



Patent dodatkowy
do patentu nr 67787

Zgłoszono: 16.11.74 (P. 175664)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 22.05.76

Opis patentowy opublikowano: 31.05.1980

Int. Cl.²

~~G0R 27/26~~

G01R 27/26

Twórcy wynalazku: Sławoj Gwiazdowski, Tomasz Jackowski

Uprawniony z patentu: Politechnika Warszawska, Warszawa (Polska)

Integracyjny miernik pojemności

1

Przedmiotem wynalazku jest integracyjny miernik pojemności, będący patentem dodatkowym do patentu nr 67 787, nadający się do pomiarów pojemności zarówno kondensatorów, jak i czujników.

W znanych dotychczas integracyjnych miernikach pojemności kondensator o mierzonej pojemności włączony jest między układem prostowania jedno lub dwupołkowego, a układem klucza elektronicznego lub elektromagnetycznego połączonego równolegle do takiego układu prostowania. Do wejścia układu klucza dołączony jest generator fali prostokątnej, a cały układ zasilany jest z zasilacza. Generator wprowadza klucz na przemian w stan zwarcia i rozwarcia. W stanie rozwarcia klucza mierzony kondensator ładowany jest z zasilacza, a w stanie zwarcia klucza rozładowywany jest przez klucz. Układ prostowania reaguje na średni prąd mierzonego kondensatora proporcjonalny do pojemności tego kondensatora.

W układzie tym oba bieguny mierzonego kondensatora mają zmienny potencjał względem ziemi. Uniemożliwia to jednoczesne uziemienie generatora, zasilacza i jednego z biegunów mierzonej pojemności, przez co układ nie jest przydatny do pomiaru pojemności, zwłaszcza czujników pojemnościowych.

W przypadku uziemienia jednego z biegunów mierzonej pojemności, zwłaszcza czujników, generator oraz zasilacz posiadają na obu swoich zaciskach wyjściowych zmienny potencjał względem

2

ziemi, co w przypadku, gdy generator i zasilacz zasilają kilka układów integracyjnych różnych czujników (pracujących równolegle), wówczas nie-uziemiając zacisków wyjściowych generatora i zasilacza powoduje sprzęganie się poszczególnych układów integracyjnych współpracujących z różnymi czujnikami, tak że zmiana pojemności jednego z nich powoduje znaczne zmiany wskazań pozostałych.

10 Istnieje integracyjny miernik pojemności, w którym usunięto wyżej opisaną niedogodność. Układ ten zawiera transformator impulsowy, którego jeden koniec uzwojenia pierwotnego połączony jest jednym końcem z nieuziemiającym wyjściem bloku klucza i poprzez rezystor połączony jest z nieuziemiającym biegunem zasilacza, zaś drugi koniec tego uzwojenia połączony jest szeregowo z mierzoną pojemnością, której drugi biegun połączony jest z uziemionymi zaciskami bloku klucza, zasilacza i korzystać generatora. Natomiast uzwojenie wtórne tego transformatora połączone jest z układem prostownikowym, przy czym jedna z końcówek tego uzwojenia jest uziemiona. Uziemienie jednego bieguna mierzonej pojemności oraz biegunu klucza, generatora, zasilacza i układu prostownikowego eliminuje szkodliwe sprzężenia pomiędzy poszczególnymi układami integracyjnymi pracującymi równolegle i umożliwia jednoczesny pomiar pojemności wielu czujników, szczególnie przydatny w automatyce.

Układ ten jest jednak bardzo niestabilny termicznie, gdyż zmiany temperatury powodują zmiany przenikalności magnetycznej rdzenia transformatora impulsowego, co z kolei powoduje zmianę amplitudy sygnału na wyjściu transformatora. Błędy pomiarowe spowodowane tą przyczyną dochodzą do 10% zakresu pomiarowego.

Dodatkową wadą tego układu jest mała liniowość sygnału wyjściowego spowodowana niekształceniami liniowymi widma Fourierowskiego impulsów przenoszonych przez transformator. Nieliniowość sygnału dochodzi do 8%. Celem wynalazku jest opracowanie układu integracyjnego miernika pojemności eliminującego powyższe wady i niedogodności.

Cel ten został zrealizowany zgodnie z wynalazkiem przez zbudowanie integracyjnego miernika pojemności zawierającego generator impulsowy o fali prostokątnej symetrycznej lub niesymetrycznej, pobudzający klucz korzystnie elektroniczny lub elektromagnetyczny na przemian ładujący ze źródła napięcia stałego i rozładowujący mierzoną pojemność oraz układ prostownikowy jedno lub dwupołówkowy, korzystnie w układzie pompy diodowej, prostujący prąd mierzonego kondensatora lub czujnika i pobudzający wskaźnik tego prądu korzystnie mikroamperomierz magneto-elektryczny.

Układ ten zawiera wzmacniacz operacyjny, którego dwa wyjścia odwracające i nieodwracające fazę dołączone są do końców rezystora, przy czym jeden z końców tego rezystora jest dołączony do nieziemionego wyjścia układu klucza i połączony jest poprzez szeregowo włączony inny rezystor ze źródłem napięcia stałego korzystnie stabilizowanego, natomiast przeciwny koniec tego rezystora połączony jest z jednym z biegunów mierzonego kondensatora lub czujnika pojemnościowego, którego drugi biegun jest uziemiony. Wyjście wzmacniacza operacyjnego dołączone jest do nieziemionego wejścia układu prostownikowego.

Układ integracyjnego miernika pojemności posiadający uziemiony biegun zarówno mierzonej pojemności jak i generatora, klucza, zasilacza i układu prostownikowego umożliwia jednoczesny pomiar pojemności wielu czujników szczególnie przydatny w automatyce oraz jest niezależny od wpływu temperatury na wynik pomiaru. W układzie tym wyeliminowane są sprzężenia pomiędzy poszczególnymi czujnikami oraz ustalone są względem ziemi napięcia zasilające i wejściowe, co umożliwia zastosowanie wspólnego zasilacza i generatora pobudzającego klucze.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładach wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy integracyjnego miernika pojemności, fig. 2 schemat ideowy tego miernika, fig. 3 schemat ideowy integracyjnego miernika pojemności, w którym do ładowania pojemności mierzonej wykorzystuje się źródło stałego napięcia zasilającego U_0 , fig. 4 — schemat blokowy integracyjnego miernika pojemności, w którym zastosowano wzmacniacz różnicowy na wyjściu układu prostownikowego, fig. 5 — schemat ideowy tego miernika.

Generator G impulsowy wytwarzający falę prostokątną symetryczną lub niesymetryczną dołączony jest do zacisków wejściowych klucza K . Uziemiony zacisk wejściowy tego klucza połączony jest z jednym ze swoich zacisków wyjściowych, a ponadto połączony jest z uziemionym zaciskiem generatora G i źródła napięcia stałego U . Natomiast drugi z zacisków wyjściowych bloku klucza K połączony jest z nieziemionym zaciskiem źródła napięcia stałego U poprzez rezystor R_2 .

Równolegle do nieziemionego wyjścia klucza K dołączony jest jeden koniec rezystora R_1 , którego drugi koniec dołączony jest do mierzonej pojemności C_x kondensatora lub czujnika pojemnościowego, której drugi biegun jest uziemiony. Do obu końców rezystora R_1 dołączone są oba wejścia, odwracające i nieodwracające fazę, wzmacniacza operacyjnego WO . Do wyjścia wzmacniacza operacyjnego WO dołączone jest nieziemione wejście układu prostownikowego UP korzystnie w układzie pompy diodowej. Do wyjścia układu prostownikowego dołączony jest wskaźnik, korzystnie w postaci mikroamperomierza A magneto-elektrycznego oraz korzystnie wejście układu automatyki sterującego procesem technologicznym kontrolowanym przez czujnik o pojemności C_x .

Generator G połączony jest poprzez szeregowo włączony kondensator C_1 z bazą tranzystora T kluczującego. Jednocześnie baza tranzystora T połączona jest poprzez rezystor R_4 ze źródłem stałego ujemnego napięcia zasilającego — U_0 oraz przez rezystor R_4 ze źródłem stałego dodatniego napięcia zasilającego $+U_0$. Przeciwny biegun generatora G połączony jest z emitern tranzystora T i uziemiony. Kolektor tranzystora T połączony jest poprzez rezystor R_2 ze źródłem stałego stabilizowanego napięcia U_1 . Jednocześnie kolektor tranzystora T połączony jest z jednym końcem rezystora R_1 , którego drugi koniec połączony jest z kondensatorem lub czujnikiem pojemnościowym o pojemności C_x , której drugi biegun jest uziemiony. Kondensator C_x korzystnie jest zbocznikowany pojemnością C_0 .

Do końca rezystora R_1 , który jest połączony z kolektorem tranzystora kluczującego T dołączone jest uziemione wejście czwórnika CR typu gamma zbudowanego z kondensatora C_2 i rezystora R_5 , a nieziemione wyjście tego czwórnika połączone jest poprzez rezystor R_7 z nieodwracającym fazy wejściem wzmacniacza operacyjnego WO . Wejściem opisanego czwórnika jest kondensator C_2 , wyjściem punkt połączenia kondensatora C_2 i rezystora R_5 , przy czym przeciwny koniec rezystora R_5 jest uziemiony. Podobnie drugi koniec rezystora R_1 dołączony do mierzonej pojemności C_x jest połączony również z nieziemionym wejściem czwórnika CR typu gamma zbudowanego z kondensatora C_3 i rezystora R_6 , którego wejściem nieziemionym jest wejście kondensatora C_3 , wyjściem nieziemionym — punkt połączenia kondensatora C_3 i rezystora R_6 , którego przeciwny koniec jest uziemiony.

Nieziemione wyjście tego czwórnika połączone jest poprzez rezystor R_3 z odwracającym fazę wejściem

5

ciem wzmacniacza operacyjnego **WO**. Wzmacniacz operacyjny **WO** posiada ujemne równoległe sprzężenia napięciowe zrealizowane za pomocą rezystora **R₉** łączącego wyjście wzmacniacza operacyjnego **WO** z jego wejściem odwracającym fazę. Do wyjścia wzmacniacza operacyjnego dołączony jest układ prostowania zrealizowany w układzie pompy diodowej zbudowany z kondensatora **C₄** oraz dwóch diod **D₁** i **D₂**.

Nieuziemiłone wyjście układu prostownikowego połączone jest poprzez wskaźnik korzystnie mikroamperomierz magnetoelektryczny **A** z potencjometrem, którego jeden przeciwny koniec jest uziemiłony, a drugi dołączony do jednego z napięć zasilających **U₀**. Doprowadzenie zasilania ujemnego wzmacniacza operacyjnego **WO** połączone jest ze źródłem stałego napięcia ujemnego $-U_c$, a doprowadzenie dodatnie tego wzmacniacza połączone jest ze źródłem dodatniego napięcia stałego $+U_0$.

W celu zmniejszenia amplitudy napięcia na pojemności **C_x**, zastosowano rezystor bocznikujący pojemność mierzoną **C_x**, co pozwala na łatwiejsze wysterowanie wzmacniacza operacyjnego.

W celu zmniejszenia kosztów aparatury kolektor tranzystora **T** połączono poprzez rezystor **R₂** ze źródłem stałego dodatniego napięcia zasilającego $+U_0$ oraz poprzez rezystor **R₃** z uziemiłonym emiterem i uziemiłonym biegunem mierzonej pojemności **C_x**.

W celu umożliwienia przesyłania sygnału pomiarowego na dużą odległość wyjście układu prostownikowego **UP** zbocznikowane kondensatorem **C₅** dołączone jest do pierwszego wejścia wzmacniacza różnicowego **WR**, którego jeden biegun jest nieuziemiłony. Drugie wejście wzmacniacza różnicowego **WR** włączone jest między zacisk uziemiający, a suwak potencjometru **P'**, którego skrajne końce dołączone są: jeden do zacisku uziemiającego, a drugi do źródła stałego napięcia stabilizowanego **U**, równoległe z rezystorem **R₂**.

Do wyjścia wzmacniacza różnicowego **WR** dołączony jest poprzez rezystor **R₆** wskaźnik, korzystnie mikroamperomierz magnetoelektryczny, przy czym drugi zacisk mikroamperomierza **A**, który jest dołączony do wyjścia wzmacniacza **WR** jest uziemiłony. Wyjście wzmacniacza **WR** korzystnie jest zbocznikowane kondensatorem **C₆**.

Wyjście układu prostownikowego **UP** zbocznikowane kondensatorem **C₅** dołączone jest do rezystorów **R₁₀** i **R₁₁**. Punkt połączenia rezystorów **R₁₀** i **R₁₁** połączony jest poprzez rezystor **R₁₃** z odwracającym fazę wejściem wzmacniacza różnicowego **WR**, który jest zbudowany na drugim wzmacniaczu operacyjnym. Odwracające fazę wyjście wzmacniacza operacyjnego **WR** połączone jest z suwakiem potencjometru **P'**, którego jeden koniec jest uziemiłony, a drugi koniec poprzez rezystor **R₁₂** połączony jest ze źródłem stałego napięcia zasilającego **U₀**.

We wzmacniaczu różnicowym istnieje ujemne napięciowe równoległe sprzężenie zwrotne zrealizowane za pomocą rezystora **R₁₅** łączącego wyjście wzmacniacza różnicowego z jego wejściem odwracającym fazę. Doprowadzenia zasilania ujemnego wzmacniacza operacyjnego **WO** i wzmacniacza róż-

6

nicowego **WR** połączone są ze źródłem stałego ujemnego napięcia zasilającego $-U_0$, a doprowadzenia zasilania dodatniego obu tych wzmacniaczy połączone są z dodatnim źródłem napięcia zasilającego $+U_0$.

Układ integracyjnego miernika pojemności według wynalazku działa w ten sposób, że generator **G** na przemian wprowadza w stan nasycenia i zatkania tranzystor kluczący **T**. W stanie zatkania mierzona pojemność **C_x** kondensatora lub czujnika pojemnościowego oraz pojemność **C₀** ładowane są ze źródła stabilizowanego napięcia stałego **U** poprzez rezystory **R₁** i **R₂**.

W stanie nasycenia pojemność mierzona **C_x** kondensatora lub czujnika oraz pojemność **C₀** rozładowują się przez rezystor **R₁** oraz przez rezystancję wewnętrzną nasyczonego tranzystora kluczącego **T**. Spadki napięcia na rezystorze **R₁** proporcjonalne do prądu ładowania i rozładowania pojemności **C_x + C₀** sterują wejściem wzmacniacza operacyjnego **WO**, którego sygnał wyjściowy jest proporcjonalny do spadku napięcia między jego wejściami. Sygnał wyjściowy jest prostowany na wyjściu korzystnie w układzie pompy diodowej. Wyprostowany prąd płynie przez wskaźnik korzystnie mikroamperomierz magnetoelektryczny. Potencjometr **P** umożliwia skompensowanie początkowej pojemności czujnika pojemnościowego oraz pojemności doprowadzeń i montażu.

Wzmacniacz operacyjny **WO** zasilany jest napięciem $+U_0$ i $-U_0$ znacznie wyższym od napięcia **U₁** zasilającego mierzoną pojemność. Jest to konieczne z uwagi na duże wzmocnienie sygnału przez wzmacniacz operacyjny. Aby na wejście wzmacniacza operacyjnego nie przedostawała się składowa stała, dlatego jego oba wejścia połączone są z końcami rezystora **R₁** poprzez kondensatory **C₂** i **C₃** oraz rezystory **R₇** i **R₈**. Rezystory te mają na celu ograniczyć prąd wyjściowy wzmacniacza operacyjnego **WO**. Aby oba wejścia miały ustaloną stałą składową napięcia względem ziemi równą zero, punkty połączenia kondensatora **C₂** i rezystora **R₇** oraz kondensatora **C₃** i rezystora **R₈** połączone są rezystorami **R₅** i **R₆** z uziemieniem. Celem ustabilizowania pracy wzmacniacza operacyjnego **WO** zastosowano ujemne sprzężenie zwrotne równoległe napięciowe.

W celu zmniejszenia amplitudy napięcia na pojemności **C_x** kondensatora lub czujnika pojemności ta jest zbocznikowana rezystorem dodatkowym co pozwala na zmniejszenie amplitudy napięcia na pojemności **C_x**, dzięki czemu łatwiejsze jest wysterowanie wzmacniacza operacyjnego. Ponadto, mały rezystor bocznikujący **C₀** uniezależnia wynik pomiaru od zmiennej składowej rzeczywistej impedancji czujnika pojemnościowego, która może zakłócić pomiar.

W celu zmniejszenia kosztów aparatury usunięto osobne źródło napięcia stałego **U₁** ładujące pojemność **C_x** i zastosowano ładowanie pojemności **C_x** poprzez rezystor **R₂** ze źródła napięcia stałego $+U_0$ zasilającego jednocześnie wzmacniacz operacyjny **WO**. Celem obniżenia amplitudy napięcia na mierzonej pojemności **C_x** zbocznikowano wyjście tranzystora kluczącego **T** rezystorem **R₃**,

który obniża amplitudę napięcia na pojemności C_x do wartości

$$U_m = + U_o \frac{R_3}{R_2 + R_3}$$

Ponieważ przy zdalnym odczycie wartości pojemności mierzonej C_x sygnał pomiarowy przesyłany jest przewodami często na duże odległości, przeto celem uniknięcia zniekształceń tego sygnału powinien być to sygnał stałoprądowy lub stałonapięciowy odniesiony względem ziemi. W tym celu zastosowano układ, w którym kondensator C_5 wygładza impulsowy sygnał tętniący, wychodzący z układu prostownikowego na sygnał stałonapięciowy. Natomiast wzmacniacz różnicowy **WR** sprowadza sygnał pomiarowy do sygnału odniesionego względem ziemi.

Potencjometr P' dołączony do drugiego wejścia wzmacniacza różnicowego pozwala skompensować początkową wartość pojemności czujnika, pojemności doprowadzeń, montażu i tym podobnych, tak aby przy zerowej wartości wielkości mierzonej czujnikiem sygnał wyjściowy był równy zeru. Ponieważ wzmacniacz różnicowy wzmacnia również tętnienia powstające wskutek niedokładnego wygładzenia napięcia na kondensatorze C_5 , przeto na wyjściu wzmacniacza różnicowego zastosowano kondensator C_6 filtrujący te tętnienia. Rezystor R_{16} zastosowany jest celem zmniejszenia i uregulowania czułości wskaźnika, korzystnie mikroamperomierza magnetoelektrycznego.

Wzmacniacz różnicowy **WR** zbudowany jest na drugim wzmacniaczu operacyjnym z uwagi na jego bardzo dobrą stabilność termiczną. Ponieważ wzmacniacz ten ma duże wzmocnienie, przeto zmniejszono sygnał wejściowy wzmacniacza różnicowego za pomocą rezystorów R_{10} i R_{11} . Aby nie przesterować wzmacniacza różnicowego **WR** zastosowano rezystor zabezpieczający R_{12} włączony między potencjometrem P' a napięciem zasilającym U_0 . Celem ustabilizowania wskazań wzmacniacza różnicowego **WR** i zmniejszenia jego wzmocnienia zastosowane jest ujemne sprzężenie zwrotne równoległe napięciowe stałoprądowe za pomocą rezystora R_{15} .

W urządzeniach współpracujących z automatyką prowadzącą proces technologiczny kontrolowany czujnikiem o mierzonej pojemności C_x , wyjście układu dołączone jest do układu automatyki.

Zastrzeżenia patentowe

1. Integracyjny miernik pojemności zawierający generator impulsowy o fali prostokątnej pobudzający klucz korzystnie elektroniczny lub elektromagnetyczny na przemian ładujący mierzoną pojemność kondensatora lub czujnika ze źródła napięcia stałego korzystnie stabilizowanego i rozładowujący ją oraz układ prostownikowy korzystnie w układzie pompy diodowej prostujący prąd mierzonego kondensatora i pobudzający wskaźnik

tęgo prądu korzystnie mikroamperomierz magneto-elektryczny według patentu nr 67 787, **znamienny tym**, że zawiera wzmacniacz operacyjny (**WO**) między którego dwa wejścia odwracające i nieodwracające fazę jest załączony rezystor (R_1), przy czym jeden z końców tego rezystora (R_1) dołączony jest do nieuziemionego wyjścia układu (**K**) i poprzez szeregowo włączony inny rezystor (R_2) połączony jest ze źródłem napięcia stałego (U) korzystnie stabilizowanego, natomiast drugi koniec rezystora (R_1) połączony jest z jednym z biegunów mierzonego kondensatora (C_x) lub czujnika pojemnościowego, którego drugi biegun jest uziemiony, a wyjście wzmacniacza operacyjnego (**WO**) dołączone jest do nieuziemionego wejścia układu prostownikowego (**UP**) korzystnie w układzie pompy diodowej.

2. Miernik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że końce rezystora (R_1) połączone są z wejściami wzmacniacza operacyjnego (**WO**) za pomocą szeregowo połączonych kondensatora (C_2) i rezystora (R_7) oraz kondensatora (C_3) i rezystora (R_8), przy czym punkt połączenia kondensatora (C_2) i rezystora (R_7) połączony jest z uziemionym, za pomocą rezystora (R_5), a punkt połączenia kondensatora (C_3) i rezystora (R_8) połączony jest z uziemionym, za pomocą rezystora (R_6).

3. Miernik według zastrz. 1 lub 2, **znamienny tym**, że punkt połączenia kolektora tranzystora kluczującego (**T**) i rezystora (R_1) połączony jest rezystorem (R_2) z osobnym źródłem stałego napięcia stabilizowanego (U_1).

4. Miernik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że mierzona pojemność kondensatora (C_x) lub czujnika jest zbocznikowana dodatkowym rezystorem.

5. Miernik według zastrz. 1 lub 3, **znamienny tym**, że punkt połączenia kolektora tranzystora kluczującego (**T**) i rezystora (R_1) połączony jest poprzez rezystor (R'_2) ze źródłem stałego napięcia (U_0) zasilającego wzmacniacz operacyjny.

6. Miernik według zastrz. 1 lub 3 lub 5, **znamienny tym**, że kolektor i emiter tranzystora kluczującego (**T**) zbocznikowane są rezystorem (R'_3).

7. Miernik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wyjście układu prostownikowego (**UP**) korzystnie w układzie pompy diodowej jest zbocznikowane kondensatorem (C_5) i dołączone do pierwszego wejścia wzmacniacza różnicowego (**WR**) zbudowanego korzystnie na drugim wzmacniaczu operacyjnym, przy czym drugie wejście wzmacniacza różnicowego dołączone jest do dzielnika napięcia korzystnie regulowanego, na przykład potencjometru (**P**) włączonego między ziemię a źródło stałego napięcia zasilającego (U_0), jednocześnie do wyjścia wzmacniacza różnicowego korzystnie zbocznikowanego kondensatorem (C_6) dołączony jest wskaźnik korzystnie mikroamperomierz magneto-elektryczny.

8. Miernik według zastrz. 7, **znamienny tym**, że wejście wzmacniacza różnicowego (**WR**) połączone jest z wyjściem układu prostownikowego poprzez steniustor zbudowany na rezystorach (R_{10}) i (R_{11}).

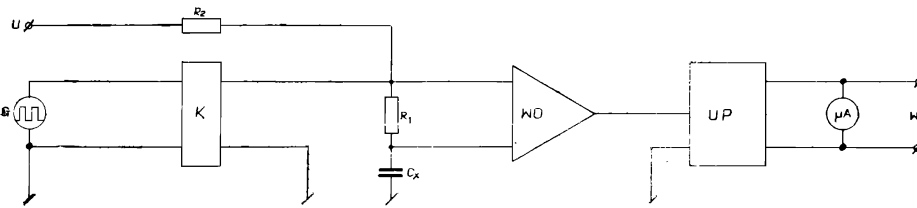


Fig 1

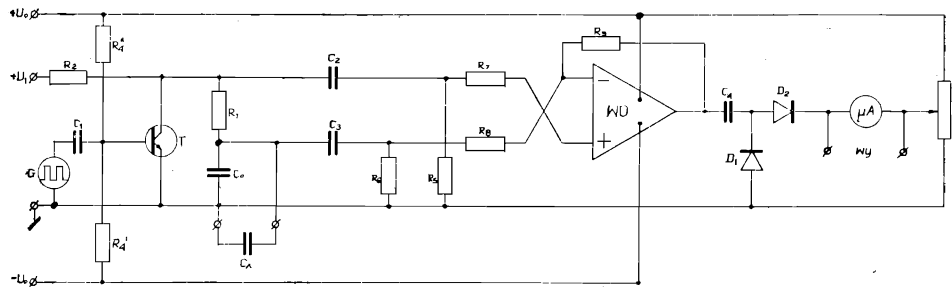


Fig 2

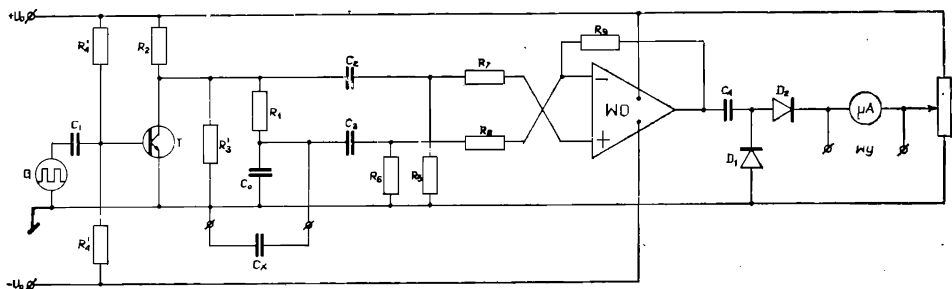


Fig 3

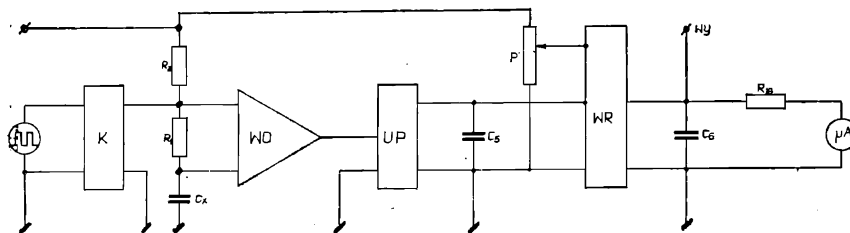


Fig 4

