



Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 26.X.1965 (P 111 362)

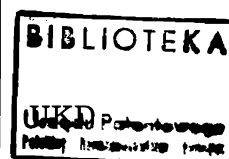
Pierwszeństwo: 29.X.1964 dla zastrz. 1, 2, 5, 7,
9—11
12.XII.1964 dla zastrz. 3, 4, 6, 8
Niemiecka Republika
Federalna

Opublikowano: 18.III.1967

Kl. 21 a¹, 33/40

MKP H 04 n

5/24



Właściciel patentu: N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven
(Holandia)

Układ do korekcji zniekształceń poduszkowych towarzyszących odchylaniu wiązki elektronów w lampie odtwarzającej

1

Wynalazek dotyczy układu do korekcji zniekształceń poduszkowych towarzyszących odchylaniu wiązki elektronów w lampie odtwarzającej, w dwóch prostopadłych do siebie kierunkach. Układ zawiera pierwszą cewkę odchylającą do odchylania, ze stosunkowo wielką częstotliwością, w pierwszym kierunku, to jest w kierunku poziomym, przy czym do cewki tej doprowadzony jest prąd o przebiegu piłokształtnym z pierwszego źródła prądu, oraz do cewki tej dołączone jest równoległe pierwsze uzwojenie transduktora nawiniętego na rdzeniu o nieliniowej charakterystyce indukcji magnetycznej B w funkcji natężenia pola magnetycznego H. Układ zawiera następnie drugą cewkę odchylającą do odchylania w drugim kierunku, najkorzystniej w kierunku pionowym, ze stosunkowo małą częstotliwością odchylania w odniesieniu do częstotliwości odchylania dla kierunku pierwszego, przy czym do cewki tej doprowadzony jest prąd o przebiegu piłokształtnym z drugiego źródła prądu, który przynajmniej częściowo przepływa przez drugie uzwojenie transduktora.

Opisany wyżej układ jest znany z patentu NRF 1.023.078. W tym znanym układzie stosowany jest zawsze tzw. potencjometryczny sposób działania, co oznacza, że w celu uzyskania korekcji zniekształceń poduszkowych dołącza się równoległe do właściwej cewki odchylającej uzwojenie transduktora zaś oba połączone w ten sposób uzwoje-

2

nia dołącza się do źródła, które dostarcza prąd o przebiegu piłokształtnym do odchylania wiązki elektronów w jednym kierunku. Wartość samoindukcji uzwojenia jest zmieniana za pomocą prądu o przebiegu piłokształtnym, który powoduje odchylanie w innym kierunku. Ma to miejsce przy korekcji odchylania pionowego, uzyskiwanej za pomocą odchylania poziomego, przy czym prostowaniu podlegają linie poziome, tzw. korekcja północ-południe. Powyższe ma miejsce również przy korekcji odchylania poziomego, uzyskiwanej za pomocą odchylania pionowego, przy czym korygowana zostaje długość odczytywania w kierunku poziomym, tzw. korekcja wschód-zachód.

Korekcja wschód-zachód nadaje się do stosowania sposobu potencjometrycznego, natomiast korekcja północ-południe nie. Prąd o stosunkowo małej częstotliwości musi być korygowany w rytmie znacznie szybszym (w rytmie stosunkowo wielkiej częstotliwości innego kierunku odchylania). Ponieważ oporność wewnętrzna drugiego źródła prądu jest zbliżona do rzeczywistej przeto zmiana samoindukcji nie wywiera praktycznie żadnego wpływu na amplitudę prądu dostarczanego przez to źródło, chyba że wartość samoindukcji zostanie zaprojektowana jako bardzo duża. W ostatnim przypadku występują jednakże niepożądane przesunięcia fazowe.

Z wyżej podanych powodów przedmiotem dotychczasowych projektów był sposób przeprowa-

dzania korekcji wschód-zachód przy zastosowaniu transduktora zaś korekcji północ-południe przy użyciu specjalnej lampy modulacyjnej bądź też specjalnego tranzystora. Takie rozwiązanie konstrukcyjne wymaga jednak stosowania osobnego stopnia modulacyjnego wraz z przynależnymi doń elementami układu, co pociąga za sobą oczywiście dodatkowe koszty.

Celem wynalazku jest stworzenie układu, za pomocą którego możliwe będzie przeprowadzenie korekcji zarówno północ-południe jak też i wschód-zachód przy użyciu jednego transduktora.

Układ według wynalazku przewidziany do tego celu zawiera środki, za pomocą których napięcie o stosunkowo wielkiej częstotliwości, indukowane w drugim uzwojeniu transduktora, z powodu nieliniowości materiału użytego do wykonania rdzenia tego transduktora zostaje przesunięte w fazie w przybliżeniu o 180° i następnie doprowadzone do drugiej cewki odchyłającej, która ma właściwość całkowania tego napięcia.

Należy zaznaczyć, że wynalazek bazuje na niżej podanym odkryciu. Przy stosowaniu transduktora występuje niepożądane oddziaływanie wsteczne, które jak to później zostanie bliżej objaśnione, powoduje uwydatnienie już istniejących zniekształceń poduszkowych linii poziomych (tzn. w kierunku północ-południe). W wyniku zastosowania właściwych środków, zgodnych z wynalazkiem, nie tylko unika się owego niepożądanego uwydatnienia zniekształceń, lecz odwraca się je w ten sposób, że uzyskuje się korekcję zniekształceń poduszkowych w kierunku północ-południe.

Wynalazek zostanie bliżej objaśniony na kilku przykładach wykonania przedstawionych na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia pierwszy przykład wykonania układu według wynalazku, fig. 2 — krzywe sygnałów występujących w układzie według fig. 1, fig. 3a — przykład przebiegu indukcji magnetycznej B w funkcji natężenia pola magnetycznego H dla materiału zastosowanego do wykonania rdzenia transduktora, fig. 3b — przebieg przenikalności magnetycznej μ w funkcji natężenia pola magnetycznego H wyprowadzony z krzywej według fig. 3a, fig. 4 — przykład zniekształcenia poduszkowego, jakie może występować na ekranie telewizyjnej lampy odtwarzającej, fig. 5 — transduktor pokazany już na fig. 1, jednak z odmiennym kierunkiem strumienia magnetycznego w zewnętrznych słupach rdzenia, fig. 6 — charakterystykę fazy obwodu LC, stosowaną do zamiany niepożądanego oddziaływania zwrotnego na sygnał korekcyjny, fig. 7 — prąd o przebiegu piłokształtnym o stosunkowo małej częstotliwości zmodulowany prądami korekcyjnymi stosunkowo wielkiej częstotliwości w celu usunięcia zniekształcenia poduszkowego w kierunku północ-południe, fig. 8 — drugi, fig. 9 — trzeci, fig. 10 — czwarty przykład wykonania układu według wynalazku.

Źródło prądu 1, jak to zostało pokazane na fig. 1, dostarcza prąd I_t o przebiegu piłokształtnym do odchyłania poziomego wiązki elektronów. Jako oporność wewnętrzną źródła 1 przyjmuje się samoindukcję 2, co stanowi założenie stosunkowo

bliskie rzeczywistości. Dostarczany ze źródła 1 prąd o przebiegu piłokształtnym jest doprowadzany między innymi do cewki odchyłającej 3, która jest wsunięta na szyjkę (nie przedstawionej na rysunku) telewizyjnej lampy odtwarzającej np. w celu odchyłania poziomego. Częstotliwość powtarzania f_L dostarczanego ze źródła 1 prądu wynosi dla systemu europejskiego 625 linii 15.625 Hz.

Na fig. 1 pokazane jest także drugie źródło prądu 4, które dostarcza prąd I_v o przebiegu piłokształtnym do odchyłania pionowego wiązki elektronów. Oporność wewnętrzną źródła 4 tworzy opornik 5. Oporność wewnętrzna pionowego stopnia wyjściowego ma jak wiadomo, w odbiorniku telewizyjnym charakter rzeczywisty. Wynika to stąd, że częstotliwość powtarzania dla odchyłania pionowego jest stosunkowo mała (dla systemu europejskiego 50 Hz), tak że dla tej częstotliwości, cewki odchyłania pionowego mają charakter prawie rzeczywisty. Z tego względu jest wskazane, aby oporność wewnętrzna pionowego stopnia końcowego miała charakter prawie rzeczywisty.

Oporność wewnętrzna 5 jest zbocznikowana kondensatorem 6. Kondensator ten, jak to później zostanie bliżej objaśnione, musi mieć dla częstotliwości linii f_L niewielką składową urojoną, ponieważ w przeciwnym przypadku sygnały częstotliwości linii mogą wywierać niepożądany wpływ.

Prąd odchyłania pionowego I_v jest doprowadzony do cewek odchyłania pionowego 7 i 8.

Cewki odchyłające 3, 7 i 8 są przeważnie połączone mechanicznie w jedną całość. Cewki te nie powodują żadnych błędów w odchyłaniu, co oznacza, że są one anastygmatische i nie powodują aberracji sferycznej odchylanej wiązki. Jest to szczególnie ważne w przypadku telewizyjnych lamp odtwarzających telewizji kolorowej, ponieważ błędy w odchyłaniu pociągają za sobą błędy w odtwarzaniu kolorów.

Cewki odchyłające, które nie powodują błędów w odchyłaniu wprowadzają jednak zniekształcenia poduszkowe. Przykład zniekształcenia tego rodzaju jest przedstawiony na fig. 4. Zgodnie z wynalazkiem, zniekształcenie poduszkowe daje się usunąć za pomocą jednego tylko transduktora 9 jak to zostało pokazane na fig. 1.

Transduktor składa się z rdzenia płaszczyznowego 10, na którego bocznych słupach nawinięte są w przeciwnych kierunkach uzwojenia 11 i 12. Uzwojenia te są połączone ze sobą szeregowo za pomocą przewodnika 13 zaś za pomocą przewodników 14 i 15 dołączone są do cewki odchyłającej 3. W wyniku tego prąd I_t dostarczany ze źródła 1 rozplywa się na dwa prądy I_k i I_H , przy czym prąd I_k przepływa przez pierwsze uzwojenie, które stanowią połączone ze sobą szeregowo uzwojenia 11 i 12, zaś prąd I_H przepływa przez cewkę odchyłającą 3.

Na środkowym słupie rdzenia transduktora 10, nawinięte jest drugie uzwojenie 16. Uzwojenie to jest połączone z kondensatorem 20 i cewką 22 za pomocą przewodników 17 i 18.

Sposób działania transduktora 9 zostaje przedstawiony poniżej. Przez pierwsze uzwojenie 11 i 12 płynie przedstawiony na fig. 2a prąd I_k o czę-

stotliwości linii. Przez drugie uzwojenie 16 płynie prąd I_v o przebiegu piłokształtnym z częstotliwością ramki. Materiał użyty do wykonania rdzenia 10 ma krzywą zależności indukcji magnetycznej B od natężenia pola magnetycznego H jak to pokazano na fig. 3a. Z krzywej tej można wyprowadzić krzywą zależności przenikalności magnetycznej μ od natężenia pola H (fig. 3b). Przy wykresach obu krzywych przyjęte zostało założenie, że materiał, z którego wykonany jest rdzeń nie wykazuje prawie wcale właściwości histeretycznych, co dla wybranego materiału stanowi dozwolone przybliżenie. Jeżeli krzywa BH dla materiału użytego na rdzeń ma przebieg prostokątny można uzyskać krzywą według fig. 3a stosując szczylinę powietrzną.

Prąd I_v przepływając przez uzwojenie 17, powoduje zmianę natężenia pola H_v , jak pokazano na fig. 3b. Z tego też powodu przebieg odbywa się po silnie zakrzywionej części krzywej $\mu - H$ przez co uzyskuje się mniej lub więcej paraboliczną zmianę przenikalności μ . Zmiana przenikalności magnetycznej powoduje zmianę wartości samoindukcji L_{11} , L_{12} uzwojeń 11 i 12. Tym samym zmienia się parabolicznie amplituda prądu I_H o przebiegu piłokształtnym i o częstotliwości ramki. Dla wartości prądu $I_v = 0$, co stanowi przypadek dla przedstawionej na fig. 4 linii 23, wartość $H_v = 0$, a tym samym μ przybiera wartość maksymalną, przez co $L_{11,12}$ przybiera wartość maksymalną. W ten sposób otrzymuje się minimalny prąd I_k płynący przez uzwojenie 11, 12. Źródło 1 o wewnętrznej oporności pozornej 2 dostarcza prąd odchyłający I_k o przebiegu piłokształtnym i o stałej amplitudzie, t.zn., że suma prądów I_H i I_k jest stała, tak że skoro I_k zgodnie z przytoczonym wyżej rozważaniem przybiera wartość minimalną wówczas wartość prądu I_H osiąga maximum. To jest właśnie wymagane, ponieważ ze względu na zniekształcenie poduszkowe (fig. 4) I_H musi osiągnąć maximum wówczas gdy $I_v = 0$. Występuje to po środku ekranu w kierunku pionowym (patrz fig. 4 środkowa linia pozioma 23).

Prąd I_v można uważać w przypadku sygnałów o częstotliwości linii w przybliżeniu za prąd sfalowy, ponieważ częstotliwość 50 Hz jest o tyle niższa od częstotliwości 15.625 Hz, że podczas okresu linii prawie nie występuje zmiana prądu odchyłającego w kierunku pionowym I_v , t.zn. samoindukcja $L_{11,12}$ zostaje nastawiona w zależności od I_v każdorazowo na inną wartość.

Przy tym, jak wynika z tego, co wyżej powiedziano, przy $I_v = 0$, prąd I_k osiąga minimum, zaś tym samym prąd I_H osiąga maximum. Przy maksymalnej wartości prądu I_v wartość samoindukcji $L_{11,12}$ jest minimalna a tym samym wartość prądu I_H minimalna. Prądy I_k oraz I_H mają nadal kształt niewiele odbiegający od piłokształtnego lecz o zmiennej amplitudzie.

Można zatem uważać, że równoległe dołączenie do poziomej cewki odchyłającej 3 szeregowego układu uzwojeń 11 i 12 jest jedynym możliwym układem przy zniekształceniu poduszkowym, ponieważ także wówczas, gdy — jak to przedstawiono na przykładzie według fig. 9 — uzwojenie 16

zostanie dołączone równoległe do pionowych cewek odchyłających 7 i 8, pionowy prąd odchyłający I_v jest mimo to maksymalny na końcu i na początku czasu powrotu w pionie i jest równy zeru podczas połowy czasu ruchu do przodu (patrz linia 23). Tym samym nie jest tu możliwe odwrócenie fazy, tak aby układ szeregowy złożony z uzwojeń 11 i 12 można było dowolnie dołączyć do poziomej cewki odchyłającej 3 t.zn. szeregowo albo równoległe. Jak wykazano dotychczas, prąd I_k ma nadal przebieg bez mała piłokształtny, ponieważ wartość chwilowa prądu I_v podczas jednego okresu linii T może być uważana w przybliżeniu za stałą. Należy przyjąć założenie, że wartość prądu I_v ma maksimum albo też jest stosunkowo wysoka i że prąd I_k na początku poziomego ruchu powrotnego ma maksimum (czas ruchu powrotnego jest oznaczony na fig. 2 przez πT).

Prąd I_k przepływając przez nawinięte w przeciwnych kierunkach uzwojenia 11 i 12 wywołuje w rdzeniu strumień ϕ_1 , który przepływa tylko przez słupy zewnętrzne rdzenia, ponieważ w przypadku symetrii słupów zewnętrznych nie ma powodu, aby strumień ϕ_1 przepływał także przez słup środkowy rdzenia (oznaczałoby to mianowicie rozproszenie strumienia ϕ_1 , które jest do pominięcia; przez symetrię należy tu rozumieć jednakowy stopień nasycenia obu słupów zewnętrznych rdzenia). Powyższe ma miejsce w początkowej fazie rozważania, tj. gdy oddziaływanie prądu I_v płynącego przez uzwojenie 16 jest do pominięcia. Prąd I_v przepływając przez uzwojenie 16 powoduje powstanie strumienia o wartości $2\phi_2$ (oznaczony na fig. 1 liniami przerywanymi).

Strumień ten dzieli się na dwie połowy o natężeniu ϕ_2 każda, z których jedna przepływa przez słup prawy, druga zaś przez słup lewy. Strumienie ϕ_1 i ϕ_2 sumują się w prawym słupie rdzenia, jak to widać na fig. 1, zaś odejmują się w lewym. Prawy słup rdzenia popada w ten sposób w większy stan nasycenia, lewy zaś w mniejszy, co oznacza, że oporność magnetyczna prawego słupa rdzenia staje się większa (μ mniejsze) zaś lewego mniejsza (μ większe). Strumień ϕ_1 wytworzony przez prąd I_k ma zatem utrudniony przepływ przez prawy słup rdzenia i jest zmieszany do częściowego przepływu przez słup środkowy (patrz fig. 1 krzywa przerywana ϕ_3). Oznacza to, że z powodu asymetrii słupów zewnętrznych rdzenia płynie przez słup środkowy strumień $2\phi_2 - \phi_3$. Innymi słowami, na skutek oddziaływania prądu I_k maleje strumień ϕ_2 rośnie zaś strumień ϕ_3 .

Prąd I_k zmienia kierunek podczas ruchu powrotnego, zmienia także kierunek i strumień ϕ_1 wytwarzany przez ten prąd (fig. 5). Prąd I_v utrzymuje jednak prawie stałą wartość wobec czego strumień ϕ_2 nie zmienia kierunku. Z fig. 5 wynika, że teraz dodają się w lewym słupie rdzenia strumienia ϕ_1 i ϕ_2 podczas gdy w prawym słupie odejmują się one. Lewy słup rdzenia popada w większy stan nasycenia, prawy w mniejszy. Przenikalność w lewym słupie wskutek tego maleje, w wyniku czego rośnie w tym słupie oporność magnetyczna. Strumień ϕ_1 skłania się zatem do unikania lewego słupa i do częściowego przepływu

wu przez słup środkowy (patrz fig. 5 strumień φ_3 linia złożona z kropek i kresek).

Porównanie figur 1 i 5 wskazuje, że strumień φ_3 , który płynie w środkowym słupie rdzenia, w wyniku asymetrii przy nasyceniu prawego i lewego słupa ma jednakowy kierunek zarówno na początku jak i na końcu czasu powrotnego zT . Innymi słowami strumień $\varphi_2 - \varphi_3$ przepływający przez słup środkowy rdzenia przybiera zarówno na początku jak i na końcu czasu powrotnego najmniejszą wartość, ponieważ w tych punktach na osi czasu strumień φ_3 ma wartość największą.

W chwili gdy prąd $I_k = 0$, nie ma różnicy w nasyceniu prawego i lewego słupa rdzenia i strumień φ_1 nie skłania się do przepływania przez słup środkowy, z tego też powodu wartość φ_3 jest równa zeru, co znaczy, że przepływający przez słup środkowy i wytworzony przez prąd I_k strumień φ_3 ma podczas okresu linii przebieg jak to pokazane jest na fig. 2b.

Z figur 1 i 5 wynika dalej, że niezależnie od kierunku I_k strumień φ_3 ma zawsze przeciwny kierunek do strumienia φ_2 . Jeżeli zmienia kierunek prąd I_v to zmienia także kierunek strumień φ_2 wytwarzany przez ten prąd a zatem także i strumień φ_3 . Jeżeli fig. 2b dotyczy np. odczytywania powyżej linii 23 z fig. 4 wówczas do odczytywania pod linią 23 strumień φ_3 zmienia fazę o 180° . Powyższe ważne jest jednak w zasadzie działania, jak to niżej zostanie wyjaśnione, ponieważ potrzebny do korekcji prąd nad linią 23 musi różnić się w fazie od analogicznego pod linią 23 o 180° . To przesunięcie fazy o 180° wynikające z przekroczenia linii 23 podczas odczytywania nie ma jednak nic wspólnego z faktem, że strumień φ_3 a tym samym wytworzony przezeń prąd I_{16} i napięcie U_{16} nie mają właściwej fazy do korekcji zniekształcenia poduszkowego.

W dalszym ciągu powinno być zrozumiałym, że amplituda strumienia φ_3 jest zależna od chwilowej wartości prądu I_v . W miarę narastania prądu I_v rośnie strumień φ_2 a tym samym zwiększa się stopień nasycenia bocznego słupa rdzenia. Przez to maleje amplituda strumienia φ_3 skierowanego do środkowego słupa rdzenia.

W ten sposób otrzymuje się za pomocą transformatora 9 sygnał modulowany w amplitudzie i w fazie.

Przedstawiony sposób działania jest możliwy tylko w przypadku nieliniowości krzywej B w funkcji H jak to pokazane zostało na fig. 3a. Następstwem tej nieliniowości jest odmienny przebieg malenia przenikalności μ spowodowanego sumowaniem się strumieni φ_1 i φ_2 w jednym słupie od wzrastania tejże przenikalności spowodowanego odejmowaniem się strumieni φ_1 i φ_2 w drugim słupie bocznym rdzenia. Przez to zmienia wartości samoindukcji uzwojenia 11 przebiega inaczej niż zmiana wartości samoindukcji uzwojenia 12, co jest potrzebne do uzyskania pożądanej wartości prądów I_H i I_k . Powyższe stanowi także niezbędny warunek, aby dodatkowy strumień φ_3 przepływał przez środkowy słup rdzenia.

Należy zauważyć, że uzwojenia 11 i 12 muszą być połączone ze sobą szeregowo, aby uzyskać żądany efekt.

Dla przypadku przedstawionego na fig. 1, przez środkowy słup rdzenia przepływa strumień $2\varphi_2 - \varphi_3$. Przez lewy słup boczny rdzenia przepływa tym samym strumień $\varphi_1 - \varphi_2 + \frac{1}{2}\varphi_3$ zaś przez prawy $\varphi_1 + \varphi_2 - \frac{1}{2}\varphi_3$. Strumień oddziaływający na uzwojenie 11 wytwarza w nim siłę przeciwelektromotoryczną

$$U_{11} = \frac{d(\varphi_1 - \varphi_2 + \frac{1}{2}\varphi_3)}{dt}$$

Strumień oddziaływający na uzwojenie 12 wytwarza w nim siłę przeciwelektromotoryczną

$$U_{12} = \frac{d(\varphi_1 + \varphi_2 - \frac{1}{2}\varphi_3)}{dt}$$

Z przytoczonych równań wynika, że ponieważ φ_2 równa się połowie φ_3 to $U_{12} + U_{11}$. W związku z powyższym uzwojenia 11 i 12 nie mogą być łączone równolegle ponieważ dla takiego przypadku nie mogłaby powstać różnica w siłę przeciwelektromotorycznej. Jeżeli uzwojenia 11 i 12 są połączone szeregowo to dana jest suma napięć $U_{11} + U_{12}$ jednak napięcia te mogą się między sobą różnić. W szczególnym przypadku uzwojenia 11 i 12 mogą być łączone równolegle jednak pośrednio przez odpowiednio dobraną oporność urojoną. Na oporności tej uzyskać można kompensację różnicy napięć U_{11} i U_{12} .

Ponieważ $\varphi = I_{16}$ przeto prąd I_{16} przepływający przez uzwojenie 16 ma z uwagi na prąd I_k prawie taki sam kształt jak strumień φ_3 , co jest przedstawione na fig. 2b (dla odczytywania powyżej linii 23).

Strumień φ_3 indukuje w uzwojeniu 16 napięcie, które jest określone przez U_{16} . Za pomocą równania

$$U_{16} = \frac{d\varphi_3}{dt}$$

można określić, posługując się fig. 2b, kształt napięcia U_{16} (przedstawiony na fig. 2c).

W dotychczasowych rozważaniach dotyczących powstawania strumienia φ_3 i wytwarzanego przezeń prądu I_{16} i napięcia U_{16} w uzwojeniu 16 pominięty został kondensator 20 i cewka 22. Można udowodnić, że pojawienie się zarówno prądu I_{16} jak i napięcia U_{16} , byłoby niepożądane, gdyby nie zastosowano szczególnych środków. Jak wynika z fig. 4, linie poziomie muszą być kreślone prostolinijnie zarówno na dolnej jak i na górnej części ekranu. Można to uzyskać przez utrzymanie przy stałej niezmienniej wartości pionowego prądu I_v w środkowej części ekranu (kreskowana linia 24 na fig. 4) jednak przy odczytywaniu na lewo i na prawo od linii 24 każdorazowo podczas okresu linii, wartości prądu I_v musi być zmniejszana. Z obserwacji prądu I_{16} przedstawionego na fig. 2b wynika, że prąd ten ma wprawdzie w przybliżeniu odpowiedni kształt do korekcji zniekształcenia poduszkowego, jednak ma przeciwną fazę, ponieważ na początku i na końcu czasu powrotnego I_{16} przybiera wartość maksymalną. Jeżeli prąd o częstotliwości linii I_{16} zostanie dodany do prądu o częstotliwości ramki I_v wówczas na prawo i na lewo od linii 24 prąd I_v będzie większy zamiast mniejszy czyli zniekształcenie poduszkowe zostanie uwydatnione zamiast skorygowane.

Można przeciwdziałać temu niepożądanemu

zjawisku przez uniemożliwienie bezpośredniego doprowadzania prądu I_{16} względnie napięcia U_{16} do pionowych cewek odchyłających 7 i 8. Oprócz tego można przewidzieć środki, które przesuwają w fazie o 180° prąd I_k albo napięcie U_{16} a przesunięty w fazie sygnał doprowadzić do pionowych cewek odchyłających 7 i 8. Ponieważ przedstawiony na fig. 2b sygnał I_{16} uwydatnia zniekształcenie poduszkowe przeto sygnał o odpowiedniej amplitudzie przesunięty w fazie o 180° może to zniekształcenie usunąć.

Przykład wykonania tak wyposażonego układu przedstawiony jest na fig. 8. Na fig. 8 źródło prądu wykonane zostało przy użyciu pentody. Sygnał sterujący 25 doprowadza się tu do siatki czynnej lampy 4. W obwodzie anody lampy 4 jest włączony transformator 26. Do wtórnego uzwojenia transformatora 26 dołączone są pionowe cewki odchyłające 7 i 8 poprzez filtr środkowozaporowy 27 nastrojony na częstotliwość powtarzania f_L prądu dostarczanego ze źródła.

Na schemacie według fig. 8 kondensator 20 ma bardzo niewielką oporność pozorną dla sygnałów o częstotliwości linii natomiast bardzo dużą dla sygnałów o częstotliwości ramki. Prąd I_v dostarczany ze źródła 4 przepływa przez indukcyjną część obwodu 27, cewki odchyłające 7 i 8, szeregowo włączoną do cewek 7, 8 cewkę 22 i uzwojenie 16. Prąd I_{16} wytworzony przez strumień Φ_3 przepływa natomiast przez uzwojenie 16, cewkę 22 i kondensator 20, ponieważ niewielka oporność pozorna kondensatora 20 tworzy dla prądu o częstotliwości linii jak gdyby zwarcie. Cewka 22 jest sprzężona magnetycznie z uzwojeniem wtórnym 28. Uzwojenie wtórne 28 jest połączone szeregowo z kondensatorem 29. Układ szeregowy 28 i 29 jest włączony pomiędzy odwrócone od kondensatora 20 końce cewek 7 i 8. Tak że kondensator 29 ma małą oporność pozorną dla częstotliwości linii f_L natomiast dużą dla prądu I_v o częstotliwości ramki.

Ponieważ zawsze jest spełniona równość $U = -L \frac{di}{dt}$ przeto napięcie indukowane w uzwojeniu wtórnym 28 jest pochodną prądu I_{16} , który przepływa przez uzwojenie 22. Kierunek nawinięcia uzwojenia 28 jak również jego połączenie przez kondensator 29 z cewkami 7 i 8 jest tak pomyślane, że w wyniku tej kombinacji napięcie skuteczne na cewkach odchyłających otrzymuje właściwą fazę.

Jak zostało wyjaśnione, prąd I_{16} ma kształt niewiele odbiegający od wymaganego, ma jednak niewłaściwą fazę. Napięcie na uzwojeniu 28 ma wprawdzie właściwą fazę ale stanowi pochodną prądu I_{16} i tym samym musi być poddane ponownemu całkowaniu. Wtórne całkowanie występuje w cewkach odchyłających 7 i 8, które do tego celu otrzymały odpowiednio nadające się wartości. Filtr środkowozaporowy 27 ma za zadanie uniemożliwić przepływ sygnałów o częstotliwości linii przez uzwojenie wtórne transformatora 26. Powyższe jest pożądane dlatego, że po pierwsze, uzwojenie wtórne transformatora 26 obciążałoby szkodliwie pełniące funkcję źródła uzwojenie 28, po drugie,

sygnały o częstotliwości linii mogłyby wywołać niepożądany wpływ na źródło 4.

Na fig. 9 przedstawiony jest układ nieco uproszczony w stosunku do układu z fig. 8. Zamknięty obwód prądu I_{16} jest utworzony podobnie jak na fig. 8 za pomocą elementów 16, 20, 22. Wartości tych elementów są w obu układach te same. W przeciwieństwie do układu z fig. 8 w szereg z pionowymi cewkami odchyłającymi 7 i 8 włączone jest tu uzwojenie 28. Uzwojenie to jest sprzężone magnetycznie z uzwojeniem 22. Podobnie jak kondensator 29 ma również i kondensator 6 małą oporność pozorną dla częstotliwości linii f_L zaś dużą oporność pozorną dla prądu I_v o częstotliwości ramki. Napięcie indukowane z uzwojenia 22 do uzwojenia 28 ma przebieg w cewkach 7 i 8 taki sam w układzie na fig. 9 jak i w układzie na fig. 8. Także i w układzie na fig. 9 otrzymuje się po scałkowaniu w cewkach 7 i 8 pożądany prąd korekcyjny do korekcji północ-południe.

Jeszcze prostszy układ niż podano na fig. 8 i 9 otrzymuje się w przypadku przeprowadzenia żądanego przesunięcia fazowego w sposób przedstawiony na fig. 1.

Poprzednio zostało już powiedziane, że w celu otrzymania żądanego sygnału korekcyjnego należy przesunąć w fazie prąd I_{16} o około 180° . To przesunięcie fazy odbywa się w przykładzie według fig. 1 za pomocą obwodu LC. Obwód ten składa się z kondensatora 20, cewki 22 i samoindukcji transduktora 9 widzianej po stronie przewodów 17 i 18 w kierunku uzwojenia 16. Samoindukcja, o której mowa wyżej, oznaczona symbolem L_{16} , składa się z indukcyjności uzwojenia 16 i z samoindukcji rozproszenia pomiędzy uzwojeniem 16 a uzwojeniem 11 i 12. Utworzony w ten sposób obwód LC zostaje dostrojony do częstotliwości powtarzania f_L dostarczanego ze źródła 1 prądu o przebiegu piłokształtnym tak, że na kondensatorze 20 powstaje napięcie o żądanej amplitudzie i w żądanej fazie.

Punktem wyjściowym jest napięcie $U_{16} = -\frac{d\Phi_3}{dt}$, którego kształt przedstawiony jest na fig. 2c.

Ponieważ prąd I_{16} ma niewłaściwą fazę, to samo dotyczy także i napięcia U_{16} . Ponieważ napięcie U_{16} jest napięciem indukowanym w uzwojeniu 16 przeto można założyć istnienie źródła wytwarzającego napięcie U_{16} połączonego szeregowo z samoindukcją L i kondensatorem C wymienionego wyżej obwodu LC. Ponieważ indukcyjność L ma w obwodzie zawsze pewną oporność R przeto w obwodzie złożonym z elementów 16, 22, 20 będzie płynął prąd:

$$i = \frac{U_{16}}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C_{20}} + R}$$

gdzie C_{20} jest pojemnością kondensatora 20. Napięcie U_{20} występujące na kondensatorze 20 jest w tym przypadku równe

$$U_{20} = \frac{i}{j\omega C_{20}} = \frac{U_{16}}{1 - \omega^2 LC_{20} + j\omega RC_{20}}$$

Wyrażenie to można przedstawić w innej postaci

$$U_{20} = \frac{U_{16}}{\{(1 - \omega^2 LC_{20})^2 + \omega^2 R^2 C_{20}\}^{1/2} \cdot e^{-j\Psi}}$$

gdzie

$$\Psi = \arctg \frac{\omega RC_{20}}{1 - \omega^2 LC_{20}}$$

Wielkość Ψ wyrażona za pomocą ostatniego równania jest przedstawiona na wykresie (fig. 6) w funkcji f , przy czym $\omega = 2\pi f$

Dla $\Psi = 180^\circ$ otrzymuje się przesunięcie fazy dokładnie o 180° pomiędzy indukowanym napięciem U_{16} a napięciem U_{20} na kondensatorze 20. Ta wartość Ψ występuje jednak tylko wówczas, gdy $\omega LC_{20} = \infty$, co w praktyce jest nie do uzyskania. Zupełnie dobry wynik uzyskuje się natomiast już

przy $\Psi = 170^\circ$. Ponieważ $2\pi f_{rez} = \omega_{rez} = \frac{1}{\sqrt{LC_{20}}}$

przeto częstotliwość rezonansowa f_{rez} musi być wybrana w stosunku do częstotliwości powtarzania f_L źródła, tak, aby spełniona była nierówność $2\pi f_L = \omega_L > \omega_{rez}$. Innymi słowami: $\omega^2 LC_{20}$ musi być dostatecznie większe od jedności, aby kąt fazowy Ψ zawierał się pomiędzy 170° a 180° .

Z fig. 6 wynika, że dla częstotliwości f_{rez} kąt fazowy $\Psi = 90^\circ$ zaś dla częstotliwości f_L występuje pożądana wartość Ψ . Przebieg napięcia U_{20} na kondensatorze 20 przedstawiony jest na fig. 2d.

Podobnie jak w przykładzie wykonania według fig. 8 i w przykładzie wykonania według fig. 1 musi być napięcie U_{20} scałkowane w pionowych cewkach odchyłających 7 i 8 zanim otrzyma się żądany prąd korekcyjny. Powyższe jest możliwe dzięki temu, że kondensator 6 przedstawia zwarcie dla częstotliwości linii. Z tego też powodu końcówki cewek 7 i 8, które połączone są z opornikiem 5 względnie źródłem 4 można przyjąć za zwarte dla częstotliwości linii. Jeżeli przyjmie się napięcie U_{20} na kondensatorze 20 jako napięcie źródła, wówczas źródło to dostarcza napięcie na cewki 7 i 8, tak że przepływający przez te cewki prąd I jest całą tego napięcia. W cewkach 7 i 8 występuje przy tym samo przez się sumowanie się prądu I_v oraz prądu otrzymanego przez całkowanie z napięcia U_{20} . W ten sposób sumaryczny prąd I'_v ma żądany kształt przedstawiony na fig. 7.

Warunek $\Psi \cong 170^\circ$ jest tym łatwiejszy do spełnienia im wartość oporności R jest mniejsza. Warunek ten oznacza, że dobroć obwodu LC musi być możliwie duża. Dobroć obwodu LC nie może być jednak zbyt duża, ponieważ przy częstotliwości f_L wytworzyłoby się na kondensatorze 20 zbyt małe napięcie U_{20} . Ostatni warunek ogranicza zatem wartość dobroci obwodu Q od góry. Wybór właściwej wartości dobroci Q obwodu LC odbywa się na drodze kompromisu pomiędzy tymi dwoma warunkami.

Wprawdzie przez wysoki stopień dobroci obwodu LC jak również przez dostrojenie tego obwodu do rezonansu wzmocniona zostaje podstawowa częstotliwość sygnału U_{16} z pominięciem wyższych harmonicznych, to jednak w praktyce okazało się, że wynikające z tego powodu zniekształcenia nie mają praktycznie wpływu na korekcję.

Ponieważ napięcie U_{20} musi być scałkowane w cewkach 7 i 8 zaś całkowanie napięcia o przebiegu piłokształtnym daje prąd o żądanym przebiegu parabolicznym przeto właściwym przebiegiem napięcia U_{20} jest przebieg przedstawiony na fig. 2d za pomocą przerywanej linii z kropkami 30. Jak widać, napięcie rzeczywiste (linia ciągła fig. 2d) odbiega w czasie narastania $T(1-z)$ bardzo nieznacznie od krzywej idealnej.

Można zauważyć że zastosowanie obwodu LC powoduje już pewną korekcję, ponieważ napięcie U_{16} stosunkowo więcej odbiega od właściwego kształtu niż napięcie U_{20} (porównaj krzywą 31 z krzywą wykreśloną linią ciągłą fig. 2c). Dzieje się tak przypuszczalnie dlatego, że z powodu nieliniowości materiału, z którego wykonany jest rdzeń transduktora 10, wyższe harmoniczne występuje tu zbyt silnie. Dopiero przez dostrojenie obwodu LC do rezonansu uzyskuje się właściwą korekcję.

Jak wyżej zostało wyjaśnione wartość samoindukcji L_{16} widzianej na przewodnikach 17 i 18 w kierunku uzwojenia 16 odgrywa także rolę w obwodzie LC przy przesunięciu fazowym napięcia U_{16} o 180° . Samoindukcja L_{16} jest zmienna z powodu zmienności przenikalności rdzenia 10. Jeżeli jednak wartość samoindukcji cewki 22 uczynić dostatecznie dużą w stosunku do indukcyjności L_{16} , wówczas zmiana wartości tej ostatniej nie ma praktycznie wpływu na dostrojenie obwodu. Oprócz tego można przez powiększenie łącznej wartości samoindukcji w obwodzie obniżyć wartość pojemności tego kondensatora 20, przez co uzyskuje się powiększenie występującego na nim napięcia U_{20} przy tej samej wartości dobroci obwodu.

Dostrojenie obwodu jest możliwe do uzyskania także bez cewki 22 z pominięciem trudności wynikających ze zmienności L_{16} .

W przykładzie wykonania według fig. 1, uzwojenie 16 jest niezależnie od cewki 22 połączone szeregowo z cewkami odchyłającymi 7 i 8. W tym przypadku kondensator 6 musi przedstawiać zwarcie dla częstotliwości linii, tak aby napięcie U_{20} dochodziło bezpośrednio do cewek odchyłających 7 i 8.

Na fig. 10 jest przedstawiona odmiana wykonania układu, z której wynika, że można również równolegle dołączyć do cewek odchyłających 7 i 8 uzwojenie 16 połączone w tym przypadku szeregowo z cewką 22. W tym przypadku prąd I_{v2} przepływa przez cewki 7 i 8, zaś prąd I_{v1} przepływa przez uzwojenie 16 i cewkę 22. Równocześnie spełniona jest równość $I_v = I_{v1} + I_{v2}$ gdzie symbol I_v oznacza prąd o częstotliwości ramki dostarczany ze źródła 4. Oporności rzeczywiste obwodu z cewkami 7 i 8 oraz obwodu z cewką 22 i uzwojeniem 16 określa wartość prądu I_{v2} względnie I_{v1} . Źródło 4 musi w tym przypadku dostarczać prąd I_v , którego wartość jest dwa razy większa od wartości analogicznego prądu w układzie według fig. 1.

W uzwojeniu 16 indukowane jest napięcie U_{16} w taki sam sposób w układzie według fig. 10 jak i w układzie według fig. 1. Napięcie to zostaje

przesunięte w fazie o 180° za pomocą obwodu LC złożonego z elementów: L_{16} , L_{22} , C_{20} , tak że na kondensatorze 20 powstaje napięcie U_{20} o przebiegu przedstawionym na fig. 2d. Napięcie U_{20} jest przyłożone bezpośrednio do cewek odchylających 7 i 8, ponieważ kondensator 20 jest dołączony do tych cewek równolegle. Po scałkowaniu napięcia U_{20} w cewkach odchylających 7 i 8 otrzymuje się prąd o żądanym przebiegu parabolicznym do korekcji w kierunku północ-południe.

Rozumie się, samo przez się, że tak samo jak w układzie według fig. 8 tak i w układzie rozpatrywanym obecnie należy zadbać o to, aby prądy o częstotliwości linii nie przepływały przez źródło 4. Uzyskuje się to także w tym przypadku przez zastosowanie filtru środkowozaporowego 27.

Należy zauważyć, że można zamienić między sobą funkcję spełnianą przez połączone szeregowo uzwojenia 11 i 12 z funkcją spełnianą przez uzwojenie 16. W tym celu wystarczy przełączyć końcówki przewodów 14 i 15 na przewody 17 i 18 i odwrotnie (fig. 1). Wymaga to jednak dopasowania liczby amperozwojów do poszczególnych uzwojeń, co jest oczywiste.

W tym ostatnim przypadku można wykazać w podobny sposób, jak to poprzednio było uczynione, że z powodu nieliniowości materiału rdzenia 10 wystąpi żądana korekcja zarówno w kierunku wschód-zachód jak i w kierunku północ-południe.

Należy dalej zaznaczyć, że ze względu na koszty wykonania zaleca się stosowanie tylko jednego rdzenia 10 na transduktor 9, co nie jest oczywiście warunkiem niezbędnym. Możliwe jest także zastosowanie czterech rdzeni typu C, które odpowiednio złożone parami utworzą dwa zamknięte obwody magnetyczne. Na jednym słupie pierwszej pary takich rdzeni umieszcza się uzwojenie 11, zaś na słupie drugiej pary uzwojenie 12. Uzwojenia 11 i 12 są nawinięte w taki sposób jak na figurze 1 i 5 przy czym rdzeń 10 zostaje jak gdyby przecięty na dwie części. Uzwojenie 16 musi być zatem również podzielone na dwie równe części, przy czym obie połowki uzwojenia 16 umieszczone zostają na wolnych słupach rdzenia przy zachowaniu zgodności kierunku nawijania.

Sposób działania układu z dwiema parami rdzeni jest identyczny jak układu z rdzeniem płaszczyznowym. Także przy dwóch parach rdzeni strumienie φ_1 i φ_2 sumują się w obwodzie magnetycznym jednej pary, podczas gdy w obwodzie magnetycznym drugiej pary odejmują się one. Ponieważ rdzenie uzyskują stan nasycenia tam gdzie strumienie się dodają, uzyskuje się zmianę samoindukcji jak również indukcję napięcia U_{16} tak jak to jest wymagane przy korekcji wschód-zachód, względnie przy korekcji północ-południe.

Chociaż w dotychczasowych rozważaniach za punkt wyjściowy przyjmowano krzywą zależności B w funkcji H jak na fig. 3a, to jest także możliwe stosowanie materiału na rdzeń, którego krzywa zależności B w funkcji H ma t.zw. przebieg prostokątny. W zasadzie rozróżnia się przy stosowaniu podobnego materiału na rdzeń dwa stany, a mianowicie, stan dużej oraz stan względnie małej przenikalności magnetycznej. Za stan małej

przenikalności uznaje się taki stan, w którym materiał zostaje wystawiany do nasycenia. W tym jednak przypadku nie można przyjąć, że zewnętrzny słup transduktora 10 przechodzi stopniowo w stan nasycenia, lecz należy liczyć się ze stanem zupełnego nasycenia, lub też ze stanem braku nasycenia jednego z dwóch bocznych słupów rdzenia.

Dla t.zw. korekcji poduszkowej wschód-zachód nie przedstawia to żadnej różnicy, ponieważ także w tym przypadku amplituda prądu I_k a tym samym również prądu I_H może być zmieniana w wymagany sposób przez zmianę oporności pozornych uzwojeń 11 i 12.

Dla korekcji poduszkowej północ-południe istnieje tu jednak pewna różnica. W następstwie zmieniających się stanów braku nasycenia i pełnego nasycenia rdzenia prąd I_{16} przybiera kształt impulsów. Szerokość i amplituda tych impulsów rośnie przy tym wraz ze wzrostem prądu odchylającego I_v (chodzi tu o przyrost wartości bezwzględnej, a więc zarówno od zera w kierunku dodatnim jak i od zera w kierunku ujemnym). Nie można zatem powiedzieć, że prąd I_{16} ma w przybliżeniu właściwy przebieg do korekcji północ-południe. Obwód strojony utworzony z uzwojenia 16 wraz z szeregowo włączoną cewką 22 jak również kondensatora 20 musi niezależnie od odwracania fazy zapewnić właściwy przebieg napięcia U_{20} występującego na kondensatorze 20. W tym przypadku jest mowa o mniej więcej sinusoidalnych drganiach wspomnianego obwodu LC. Przez podwójne pobudzenie tego obwodu otrzymuje się także w przybliżeniu prawidłowy przebieg napięcia U_{20} , tak że przy zastosowaniu materiału na rdzeń o t.zw. prostokątnym przebiegu przenikalności, napięcie U_{20} po scałkowaniu w pionowych cewkach odchylających 7 i 8 dostarcza prąd korekcyjny o wymaganym przebiegu. Także w przypadku zastosowania t.zw. prostokątnego materiału na rdzeń nie ma potrzeby wprowadzania jakichkolwiek zmian do układu wg fig. 1. Niewielkiej zmianie ulegają jedynie wartości uzwojenia 16, cewki 22 i kondensatora 20.

W końcu należy zaznaczyć, że dla skutecznego działania transduktora 9 jest ważne, aby prądy I_k i I_v miały ten sam rząd wielkości (I_v na fig. 1, 5, 8 i I_v na fig. 10). Wartość prądu od wierzchołka do wierzchołka w przykładzie wykonania według fig. 1 wynosi około 20 mA t.zn., że prąd zmienia się w granicach od -15 mA do $+15$ mA przy $I_v = 0$. Przy wartości prądu I_v równej 600 mA od wierzchołka do wierzchołka t.zn. przy zmianie tego prądu w granicach od -300 mA do $+300$ mA, wartość prądu I_k od wierzchołka do wierzchołka wynosi około 250 mA t.zn., że prąd I_k zmienia się w tym przypadku w granicach od -125 mA do $+125$ mA.

Niżej podane jest zestawienie użytych elementów w układzie według fig. 1 przy zastosowaniu rdzenia z materiału t.zw. prostokątnego.

Rdzeń 10 typu E I firmy Valvo typ 25.202 wykonany z „Ferroxcube 306”. Słupy boczne tego rdzenia są ścięte ukośnie w stosunku 2:1 w celu

uzyskania żadanego przebiegu krzywej B w funkcji H.

Uzwojenia 11 i 12 składają się każde z 600 zwojów nawiniętych drutem miedzianym w izolacji lakierowej o średnicy równej 0,15 mm. Uzwojenie 16 ma 100 zwojów nawiniętych drutem o średnicy 0,25 mm. Oporność rzeczywista uzwojenia 16 wynosi jeden om. Samoindukcja każdej cewki odchyłania pionowego 7 i 8 wynosi 17 mH zaś oporność rzeczywista 15 omów. Tu musi być uwzględniony kompromis pomiędzy sprzecznymi ze sobą warunkami dla cewek 7 i 8 dotyczącymi całkowania napięcia N_{20} oraz obciążenia źródła 4 opornością zbliżoną do rzeczywistej. Pierwszy warunek stawia żądanie, aby wartość oporności rzeczywistej była mała. Przy wartości pojemności kondensatora 20 równej 39 nF wartość szczytowa od wierzchołka do wierzchołka napięcia U_{20} wynosi tu około 200 V (t.zn. wartość przy $I_v = \text{maximum}$). Ta wartość napięcia została pomierzona bez cewki 22. Przez umieszczenie cewki 22 wartość pojemności kondensatora 20 może być obniżona, przez co przy niezmiennionej dobroci obwodu można uzyskać wyższą wartość napięcia U_{20} . Częstotliwość rezonansowa do której dostrojony jest wspomniany obwód LC wynosi 10 kHz.

Wartość samoindukcji cewki odchyłającej 3 wynosi 2,9 mH, jej oporność rzeczywista jest równa 2,5 oma. Wewnętrzna oporność pozorna 2 źródła 4 wynosi 1,7 mH.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ do korekcji zniekształceń poduszkowych towarzyszących odchyłaniu wiązki elektronów w lampie odtwarzającej w dwóch prostopadłych do siebie kierunkach, który to układ zawiera pierwszą cewkę odchyłającą do odchyłania ze stosunkowo wielką częstotliwością, w pierwszym kierunku, najkorzystniej w kierunku poziomym, przy czym do cewki tej doprowadzony jest prąd o przebiegu piłokształtnym z pierwszego źródła prądu oraz do cewki tej dołączone jest również równolegle pierwsze uzwojenie transduktora nawiniętego na rdzeń o nieliniowej charakterystyce indukcji magnetycznej w funkcji natężenia pola magnetycznego i drugą cewkę odchyłającą do odchyłania w drugim kierunku, najkorzystniej w kierunku pionowym, ze stosunkowo małą częstotliwością odchyłania w odniesieniu do częstotliwości odchyłania dla kierunku pierwszego, przy czym do cewki tej doprowadzony jest prąd o przebiegu piłokształtnym z drugiego źródła prądu, który przynajmniej częściowo przepływa przez drugie uzwojenie transduktora, **znamienny tym**, że układ ten zawiera środki, za pomocą których napięcie o stosunkowo wielkiej częstotliwości indukowane w drugim uzwojeniu transduktora (16) z powodu nieliniowości materiału, z którego wykonany jest rdzeń (10) tego transduktora, zostaje przesunięte w fazie o blisko 180° i następnie doprowadzone do drugiej cewki od-

chyłającej (7, 8), która ma właściwość całkowania tego napięcia.

2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że środki za pomocą których napięcie indukowane w drugim uzwojeniu zostaje przesunięte w fazie około 180°, składają się z kondensatora (20) włączonego równolegle do drugiego uzwojenia (16), który to kondensator, razem ze skuteczną samoindukcją transduktora tworzy obwód LC, którego częstotliwość rezonansowa f_{rez} jest na tyle mniejsza od częstotliwości powtarzania f_L prądu o przebiegu piłokształtnym dostarczonym przez wspomniane na początku źródło prądu (1, 2), że napięcie na kondensatorze jest przesunięte w fazie o około 180° w stosunku do napięcia indukowanego, przy czym napięcie to jest doprowadzone do drugiej cewki odchyłającej (7, 8).
3. Układ według zastrz. 2, **znamienny tym**, że różnica fazy pomiędzy napięciem indukowanym i napięciem na kondensatorze (20) jest zawarta w granicach pomiędzy 170° i 180°.
4. Układ według zastrz. 2 albo 3, **znamienny tym**, że wspomniany obwód LC zawiera jeszcze jedną cewkę (22) o stałej wartości samoindukcji, która to wartość jest duża w porównaniu z samoindukcją transduktora.
5. Układ według zastrz. 1—4, **znamienny tym**, że druga cewka odchyłająca podzielona jest najkorzystniej na dwie równe części (7, 8), których końcówki zewnętrzne połączone są z drugim źródłem prądu (4,5), zaś końcówki wewnętrzne połączone są z drugim uzwojeniem (16), przy czym to drugie źródło prądu zmostkowane jest za pomocą kondensatora (6), którego oporność pozorna dla częstotliwości powtarzania pierwszego źródła prądu jest mała.
6. Układ według zastrz. 1—4, **znamienny tym**, że drugie uzwojenie (16) jest dołączone równolegle do drugiej cewki odchyłającej (7, 8), podczas gdy filtr środkowozaporowy (27) dostrojony do częstotliwości powtarzania f_L pierwszego źródła prądu jest włączony szeregowo ze wspomnianym układem równoległym, przy czym szeregowe połączenie układu równoległego z filtrem środkowozaporowym włączone jest do drugiego źródła prądu (4).
7. Układ według zastrz. 1—6, **znamienny tym**, że rdzeń (10) transduktora wykonany jest z tak zwanego prostokątnego materiału to znaczy materiału, który przy współpracy prądów w pierwszym i drugim uzwojeniu może być doprowadzony do stanu bliskiego pełnego nasycenia albo do stanu bliskiego braku nasycenia.
8. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że druga cewka odchyłająca podzielona jest najkorzystniej na dwie równe części (7, 8), pomiędzy które włączony jest kondensator (20) którego oporność jest mała dla częstotliwości powtarzania f_L pierwszego źródła, zaś duża dla częstotliwości powtarzania drugiego źródła, przy czym całość połączona jest z drugim źródłem prądu przez filtr środkowozaporowy (27)

dostrojony do częstotliwości f_L , podczas gdy
 środki, za pomocą których napięcie induk-
 wane w drugim uzwojeniu przesunięte zostaje
 w fazie w przybliżeniu o 180° , składają się
 z transformatora, którego uzwojenie pierwotne (22) połączone jest w szereg z drugim uzwojeniem (16), przy czym to szeregowe połączenie dołączone jest równolegle do wspomnianego kondensatora (20), podczas gdy uzwojenie wtórne transformatora (28) połączone jest w szereg z drugim kondensatorem (6) którego oporność pozorna jest także mała dla częstotliwości powtarzania f_L zaś duża dla częstotliwości drugiego źródła, oraz z końcówkami obu części drugiej cewki odchylającej (7, 8) odwróconymi od pierwszego kondensatora.

9. Układ według zastrz. 1—8, **znamienny tym**,

że transduktor wykonany jest na rdzeniu płaszczyznowym, tak, że tworzą się dwa sprzężone ze sobą obwody magnetyczne, przy czym jedno z dwóch wspomnianych uzwojeń podzielone jest na dwie najkorzystniej równe części połączone ze sobą w szereg i nawinięte z przeciwnym kierunkiem nawijania na bocznych słupach rdzenia, podczas gdy drugie uzwojenie nawinięte jest na środkowym słupie rdzenia.

10. Układ według zastrz. 9, **znamienny tym**, że pierwsze uzwojenie jest uzwojeniem podzielonym na dwie części (11, 12).

11. Układ według zastrz. 9, albo 10, **znamienny tym**, że słupy boczne rdzenia są skośnie ścięte najkorzystniej w stosunku 1:2.

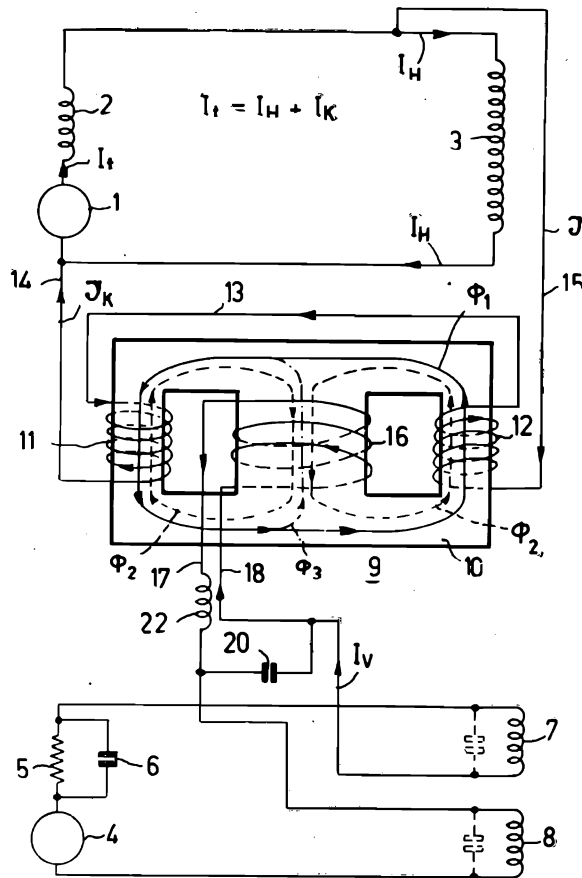


FIG.1

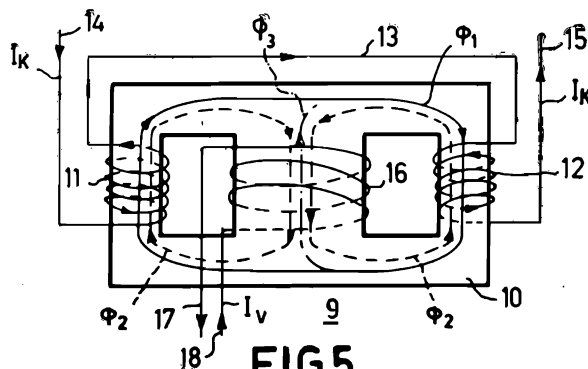


FIG.5

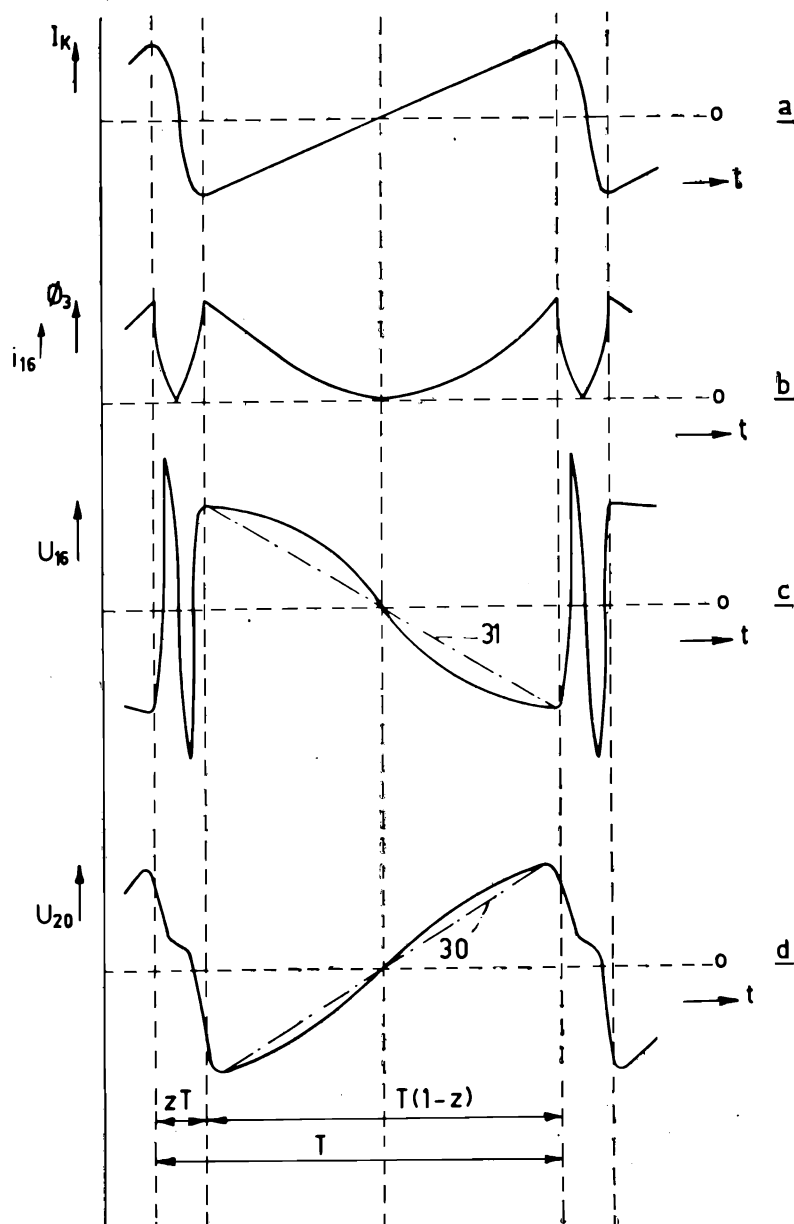


FIG.2

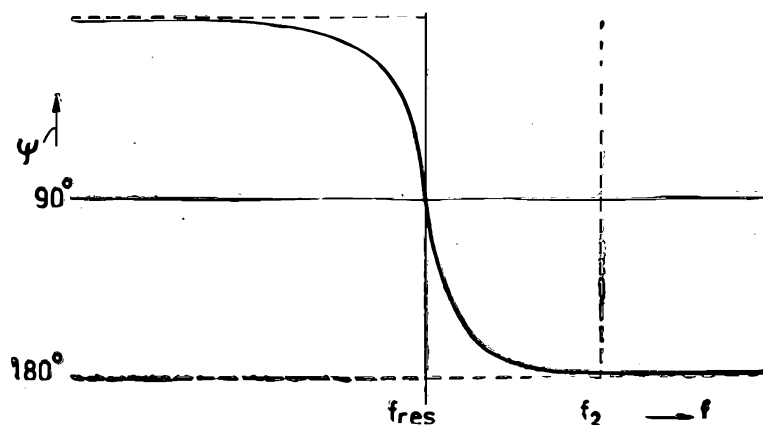
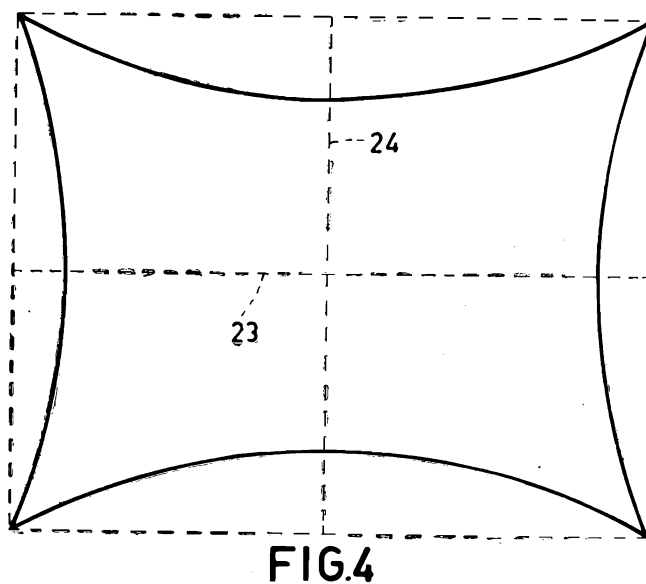
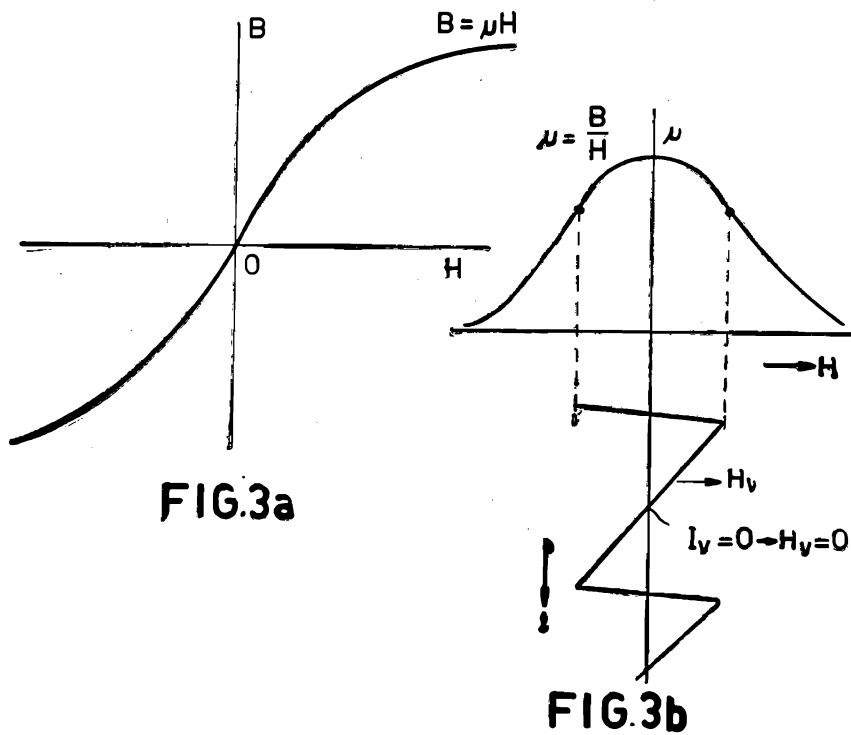


FIG.6

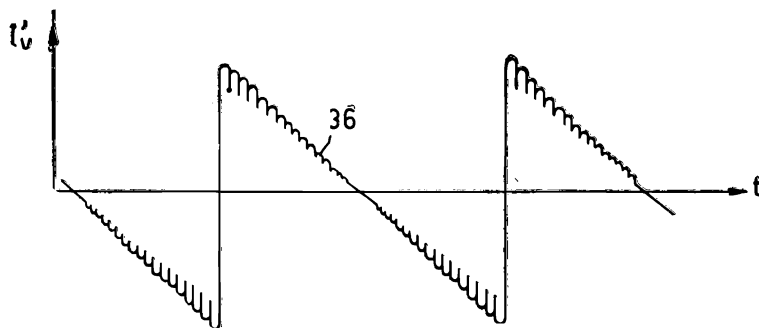


FIG. 7

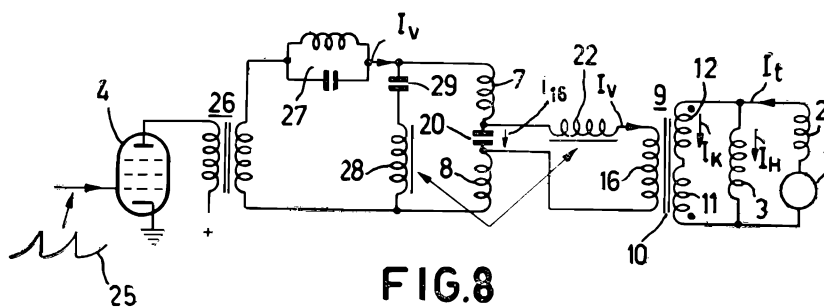


FIG. 8

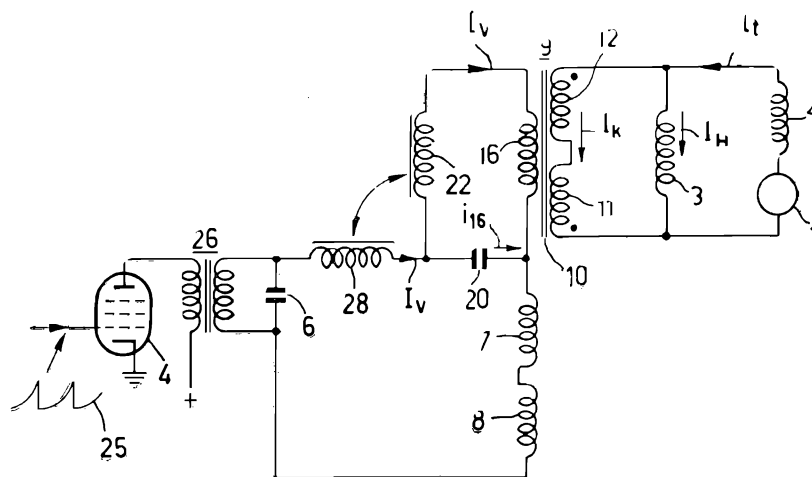


FIG. 9

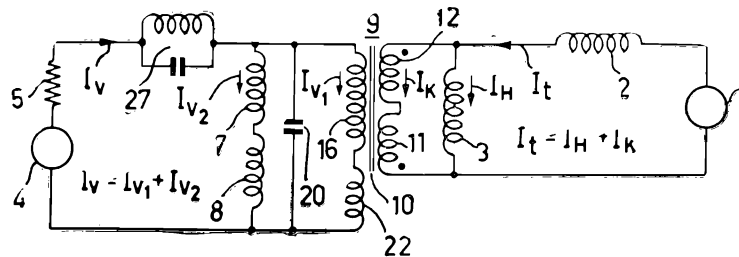


FIG. 10