

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

91084

Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 20.07.73 (P. 164193)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 01.08.75

Opis patentowy opublikowano: 15.10.1977

MKP
G01r 23/10

Int. Cl.²
G01R 23/10



Twórcy wynalazku: Władysław Milcarek, Kazimierz Piądlowski, Jerzy Zatorski

Uprawniony z patentu: Kombinat Aparatury Badawczej i Dydaktycznej „Kabid” Zakład Opracowań i Produkcji Aparatury Naukowej „Kabid-Zopan”, Warszawa (Polska)

Sposób i urządzenie do pomiaru stosunku częstotliwości przebiegów okresowych

1

Dziedzina techniki. Przedmiotem wynalazku jest sposób i urządzenie do pomiaru stosunku częstotliwości przebiegów okresowych.

Technika pomiarowa, zwłaszcza stosowana do sterowania procesów wykazuje tendencję posługiwania się miarą częstotliwości do określania wartości różnych wielkości fizycznych. W tym celu zamienia się określoną wielkość fizyczną na ciąg impulsów o częstotliwości proporcjonalnej do jej wartości. Częstotliwość ta staje się wtedy miarą tej wielkości. Dlatego pomiar częstotliwości ma tu szczególne znaczenie uniwersalnego nośnika informacji, nadającego się do przenoszenia i przekształcania. W typowym, najprostszym procesie sterowania, zachodzi potrzeba porównania wartości obserwowanej wielkości fizycznej z jej wartościąadaną. Czynność tę wykonuje się dla następnego dokonania odpowiedniej korekty procesu w przypadku odchylenia od zadanej normy, a reprezentowanego przez odchylenie określonej wielkości fizycznej. Porównanie takie można wykonać przez pomiar stosunku częstotliwości reprezentujących poszczególne wartości określonej wielkości fizycznej. W procesach programowanych wartość zadana nie jest stała, lecz zmienia się niekiedy w dość szerokich granicach. W tej sytuacji zachodzi potrzeba mierzenia tym samym urządzeniem stosunku częstotliwości małych i częstotliwości dużych przy zachowaniu takiej samej dokładności.

Stan techniki. Znane sposoby pomiaru stosunku częstotliwości polegają na tym, że jeden ciąg impulsów, przyporządkowany zazwyczaj częstotliwości zadanej, przetwarza się na określony przedział czasu i następnie, w tym prze-

2

dziale, zlicza się impulsy drugiego ciągu impulsów, wtedy otrzymana liczba jest miarą stosunku częstotliwości obu tych ciągów. W przypadku jednak znacznych różnic pomiędzy częstotliwościami tych ciągów, wymagania co do pojemności licznika zmieniają się, co wpływa również na zmianę dokładności cyfrowego odczytu stosunku częstotliwości obu ciągów impulsów. W znanych sposobach pomiaru stosunku częstotliwości, dla wyrównania dokładności odczytu cyfrowego zmienia się przedział czasu zliczania. Dobranie jednak odpowiedniego przedziału czasu wymaga uprzedniej znajomości przynajmniej rzędu wielkości mierzonego stosunku częstotliwości. Gdy wielkość ta nie jest z góry znana, jak to ma miejsce w większości procesów pomiaru, wykonuje się wtedy cykl co najmniej dwóch pomiarów, pierwszy dla określenia rzędu mierzonej wielkości, mający na celu wybranie odpowiedniego przedziału czasu zliczania i drugi pomiar zmierzający do określenia ostatecznego wyniku pomiaru stosunku częstotliwości z wymaganą dokładnością odczytu cyfrowego. Do wykonania zatem czynności pomiaru stosunku częstotliwości przebiegów okresowych, przy dość znacznie różniących się częstotliwościach i zachowania przy tym wymaganej dokładności wyniku, wymaga się co najmniej dwóch następujących po sobie pomiarów, pochłaniających określoną ilość czasu, do czego dodaje się jeszcze czas potrzebny do przełączenia lub dobrania odpowiedniego przedziału czasu zliczania. Praktycznie czas wydłuża się bardziej i dobieranie właściwego przedziału czasu następuje w kilku powtarzanych po sobie cyklach pomiaru, przeplatanych czynnością przełączania przedziałów czasu.

Sposoby opisane wyżej są niewygodne, bo pochłaniają zbyt wiele uwagi operatora podczas dokonywania pomiaru. Przy zautomatyzowaniu tych czynności w dalszym ciągu konsumują one nadmierną ilość czasu, co jest szczególnie niedogodne przy sterowaniu procesów, gdzie każda zwłoka pogarsza wynik sterowania i opóźnia przestosowanie procesu do zmienionych warunków. Znane urządzenia do stosowania tych sposobów zbudowane są z generatora stałego przedziału czasu i licznika z bramką na wejściu. Generator stałego przedziału czasu wykonany jest zazwyczaj w postaci dzielnika pierwszej częstotliwości, który dołączony do bramki umieszczonej na wejściu licznika impulsów drugiej częstotliwości wyznacza stale ten sam przedział czasu zliczania, dopóki nie nastąpi przełączenie dzielnika częstotliwości na inny zakres przedziału czasu. W przypadku nieznanego drugiej częstotliwości, dla dokonania pierwszego pomiaru, ustawia się zazwyczaj albo najmniejszy albo największy dopuszczalny przedział czasu i zależnie od wyniku pierwszego pomiaru powtarza się pomiar przy odpowiednio zwiększonym lub zmniejszonym przedziale czasu, aż do osiągnięcia wymaganej dokładności, charakteryzujący się odpowiednim wypełnieniem licznika we wszystkich cyfrach odczytu. W pewnych przypadkach, dla uniknięcia operacji powtarzania pomiaru i przełączania przedziału czasu, stosuje się urządzenie zliczające bez zmiany przedziału czasu zliczania, lecz o znacznie wyższej dokładności, aniżeli wynika to z potrzeb procesu. Wtenczas pomiar częstotliwości małych wykonuje się z dokładnością zaledwie wystarczającą, podczas gdy duże częstotliwości mierzy się z dokładnością znacznie przekraczającą potrzeby. Ta ogólna właściwość dotychczas znanych liczących sposobów i urządzeń pomiarowych stanowi znaczną przeszkodę w ich pełnym wykorzystaniu do sterowania procesami. Stosowanie przełączania przedziału czasu zliczania wydłuża czas pomiaru, zaś pozostawienie tego przedziału czasu bez zmian stwarza nadmierne wymagania co do dokładności urządzenia, przy próbach osiągnięcia większej dynamiki zakresu pomiaru.

Celem wynalazku jest wyeliminowanie wyżej opisanej wady znanych sposobów i urządzeń pomiarowych. Innym celem jest lepsze niż dotychczas przystosowanie zliczających urządzeń pomiarowych do użycia ich w sterowaniu procesami o wymaganym szerokim zakresie dynamiki, jak również zapewnienie wyrównanej dokładności pomiaru w szerokim zakresie pomiaru częstotliwości bez potrzeby powtarzania tego pomiaru dla dobrania właściwego zakresu.

Istota wynalazku. Istota wynalazku polega na tym, że z ciągu impulsów drugiej częstotliwości przebiegu okresowego generuje się i zlicza ciąg impulsów o korzystnie wykładniczo narastających przedziałach czasu oraz począwszy od pierwszego impulsu tej funkcji zlicza się ciąg impulsów pierwszej częstotliwości, przebiegu okresowego, następnie przerywa się zliczanie przy takim impulsie wspomnianego ciągu o korzystnie wykładniczo narastających przedziałach czasu, który następuje po zliczeniu pewnej ustalonej minimalnej liczby impulsów ciągu impulsów pierwszej częstotliwości, a wynik zliczenia stosuje się jako miarę stosunku obu częstotliwości.

Sposób pomiaru stosunku przebiegów okresowych według wynalazku polega na tym, że za pomocą pierwszego licznika generuje się warunek minimalnej liczby impulsów, przez zliczanie impulsów pierwszej częstotliwości przebiegu okresowego, aż do osiągnięcia tej liczby, przy czym wspomniana liczba minimalna jest mniejsza od licz-

by wyrażającej całkowitą pojemność tego licznika. Warunek polega na tym, że licznik, po osiągnięciu tej minimalnej liczby liczy dalej i wytwarza sygnał warunku trwający dalej, co najmniej aż do zakończenia procesu pomiaru. Równocześnie generuje się funkcję dyskretną składającą się z ciągu impulsów o narastających przedziałach czasu pomiędzy impulsami. Funkcję tę generuje się przez zliczanie impulsów drugiej częstotliwości przebiegu okresowego za pomocą drugiego licznika o odpowiednich wyjściach. Funkcja ta jest tak dobrana, że przyrost jej każdego następnego przedziału czasu w stosunku do poprzedniego jest taki jak stosunek całkowitej pojemności wspomnianego licznika pierwszej częstotliwości do jego wspomnianej liczby minimalnej. Na końcu każdego wspomnianego przedziału czasu funkcji o narastających przedziałach czasu, generuje się krótkotrwały impuls punktu czasowego. Impuls ten powinien trwać krócej niż najkrótszy okres czasu pomiędzy impulsami przebiegu okresowego pierwszej częstotliwości. Kolejne impulsy punktów czasowych tej funkcji tworzą razem sygnał punktów czasowych i są zliczane w osobnym liczniku punktów czasowych. Wspomniany sygnał warunku wytworzony w pierwszym liczniku i sygnał punktów czasowych uzyskany według funkcji o narastających przedziałach czasu doprowadza się oddzielnie do układu koincydencji. Przy równoczesnym zaistnieniu obu wspomnianych sygnałów, przerywa się zliczanie licznika impulsów pierwszej częstotliwości i licznika impulsów punktów czasowych, a uzyskane stany tych liczników, stosuje się jako miarę stosunku pierwszej i drugiej częstotliwości, wyrażoną w postaci iloczynu określonego przez stan licznika pierwszej częstotliwości pomnożony przez stosunek jego całkowitej pojemności do wyznaczonej uprzednio jego liczby minimalnej podniesiony do potęgi o wykładniku wyznaczonym przez końcowy stan licznika punktów czasowych. Czynniki wspomnianego iloczynu mogą być oddzielnie użyte do sterowania dwuparametrowego, przy iloczynowej zależności obu parametrów procesu, przy czym jeden wyraz może występować w postaci liniowej, a drugi w postaci wykładniczej. Przy korzystnie dziesiętnym wyznaczeniu stosunku narastających przedziałów czasu, tak jak stosunku liczby całkowitej pojemności pierwszego licznika do jego liczby minimalnej, wynik pomiaru daje się bezpośrednio przedstawić w postaci wykładniczej, jako iloczyn liczby o stałej ilości miejsc znaczących i potęgi liczby dziesięć, gdzie wykładnik wyznaczony został bezpośrednio licznikiem punktów czasowych.

Sposób pomiaru stosunku częstotliwości przebiegów okresowych polega na tym, że doprowadza się równocześnie do oddzielnych liczników ciąg impulsów przebiegu okresowego pierwszej częstotliwości i ciąg impulsów przebiegu okresowego drugiej częstotliwości, po czym przerywa się liczenie w chwili, gdy stan licznika impulsów drugiej częstotliwości osiągnie wartość kolejnej potęgi o wykładniku całkowitym, przy podstawie tej potęgi wyrażonej stosunkiem liczby maksymalnej do liczby minimalnej wyznaczonym dla licznika ciągu impulsów pierwszej częstotliwości, pod warunkiem, że została osiągnięta liczba minimalna na liczniku ciągu impulsów pierwszej częstotliwości, przy czym iloczyn osiągniętej liczby stanu końcowego na liczniku ciągu impulsów pierwszej częstotliwości i potęgi według wykładnika otrzymanego na liczniku ciągu impulsów drugiej częstotliwości stosuje się do określenia stosunku częstotliwości wspomnianych przebiegów okresowych. Jako stosunek liczby maksymalnej do liczby

minimalnej dla licznika ciągu impulsów pierwszej częstotliwości stosuje się korzystnie liczbę dziesięć. Dla pominięcia pierwszych liczb znaczących wyniku pomiaru stosunku częstotliwości wspomnianych przebiegów okresowych, prowadzi się zliczanie, aż do osiągnięcia na liczniku ciągu impulsów drugiej częstotliwości, odpowiednio dalszej wartości potęgi o wykładniku całkowitym, następującej kolejno po osiągnięciu liczby minimalnej na liczniku ciągu impulsów pierwszej częstotliwości. Wyjścia stanów obu liczników wykorzystuje się do sterowania członów wykonawczych, dla sterowania procesu powiązanego zależnością z mierzonym stosunkiem częstotliwości, lub do sterowania członów wykonawczych regulacji parametrów urządzeń takich jak urządzenia obrazowe, pomiarowe, lub takich jak filtry korektory, albo generatory przebiegów okresowych. Dla najbardziej typowych zastosowań poniższych przerywa się liczenie po osiągnięciu na liczniku ciągu impulsów drugiej częstotliwości, pierwszej wspomnianej potęgi o wykładniku całkowitym, następującej bezpośrednio po osiągnięciu wspomnianej minimalnej liczby na liczniku ciągu impulsów pierwszej częstotliwości.

Urządzenie do stosowania sposobu ma licznik-generator wstępnego warunku zliczania z wejściem kasowania, dołączony wejściem zliczania do wejściowej bramki wejścia pierwszej częstotliwości impulsów, a wyjściem stanu zliczania dołączony do grupy wejść dyskretnych pierwszego czynnika iloczynowego zespołu wykonawczego, służącego do sterowania lub do ujawniania pierwszej części wyniku pomiaru. Następnie ma licznik-generator funkcji o narastających przedziałach czasu z wejściem kasowania, dołączony wejściem zliczania do wejściowej bramki wejścia drugiej częstotliwości impulsów, a wyjściem stanu zliczania punktów czasowych dołączony do grupy wejść dyskretnych drugiego czynnika wspomnianego iloczynowego zespołu wykonawczego. Następnie ma obwód warunkowego bramkowania z wejściem startu i kasowania dołączony wyjściami do pozostałych wejść wspomnianych bramek zliczanych ciągów pierwszej i drugiej częstotliwości, a wejściami dołączony do wyjścia sygnału wstępnego warunku wspomnianego licznika-generatora wstępnego warunku i do wyjścia sygnału punktów czasowych wspomnianego licznika-generatora funkcji o narastających przedziałach czasu. Licznik-generator wstępnego warunku zliczania ma na wejściu przedwarunkowy licznik liczby minimalnej dołączony swym wyjściem końcowym do wejścia powarunkowego licznika, przy czym wyjścia stanów zliczania obu liczników wyprowadzone są na zewnątrz, a miejsce połączenia obu wspomnianych liczników wyprowadzone na zewnątrz stanowi wyjście wstępnego warunku zliczania oraz połączone wejścia kasowania obu liczników wyprowadzone na zewnątrz stanowią wspólne wejście kasowania. Licznik przedwarunkowy ma pojemność końcową korzystnie równą ustalonej liczbie minimalnej, a licznik powarunkowy ma pojemność końcową korzystnie równą stosunkowi liczby maksymalnej do liczby minimalnej. Licznik-generator funkcji o narastających przedziałach czasu ma, począwszy od wejścia zliczania, szereg kolejno względem siebie połączonych liczników o korzystnie jednakowej pojemności, których wyjścia dołączone są, każde osobno do wejść startu przerzutników, a wyjścia tych przerzutników dołączone są każde przez oddzielny generator krótkotrwałego impulsu, taki jak obwód różniczkowania, do poszczególnych wejść obwodu sumowania, którego wyjście dołączone jest do wejścia zliczania licznika punktów czasowych wspomnianej funkcji i stanowi jednocześnie

nie wyjście sygnału wspomnianych punktów czasowych. Wyjścia stanów zliczania licznika punktów czasowych wyprowadzone są na zewnątrz. Wejścia kasowania liczników o korzystnie jednakowej pojemności, wejścia kasowania przerzutników i wejścia kasowania licznika punktów czasowych połączone są razem i wyprowadzone na zewnątrz jako wspólne wejście kasowania licznika-generatora funkcji o narastających przedziałach czasu. Obwód warunkowego bramkowania ma wewnątrz obwód warunkowej koincydencji składający się z bramki i przerzutnika. Wyjście przerzutnika dołączone jest do jednego wejścia bramki. Drugie wejście bramki i wejście startu przerzutnika wyprowadzone jest na zewnątrz jako wejście sygnału punktów czasowych i wejście sygnału warunku. Wejście kasowania tego przerzutnika wyprowadzone jest na zewnątrz jako wejście kasowania urządzenia. Wyjście wspomnianej bramki dołączone jest do wejścia kasowania przerzutnika startowego, którego wejście startu wyprowadzone jest na zewnątrz jako wejście startu urządzenia. Wyjście przerzutnika startowego stanowi wyjście sygnału ryglowania bramek wejściowych pierwszej i drugiej częstotliwości urządzenia. Z chwilą skasowania wszystkich liczników i przerzutników urządzenie jest gotowe do użytku.

Po przyłączeniu pierwszej i drugiej częstotliwości do odpowiednich wejść urządzenia, wysyła się sygnał startu do wejścia startu przerzutnika startowego w obwodzie warunkowego bramkowania. Sygnał ten otwiera obie bramki wejściowe, pierwszej i drugiej częstotliwości. Impulsy częstotliwości pierwszej zliczane są przez przedwarunkowy licznik licznika-generatora wstępnego warunku. Równocześnie impulsy drugiej częstotliwości zliczane są przez pierwszy licznik z szeregu liczników o korzystnie jednakowej pojemności licznika-generatora funkcji o narastających przedziałach czasu. Zależnie od tego co będzie pierwsze osiągnięte, liczba minimalna na liczniku przedwarunkowym, czy zapełnienie się pierwszego licznika z szeregu liczników o korzystnie jednakowej pojemności licznika-generatora funkcji o narastających przedziałach czasu, mogą nastąpić alternatywnie dwa zdarzenia. Jeżeli osiągnięcie liczby minimalnej nastąpi przed zapełnieniem pierwszego licznika ze wspomnianego szeregu to sygnał warunku spowoduje przerzucenie przerzutnika w obwodzie koincydencyjnym obwodu warunkowego bramkowania i bezpośrednio po tym zdarzeniu, po całkowitym wypełnieniu się licznika ze wspomnianego szeregu, zostanie wytworzony pierwszy sygnał punktu czasowego wspomnianej funkcji, który wprowadzony następnie do drugiego wejścia bramki obwodu warunkowej koincydencji spowoduje jej otwarcie i w następstwie skasowanie przerzutnika startowego urządzenia, po czym nastąpi zaryglowanie bramek wejściowych co spowoduje przerwanie zliczania w obu licznikach generatorach, a stan wyjściowy liczników będzie stanowił odpowiedni, opisany wyżej wynik pomiaru stosunku częstotliwości. Jeżeli, odmiennie niż powyżej, osiągnięcie liczby minimalnej nastąpi po zapełnieniu się pierwszego licznika ze wspomnianego szeregu, a przed zapełnieniem się następnego licznika ze wspomnianego szeregu zakończenie zliczania nastąpi przy drugim sygnale punktu czasowego, ponieważ w międzyczasie został przygotowany przerzutnik obwodu koincydencji warunkowej, przez wygenerowany sygnał warunku po osiągnięciu liczby minimalnej na liczniku przedwarunkowym. Jak łatwo można zauważyć, odstęp czasu pomiędzy pierwszym i drugim impulsem punktu czasowego jest większy niż odstęp

między początkiem zliczania i pierwszym impulsem punktu czasowego. Stosunek tych dwóch odstępów czasu jest taki jak liczba wyrażająca pojemność drugiego licznika ze wspomnianego szeregu. Jeżeli przy tym pojemność licznika powarunkowego w liczniku generatorze warunku będzie co najmniej tak duża jak tego drugiego licznika, wtedy pozostałość impulsów pierwszej częstotliwości, pomiędzy chwilą osiągnięcia liczby minimalnej i końcem zliczania, napewno zmieści się w tym liczniku. Co więcej, wynik zliczania w liczniku-generatorze warunku będzie zawsze wyrażony przez tyle liczb znaczących ile jest pozycji cyfrowych tego licznika.

Na krańcach zakresu pomiaru, gdy częstotliwość pierwsza będzie za duża, wystąpi przepełnienie licznika-generatora wstępnego warunku. Aby zapobiec błędnym wynikom, w tym przypadku można dodać do licznika powarunkowego więcej ogniów zliczania i odczytu, albo też umieścić na jego wyjściu sygnał przepełnienia, który będzie ostrzegał o zagubieniu pierwszych cyfr znaczących, albo o tym, że przekroczono dopuszczalny zakres pomiarowy. Gdy częstotliwość pierwsza będzie za mała, aby wypełnić wszystkie pozycje cyfrowe licznika-generatora warunku, można umieścić na końcu wspomnianego szeregu liczników o korzystnie jednakowych pojemnościach licznika-generatora funkcji o narastających przedziałach czasu odpowiedni wskaźnik, który będzie ostrzegał o tym, że wielkość mierzona osiągnęła zakres przy którym następuje już obniżenie dokładności pomiaru, przez zmniejszenie ilości miejsc wyniku cyfrowego. Niekiedy wielkość mierzona zmienia się w niewielkich granicach, co objawia się niezmiennością pierwszych cyfr znaczących. W tym przypadku można je niejako zgubić uzyskując w zamian taką samą ilość dalszych cyfr znaczących. Dokonuje się to przez świadome dopuszczenie do przesterowania licznika powarunkowego.

Opisany sposób i urządzenie wykazuje następujące zalety w porównaniu z dotychczas znanymi sposobami pomiaru częstotliwości i stosunku częstotliwości. W zasadniczej strefie pomiaru dokładność odczytu wyniku jest w przybliżeniu jednakowa. Czas pomiaru jest tylko tak długi, jak to jest potrzebne do ustalenia wyniku, to znaczy, przy częstotliwości pierwszej małej pomiar trwa dłużej, ale tylko tak długo, jak to jest potrzebne do zliczenia odpowiedniej liczby impulsów. W miarę wzrostu częstotliwości czas pomiaru szybko maleje przy zachowaniu w przybliżeniu takiej samej dokładności pomiaru. Przy zmianach drugiej częstotliwości zmiana czasu pomiaru jest odpowiednio odwrotna. Proces ten następuje bez potrzeby jakiegokolwiek regulacji, czy też przełączania przedziałów czasu. Jak łatwo można zauważyć, przy tej kolejności zliczania i występowania warunku, pomiar już dokonany, a występujący w niewłaściwym, bo za krótkim przedziale czasu jest automatycznie zaliczony do wyniku następującego po nim pomiaru, tak że nie ma żadnej straty czasu na powtarzanie pomiaru, podczas dobierania się najodpowiedniejszego przedziału czasu. I tak, pomiar stosunkowo niskiej częstotliwości, który powinien być dokonywany przy dość długim przedziale czasu, dokonuje się początkowo w najkrótszym czasie, a jeżeli to nie wystarcza do zapewnienia odpowiedniej ilości cyfr znaczących, przedział czasu stopniowo wydłuża się, aż licznik przedwarunkowy osiągnie liczbę minimalną i „powie dość” przez wygenerowanie sygnału spełnienia warunku minimum, wtedy przy najbliższej okazji powstania sygnału punktu czasowego, który jest tak dobrany, aby nie przekroczono pojemności licznika powar-

runkowego nastąpi koniec liczenia, przy całkowitej zgodności proporcji wymaganej do określenia wyniku, a zapewnionej przez korzystnie jednakową pojemność liczników ze wspomnianego szeregu liczników licznika-generatora funkcji o narastających przedziałach czasu. Opisany sposób i urządzenie zapewniają całkowicie automatyczny pomiar w szerokim zakresie dynamiki, przy wyrównanej dokładności wyniku w całym zakresie i przy maksymalnej oszczędności czasu pomiaru, właściwego dla techniki zliczania, bez potrzeby jakiegokolwiek ingerencji człowieka lub innego automatu w czasie dobierania właściwego zakresu. Opisane rozwiązanie zmniejsza w znacznym stopniu koszty eksploatacji i koszty budowy zliczających urządzeń do pomiaru częstotliwości i stosunku częstotliwości, zapewniając przy tym większą prostotę urządzenia, większą niezawodność, mniejszy ciężar i mniejsze zużycie energii zasilającej, co czyni je szczególnie dogodnymi do masowego użycia w dziedzinie automatyzacji procesów, jako elementu pomiarowo-wykonawczego członów automatyki.

Opis przykładu wykonania wynalazku. Przedmiot wynalazku jest bliżej objaśniony na przykładzie wykonania uwidocznionym na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy urządzenia do pomiaru stosunku częstotliwości, fig. 2a-schemat blokowy licznika-generatora wstępnego warunku zliczania 1, fig. 2b-schemat blokowy licznika generatora wstępnego warunku zliczania z wyjściem sygnału przepełnienia, fig. 3-schemat blokowy licznika-generatora funkcji o narastających przedziałach czasu 2, fig. 4-schemat blokowy obwodu warunkowego bramkowania 3, fig. 5-schemat ideowy iloczynowego zespołu wykonawczego w postaci dolnoprzepustowego filtru, lub obwodu całkowania o nastawianych parametrach R i C, fig. 6-schemat ideowy iloczynowego zespołu wykonawczego w postaci górnoprzepustowego filtru, lub obwodu różniczkowania o nastawianych parametrach R i C, fig. 7-schemat ideowy iloczynowego zespołu wykonawczego w postaci szeregowego korektora o nastawianych parametrach R i C, fig. 8-schemat ideowy iloczynowego zespołu wykonawczego w postaci równoległego korektora o nastawianych parametrach R i C, fig. 9-schemat ideowy iloczynowego zespołu wykonawczego w postaci szeregowego obwodu rezonansowego o nastawianych parametrach L i C, fig. 10-schemat ideowy iloczynowego zespołu wykonawczego w postaci równoległego obwodu rezonansowego o nastawianych parametrach L i C, fig. 11-schemat ideowy iloczynowego zespołu wykonawczego w postaci autotransformatorowo regulowanego obwodu rezonansowego L i C, fig. 12-schemat ideowy iloczynowego zespołu wykonawczego w postaci mostka rezystancji o nastawianych parametrach mnożnika i wzorca rezystancji, fig. 13-schemat ideowy iloczynowego zespołu wykonawczego w postaci filtru RC typu Wien'a o regulowanych parametrach, fig. 14a-schemat blokowy iloczynowego zespołu wykonawczego w postaci wskaźnika cyfrowego o zmiennym punkcie dziesiętnym i fig. 14b - o zmiennym wykładniku i mnożniku jednostek pomiaru częstotliwości.

Urządzenie do pomiaru stosunku częstotliwości przebiegów okresowych (fig. 1) zawiera licznik-generator warunku 1 o wejściu zliczania 13 dołączonym do wyjścia bramki 4 i wejściu kasowania 15 sterowanym zewnętrznym, oraz wyjściu sygnału warunku 14 dołączonym do wejścia 22 obwodu warunkowego bramkowania 3 i wyjściach sygnału stanu zliczania 10 i 11 dołączonych do odpowiednich wejść 7 i 8 iloczynowego zespołu wykonawczego 6, licznik-generator funkcji 2 o wejściu zliczania 16 dołączonym do

wyjścia bramki 5 i wejściu kasowania 18 sterowanym zewnątrz, oraz wyjściu sygnału punktów czasowych 17 dołączonym do wejścia 21 obwodu warunkowego bramkowania 3 i wyjściach sygnału stanów zliczania 12 dołączonych do wejść 9 iloczynowego zespołu wykonawczego 6. Urządzenie zawiera bramkę wejściową pierwszej częstotliwości 4, której jedno wejście dołączone jest do wejścia We 1 ciągu impulsów pierwszej częstotliwości, a drugie wejście 19 dołączone jest do wyjścia 23 obwodu warunkowego bramkowania 3, oraz zawiera bramkę wejściową 5 drugiej częstotliwości, której jedno wejście dołączone jest do wejścia We 2 ciągu impulsów drugiej częstotliwości, a drugie wejście 20 dołączone jest do wyjścia 24 obwodu warunkowego bramkowania 3 i zawiera obwód warunkowego bramkowania 3 o wejściach sygnału punktu czasowego 21, sygnału warunku 22, sygnału Start i sygnału kasowania Kas 2 i o wyjściach 23 i 24 ryglowania bramek wejściowych 4 i 5 odpowiednio. Wejście kasowania 15 licznika-generatora warunku 1 i wejście kasowania 18 licznika-generatora funkcji 2 połączone są razem i wyprowadzone jako wspólne wejście kasowania Kas 1.

Przed rozpoczęciem pomiaru kasuje się licznik-generator warunku 1 i funkcji 2 oraz obwód warunkowego bramkowania 3 przez doprowadzenie odpowiednich sygnałów do wejść kasowania Kas 1 i Kas 2. Po dokonaniu tej czynności urządzenie jest gotowe do wykonania czynności pomiarowych. Pomiar rozpoczyna się przez doprowadzenie odpowiedniego sygnału do wejścia Start obwodu warunkowego bramkowania 3. Z chwilą otrzymania sygnału na wejściu Start, obwód warunkowego bramkowania 3 podaje z wyjść 23 i 24 sygnał, który odryglowuje wejściowe bramki 4 i 5. Zakłada się, że do wejścia We 1 doprowadzono uprzednio ciąg impulsów częstotliwości pierwszej, a do wejścia We 2 ciąg impulsów częstotliwości drugiej. Nazwy częstotliwość pierwsza i częstotliwość druga zastosowano jedynie dla odróżnienia ich w dalszym procesie pomiaru. Po odryglowaniu bramek wejściowych 4 i 5 ciąg impulsów pierwszej częstotliwości jest zliczany w liczniku-generatorze warunku 1, a ciąg impulsów drugiej częstotliwości jest zamieniany na ciąg impulsów o wykładniczo narastających przedziałach czasu pomiędzy kolejnymi impulsami tego ciągu i następnie zliczany w liczniku-generatorze funkcji 2. Z chwilą, gdy ilość impulsów zliczanych w liczniku-generatorze warunku 1 osiągnie ustaloną liczbę minimalną, mniejszą od całkowitej pojemności licznika w tym generatorze, wówczas wytwarza się sygnał warunku na wyjściu 14, po czym sygnał ten doprowadzony do wejścia 22 obwodu warunkowego bramkowania 3 przygotowuje obwód warunkowego bramkowania 3 do przyjęcia sygnału na wejście 21. W tym samym czasie trwa nadal generacja ciągu wykładniczego w generatorze funkcji 2, a kolejne impulsy tego ciągu pojawiają się na wyjściu 17 i dalej przechodzą do wejścia 21 obwodu warunkowego bramkowania 3. Z chwilą przygotowania tego obwodu do przyjęcia jednego z impulsów ciągu wykładniczego, następuje zadziałanie tego obwodu w chwili pojawienia się pierwszego takiego impulsu, co objawia się przez odblokowanie wyjść 23 i 24, które wtedy wytwarzają ponownie sygnały ryglowania bramek 4 i 5, co powoduje przerwanie dopływu impulsów pierwszej i drugiej częstotliwości do wejść zliczania 13 i 20 liczników generatorów 1 i 2. Stan licznika-generatora warunku 1 i stan licznika-generatora funkcji 2 zostaje użyty do określenia stosunku porównywanych częstotliwości. Wynik określa się następująco: liczbę zliczoną w liczniku-generatorze warunku 1 mnoży się przez

potęgę o ujemnym wykładniku, otrzymanym przez zliczenie impulsów ciągu wykładniczego w liczniku-generatorze funkcji 2. Podstawa potęgi została uprzednio określona przez wybranie podstawy ciągu wykładniczego generatora funkcji 2. Stosunek maksymalnej pojemności licznika-generatora warunku 1 do jego minimalnej pojemności określającej warunek sygnału z wyjścia 14 przyjmuje się taki, jak podstawa potęgi ciągu wykładniczego licznika-generatora funkcji 2. W przypadku wybrania podstawy potęgi korzystnie równej dziesięć, otrzymuje się łatwość wyrażenia wyniku w systemie liczb dziesiętnych. W tym przypadku, jeżeli częstotliwość pierwsza wynosi 358 Hz, a częstotliwość druga 1 MHz to impulsy ciągu wykładniczego zostaną wygenerowane w następujących przedziałach czasu po starcie: 10 mikrosekund, 100 mikrosekund, 1 milisekunda, 10 milisekund, 100 milisekund, 1 sekunda, 10 sekund itd. i jeżeli liczba minimalna wynosi 100 to pojemność całkowita licznika-generatora warunku powinna być 1000. Wtedy do zliczenia liczby 100 na liczniku-generatorze warunku potrzeba czasu około 280 milisekund. Po zakończeniu tego czasu pojawi się na wyjściu 14 sygnał warunku, a kolejny sygnał ciągu wykładniczego nastąpi po czasie 1 sekunda, po czym nastąpi przerwanie zliczania. W tym czasie licznik-generator warunku doliczy do liczby 358. Liczba impulsów ciągu wykładniczego zliczonych w liczniku-generatorze funkcji 2 wynosi 6, a stosunek obu częstotliwości wyniesie 358×10^{-4} , co musi być jeszcze pomnożone przez stałą liczbę wyznaczoną przez maksymalną pojemność licznika-generatora warunku 1, która wynosi 1000. Tak więc ostateczny wynik będzie wynosił $358 \times 10^{-4} \times 10^3$ co równa się 385×10^{-1} . Przy częstotliwości pierwszej wyższej, czas liczenia pozostanie odpowiednio krótszy, zmieni się odpowiednio wykładnik, ale wyraz cyfrowy na liczniku-generatorze warunku 1 pozostanie trzycyfrowy o wszystkich cyfrach znaczących.

W przypadku wybrania podstawy potęgi równej 2, przy tej samej minimalnej liczbie równej 100, całkowita pojemność licznika-generatora warunku 1 wyniesie 200. Wtedy licznik-generator funkcji 2 będzie wytwarzał ciąg impulsów o punktach czasowych 2; 4; 8; 16; 32; 64; 128; 256; 512 mikrosekund, następnie 1,024; 2,048; 4,096; 8,192; 16,384; 32,768; 65,536; 131,072; 262,144; 524,288; milisekund itd.

Osiągnięcie liczby 100 na liczniku-generatorze warunku 1 nastąpi pomiędzy czasem 262,144 milisekund, a czasem 524,288 milisekund. W związku z tym koniec liczenia nastąpi po czasie około 524 milisekundy. Wtedy wynik zliczenia na liczniku-generatorze warunku wyniesie około 147, a na liczniku-generatorze funkcji 2 wyniesie 19. Wynik ten można będzie zapisać jako $147 \times 10^0 \times 2^0 \times 2^{-1}$ co równa się $147 \times 2^{-1} \times 10^0$.

Jeżeli licznik licznika-generatora funkcji 2 będzie liczył również impuls pierwszy, związany z chwilą startu urządzenia, to wynik zliczenia wyniesie 18, w tym przypadku, a wynik pomiaru $1,47 \times 2^{-1} \times 10^0$ bezpośrednio. Należy zauważyć, że wszelkie wyniki pomiaru stosunku częstotliwości w ostatnim przypadku, będą charakteryzowały się wynikiem trzycyfrowym w systemie dziesiętnym, przy czym pierwsza cyfra jest stała i zawsze równa jedności. Rozdzielczość systemu zawiera się w granicach 10^{-1} do 2×10^{-3} , czyli że jest praktycznie stała. Wynik może być wtedy wyrażony liczbą stałą równą jedności i liczbą dwucyfrową w systemie dziesiętnym, jako pierwszym czynnikiem iloczynu, następnie odpowiednią potęgą liczby dwa, jako drugim czynnikiem iloczynu. Istnieje wiele odpowiedników procesów fizycznych, których regulacja staje się łatwiejsza przy

zastosowaniu tego sposobu pomiaru. Jednym z przykładów może tu być regulacja obwodu złożonego z rezystancji i pojemności. Układ praktyczny zawiera pewne szcztkowe pojemności i rezystancje. Te szcztkowe wartości mogą być wyrażone liczbą stałą równą jeden, następnie do tego 5 dodaje się parametr zmienny taki, jak rezystancja od 0 do 99 omów, następnie zmienia się pojemność przez podwajanie tak, jak od 1 pF do 2² pF. W ten sposób otrzymuje się możliwość ciągłej regulacji stałej czasowej układu w bardzo szerokim zakresie, przy zachowaniu praktycznie stałej 10 rozdzielczości, przez prawie niezależną regulację dwu parametrów układu pozostających w związku iloczynowym. Licznik-generator warunku może również pracować w systemie dwójkowym.

Opisany sposób pomiaru stosunku częstotliwości, zapewnia najkrótszy możliwy czas pomiaru w szerokim zakresie dynamiki wartości, przy jednoczesnym zachowaniu praktycznie jednakowej rozdzielczości wyniku pomiaru i nadaje się do bezpośredniego użycia w układach regulacji automatycznej procesów fizycznych.

Licznik-generator warunku 1 (fig. 1, 2a i 2b) składa się z przedwarunkowego licznika 26 o pojemności wyrażonej wybraną liczbą minimalną oraz przyłączonego do jego wyjścia powarunkowego licznika 27 o pojemności wyrażonej podstawą wspomnianej potęgi. Wejście zliczania przedwarunkowego licznika 26 wyprowadzone jest na zewnątrz jako wejście zliczania 13 licznika-generatora warunku 1. Wejścia kasowania obu liczników są połączone i również wyprowadzone na zewnątrz jako wejście kasowania 15 licznika generatora warunku 1. Wyjścia stanu liczników przedwarunkowego 26 i powarunkowego 27 są wyprowadzone na zewnątrz jako grupa wyjść stanu zliczenia 10 i 11 licznika-generatora warunku 1. Końcowe wyjście przedwarunkowego licznika 26 jest wyprowadzone na zewnątrz i stanowi wyjście sygnału warunku 14 licznika generatora warunku 1. Wyjście końcowe 25 powarunkowego licznika 27 może być również wyprowadzone na zewnątrz i spełniać rolę wyjścia sygnału wskaźnika przepełnienia licznika-generatora warunku 1. W przypadku wybrania podstawy potęgi równej dwa, powarunkowy 40 licznik 27 praktycznie zanika i może składać się tylko z jednego ogniwa liczącego, wskazującego prawidłowość działania, lub z dwu ogniw zliczania, z których jedno wskazuje osiągnięcie warunku, a drugie stan ewentualnego przepełnienia.

Przed rozpoczęciem pomiaru liczniki 26 i 27 kasuje się przez doprowadzenie odpowiedniego sygnału do wejścia 15. Z chwilą pojawienia się na wejściu zliczania 13 ciągu impulsów, impulsy tego ciągu są zliczane najpierw licznikiem 26, a potem obu licznikami 26 i 27. Po wypełnieniu 50 licznika 26, na wyjściu 14 pojawia się sygnał warunku. Przy prawidłowo dobranych parametrach pozostałych układów, koniec zliczania powinien nastąpić po osiągnięciu liczby minimalnej, a przed osiągnięciem największej pojemności licznika-generatora warunku 1.

Licznik-generator funkcji 2 (fig. 1 i 3) składa się z szeregu liczników 28, 29, 30 i 31 o jednakowych pojemnościach, równych przyjętej podstawie wspomnianej potęgi, połączonych kolejno wyjściem poprzedniego do wejścia następującego po nim. Wejścia kasowania tych liczników są połączone razem jako wspólne wejście kasowania 44. Wejście 42 pierwszego licznika 28 z tego szeregu, jest wyprowadzone na zewnątrz i stanowi wejście zliczania 16 licznika-generatora funkcji 2. Wyjście każdego z liczników wspomnianego szeregu dołączone jest, każde oddzielnie do 65

wejścia startu przerzutników jednokierunkowych 32, 33, 34 lub 35. Wejścia kasowania tych przerzutników połączone są razem jako wspólne wejście kasowania 45. Wyjścia wspomnianych przerzutników 32, 33, 34 i 35 dołączone są do poszczególnych wejść logicznego obwodu sumowania 40, każde oddzielnie za pośrednictwem odpowiedniego obwodu różniczkowania 36, 37, 38 lub 39. Wyjście logicznego obwodu sumowania 40 jest rozgałęzione na wyprowadzenie zewnętrzne jako wyjście 17 sygnału punktów czasowych i wejście zliczania 43 licznika punktów czasowych 41. Wejścia kasowania 44, 45 i 46 liczników z szeregu przerzutnika i licznika punktów czasowych są połączone razem i wyprowadzone na zewnątrz jako wejście kasowania 18 licznika-generatora funkcji 2.

Przed rozpoczęciem pomiaru doprowadza się do wejścia 18 odpowiedni sygnał kasowania. W chwili pojawienia się na wejściu 16 ciągu impulsów wspomnianej drugiej częstotliwości, ciąg ten jest zliczany pierwszym licznikiem 28, po czym za pomocą przerzutnika 32 obwodu różniczkowania 36 i logicznego obwodu sumowania 40 na wyjściu 17 pojawia się impuls wykładniczego ciągu. Po tej chwili zliczanie odbywa się dalej z udziałem liczników 28 i 29, a po ich całkowitym wypełnieniu pojawia się na wyjściu licznika 29 następny impuls ciągu wykładniczego, który po 25 przejściu przez przerzutnik 33 i obwód różniczkowania 37 i logiczny obwód sumowania 40 przedostaje się na wyjście 17. Proces ten trwa analogicznie dalej tak, że po każdym impulsie ciągu wykładniczego włącza się do zliczania następny licznik z szeregu, aż do czasu przzerwania dopływu impulsów na wejście pierwszego licznika 28, lub wyczerpania się szeregu liczników. Dla zabezpieczenia przed 30 błędami pomiaru wynikającymi z wyczerpania się szeregu liczników 28, 29, 30 i 31, korzystne jest wyprowadzenie z końcowego wyjścia ostatniego licznika 31 odpowiedniego sygnału ostrzegawczego lub ryglującego dalsze zliczenia. Licznik punktów czasowych 41 oblicza ilość impulsów ciągu wykładniczego. Wyjścia stanów tego licznika 41 są wyprowadzone na zewnątrz jako wyjścia stanów 12 licznika generatora funkcji o narastających przedziałach czasu 2. Funkcję zliczania punktów czasowych mogą także spełniać 40 przerzutniki 32, 33, 34 i 35, a sygnały zliczenia można czerpać z ich wyjść.

Obwód warunkowego bramkowania 3 (fig. 4) składa się z obwodu warunkowej koincydencji 54 i startowego przerzutnika 47. Obwód warunkowej koincydencji 54 zawiera 45 bramkę 49 i przerzutnik jednokierunkowy 48. Jedno wejście bramki 49 dołączone jest do wyjścia przerzutnika 48, a drugie wejście wyprowadzone jest na zewnątrz jako wejście kasowania 52 urządzenia Kas 2. Wyjście bramki 49 doprowadzone jest do wejścia kasowania 51 startowego 50 przerzutnika 47. Wejście startu 53 startowego przerzutnika 47 wyprowadzone jest na zewnątrz jako wejście startu START urządzenia, a jego wyjście jest rozgałęzione i wyprowadzone na zewnątrz jako wyjścia 23 i 24 ryglowania 55 bramek wejściowych urządzenia. Przed użyciem obwodu warunkowego bramkowania 3 doprowadza się do wejścia Kas 2 odpowiedni sygnał kasowania. Startowy przerzutnik 47 bądź jest już skasowany w procesie poprzedniego pomiaru, bądź też kasuje się przez doprowadzenie na wejście 21 sygnałów zakłócających powstających na skutek kasowania licznika-generatora funkcji. W celu dokonania pomiaru doprowadza się do wejścia START odpowiedni 60 sygnał logiczny. Przerzutnik 47 dokonuje przerzutu i pozostaje w tej pozycji wytwarzając równocześnie sygnał odryglowania bramek na wyjściach 23 i 24. Do wejścia 21 65

dopływają kolejno sygnały impulsów ciągu wykładowicze-
go. Sygnały te nie powodują zadziałania pozostałych ele-
mentów obwodu dopóki nie zjawi się impuls sygnału wa-
runku na wejściu 22. Z chwilą pojawienia się sygnału
warunku na wejściu 22, pierwszy następujący po nim
sygnał ciągu wykładowiczego doprowadzony do wejścia 21
spowoduje otwarcie bramki 49, przesłanie dalej impulsu
do wejścia kasowania 51 startowego przerzutnika 47. Z tą
chwilą na wyjściach 23 i 24 przerzutnika 47 pojawi się
sygnał ryglowania bramek, który w konsekwencji dopro-
wadzi do zatrzymania procesu zliczania impulsów.

Figury 5 do 14 przedstawiają alternatywnie różne zasto-
sowania wyników pomiaru stosunku częstotliwości. Stany
wyjściowe licznika-generatora warunku 1 doprowadzone
do grupy wejść dyskretnych 7 i 8 iloczynowego zespołu
wykonawczego 6 oddziałują na przełączniki K1, K2, ...,
Kn zgodnie ze stanem licznika generatora warunku 1
i zmieniają prawie liniowo parametry obwodów przedsta-
wionych na poszczególnych figurach. Stany wyjściowe
licznika-generatora funkcji 2 doprowadzone do grupy
wejść dyskretnych 9 iloczynowego zespołu wykonawczego
6 oddziałują na przełączniki S1, S2, ..., Sn zgodnie ze
stanem licznika-generatora funkcji 2 i zmieniają wykład-
niczo parametry obwodów przedstawionych na poszcze-
gólnych figurach. Na fig. 14a i 14b iloczynowy zespół
wykonawczy zastąpiono wskaźnikiem cyfrowym 55 i 56.

Iloczynowy zespół wykonawczy 6 (fig. 5) przedstawia
układ filtru dolnoprzepustowego RC o nastawnej częstotli-
wości granicznej, lub równoważny układ całkujący o na-
stawnej stałej czasu RC. Sygnał wejściowy doprowadza się
pomiędzy wejściem We i masą. Sygnał wyjściowy odbiera
się pomiędzy wyjściem Wy i masą. Przełączniki sterowa-
ne, takie jak kontaktrony K1, K2, ..., Kn są dostosowane do
sterowania z grupy wejść dyskretnych 7, 8 pierwszego
czynnika iloczynowego. Przełączniki sterowane także, jak
kontaktrony S1, S2, ..., Sn są dołączone obwodami stero-
wania do grupy wejść dyskretnych 9 drugiego czynnika
iloczynowego. Rezystancje R1, R2, ..., Rn o wartościach
dobranych stosownie do wyważenia kodu wyjściowego
licznika-generatora warunku 1, włączone są pomiędzy
wejście We i wyjście Wy iloczynowego zespołu wykonaw-
czego w połączeniu szeregowym z przełącznikami K1, K2,
..., Kn. Pojemności C1, C2, ..., Cn o wartościach dobranych
stosownie do wyważenia kodu wyjściowego licznika gene-
ratora funkcji 2, włączone są pomiędzy wyjście Wy i masę
w połączeniu szeregowym z przełącznikami S1, S2, ..., Sn.
Wartość nastawianej stałej czasu RC, stanowi iloczyn rez-
ystancji dołączonej odpowiednimi przełącznikami K1,
K2, ..., Kn i pojemności dołączonej odpowiednimi przełącz-
nikami S1, S2, ..., Sn.

Iloczynowy zespół wykonawczy 6 (fig. 6) przedstawia
układ filtru górnoprzepustowego RC o nastawnej częstotli-
wości granicznej, lub równoważny układ różniczkujący
o nastawnej stałej czasu RC. Sygnał wejściowy doprowa-
dza się pomiędzy wejściem We i masą. Sygnał wyjściowy
odbiera się pomiędzy wyjściem Wy i masą. Przełączniki
K1, K2, ..., Kn są dołączone obwodami sterowania do grupy
wejść dyskretnych 7, 8, a przełączniki S1, S2, ..., Sn do
grupy wejść dyskretnych 9.

Iloczynowy zespół wykonawczy 6 (fig. 7) przedstawia
szeregowy korektor o nastawnych parametrach RC. Ele-
menty korektora R1, R2, Rn są odpowiednio przełączane
przełącznikami K1, K2, Kn sterowanymi z wejść 7 i 8,
a elementy korektora C1, C2, Cn są przełączane odpowied-
nio przełącznikami S1, S2, Sn sterowanymi z wejść 9.

Iloczynowy zespół wykonawczy 6 (fig. 8) przedstawia
równoległy korektor o nastawnych parametrach RC. Ele-
menty R1, R2, Rn są odpowiednio przełączane przełączni-
kami K1, K2, Kn sterowanymi z wejść 7 i 8, a elementy C1,
C2, Cn są odpowiednio przełączane przełącznikami S1, S2,
Sn sterowanymi z wejść 9.

Iloczynowy zespół wykonawczy 6 (fig. 9) przedstawia
szeregowy obwód rezonansowy o nastawnych paramet-
rach LC. Elementy C1, C2, Cn są odpowiednio przełączane
przełącznikami K1, K2, Kn sterowanymi z wejść 7 i 8,
a elementy L1, L2, Ln są odpowiednio sterowane za po-
średnictwem przełączników S1, S2, Sn z wejść 9.

Iloczynowy zespół wykonawczy 6 (fig. 10) przedstawia
równoległy obwód rezonansowy o nastawnych paramet-
rach LC. Elementy C1, C2, Cn są odpowiednio sterowane,
za pośrednictwem przełączników K1, K2, Kn z wejść 7 i 8,
a elementy L1, L2, Ln są odpowiednio sterowane, za
pośrednictwem przełączników S1, S2, Sn z wejść 9.

Iloczynowy zespół wykonawczy 6 (fig. 11) przedstawia
autotransformatorowo nastawiany obwód LC. Elementy
C1, C2, Cn są odpowiednio sterowane, za pośrednictwem
przełączników K1, K2, Kn z wejść 7 i 8, a elementy Ln, L2,
L1 są odpowiednio sterowane, za pośrednictwem przełącz-
ników S1, S2, Sn z wejść 9.

Iloczynowy zespół wykonawczy 6 (fig. 12) przedstawia
mostek rezystancji o nastawnych parametrach mnożnika
i wzorca rezystancji. Elementy stanowiące pary R1, R2, Rn
są sterowane, za pośrednictwem przełączników S1, S2, Sn
z wejść 7 i 8, a takie same elementy R1, R2, Rn umieszczone
w obwodzie wzorca rezystancji stanowiącego jedną z gałę-
zi mostka są sterowane, za pośrednictwem przełączników
K1, K2, Kn z wejść 9.

Iloczynowy zespół wykonawczy 6 (fig. 13) przedstawia
filtr typu Wien'a o nastawnych parametrach RC. Pary
elementów R1, R2, Rn są sterowane, za pośrednictwem
przełączników K1, K2, Kn, a pary elementów C1, C2, Cn są
sterowane, za pośrednictwem przełączników S1, S2, Sn
pobudzanych odpowiednio z wejść 7, 8, 9.

Iloczynowy zespół wykonawczy 6 (fig. 14a i 14b) przed-
stawia wskaźnik cyfrowy wyniku pomiaru stosunku czę-
stotliwości, gdzie na fig. 14a elektroniczne wskaźniki cyfro-
we 55 są pobudzane z wejść 7 i 8 do wskazywania wartości
liniowej, a elektroniczne wskaźniki 56 są pobudzane
z wejść 9 do wskazywania wykładnika potęgi o wybranej
podstawie. Odmiana na fig. 14b ma elektroniczne wskaźni-
ki cyfrowe 55 do wskazywania wartości liniowej, ewentu-
alnie z ruchomym przecinkiem pobudzane z wejść 7 i 8,
a wskaźnik elektroniczny 56 wskazuje wybraną wielokrot-
ność jednostki mierzzonej, na przykład częstotliwości i jest
sterowany z wejść 9.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób pomiaru stosunku częstotliwości przebiegów
okresowych, znamienny tym, że z ciągu impulsów drugie
częstotliwości przebiegu okresowego generuje się i zlicza
ciąg impulsów o korzystnie wykładniczo narastających
przedziałach czasu oraz począwszy od pierwszego impulsu
tej funkcji zlicza się ciąg impulsów pierwszej częstotliwo-
ści przebiegu okresowego, następnie przerywa się zliczanie
przy takim impulsie wspomnianego ciągu o korzystnie
wykładniczo narastających przedziałach czasu, który na-
stępnie po zliczeniu pewnej ustalonej minimalnej liczby
impulsów ciągu impulsów pierwszej częstotliwości, a wy-

nik zliczenia stosuje się jako miarę stosunku obu częstotliwości.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że doprowadza się równocześnie, do oddzielnych liczników (1 i 2), ciąg impulsów przebiegu okresowego pierwszej częstotliwości (We 1) i ciąg impulsów przebiegu okresowego drugiej częstotliwości (We 2), po czym przerywa się liczenie w chwili, gdy stan licznika (2) impulsów drugiej częstotliwości osiągnie wartość kolejnej potęgi o wykładniku całkowitym, przy podstawie tej potęgi wyrażonej stosunkiem liczby maksymalnej do liczby minimalnej, wyznaczonym dla licznika (1) ciągu impulsów pierwszej częstotliwości pod warunkiem, że została osiągnięta liczba minimalna na liczniku (1) ciągu impulsów pierwszej częstotliwości, przy czym iloczyn osiągniętej liczby na liczniku ciągu impulsów pierwszej częstotliwości i potęgi według wykładnika otrzymanego na liczniku ciągu impulsów drugiej częstotliwości stosuje się do określenia stosunku częstotliwości wspomnianych przebiegów okresowych.

3. Sposób według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że jako stosunek liczby maksymalnej do liczby minimalnej dla licznika impulsów pierwszej częstotliwości stosuje się korzystnie liczbę dziesięć.

4. Sposób według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że przerywa się liczenie po osiągnięciu na liczniku (2) ciągu impulsów drugiej częstotliwości, pierwszej wspomnianej potęgi o wykładniku całkowitym, następującej bezpośrednio po osiągnięciu wspomnianej liczby minimalnej na liczniku ciągu impulsów pierwszej częstotliwości.

5. Sposób według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że dla pominięcia pierwszych liczby znaczących wyniku pomiaru stosunku częstotliwości przebiegów okresowych, prowadzi się zliczanie, aż do osiągnięcia na liczniku ciągu drugiej częstotliwości, odpowiednio dalszej wartości potęgi o wykładniku całkowitym, następującej kolejno po osiągnięciu liczby minimalnej na liczniku ciągu impulsów pierwszej częstotliwości.

6. Urządzenie do pomiaru stosunku częstotliwości przebiegów okresowych, **znamiennie tym**, że ma licznik-generator wstępnego warunku zliczania (1) z wejściem kasowania (15) dołączony wejściem zliczania (13) do wejściowej bramki (4) wejścia (We1) pierwszej częstotliwości impulsów, a wyjściem stanu zliczania (10 i 11) do grupy wejść dyskretnych (7 i 8) pierwszego czynnika, iloczynowego zespołu wykonawczego (6), licznik-generator funkcji o narastających przedziałach czasu (2) z wejściem kasowania (18) dołączony wejściem zliczania (16) do wejściowej bramki (5) wejścia (We2) drugiej częstotliwości impulsów, a wyjściem stanu zliczania (12) do grupy wejść dyskretnych (9) drugiego czynnika, iloczynowego zespołu wykonawczego (6), obwód warunkowego bramkowania (3) z wejściem startu (START) i kasowania (Kas2) dołączony wyjściami (23 i 24) do pozostałych wejść wspomnianych bramek (4 i 5), a wejściami (21 i 22) do wyjścia sygnału wstępnego warunku (14) wspomnianego licznika-generatora wstępnego warunku zliczania (1) i wyjścia sygnału punktów czasowych (17) wspomnianego licznika-generatora funkcji o narastających przedziałach czasu (2).

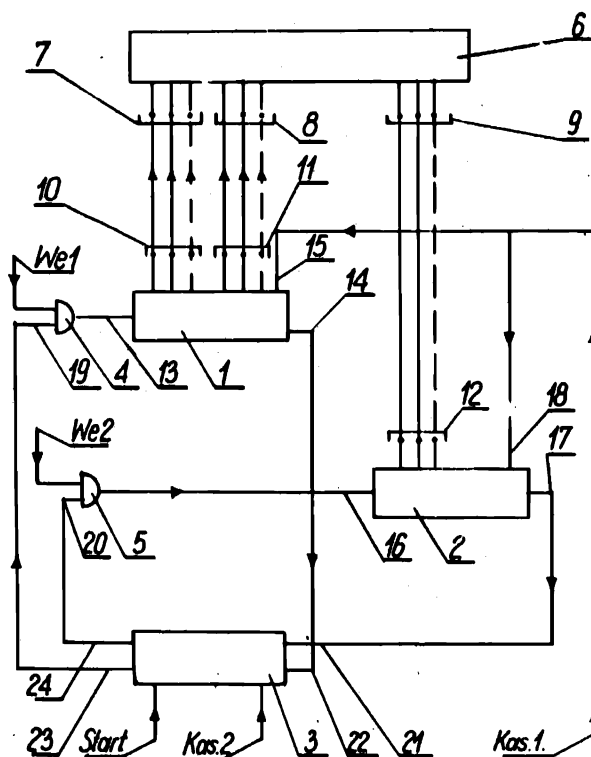


fig.1.

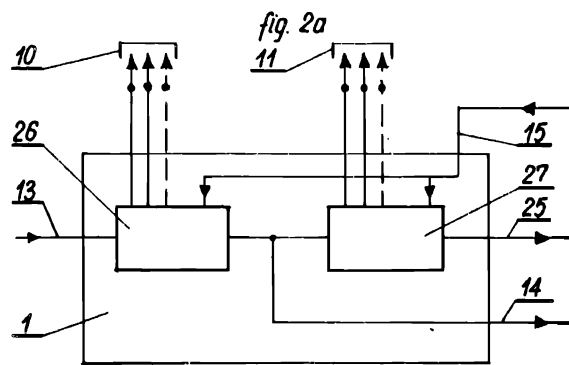
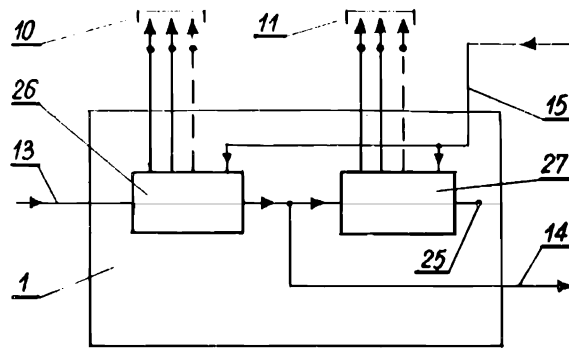


fig. 2b

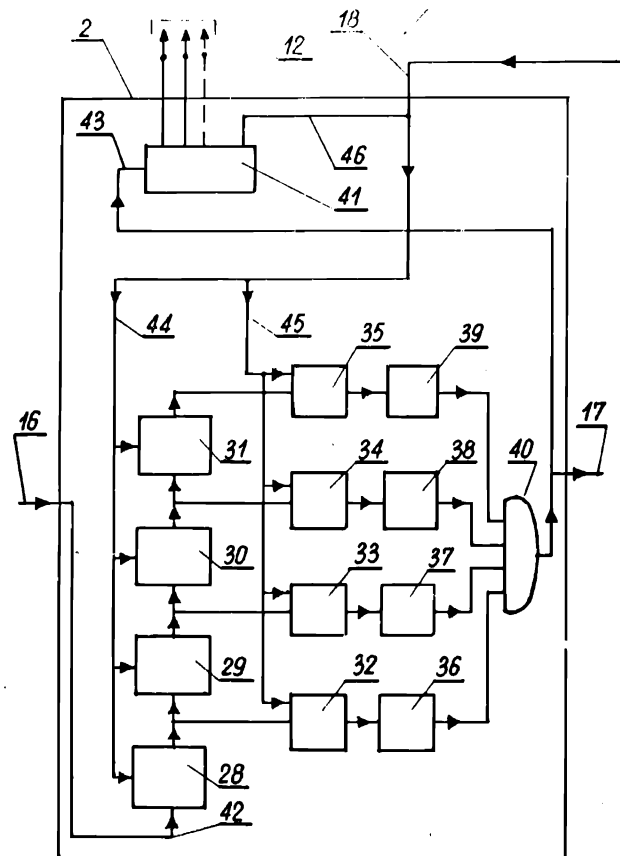


fig. 3

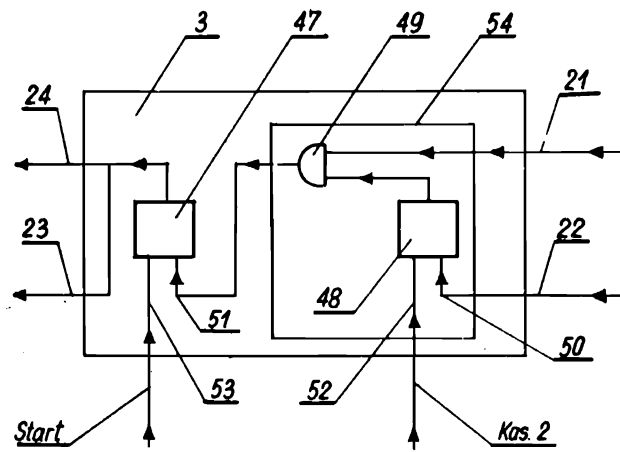


fig. 4

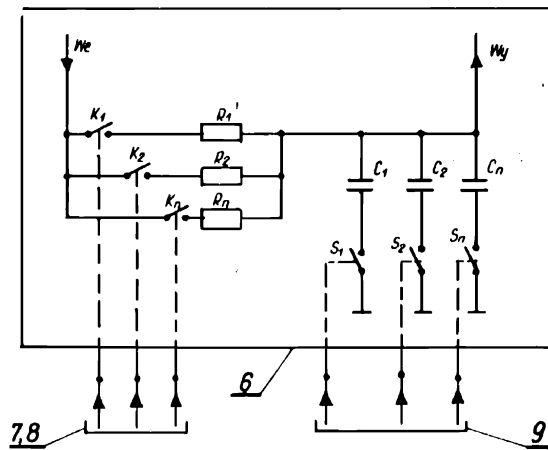


fig. 5

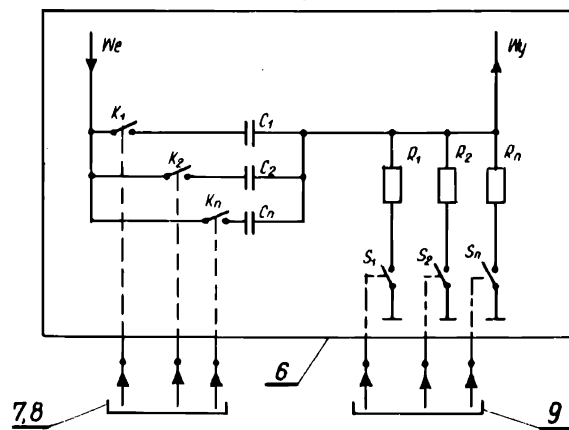


fig. 6

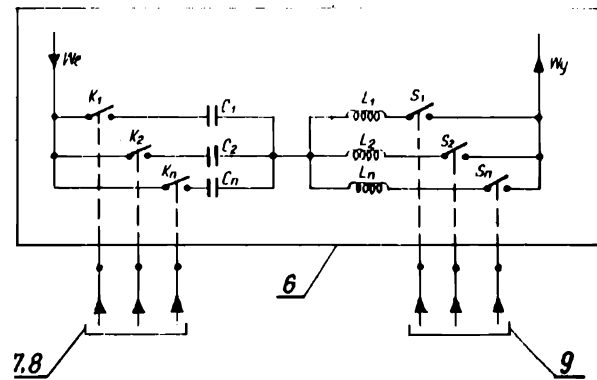


fig. 9

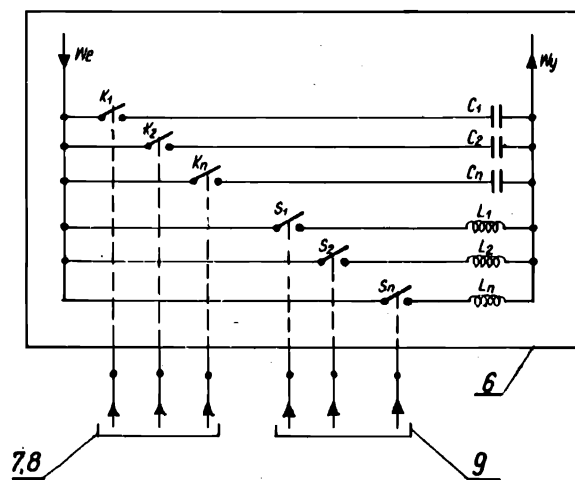


fig. 10

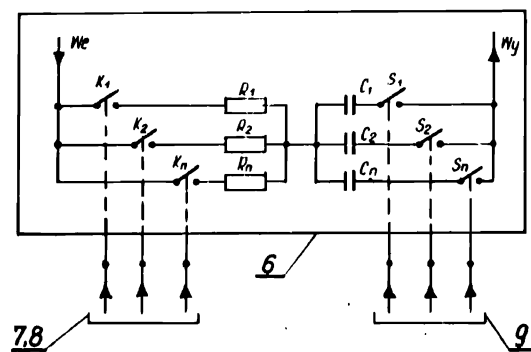


fig. 7

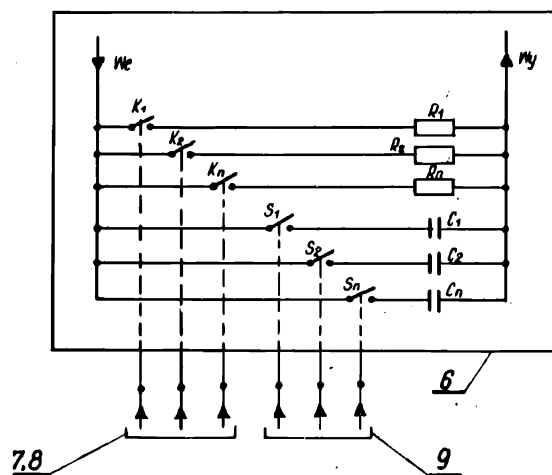
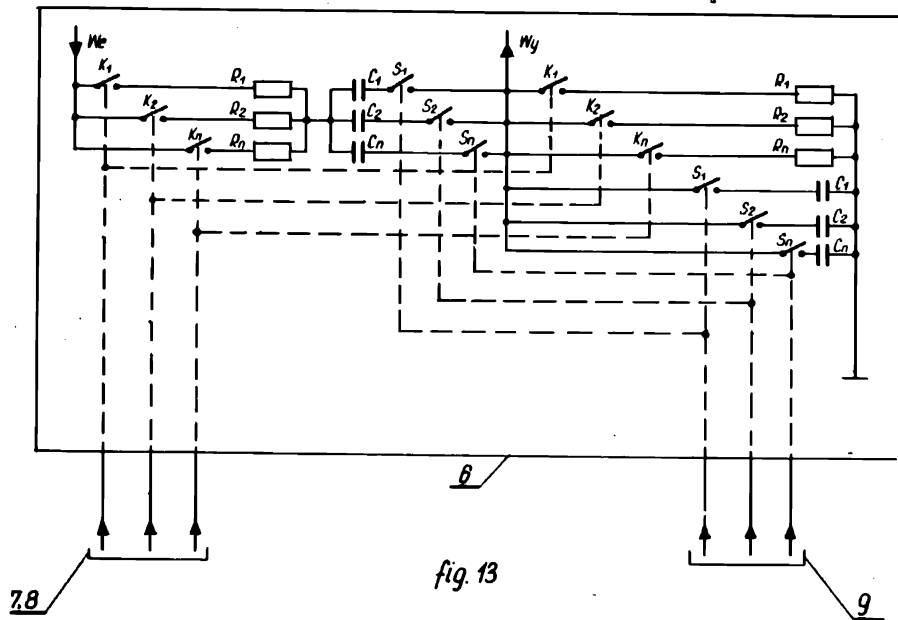
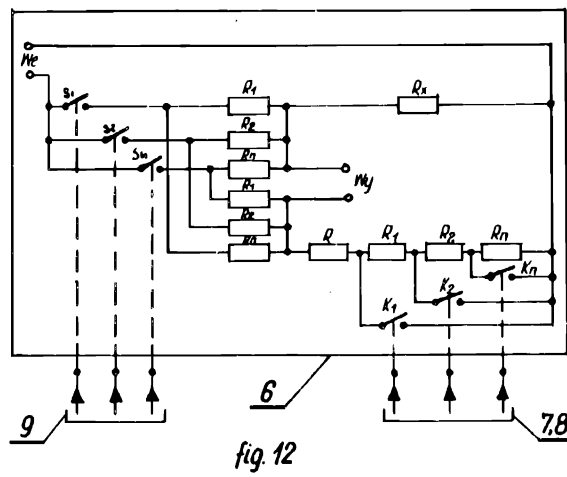
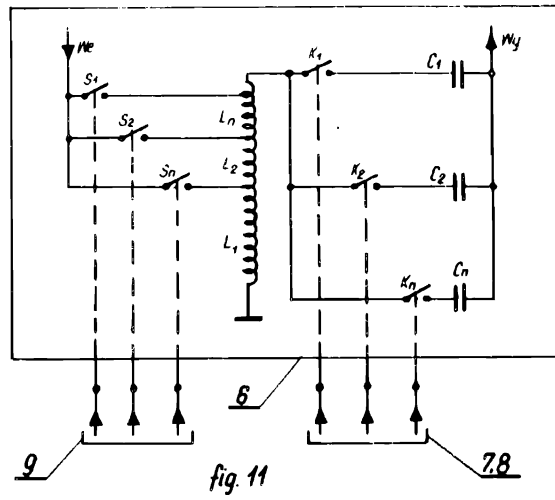


fig. 8



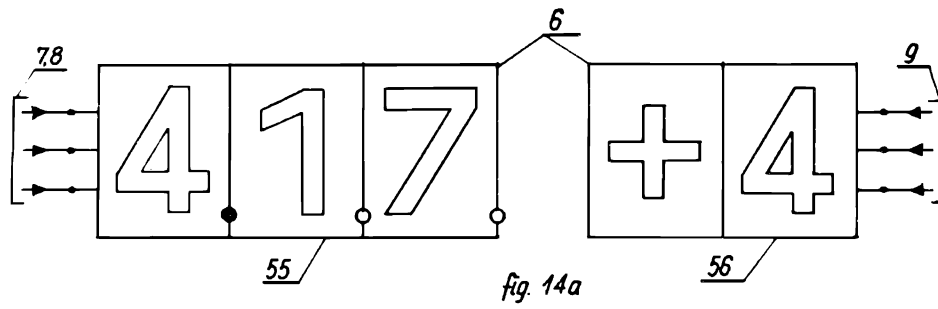


fig. 14a

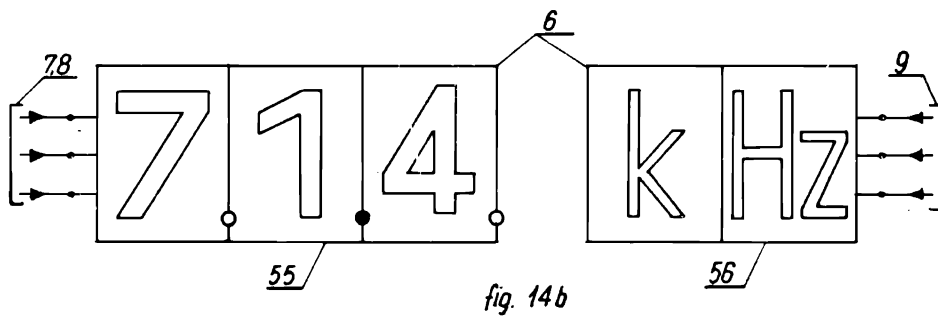


fig. 14b