frac{\omega}{2\pi} = 40$ c/s, przy czym wtedy otrzymuje się napięcie modulowane.

Na fig. 1 uwidoczniony jest potencjometr komutatorowy z jedną parą biegunów. Zaznacza się, że można konstruować tego rodzaju potencjometry na dowolną liczbę par biegunów. Na fig. 2 przedstawiony jest schematycznie układ dla $p = 2$ par biegunów. Sprawność układu według fig. 1 zależy od stosunku oporności R_1 i R_0 , gdzie R_1 oznacza oporność ćwiartki potencjometru, tj. oporność między punktami 9 i 12. Jeżeli przyjąć R_1 bardzo duże, to maksymalna sprawność wynosi $\eta = 78,5\%$. Praktycznie można osiągnąć około 75% , np. przy stosunku $R_1 : R_0 = 30$. Należy zauważyć, że ponieważ stosuje się system komutatorowy, to otrzymywane sinusoidy mają właściwie kształt schodkowy, jednak załączenie równoległego kondensatora C na obciążenie R_0 (lub $2R_0$) wygładza te schodki, a ponadto w technice prądów silnych nie grają one zbyt wielkiej roli, gdyż przedstawiają zespół wyższych harmonicznych, silnie tłumionych przez indukcyjności, występujące się zwykle w układzie odbioru prądu.

Chcąc podnieść podaną sprawność jeszcze wyżej, można zastosować układ potencjometryczny komutacyjny według fig. 3, w którym komutacja ogranicza się do pewnego kąta β , np. 30° . W tym układzie otrzymywane krzywe nie są sinusoidami, ale uzyskują kształt np. trapezowy. Jeżeli założyć, że na odcinkach komutacyjnych będzie zachowany kształt sinusoidalny, to przy $\beta = 30^\circ$ osiągalna maksymalna sprawność wyniesie $\eta = 0,95$.

Na fig. 3 widoczne jest jedno uproszczenie w stosunku do fig. 1, a mianowicie zastosowano tu jeden potencjometr 2 zamiast dwóch równolegle połączonych. Oprócz tego na fig. 3 występują trzy szczotki, przez co powstaje układ, któryby można nazwać układem pseudotrójfazowym, z wejściem jednofazowym. Na wyjściu otrzymuje się trzy napięcia o charakterze $U_{01} = U_1 \cdot \sin pt$, $\sin \omega t$; $U_{02} = U_1 \cdot \sin$

$(pt + 120^\circ)$, $\sin \omega t$ i $U_{03} = U_1 \cdot \sin (pt + 240^\circ)$, $\sin \omega t$. Stwierdzono, że tego rodzaju układ napięć obraca każdy trójfazowy silnik synchroniczny lub asynchroniczny, przy czym szybkość obrotowa wynosi wówczas $n = \frac{P_0 \cdot 60}{2\pi}$ obr/mir tj. zależy tylko od szybkości obrotowej osi 8 na fig. 1.

Jeżeli zasila się silnik asynchroniczny, to $n = \frac{P_0 \cdot 60}{2\pi} (1 - \sigma)$, gdzie σ oznacza poślizg.

Powyższe dotyczy silników o jednej parze biegunów, natomiast przy większej liczbie par biegunów p_1 , należy powyższe wzory na n podzielić przez tę liczbę par biegunów. Podobnie należy powyższe wzory skorygować na liczbę par biegunów p_2 w przypadku przetwornicy, a mianowicie należy powyższe wartości pomnożyć przez liczbę par biegunów przetwornicy p_2 .

Ogólnie zatem $n = \frac{P_0 \cdot p_2 \cdot 60}{2\pi \cdot p_1} (1 - \sigma)$, przy czym $\sigma = 0$ dla silników synchronicznych.

Zamiast potencjometrów opornikowych można użyć dławiki z odczepami, przy czym można je (podobnie jak poprzednio wspomniane oporniki) umieszczać nieruchomo, doprowadzając poszczególne odczepy do komutatora za pomocą pierścieni 3, 4, 5, 8, i szczotek 9, 10, 11, 14 jako to uwidoczniono na fig. 4. W układzie dławikowym sprawność może być nieco większa od poprzednio podanych wartości.

Oszczędnościowe przetwornice trójfazowe, służące do przetwarzania jednego prądu trójfazowego na inny prąd trójfazowy mogą być budowane w sposób, przedstawiony na fig. 5. Prąd wejściowy doprowadza się tu do punktów 3, 4, 5, prąd wyjściowy pobiera się ze szczotek odpowiednio ustawionych względem komutatora. W tego rodzaju przetwornicy korzystniej jest używać dławiki zamiast oporników i wtedy ponieważ doprowadzono napięcia trójfazowe wywołują wirowanie pola, to zależnie od tego w jakim kierunku obracają się szczotki z napięciami wyjściowymi względem komutatora otrzymuje się na wyjściu napięcia również trójfazowe o częstotliwości $f_0 = f_1 \mp f_2$, gdzie $f_1 = 50$ c/s (częstotliwość sieci), $f_2 =$ częstotliwość

$$\frac{P_0}{2\pi}$$

Z powyższego wynika, że jeśli np. zasila się silnik o mocy użytkowej 100 kW, to wycinki i szczotki komutatora winny być obliczone na całą powyższą moc, natomiast oporniki mogą być obliczone na 5% tej mocy, tj. na 5 kW. Silnik, obracający komutator, ma właściwie

do pokonania tylko tarcie szczotek i tarcie w łożyskach — wobec tego wystarcza tutaj moc np. 1 KW. W ten sposób można używać układu np. według fig. 8, w którym można sterować bardzo dużymi mocami, stosując wzmacnianie potencjometryczne. Na fig. 6 liczbą 1 oznaczono prostownik 1 urządzenie sterujące (np. oporniki) do regulowania silnika 2 prądu stałego małej mocy, który napędza przetwornicę 3. Zamiast zespołu 1, 2 można użyć generatora elektronowego prądów zmiennych wraz z odpowiednim silnikiem również prądu zmiennego. Przetwornica 3 zasilą silnik 4 (np. trójfazowy), który z kolei napędza przetwornicę 5 itd., aż wreszcie otrzymuje się na wyjściu 8 o żądanej wartości i częstotliwości odpowiednio mniejszej lub większej od częstotliwości sieci. W ten sposób można ekonomicznie regulować obroty małych i dużych silników synchronicznych i asynchronicznych.

Zamiast opisanej regulacji częstotliwości można stosować w odmianie układu lub dodatkowo szereg silników asynchronicznych według fig. 6 i regulować ich obroty przez włączanie oporników w wirniki. Jest to znany sposób, który oznacza się małą ekonomicznością. Jeżeli jednak sposób ten stosować jedynie w stopniach małej mocy, to w rezultacie regulacja obrotów dużych silników będzie ekonomiczną, gdyż w stosunku do dużych sterowanych mocy ogólne straty będą małe. W odniesieniu np. do układu według fig. 6 można zastosować w charakterze silników 2, 4 trójfazowe silniki asynchroniczne z regulacją, polegającą na włączaniu oporników w wirniki, a silnik 6 może nie być regulowany. W ten sposób jeżeli obroty silników 2, 4 zostaną zmniejszone do 50%, to ogólnie częstotliwość na wyjściu przetwornicy 5 zmieni się $0,5 \cdot 0,5 = 0,25$ razy, a na wyjściu przetwornicy $7f_2 = f_0 \pm 0,25 f_0$, tj. np. od 0 c/s do 37,5 c/s. Jeżeli na wyjściu 8 umieścić silnik 100 kVA, a silniki 2, 4 będą pobierały razem 100 W, to straty przy regulacji będą również rzędu 100 W, tj. będą stanowić 0,1%, czyli będą znikome. Urządzenia regulacyjne będą z tego powodu również małe i stosunkowo tanie.

W odniesieniu do układu według fig. 6 należy zauważyć, że częstotliwość na wyjściu tj. $f_2 = f_0 \pm kf_1$ będzie zależeć od częstotliwości sieci f_0 . Jeżeli zamierza się od tej częstotliwości niezależnie, to nie należy stosować przetwornicy trójfazowej 7, uwidocznionej na fig. 6, a należy zastosować przetwornicę z wejściem jednofazowym (np. przetwornicę według fig. 8).

W przypadku gdy chodzi o równomierne obciążenie sieci (przy dużych mocach) można użyć równolegle trzy przetwornice każda dla oddzielnej fazy i każda przyłączona do innej fazy sieci (wtedy również uzyskuje się niezależnienie od wahań częstotliwości sieci). Jeżeli zależy na silnie ustabilizowanej częstotliwości na wyjściu, należy użyć generatora stabilizowanego kwarcem, silniki synchroniczne i wspomniany układ, uniezależniony od częstotliwości sieci. Dostarczana wówczas na wyjściu częstotliwość będzie, ogólnie biorąc, częstotliwością modulującą, jednak ponieważ jedynie ona określa obroty sterowanego w ostatnim stopniu silnika, przeto ustabilizowanie tej częstotliwości ustabilizuje również obroty ostatniego silnika w danym układzie kaskadowym.

Zastrzeżenia patentowe

1. Potencjometryczna przetwornica częstotliwości, składająca się z jednej lub dwóch gałęzi, przyłączonych równolegle do źródła prądu stałego lub zmiennego, znamienna tym, że posiada takie uzwojenie oporowe o oporności bardzo dużej w stosunku do oporności użytkowej (R_0), iż na przyłączonym równolegle do części lub całości potencjometru, poprzez szczotki oporniku użytkowym (R_0) przy ruchu szczotek wzdłuż potencjometru powstaje zależność sinusoidalna lub cosinusoidalna napięcia na tym oporze (R_0) od chwilowego położenia (kąt a obrotu) szczotek.
2. Przetwornica według zastrz. 1, znamienna tym, że posiada komutator, którego wycinki są połączone z odczepami na potencjometrze.
3. Przetwornica według zastrz. 1, 2, znamienna tym, że posiada nieruchome szczotki przy obracającym się komutatorze.
4. Przetwornica według zastrz. 1, 2, znamienna tym, że posiada obracające się szczotki przy nieruchomym komutatorze.
5. Przetwornica według zastrz. 1—4, znamienna tym, że posiada silnik, obracający komutator lub szczotki.
6. Przetwornica według zastrz. 1—5, znamienna tym, że posiada kąt komutacji, ograniczony do kąta, mniejszego od 90° .
7. Przetwornica według zastrz. 1—6, znamienna tym, że posiada nieruchome szczotki do doprowadzania odczepów z nieruchomego dławika lub opornika przez płaście-

nie ruchome do poszczególnych wycinków komutatora.

8. Przetwornica trójfazowa według zastrz. 1—5, znamienna tym, że posiada kąt komutacji ograniczony do kąta, mniejszego od 120° .
9. Przetwornica według zastrz. 8, znamienna tym, że posiada dławiki trójfazowe, ewentualnie nieruchome.
10. Przetwornica według zastrz. 1—9, znamienna tym, że posiada na wyjściu kondensatory lub filtry w celu wygładzenia schodków krzywych napięcia.

11. Sposób użycia przetwornicy według zastrz. 1—7, znamienny tym, że przy doprowadzaniu na wejściu prądu zmiennego o przebiegu $U \sin \omega t$ otrzymuje się na wyjściu prąd zmienny jedno lub wielofazowy przebiegu $U \sin p_0 t \cdot \sin \omega t$.
12. Sposób użycia przetwornicy według zastrz. 1—7, znamienny tym, że przy doprowadzaniu na wejściu prądu stałego otrzymuje się na wyjściu prąd zmienny jedno lub wielofazowy o przebiegu $U \sin p_0 t$.

Inż. mgr Józef Plebański
Zastępca: Kolegium Rzeczników Patentowych

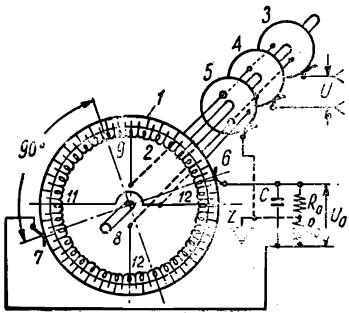


Fig. 1

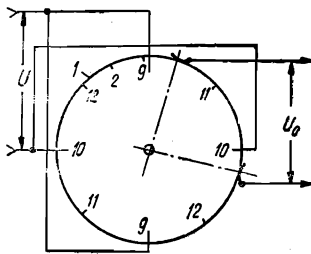


Fig. 2

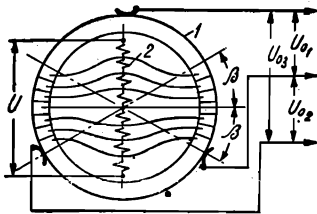


Fig. 3

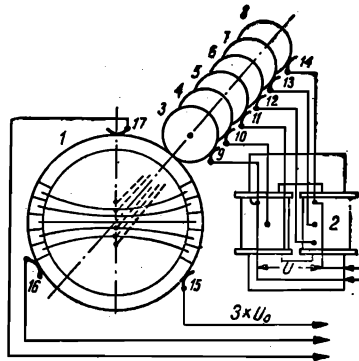


Fig. 4

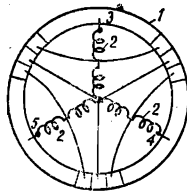


Fig. 5

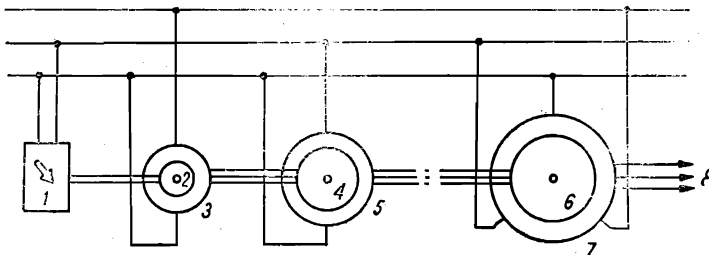


Fig. 6