

URZĄD PATENTOWY w WARSZAWIE OPIS PATENTOWY

Nr 30444

Kl. 21 d², 43

Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin

H01/33/00

Transformator o trzech lub więcej niż trzech fazach

Patent dodatkowy do patentu nr 30 443

Zgłoszono 31 października 1936

Udzielono 9 marca 1942

Pierwszeństwo: 2 listopada 1935 dla zastrz. 1—8 i 12—16; 23 listopada 1935 dla zastrz. 9—11; 24 stycznia 1936 dla zastrz. 17 i 18; 6 kwietnia 1936 dla zastrz. 19—28 (Niemcy)

Najdłuższy czas trwania patentu do 9 marca 1957

Przedmiotem wynalazku według patentu nr 30 443 jest transformator, w którym obwód magnetyczny jest ukształtowany tak, że powoduje samoeliminację wyższych harmonicznych z krzywej prądu magnesującego zazwyczaj w niej zawartych, ponieważ dla każdej zamkniętej drogi linii sił zanika w przybliżeniu suma sił magnetomotorycznych, koniecznych do sinusoidalnego przebiegu strumienia, odnośnie harmonicznych piątego i siódmego rzędu. Rozwiązanie tego zadania zostało podane dla trójkątnego połączenia jarzma lub dla równoznacznego układu obwodów jarzmo-

wych, posiadających obwody zwarcia zwrotnego.

Przedmiotem niniejszego wynalazku jest inne wykonanie tego rodzaju transformatora. Kształt trójkątny jarzma jest uwarunkowany w swej idealnej postaci istnieniem trzech ramion rdzenia, wychodzących z wierzchołków równobocznego trójkąta; jednak do budowy transformatora najwygodniejsze jest stosowanie trzech ramion w jednej płaszczyźnie. Jarzmo transformatora według wynalazku jest utworzone w taki sposób, że ponad obydwa odcinkami jarzma transformatora

o rdzeniu trójramiennym przewidziano jeszcze jedną dodatkową część jarzmo, która ma za zadanie połączyć ze sobą oba zewnętrzne ramiona i której zapotrzebowanie amperozwojów odnośnie harmonicznych piątego i siódmego rzędu jest dostosowane do zapotrzebowania pozostałego obwodu magnetycznego. W ten sposób osiągnięto układ sam przez się znany, w którym jarzmo jest podzielone albo z założeń konstrukcyjnych, albo ze względu na wyrównanie oporów magnetycznych trzech faz. Jednak rozmiar części jarzmowych jest zastosowany według wynalazku w sposób odmienny, uwzględniający eliminację wyższych harmonicznych w prądzie magnesującym i dzięki temu jest on zależny od rozmiaru ramion w sposób dotychczas nieznany.

Odcinki jarzma między ramionami są przy tym częściowo ociążone od strumienia przez część jarzma, wiążącą zewnętrzne ramiona, wskutek czego mogą być one ograniczone w swej objętości, tak że łącznie nie powstaje żaden dodatkowy koszt albo tylko nieznaczny. Rozłożenie strumienia na fazy z jednej strony a wielkości indukcji rdzenia i jarzma, uwzględniające zrównoważenie sił magnetomotorycznych, z drugiej strony dają rozwiązanie zadania wyeliminowania wyższych harmonicznych z prądu magnesującego.

Aby rozwiązać podstawowe założenie, że w każdym obiegu zamkniętym przez uzwojone ramiona siły magnetomotoryczne wyższych harmonicznych muszą być w przybliżeniu równe zeru, konieczne jest utrzymanie określonej wartości iloczynu z długości jarzma i przypadającej na każdą jednostkę długości siły magnetomotorycznej wyższych harmonicznych jak również, aby była zgodność wartości tego iloczynu z odpowiednią wartością dla uzwojonych ramion. W tym celu należy przede wszystkim utworzyć symetryczny rozdział strumieni w jarzmach. Dla uzyska-

nia tego większa długość dodatkowej części, zamykającej jarzmo, jest zrównoważona w stosunku do krótszych części jarzm w ten znany sposób, że również jej przekrój w stosunku do innych części jarzma jest cokolwiek zwiększony, a przez to zmniejsza się siła magnetomotoryczna wyższych harmonicznych, przypadająca na każdą jednostkę długości, wskutek obniżenia indukcji, a z drugiej strony przez obniżenie udziału wyższych harmonicznych, przy czym nieznaczne obniżenie indukcji wystarcza do osiągnięcia wymaganego wyrównania w długiej części zamykającej jarzma. Temu warunkowi jest podporządkowane wymaganie, stawiane przy urzeczywistnieniu myśli według wynalazku, wyrównania między sobą napięć magnetycznych częściowych, przypadających na jarzma i ramiona, a odpowiadających wyższej harmonicznej piątego rzędu. Osiąga się to zgodnie z fig. 4 patentu nr 30 443 przez wypełnienie w przybliżeniu warunku: $AW_5 \text{ jarzma} = AW_5 \text{ ramienia} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$, gdzie AW oznacza amperozwoje.

Aby przy zastosowaniu dodatkowej części jarzma osiągnąć samoeliminację wyższych harmonicznych z prądu magnesującego, należy podobnie jak w patencie nr 30 443 pomimo różnych długości odcinków jarzma uzyskać w nich przesunięcie strumieni fali głównej i wyższych harmonicznych w przybliżeniu o 120° , przy czym przewidziano podobnie jak na fig. 6 patentu nr 30 443 pomocnicze uzwojenie, które powoduje, że trójkąt strumieni w częściach jarzmowych jest zamknięty i równoboczny. Samo przez się jest zrozumiałe, że uzwojenie pomocnicze może być wykonane jako uzwojenie dławikowe dla harmonicznej trzeciego rzędu. Jeśli się wyrzec zastosowania uzwojenia pomocniczego, to można zapobiec wzajemnemu przekraczaniu strumieni z równoległych odcinków jarzma albo przez odpowiedni odstęp od-

cinika zamykającego od obu krótkich odcinków jarzma, albo przez zastosowanie znanych narządów osłaniających, jak np. płyty miedziane, włożone pomiędzy odcinki jarzma, lub uzwojenia zwarte. Następnie można regulować podział strumieni przez to, że osiąga się zwiększenie zapotrzebowania amperozwojów poszczególnych odcinków jarzma dla wyrównania zapotrzebowania innych odcinków przez obciążenie pomocniczymi dławikami, najkorzystniej pracującymi przy nasyceniu.

Fig. 1 przedstawia normalny rdzeń troisty z odcinkiem pomocniczym jarzma. Liczby 1, 2, 3 oznaczają ramiona trzech faz. Ramiona 1 i 2 oraz 2 i 3 są połączone odcinkiem 12 względnie 23 jarzma, ramiona zaś 1 i 3 są zbocznikowane przez nieco szerszy odcinek jarzma 31. Przy tym pomiędzy odcinkami 12, 23 jarzma z jednej strony a odcinkiem 31 z drugiej strony jest wystarczający odstęp, aby jakiegokolwiek linie sił nie mogły przekroczyć z odcinka 31 jarzma do odcinków 12 i 23. Na fig. 2 odcinki 12 i 23 oraz odcinek 31 posiadają pomocnicze uzwojenia 7, które rozrządza strumieniami względnie dławia w strumieniu falę harmoniczną trzeciego rzędu. Na fig. 3 poszczególne odcinki jarzma leżą tuż nad sobą. Aby przeszkodzić przechodzeniu strumienia z odcinka 31 na odcinek 12 względnie 23, przewidziana jest pomiędzy tymi odcinkami płyta miedziana 9. Pomiedzy umieszczonymi jeden nad drugim odcinkami jarzma, rozdzielonymi od siebie jedynie wąską szczeliną, mogą być przewidziane zamiast płyty 9 również uzwojenia zwarte, co uwidoczniło na fig. 4.

Jeśli chce się osiągnąć dla amperozwojów stosunek powyżej podany przez zastosowanie w ramionach i jarzmie w przybliżeniu równej gęstości linii sił, to wówczas przy długości ramion stosowanych w praktyce osiąga się zbyt wielką długość jarzma. Aby pomimo to umożliwić stosowanie wymiarów tego rodzaju, długości jarzma

sztucznie się powiększa z jednocześnie sztucznym zmniejszeniem długości ramion przez wprowadzenie w poszczególne ramiona przedłużenia szczeliny rozdzielającej jarzmo. Rozszczepienie końców ramion jest przy tym tak daleko doprowadzone, że długości dróg linii sił dla poszczególnych faz są w przybliżeniu wyrównane. Osiąga się to wskutek tego, że środkowe ramie jest np. na swych końcach rozszczepione głębiej przez szczelinę, niż to ma miejsce z pozostałymi ramionami.

Fig. 5 uwidoczni to schematycznie w sposób przykładowy. Liczby 1, 2, 3 oznaczają trzy ramiona rdzenia transformatora ze znajdującymi się na nich uzwojeniami 4, 5, 6. Następnie liczby 12, 23 i 31 oznaczają trzy odcinki jarzma, powstałe wskutek utworzenia szczeliny 9. Liczbami 91, 92 i 93 oznaczono szczeliny w końcach ramion. Te szczeliny są takiej długości, że drogi linii sił w odcinkach jarzma 12, 23 i 31 wskutek ich przedłużeń w ramionach są prawie równe. Pojedyncze odcinki jarzma można również i w tym przypadku zaopatrzyć w uzwojenia pomocnicze. Rozdzielenie dróg linii sił nie potrzebuje być uskutecznione na obu stronach jarzma, lecz wystarcza do tego górne jarzmo i górne końce ramion.

Rozszczepienie ramion w celu wyrównania magnetycznych oporów można przeprowadzić w podobny sposób na trzech ramionach uzwojonych pięcioramiennego rdzenia.

Zresztą przy trójramiennych rdzeniach nie ma potrzeby wyłącznego stosowania specjalnego pomocniczego odcinka jarzma względnie szczeliny w ramionach, lecz można osiągnąć ten sam skutek, jeśli zwykłe jarzmo zaopatrzy się w szereg trzpieni połączonych ze sobą elektrycznie, przy czym można je zależnie od potrzeby umieścić również i w ramionach. W ten sposób z jednolitego jarzma, rozdzielonego płaszczyzną przechodzącą przez osie trzpieni,

powstają dwie oddzielne części pod względem magnetycznym. Połączenia zwierające, które łączą szereg trzpień, zapobiegają przekroczeniu strumienia linii sił z części górnej do odcinków dolnych, a więc — mieszaniu się strumieni rozmaitych faz. Trzpień dobrze przewodzące mogą być użyte jednocześnie do zaciśnięcia jarzma. Aby umożliwić odpowiednie dobranie płaszczyzny rozdzielającej, trzpień mogą być umieszczone w szczelinach przestawnie pod względem wysokości.

Na fig. 6 trzpień 9 w jarzmach są połączone końcami swymi bezpośrednio między sobą i zwarte. Zamiast tego można również utworzyć zwoje, wskutek czego powstaje uzwojenie dławiące. Fig. 7 przedstawia schematyczny przykład takiego wykonania. W tym przypadku trzpień należą do dwóch rozmaitych uzwojeń jarzmowych, gdyż przechodzi się od jednego trzpień 9a dookoła górnej połowy jarzma do najbliższego trzpień 9a i od tego dookoła dolnej połowy jarzma do następnego trzpień i również dookoła dolnej połowy jarzma do następnego z kolei trzpień. Wówczas zwoje należące do różnych części jarzma są łączone w szereg na przemian jeden za drugim. W tym przypadku nie można wprowadzić wzbudzić uzwojenia jarzmowego z sieci, ale uzyskuje się mniejszą liczbę trzpień. Gdy uzwojenie dławiące jest zasilane za pośrednictwem uzwojenia pomocniczego, znajdującego się na ramionach, to zgodnie z wynalazkiem uzwojenie pomocnicze jest ukształtowane tak, aby zajmowało możliwie najmniej miejsca w kierunku promieniowym. Ponieważ jest ono umieszczane najkorzystniej w bezpośrednim sąsiedztwie rdzenia, to powstaje przy tym stosunkowo nieznaczne tylko zwiększenie średnicy innych uzwojeń. W szczególności ma to nieznaczny wpływ na wymiary i zachowanie się uzwojenia robocznego.

Uzwojenie pomocnicze jest wykonane w postaci zwojów płaskich taśm, umieszczonych w materiale izolacyjnym, np. we wgłębieniach cylindra izolującego. Taśma może być również nawinięta na gładki cylinder izolujący; wówczas przestrzenie między poszczególnymi zwojami wypełnia się taśmami izolującymi w ten sposób, że powstaje również gładka zewnętrzna powierzchnia. Te uzwojenia otacza się ściśle zamykającą osłoną izolującą. Następnie umieszcza się uzwojenia robocze w zwykłym układzie i wykonaniu.

Przez uzwojenie pomocnicze może w pewnych warunkach przepływać duży prąd zwarcia, gdy np. jedna faza zostanie uziemiona przy bezpośrednio uziemionym punkcie zerowym. Aby te prądy zwarcia nie powodowały konieczności znacznieszego wymiarowania przekroju uzwojenia pomocniczego, uzwojenie to wykonywa się z możliwie dużym rozproszeniem, umieszczając je w środku ramienia. Można również ograniczyć przetężenia w ten sposób, że umieszcza się bezpieczniki na przewodach dołączonych do uzwojenia jarzmowego. Bezpieczniki umieszcza się najkorzystniej na zewnątrz izolacji uzwojenia pomocniczego, aby były łatwo dostępne. Można je również umieścić na pokrywie transformatora, wówczas połączenia między uzwojeniem pomocniczym a dławikowym muszą być oczywiście ułożone na pokrywie. Zaleca się ewentualnie bezpieczniki tak wykonać względnie tak umieścić, aby jednocześnie chroniły one uzwojenie dławikowe. W tym celu umieszcza się je najkorzystniej w punktach węzłowych, które powstają z połączenia faz uzwojenia dławikowego i uzwojenia pomocniczego.

Fig. 8 przedstawia schemat połączeń i zasadniczy układ tego rodzaju transformatora. Liczby 1, 2, 3 oznaczają ramiona rdzenia, które w górnych częściach są rozszczepione i połączone odcinkami jarzma 12, 23 i 31. Odcinek jarzma 31 jest oddzie-

lony od obu pozostałych odcinków szczeliny. W ten sposób tworzą się dla trzech faz oddzielne obwody linii sił, które co do swej długości są wyrównane przez odpowiednie wymiary długości szczelin. Odcinki jarzma posiadają uzwojenia 7, które dławia w trójkącie jarzmowym trzecią harmoniczną strumienia. W ten sposób doprowadza się do zaniku w prądzie magnesującym harmoniczną piątego rzędu. Jarzmowe uzwojenie 7 jest zasilane przez pomocnicze uzwojenie 8, umieszczone na ramionach i połączone w gwiazdę. Uzwojenie główne nie zostało dla jasności przedstawione. Aby przeszkodzić powstawaniu znaczniejszego przeciążenia prądem, przewidziane są bezpieczniki 9 na przewodach, łączących uzwojenie pomocnicze 8 i uzwojenie jarzmowe 7, które są tak dostępne, że przy zmianie nie potrzeba usuwać części uzwojenia ani izolacji. Najkorzystniej jest wykonać bezpieczniki z blaszanej taśmy cieńszej od taśm uzwojenia dławikowego.

Na fig. 9 przedstawiona jest w zarysie konstrukcja zewnętrznego ramienia rdzenia transformatora. Uzwojenie pomocnicze 8, składające się z płaskich taśm miedzianych, znajduje się najbliżej żelaznego rdzenia 1 i jest nawinięte na papierowy cylinder 15a. W tym ostatnim przewidziane są żłobki, w których umieszczone są zwoje 8, dzięki czemu nie wystają one ponad powierzchnię cylindra izolującego 15a, a cylinder izolujący 15b może je szczelnie otoczyć. Na cylinder izolujący 15b nawinięte jest uzwojenie niskiego napięcia 4a w dwóch warstwach, które są oddzielone jedna od drugiej kanałem do oleju i cylindrem izolującym 16. Warstwy 4a otacza cylinder izolujący 17, wykonany najkorzystniej z papieru chłonnego i zakończony na obu końcach kołnierzami. Na cylinder izolujący 17 nawinięte jest uzwojenie wysokiego napięcia 4b, które również składa się z dwóch warstw rozdzielonych cylindrem izolującym 18. Uzwojenie wysokiego i niskiego na-

pięcia, leżące tuż obok siebie i przedzielone jedynie cylindrem izolującym 17, składa się z przewodów dzielonych ze względu na straty na prądy wirowe. Uzwojenia dławikowe, przesunięte przez szczelinę pomiędzy odcinkami jarzma 12 i 31, nie są przedstawione.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Transformator o trzech lub więcej niż trzech fazach z trzema uzwojonymi ramionami rdzenia, leżącymi w jednej płaszczyźnie, w którym dla każdej zamkniętej drogi linii sił zanika suma sił magnetomotorycznych, koniecznych ze względu na wyższe harmoniczne piątego i siódmego rzędu, według patentu nr 30 443, znamien-ny tym, że jego rdzeń zawiera przebiegające w płaszczyźnie ramion pomiędzy zewnętrznymi ramionami dodatkowe odcinki zamykające jarzma, które są ukształtowane tak, że ich zapotrzebowanie amperozwojów odnośnie wyższych harmoniczných piątego i siódmego rzędu fali głównej są określone zapotrzebowaniem pozostałych obwodów magnetycznych w celu uzyskania zaniku sumy sił magnetomotorycznych, koniecznych ze względu na wyższe harmoniczne piątego i siódmego rzędu.

2. Transformator trójfazowy według zastrz. 1, znamien-ny tym, że posiada narządy do rozrządzania strumieniem magnetycznym trzech odcinków jarzma.

3. Transformator według zastrz. 1, 2, znamien-ny tym, że jest zaopatrzony w narządy, uniemożliwiające wzajemne przekraczanie linii sił rozproszonych pomiędzy poszczególnymi odcinkami jarzma.

4. Transformator według zastrz. 1—3, znamien-ny tym, że pomiędzy równoległe przebiegającymi odcinkami jarzma utworzona jest szczelina powietrzna.

5. Transformator według zastrz. 1—4, znamien-ny tym, że jego narządy osłaniające do izolowania magnetycznego odcinków

jarzma są wykonane w postaci płyt dobrze przewodzących elektrycznie względnie w postaci uzwojenia zwarte.

6. Transformator według zastrz. 1—4, znamieny tym, że jego narządy do rozrządzania strumieniem magnetycznym odcinków jarzm są wykonane w postaci uzwojeń pomocniczych, umieszczonych na jarzmach, które wywołują w odcinkach jarzma strumienie w przybliżeniu równej wielkości, obrócone w stosunku do siebie o 120^0 .

7. Transformator według zastrz. 1—6, znamieny tym, że przekrój długiego odcinka jarzma jest większy niż przekrój krótkich odcinków jarzma w celu otrzymania mniejszej indukcji w długim odcinku jarzma.

8. Transformator według zastrz. 1—7, znamieny tym, że jego narządy do rozrządzania strumieniem magnetycznym odcinków jarzm stanowią pomocnicze dławiki, pracujące najkorzystniej przy nasyceniu, których obciążenie zwiększa zapotrzebowanie amperozwojów przez poszczególne odcinki jarzma.

9. Transformator według zastrz. 1, 4 i 6, znamieny tym, że szczelina powietrzna jarzma jest w takim stopniu przedłużona na poszczególne ramiona, że długość jarzma jest sztucznie zwiększona, długość zaś ramion sztucznie zmniejszona.

10. Transformator według zastrz. 9, znamieny tym, że rozszczepienie ramion jest wykonane tak, że długości dróg linii sił poszczególnych faz przez odcinki jarzma są między sobą wyrównane.

11. Transformator według zastrz. 10, znamieny tym, że rozszczepienie środkowego ramienia jest dłuższe od rozszczepień ramion pozostałych.

12. Transformator według zastrz. 1—3, znamieny tym, że jego narządy do rozrządzania strumieniem magnetycznym odcinków jarzm są wykonane w postaci

trzpienia, połączonych między sobą elektrycznie i umieszczonych w jednolitym jarzmie, co powoduje rozdział jarzma na odcinki pod względem magnetycznym i utworzenie oddzielnych dróg linii sił w jarzmie dla strumieni trzech faz.

13. Transformator według zastrz. 12, znamieny tym, że trzpień są wykonane z materiału dobrze elektrycznie przewodzącego.

14. Transformator według zastrz. 12 i 13, znamieny tym, że trzpień są zastosowane do ściągnięcia jarzma.

15. Transformator według zastrz. 12—14, znamieny tym, że trzpień, pojedynczo lub wszystkie razem, są umieszczone przestawnie pod względem wysokości.

16. Transformator według zastrz. 12—15, znamieny tym, że trzpień są na swych końcach bezpośrednio zwarte ze sobą.

17. Transformator według zastrz. 12—15, znamieny tym, że trzpień, umieszczone w nierozdzielonym jarzmie, tworzą uzwojenie dławiające dla dławienia trzeciej harmonicznej strumienia.

18. Transformator według zastrz. 17, znamieny tym, że trzpień przynależne do zwojów dwóch różnych odcinków jarzma należą wspólnie do uzwojenia dławiającego, przy czym zwoje różnych odcinków jarzma są połączone na przemian ze sobą w szereg.

19. Transformator według zastrz. 6 i 17, z uzwojeniem pomocniczym na jarzmie, przy czym uzwojenie to jest jednocześnie uzwojeniem dławiającym i jest zasilane z uzwojenia pomocniczego, znajdującego się na ramionach, znamieny tym, że uzwojenie pomocnicze, umieszczone w bezpośrednim sąsiedztwie rdzenia jako jednowarstwowe, jest wykonane ze zwojów płaskiej taśmy, ułożonych w materiale izolacyjnym.

20. Transformator według zastrz. 19,

znamienny tym, że zwoje uzwojenia pomocniczego na ramionach są ułożone w zagłębieniach cylindra izolującego.

21. Transformator według zastrz. 19, znamienny tym, że zwoje uzwojenia pomocniczego na ramionach są nawinięte na gładki cylinder izolacyjny, a przestrzenie między zwojami są wypełnione taśmą izolacyjną.

22. Transformator według zastrz. 19, znamienny tym, że posiada urządzenia, które ograniczają przetężenia uzwojenia pomocniczego na ramionach, dzięki czemu może ono posiadać mały przekrój.

23. Transformator według zastrz. 22, znamienny tym, że uzwojenie pomocnicze na ramionach jest wykonane tak, że posiada znaczne rozproszenie.

24. Transformator według zastrz. 22 i 23, znamienny tym, że zwoje uzwojenia pomocniczego na ramionach są umieszczone głównie w środku ramienia.

25. Transformator według zastrz. 22, znamienny tym, że przewody łączące uzwojenie pomocnicze na ramionach

z uzwojeniem dławiającym na jarzmach są zaopatrzone w bezpieczniki.

26. Transformator według zastrz. 25, znamienny tym, że bezpieczniki leżą zewnątrz izolacji uzwojenia pomocniczego na ramionach.

27. Transformator według zastrz. 25, znamienny tym, że połączenie między uzwojeniem pomocniczym na ramionach a uzwojeniem dławiającym jest wykonane na pokrywie transformatora, a bezpieczniki są umieszczone ponad pokrywą.

28. Transformator według zastrz. 25, znamienny tym, że bezpieczniki są tak wykonane, że z chwilą ich zadziałania zarówno połączenia uzwojenia pomocniczego na ramionach z uzwojeniem dławiającym na jarzmach jak również połączenia pomiędzy fazami uzwojenia dławiającego na jarzmach zostają przerwane.

Allgemeine
Elektricitäts-Gesellschaft
Zastępca: inż. J. Wyganowski
rzecznik patentowy

Fig. 1

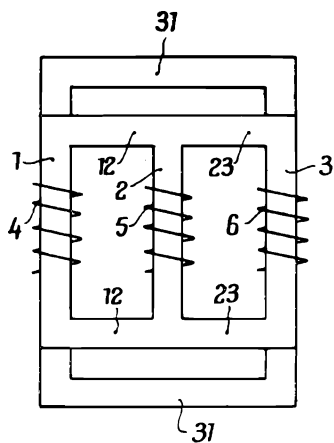


Fig. 2

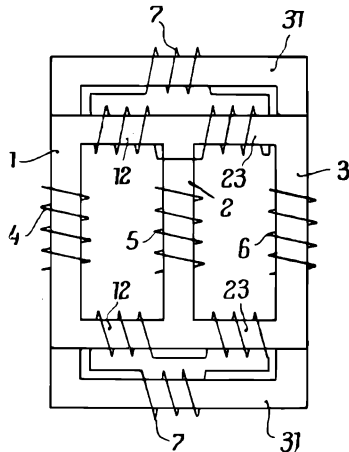


Fig. 3

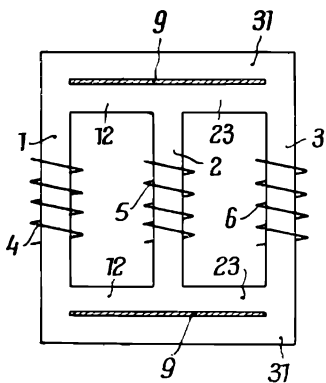


Fig. 4

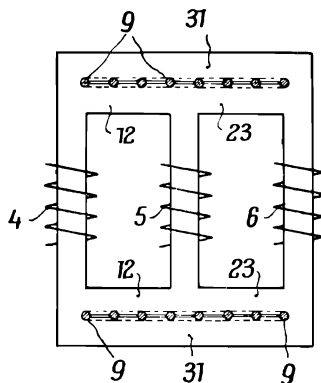


Fig. 5

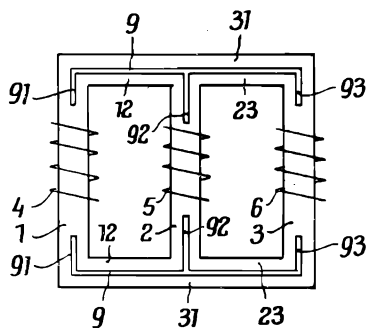


Fig. 6

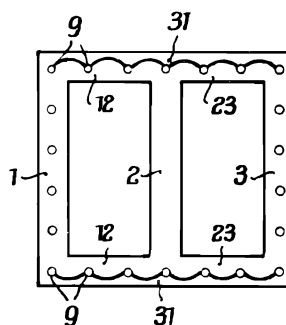


Fig. 7

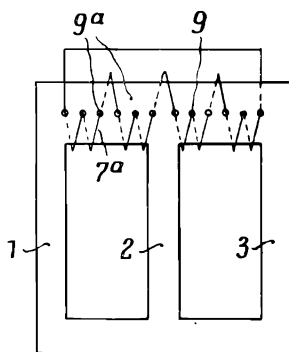


Fig. 8

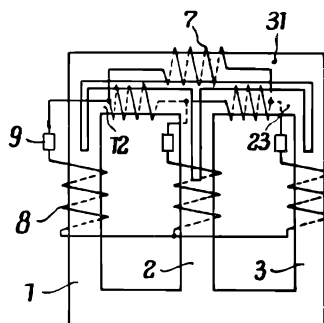


Fig. 9

