



Patent dodatkowy
do patentu

Zgłoszono: 30.09.1970 (P 143 622)

Pierwszeństwo:

Opublikowano: 1.X.1973

Kl. 21e,27/26

MKP G01r 27/26

CZYTELNIĄ

Urząd Patentowy
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Współtwórcy wynalazku: Fabian Żródelny, Jerzy Iwiński

Właściciel patentu: Instytut Badań Jądrowych, Warszawa (Polska)

Układ do pomiaru małych pojemności, zwłaszcza w pomiarach wielkości nieelektrycznych

1

Przedmiotem wynalazku jest układ do pomiaru małych pojemności zwłaszcza w pomiarach wielkości nieelektrycznych. Układ ten umożliwia bezpośredni pomiar pojemności o wartościach zaczynających się od drobnych części pikofarada oraz uzyskanie sygnału dla celów automatycznej regulacji, po wyposażeniu go w odpowiedni dla określonego celu pomiarowego czujnik pojemnościowy.

Układ znajduje zastosowanie w licznej grupie mierników wielkości nieelektrycznych, których działanie opiera się na przetwarzaniu mierzonej wielkości nieelektrycznej na odpowiednią zmianę pojemności i pomiarze zmiany tej pojemności.

Ze względu na wydatne zmniejszenie wpływu tłumienia na wynik pomiaru pojemności, opisany układ szczególnie nadaje się do budowy mierników wilgotności z szerokim zakresem pomiaru i mało podatnych na wpływ domieszek do mierzonego medium. Przykładowe zastosowania w tej dziedzinie to mierniki wilgotności: papieru, celofanu, nasion, zbóż, wiórów drzewnych, piasków formierskich, pigmentów itp. Do innego kierunku zastosowań zaliczyć można pojemnościowe: sygnalizatory, przekładniki, mierniki i regulatory poziomu, liczniki serijne produkowanych wyrobów, urządzenia wychwytyjące supeły i niedoprządy na nici w przemyśle tekstylnym oraz szereg urządzeń w dziedzinie metrologii mechanicznej.

Ogólnie biorąc pomiary pojemności dokonywane są dwoma metodami: mostkową i rezonansową, przy czym obydwie znajdują wiele rozwiązań praktycznych. Meto-

2

da rezonansowa stwarza możliwości budowy układów prostych, tanich, czułych, zawartych w małych gabarytach ale z reguły podatnych na stratność dielektryczną elementów mierzonych.

5 Między innymi w grupie metod rezonansowych wyróżnić można dwie oparte na układach generacyjnych, z jednym i dwoma obwodami rezonansowymi.

10 Przykładem układu najbardziej zbliżonego do opisywanego rozwiązania jest układ do pomiaru impedancji, w szczególności przy pomiarze wilgotności. Układ ten zbudowany jest na dwóch triodach lampowych. Anody lamp zasilane są przez rezystory obciążenia obwodu anodowego, w katodach zaś występują rezystory zbocznikowane kondensatorami. Między siatki triod i zbocznikowany kondensatorem rezystor dołączony do masy, 15 włączone są dwa obwody rezonansowe.

20 Przez wspomniany rezystor i cewki obwodów rezonansowych płyną prądy siatek obydwu triod. Między anodę triody pierwszej i siatkę triody drugiej oraz anodę triody drugiej i siatkę pierwszej włączone są kondensatory sprzęgające. Tak zbudowany układ tworzy generator sinusoidalnego napięcia wielkiej częstotliwości, pracujący w klasie C z minusem na siatkach obydwu lamp wytworzonym przez prądy siatek na wspólnym rezystorze siatkowym. Na rezystorach katodowych powstają spadki napięcia proporcjonalne do amplitud napięcia zmiennego na siatkach. Różnica tych spadków 25 jest sygnałem wyjściowym.

30 Jedną z wad tak działającego układu jest zależność wskazań przyrządu od tłumienia wnoszonego przez ele-

ment mierzony do obwodu rezonansowego, ponieważ tłumienie to wpływa bezpośrednio na wartość amplitudy napięcia zmiennego na tym obwodzie. Ponadto układ uniemożliwia uzyskanie żądanej czułości i stałości przy zastąpieniu lamp tranzystorami. Spowodowane to jest silnym tłumieniem obwodów rezonansowych przez tranzystory przy amplitudzie napięcia zmiennego przewyższającej wartość napięcia zasilania. Występujące w szeregu zastosowań silne tłumienie towarzyszące mierzonej pojemności oraz konieczność miniaturyzacji i zapewnienia odpowiedniej niezawodności związanych z zastosowaniem tranzystorów uniemożliwiają w większości przypadków wykorzystanie tego układu.

Celem wynalazku jest uzyskanie taniego, niezawodnego, miniaturyzowanego układu o dużej czułości i stałości do pomiaru małych pojemności mniej wrażliwego na straty dielektryczne i przydatnego do szerokiego stosowania przemysłowego zwłaszcza w pomiarach wielkości nieelektrycznych.

Innym celem jest umożliwienie dokładnych pomiarów także i w tych przypadkach, kiedy pojemności mierzonej towarzyszą nawet znaczne straty dielektryczne.

Cel ten został osiągnięty przez budowę układu do pomiaru małych pojemności zwłaszcza w pomiarach wielkości nieelektrycznych opartego na rezonansowej metodzie pomiaru, zawierającego symetryczny generator tranzystorowy napięcia sinusoidalnego z dwoma odprężonymi obwodami rezonansowymi, z których co najmniej jeden zawiera mierzoną pojemność, a sygnał pomiarowy pobiera się z pomiędzy emiterów tranzystorów generatora, w którym między kolektory tranzystorów generatora, a obwody rezonansowe pomiarowy i odniesienia włączone są dwie diody w kierunku przewodzenia.

Bazy tranzystorów polaryzowane są przez oddzielne rezystory. Co najmniej jedna z tych diod zbocznikowana jest kondensatorem lub rezystorem. Ujemnie sprzężone zwrotnie łączy wyjście pomiarowe układu z jednym z obwodów rezonansowych poprzez wzmacniacz prądu stałego i sterowany człon reaktancyjny. Do wyjścia wzmacniacza prądu stałego dołączony jest wskaźnik wielkości mierzonej lub sterowany człon reaktancyjny. Sterowany człon reaktancyjny zawiera diody waraktrowe, albo tranzystor w układzie reaktancyjnym połączony z napięciowym wyjściem prądu stałego.

Włączenie diod pomiędzy kolektory tranzystorów i obwody rezonansowe umożliwia uzyskanie głębokiego stanu przedwzbudzenia generatora, co w połączeniu z ustalonym początkowym przesunięciem fazy wprowadzonym przez tranzystor oraz polaryzacji baz przez oddzielne rezystory umożliwia zachodzenie nie tylko detekcji amplitudy, ale również detekcji fazy.

Wyniki detekcji spowodowane zmianą tłumienia elementu mierzonego odejmują się, podczas gdy wyniki detekcji spowodowane zmianą pojemności elementu mierzonego dodają się. W efekcie czego następuje zmniejszenie niepożądanego wpływu tłumienia, a powiększenie czułości na pojemność elementu mierzonego.

Oddziaływanie silnego ujemnego sprzężenia zwrotnego pozwala utrzymać działanie układu w wybranym najkorzystniejszym punkcie, dla opisanych procesów w założonym zakresie pomiaru pojemności.

Ponadto silne sprzężenie zwrotne zapewnia układowi

stałość czułości pomiarowej, niezależnie od zmian parametrów układu czy napięć zasilających.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia układ do pomiaru małych pojemności w obecności tłumienia wprowadzonego przez element mierzony, fig. 2 przedstawia układ do pomiaru małych pojemności w obecności znacznego tłumienia wprowadzonego przez element mierzony, fig. 3 układ miernika wilgotności, fig. 4 charakterystyki amplitudowe obwodów rezonansowych obwodu pomiarowego 1 i łączną charakterystykę 2 obu tych obwodów, a fig. 5 charakterystyki fazowe obwodów rezonansowych, gdzie krzywa 3 dotyczy obwodu pomiarowego, a krzywa 4 obu tych obwodów.

Przedstawiony układ miernika wilgotności jest jednym z możliwych zastosowań praktycznych opisywanego układu do pomiaru małych pojemności w pomiarach wielkości elektrycznych i nieelektrycznych. W tym przypadku układ mierzący w istocie pojemność, został wyposażony w odpowiedni czujnik C_x włączony do rezonansowego obwodu pomiarowego.

W czasie pomiaru czujnik C_x jest poddany działaniu mierzonego medium które wpływa na jego pojemność, czyli ma miejsce zamiana wielkości nieelektrycznej — wilgotności na wielkość elektryczną — pojemność czujnika, która następnie jest mierzona przez układ.

Podstawę układu stanowi generator sinusoidalny wielkiej częstotliwości (fig. 1) pracujący w klasie C, zbudowany na dwóch tranzystorach T_1 i T_2 . Układ zawiera dwa rezonansowe obwody LC: obwód pomiarowy i obwód odniesienia. Pierwszy z nich obejmuje cewkę L_1 , sześć kondensatorów $C_1, C_2, C_3, C_7, C_{12}, C_{13}$, (fig. 3) pojemność czujnika C_x oraz pojemność dwóch diod waraktrowych D_3 i D_4 . Drugi składa się z cewki L_2 i pięciu kondensatorów C_4, C_5, C_6, C_8 i C_9 . Rezystory R_1 i R_2 pracują w obwodach zasilania baz tranzystorów T_1 i T_2 .

Rezystory R_4 i R_5 zbocznikowane odpowiednio przez kondensatory C_{10} i C_{11} stanowią obciążenie emiterów tych tranzystorów. Diody D_1 i D_2 włączone w kierunku przewodzenia między kolektory tranzystorów T_1 i T_2 a odpowiadające im obwody rezonansowe LC służą do pogłębienia stanu przewzbudzenia generatora. Do emiterów tranzystorów T_1 i T_2 dołączone jest wejście wzmacniacza W (fig. 2). Z napięciowego wyjścia różnicowego wzmacniacza W sterowane są diody waraktrowe D_3 i D_4 przez rezystor R_6 do prądowego zaś wyjścia dołączony jest wskaźnik mierzonej wilgotności M .

W tak zbudowanym układzie uzyskuje się na wyjściu różnicowego wzmacniacza W sygnał proporcjonalny do wartości pojemności C_x oraz w bardzo małym stopniu zależny od wartości rezystancji bocznikującej tą pojemność.

W początkowym punkcie pracy obydwa obwody rezonansowe nastrojone są na wspólną częstotliwość f_0 (fig. 4). Na skutek ujemnego przesunięcia fazowego tranzystora, które występuje między pierwszą harmoniczną prądu kolektora, a napięciem bazy, częstotliwość generacji f_g jest niższa od f_0 . Wynika to ze spełnienia warunków generacji. Amplitudy napięć zmiennych na obydwu obwodach rezonansowych są wtedy równe. Ten stan obrazują punkty Z_0 (fig. 4) i A (fig. 5).

Obniżeniu częstotliwości rezonansowej obwodu pomiarowego f_0 przykładowo do f_{01} na skutek wzrostu

pojemności czujnika C_x , towarzyszy obniżenie się częstotliwości generacji do wartości fg_1 . Jednocześnie następuje wzrost impedancji rezonansowego obwodu pomiarowego punkt Z_1 krzywej 1 i zmniejszenie przesunięcia fazowego o $\Delta\varphi_1$ wprowadzonego przez ten obwód punkt A_1 , krzywej 3 oraz zmniejszenie impedancji rezonansowego obwodu odniesienia punkt Z_2 krzywej 2 i wzrost przesunięcia fazowego o $\Delta\varphi_2$ wprowadzonego przez ten obwód punkt A_2 krzywej 4, tak aby było $\Delta\varphi_1 = \Delta\varphi_2$. Opisanemu stanowi odpowiada wzrost amplitudy napięcia mierzonego na rezonansowym obwodzie pomiarowym oraz zmniejszenie tej amplitudy na obwodzie odniesienia.

Zastosowanie odpowiednio dobranych dzielników w sprzężeniu między stopniami, tworzonych przez grupy kondensatorów w obwodach rezonansowych, w połączeniu z obecnością diod D_1 i D_2 w kolektorach tranzystorów pozwala na uzyskanie amplitud napięć zmiennych na obwodach rezonansowych, większych od napięcia zasilania względem bazy, to jest pracy generatora w warunkach przewzbudzenia.

Napięcia emiterów tranzystorów T_1 i T_2 są proporcjonalne do średnich prądów tych emiterów. Ze względu na ograniczenie prądów baz przez duże wartości rezystorów zasilania baz R_1 i R_2 oraz na znaczną wartość współczynnika wzmocnienia prądowego, decydujący wpływ na średnią wartość prądów emiterów mają te części okresu napięcia zmiennego w których napięcia kolektorów są wyższe od napięć baz. W czasie kiedy napięcie kolektora jest niższe od napięcia bazy, wzmocnienie prądowe tranzystora spada poniżej jedności. Ponieważ tranzystory pracują w klacie C prąd emitera może płynąć tylko przez część okresu, w której wartość napięcia bazy przekracza wartość napięcia odcięcia. W rezultacie omówionych warunków pracy średni prąd emitera zależy praktycznie od amplitudy napięcia na kolektorze i przesunięcia fazy między prądem i napięciem kolektora.

Wzrostowi pojemności czujnika C_x odpowiada jak podano wyżej wzrost impedancji rezonansowego obwodu pomiarowego oraz wzrost poziomu napięcia zmiennego na kolektorze tranzystora T_1 . W efekcie prąd emitera T_1 ulega zmniejszeniu. Wzrostowi stratności pojemności czujnika C_x towarzyszy spadek impedancji rezonansowego obwodu pomiarowego i napięcia kolektora tranzystora T_1 , powodujący wzrost prądu emitera tego tranzystora. Jednocześnie pojawiające się dodatkowe przesunięcie fazy napięcia na rezonansowym obwodzie pomiarowym, powoduje zmniejszenie prądu emitera

tranzystora T_1 . Obydwa te efekty w określonych warunkach kompensują się. Dokładna kompensacja występuje tylko dla pewnej wartości pojemności czujnika C_x , przy czym dla pojemności C_x mniejszej od tej wartości prąd emitera maleje, a dla większej rośnie.

Srowadzenie punktu dokładnej kompensacji do punktu, w którym sygnał na wyjściu równy jest zeru, dokonuje się przez dołączenie równolegle do diody D_1 odpowiednio dobranego rezystora R_3 lub kondensatora C_{15} .

Wprowadzenie jako elementu rezonansowego obwodu pomiarowego sterowanego członu reaktancyjnego 5 na diodach waraktorowych D_3 i D_4 sterowanych napięciem sprzężenia zwrotnego pobieranego przez rezystor R_6 z wyjścia różnicowego wzmacniacza W prądu stałego, umożliwia pracę w punkcie pełnej kompensacji w całym zakresie mierzonej pojemności czujnika C_x . Rezystory R_7 i R_8 zamykają obwody prądu stałego diod do masy. Przy dostatecznie dużej wartości wzmocnienia w pętli, napięcie sterujące wzmacniacz pobierane z emiterów tranzystorów T_1 i T_2 jest bliskie zeru, mimo następujących zmian pojemności czujnika C_x . Zmianom pojemności C_x towarzyszą odpowiadające im zmiany pojemności diod waraktorowych prowadzące stan układu do punktu wyjściowego.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ do pomiaru małych pojemności, zwłaszcza w pomiarach wielkości nieelektrycznych zawierający symetryczny generator tranzystorowy napięcia sinusoidalnego z dwoma odsprężonymi obwodami rezonansowymi, z których co najmniej jeden zawiera mierzoną pojemność, a sygnał pomiarowy pobiera się z pomiędzy emiterów tranzystorów generatora, **znamienny tym**, że między kolektorami tych tranzystorów (T_1 , T_2), a wspomnianymi obwodami rezonansowymi ma włączone dwie diody (D_1 , D_2) w kierunku przewodzenia, przy czym bazy tranzystorów polaryzowane są przez dwa oddzielne rezystory (R_1 , R_2).

2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że co najmniej jedna z diod (D_1) jest zbocznikowana kondensatorem (C_{15}) lub rezystorem (R_3), a ujemne sprzężenie zwrotne łączy wyjście pomiarowe układu z jednym z obwodów rezonansowych poprzez wzmacniacz (W) prądu stałego i sterowany człon reaktancyjny (5), przy czym do wyjścia wzmacniacza (W) prądu stałego dołączony jest wskaźnik wielkości mierzonej lub sterowany człon automatyki.

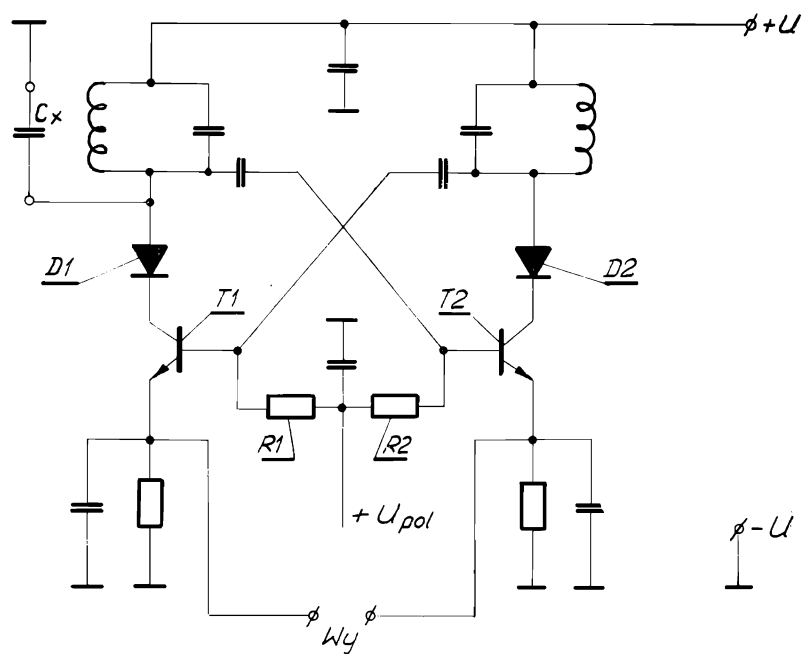
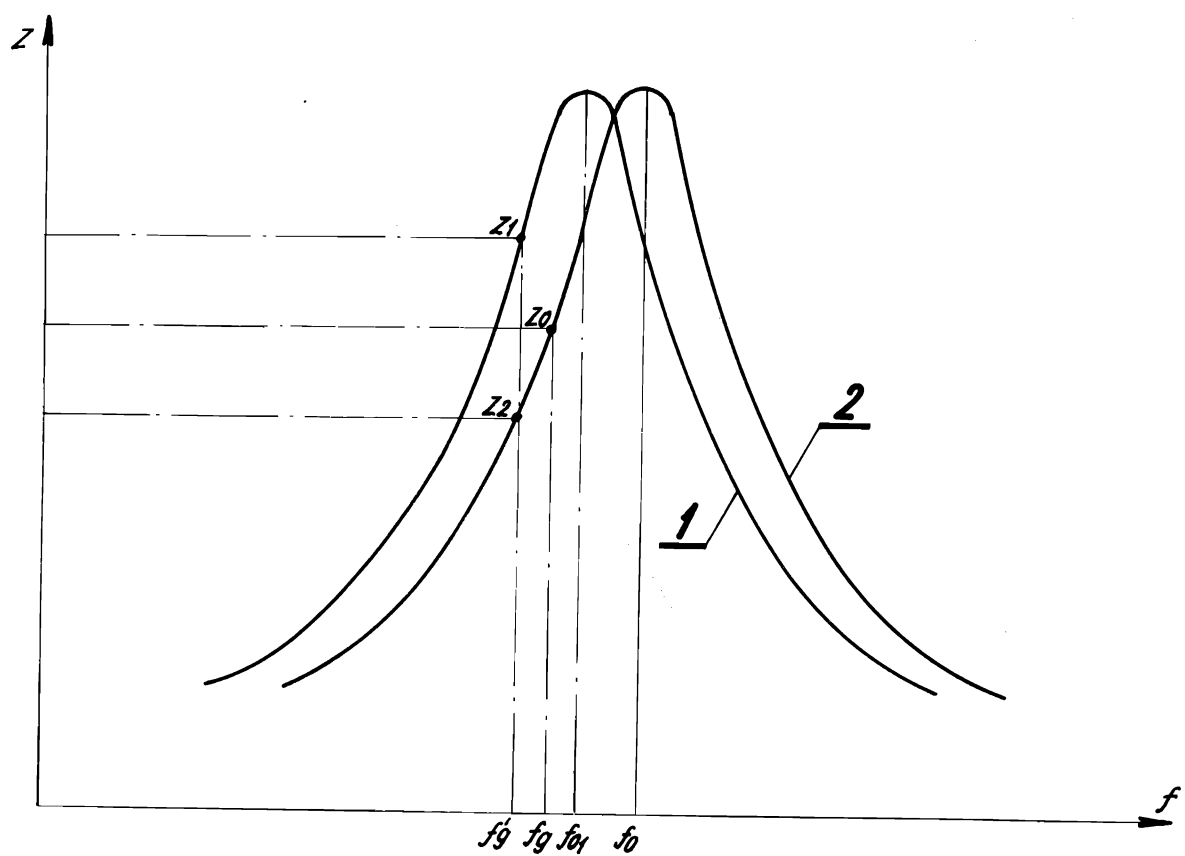


Fig. 1

*Fig. 4*

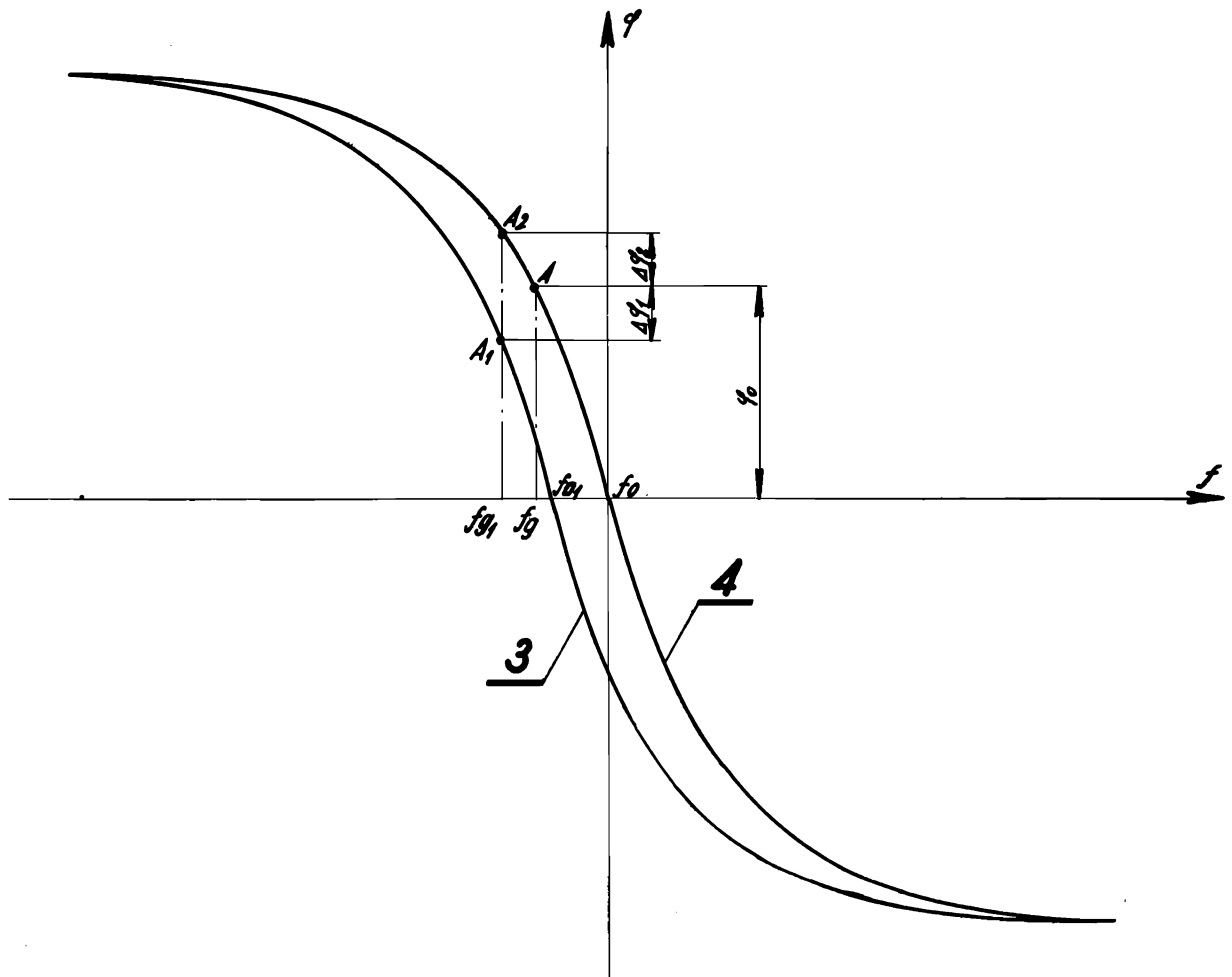


Fig. 5