

URZĄD PATENTOWY
w WARSZAWIE 4046, 3/366
OPIS PATENTOWY

Nr 31522

Kl. 21 a², 18/05

International Standard Electric Corporation, New York, N. Y.

Układ do przesyłania fal elektrycznych

Zgłoszono 19 września 1934

Udzielono 24 lutego 1943

Pierwszeństwo: 20 września 1933 (Stany Zjednoczone Ameryki)

Wynalazek niniejszy dotyczy układów wzmacniających, w których energia jest odprowadzana z obwodu wyjściowego do obwodu wejściowego z fazą przeciwną, a w szczególności układów, w których wyrównanie tłumienia obwodu przesyłowego jest uzyskane za pomocą sprzężenia zwrotnego.

Znaną jest rzeczą wyrównywanie charakterystyki tłumienia linii przez włączenie do niej układu oporności pozornych, którego charakterystyka częstotliwości jest dopełnieniem odpowiedniej charakterystyki linii. Proponowano również uskutecznić takie wyrównywanie przy pomocy wzmacniaka o ujemnym sprzężeniu zwrotnym, posiadającego na drodze sprzężenia zwrotnego układ o charakterystykach przesyłania podobnych do charakterystyk linii.

Wynalazek niniejszy usuwa trudność skonstruowania takiego układu oporności pozornych, którego charakterystyka częstotliwości byłaby podobną dokładnie do charakterystyki linii. Według wynalazku zmiany amplitudy i fazy, powodowane pewnym odcinkiem obwodu przesyłowego, są kompensowane odpowiednimi zmianami, wywołanymi w innej części tego samego obwodu.

Według wynalazku we wzmacniaku, pośredniczącym w przesyłaniu fal z jednego miejsca do odległego miejsca drugiego, napięcie o fazie przeciwnej jest odprowadzane z miejsca odległego do obwodu wejściowego amplifikatora po torze, utworzonym z tych samych drutów, które stanowią tor przesyłania bezpośredniego. Dla-

tego też dzięki wynalazkowi tłumienie na bezpośredniej drodze przesyłania jest skompensowane i wyrównane, ponieważ dla sprzężenia zwrotnego jest użyta sama linia.

Napięcie V , istniejące na zaciskach obwodu wejściowego amplifikatora, może być uważane jako składające się z dwóch części, a mianowicie z przyłożonego napięcia V_1 i z napięcia V_2 , przenoszonego zwrotnie z obwodu wyjściowego do wejściowego. Napięcie na zaciskach obwodu wyjściowego wynosi $\mu \cdot V$, a napięcie zwrotne $V_2 = -\mu \cdot \beta \cdot V$. Można stąd wyznaczyć wielkości μ i β , które są wielkościami zespolonymi, będącymi funkcjami fazy i innych wielkości elektrycznych.

Przy powyższych założeniach napięcie na wyjściowych zaciskach amplifikatora ze sprzężeniem zwrotnym będzie posiadało wartość:

$$\frac{\mu}{1 - \mu \cdot \beta} \cdot V_1.$$

Jeżeli iloczyn $\mu \cdot \beta$ jest znacznie większy od jedności, wówczas napięcie wyjściowe jest równe w przybliżeniu: $\frac{1}{3} \cdot V_1$, co oznacza, że napięcie wyjściowe jest niezależne zasadniczo od μ , a zależy natomiast od stopnia sprzężenia zwrotnego β między obwodem wyjściowym a wejściowym.

Na rysunku fig. 1 przedstawia znany układ, w którym wzmacniaki są włączone w linię przesyłową, a sprzężenie zwrotne odbywa się poprzez sąsiednią linię przesyłową. Fig. 2 przedstawia obwód według wynalazku, w którym sprzężenie zwrotne odbywa się poprzez część linii, służącej również do przesyłania sygnałów w kierunku zasadniczym. Fig. 2a, 2b i 2c przedstawiają sposoby otrzymywania fal odbitych w linii, fig. 3 przedstawia przedłużenie obwodu według fig. 2, fig. 3a i 3b przedstawiają części obwodu według fig. 3, fig. 4 przedstawia obwód skojarzony według fig. 3, fig. 5 —

układ wyjaśniający działanie obwodów z fig. 6 i 7, fig. 6 — obwód pochodny, fig. 7 — odmianę obwodu według fig. 6, fig. 7b — szczególnie zastosowany w obwodzie według fig. 7, fig. 8 — obwód bardzo długiej linii przesyłowej, w której zastosowano układ według wynalazku, i wreszcie fig. 4a, 6a i 7a przedstawiają uproszczone schematy, odpowiadające obwodom na fig. 4, 6 i 7.

Fig. 1 przedstawia linię przesyłową, mogącą stanowić część telefonicznego układu kablowego, pracującego z falą nośną, w którym kabel posiada większą liczbę par przewodów a i b . Układ ten posiada trzy stacje wzmacniakowe A , B i C , zaopatrzone we wzmacniaki, przy czym wzmacniaki na stacjach A i C należy traktować jako główne, a wzmacniak 2 na stacji B jako dodatkowy, który ewentualnie może być usunięty. Na razie będzie rozpatrzony obwód bez wzmacniaka 2, a potem należy rozważyć, jaki skutek spowoduje włączenie tego wzmacniaka.

Energia wyjściowa wzmacniaka 1 na stacji A jest kierowana parą przewodów do stacji B . Na stacji tej przewody są zabocznikowane mostkiem zrównoważonym W_4 , z którego pobiera się część energii i doprowadza się ją z powrotem do wyjściowych zacisków wzmacniaka 1 przy pomocy drugiej pary przewodów.

Ta druga para przewodów nie jest bezpośrednio przyłączona do wejściowych zacisków wzmacniaka 1, lecz za pośrednictwem mostku zrównoważonego W_1 . Zamknięta pętla wzmacniaka 1 zawiera więc w swej części przesyłowej elementy wzmacniające wzmacniaka oraz parę przewodów, łączącą ze sobą stacje A i B , natomiast w części sprzężenia zwrotnego zawiera drugą parę przewodów, łączącą te stacje ze sobą.

Stacja B znajduje się w połowie drogi między stacjami A i C , tak iż ogólna długość pętli od A do B i z powrotem do A jest równa odległości między stacjami A i C . Jeżeli wzmacniak 1 jest wykonany

tak, iż iloczyn $\mu\beta$ jest znacznie większy od jedności, wówczas otrzymane wzmocnienie na odcinku $A - B$ jest równe ujemnej odwrotności współczynnika β , wyrażającego tłumienie w torze sprzężenia zwrotnego między stacjami B i A . Tłumienie odcinka $B - A$ jest równe tłumieniu odcinka $B - C$, a zatem tłumienie całej linii między stacjami A i C zostaje w ten sposób skompensowane. Zmiany tłumienia i zmiany w fazie, powodowane wahaniami się temperatury i innych czynników, kompensują się przy tym samoczynnie.

Dodanie wzmacniaka 2 na stacji B , jak przedstawiono na rysunku, może być uważane jako podział wzmacniaka 1 na dwie części, przy czym układ będzie taki sam, gdy obydwie części 1 i 2 tego wzmacniaka będą umieszczone bądź na stacji A , bądź na stacji B , albo też oddzielnie, jak to przedstawiono na rysunku.

Według wynalazku niniejszego unika się stosowania dodatkowej pary przewodów do utworzenia toru sprzężenia zwrotnego, a stosuje się tylko jedną parę, która spełnia jednocześnie funkcje dwóch par a i b według fig. 1. Działanie takie otrzymuje się w układzie według fig. 2 dzięki temu, że do tej jednej pary na każdym jej końcu przyłącza się dodatkowe mostki Wheatstone'a W_2 i W_3 , które mają na celu kierowanie prądów do odpowiedniego obwodu. Jest rzeczą oczywistą, że własności mostku Wheatstone'a są wyzyskane w tym obwodzie w celu elektrycznego rozdzielania toru przesyłania w przód, czyli od wyjścia wzmacniacza w punkcie A do wejścia wzmacniacza w punkcie B , a toru przesyłania wstecz — od mostku W_4 do mostku W_1 .

Wprowadzenie dwóch dodatkowych mostków, z których jeden znajduje się za wzmacniaczem 1, a drugi przed wzmacniaczem 2, powoduje dodatkową stratę w obwodzie sprzężenia zwrotnego, tak iż wzrasta samoczynnie wzmocnienie amplifikatora. Z tego powodu powinny być wprowadzone

straty do innych odcinków, aby utrzymać nadal równowagę między wzmocnieniem a stratą w linii. W tym celu zastosowano dodatkowe mostki 14 i 15, które służą jedynie do wprowadzenia dodatkowego tłumienia. Zamiast mostków mogą być zastosowane również inne tłumiki, np. uwidoczniony na fig. 2a, jednak jest rzeczą pożądaną, aby tłumik możliwie dokładnie odwzorzał charakterystyki obwodów, z którymi jest zespolony, a to właśnie może być najłatwiej osiągnięte dzięki użyciu układów mostkowych.

W powyższych warunkach obwód od A do C jest zasadniczo wyrównany, gdyż w razie pojawienia się jakiegokolwiek zmiany w torze przesyłowym a i c zmiana ta będzie oddziaływała odpowiednio na obwód sprzężenia zwrotnego w taki sposób, że poziom przenoszenia linii pozostanie zasadniczo bez zmiany pomimo zmian tłumienia.

W obwodzie według fig. 2, jak i według fig. 1, mostki Wheatstone'a W_1 i W_4 spełniają podwójne zadanie, a mianowicie uniezależniają ilość energii zwrotnej od zewnętrznych połączeń z drogami komunikacyjnymi oraz uniezależniają oporności pozorne tych połączeń zewnętrznych od sprzężenia zwrotnego. To znaczy, że odcinek obwodu między A i B może być uważany praktycznie jako wzmacniak jednorodowy, którego wzmocnienie i oporność pozorna są niezależne od linii, do których jest on przyłączony. Ten warunek niezależności, aczkolwiek pożądanym w pewnych przypadkach, nie jest warunkiem koniecznym, gdyż obwód mógłby pracować z powodzeniem bez współudziału mostków Wheatstone'a W_1 i W_4 . Gdyby mostki te były usunięte, wówczas jeden punkt, np. punkt B , byłby w pewnych warunkach punktem, w którym prądy przychodzące z A byłyby odbijane częściowo z powrotem do A . Prądy przychodzące z C byłyby odbijane częściowo w tym punkcie B

z powrotem do C i częściowo przesyłane do A . Takie zjawisko częściowego odbicia mogłoby być stale zapewnione, aparatura zaś na stacji B (fig. 2) mogłaby być wówczas znacznie uproszczona przez zastąpienie całego urządzenia stacji B odpowiednim urządzeniem, dającym nieciągłość linii, a więc i odbicie. Postacie takich urządzeń, powodujących nieciągłość linii i odbicia, są przedstawione na fig. 2b i 2c, przy czym rozumie się samo przez się, że urządzenia te zastępują całkowicie aparaty na stacji B według fig. 2. Fala, odbita od urządzenia odbijającego, daje sprzężenie zwrotne, które działa na stacji A w taki sam sposób, jak w układzie według fig. 2. W celu utrzymania prawidłowych wartości wzmocnienia i strat, urządzenie odbijające powinno dać stratę przy odbiciu, równą stracie przesyłania, to znaczy powinna być odbita połowa energii, co odpowiada stracie przesyłania równej 6 db.

Jeżeli z obwodu według fig. 2 zostaną usunięte mostki W_1 i W_4 , wówczas rzeczywiste wzmocnienie w odcinku od A do B stanie się zależne od warunków w sąsiednich odcinkach. Jeżeli ta zależność od warunków w sąsiednich odcinkach jest niedopuszczalna, wówczas obwód może być wykonany tak, aby można było uzyskać nie tylko uproszczenie urządzenia, lecz i umożliwić przy odpowiednich zmianach układu przesyłanie sygnałów w obydwóch kierunkach po jednej parze przewodów.

Obwód dla pracy obustronnej według wynalazku, stosujący jedną parę przewodów i jeden amplifikator na każdej stacji wzmacniawkowej, jest przedstawiony na fig. 4. Jednakże w celu łatwiejszego zrozumienia, w jaki sposób przechodzi się z obwodu według fig. 2 do obwodu według fig. 4, uwidoczniono na fig. 3 w sposób przejrzysty układ przejściowy. Sygnały, przychodzące z zachodu po górnej parze przewodów, biegną po torze, oznaczonym

strzałkami skierowanymi ku wschodowi; natomiast strzałki, wskazujące na zachód, oznaczają drogi sprzężenia zwrotnego tych sygnałów. Z drugiej strony sygnały, przychodzące ze wschodu, dążą po drodze, oznaczonej strzałkami wskazującymi na zachód; natomiast strzałki wskazujące na wschód przedstawiają drogi sprzężenia zwrotnego tych sygnałów.

Łatwiej jest zrozumieć działanie obwodu według fig. 3 rozpatrując fig. 3a, która przedstawia ostatni odcinek liniowy od C do D , którego długość jest równa $\frac{l}{2}$. Sygnały przychodzące do punktu I są wzmocnione w amplifikatorze i wychodzą na linię w kierunku od C do D . Tor sprzężenia zwrotnego amplifikatora (na stacji C) biegnie od stacji D do punktu I , natomiast tor sprzężenia zwrotnego sąsiedniego amplifikatora (na stacji B) powraca od punktu II do stacji B . Na razie zakłada się, że jakikolwiek aparat, przyłączony w punkcie III , posiada dużą oporność pozorną, tak iż nie wprowadza żadnej nieregularności do pętli $C—D—C$. Z założenia, że iloczyn $\mu \beta$ jest duży wobec jedności, wynika, iż wzmocnienie między punktami I i II (które może wynosić N db) jest równe zasadniczo stratom w pętli $C—D—C$. Fig. 3b przedstawia pętlę $B—C—B$, przy czym aparat, znajdujący się w punkcie C , a zawierający pętlę $C—D—C$, został przedstawiony prostokątem, wykreślonym linią kreskową. Tor sprzężenia zwrotnego wzmacniacza według fig. 3b przebiega teraz od punktu V do I , II i IV . Odcinek liniowy między B i C wykazuje stratę N db, a odcinek między C i D również wykazuje tę samą stratę, podczas gdy wzmacniacz pomiędzy I i II wprowadza wzmocnienie N db. Wobec tego strata w pętlicy $B—C—B$ wynosi dokładnie N db, wzmocnienie zaś między IV i V jest równe zasadniczo również N db, wobec czego

wzmocnienie pomiędzy IV i V jest równe zeru, co oznacza, że poziom energii w punkcie wejściowym IV jest taki sam, jak poziom energii w punkcie wejściowym I. Takie samo rozumowanie można przeprowadzić dla dowolnej liczby odcinków, leżących na lewo od stacji B. Ogólne wzmocnienie w obwodzie będzie równe wówczas zasadniczo zeru, ponieważ każdy amplifikator wprowadza wzmocnienie, wystarczające do skompensowania w przybliżeniu strat w przyległym odcinku. Należy zaznaczyć, że układ z mostkiem Wheatstone'a zespala drogę sprzężenia zwrotnego z bezpośrednią drogą przesyłania (tak iż wielkość sprzężenia zwrotnego jest niezależna od zewnętrznych połączeń z drogami komunikacyjnymi), jak również uniezależnia oporności pozorne zewnętrznych połączeń od sprzężenia zwrotnego, a więc zapewnia większą stabilność układu.

To samo rozumowanie, które prowadziło od obwodu według fig. 1 do obwodu według fig. 2, można zastosować również do obwodu według fig. 3, w wyniku czego otrzymuje się obwód według fig. 4. Obwód ten powstaje przez złączenie ze sobą dwóch mostków na każdej stacji i użycie każdego odcinka liniowego zarówno do przesyłania, jak i do sprzężenia zwrotnego. Mostki można złączyć ze sobą w ten sposób, że zaciski wyjściowe amplifikatora w punkcie A połączy się z mostkiem wejściowym w dwóch punktach, które są zespolone w stosunku do zacisków wejściowych. Przy takim połączeniu niektóre oporności staną się zbyteczne. Obwód według fig. 4 działa w ten sam sposób, jak obwód według fig. 3, jeżeli weźmie się pod uwagę wzmocnienia i straty w różnych częściach układu, przy czym obwód ten nadaje się do przesyłania w obydwóch kierunkach. Obwód jednej stacji według fig. 4 może być przedstawiony w uproszczonej postaci na schemacie według fig. 4a, skąd łatwo jest

zrozumieć wzajemne stosunki, zachodzące między poszczególnymi częściami mostku Wheatstone'a.

Do obwodów, opisanych wyżej, można wprowadzić różne zmiany, które nadadzą tym obwodom różne zalety. Np. poprzednio przyjęto założenie, że elementy oporności pozornych mostków oraz wejściowe i wyjściowe oporności pozorne wzmacniaków są równe oporności charakterystycznej linii, przynajmniej w użytkowanej części zakresu częstotliwości. W praktyce może być rzeczą pożądaną, aby jak najwięcej tych oporności pozornych było opornościami rzeczywistymi, równymi pewnej odpowiedniej wartości, np. asymptotycznej wartości pozornej oporności kabla. Jednak jest rzeczą oczywistą z fig. 4a, że gałęzie mostku w tym obwodzie lub w obwodzie według fig. 4 nie mogą mieć samych oporności rzeczywistych, a posiadają jeszcze wyrównawcze oporności pozorne. Jeżeli okoliczności, w jakich pracuje linia, są tego rodzaju, że nie jest rzeczą ważną dokładne wyrównanie między różnymi częściami mostku, to jest, jeżeli mostki mogą być pozbawione tych funkcji, jakie spełniają mostki W_1 i W_4 według fig. 1 i 2, wówczas tylko jeden element oporności pozornej w każdym mostku musi różnić się od oporności rzeczywistej. Na tej podstawie obwód według fig. 3 może być zamieniony na układ według fig. 5, a obwód według fig. 4 — na układ według fig. 6. Na fig. 5 przedstawiono mostki tylko w tym celu, aby objaśnić układ według fig. 6, który otrzymuje się również przez złączenie ze sobą dwóch mostków w pewnym punkcie, np. w punkcie A, w jeden mostek, przy czym wyjściowe zaciski wzmacniacza są przyłączone do tych dwóch punktów mostku wejściowego, które są zespolone z końcówkami wejściowymi. Według fig. 6 na stacji D nie ma potrzeby stosowania mostku. Zamiast tego wystarcza postarać się o pełne odbicie fali przez zastosowanie odbiornika na stacji D

o bardzo dużej lub bardzo małej wejściowej oporności pozornej. Obwód otwarty nie daje przesunięcia fazy przy odbiciu, jeżeli bierze się pod uwagę falę napięcia, natomiast obwód zwarty daje przesunięcie fazy o 180° . Czy takie przesunięcie fazy jest pożądane, czy też nie, zależy to od wewnętrznej konstrukcji wzmacniacza na stacji C i od jego połączenia z mostkiem w tym punkcie. Na całej drodze sprzężenia zwrotnego przesunięcie fazy powinno wynosić w przybliżeniu 180° .

W układzie według fig. 6 dwa odcinki linii są przyłączone równolegle do wzmacniacza i tworzą wspólnie człon oporności pozornej w mostku Wheatstone'a; schemat układu jednego takiego odcinka wraz z obwodem wzmacniakowym jest przedstawiony na fig. 6a, która uwidocznia wyraźnie stosunki, zachodzące między elementami mostku. Ponieważ obydwa odcinki L' i L'' linii są połączone ze sobą równolegle, przeto oporność rzeczywista lub pozorna innych elementów mostku powinna być dwukrotnie mniejsza niż odpowiednich elementów według fig. 4 lub 4a.

Zamiast równoległego przyłączenia dwóch odcinków linii do wzmacniacza można przyłączyć je szeregowo; układ taki jest przedstawiony na fig. 7. Odpowiednio uproszczony schemat jest przedstawiony na fig. 7a, z którego wynika, że elementy oporowe powinny mieć podwójną wartość w stosunku do wartości według fig. 4a. Chociaż układ według fig. 7 posiada niektóre zalety w pewnych przypadkach, to jednak należy zaznaczyć, że linia jest nie zrównoważona i wobec tego łatwiej podlega zakłóceniom. Można temu zapobiec, stosując transformatory między wzmacniaczem a linią, jak to przedstawia fig. 7b.

Co się tyczy odległości między wzmacniaczami, to nie jest rzeczą pożądaną wprowadzać jakiegokolwiek ograniczenia pod tym względem. Na ogół odległość między wzmacniaczami jest ograniczona przesunię-

ciem faz, jakie towarzyszy tym obwodom; takie przesunięcie może być regulowane w znacznym stopniu za pomocą dodatkowych układów oporności pozornej odpowiedniego typu, włączonych w odpowiednich miejscach, np. za pomocą oporności Z, włączonej w obwody sprzężenia zwrotnego według fig. 2. Może być również rzeczą pożądaną użycie niektórych dodatkowych obwodów sprzężenia zwrotnego, których stosowanie jest znane w tym przypadku.

Korzystną cechą wszystkich proponowanych układów jest to, że dany odcinek kabla jest wyrównany podobnym sąsiednim odcinkiem, zawartym w obwodzie sprzężenia zwrotnego. Taki układ wymaga, aby długości odcinków były jednakowe, a charakterystyki liniowe były zasadniczo takie same. W przeciwnym razie, w przypadku według fig. 1 i 2, regulowanie wzmocnienia i wyrównanie charakterystyki wzmacniaków nie odbywa się całkowicie samoczynnie. W układach według fig. 4, 6 i 7 regulacja ogólnego wzmocnienia i stopnia wyrównania będzie odbywała się samoczynnie, ponieważ cała długość toru sprzężenia zwrotnego jest taka sama, jak i długość toru bezpośredniego. Jednak, jeżeli sąsiednie odcinki nie są w równym stopniu narażone na warunki atmosferyczne, to jest, jeżeli w przypadku skrajnym jeden odcinek jest podziemny, a drugi napowietrzny, to chociaż zachodziłaby samoczynna regulacja wzmocnienia i stopnia wyrównania, to regulacja poziomu energii wyjściowej byłaby niewystarczająca.

W poprzednich rozważaniach przyjęto założenie, że ogólne wzmocnienie amplifikatora o ujemnym sprzężeniu zwrotnym jest równe stratom w obwodzie sprzężenia zwrotnego. Przypadek ten ma miejsce wtedy, gdy iloczyn $\mu\beta$ jest bardzo duży w porównaniu z jednością. W przeciwnym razie wzmocnienie wyrazi się jako

$$K = \frac{\mu}{1 - \mu\beta}. \quad \text{W obwodach według fig. 4,}$$

6 i 7 takie odchylenie od prostej zależności jest skompensowane zasadniczo w poszczególnych odcinkach linii. W układzie według fig. 3a wzmocnienie między punktami *I* i *II* będzie nieco mniejsze od strat w pętli *C—D—C*. Wobec tego w układzie według fig. 3b strata w pętli *B—C—B* będzie odpowiednio większa od strat w pojedynczym odcinku *B—C*. Gdyby nie było tego zjawiska, wówczas wzmocnienie między punktami *IV* i *V* byłoby większe od strat w odcinku *B—C*. Zjawisko to powoduje jednak zmniejszenie się wzmocnienia, które zbliża się co do wielkości do strat. Taka kompensacja zachodzi we wszystkich innych odcinkach linii.

W układach według fig. 4, 6 i 7 jest rzeczą oczywistą, że nieregularności w obwodzie kablowym lub gdzieindziej będą powodowały odbicia fal, których drogi będą znajdowały się na zewnątrz dróg, należących do układu, przy czym zjawisko odbicia fali może być znaczne wskutek tego, że obwód jako całość jest nastawiony w przybliżeniu na zero wzmocnienia lub strat. Aby przerwać drogi odbić fal, cały obwód może być podzielony na odcinki o umiarkowanej długości przy pomocy wzmacniaków czteroprzewodowych, jak to przedstawiono na fig. 8. Według fig. 8 zwykle czteroprzewodowe zespoły końcowe byłyby zastosowane w punktach *T*, a każdy z odcinków *H* drogi przesyłania byłby złożony z odcinków liniowych według fig. 4, 6 lub 7. Wzmacniaki czteroprzewodowe powinny pozwalać oczywiście na przesyłanie tylko w jednym kierunku poprzez daną parę przewodów, natomiast wewnątrz każdego z tych odcinków *H* mogą być prowadzone rozmowy dwukierunkowe między punktami, znajdującymi się między dwoma wzmacniakami czteroprzewodowymi.

W związku ze sprzężeniem zwrotnym należy zaznaczyć, że przesunięcie fazy wzdłuż pętli utworzonej przez tor trans-

misji i tor sprzężenia zwrotnego powinno być tego rodzaju, aby spełniało warunki stabilności układu, a więc np. przesunięcie fazy fal sygnałowych przez tę pętlę nie powinno być równe zeru przy takich częstotliwościach, przy których iloczyn $\mu \beta$ jest równy lub większy od jedności. Warunek ten może być uzyskany dzięki utrzymaniu dostatecznie małych odległości między sąsiednimi wzmacniakami lub dzięki użyciu różnych typów układów oporności pozornych w tym obwodzie.

W opisie wspomniano o stosowaniu mostków o równej przekładni. Jest to typ mostku, który najbardziej ułatwia objaśnienie działania obwodów i który winien być powszechnie używany w praktyce. Jednak jest rzeczą oczywistą, że i mostki o innej przekładni będą działały zadowalająco, a w niektórych przypadkach będą korzystniejsze.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Układ do przesyłania fal elektrycznych, posiadający tor bezpośredniego przesyłania fal od pewnego punktu do punktu odległego, wzmacniak włączony do toru bezpośredniego przesyłania fal oraz tor ujemnego sprzężenia zwrotnego z punktu odległego do zacisków wejściowych wzmacniaka, znamienny tym, że zawiera w punkcie odległym od wzmacniaka odbijający opór pozorny lub układ oporów pozornych oraz połączenia bocznikujące wzmacniak w celu przedłużenia toru sprzężenia zwrotnego od linii do zacisków wejściowych wzmacniaka, dzięki czemu tor bezpośredniego przesyłania fal służy jednocześnie jako tor sprzężenia zwrotnego.

2. Układ według zastrz. 1, znamienny tym, że odbijający układ oporów pozornych (fig. 2b albo 2c lub też W_3 albo W_4 na fig. 2) jest włączony w linię w jednym z punktów (*A* albo *B*), a zrównoważone

mostki Wheatstone'a (W_1 i W_2) są umieszczone na wejściu i wyjściu wzmacniacza, umieszczonego w innym punkcie (B albo A), przy czym mostki te są wykonane i połączone ze sobą tak, iż przedłużają tor sprzężenia zwrotnego od linii do wejścia wzmacniacza.

3. Układ według zastrz. 1, znamienny tym, że wzmacniak włączony do toru bezpośredniego przesyłania fal jest połączony ze zrównoważonym mostkiem Wheatstone'a (fig. 4), którego jedna para ramion przeciwległych jest utworzona z poprzedzającego i następującego odcinka linii, a zaciski wejściowe i wyjściowe wzmacniacza są połączone ze sprzężonymi ze sobą parami zacisków tego mostku.

4. Układ według zastrz. 1, znamienny tym, że wzmacniak włączony do toru bezpośredniego przesyłania fal jest połączony ze zrównoważonym mostkiem Wheatstone'a (fig. 6 i 7), przy czym jedno ramię tego mostku zawiera włączone sze-

regowo lub równoległe poprzedzający i następujący odcinek linii, zaciski zaś wejściowe i wyjściowe wzmacniacza są połączone ze sprzężonymi ze sobą parami zacisków mostku.

5. Układ do przesyłania fal elektrycznych, zawierający szereg układów według zastrz. 3 lub 4, włączonych w pewnych odstępach do linii, znamienny tym, że długość odcinków linii jest tak dobrana, a mostki Wheatstone'a tak zrównoważone, iż przesyłanie fal odbywać się może w obu kierunkach linii, a tor sprzężenia zwrotnego przebiega w każdym odcinku linii od zacisków wyjściowych każdego wzmacniacza do zacisków wejściowych wzmacniacza poprzedzającego wzdłuż toru bezpośredniego przesyłania fal.

International Standard
Electric Corporation
Zastępca: M. Skrzypkowski
rzecznik patentowy

Fig. 1.

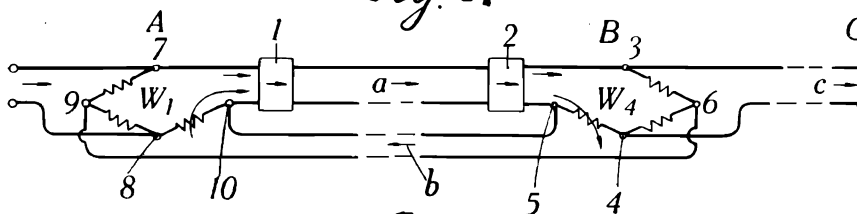


Fig. 2.

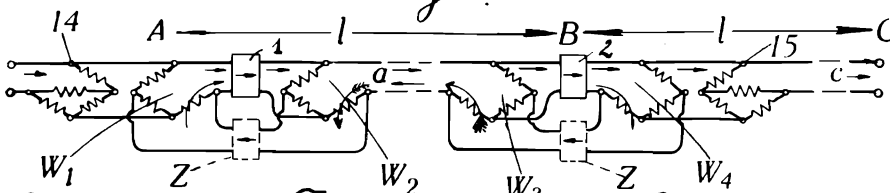


Fig. 2a.

Fig. 2b.

Fig. 2c.

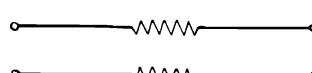
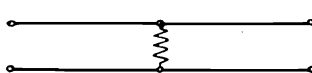
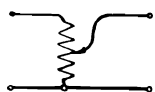


Fig. 3.

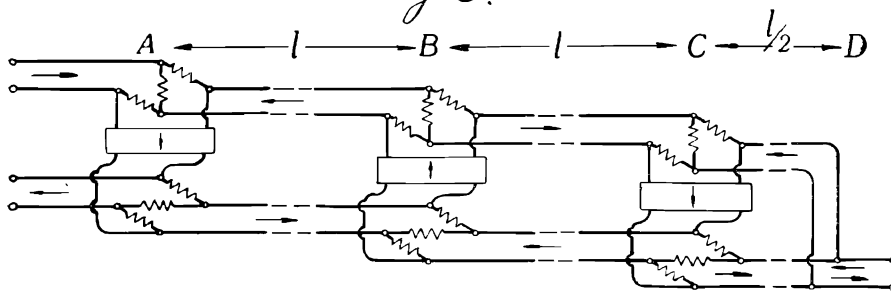


Fig. 3a.

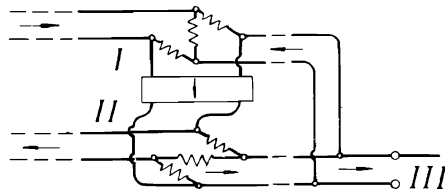


Fig. 3b.

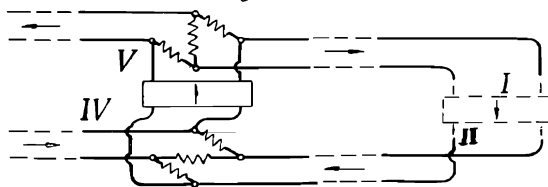


Fig. 4

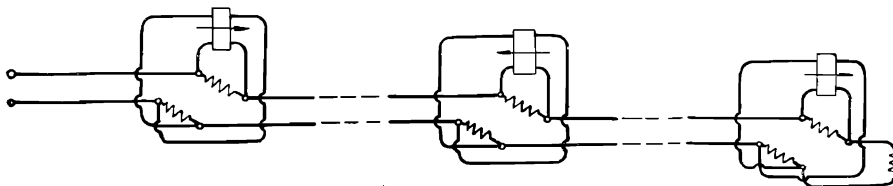


Fig. 5

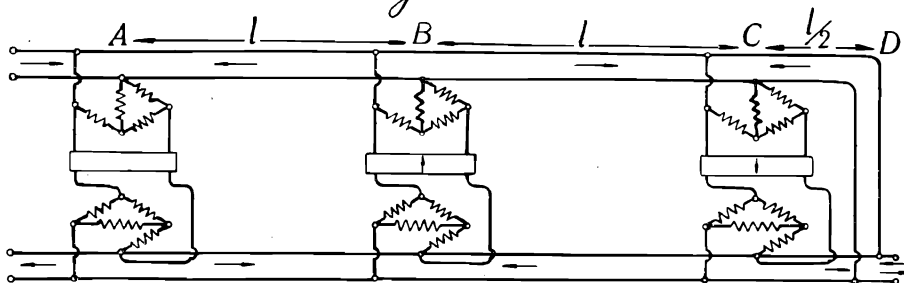


Fig. 6.

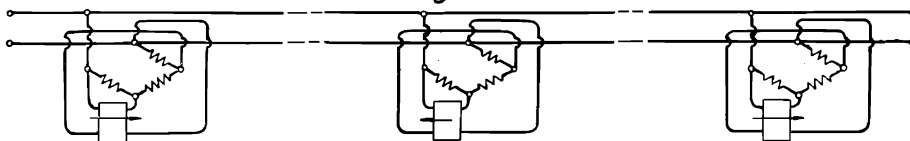


Fig. 7.

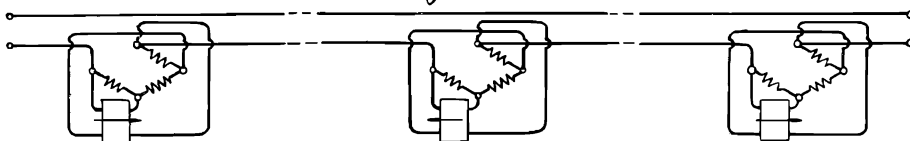


Fig. 4 a.

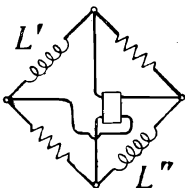


Fig. 6 a.

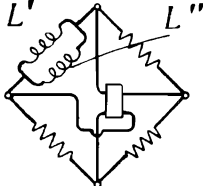


Fig. 7 a.

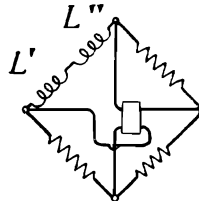


Fig. 7 b.

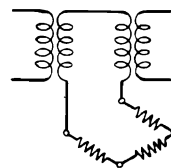


Fig. 8

