

URZĄD PATENTOWY w WARSZAWIE OPIS PATENTOWY

Nr 32010

Kl. 42 k, 20/03

Berlin-Luebecker-Maschinenfabriken Bernhard Berghaus, Berlin—Lankwitz

GO1A 4/02
GO1B 4/02

Sposób i urządzenie służące do przeprowadzania pomiaru warstewek, wytworzonych na powierzchni przedmiotów metalowych, a w szczególności przedmiotów stalowych, metodą nie powodującą zniszczenia tych przedmiotów

Zgłoszono 22 sierpnia 1941

Udzielono 10 lipca 1943

Pierwszeństwo: 13 września 1940 dla zastrz. 1—5;

27 stycznia 1941 dla zastrz. 6—9 (Niemcy)

Przy ulepszaniu powierzchni, zwłaszcza przy cementowaniu, krzemowaniu, odwęglaniu i przy tym podobnych zabiegach, dokonywanych na przedmiotach metalowych, a w szczególności na częściach stalowych wszelkiego rodzaju, wyłania się często zadanie wyznaczenia głębokości warstw wytworzonych. Dotychczas nie znano jednak sposobu wyznaczania tej głębokości bez zniszczenia badanego przedmiotu. Przy wyznaczaniu głębokości cementowania musiano np. wyłamywać poszczególne kawałki z przedmiotu poddanego cementowaniu i wyznaczać głębokość, do której sięga cementowanie, na

wyłamanych próbkach. Przy takim sposobie pobierania próbek nie ma się oczywiście pewności, czy głębokość, do której sięga cementowanie, jest jednakowa we wszystkich częściach przedmiotu poddanego próbie. Stuprocentowa pewność zbadania całej produkcji jest więc niemożliwa przy takim sposobie badania. Mierzenie twardości wstępnej metodą Rockwella lub Brinella nie daje również podstawy do wyciągania jakichkolwiek wniosków, dotyczących głębokości cementowania.

Wszystkie te wady usuwa niniejszy wynalazek; dotyczy on bowiem sposobu umożliwiającego mierzenie grubości

warstw wytworzonych na metalowych, zwłaszcza stalowych przedmiotach, a w szczególności głębokości, do której sięga cementowanie, azotowanie, krzemowanie, odwęglanie lub tym podobne zabiegi, przy czym sposób ten wyróżnia się tym, że za podstawę pomiaru głębokości warstewek, nie niszczącego przedmiotu poddanego badaniu, służy zależność głębokości wnikania w przedmiot prądu zmiennego od jego częstotliwości. Sposób ten umożliwia zatem całkowitą kontrolę dobroci wykonania przy ulepszaniu powierzchni, a w szczególności kontrolę nad doskonałością cementowania, azotowania, krzemowania lub tym podobnych zabiegów bez zmieniania własności materiałowych badanej próbki i bez ograniczania używalności badanego przedmiotu pod jakimkolwiek względem. Zależną od częstotliwości zmianę oporu właściwego lub też własności magnetycznych warstewki, np. warstwy cementowanej, wyznacza się zazwyczaj na mostku mierniczym, zasilanym prądem o zmiennej częstotliwości, przez porównanie z materiałem jednorodnym. Zamiast mostku można posługiwać się także układem różnicowym. Wyrównanie równowagi mostku lub nastawienie zera w układzie różnicowym dokonywa się najlepiej przy częstotliwości tak dobranej, aby część badana oraz część służąca za wzorzec ujawniły swe własności elektryczne i magnetyczne, do wskazania zaś głębokości cementowania używa się tej częstotliwości, przy której równowaga doznaje ledwie dostrzegalnego zakłócenia. Wyrównania można jednak dokonywać dogodnie także przy takiej częstotliwości, przy której działanie elektrycznych i magnetycznych własności próbki i wzorca jest różne, a do wskazania głębokości cementowania można znów użyć tej częstotliwości, przy której w mostku występuje równowaga.

Wynalazek dotyczy poza tym urządzenia do wykonywania opisanego sposobu,

które jest znamienne użyciem mostku mierniczego o czterech gałęziach, z których dwie, służące do włączenia przedmiotu badanego, mają kształt cewek, przy czym jedna z nich jest zamknięta zmiennym opornikiem; dalsze zaś znamię tego urządzenia stanowi użycie woltomierza lampowego jako wskaźnika zerowego oraz użycie źródła prądu o zmiennej częstotliwości, a w szczególności lampowego generatora dudnieniowego z wbudowanym wzmacniaczem mocy.

Wynalazek dotyczy prócz tego urządzenia do wykonywania opisanego sposobu, które jest znamienne układem różnicowym, składającym się z dwu par cewek, przy czym w jedną z nich zostaje włączony wzorzec, zaś w drugą próbka. Każda para cewek składa się z cewki wzbudzającej i z cewki wskaźnikowej. Cewki wzbudzające są połączone w szereg albo przy takim samym kierunku nawinięcia równolegle i są zasilane napięciem o zmiennej częstotliwości. Cewki wskaźnikowe są połączone przeciwsobnie, a końce ich są załączone do woltomierza lampowego.

Wynalazek niniejszy polega na wyzyskaniu tak zwanego efektu naskórkowości. Głębokość wnikania prądu zmiennego w przedmioty stalowe lub żelazne zależy bowiem — jak wiadomo — od częstotliwości prądu. Przy małej częstotliwości prąd zmienny wnika w przedmiot głębiej niż przy częstotliwości wielkiej. Poczynając od pewnej częstotliwości, np. w przypadku przedmiotu cementowanego, prąd przepływa zasadniczo tylko przez warstwę cementowaną. Warstwa ta różni się zaś od materiału rdzennego pod względem swych własności magnetycznych i pod względem swego oporu właściwego wskutek większej zawartości węgla. Jeżeli więc część przedmiotu cementowanego porównać np. w układzie mostkowym z częścią materiału jednorodnego, to poczynając od pewnej

częstotliwości równowaga w mostku dozna zakłócenia, a mianowicie wtedy, gdy prąd będzie przepływał przeważnie tylko w obrębie warstewki cementowanej. Częstotliwość, przy której zakłócenie równowagi się zjawia, jest bezpośrednią miarą głębokości warstewki cementowanej, gdyż płytkiej warstewce cementowanej odpowiada wielka, zaś głębokiej — mała częstotliwość.

Rodzaj układu mostkowego, zastosowanego do pomiarów, jest sam w sobie obojętny. Można np. włączyć w układ mierniczy część podlegającą pomiarowi oraz wzorcową część jednorodnego materiału jako opory. Wyrównanie w mostku mierniczym przeprowadza się wówczas przez dołączanie lub wyłączanie dalszych oporów omowych przy małej częstotliwości, wynoszącej np. 21 c/s i tak dobranej, że w przedmiocie badanym efekt naskórkowości nie jest jeszcze wyczuwalny. Jeżeli następnie będziemy częstotliwość powoli powiększać, to, poczynając od pewnej określonej liczby okresów, prąd, przepływający przez mostek, będzie przepływał przeważnie tylko w obrębie zewnętrznej warstwy części badanej. Opór właściwy tej warstwy jest jednak, wskutek większej zawartości węgla, wyczuwalnie różny od właściwego oporu jednorodnego wzorca. Wskutek tego równowaga w mostku mierniczym dozna zakłócenia, częstotliwość zaś, przy której zakłócenie się zjawia, stanowi miarę głębokości, do której sięga cementowanie. Ten rodzaj pomiaru można w razie potrzeby zastosować także do materiałów nie będących materiałami ferromagnetycznymi.

W wypadku materiałów ferromagnetycznych można wyzyskać z korzyścią dla pomiaru także własności magnetyczne warstewki cementowanej, różniące się od takichże własności materiału rdzennego. I tak można np. otoczyć jedną cewką część poddaną pomiarowi, drugą zaś cewką — część

występującą w roli wzorca. Indukcyjności tych cewek, zależne w dużej mierze od przenikalności magnetycznej części z nimi sprzężonych, wyrównywa się najpierw w mostku mierniczym przy małej częstotliwości. Dokonać można tego w bardzo prosty sposób, a mianowicie przez więcej lub mniej głębokie wsunięcie jednej z dwu wpierw wspomnianych części w cewkę do niej przynależną. Przy zwiększaniu częstotliwości równowaga w mostku mierniczym doznaje znów zakłócenia wówczas, gdy prąd indukowany przez cewki w częściach podlegających pomiarowi zaęści się wskutek efektu naskórkowości w warstwie zewnętrznej, której grubość zależy zasadniczo od głębokości, do której sięga cementowanie, gdyż przenikalność magnetyczna warstwy zewnętrznej różni się wskutek większej zawartości węgla od przenikalności właściwej materiałowi rdzennemu, innej zaś przenikalności odpowiada inna indukcyjność cewki.

Jest rzeczą oczywistą, że jako wzorca można użyć także takiego ciała, które swą jednorodną budową odpowiada zewnętrznej warstewce objętej zasięgiem cementowania. W takim przypadku następuje odwrócenie warunków opisanych poprzednio, to znaczy wyrównania mostku mierniczego dokonywa się przy dużej częstotliwości, zakłócenie zaś równowagi mostku ujawnia się przy częstotliwości odpowiednio mniejszej.

Wreszcie możliwe jest również porównywanie z sobą dwu części cementowanych. Odchylenie od pewnej określonej tolerancji w cementowaniu odpowiada wówczas pewnemu określonemu odchyleniu częstotliwości.

Okazało się przy tym, że korzystne jest uwydatnienie wskazań przez wyrównanie mostku mierniczego przy średniej częstotliwości. Jeżeli do wyrównanego w ten sposób mostku wprowadzi się części odróżniające się większą lub mniejszą głą-

bokością, do której sięga cementowanie, to przez zmianę częstotliwości można znów dla każdej części uzyskać pewne minimalne wychylenie instrumentu zerowego. Przypadek taki zachodzi zawsze wtedy, gdy rozkład gęstości prądu, wywołany efektem naskórkowości, jest podobny do tego rozkładu, który miał miejsce przy wyrównywaniu mostku mierniczego. Przypuśćmy, że porównyując odpowiadającą materiałowi rdzennemu część jednorodną z częścią, której głębokość cementowania wynosi 5/10 mm, dokonano wyrównania przy częstotliwości wynoszącej 3000 c/s. Zagęszczenie prądu w warstwie zewnętrznej części badanej jest już znaczne przy tej częstotliwości, za czym prąd przepływa przede wszystkim przez cementowaną warstwę przedmiotu poddanego badaniu. Indukcyjność cewki, miarodajna dla wyrównania mostku mierniczego, zależy od przenikalności magnetycznej, właściwej warstewce cementowanej, a w małym tylko stopniu od przenikalności magnetycznej materiału rdzennego. Stosunek działań, wywieranych przez te dwie różne przenikalności, odpowiada więc rozkładowi prądu przy danej częstotliwości. Po zastąpieniu przedmiotu poddanego badaniu przedmiotem silniej cementowanym zmienia się zatem stosunek skutecznych przenikalności w sposób taki, iż udział warstwy zewnętrznej w przewodzeniu prądu ulega zwiększeniu. Ta zmiana powoduje zaś z kolei rzeczy zmianę indukcyjności cewki, a tym samym powoduje zmianę nastawienia na mostku mierniczym. W celu przywrócenia pierwotnego rozdziału należy zmniejszyć częstotliwość tak, aby magnetyczne właściwości materiału rdzennego zaczęły odgrywać rolę wskutek spowodowanego obniżeniem częstotliwości zmniejszenia się zagęszczenia prądu w warstwie zewnętrznej. Jeżeli stan pierwotny zostanie przywrócony w takim samym stopniu jak poprzednio, to

wskazanie instrumentu mostkowego osiągnie znowu wartość minimalną. Każdej głębokości cementowania odpowiada więc pewna określona częstotliwość, przy której osiąga się doskonałe wyrównanie mostku. Nastawienie na owo minimum jest niezwykle ostre i nie zależy od ewentualnych wahań napięcia.

Ponieważ przy opisanym sposobie jedynie ta zmiana wskazań posiada znaczenie, która jest zależna od częstotliwości, a nie jest zależna od warunków, które przy wyrównywaniu mostku muszą być dopełnione, przeto pomiarom można poddawać także przedmioty, które uprzednio przechodziły różne stany cieplne lub magnetyczne. Pod tym względem różni się więc niniejszy wynalazek zasadniczo i korzystnie od tak zwanych metod magnetycznych, zalecanych np. do wyznaczania zawartości węgla, które dają wyniki, nadające się do użytku tylko wtedy, gdy porównywa się ze sobą przedmioty, które uprzednio przeszły jednakowe stany obróbki.

Wynalazek niniejszy dotyczy poza tym przyrządu do badania materiałów, użytecznego szczególnie w urządzeniach służących do mierzenia warstw, wytworzonych w przedmiotach metalowych, a przede wszystkim stalowych, w szczególności zaś do mierzenia głębokości cementowania, azotowania, krzemowania, odwęglania i tym podobnych, przy czym urządzenia takie są tym znamienne, iż stosuje się w nich źródła prądu zmiennego o dającej się zmieniać w sposób ciągły częstotliwości i o możliwie stałej amplitudzie. Urządzenie wspomniane ostatnio jest ponadto znamienne tym, że zmiany częstotliwości napięcia, zasilającego mostek, dokonywa się przez zastosowanie tzw. metody dudnieniowej. Korzystne jest przy tym wytwarzanie nakładanych na siebie częstotliwości w układzie sprzężenia zwrotnego, np. w układzie Meissnera. Poza tym ko-

rzystne jest także nakładanie częstotliwości w heksodzie mieszającej.

W szczególności należy jeszcze podać następujące wskazówki:

Doświadczenie wykazało, że przy opisanym magnetycznym sposobie badania materiałów korzystne jest stosowanie prądów zmiennych o różnej częstotliwości. Szczególnie korzystny jest np. nie pociągający za sobą jakiegokolwiek zniszczenia pomiar warstewek, wytworzonych w stalach przez nawęglanie lub azotowanie przy użyciu źródła prądu zmiennego, którego częstotliwość może być zmieniana w sposób ciągły w obszarze od 20 do 10 000 c/s przy zachowaniu stałej amplitudy.

Dogodną możliwość stwarzania takich źródeł prądu daje znana zasada dudnień. Każdy z dwu generatorów prądu o dużej częstotliwości wytwarza napięcie zmienne, którego częstotliwość jest większa od największej częstotliwości roboczej, występującej w magnetycznym instrumencie mierniczym. Obydwa napięcia zmienne doprowadza się do lampy mieszającej, otrzymując w obwodzie anodowym tej lampy trzecią częstotliwość, która równa się różnicy częstotliwości doprowadzanych. Jeżeli jeden z dwu generatorów daje częstotliwość wynoszącą 110 kc/s, drugi zaś generator — częstotliwość wynoszącą 100 kc/s, to częstotliwość dudnień, czyli częstotliwość napięcia roboczego wynosi 10 000 c/s. Jeżeli więc częstotliwość jednego generatora, np. częstotliwość 100 kc/s, utrzyma się bez zmiany, a częstotliwość drugiego generatora będzie zmieniana w sposób ciągły od 100 kc/s do 110 kc/s, to wskutek nakładania obu tych częstotliwości otrzyma się napięcie robocze o częstotliwości nastawialnej w granicach od 0 do 10 000 c/s. Względna zmiana częstotliwości generatora o nastawianej częstotliwości wynosi przy tym tylko 10%. Taką zmianę częstotliwości

generatora można osiągnąć, przy zachowaniu stałości amplitudy jego drgań, za pomocą prostych środków, np. przez zastosowanie obrotowego kondensatora jako zmiennej pojemności obwodu oscylacyjnego. Natomiast bezpośrednio zmienianie częstotliwości generatora lampowego w granicach od 0 do 10 000 c/s napotyka na znaczne trudności techniczne i nie da się przeprowadzić jednocześnie z dopełnieniem postulatu, iż amplituda drgań powinna być stała. Zastosowanie zasady dudnień w generatorze drgań do magnetycznej metody badania materiałów przedstawia więc istotną korzyść.

Jako przykład można przyjąć urządzenie do badania materiałów, przedstawione na fig. 1. Cewki 1, 2 tworzą wraz z oporami 3, 4 mostek mierniczy znanego rodzaju. Wewnątrz cewek znajduje się wzorzec 5 oraz poddany badaniu przedmiot 6. W celu dogodnego wyrównania mostku można zmieniać samoindukcję cewki 1 przez mniej lub więcej głębokie wsuwanie wzorca 5. Zmienny opór 7, załączony równolegle do tej cewki, umożliwia ostre nastawienie równowagi mostku. Napięcia zmiennego do zasilania mostku o częstotliwości zmiennej w granicach od 20 do 5000 c/s dostarcza generator dudnieniowy 8 ze wzmacniaczem mocy, którego skala wycechowana jest w dowolnych jednostkach. Jako przyrządu zerowego używa się dwustopniowego woltomierza lampowego 9. Wyrównania mostku dokonywa się dla przedmiotu o znanej głębokości cementowania i wzorca z jednorodnego materiału przy wyznaczonej uprzednio częstotliwości. Cechowanie mostku można przeprowadzić przy pomocy dalszych przedmiotów o znanej głębokości cementowania.

Opisany sposób wyznaczania głębokości cementowania oraz urządzenie do wykonywania tego sposobu nadają się również do pomiaru głębokości azotowania,

głębokości odwegłania oraz do kontroli wszelkich zabiegów, przy których materiał ulega zmianom na swej powierzchni.

Fig. 2 przedstawia układ różnicowy, składający się z cewek wzbudzających 10, 11 oraz cewek wskaźnikowych 12, 13. Cewki 10 i 12 jak również cewki 11 i 13 są nawinięte wspólnie na dwa korpusy. Wzorzec 14 jest wsunięty w zespół cewek 10, 12, próbka 15 zaś — w zespół cewek 11, 13. Cewki 12, 13, połączone równolegle i nawinięte w tym samym kierunku, są załączone do woltomierza lampowego. Wyrównanie i cechowanie zespołu odbywa się w taki sam sposób. Do przewodów 16 jest przy tym przyłączony woltomierz lampowy.

Jeżeli próbka i wzorzec są jednakowe pod względem elektrycznym i magnetycznym, to napięcia, indukowane w cewkach wskaźnikowych, znoszą się, a woltomierz lampowy nie wychyla się. Jeżeli jednak przy pewnej określonej częstotliwości własności obu części zaczną się różnić, to napięcie w jednej cewce staje się większe od napięcia w drugiej, czyli napięcia indukowane nie znoszą się już, a ich różnicę można odczytać na woltomierzu lampowym. Częstotliwość, przy której ten stan rzeczy zachodzi, stanowi znów miarę głębokości, do której sięga cementowanie.

Pomysł wynalazczy objaśniono bliżej w sposób schematyczny na dalszym przykładzie, z którym wiąże się fig. 3. Lampy trójelektrodowe 21 i 22 pracują w układzie Meissnera, wytwarzając drgania wielkiej częstotliwości, np. 100 kc/s. Częstotliwość generatora 22 może być w sposób ciągły zmieniana w zakresie między 100 kc/s a 110 kc/s przy pomocy kondensatora obrotowego 23. Dostarczone przez generatory 21 i 22 napięcia wielkiej częstotliwości doprowadza się poprzez kondensatory sprzęgające 24 i 25 do siatek rozrządczych heksody mieszającej 26, z której anody pobiera się częstotliwość dud-

nień poprzez filtr 27, po czym wzmacnia się ją w pentodowym wzmacniaczu 28. Wzmocnioną dla celów mierniczych częstotliwość można następnie doprowadzić poprzez dopasowujący transformator 29 do magnetycznego przyrządu mostkowego albo różnicowego według wynalazku.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Sposób pomiaru warstw, wytworzonych na powierzchni przedmiotów metalowych, zwłaszcza stalowych, a w szczególności sposób pomiaru głębokości, do której sięga cementowanie, azotowanie, krzemowanie, odwegłanie lub tym podobny zabieg, znamieny tym, że pomiar grubości warstwy powierzchniowej bez zniszczenia względnie uszkodzenia badanego przedmiotu opiera się na zależności głębokości, do której wnika prąd zmienny w przedmioty metalowe, od jego częstotliwości, przy czym w mostku mierniczym wytwarza się między wzorcem i badanym przedmiotem o ulepszonej powierzchni napięcie, zależne od jakości i grubości warstwy powierzchniowej i stanowiące wraz ze znaną częstotliwością prądu zmiennego miarę grubości warstwy.

2. Sposób według zastrz. 1, znamieny tym, że wyrównanie w mostku mierniczym następuje przy częstotliwości tak dobranej, iż elektryczne oraz magnetyczne działanie przedmiotu poddanego badaniu i przedmiotu służącego za wzorzec są sobie równe, podczas gdy wskaźnikiem głębokości cementacji jest ta częstotliwość, przy której zakłócenie równowagi staje się widoczne.

3. Sposób według zastrz. 1, znamieny tym, że wyrównania dokonywa się najpierw przy takiej częstotliwości, przy której elektryczne oraz magnetyczne własności rdzenia i warstwy powierzchniowej w przedmiocie poddanym badaniu i we wzorcu wywołują odmienne działania, wskaź-

nikiem zaś głębokości, do której sięga cementacja, jest ta częstotliwość, przy której występuje równowaga w mostku mierniczym.

4. Urządzenie do przeprowadzania sposobów według zastrz. 1—3, znamienne tym, że posiada mostek mierniczy o czterech gałęziach, z których dwie są ukształtowane, w celu objęcia sobą przedmiotu badanego względnie wzorca, jako cewki, z których jedna jest zamknięta nastawialnym oporem, a poza tym znamienne użyciem woltomierza lampowego jako wskaźnika zerowego, oraz użyciem źródła prądu o zmiennej dla celów pomiarowych częstotliwości, a w szczególności lampowego generatora dudnieniowego o wbudowanym wzmacniaczu mocy.

5. Urządzenie do przeprowadzenia sposobu według zastrz. 1—3, znamienne użyciem układu różnicowego zasilanego z przystosowanego do celów mierniczych źródła prądu zmiennego, przy czym układ ten składa się z dwu cewek wzbudzających (10, 11) i dwu cewek wskaźnikowych (12, 13), spośród których jedna cewka wzbudzająca (10) i jedna cewka wskaźnikowa (12) wraz z dołączonym wskaźnikiem zerowym przynależy do wzorca (14), druga zaś cewka wzbudzająca (11) i druga cewka wskaźnikowa (13) przynależy do przedmiotu (15) poddanego badaniu.

6. Przyrząd do badania materiałów według zastrz. 1—3, nadający się zwłaszcza do urządzeń służących do pomiaru warstewek, wytworzonych na metalowych, a przede wszystkim stalowych przedmiotach, a w szczególności do mierzenia głębokości, do której sięga cementowanie, azotowanie, krzemowanie, odwęglanie lub tym podobny zabieg, znamienne tym, że posiada przystosowane do celów mierniczych źródło prądu zmiennego o nastawianej w sposób ciągły częstotliwości i o stałej amplitudzie.

7. Urządzenie według zastrz. 6, znamienne tym, że zmienianie częstotliwości jest oparte na zasadzie metody dudnieniowej.

8. Urządzenie według zastrz. 6 i 7, znamienne tym, że obie częstotliwości, służące do metody dudnieniowej, wytwarza się w układzie zwrotnego sprzężenia, np. w układzie Meissnera.

9. Urządzenie według zastrz. 6—8, znamienne tym, że do wytwarzania częstotliwości dudnień posiada heksodę mieszającą.

Berlin-Luebecker-
Maschinenfabriken
Bernhard Berghaus
Zastępca: inż. Cz. Raczyński
rzecznik patentowy

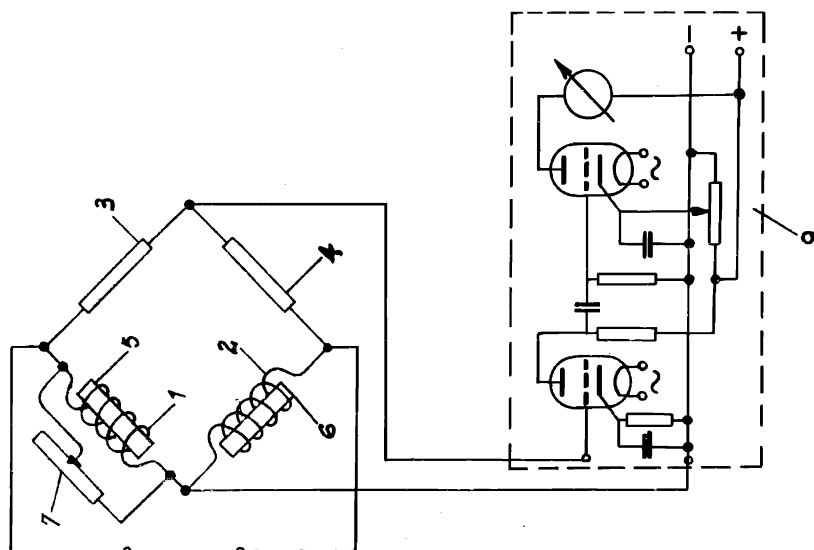


Fig. 1.

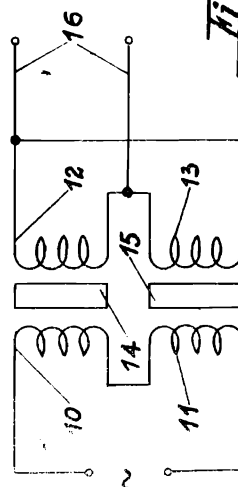
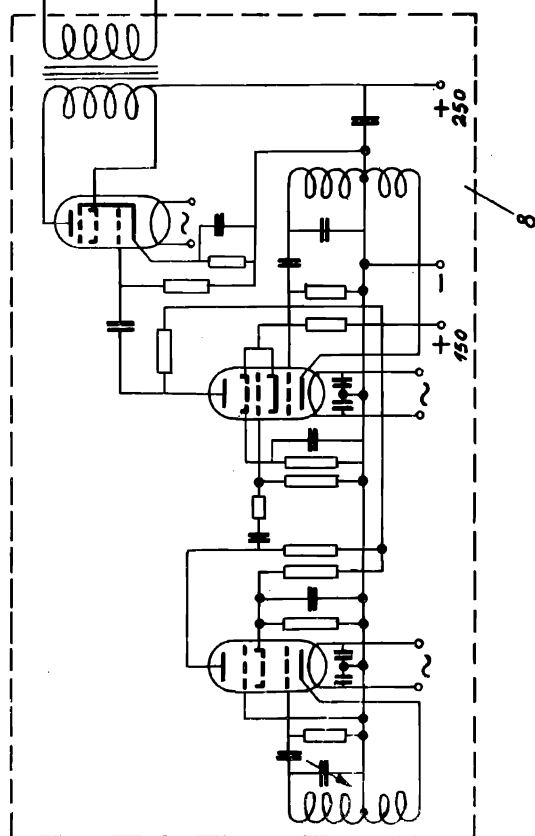


Fig. 2.

Fig. 3.

