

ANTONI FLAMITZER

Katedra Maszyn Elektrycznych Politechniki Śląskiej

## TRANSFORMATORY CZĘSTOTLIWOŚCI

Streszczenie: Różne możliwości transformowania częstotliwości dla urządzeń energetycznych. Podstawowe zasady istniejących metod i ich klasyfikacja.

W dziedzinie napędów i urządzeń elektrycznych spotyka się niekiedy maszyny i aparaty, pracujące przy podwyższonej lub obniżonej częstotliwości. Do ich zasilania nie stosuje się na ogół oddzielnych źródeł, lecz przetwornice częstotliwości, które zamieniają będącą z reguły do dyspozycji częstotliwość 50 Hz na żadaną - podwyższoną lub obniżoną - częstotliwość.

Do przetwarzania częstotliwości służą:

1. Przetwornice wirujące
2. Układy statyczne

Wśród układów statycznych rozróżnia się:

2.1. Układy zawierające

- 2.1.1. nieliniową oporność indukcyjną
- 2.1.2. nieliniową oporność pojemnościową
- 2.1.3. nieliniową oporność czynną

2.2. Układy lampowe.

Rozpatrywane tu transformatory częstotliwości należą do grupy układów (2.1.1), zawierających nieliniową oporność indukcyjną w postaci odpowiednio nasyconego elektromagnesu z rdzeniem ze stali. Przy pomocy transformatorów częstotliwości można przetwarzać częstotliwość  $f_1$  na częstotliwość

$$f_2 = \frac{p}{q} f_1 \quad (1)$$

gdzie  $p, q$  - liczby naturalne.

Zajmiemy się tu przede wszystkim transformatorami, służącymi do powiększania częstotliwości. Ze względu na zasadę działania można je podzielić na dwie grupy:

- a) transformatory z podmagnesowywaniem prądem stałym,
- b) transformatory bez podmagnesowywania.

Przy pomocy transformatorów grupy a) można uzyskać wielokrotną częstotliwość parzystą (we wzorze (1) p parzyste,  $q = 1$ ); transformatory grupy b) służą zwykle do otrzymywania wielokrotnej częstotliwości nieparzystej ( $p$  nieparzyste).

Jako przykład transformatora grupy a) omawia się układ służący do podwajania ( $f_2 = 2f_1$ ) częstotliwości (rys. 1a).

Układ składa się z dwu jednakowych transformatorów 3 - uzwojeniowych A, B. Uzwojenia  $w_3$ , zasilane prądem stałym I, podmagnesowują oba rdzenie w przeciwnych kierunkach. W tych warunkach charakterystyki magnesowania  $\Phi_A$  i  $\Phi_B$  obu obwodów przedstawiają się jak na rysunku 1c.

Dla uzwojeń obu transformatorów, skojarzonych i oznaczonych jak na rys. 1a, obowiązują przybliżone związki

$$u_1 = u_{A1} + u_{B1} \approx w_1 \frac{d\Phi_A}{dt} + w_1 \frac{d\Phi_B}{dt} = w_1 \frac{d(\Phi_A + \Phi_B)}{dt} \quad (2)$$

$$u_2 = u_{A2} - u_{B2} \approx w_2 \frac{d\Phi_A}{dt} - w_2 \frac{d\Phi_B}{dt} = w_2 \frac{d(\Phi_A - \Phi_B)}{dt} \quad (3)$$

Jeżeli układ zasilany jest napięciem

$$u_1 = U_{1m} \cos \omega t \quad (4)$$

to przebieg czasowy strumienia ( $\Phi_A + \Phi_B$ ; wzór 2) jest sinusoidalny (rys. 1b). Posługując się charakterystyką magnesowania ( $\Phi_A + \Phi_B$ ; rys. 1c) oraz przebiegami czasowymi  $\Phi_A$  oraz  $\Phi_B$  (rys. 1e), wyznaczmy przebieg czasowy strumienia ( $\Phi_A - \Phi_B$ ; rys. 1f). Znając go możemy - na podstawie związku (3) - określić przebieg czasowy napięcia

$u_2$  (rys.1g). Napięcie  $u_2$  zawiera parzyste harmoniczne ( $p = 2, 4, \dots$ ), wśród których decydującą rolę odgrywa - pożądana przez nas - 2-ga harmoniczna  $u_{2h}$  o częstotliwości  $f_2 = 2 f_1$  (rys.1h).

Spośród układów służących do trzykrotnego ( $p = 3$ ) powiększania częstotliwości na wyróżnienie zasługuje układ trzech jednofazowych transformatorów, przedstawiony na rys.2. Uzwojenia pierwotne tych transformatorów skojarzone są w gwiazdę, wtórne w otwarty trójkąt. W przypadku pracy w zakresie nieliniowej części charakterystyki magnesowania pojawia się w strumieniach poszczególnych faz - oprócz harmonicznej podstawowej - 3-cia harmoniczna (i jej wielokrotności). Na wyjściu transformatora (otwarty trójkąt) nie ujawnia się napięcie podstawowej harmonicznej; o wartości napięcia na wyjściu decyduje harmoniczna 3-cia.

Dla lepszego wykorzystania materiału i uzyskania większej sprawności można posłużyć się transformatorami trójuzwojeniowymi, tworząc układ służący równocześnie do transformacji przy  $f_1$  i  $3f_1$ .

Inne możliwości uzyskania częstotliwości  $f_2 = 3f_1$  podają układy, przedstawione na rys.3,4 i 5.

Dla uzyskania częstotliwości  $f_2 > 3f_1$  można posłużyć się układami kaskadowymi. I tak na przykład dla uzyskania częstotliwości  $f_2 = 4f_1$  można utworzyć kaskadę, składającą się z dwu szeregowo połączonych układów, służących do podwajania częstotliwości. Podobnie przez kaskadowe połączenie dwu układów, służących do 3-krotnego powiększania częstotliwości, otrzymamy częstotliwość  $f_2 = 9f_1$ .

Szczególny przypadek stanowi układ umożliwiający bezpośrednio uzyskanie częstotliwości 5-krotnej przy zasilaniu 5-ciu transformatorów z sieci 3-fazowej (rys.6) [6]

Jako przykład możliwości 2-krotnego zmniejszenia częstotliwości przytacza się układ przedstawiony na rys.7.

## LITERATURA

1. Bessonov L.A - Elektriczeskije cepi so stalju, G.E.I. 1948.
2. Bessonov L.A. - Avtokolebanja w elektriczeskich cepiach so stalju, G.E.I. 1958.
3. Pietrow G.N. Elektriczeskije masziny czI, G.E.I. 1956.
4. Pokrovskij S.W. - K woprosu o metodykie razczota statycznych udvoitielej czastoty, Naucz. dokł.wyż. szkoły, Elektromechanika i awtomatyka, 1958, Nr 1, str.82-101.
5. Fügli R. - Statische Frequenzumformung im festen Verhältnis 1 : 3 mittels Transformatoren, Bull. Schweiz. elektrotech. Ver. Bd.49 (1958). Nr 26, s.1224-1227.
6. Rożanskij L.L. - K teorii mnogofaznych umnożitelej czastoty, Elektriczesstwo, 1951, 5, str.57-63.

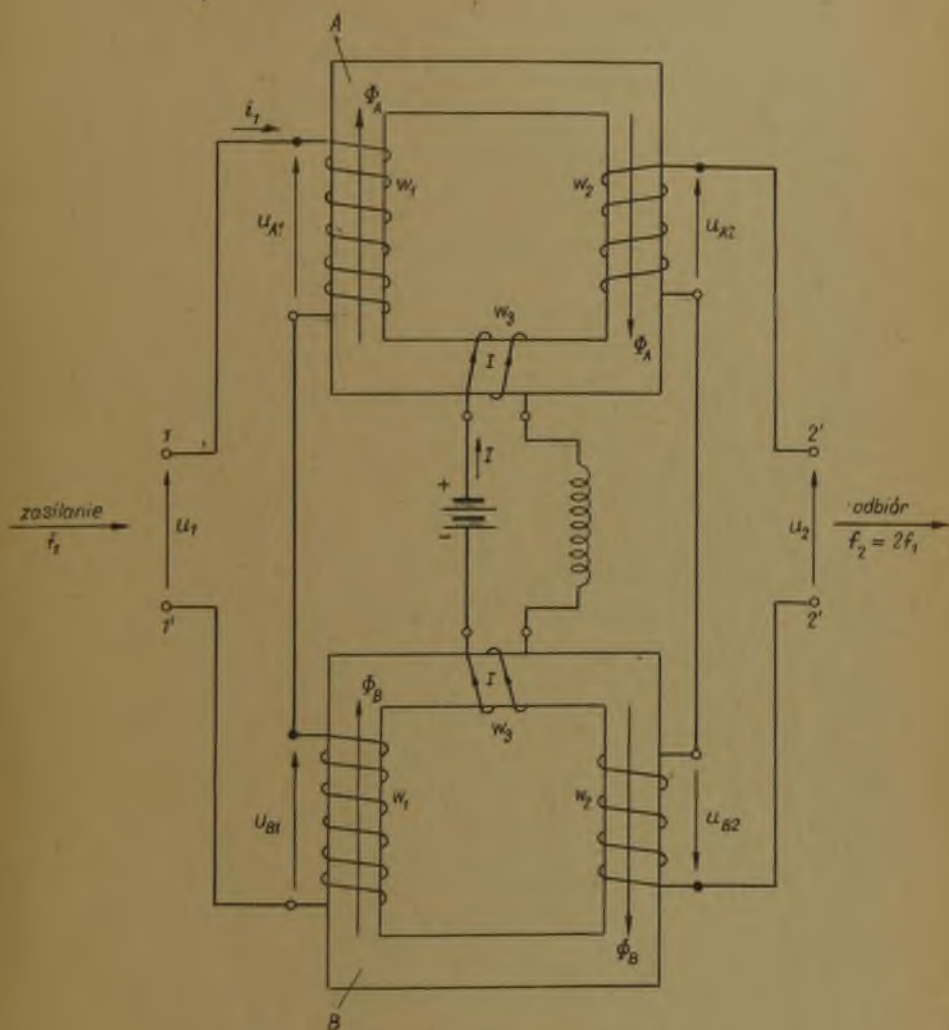
## Трансформаторы частоты

В работе рассматриваются все возможности трансформирования частот для энергетических установок. Автор дает основные положения существующих методов и их классификацию. В приложении дана сводка важнейшей литературы.

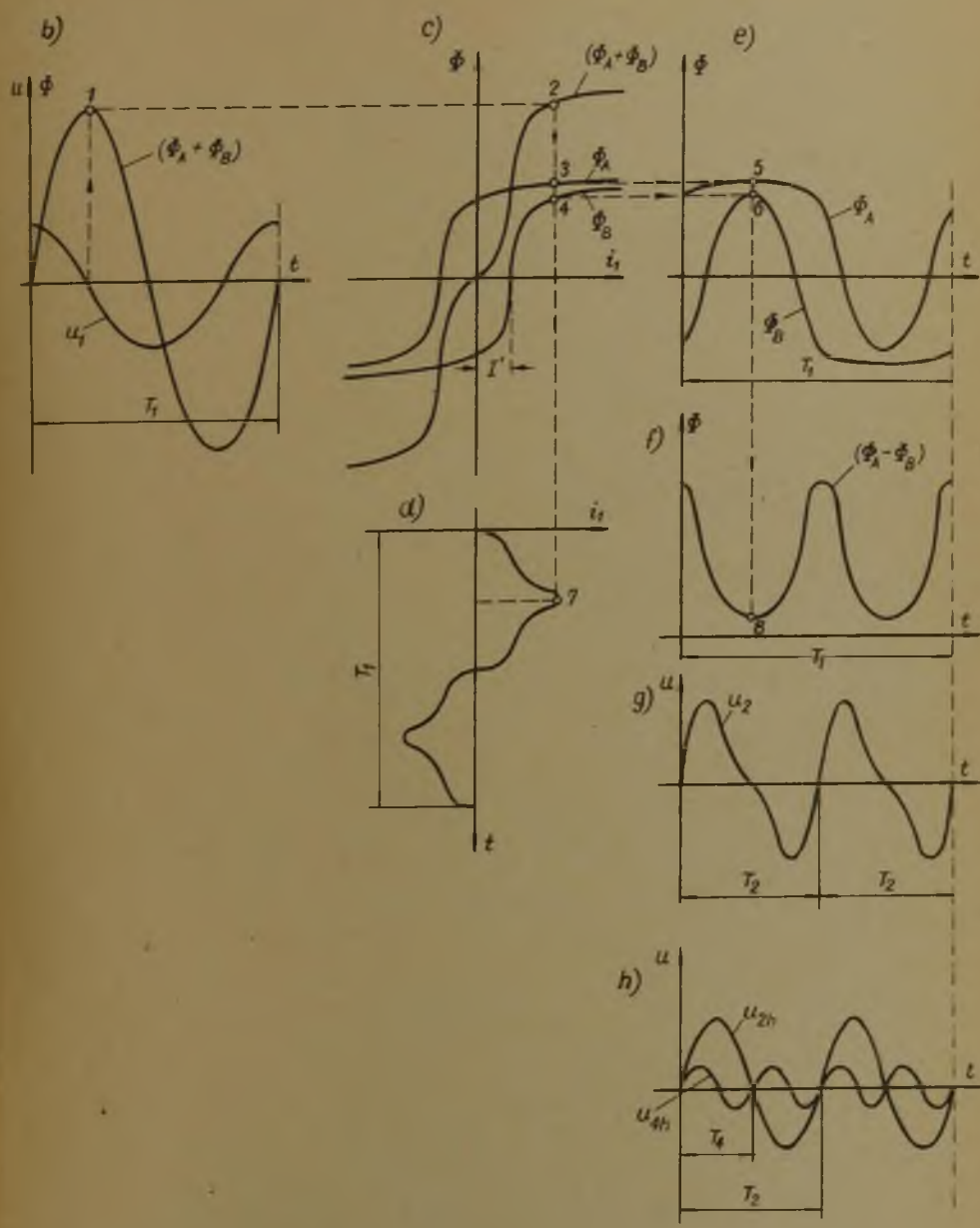
## Les transformateurs de fréquence

L'auteur donne un rappel succinct des methodes et schemas qui ont pour but la transformation des fréquences, nécessaires pour les commandes industrielles. Comme annexe l'auteur donne un extrait de la bibliographie concernant le sujet du rapport.

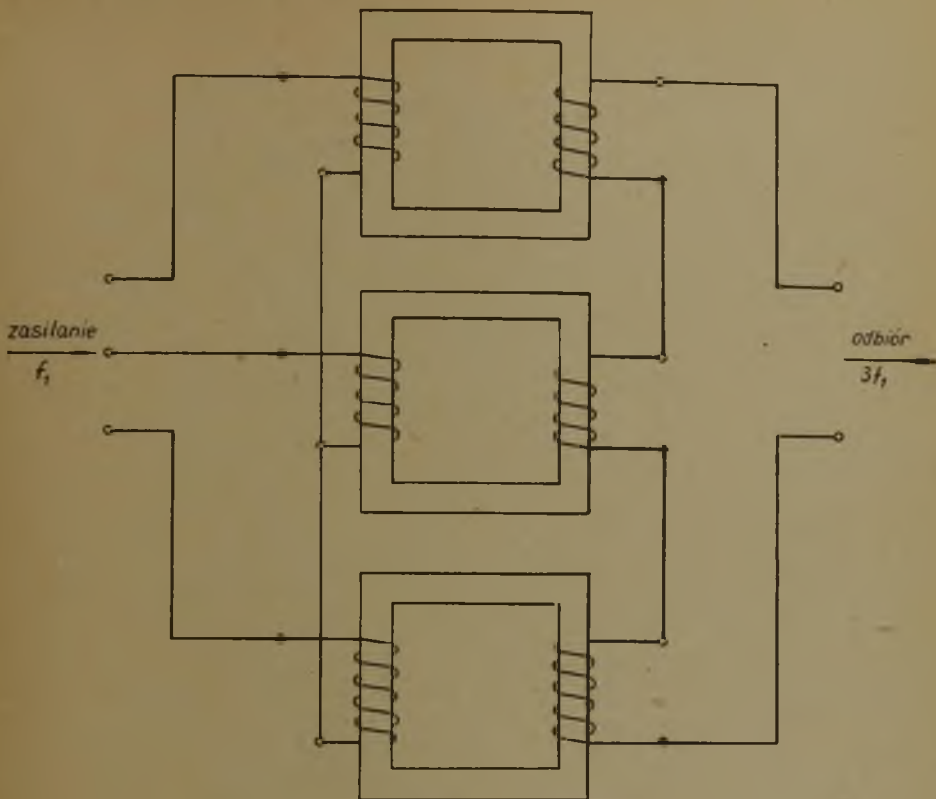
a)



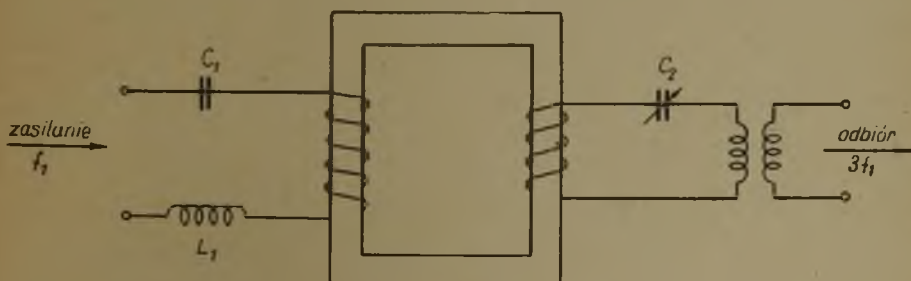
Rys.1. Zasada działania układu transformatorów do podwajania częstotliwości



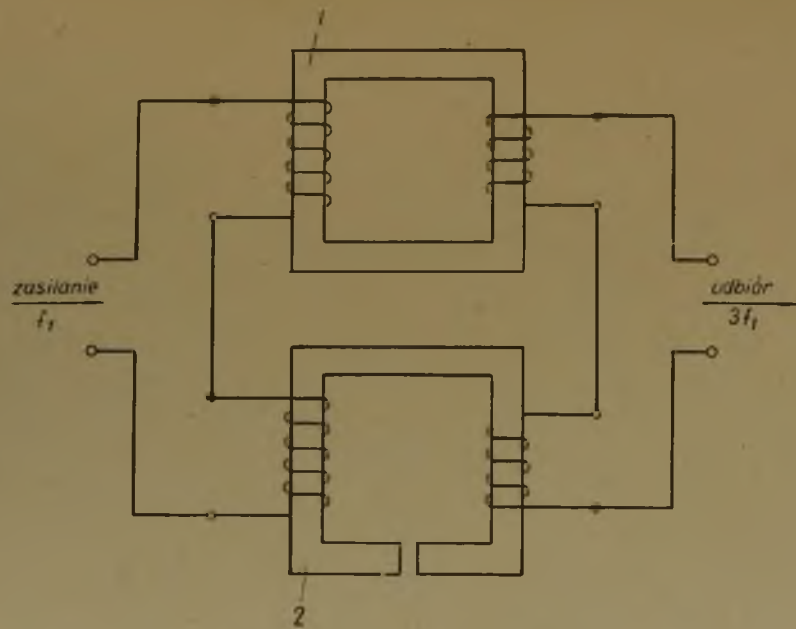
Rys.1. Zasada działania układu transformatorów do podwajania częstotliwości



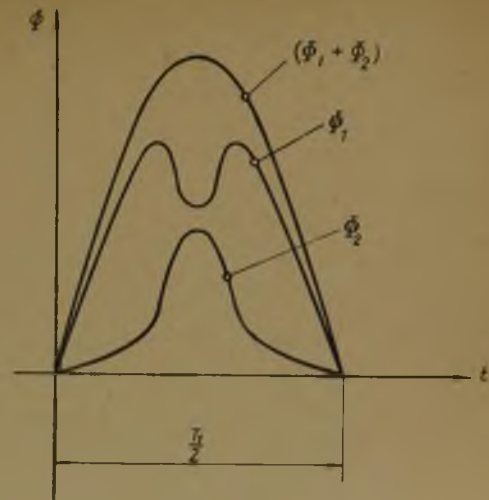
Rys.2. Schemat układu transformatorów do 3-krotnego powiększenia częstotliwości



Rys.3. Układ rezonansowy do 3-krotnego powiększenia częstotliwości



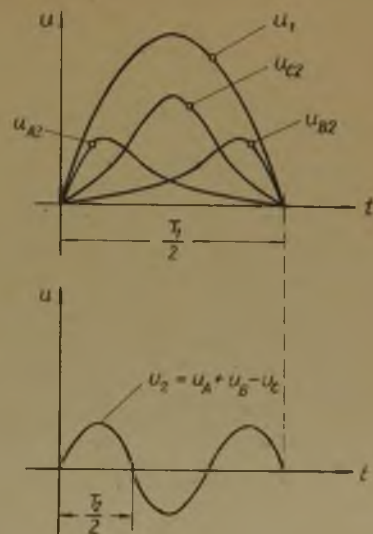
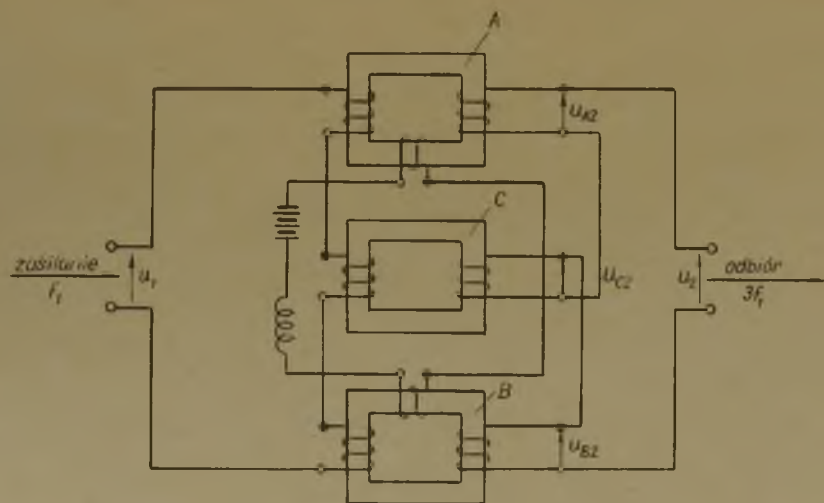
a)



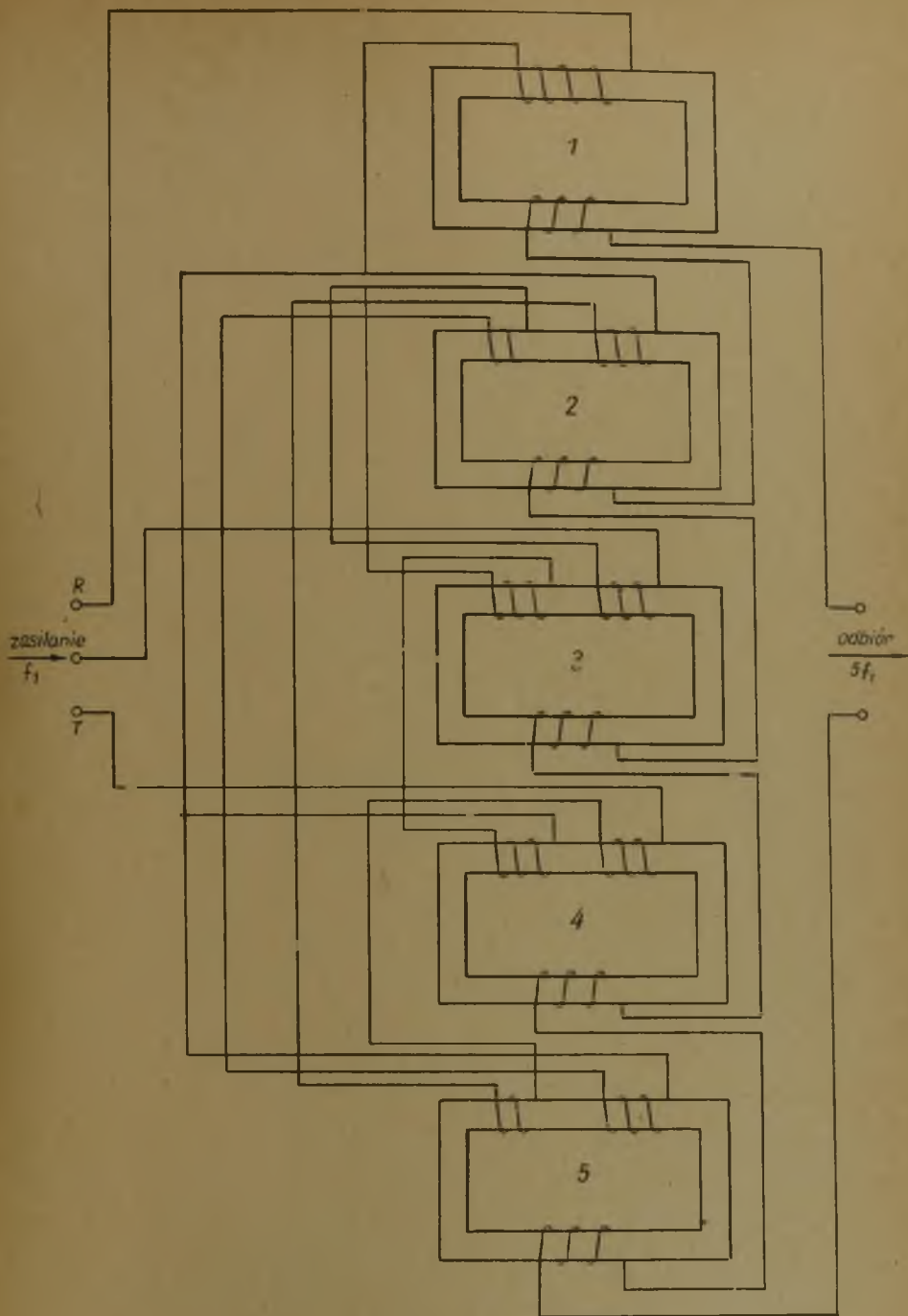
b)

Rys.4. Układ do 3-krotnego powiększenia częstotliwości  
(1 - transformator nasycony, 2 - transformator nienasycony)

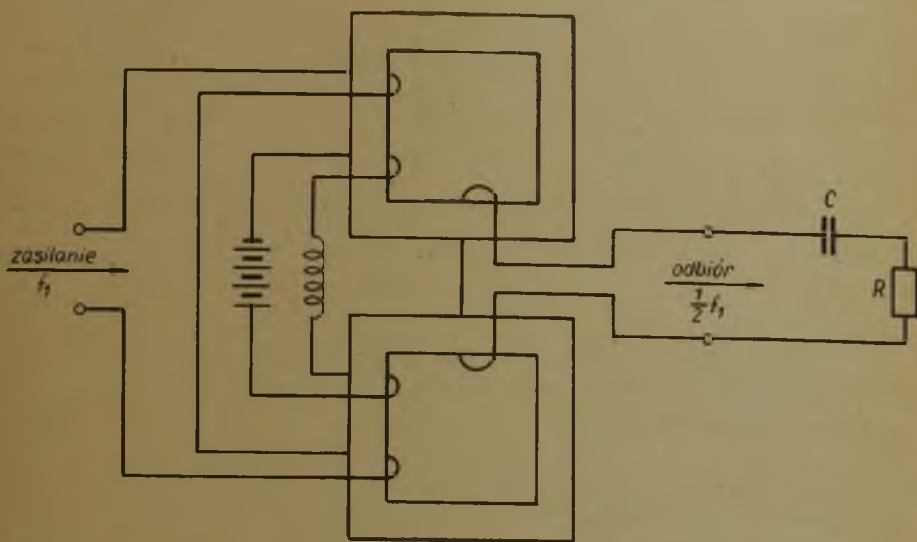




Rys.5. Układ do 3-krotnego powiększania częstotliwości z podmagnesowaniem



Rys.6. Układ transformatorów do 5-ciokrotnego powiększania częstotliwości



Rys.7. Układ do 2-krotnego zmniejszania częstotliwości