

Warszawa, 27 grudnia 1934 r.

URZĄD PATENTOWY



M 03h 7/00



RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 20743.

Kl. 21 a², 36/22.

Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson
(Stockholm, Szwecja).

Układ oporności pozornych.

Zgłoszono 18 listopada 1930 r.

Udzielono 21 listopada 1934 r.

Pierwszeństwo: 18 listopada 1929 r. dla zastrz. 1, 3, 4; 17 kwietnia 1930 r. dla zastrz. 2, 5 — 10;
13 października 1930 r. dla zastrz. 11 — 14 (Szwecja).

Wynalazek niniejszy dotyczy układów oporności pozornych, które mogą być zastosowane z powodzeniem np. w liniach telefonicznych lub telegraficznych do nadawania wielokrotnego, przyczem układ oporności pozornych według wynalazku ma między innymi na celu rozdzielanie prądów o różnych częstotliwościach czyli różnych szybkościach rozchodzenia się. W liniach ze wzmacniakami pośrednimi układ oporności pozornych według wynalazku może być użyty w celu uniknięcia zjawiska odbicia fali podczas przyłączania dwuprzewodowego wzmacniaka do linii.

Układ oporności pozornych według wynalazku można uważać za zespół dwóch

filtrów, które posiadają jednakowe zakresy częstotliwości czyli wstęgi częstotliwości o jednakowej szerokości i które są połączone jedną stroną (wejściową lub wyjściową) ze sobą tak, iż posiadają wspólną część, przyczem jeden filtr jest włączony wspomnianą stroną między zacisk wejściowy i zacisk wyjściowy całego układu, t. j. włączony jest w jedną gałąź układu, a czwórnik drugiego filtru, posiadającego wspólną część z pierwszym filtrem, jest włączony jedną parą zacisków między punkt symetrii pierwszego filtru a drugą gałąź układu. Obie połączone w szereg oporności pozorne pierwszego filtru, między którymi znajduje się punkt symetrii,

stanowią jednocześnie równoległe gałęzie szeregowej oporności pozornej drugiego filtru, przyczem oba filtry są obliczone tak, iż ich oporności falowe na zwróconych do siebie parach zacisków są wzajemnie odwrotnymi funkcjami częstotliwości, t. j. iloczyn obu wspomnianych oporności falowych jest stały. Pierwszy filtr, t. j. filtr, włączony jedną stroną do jednej z gałęzi układu, powinien posiadać najlepiej z wymienionej strony układ w kształcie litery π i zaczynać się bocznikową opornością pozorną, której punkt środkowy jest połączony z czwórnikiem drugiego filtru, natomiast wymieniony drugi filtr posiada z odpowiedniej strony układ w kształcie litery T i zaczyna się szeregową opornością pozorną, która zawiera obie jednakowe połówki bocznikowej oporności pozornej pierwszego filtru, jako równoległą gałąź.

Układ oporności pozornych, złożony z dwóch filtrów, posiada naogół cztery pary zacisków, a mianowicie dwie pary zacisków, które stanowią końcowe punkty obu gałęzi układu, nazywane w dalszym ciągu opisu „głównymi parami zacisków” układu oraz wolne pary zacisków obu filtrów, t. j. pary zacisków na niepołączonych ze sobą stronach filtrów. Układ oporności pozornych według wynalazku przedstawia złożony ustrój filtrujący, w którym można osiągnąć rozmaite działanie filtrujące, wybierając cztery pary zacisków w różnych kombinacjach parami, jako zaciski wejściowe lub wyjściowe.

Opis, podany poniżej, oraz rysunek wyjaśniają bliżej wynalazek. Na rysunku fig. 1 przedstawia schematycznie zasadniczy układ oporności pozornych, fig. 2 i 3 przedstawiają osobno dwa filtry, jakie zawarte są w układzie oporności pozornych według fig. 1, fig. 4 przedstawia układ oporności pozornych, podobny do układu oporności pozornych według fig. 1, lecz symetryczny, fig. 5 — dwa filtry, przez połączenie których otrzymuje się układ opor-

ności pozornych według wynalazku, fig. 6 — dwa odpowiadające sobie zestawienia częściowych oporności pozornych w obu filtrach, przedstawionych na fig. 5, fig. 7 — odmianę zestawienia częściowych oporności pozornych według fig. 6, fig. 8 — odmianę układu oporności pozornych według wynalazku z transformatorem różnicowym, fig. 9 — schematycznie układ wzmacniaka dwukierunkowego, zaopatrzonego w układy oporności pozornych według wynalazku, fig. 10 — część wzmacniaka dwukierunkowego w układzie według wynalazku, stosowanym w praktyce, fig. 11 — 15 przedstawiają różne postacie wykonania układu oporności pozornych według wynalazku, fig. 16 — układ połączeń urządzenia nadawczego i urządzenia odbiorczego, pracujących zapomocą sygnałów wielkiej i małej częstotliwości; wymieniony układ połączeń zawiera pewną liczbę układów oporności pozornych według wynalazku, połączonych kaskadowo, fig. 17 przedstawia przykład wykonania połączenia według wynalazku między linią dwuprzewodową a linią czteroprzewodową spupinizowaną, przyczem poszczególne gałęzie układu czteroprzewodowego są użyte do przenoszenia prądów telefonicznych w kierunkach przeciwnych, wreszcie fig. 18 przedstawia odmianę układu według fig. 17, w którym obie linie układu czteroprzewodowego są połączone równoległe, tworząc razem pojedynczy obwód telefoniczny.

Układ oporności pozornych według fig. 1 jest wykonany w postaci zbocznikowanego układu T i zawiera dwie jednakowe oporności pozorne 11, 12, włączone w szereg w gałąź a układu, bocznikującą oporność pozorną, złożoną z oporności pozornej wejściowej i wyjściowej czwórnika 18 oraz bocznikową oporność pozorną, łączącą punkt symetrii P między opornościami pozornymi 11, 12 z przeciwległą gałęzią b układu, a utworzona z oporności pozornej wejściowej i wyjściowej drugiego czwórnika 17, i która

jest przyłączona równolegle do dwóch oporności pozornych 11, 12. Pod względem elektrycznym układ oporności pozornych składa się z dwóch filtrów *A*, *B*, które zawierają wspólne człony w postaci oporności pozornych 11 i 12 i są przedstawione osobno na fig. 2 i 3. Jak uwidoczniło na rysunku wspólne obu filtrom oporności pozorne 11, 12 mogą być traktowane jako równolegle połączone gałęzie szeregowej oporności pozornej w filtrze *A* oraz jako szeregowo połączone połówki bocznikowej oporności pozornej filtru *B*, włączonej między zaciski *e*, *f* czwórnika 18. Aczkolwiek oporności pozorne 11, 12 na fig. 1 są przyłączone bezpośrednio do punktu symetrii *P*, to oczywiście można przypuścić, że przeciwległe końce wymienionych oporności pozornych są połączone w jeden wspólny zacisk *c* (fig. 2), przyczem drugi zacisk stanowi po tej samej stronie filtru *A* zacisk *d* czwórnika 17 i zacisk ten na fig. 1 jest połączony z gałęzią *b*. Przeciwniegiłą parę zacisków filtru *A* stanowią wolne zaciski 7, 8 czwórnika 17. W podobny sposób drugą parę zacisków filtru *B* stanowią wolne zaciski 5, 6 czwórnika 18. Do wspomnianych wolnych par zacisków 7, 8 oraz 5, 6 mogą być przyłączone pozorne oporności końcowe czyli aparaty R_1 względnie R_2 , np. aparat nadawczy i odbiorczy. Układ oporności pozornych, złożony z filtrów *A* i *B*, jest zaopatrzony w zaciski wejściowe 3, 4 i zaciski wyjściowe 1, 2 na końcach gałęzi *a* i *b*. Jak uwidoczniło zaciski 1 i 3 układu, należące do każdej z par zacisków 1, 2 oraz 3, 4, zlewają się z parą zacisków *e*, *f* filtru *B*.

W praktycznym wykonaniu wynalazku układ oporności pozornych jest zazwyczaj przyłączony zapomocą obu głównych par zacisków 1, 2 i 3, 4 do linii lub aparatów, których oporności pozorne są sobie równe i przytem najlepiej stałe.

W celu obliczenia wartości wejściowej oporności pozornej układu oporności po-

zornych, np. na zaciskach 3, 4, po przyłączeniu końcowej oporności pozornej *K* (fig. 1) do przeciwległej pary zacisków głównych 1, 2 można rozumować w sposób następujący. Niech np. napięcia na parach zacisków 3, 4 oraz 1, 2 będą oznaczone zapomocą wyrażeń

$$\begin{aligned} V_{3,4} &= V + v \\ V_{1,2} &= V - v \end{aligned}$$

przyczem wymienione napięcia uważa się za dodatnie, jeżeli posiadają kierunek strzałek, przedstawionych na fig. 1, w przeciwnym zaś razie uważa się je za ujemne. Wyrażenia na prądy wejściowe i wyjściowe będą miały wówczas podobną postać matematyczną, a mianowicie:

$$\begin{aligned} I_{3,4} &= I + i \\ I_{1,2} &= I - i \end{aligned}$$

wobec czego prąd, płynący od punktu symetrii *P* do gałęzi *b*, jest równy $2I$. Stan elektryczny układu oporności pozornych może być więc uważany jako wynik nakładania się dwóch rozdziałów prądu, a mianowicie symetrycznego rozdziału prądu, wywołanego jednakowymi napięciami *V* z obu stron układu oporności pozornych oraz drugiego rozdziału prądu, wywołanego przez napięcia $-v$ i $+v$.

Poza tem wprowadzono oznaczenia następujące: X_1 — oporność pozorna filtru *A* między zaciskami *c* i *d*, X_2 — oporność pozorna filtru *B* między zaciskami *e* i *f*, przyczem oczywiście obie oporności pozorne X_1 , X_2 są zależne od końcowych oporności pozornych R_1 i R_2 , przyłączonych do par zacisków 7, 8 względnie 5, 6.

Gdy oba napięcia *V*, równe sobie i zwrócone w górę, działają tylko same w układzie oporności pozornych według fig. 1, to z obu stron układu oporności pozornych zostają wytworzone jednakowe prądy *I* przyczem

$$I = \frac{V}{2X_1}$$

Jeśli zaś na parach zacisków 3, 4 lub 1, 2 działają przeciwnie skierowane napięcia $+v$ i $-v$, to w obu stronach układu będą płynęły jednakowe, lecz przeciwnie skierowane prądy i , przyczem

$$i = \frac{2v}{X_2}$$

Końcowa oporność pozorną K , przyłączona do zacisków wyjściowych 1, 2, może być wyrażona zapomocą równania

$$K = -\frac{V-v}{I-i} = -\frac{V-v}{\frac{V}{2X_1} - \frac{2v}{X_2}} = -\frac{\frac{V}{v} - 1}{\frac{V}{v} \cdot \frac{1}{2X_1} - \frac{2}{X_2}}$$

W podobny sposób może być wyrażona wejściowa oporność pozorną układu oporności pozornych na zaciskach 3, 4.

$$Z = \frac{V+v}{I+i} = \frac{V+v}{\frac{V}{2X_1} + \frac{2v}{X_2}} = \frac{\frac{V}{v} + 1}{\frac{V}{v} \cdot \frac{1}{2X_1} + \frac{2}{X_2}}$$

Po wyeliminowaniu z obu równań wyrażenia $\frac{V}{v}$ otrzymuje się równanie następujące:

$$Z = \frac{4X_1(X_2 + K) + X_2 K}{4(X_1 + K) + X_2} \quad 1)$$

Obierając końcową oporność pozorną K tak, aby

$$K = \sqrt{X_1 \cdot X_2} \quad 2)$$

otrzymuje się z równania 1)

$$Z = \frac{4X_1 \left(\frac{K^2}{X_1} + K \right) + \frac{K^3}{X_1}}{4(X_1 + K) + \frac{K^2}{X_1}} = K \quad 3)$$

Wskutek symetrii układu oporności pozornych oporność pozorną wyjściową układu oporności pozornych na zaciskach 1, 2 jest wtedy równa K , układ zaś oporności pozornych zostaje tem samem zapomocą końcowej oporności pozornej K zamknięty w sposób, zapobiegający uwydatnianiu się

zjawiska odbicia fali. Na podstawie powyższego można również stwierdzić, że jeżeli obydwaj filtry są tak obliczone i zamknięte, iż średnia geometryczna $\sqrt{X_1 \cdot X_2}$ jest równa wartości K dwóch równych sobie oporności pozornych, przyłączonych do zacisków wejściowych 3, 4 i wyjściowych 1, 2, to w przyłączeniach do obu wymienionych par zacisków nie występuje zjawisko odbicia fali.

Jak zaznaczono wyżej wynalazek niniejszy ma na celu stworzenie układu oporności pozornych, który działałby jako filtr, a oprócz tego posiadałby stałe, t. j. niezależne od częstotliwości, oporności pozorne: wejściową i wyjściową. Pożądany wynik może być np. otrzymany przez takie obliczenie filtru, aby jego oporności falowe Z_1 i Z_2 na zaciskach c, d i e, f były odwrotnemi funkcjami częstotliwości oraz przez zastosowanie końcowych oporności pozornych R_1, R_2 , które są równe opornościom falowym filtru na parach zacisków 7, 8 względnie 5, 6. Ponieważ oporności pozorne X_1, X_2 są wówczas identyczne z opornościami falowymi Z_1, Z_2 można więc napisać równanie

$$\sqrt{Z_1 \cdot Z_2} = K \quad 4)$$

Przykład kombinacji filtrów A, B , czyniący zadość równaniu 4), jest przedstawiony na fig. 5. Każdy z filtrów składa się z kilku jednakowych członów, przyczem filtr A posiada na zaciskach c, d układ w kształ-

cie litery T, natomiast filtr B posiada na zaciskach e, f układ w kształcie litery π . Filtr A , licząc od zacisków c, d , zaczyna się od szeregowej oporności pozornej x_4 , natomiast filtr B zaczyna się od bocznikowej oporności pozornej y_4 , licząc od zacisków e, f , przyczem wspólne człony filtrujące 11, 12 tworzą z jednej strony część oporności pozornej x_4 w filtrze A , która zawiera dodatkowy człon 22, połączony szeregowo z członami 11, 12, które połączone są ze sobą równolegle, z drugiej zaś strony tworzą część oporności pozornej y_4 w filtrze B , która to oporność pozorna y_4 zawiera oprócz tego człon 23, połączony szeregowo z równolegle ze sobą połączonymi członami 11, 12. Oporności falowe obu filtrów na zaciskach c, d oraz e, f , są odpowiednio następujące:

$$Z_1 = \sqrt{X_3 \cdot X_4} \cdot \sqrt{2 + \frac{X_4}{X_3}}$$

$$Z_2 = \sqrt{Y_3 \cdot Y_4} \cdot \sqrt{\frac{1}{2 + \frac{Y_3}{Y_4}}}$$

Poza tem zakłada się, że człony obu filtrów dobrano tak, aby

$$\sqrt{X_3 \cdot X_4} = \sqrt{Y_3 \cdot Y_4} = K, \quad 5)$$

gdzie K jest wartością stałą, oraz aby

$$\frac{X_4}{X_3} = \frac{Y_3}{Y_4},$$

które to warunki mogą być spełnione np. wtedy, gdy obie oporności szeregowe obu filtrów są wyłącznie indukcyjne, a oporności bocznikowe — wyłącznie pojemnościowe.

Jeżeli równanie 2) jest spełnione, to wówczas wejściowa oporność pozorna Z na parach zacisków 3, 4 jest również stała

dla wszystkich częstotliwości i równa K . Po osiągnięciu powyższego rezultatu można, dodając na zaciskach 3, 4, odpowiednie oporności pozorne, otrzymać wejściową oporność pozorną, która zmienia się wraz z częstotliwością w dowolny żądany sposób, tak iż układ oporności pozornych może być przyłączony do linii, której oporność falowa zmienia się wraz z częstotliwością, bez obawy uwydatnienia się zjawiska odbicia fali.

Jak już podkreślono wyżej można osiągnąć rozmaite działanie filtrów, stosując układ oporności pozornych według wynalazku. Między obu parami zacisków głównych 3, 4 i 1, 2 układu oporności pozornych zostają stłumione wszystkie częstotliwości, leżące we wspólnym zakresie częstotliwości obu filtrów A i B . Układ oporności pozornych działa więc między głównymi parami zacisków jako tak zwany eliminacyjny filtr wstęgowy. Między dowolną parą zacisków głównych, np. 3, 4, a którąkolwiek z wolnych par zacisków 7, 8 lub 5, 6 filtrów A, B układ oporności pozornych działa jako filtr tego samego rodzaju co i każdy z filtrów składowych A, B , np. jako filtr wstęgowy, filtr dolnych częstotliwości lub filtr górnych częstotliwości. Między obu wolnymi parami zacisków 7, 8 i 5, 6 obu filtrów składowych zostają stłumione wszystkie częstotliwości, wskutek czego napięcie o dowolnej częstotliwości, przyłożone do jednej z wymienionych par zacisków nie wywoła żadnego napięcia na drugiej parze zacisków.

Układ oporności pozornych według wynalazku może być np. stosowany z powodzeniem w urządzeniach telegraficznych lub telefonicznych do nadawania wielokrotnego w ten sposób, iż kilka układów oporności pozornych według wynalazku, które wszystkie posiadają tę samą wartość średniej geometrycznej $\sqrt{Z_1 \cdot Z_2} = K$, lecz różne zakresy częstotliwości, zostaje połączonych kaskadowo głównymi parami za-

cisków, przyczem aparaty nadawcze i odbiorcze, które należą do obwodów telefonicznych, odpowiadających różnym częstotliwościom, zostają przyłączone do wolnych par zacisków 7, 8 i 5, 6 poszczególnych układów oporności pozornych. Jeśli ostatni z układów oporności pozornych, połączonych kaskadowo, będzie zaopatrzony w pozorną oporność wyjściową, przyłączoną do zacisków wyjściowych i równą co do wartości K , to i wejściowa oporność pozorna dla całego zespołu układów, połączonych kaskadowo, będzie równa K dla wszystkich częstotliwości niezależnie od liczby układów oporności pozornych, połączonych kaskadowo. O ile więc linia połączona jest na stronie wejściowej pierwszego układu oporności pozornej w szereg z opornością pozorną K , to wszystkie drgania, przychodzące z linii, będą przepuszczane do pierwszego układu oporności pozornych bez zjawiska odbicia fali, niezależnie od częstotliwości wymienionych drgań. Częstotliwości drgań, zawarte wewnątrz zakresu częstotliwości pierwszego układu oporności pozornych, zostaną w tym układzie wydzielone i mogą być odebrane w aparatach, przyłączonych do wolnych par zacisków 7, 8 i 5, 6 pierwszego układu, natomiast wszystkie pozostałe częstotliwości zostaną przepuszczone bez tłumienia przez pierwszy układ oporności pozornych i wejdą do następnego z kolei układu oporności pozornych, który wydzieli znów częstotliwości, należące do zakresu tego układu i t. d.

W praktyce może niekiedy przedstawiać pewne trudności taka konstrukcja oporności pozornych końcowych R_1, R_2 , aby

te oporności były dla wszelkich częstotliwości równe opornościom falowym filtrów A, B na stronach wyjściowych. Warunek 2) może być jednak spełniony w inny sposób. Niech filtry składają się np. z jednokowej liczby członów, jak na fig. 5, i niech członowie w postaci oporności pozornych $x_4, x_3, x_2, \dots$ oraz członowie w postaci oporności pozornych $y_4, y_3, y_2, \dots$ w obu filtrach A, B będą wzajemnie przeciwne tak, aby

$$\sqrt{X_4 \cdot Y_4} = \sqrt{X_3 \cdot Y_3} = \sqrt{X_2 \cdot Y_2} = \dots = K \quad 6)$$

Poza tem, niech oporności pozorne końcowe R_1, R_2 mają takie wartości, aby

$$\sqrt{R_1 \cdot R_2} = K \quad 7)$$

W przeciwieństwie do przypadku, rozpatrzonego przy omawianiu fig. 5, poszczególne członowie filtru w każdym z filtrów A, B mogą być w danym przypadku nierówne. Można przypuścić, iż oba filtry rozszerza się stopniowo przez kolejne dodawanie różnych oporności pozornych x, y do obu oporności końcowych R_1, R_2 , dodając jednak przytem za każdym razem w tej samej w obu filtrach kolejności oporności pozorne wzajemnie przeciwne; wówczas łatwo zauważyć, iż średnia geometryczna wejściowych oporności pozornych obu wzrastających stopniowo filtrów będzie zawsze wynosiła K . Dodając np. najpierw szeregową oporność pozorną x_1 do oporności pozornej końcowej R_1 oraz bocznikową oporność pozorną y_1 do oporności pozornej końcowej R_2 otrzymuje się następującą wartość średniej geometrycznej obu otrzymanych oporności pozornych

$$\sqrt{\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{X_1}} \cdot (R_2 + Y_1)} = \sqrt{\frac{1}{\frac{R_2}{K^2} + \frac{Y_1}{K^2}} \cdot (R_2 + Y_1)} = K$$

Dodając oporności pozorne x_1, y_1 odrazu daje się zauważyć, że średnia geome-

tryczna zestawionych oporności pozornych pozostanie nadal równa K . Wynik ten jest

oczywiście niezależny od liczby dodawanych stopniowo członów filtrów. Przy zestawieniu w ten sposób obu filtrów A, B należy uważać, aby spełniały one warunek 2), aczkolwiek oporności pozorne końcowe R_1, R_2 niekoniecznie muszą być równe wyjściowym opornościom falowym filtru. Można również wykazać, że i warunek 4) zostaje spełniony. W tym celu należy wprowadzić następujące nowe oznaczenia:

Z_{s1} — oporność między zaciskami c, d przy zwarcu filtru A ,

Z_{o1} — oporność między zaciskami c, d przy stanie jałowym filtru A ,

Z_{s2} — oporność między zaciskami e, f przy zwarcu filtru B ,

Z_{o2} — oporność między zaciskami e, f przy stanie jałowym filtru B .

Ponieważ oporności pozorne końcowe R_1, R_2 muszą spełniać tylko warunek, aby $\sqrt{R_1 \cdot R_2} = K$, zatem jedna z wymienionych oporności końcowych może rosnąć, zbliżając się do nieskończoności, jeżeli druga oporność jednocześnie maleje, zbliżając się do zera, przy zachowaniu stałej wartości iloczynu. W pierwszym przypadku granicznym, jeżeli $R_1 = 0$, zaś $R_2 = \infty$, otrzymuje się

$$X_1 = Z_{s1} \text{ i } X_2 = Z_{o2}$$

skąd wynika, że $Z_{s1} \cdot Z_{o2} = X_1 \cdot X_2 = K^2$.

W drugim zaś przypadku granicznym, to jest gdy $R_1 = \infty$, zaś $R_2 = 0$, otrzymuje się $X_1 = Z_{o1}$ oraz $X_2 = Z_{s2}$, skąd wynika, że $Z_{o1} \cdot Z_{s2} = X_1 \cdot X_2 = K^2$. Ponieważ oporność falowa filtru równa się zawsze średniej geometrycznej oporności w stanie zwarcia i oporności w stanie jałowym otrzymuje się zatem:

$$\sqrt{Z_{s1} \cdot Z_{o1} \cdot Z_{s2} \cdot Z_{o2}} = K^2 = Z_1 \cdot Z_2$$

a więc i warunek 4) jest spełniony.

Z równań, otrzymanych z rozpatrzenia warunków dla granicznych wartości opor-

ności pozornych końcowych R_1, R_2 wynika, że

$$\frac{Z_{s1}}{Z_{o1}} = \frac{Z_{s2}}{Z_{o2}}$$

Z równania tego wynika, że w obu filtrach A i B szybkość rozchodzenia się fali jest jednakowa, a więc oba te filtry posiadają ten sam zakres częstotliwości. Okoliczność ta, jak już nadmieniono wyżej, jest podstawowym warunkiem dla obu filtrów, z których składa się układ oporności pozornych.

Przykład wykonania wynalazku według fig. 4 jest równoważny przykładowi, przedstawionemu na fig. 1, różni się jednak tem, że obie gałęzie a i b układu oporności pozornych są sobie równe, ponieważ filtr B został zastąpiony dwoma filtrami D, E , włączonemi odpowiednio do obu gałęzi a i b . Każdy z wymienionych filtrów D, E , podobnie jak filtr B według fig. 1, składa się z czwórnik 19 względnie 20 wraz z dwiema równymi opornościami pozornymi 13, 14 względnie 15, 16, przyczem wymienione oporności pozorne są parami włączone między zaciski jednej strony czwórniaka. Wolne pary zacisków filtrów D, E , odpowiadające zaciskom 5, 6 na fig. 1, są oznaczone cyframi 5, 6 oraz 9, 10. Filtr C posiada w tym przypadku czwórnik 21, odpowiadający czwórnikowi 17, oraz oporności pozorne 13, 14, 15, 16, z których oporności 13, 14 są wspólne dla filtrów C i D , oporności zaś 15, 16 — dla filtrów C i E .

Podobne rozumowanie, jak przy rozpatrywaniu filtrów według fig. 5, może być zastosowane w stosunku do połączenia każdej z oporności pozornych x_1, x_2 i t. d. oraz każdej z oporności pozornych y_1, y_2 i t. d. Fig. 6 wyjaśnia schematycznie sposób zestawiania poszczególnych oporności pozornych x i y w celu uczynienia zadość warunkowi, aby każdy z iloczynów $x_1 \cdot y_1$; $x_2 \cdot y_2$; i t. d. był równy wartości stałej K .

Każde połączenie szeregowe dwóch częściowych oporności pozornych, np. a_1 i a_2 w oporności pozornej x , odpowiada równoległemu połączeniu dwóch oporności b_1 i b_2 w oporności pozornej y . Jeśli częściowe oporności pozorne a_1, a_2, a_3 i t. d. oraz b_1, b_2, b_3 i t. d. obierze się odpowiednio w obu opornościach pozornych tak, aby

$$\sqrt{a_1 \cdot b_1} = \sqrt{a_2 \cdot b_2} = \sqrt{a_3 \cdot b_3} = K$$

to wobec tego, że filtry A, B składają się z oporności pozornych x_1, y_1 i t. d., łatwo stwierdzić, iż średnia geometryczna wartość oporności pozornych x, y , dołączonych w wyżej podany sposób, będzie równa K . Najprostszy sposób spełnienia podanego warunku przy dołączaniu x i y jest takie obranie częściowych oporności pozornych a, b , aby w każdej parze częściowych oporności pozornych a_1, b_1 i t. d., jedna oporność częściowa była wywołana pojemnością C , a druga — indukcyjnością L , w którym to przypadku

$$\sqrt{a_1 \cdot b_1} = \sqrt{\frac{1}{j \cdot \omega \cdot C} \cdot j \cdot \omega \cdot L} = \sqrt{\frac{L}{C}} = K$$

lub też obie oporności składowe w każdej parze oporności a, b mogą być opornościami omowemi r_1 i r_2 , które obiera się tak, aby

$$\sqrt{r_1 \cdot r_2} = K.$$

Jeśli wszystkie oporności częściowe a, b mają postać kondensatorów i cewek indukcyjnych, to muszą one przedstawiać możliwie najmniejszą oporność, ponieważ inaczej warunek, aby każdy z iloczynów a_1, b_1 i t. d. był równy wartości stałej, nie byłby dokładnie spełniony. Błąd, spowodowany stratami w przyrządach o wyżej wymienionych opornościach, może być sprowadzony do bardzo małej wartości, jeśli średnia geometryczna strat w każdej parze oporności pozornych będzie równa K ,

ponieważ wtedy warunek co do wielkości oporności pozornych będzie dokładnie spełniony również dla tych częstotliwości, przy których następuje rezonans, a straty najbardziej się uwydatniają.

Fig. 7 przedstawia dwie, odpowiadające sobie oporności pozorne x, y , z których każda składa się odpowiednio z kondensatora o pojemności C_x i C_y , z cewki indukcyjnej posiadającej odpowiednio współczynniki samoindukcji L_x i L_y oraz oporności omowej odpowiednio r_x i r_y . Pomijając straty w opornikach należy kondensatory i cewki indukcyjne obrać tak, aby

$$\sqrt{\frac{L_x}{C_y}} = \sqrt{\frac{L_y}{C_x}} = K$$

a podczas rezonansu

$$x \approx \frac{L_x}{r_x \cdot C_x} \quad \text{ i } \quad y = r_y$$

Aby średnia geometryczna wartości x i y była równa K również w warunkach rezonansu powinno być

$$r_y \cdot \frac{L_x}{r_x \cdot C_x} = K^2 = \frac{L_y}{C_x}$$

skąd

$$\frac{r_x}{L_x} = \frac{r_y}{L_y}$$

Aby wpływ strat na warunki obliczenia oporności był możliwie mały, kąty stratności cewek indukcyjnych o współczynnikach samoindukcji L_x, L_y muszą być sobie równe co można osiągnąć, zaopatrując np. cewki indukcyjne w jednakowe rdzenie żelazne i uzważając je jednakowo.

Fig. 8 przedstawia przykład wykonania układu oporności pozornych według wynalazku z transformatorem różnicowym. W wymienionym układzie filtr H składa się z czwórnika 17 i z pierwotnego uzwo-

jenia transformatora różnicowego. Pierwotne uzwojenie wymienionego transformatora składa się z czterech cewek odpowiednio o współczynnikach samoindukcji L_1, L_2, L_3, L_4 , nawiniętych na jednym rdzeniu, silnie ze sobą sprzężonych magnetycznie oraz połączonych parami szeregowo, przyczem każda para cewek jest włączona do jednej z gałęzi a, b układu oporności pozornych, które łączą zaciski wyjściowe 1, 2 z zaciskami wejściowymi 3, 4. Czwórnik 17 jest włączony między środkowe punkty obu par cewek. Wobec silnego sprzężenia magnetycznego transformator nie wprowadza do obwodu ani indukcyjności własnej ani strat w żelazie, lecz stanowi tylko niewielką oporność omową w filtrze. Filtr I zawiera zarówno pierwotne uzwojenia $L_1 - L_4$, jak i wtórne uzwojenie L_5 transformatora różnicowego, a oprócz tego czwórnik 18, przyłączony do zacisków uzwojenia wtórnego. Filtr I jest przyłączony poprzez transformator różnicowy tak samo do gałęzi a, b układu oporności pozornych z zachowaniem symetrii połączenia. Wymieniony układ może być z korzyścią zastosowany we wzmacniakach dwukierunkowych lub podobnych urządzeniach, przyczem linię lub odcinek linii przyłącza się do zacisków 3, 4 a odpowiednią linię sztuczną w postaci układu oporności pozornych do zacisków 1, 2. Do zewnętrznych par zacisków 5, 6 i 7, 8 obu filtrów I, H może być na życzenie przyłączony obwód nadawczy oraz obwód odbiorczy lub też obwody wzmacniające, odpowiadające danemu kierunkowi rozmowy.

Fig. 9 przedstawia schematycznie przykład zastosowania wynalazku do dwukierunkowego wzmacniaka. Do par zacisków g, h oraz i, j mogą być przyłączone linie lub odcinki linii, przyczem odpowiadające wymienionym linjom linie sztuczne są oznaczone literami N_1, N_2 . Wzmacniaki V_1, V_2 , z których każdy jest przeznaczony tylko dla jednego kierunku rozmowy, są przy-

łączone do linii za pośrednictwem transformatorów różnicowych T_1, T_2 i filtrów K'_1, K''_1, K'_2, K''_2 . Filtry K''_1, K'_2 tworzą razem z transformatorem różnicowym T_1 układ oporności pozornych według wynalazku, a filtry K'_1, K''_2 tworzą razem z transformatorem różnicowym T_2 drugi taki sam układ oporności pozornych. Jak przedstawiono na fig. 9 filtry K''_1, K'_2 od strony, zwróconej do transformatora T_1 , posiadają odpowiednio układ w kształcie litery T i π , a po przeciwległej stronie również układ w kształcie litery T i π . Oba filtry K'_1 i K'_2 po przeciwległej stronie każdego wzmacniaka są wykonane w taki sam sposób. W wymienionym układzie oba filtry, np. K'_1, K''_2 , posiadają więc człony o różnych opornościach falowych po obu stronach. Oba filtry posiadają tę samą liczbę połówek filtrów, która to liczba może być parzysta lub nieparzysta.

Fig. 10 przedstawia przykład praktycznego zastosowania wynalazku w dwukierunkowych wzmacniakach. Na rysunku przedstawiono tylko te części składowe układu oporności pozornych, które są konieczne dla zrozumienia układu oporności pozornych według wynalazku. Układ oporności pozornych według wynalazku składa się z dwóch lamp wzmacniających V_1, V_2 po jednej dla każdego kierunku rozmowy. Kierunki rozmowy są zaznaczone strzałkami. Obwód anodowy lampy V_1 i obwód siatkowy lampy V_2 są przyłączone poprzez odpowiednie filtry do transformatora różnicowego T . Filtr, przyłączony do lampy V_1 , posiada prócz transformatora różnicowego T cewkę o współczynniku samoindukcji L_a , połączoną w szereg z wtórnym uzwojeniem transformatora różnicowego, a z drugiej strony kondensator o pojemności C_a , przyłączony równolegle do pierwotnego uzwojenia transformatora. Do filtru, przyłączonego do lampy wzmacniającej V_2 , oprócz wspólnego dla obu filtrów transformatora różnicowego, jest włączona jeszcze

cewka o współczynniku samoindukcji L_g , przyłączona do środkowego punktu pierwotnego uzwojenia transformatora oraz kondensator o pojemności C_g , połączony w szereg z wymienioną cewką. Jeśli sprzężenie magnetyczne obu uzwojeń transformatora różnicowego jest bardzo silne, oporność indukcyjna tych uzwojeń jest bardzo duża, a oporność omowa jest niewielka, czyli inaczej mówiąc transformator różnicowy posiada własności transformatora idealnego, to nie będzie on wywierał wpływu na elektryczne własności filtrów. Do zacisków wejściowych g, h układu oporności pozornych przyłączona jest linia, doprowadzona z jednej strony dwukierunkowego wzmacniaka. Do przeciwległych zacisków układu oporności pozornych przyłączona jest linia sztuczna N . Między lampą wzmacniającą V_2 a odpowiadającym jej filtrem włączony jest transformator wejściowy T_i , którego uzwojenie pierwotne posiada stosunkowo dużą oporność pozorną. Drgania elektryczne, pochodzące z linii, są doprowadzone poprzez zaciski g, h do transformatora wejściowego T_i poprzez filtr i potencjometr P , przyłączony do zacisków wyjściowych filtru. Jak uwidoczniło na fig. 10 filtr, włączony między linię a obwód anodowy lampy V_1 , posiada od strony zacisków końcowych g, h układ w kształcie litery π , natomiast filtr po stronie przeciwnej posiada układ w kształcie litery T .

Jako przykład praktycznego zastosowania układu oporności pozornych według wynalazku podaje się poniżej obliczenie urządzenia wzmacniakowego, przedstawionego na fig. 10. Przyjęto następujące oznaczenia.

R_a — wewnętrzna oporność anodowa lampy V_1 ,

R_p — całkowita oporność potencjometru P ,

n — przekładnia transformatora różnicowego T ,

B_1 — oporność pozorną linii sztucznej N .

Literami L_a, L_g, C_a, C_g oznaczono odpowiednie indukcyjności i pojemności cewek indukcyjnych oraz kondensatorów.

Ponieważ filtr, przyłączony do lampy V_1 , odpowiada filtrowi B na fig. 5, a filtr, przyłączony do obwodu siatkowego lampy V_2 , odpowiada filtrowi A na tejże figurze, anodowa oporność wewnętrzna R_a lampy V_1 odpowiada w niniejszym przypadku końcowej oporności pozornej R_2 filtru B , natomiast całkowita oporność R_p potencjometru odpowiada końcowej oporności pozornej R_1 filtru A według fig. 5 pod warunkiem, że pierwotne uzwojenie transformatora wejściowego T_i posiada dużą oporność pozorną. Szeregowe i bocznikowe oporności pozorne filtrów według układu, podanego na fig. 10, są związane następującymi równaniami:

$$y_3 = j \cdot \omega \cdot L_a$$

$$y_4 = \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C_a \cdot n^2}$$

$$x_4 = j \cdot \omega \cdot L_g$$

$$x_3 = \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C_g}$$

Z równań 6) i 7) wynika zależność

$$R_a \cdot R_p = \frac{L_a}{C_g} = \frac{1}{n^2} \cdot \frac{L_g}{C_a} = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{L_a \cdot L_g}{C_a \cdot C_g}}$$

Warunek można najdogodniej spełnić, dobierając poszczególne wartości tak, aby

$$R_a = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{L_a}{C_a}}$$

$$R_p = \sqrt{\frac{L_g}{C_g}}$$

Aby linię sztuczną N dostosować do linii, której charakterystyka ma być praktycznie niezależna od częstotliwości, opor-

ność pozorna wymienionej linii sztucznej winna mieć wartość następującą:

$$B_1 = \sqrt{R_p \cdot R_a}$$

Ostatni warunek może być spełniony zawsze dla linii napowietrznych i słabo spupinizowanych linii kablowych, a w innych przypadkach może być spełniony przez odpowiednie przedłużenie linii.

Fig. 11 przedstawia przykład praktycznego wykonania układu oporności pozornych, przedstawionego na fig. 1. Filtr B , licząc od zewnętrznych zacisków 5, 6, zawiera, pojemność szeregową, złożoną z dwóch szeregowo połączonych pojemności C_{B1} , wtórne uzwojenie L_B transformatora T , którego uzwojenie pierwotne L_m , podzielone na dwie równe części, tworzy wspólną część obu filtrów i wreszcie pojemność, przyłączoną równolegle do pierwotnego uzwojenia L_m transformatora T i składającą się z dwóch kondensatorów C_{B2} , połączonych szeregowo. Filtr A , licząc od zacisków zewnętrznych 7, 8, zawiera kondensator bocznikowy C_{A1} , transformator T_A i kondensator C_{A2} , połączony w szereg z pierwotnem uzwojeniem transformatora i wreszcie obie połowy uzwojenia pierwotnego L_m transformatora T w połączeniu równoległym. Jak uwidoczniło na fig. 11 równoległe połączenie kondensatora i cewki jednego układu oporności pozornych odpowiada szeregowemu połączeniu cewki i kondensatora drugiego układu oporności pozornych. Aby otrzymać możliwie najlepsze wyzyskanie energii układ oporności pozornych jest obliczony tak, aby oporność pozorna układu oporności pozornych między zaciskami wyjściowymi 1, 2, jak również między zaciskami wejściowymi 3, 4 była równa K , między zewnętrznymi zaciskami 5, 6 filtru B wynosiła $2K$, a między zewnętrznymi zaciskami 7, 8 filtru A była równa $\frac{K}{2}$. Oporności pozorne aparatów

przyłączonych do zacisków 5, 6 i 7, 8, powinny wynosić więc odpowiednio $2K$ i $\frac{K}{2}$.

Energia drgająca o częstotliwości, zawartej w zakresie częstotliwości filtrów, doprowadzona do zacisków wejściowych 1, 2 układu oporności pozornych rozkłada się odpowiednio do końcowych oporności pozornych $2K$ i $\frac{K}{2}$, przyłączonych do zewnętrznych zacisków 5, 6 i 7, 8 obu filtrów, wskutek czego napięcie między zaciskami wyjściowymi 3, 4 układu będzie równe zero dla wymienionego zakresu częstotliwości. Układ oporności pozornych pracuje więc między zaciskami 1, 2 i 3, 4 jako eliminacyjny filtr wstęgowy. Jeśli napięcie między zaciskami wyjściowymi 1, 2 wynosi V , to napięcie między zaciskami 5, 6 będzie również równe V , a między zaciskami 7, 8 będzie równe $\frac{V}{2}$. Ścisłej mówiąc wartości te będzie można otrzymać dokładnie tylko dla średniej częstotliwości danego zakresu i dla przekładni transformatorów T_A i T , równych jedności.

Ponieważ w układzie połączeń według fig. 11 pary zacisków 5, 6 i 7, 8 są od siebie oddzielone, przeto można naogół zużytkować tylko energię, odebraną na tych zewnętrznych zaciskach jednego z filtrów A lub B , a więc tylko połowę doprowadzonej energii. Całkowite wyzyskanie energii doprowadzonej można osiągnąć w inny sposób według fig. 12, która różni się od fig. 11 tem, że wyjściowe człony obu filtrów A , B są połączone równolegle, poza tem jednak fig. 11 i 12 są sobie równoważne. Równoległe połączenie par zacisków 5, 6 i 7, 8 może być dokonane bez obawy straty energii, ponieważ przekładnie obu transformatorów są obrane tak, aby napięcia na wyjściowych zaciskach transformatorów były sobie równe. Przekładnia transformatorowa T_A , licząc od zacisków wyjściowych 7, 8, może być np. o połowę mniejsza od prze-

kładni transformatora T . W układzie zacisków zewnętrznych 5, 6 oraz 7, 8 według fig. 12 pierwotne i wtórne uzwojenia transformatorów są uzwojone w tym samym kierunku.

Jeśli przekładnia μ_A transformatora T_A jest równa 1 : 2, a przekładnia μ transformatora T wynosi 1 : 1, napięcia wyjściowe każdego transformatora, np. napięcia na zaciskach 5, 6 i 7, 8, będą równe napięciu zasilania V między zaciskami wejściowymi 1, 2. Oporność pozorną układu oporności pozornych między zaciskami, połączonymi równolegle, wynosi wówczas

$$\frac{2K \cdot 2K}{2K + 2K} = K$$

Fig. 13 przedstawia układ oporności pozornych, wyzyskujący całą energję, doprowadzoną do zacisków wyjściowych 1, 2, a różni się od układu oporności pozornych na fig. 12 głównie tem, że filtry A , B są w tym przypadku połączone szeregowo. Można np. przekładnie transformatorów T_A i T obrać w sposób następujący:

$$\mu_A = 1 : 1$$

$$\mu = 2 : 1$$

Oporność pozorną układu oporności pozornych między zaciskami 5, 6 wynosi w tym przypadku

$$\frac{K}{2} + \frac{K}{2} = K$$

Wartość K oporności pozornej między zaciskami wyjściowymi 1, 2 układów oporności pozornych według fig. 12, 13 jest stała dla wszystkich częstotliwości tak samo, jak np. ma to miejsce w układzie oporności pozornych według fig. 11, w którym niema połączenia między zewnętrznymi zaciskami obu filtrów. Natomiast oporność pozorną między zaciskami wejściowymi 3, 4 w ukła-

dzie oporności pozornych według fig. 12, 13 będzie stała tylko dla częstotliwości, mieszczących się w zakresie częstotliwości filtrów, co należy przypisać temu, że napięcie między zaciskami 5, 6 oraz napięcie między zaciskami 7, 8 są wzajemnie przesunięte w fazie o kąt 180° . Jeśli połączenia między wymienionymi parami zacisków zostaną zmienione na odwrotne, to i warunki zmieniają się, to jest oporność pozorną między zaciskami wejściowymi 3, 4 będzie stała dla wszystkich częstotliwości, natomiast oporność pozorną między zaciskami wyjściowymi 1, 2 będzie stała tylko dla częstotliwości, znajdujących się poza zakresem częstotliwości filtrów.

W niektórych przypadkach, np. przy kaskadowem połączeniu kilku układów oporności pozornych jest bardzo ważne, aby oporność pozorną, zarówno po stronie wejściowej, jak i wyjściowej, pozostawiała stała. W układzie oporności pozornych według fig. 14 osiąga się to przez połączenie dwóch układów oporności pozornych I , II z których każdy jest wykonany według fig. 11. Układ oporności pozornych I jest złożony jakgdyby z dwóch filtrów A , B , a układ oporności pozornych II — z podobnych dwóch filtrów A' , B' . Połączenie obu układów oporności pozornych razem jest dokonane zapomocą połączenia poszczególnych zacisków zewnętrznych 5, 6 i 7, 8 filtrów A , B z odpowiednimi zaciskami zewnętrznymi 5', 6' i 7', 8' filtrów A' , B' . Cztery filtry A , B , A' , B' , stanowiące filtry złożone, są obliczone na ten sam zakres częstotliwości. Jeśli energia drgająca jest doprowadzona do zacisków wyjściowych 1, 2 układu oporności pozornych I , to przenosi się ona w równych częściach poprzez obie pary zacisków 5', 6' i 7', 8' do drugiego układu oporności pozornych, natomiast napięcie między wejściowymi zaciskami 3, 4 układu oporności pozornych I będzie równe zeru. Kierunki uzwojenia w transformatorach T'_A i T' są obrane tak, aby drgania, dochodzące do

układu oporności pozornych II z obu stron i przedstawiające równe ilości energii, równoważyły się wzajemnie w stosunku do zacisków wyjściowych $1', 2'$ układu oporności pozornych II tak, by napięcie między wymienionymi zaciskami było równe zeru, przyczem amplitudy drgań w stosunku do zacisków wejściowych $3', 4'$ układu oporności pozornych II dodają się. Ponieważ drgania przenoszą się z jednego układu oporności pozornych na drugi zupełnie symetrycznie w stosunku do zacisków wyjściowych $1, 2$ i wejściowych $3, 4$ układu oporności pozornych I , to oporność pozorna między zaciskami wymienionych dwóch par zacisków będzie stała dla wszystkich częstotliwości. Aby połączenie różnych filtrów można było dokonywać bez obawy strat energii, przekładnie transformatorów T_A, T, T', T' , licząc w kierunku ku zewnętrznym zaciskom filtrów, winny być obrane tak, aby

$$\frac{\mu'_A}{\mu_A} = \frac{\mu'_B}{\mu_B}$$

gdzie μ_A, μ'_A i μ_B, μ'_B oznaczają odpowiednio przekładnie filtrów A, A', B, B' . Aby oporność pozorna między zaciskami poszczególnych par $1, 2$ i $3, 4$ była równa K , a oporność pozorna między zaciskami $3', 4'$ była równa oporności pozornej K' linii lub aparatów przyłączonych do tych zacisków, przyczem K oraz K' ma być stałe dla wszystkich częstotliwości, potrzeba, aby były spełnione następujące zależności

$$Z_A = \frac{K}{2}, \quad Z'_A = \frac{K'}{2}$$

$$Z_B = 2K, \quad Z'_B = 2K'$$

gdzie Z_A, Z'_A, Z_B, Z'_B oznaczają oporności pozorne na wewnętrznych zaciskach filtrów A, A', B, B' dla średnich częstotliwości danego zakresu częstotliwości. Podobny zespół układów oporności pozornych dzia-

ła między zaciskami $1, 2$ i $3', 4'$ oraz między zaciskami $1', 2'$ i $3, 4$ lub odwrotnie jako zwykły filtr wstęgowy. Między zaciskami $1, 2$ i $3, 4$ oraz $1, 2$ i $1', 2'$, jak również $3, 4$ i $3', 4'$ układ działa jako eliminacyjny filtr wstęgowy dla danego zakresu częstotliwości. Ponieważ oporność pozorna między zaciskami $1, 2$ oraz między zaciskami $3, 4$ jest niezależna od częstotliwości, więc można układy oporności pozornych według wynalazku łączyć kaskadowo bez obawy powstania wzajemnych szkodliwych wpływów, przyczem wejściowa i wyjściowa oporność pozorna każdego z układu oporności pozornych jest równa stałej wartości K .

Na fig. 15 przedstawiono inny przykład włączenia zewnętrznych zacisków $5, 6$ i $7, 8$ obu filtrów układu oporności pozornych. Oba filtry A i B są wykonane zasadniczo tak samo, jak i w powyżej opisanym układzie oporności pozornych. Przy uwzględnieniu pewnych środków ostrożności jest wymagany tylko jeden układ oporności pozornych dla osiągnięcia tych samych wyników co i w układzie oporności pozornych według fig. 14. Układ oporności pozornych według fig. 15 składa się z dwóch filtrów A, B , obliczonych dla jednego i tego samego zakresu częstotliwości, przyczem pierwszy posiada przekładnię μ_A a drugi przekładnię μ_B , licząc ku zaciskom zewnętrznym filtrów. Przekładnia μ_B jest równa $4\mu_A$, a oporność pozorna między wewnętrznymi zaciskami filtru A wynosi $Z_A = \frac{K}{2}$, natomiast opor-

ność pozorna między wewnętrznymi zaciskami filtru B wynosi $Z_B = 2K$, gdzie K oznacza oporność pozorną między zaciskami $1, 2$ i $3, 4$ dla średniej częstotliwości danego zakresu częstotliwości. Wtórne uzwojenie transformatora różnicowego T_A jest podzielone na dwie równe części, a punkt środkowy Q jest połączony z zaciskiem 6 filtru B . Zamiast przyłączania zacisku 6 do środkowego punktu Q , wtórnego uzwojenia transformatora można wymieniony zacisk

przyłączyć do środka kondensatora C_{A_1} , który wówczas składa się z dwóch kondensatorów, połączonych szeregowo. Obok zacisków 1, 2 i 3, 4 układ oporności pozornych posiada dwie pary zacisków 1', 2' i 3', 4', z których zacisk 1' jest przyłączony do zacisku 7, zaciski 2' i 4' — do zacisku 5, a zacisk 3' do zacisku 8. Jeśli napięcie V_1 o częstotliwości, mieszczącej się w zakresie częstotliwości filtru, jest przyłożone do zacisków wyjściowych 1, 2 układu oporności pozornych, to napięcie między zaciskami 5, 6 będzie równe:

$$2V_1 \cdot \mu_B = 2V_1 \frac{\mu_A}{4} = \frac{V_1 \cdot \mu_A}{2}$$

a napięcie między zaciskami 7, 8 będzie równe $\mu_A \cdot V_1$. Napięcie między zaciskami 3, 4 i 1', 2' jest równe zeru. Napięcie między zaciskiem 8 a punktem Q wynosi wobec tego $\frac{\mu_A \cdot V_1}{2}$ a napięcie między zaciskami 3', 4' wynosi $\mu_A \cdot V_1$.

Układ oporności pozornych działa jak zwykły filtr wstępowy zarówno między zaciskami 1, 2 i 3', 4' jak i między zaciskami 3, 4 i 1', 2'. Natomiast między zaciskami 1, 2 i 3, 4, między zaciskami 1, 2 i 1', 2', między zaciskami 1', 2' i 3', 4' oraz między zaciskami 3, 4 i 3', 4' wszystkie prądy o częstotliwościach, mieszczących się w zakresie częstotliwości filtru, są tłumione. Przez zmianę przewodów, przyłączonych do zacisków 5, 6, działanie filtru wstęgowego otrzymuje się między zaciskami 1, 2 i 1', 2' oraz między zaciskami 3, 4 i 3', 4', a działanie filtru eliminacyjnego — między zaciskami 1, 2 i 3, 4, między zaciskami 1, 2 i 3', 4', między zaciskami 1', 2' i 3', 4' oraz między zaciskami 1', 2' i 3, 4. Jeśli układ oporności pozornych podobnie, jak w poprzednio podanym przykładzie, jest obliczony tak, że oporność pozorna między zaciskami wejściowymi 1, 2 i zaciskami wyjściowymi 3, 4 jest równa K , to oporność

pozorna między zaciskami 1', 2' i 3', 4' wyniesie $\mu_A^2 \cdot K$. W myśl wynalazku K jest stałe dla prądów wszystkich częstotliwości.

Na fig. 16 przedstawiony jest układ oporności pozornych, w którym nadajnik i odbiornik telefoniczny wielkiej częstotliwości są przyłączone do zwykłej linii telefonicznej. Układ oporności pozornych składa się z pięciu poszczególnych układów oporności pozornych I, II, III, IV, V, połączonych kaskadowo. Taki zespół układów oporności z jednej strony jest przyłączony między zaciski 3v, 4v, przyłączone do przewodów wspólnej linii L , a z drugiej strony zakończony opornością końcową k . Ponieważ oporność pozorna między zaciskami 3v, 4v jest stała dla prądów wszystkich częstotliwości, linia L może być zakończona tak, aby przy prądach wszystkich częstotliwości nie powstawały odbicia fal. Każdy z poszczególnych układów oporności pozornych I — V jest wykonany według fig. 15, a szeregowe połączenie układu oporności pozornych odbywa się bez strat energii i bez powstawania odbicia fal, ponieważ oporność pozorna między zaciskami wejściowymi a wyjściowymi każdego poszczególnego układu oporności pozornych jest stała dla prądów wszystkich częstotliwości. Do zacisków 1', 2', 1'', 2'' i t. d. są przyłączone oporności pozorne R_I , R_{II} i t. d. Do zacisków 3', 4' układu oporności pozornych I jest przyłączona linia małej częstotliwości LF .

Zaciski 3'', 4'' oraz 3'', 4'' układów oporności pozornych II i IV są przyłączone do nadajników S_{II} i S_{IV} sygnałów wielkiej częstotliwości, a zaciski 3''', 4''' 3'', 4'' układów oporności pozornych III i V są przyłączone do odbiorników M_{III} i M_V sygnałów wielkiej częstotliwości. Jeśli każdy poszczególny układ oporności pozornych jest obliczony dla prądów o innym zakresie częstotliwości, to według wyjaśnień, podanych wyżej, wymienione układy oporności pozornych będą mogły pracować równole-

gle na tej samej linii $\bar{L}$, nie przeszkadzając sobie wzajemnie. Sygnały o różnej częstotliwości, przychodzące z linii L , są odbierane w odbiorniku. Sygnały małej częstotliwości przechodzą z niewielkim tłumieniem przez układy oporności pozornych V , IV , III , II i są odbierane w układzie oporności pozornych I na zaciskach 3_I , 4_I , skąd przechodzą na linię LF . Sygnały wielkiej częstotliwości o różnych zakresach są odbierane w układach oporności pozornych V , III , przyczem sygnały, przeznaczone dla układu oporności pozornych III , przechodzą z niewielkim tłumieniem przez układy oporności pozornych V i IV i nie zakłócają pracy odbiornika M_I . Sygnały o takich częstotliwościach, które nie mieszczą się w zakresie częstotliwości któregośkolwiek z poszczególnych układów oporności pozornych, przechodzą do końcowej oporności pozornej k , która je pochłania. Sygnały o różnych zakresach częstotliwości, pochodzące z LF , S_{II} i S_{IV} , zostają wysłane na linię L . Sygnały, przychodzące z linii LF do układu oporności pozornych I , są skierowane tak, aby przechodziły tylko na prawo przez pozostałe układy oporności pozornych II , III , IV i V do linii L , a nie na lewo do oporności końcowej k . W podobny sposób sygnały wielkiej częstotliwości są nadawane z nadajników S_{II} i S_{IV} . Sygnał, nadany np. za pomocą nadajnika S_{II} , przechodzi przez filtry układu oporności pozornych II poprzez zaciski 3_{II} , 4_{II} i poprzez układy oporności pozornych III , IV i V do linii L . Działanie kierunkowe łącznie z działaniem filtrującym filtru przyczynia się do tego, że żadne prądy nie przechodzą poprzez układ I na lewo z wyjątkiem prądów o częstotliwościach, niemieszczących się w żadnym z układów oporności pozornych, a więc prądów, które winny być pochłonięte przez oporność końcową k .

W linii spupinizowanej jest pożądana możliwie dobra pupinizacja, czyli jest pożądana możliwie znaczne zwiększenie opor-

ności indukcyjnej linii, aby zmniejszyć tłumienie linii. Ponieważ jednak częstotliwość graniczna linii staje się tem mniejsza, im lepsza jest pupinizacja, wobec tego część opadająca i wznosząca się krzywej, wyrażającej zależność oporności falowej spupinizowanej linii od częstotliwości, przesuwają się coraz bliżej do zakresu częstotliwości akustycznych. Obszar krzywej, w którym oporność falowa jest w przybliżeniu stała, zmniejsza się z chwilą zwiększenia pupinizacji, wskutek czego porozumiewanie poprzez linię pogarsza się, ponieważ zjawisko odbicia fal uwydatnia się bardzo silnie dla wszystkich prądów o częstotliwościach, zbliżonych do częstotliwości granicznej linii spupinizowanej, w punktach przyłączenia jej do linii napowietrznej albo do aparatu o stałej oporności falowej. Wobec tego pupinizacja winna być dokonana oględnie. W przykładach wykonania według fig. 17 i 18 jest możliwe znaczne zwiększenie pupinizacji bez pogorszenia porozumiewania się poprzez linię. Osiąga się to w ten sposób, że linia spupinizowana sama stanowi filtr lub część filtru układu oporności pozornych, przyczem linia lub aparat o stałej oporności falowej zostaje przyłączany do zacisków wejściowych układu oporności pozornych, który między wymienionymi zaciskami posiada również stałą oporność pozorną. Wymieniona linia napowietrzna lub aparat o stałej oporności falowej może być więc przyłączony do zacisków wejściowych tak, by nie powstawały odbicia fal.

Według wynalazku najlepiej, gdy układ oporności pozornych jest połączony z transformatorem różnicowym, którego dwie wzajemnie symetryczne pary zacisków stanowią zaciski wejściowe układu oporności pozornych albo zaciski linii sztucznej, natomiast jedna z pozostałych par zacisków transformatora różnicowego, np. zaciski uzwojenia niepodzielonego, są przyłączone do linii spupinizowanej, a inne zaciski, np. zaczepty środkowe uzwojenia, są przyłączo-

ne do filtru, którego oporność falowa zmienia się wraz z częstotliwością odwrotnie niż w linii spupinizowanej. O ile więc oporność falowa linii spupinizowanej, stanowiącej jeden filtr układu oporności pozornych, wznosi się, to oporność falowa drugiego filtru opada i odwrotnie. Średnia geometryczna oporności falowych obu filtrów jest więc według wynalazku stała dla różnych częstotliwości. Niekiedy oba filtry mogą stanowić linie spupinizowane, przez co staje się możliwe przyłączenie dwóch obwodów spupinizowanych, połączonych w czwórkę, do układu dwuprzewodowego o stałej oporności falowej, bez obawy powstawania fal odbitych.

Przykład wykonania takiego układu oporności pozornych jest przedstawiony na fig. 17, gdzie dwa obwody telefoniczne w połączeniu czwórkowym są użyte do rozmów w dwóch przeciwnych kierunkach, natomiast w układzie według fig. 18 obie linie dwuprzewodowe są połączone równolegle i tworzą razem zwykły obwód telefoniczny.

Linia napowietrzna L i odpowiednia linia sztuczna N są przyłączone do obu stron transformatora różnicowego T , służącego w znany sposób do połączenia linii dwuprzewodowej L z linią czteroprzewodową L'_1, L'_2 . Do środkowego zacisku transformatora różnicowego jest przyłączona linia spupinizowana L'_1 , natomiast linia spupinizowana L'_2 jest przyłączona do niepodzielonego uzwojenia transformatora różnicowego. Linia spupinizowana L'_1 jest przy transformatorze różnicowym zakończona odcinkiem, posiadającym długość, równą całej odległości s między dwiema cewkami Pupina, do którego jest przyłączona cewka Pupina p , której oporność indukcyjna jest równa połowie oporności indukcyjnej cewek Pupina P na linii. Opisana linia spupinizowana stanowi więc filtr w układzie T , t. j. filtr o charakterystyce opadającej. Druga linia spupinizowana L'_2 jest przy transformatorze różnicowym zakończona połową odcinka spu-

pinizowanego, to jest odcinkiem o długości $\frac{s}{2}$ i stanowi filtr w układzie π , t. j. filtr o charakterystyce wznoszącej się. Gdyby obie linie były jednakowe i spupinizowane za pomocą jednakowych cewek P , to średnia geometryczna ich oporności falowych byłaby stała, licząc od transformatora różnicowego. Średnia geometryczna oporności falowych powinna być równa oporności pozornej linii sztucznej N , co można osiągnąć przez odpowiedni układ linii. Wejściowa oporność falowa między zaciskami 1, 2 układu, złożonego z transformatora różnicowego i linii spupinizowanej L'_1 i L'_2 , jest w tych warunkach stała i równa oporności falowej linii sztucznej.

Obie linie spupinizowane stanowią w niniejszym przykładzie, w myśl założenia, osobne obwody telefoniczne w układzie czwórkowym i zawierają osobne wzmacniaki V_1, V_2 dla każdego kierunku rozmowy, włączone do linii L'_2 i L'_1 , przyczem każda z wymienionych linii jest zakończona przy wzmacniaku tak samo, jak przy transformatorze różnicowym. Linia L'_1 jest wobec tego zakończona całym odcinkiem linijowym s oraz cewką Pupina p , posiadającą połowę normalnej oporności indukcyjnej, natomiast linia L'_2 jest zakończona połową odcinka linijowego $\frac{s}{2}$.

W układzie według fig. 17 cewki Pupina jednej linii układu czwórkowego są rozmieszczone w odstępach, równych połowie długości odcinków linijowych w stosunku do cewek drugiej linii, co jest niedogodne w praktyce i wymaga zwiększonych kosztów instalacji. Niedogodność ta może być bez trudu usunięta w ten sposób, że jedna ze spupinizowanych linii jest zaopatrzona w pobliżu transformatora różnicowego w przedłużenie, stanowiące odpowiednie przesunięcie obu linii w stosunku do siebie. Przykład wykonania takiego układu oporności pozornych jest przedstawiony na fig. 18,

gdzie cewki Pupina P obu linii spupinizowanych są rozmieszczone nawprost siebie. Linia L'_2 jest przyłączona do transformatora różnicowego T w taki sam sposób, jak na fig. 17, np. przy transformatorze różnicowym jest zakończona połową odcinka linijowego $\frac{s}{2}$. Natomiast linia L'_1 jest zakończona połową odcinka linijowego, który jest zaopatrzony w przedłużenie F . Przedłużenie linii stanowi kondensator bocznikowy C , włączony w obwód w pobliżu linii i posiadający pojemność, odpowiadającą pojemności linijowej połowy odcinka linii oraz cewka indukcyjna p , której oporność indukcyjna jest równa połowie oporności indukcyjnej cewki Pupina P . W razie potrzeby przedłużenie linii może również zawierać szeregowo włączone oporności R , odpowiadające połowie oporności omowej odcinków linijowych. Przez dodanie przedłużenia F linia L'_1 działa w stosunku do transformatora różnicowego dokładnie tak samo, jak linia według fig. 17, t. j. jako filtr w układzie T .

Linia czwórkowa jest na przeciwległym końcu przyłączona w ten sam sposób do drugiej linii napowietrznej L' lub do aparatu o stałej oporności pozornej, przyczem połączenie jest dokonane za pośrednictwem transformatora różnicowego T' tego samego rodzaju co i transformator T i zaopatrzone w odpowiednią linię sztuczną N' . Połączenie obu linii spupinizowanych z transformatorem różnicowym T' jest jednak wykonane w porządku odwrotnym w porównaniu z przyłączeniem ich do transformatora T , a mianowicie linia L'_2 jest zakończona przy transformatorze T' przedłużeniem F' i przyłączona do środkowego zaczepu transformatora różnicowego, natomiast linia L'_1 jest przyłączona bez żadnego przedłużenia do niepodzielonego uzwojenia wymienionego transformatora. Człony C' , p , R' przedłużenia F' odpowiadają takim samym członom przedłużenia F . Obie linie są za-

kończone połową odcinka linijowego $\frac{s}{2}$. Na fig. 18 obie linie L'_1 , L'_2 są oczywiście sobie równoważne i mogą stanowić wspólnie jeden obwód telefoniczny, przyczem przewody każdej linii są połączone równolegle. Pomimo, że cztery przewody są użyte do przesyłania prądów telefonicznych w jednym tylko kierunku, to jednak linia złożona nie jest bardziej kosztowna, niż linia pojedyncza, ponieważ przekrój przewodów linii złożonej może być równy przekrojowi przewodów zwykłej dwuprzewodowej linii spupinizowanej bez zwiększenia ogólnego tłumienia lub przesłuchu. Wynik ten może być uzasadniony rozumowaniem następującem. Tłumienie na kilometr zwykłej linii podwójnej wynosi, jak wiadomo

$$\beta = \frac{R}{2Z} + \frac{G \cdot Z}{2}$$

gdzie R jest opornością omową na kilometr, Z — charakterystyczną opornością pozorną czyli falową linii, a G — upływnością na kilometr.

Drugi wyraz z prawej strony równania może być pominięty, w najgorszym bowiem przypadku może wynosić zaledwie około 3% całego tłumienia na kilometr, ponieważ G jest znikomo małe. Z powyższego wzoru wyprowadza się wniosek, że oporność R może być podwojona bez zwiększenia tłumienia β , jeżeli podwoić jednocześnie Z . Przesłuch w przewodach telefonicznych jest, jak wiadomo, zależny od napięcia V , które z kolei równa się $Z \cdot I$, gdzie I jest natężeniem prądu. Ponieważ w omawianym przypadku natężenie prądu w każdym przewodzie jest o połowę mniejsze, zatem oporność falową Z linii można zwiększyć dwukrotnie w porównaniu z normalną wartością, nie zmieniając napięcia V , a linie L'_1 , L'_2 mogą być spupinizowane w stopniu dwa razy większym, niż to zwykle się stosuje bez obawy zwiększenia przesłuchu. Po-

dwajając więc R przez zmniejszenie przekroju przewodów linii do połowy otrzymuje się ogólny przekrój przewodów taki sam, jak i zwykłej linii. Zwiększenie liczby cewek Pupina jest częściowo wynagrodzone tem, że wymienione cewki mogą być wykonane z cieńszego drutu i posiadać rdzeń o mniejszym przekroju. Opisana linia czwórkowa nie zabierze znacznie więcej miejsca w kablu niż linia dwuprzewodowa, gdyż może być skręcona śrubowo. Miejsce, jakie zabiera opisana linia czwórkowa w kablu, nie jest o wiele większe od miejsca, jakiego wymagają żyły, skręcone w czwórkę według metody Dieselhorst'a i Martin'a.

Linia, wykonana według fig. 18, nadaje się szczególnie do telefonji dalekosiężnej i do przesyłania produkcji muzycznych.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Układ oporności pozornych o zaciskach wejściowych i wyjściowych, znamieny tem, że składa się z dwóch filtrów o jednakowym w zasadzie zakresie częstotliwości, które połączone są ze sobą jednostronnie tak, iż zawierają wspólną część (11, 12), którą z jednej strony stanowią dwie szeregowo połączone połowy bocznikowej oporności pozornej jednego filtru (B), z drugiej zaś strony — dwie jednakowe równoległe połączone gałęzie szeregowej oporności pozornej drugiego filtru (A), przyczem oba filtry są obliczone tak, iż ich oporności falowe na zwróconych do siebie parach zacisków są wzajemnie odwrotnymi funkcjami częstotliwości, czyli iloczyn tych oporności jest stały, to jest niezależny od częstotliwości.

2. Układ oporności pozornych według zastrz. 1, znamieny tem, że zawarte w nim filtry są obliczone tak, iż oporność pozorną (Z_A) między wewnętrznymi zaciskami (c , d) filtru (A), którego wspólną część stanowi szeregową oporność pozorną, jest równa $\frac{1}{2}K$, oporność zaś pozorną (Z_B) na we-

wnętrznych zaciskach (e , f) drugiego filtru (B) jest równa $2K$, wskutek czego oporności pozorne między zaciskami wejściowymi (3, 4) i wyjściowymi (1, 2) układu oporności pozornych są równe K .

3. Układ oporności pozornych według zastrz. 1 lub 2, znamieny tem, że jeden z dwóch zawartych w nim filtrów posiada na zewnętrznej parze zacisków układ π , drugi zaś filtr na odpowiadającej parze zacisków układ T .

4. Układ oporności pozornych według zastrz. 1 lub 2, znamieny tem, że oba filtry (A , B) są tak obliczone, iż stałe wartości szybkości rozchodzenia się fal w obu filtrach są sobie równe przy wszelkich częstotliwościach.

5. Układ oporności pozornych według zastrz. 1 lub 2, znamieny tem, że oba filtry są zestawione z jednakowej liczby ogni (x_1 , x_2 , x_3 , x_4 względnie y_1 , y_2 , y_3 , y_4), przyczem liczby wskaźnikowe oznaczają kolejność w filtrach, średnia zaś wartość geometryczna między opornościami pozornymi o jednakowej liczbie porządkowej w obu filtrach jest w zasadzie stała przy wszelkich częstotliwościach.

6. Układ oporności pozornych według zastrz. 1 lub 2, znamieny tem, że filtry (A , B) na swych zewnętrznych parach zacisków (7, 8 i 5, 6) są zaopatrzone w oporności pozorne, które są równe opornościom falowym filtrów na tych parach zacisków.

7. Układ oporności pozornych według zastrz. 1 lub 2, znamieny tem, że zaciski zewnętrzne (5, 6 i 7, 8) obu filtrów (A , B) są połączone równoległe.

8. Układ oporności pozornych według zastrz. 1 lub 2, znamieny tem, że zaciski zewnętrzne (5, 6 i 7, 8) obu filtrów (A , B) są połączone szeregowo.

9. Układ oporności pozornych, złożony z dwóch układów oporności pozornych według zastrz. 1 lub 2, znamieny tem, że wymienione układy oporności pozornych są połączone ze sobą tak, iż zaciski zewnętrzne

odpowiadających sobie filtrów są ze sobą połączone.

10. Układ oporności pozornych według zastrz. 1 lub 2, znamienny tem, że filtr (*A*), który zawiera wspólną część filtrującą, stanowiącą szeregową oporność pozorną, obejmuje transformator różnicowy (*Ta* fig. 15), którego punkt środkowy (*Q*) jest połączony z jednym zaciskiem zewnętrznym (6) drugiego filtru (*B*), przyczem zapomocą połączenia obu filtrów utworzone zostają dwie pary zacisków zewnętrznych, a mianowicie z każdego z zacisków wyjściowych (7, 8) filtru (*A*) oraz zacisku zewnętrznego (5) filtru (*B*).

11. Układ oporności pozornych według zastrz. 1 lub 2, znamienny tem, że jako część filtru układu oporności pozornych jest włączona linja spupinizowana, tak iż bez wywołania odbicia fal można ją połączyć z linją lub aparatem o stałej oporności falowej, przyczem ostatnio wymienione linje lub aparat są przyłączone do zacisków wyjściowych lub wejściowych (1, 2 lub 3, 4) układu oporności pozornych.

12. Układ oporności pozornych według zastrz. 11, w którym linja spupinizowana jest przyłączona do linji lub aparatu o stałej oporności falowej, znamienny tem, że przyłączenie jest uskutecznione zapomocą transformatora różnicowego (*T* fig. 17), do którego obu wzajemnie symetrycznych par zacisków są przyłączone z jednej strony li-

nja lub aparat o stałej oporności falowej, z drugiej zaś strony odpowiednia linja sztuczna (*N*), natomiast linja spupinizowana, jako jeden z filtrów układu oporności pozornych oraz drugi filtr, którego oporność falowa zmienia się wraz z częstotliwością odwrotnie, niż w linji spupinizowanej, są przyłączone do pozostałych par zacisków transformatora różnicowego.

13. Układ oporności pozornych według zastrz. 12, znamienny tem, że każda z dwóch spupinizowanych linij, stanowiących razem układ czwórkowy, tworzy jeden z dwóch filtrów układu oporności pozornych i licząc od transformatora różnicowego jedna z tych linij tworzy filtr o charakterystyce wznoszącej się, druga zaś filtr o charakterystyce opadającej.

14. Układ oporności pozornych według zastrz. 13, znamienny tem, że obie spupinizowane linje wykazują jako filtry na końcach, zwróconych do transformatora różnicowego, jednakowe charakterystyki, przyczem jedna z linij jest zaopatrzona w przedłużenie (*F*), które zmienia jej charakterystykę ze wznoszącej się na opadającą lub odwrotnie.

Telefonaktiebolaget

L. M. Ericsson.

Zastępca: M. Skrzypkowski,
rzecznik patentowy.

Fig. 1.

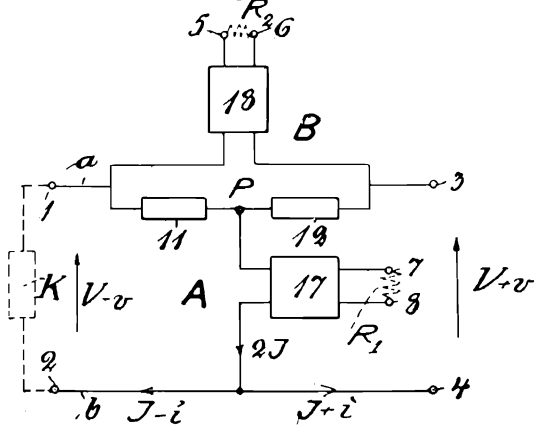


Fig. 2.

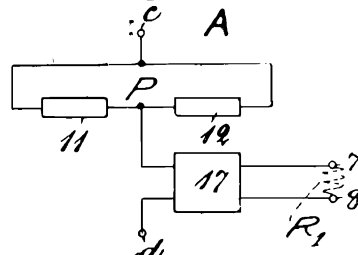


Fig. 3.

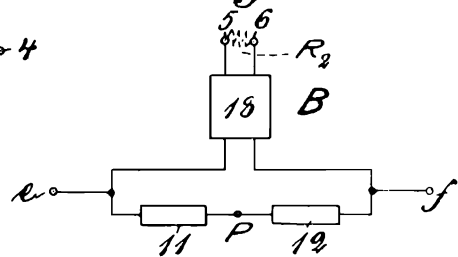


Fig. 4.

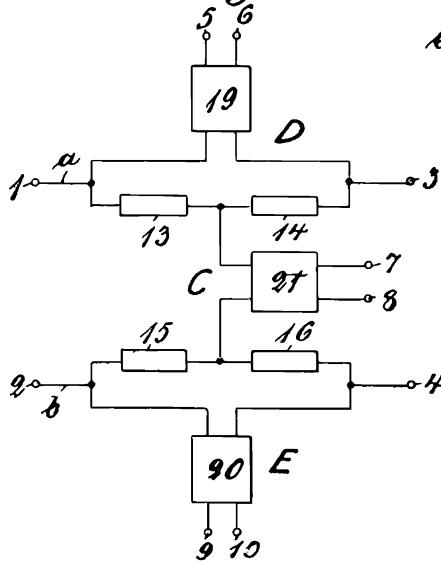


Fig. 6.

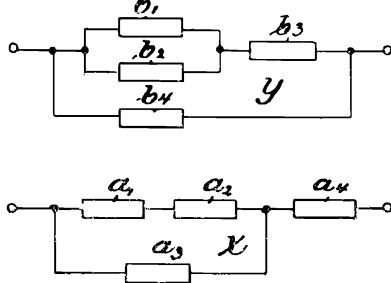
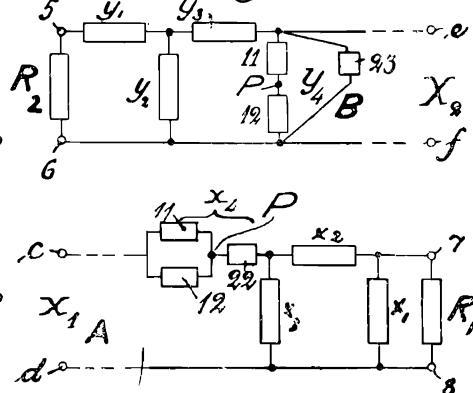


Fig. 5.



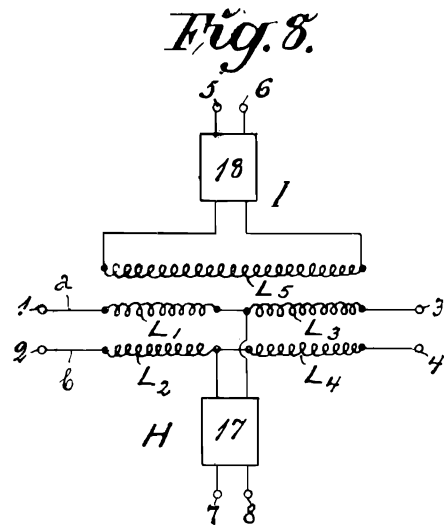
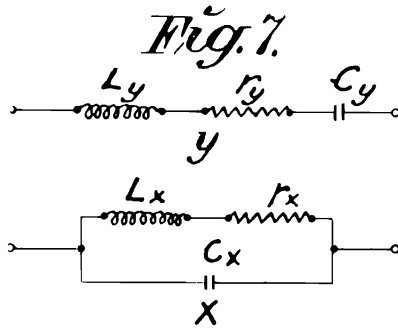


Fig. 9.

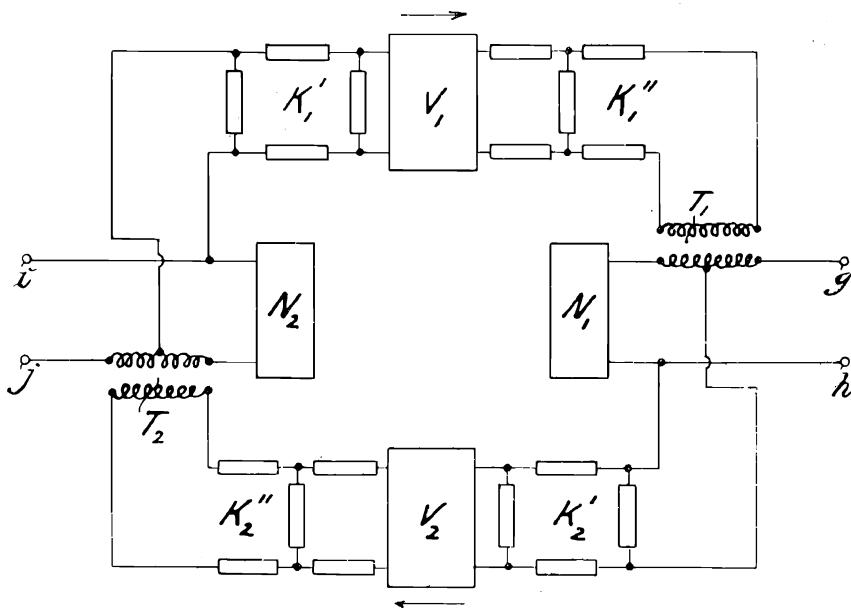


Fig. 10.

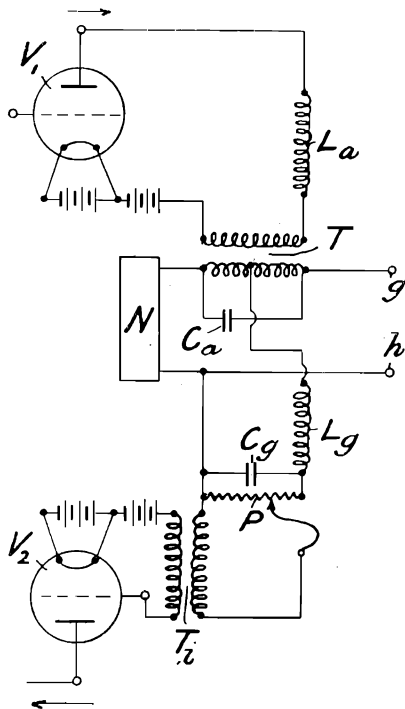


Fig. 11.

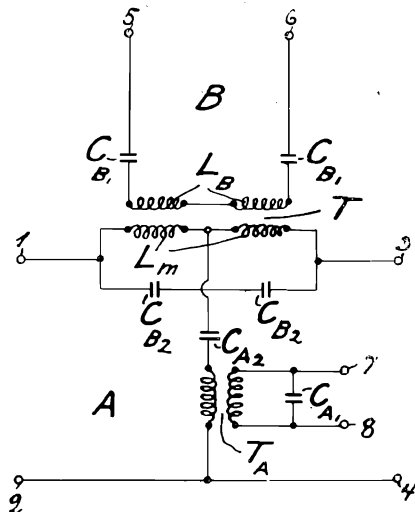


Fig. 12.

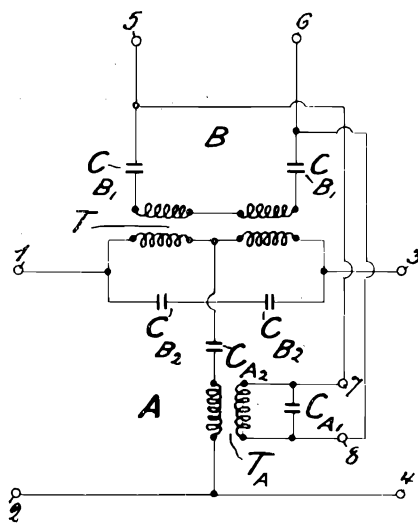


Fig. 13.

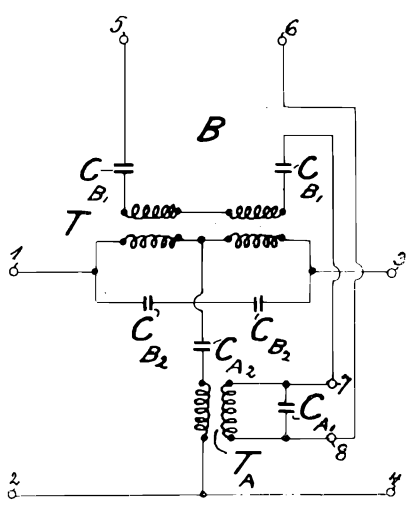


Fig. 14.

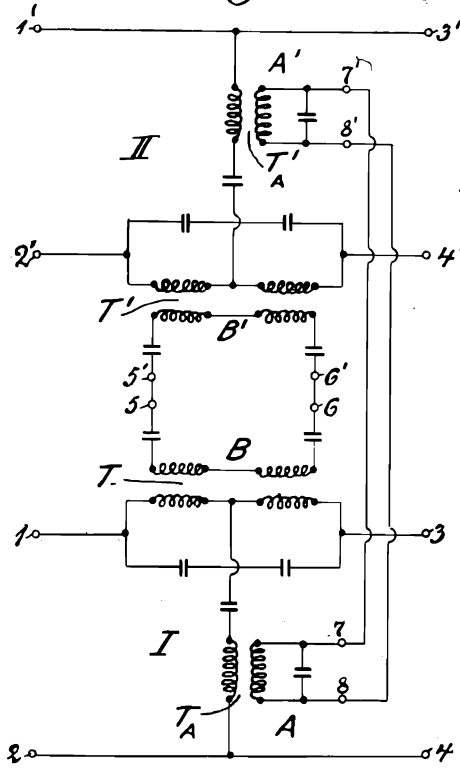


Fig. 15.

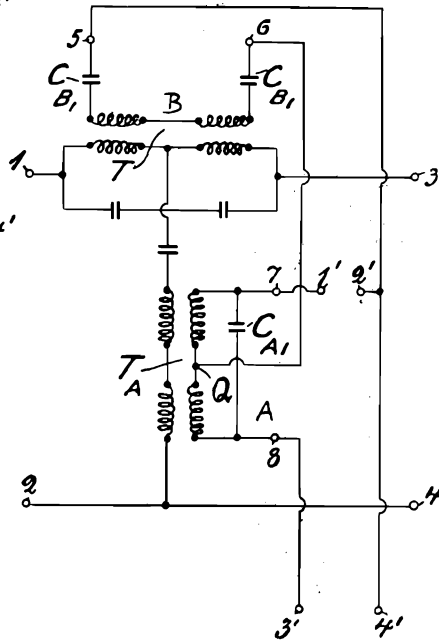


Fig. 16.

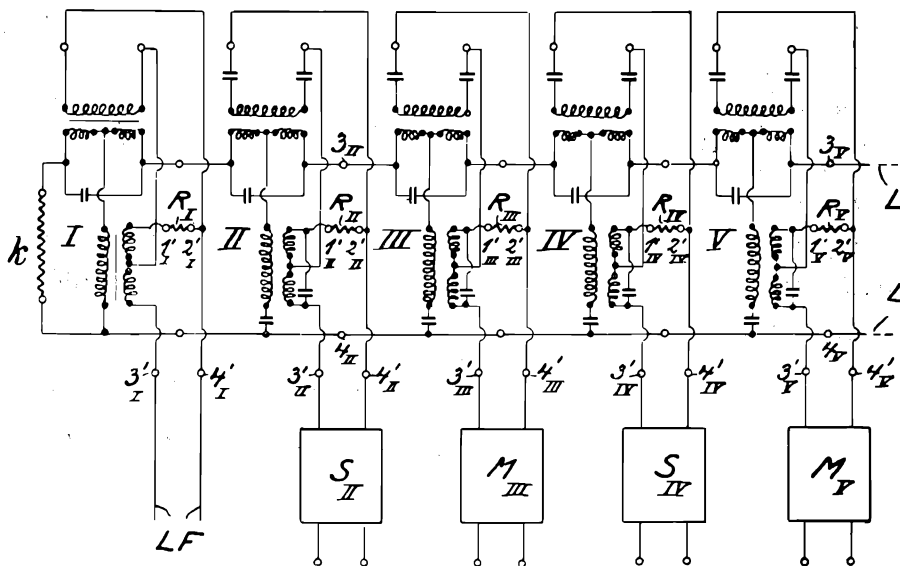


Fig. 17.

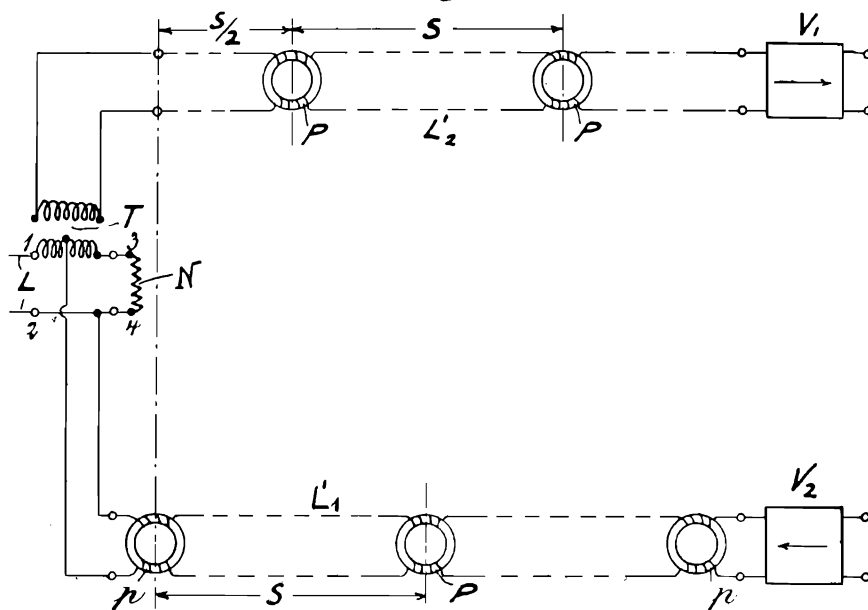


Fig. 18.

