



Patent dodatkowy
do patentu

Zgłoszono: 11.XII.1967 (P 124 034)

Pierwszeństwo: 16.II.1967 Czechosłowacja

Opublikowano: 4.XI.1971

Kl. 21 e, 27/28

MKP G 01 r, 27/28

CZYTELNIA

UKD 621.317.33

Urzędu Patentowego
Instytut Badawczy

Współtwórcy wynalazku: Bohdan Carniol, Rudolf Styblo

Właściciel patentu: TESLA, národní podnik, Praga (Czechosłowacja)

Układ połączeń do pomiaru tłumienia

1

Przedmiotem wynalazku jest układ połączeń do pomiaru tłumienia obwodu rezonansowego względnie do pomiaru parametrów sprzężonego obiektu oddziaływującego na tłumienie, za pomocą którego oznacza się średnią wartość obwiedni swobodnych tłumionych drgań, wzbudzanych okresowo w obwodzie rezonansowym.

Przez obwód rezonansowy rozumie się każdy obwód, w którym możliwe jest wzbudzanie swobodnych drgań, a w szczególności rezonansowy obwód LC, rezonator wnękowy, rezonator elektromechaniczny lub magneto-mechaniczny. Obiektem pomiaru może być przedmiot przewodzący lub dielektryczny, sprzężony z obwodem LC galwanicznie, indukcyjnie lub pojemnościowo.

Przy rezonatorach elektromechanicznych lub magneto-mechanicznych przedmiotem pomiaru jest również otaczający ośrodek stały, ciekły lub lotny, który poprzez zetknięcie się z powierzchnią mechanicznego rezonatora zostaje z nim sprzężony i skutkiem tego oddziałuje na jego tłumienie.

Pomiar tłumienia samodzielnego obwodu jest znany. Detektor o małej stałej czasowej — mniejszej niż stała czasowa obwodu rezonansowego LC — wytwarza napięcie prądu stałego, proporcjonalne do średniej wartości obwiedni okresowych swobodnych drgań. Drugi detektor o dużej stałej czasowej — większej niż stała czasowa obwodu rezonansowego — wytwarza napięcie, proporcjonalne do wartości szczytowej. Porównanie obu tych wartości określa tłumienie obwodu rezonansowego.

Pomiaru parametrów obiektu znajdującego się w pobliżu obwodu dokonuje się za pomocą określenia śred-

2

niej wartości napięcia obwiedni wzbudzanych okresowo drgań obwodu rezonansowego LC, przy zastosowaniu detektora. Zamiast porównania wartości średniej i wartości szczytowej tego swobodnego drgania, można posłużyć się porównaniem wartości średnich swobodnych drgań, powstających na dwóch samodzielnymi obwodach rezonansowych L_1C_1 i L_2C_2 . Zamiast obwodów rezonansowych LC można również pobudzać i oceniać rezonatory elektromechaniczne szczególnie na przykład piezoceramiczne lub rezonatory magnetomechaniczne.

Jeżeli wartość szczytowa napięcia $V_{\max}$ nie jest stałą, wówczas pomiar wartości średniej V_{st} obwiedni, bez przeprowadzania porównania z wartością odniesienia, pozostającą we współzależności z wartością szczytową $V_{\max}$, nie osiągnie maksymalnej stabilności i czułości. W celu stabilizacji wartości szczytowej $V_{\max}$ stosuje się diodę ograniczającą, przyłączoną do obwodu rezonansowego. Dioda ta jest zatykana przez napięcie zwrotne E_z .

Dioda przewodzi od momentu, gdy amplituda swobodnego drgania przekroczy napięcie zwrotne, a przestaje przewodzić, jest zatykana po spadku amplitudy poniżej napięcia zwrotnego. Czas otwarcia diody ograniczającej określa się jako okres ograniczenia. Jeżeli opór wewnętrzny diody ograniczającej jest wystarczająco niski w kierunku przewodzenia, wówczas następuje efektywne ograniczenie maksymalnej amplitudy swobodnego drgania do wartości $V_{\max} = E_z$. Dalsze fale swobodnego drgania nie ulegają zmniejszeniu, gdyż ograniczone krzywe wykładnicze są niższe i dlatego dioda ogranicza-

jąca nie zostaje odetkana. Cykl ten powtarza się przy każdym nowym wzbudzeniu swobodnego drgania.

W celu wytworzenia stałego napięcia zwrotnego prądu stałego dla diody ograniczającej, stosuje się nieliniowe elementy stabilizacyjne, zwłaszcza jarzeniówkę lub diodę Zenera, zasilane poprzez opornik wyższym napięciem stałym. Jeżeli nieliniowy element stabilizacyjny wykazuje gwałtowne przejście od dużego oporu wewnętrznego do zakresu małego oporu wewnętrznego, wówczas jak wiadomo, występuje ustabilizowane napięcie zwrotne, uzależnione w największej mierze przez właściwości nieliniowego elementu stabilizacyjnego, a tylko w części przez wielkość napięcia zasilania.

Przy zastosowaniu tej metody ograniczania wartości szczytowej, jest jednakże niemożliwe osiągnięcie dobrych wyników, gdyż nawet środki odniesienia, stosowane w celu ograniczenia wartości szczytowej, zmieniają się na skutek zależności od temperatury oraz między innymi na skutek zmian nieliniowego elementu stabilizacyjnego.

Wartość graniczna stabilności i czułości pomiaru jest więc w tych warunkach w dużej mierze zależna od sposobu ustalenia wartości odniesienia.

Można, zastosować wartość średnią z drugiego rezonansowego obwodu odniesienia, jednakże konieczny jest wówczas osobny stopień wzbudzający dla każdego z obu obwodów rezonansowych co powoduje, iż układ jest wówczas skomplikowany i kosztowny.

Dla uproszczenia i potania układu, ograniczenie wartości szczytowej swobodnego drgania osiąga się za pomocą diody ograniczającej i wyprowadzenia wartości odniesienia z detektora ostrzowego. W celu porównania wartości odniesienia i wartości średniej konieczne jest poza tym zastosowanie albo dzielnika po stronie wyjściowej detektora ostrzowego albo też dzielnika prądu zmiennego (dzielnika pojemnościowego), po jego stronie wejściowej. Zastosowanie dzielnika prądu stałego nie da jednak korzyści, gdyż detektor ostrzowy powinien być w miarę możliwości taki sam jak detektor wartości średniej.

W celu osiągnięcia dobrej detekcji — również przy wysokich częstotliwościach stosuje się diody z niezbyt małym oporem w kierunku przewodzenia, a ze względu na wysoką pożądaną pojemność pozorną przy wejściu detektora, dzielnik prądu stałego musi być dzielnikiem o dużej impedancji. Praktycznie jest to możliwe tylko przez zastosowanie zamiast oporników drutowych oporników masowych, jednakże stabilność oporników masowych, jak również potencjometru jest niezbyt wysoka przy tego rodzaju zastosowaniu. W przypadku stosowania diody próżniowej połączone w ten sposób dzielniki dzielą poza tym również napięcie prądu początkowego diody detektora ostrzowego. Na skutek tego, kompensacja prądów początkowych detektora wartości średniej i szczytowej ulega zakłóceniu, co powoduje zmniejszenie stabilności pomiaru. Dlatego też bardziej korzystnym jest stosowanie na wejściu detektora ostrzowego, dzielnika pojemnościowego choć również i ten układ ma swoje strony ujemne, które polegają na konieczności wyeliminowania zmian kąta stratności, mimo że zmiany te są nieznaczne, gdyż urządzenie zgodnie z opisaną wyżej zasadą powinno dokonywać pomiaru również bardzo nieznacznych zmian tłumienia w obwodzie pomiarowym, którego część składową stanowi również dzielnik pojemnościowy.

Z tego względu niekorzystne jest stosowanie zwykłych kondensatorów obrotowych z pętlicowym wyprowadzeniem styku uziemiającego — korzystne jest natomiast zastosowanie droższych i większych kondensatorów z tak zwanym statorem rozdzielonym, bez powodującego zakłócenia pętlicowego wyprowadzenia styku. Nie można ponadto stosować żadnych zwykłych przełączników, przy których zmiana po pewnym czasie oporności stykowej powoduje niestabilność pomiaru. Z drugiej strony, specjalne przełączniki posiadające gwarantowaną długookresową bardzo dużą konduktancję stykową są duże i drogie.

Dzielnik pojemnościowy powoduje poza tym niestabilność pomiaru na skutek zmian pojemności będących rezultatem nierównych zmian temperatury obu kondensatorów dzielnika i zmian temperatury przewodów doprowadzających.

Zadaniem wynalazku jest opracowanie układu połączeń do pomiaru tłumienia obwodu rezonansowego LC lub do pomiaru parametrów sprzężonego obwodu działającego na pomiar zgodnie z właściwymi wymaganiami, który usunie wady wymienionych układów.

Zadanie to zostało rozwiązane według wynalazku, za pomocą określenia wartości średniej napięcia obwiedni swobodnego, tłumionego drgania, wzbudzanego periodycznie w obwodzie rezonansowym, przy czym maksymalna amplituda napięcia swobodnego drgania ustalana jest według określonej wartości napięcia za pomocą diody ograniczającej, zablokowanej przez napięcie zwrotne przy nieliniowym elemencie, i która to amplituda mniejsza jest niż amplituda maksymalna swobodnego drgania bez podłączenia diody ograniczającej, odznaczającego się tym, że punkt połączenia między nieliniowym elementem a diodą ograniczającą połączony jest bezpośrednio, względnie za pośrednictwem dzielnika oporowego z urządzeniem do porównywania wartości średniej i wartości szczytowej, przy czym element nieliniowy może być bocznikowany przez kondensator.

Przedmiot wynalazku i jego działanie są szczegółowo objaśnione w dalszej części opisu na przykładach wykonania przedstawionych na rysunku, na którym fig. 1 — przedstawia przykład układu podstawowego, fig. 2 — schemat ogólny układu według wynalazku, fig. 3 szczegółowy układ połączeń według wynalazku.

Nawiązując do fig. 1, układ podstawowy zawiera generator impulsów 1, obwód rezonansowy z cewką L i z dzielnikiem pojemnościowym C₁, C₂, detektor wartości średniej z diodą 2 i opornikiem 3, urządzenie do porównywania wartości średniej i wartości szczytowej 6, diodę ograniczającą 7, nieliniowy element stabilizacyjny 8 bocznikowany przez kondensator 9, opornik wstępny 10, opornik obwodu filtrującego 11 z kondensatorami filtracyjnymi 12, 13, prostowniki 14, 15 włączone do uzwojenia zasilania 16 transformatora sieciowego.

W obwodzie rezonansowym LC₁, C₂ wzbudzone zostają przez generator impulsów 1 swobodne drgania. Na oporniku obciążenia 3 detektora wartości średniej, powstaje składowa napięcia stałego, proporcjonalna do wartości średniej V_{st} obwiedni swobodnych drgań. Na oporniku obciążenia 5 detektora ostrzowego wytworzona zostaje, proporcjonalna do części wartości szczytowej V_{max}, składowa napięcia stałego określanego przez regulację dzielnika pojemnościowego C₁, C₂. Różnica między tymi składowymi mierzona jest przez układ 6, mający postać mostka katodowego.

Wartość szczytowa $V_{\max}$ swobodnego drgania ograniczona jest przez diodę ograniczającą 7, blokową przez stałe napięcie zwrotne E_z na nieliniowym elemencie stabilizacyjnym 8 zwłaszcza jarzeniowce lub diodzie Zenera. Napięcie zwrotne E_z powstaje na pomocniczym źródle z uzwojeniem 16 transformatora sieciowego, przy pomocy zaworów prostowniczych 14, 15, filtru ograniczającego zmienne składowe, z opornikiem 11 i kondensatorami o dużej pojemności 12, 13. Opornik wstępny 10 powoduje osiągnięcia dostatecznej wymaganej stabilności nieliniowego elementu stabilizacyjnego, a kondensator 9 stanowi zwieracz dla składowych wysokiej częstotliwości.

Działanie układu według wynalazku przedstawionego na fig. 2 jest następujące. Swobodne drgania wzbudzone są w obwodzie rezonansowym LC przez generator impulsów 1. Proporcjonalna do wartości średniej obwiedni składowa prądu stałego powstaje na oporniku 3. Dioda ograniczająca przepuszcza w okresie ograniczenia impulsy prądowe, tworzące na diodzie Zenera 8, razem z połączonym kondensatorem 9 napięcie prądu stałego E_z , równe napięciu Zenera. Wytworzone w ten sposób napięcie odniesienia $E_{ref} = E_z$ powstaje również na dzielniku oporowym 17, 18 i odpowiednia jego część zostaje doprowadzona do układu 6 porównywania wartości średniej i wartości szczytowej.

Układ przedstawiony na fig. 3 posiada generator impulsów, w którym zastosowane zostały próżniowe lampy elektronowe. Składa się on z oscylatora kwarcowego 10 KHz z kwarcem K włączonym w obwód pentodowy lampy elektronowej ECF82. W części triodowej powstaje sygnał o zniekształconym przebiegu, korzystny dla synchronizacji multiwibratora z lampą elektronową ECC82.

W ten sposób wytworzone zostają krótkie impulsy napięciowe do sterowania stopnia wyjściowego z lampą elektronową EL 86. Jej impulsy prądowe wzbudzają wolne drgania w obwodzie rezonansowym LC, nastroszonym na 400 kHz. Na tłumienie obwodu rezonansowego LC oddziałuje przybliżenie obiektu pomiaru 0. Na oporniku 3 powstaje ponownie składowa napięcia stałego, odpowiadająca wartości średniej obwiedni. Dioda ograniczająca 7 zatrzymuje wartość szczytową na wartości napięcia zwrotnego E_z , które zostaje wytworzone na diodzie Zenera 8 zbocznikowanej kondensatorem 9.

Dzielnik oporowy 17, 18 w celu dokładnego nastawienia sygnału odniesienia uzupełniony jest potencjometrem 19. Układ do porównywania wartości średniej i wartości szczytowej 6 zbudowany jest jako mostek katodowy. Wyniki pomiaru odczytuje się na mierniku wskazówkowym M (200 μA). Dioda 2 detektora wartości średniej jest duodiodą 6B32. Jej drugi system diodowy 2' znajduje się na drodze napięcia odniesienia w celu wyrównania prądów początkowych. Wartości liczbowe wielkości części składowych zastosowanych w układzie podane są na rysunku.

Układ połączeń według wynalazku wykazuje bardzo dobre działanie oraz długotrwałą stabilność i czułość

przy pomiarach oporu elektrycznego właściwego oraz grubości powierzchni obiektów mierzonych wykonanych z przewodzącego elektryczność materiału, w zakresie oporowości właściwych od $10^{-6} \Omega \cdot m$ aż do $10^{-1} \Omega \cdot m$, lub w zakresie grubości powłok złota od 50 Å (0,005 μm) do 0,1 mm. Zależność tłumienia obwodu rezonansowego LC od oddalenia metalowego obiektu pomiaru jest wykorzystana do dokładnego pomiaru warstw izolacyjnych na metalach, na przykład do pomiaru warstw oksydacyjnych tworzących się na aluminium o grubości kilku i więcej mikrometrów.

Zamiast miernika wskaźnikowego M lub łącznie z nim zastosować można specjalny element jak przekaznik, wzmacniacz w celu automatycznego przetwarzania danych do sygnalizacji, do automatycznego pomiaru i sortowania względnie do automatycznego sterowania procesów technologicznych.

Takie szczególne zalety wykazuje układ, w którym sygnał wytwarzany na wyjściu z urządzenia do porównywania wartości średniej i wartości odniesienia, służy do automatycznej regulacji elementu potencjometrycznego 9. Część wartości odniesienia korzystnie za pomocą serwomotoru, wyregulowana zostaje tak, że wtedy sygnał wyjściowy z urządzenia do porównywania wartości średniej i wartości odniesienia równy jest praktycznie zeru. Wartości pomiaru zostają następnie określone z położenia mechanicznego elementu regulującego 19, a działanie serwomotoru jest wykorzystane do sterowania pożądanego procesu technologicznego.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ połączeń do pomiaru tłumienia obwodu rezonansowego, w szczególności obwodu rezonansowego LC lub/i pomiaru parametrów obiektu sprzężonego oddziaływującego na pomiar, poprzez określenie wartości średniej napięcia obwiedni swobodnego tłumionego drgania, wzbudzanego periodycznie w obwodzie rezonansowym, przy czym maksymalna amplituda napięcia swobodnego drgania ustalona zostaje na określonej wartości napięcia zwrotnego za pomocą diody ograniczającej, blokowanej przez napięcie zwrotne za pośrednictwem nieliniowego elementu, która to amplituda mniejsza jest niż maksymalna amplituda swobodnego drgania bez połączenia diody ograniczającej, — **znamienny tym**, że punkt połączenia między nieliniowym elementem (8) a diodą ograniczającą (7) połączony jest bezpośrednio, względnie za pośrednictwem dzielnika oporowego (17, 18) z urządzeniem do porównywania wartości średniej i szczytowej napięcia (6), przy czym nieliniowy element (8) jest bocznikowany przez kondensator (9).

2. Układ połączeń według zastrz. 1 **znamienny tym**, że do określenia wartości średniej napięcia obwiedni swobodnego, tłumionego drgania jest zastosowana dioda próżniowa (2), a druga dioda próżniowa (2) jest zastosowana w celu kompensacji prądu początkowego między nieliniowym elementem (8) a urządzeniem do porównywania wartości średniej i wartości szczytowej (6).

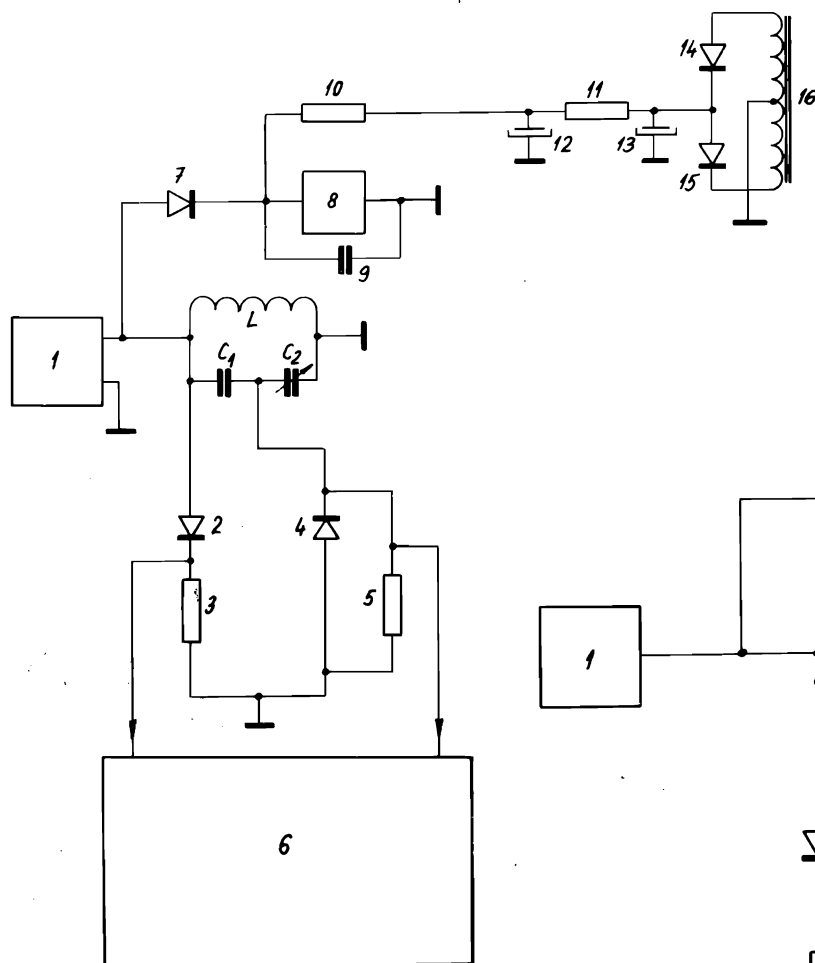


Fig. 1

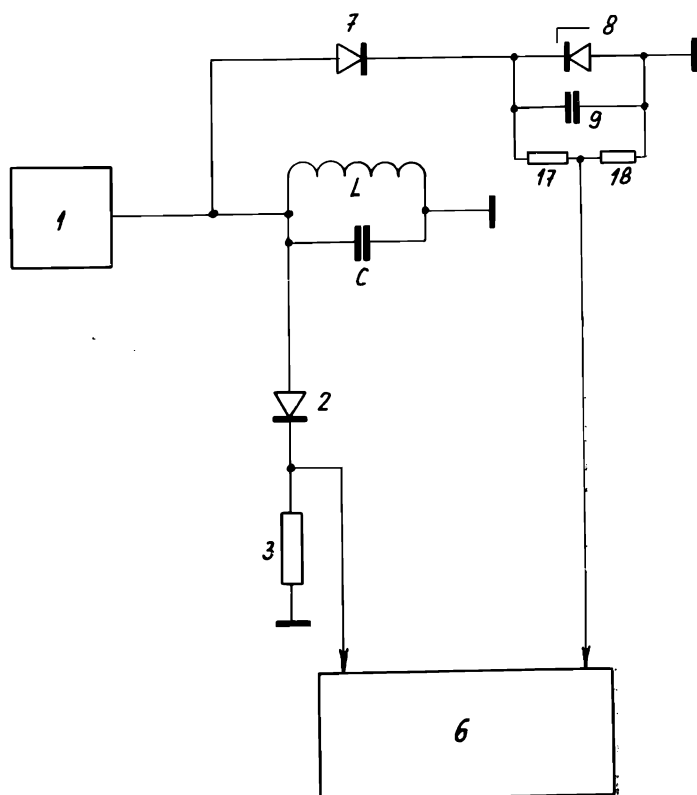


Fig. 2

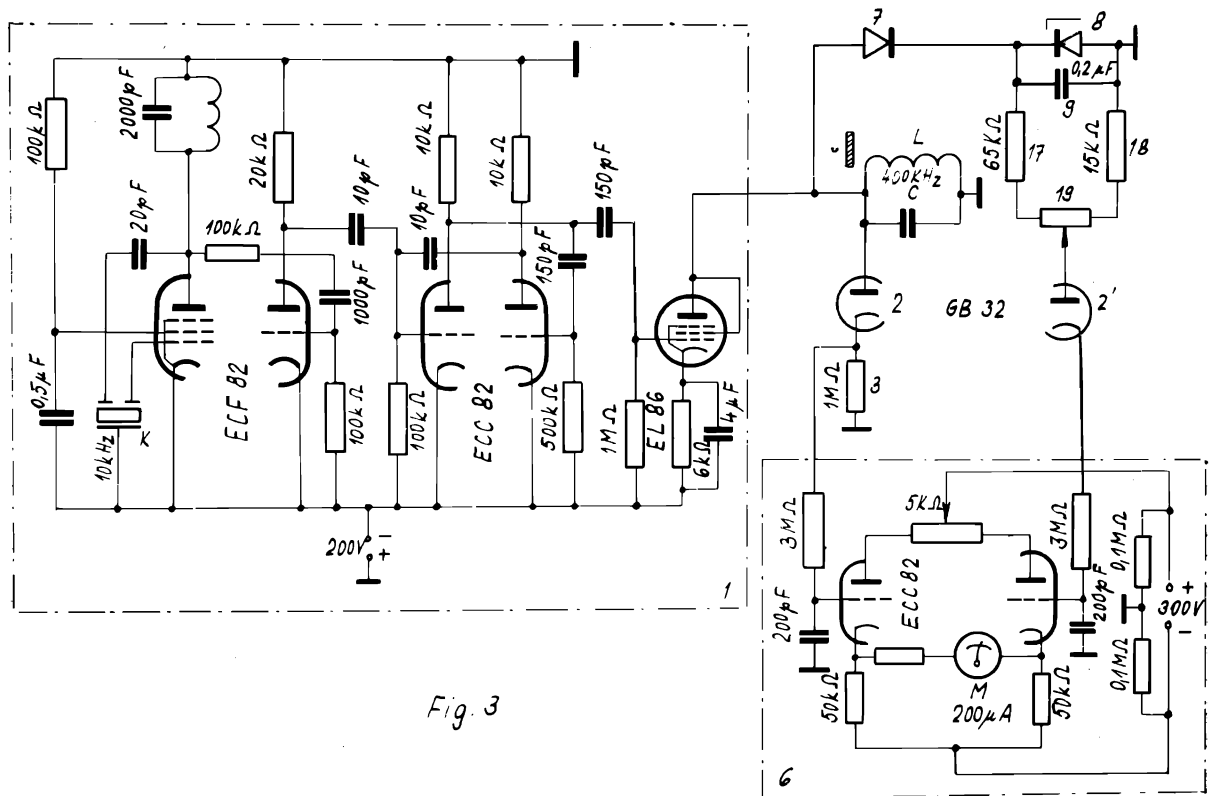


Fig. 3