



Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 21.IX.1968 (P 129 181)

Pierwszeństwo: _____

Opublikowano: 20.XII.1973

Kl. 42m⁴,7/12

MKP G06g 7/12

Twórca wynalazku: Anatoly Ivanovich Zabarny

Właściciel patentu: Nauchno issledovatel'sky i konstruktorsko-technologichesky institut gorodskogo khozyaistva, Kijów (Związek Socjalistycznych Republik Radzieckich)

Urządzenie mnożaco-całkujące

1

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie mnożaco-całkujące stosowane w maszynach analogowych, zwłaszcza w układach mnożaco-całkujących, w pomiarowych przyrządach liczących, szczególnie w postaci liczników energii elektrycznej, ciepła lub pracy i innych mierników zależnie od rodzaju zastosowanego czujnika.

Znane liczniki energii elektrycznej stosowane w warunkach stacjonarnych nie nadają się do stosowania w środkach transportu takich jak elektrykozy, tramwaje, trolejbusy czy samochody elektryczne, ponieważ wstrząsy i drgania powodują niszczenie łożysk ruchomych elementów i w konsekwencji szybkie obniżanie dokładności liczników.

Liczniki ciepła z napędem od wodomierza, na przykład, liczniki z mechanizmem sprzężenia skośnych kół zębatych, sterowanych różnicą temperatur między dopływającym i odpływającym strumieniem nośnika ciepła mają z reguły duży zakres nieczułości przy małej prędkości nośnika ciepła, krótką żywotność i małą dokładność.

Inne znane typy liczników ciepła zawierają ruchome elementy, styki, potencjometry z ruchomym ślizgaczem itp. Wymienione elementy w warunkach podwyższonej wilgotności i temperatury nie zapewniają niezbędnej niezawodności pracy.

Statyczne urządzenia mnożaco-całkujące, wykonane na bazie współczesnych elementów półprzewodnikowych i magnetycznych są najbardziej odpowiednie w bardzo trudnych warunkach eksploa-

2

tacji, a szczególnie do zastosowania na środkach transportowych.

Znane są urządzenia mnożące o dużej niezawodności działania wykorzystujące efekt Halla, bądź też wykorzystujące układy podnoszące funkcję do kwadratu, jednak wykonanie wymienionych urządzeń mnożaco-całkujących poprzez łączenia znanych układów mnożących z całkującymi daje w wyniku urządzenia stosunkowo prymitywne, o dużych wymiarach i nie spełniające wymagań stawianych w praktyce.

Znane są również urządzenia mnożaco-całkujące wykonane na przykład jako jednofazowe liczniki energii prądu zmiennego, w których sygnał jednego z czynników podawany jest na wejście układu całkującego wykonane na tranzystorze pracującym w układzie generatora prądu, a napięcie na kondensatorze porównywane jest ze spadkiem napięcia na oporności. W momencie gdy obie te wielkości są równe, urządzenie porównujące wysyła impuls rozładowujący pojemność całkującą, który jest jednocześnie rejestrowany przez sumujący licznik impulsów.

Wadą takiego układu mnożaco-całkującego jest ograniczenie liczby czynników funkcji podcałkowej do dwóch, przy czym jedna z wielkości układu mnożaco-całkującego musi być napięciem odwrotnie proporcjonalnym do któregoś z czynników funkcji podcałkowej.

Uzyskanie takiej wartości napięcia, poprzez odejmowanie napięcia odwrotnie proporcjonalnego do drugiego czynnika ze stałej wartości napięcia, zapewnia dostateczną dokładność obliczenia zużycia mocy czynnej tylko przy niedużych względnych zmianach napięcia sieci.

Celem wynalazku jest skonstruowanie urządzenia mnożąco-całkującego wykonanego na współczesnych elementach półprzewodnikowych i magnetycznych o dużej niezawodności działania i możliwościach szerokiego zastosowania w praktyce oraz posiadającego takie właściwości jak: praktycznie nieograniczona liczba czynników funkcji podcałkowej, zakres zmian sygnału wejściowego dowolnego czynnika wynoszący 0—150 mV lub mniej 0—100 mV, 0—50 mV oraz umożliwiającego otrzymanie sygnału wyjściowego w postaci impulsów, liczba których jest proporcjonalna do całki iloczynu, a ich częstotliwość nie przekracza częstotliwości rzędu 3—5 Hz czyli zapewniające prawidłową pracę sumujących liczników elektromechanicznych służących jako wskaźniki wyniku całkowania.

Wynalazek zastosowany w postaci licznika energii elektrycznej, licznika energii cieplnej, urządzenia mierzącego pracę, zwłaszcza do zastosowania na środkach transportu, pozwala na osiągnięcie małych wymiarów wymienionych urządzeń, długiego okresu międzyprzeglądowego oraz wysokiej niezawodności działania w trudnych warunkach eksploatacyjnych.

Cel ten został osiągnięty w urządzeniu mnożąco-całkującym według wynalazku, wyróżniającym się tym, że zawiera klucz na wejściu integratora i co najmniej jeden przetwornik poziomu sygnałów wejściowych odpowiadających pozostałym czynnikom funkcji podcałkowej. Wyjście wspomnianego przetwornika połączone jest z wejściem sterującym klucza.

Przy całkowaniu iloczynu więcej niż dwóch czynników łączy się szeregowo przetworniki poziomu sygnałów wejściowych, których liczba jest równa liczbie czynników, przy czym wejście sterujące pierwszego przetwornika łączy się z generatorem impulsów zegarowych, a wejście sterujące każdego następnego przetwornika łączy się z wyjściem poprzedniego.

Jako przetwornik poziomu sygnału wejściowego, odpowiadającego jednemu z czynników funkcji podcałkowej można zastosować modulator szerokości impulsów zawierający element całkujący, na którego wejściu znajduje się klucz rejestracji, obwód zliczania i wskaźnik poziomu elementu całkującego, przy czym wyjście wskaźnika połączone jest z obwodem zliczania. W przypadku zastosowania urządzenia według wynalazku jako licznika zużycia energii elektrycznej, przetwornik poziomu sygnału wejściowego zawiera różnicowy modulator szerokości impulsów oraz mostkowe urządzenie wejściowe, którego jedna przekątna dołączona jest do źródła sygnału wzorcowego, a druga do prądowego bocznika obwodu obciążenia licznika energii elektrycznej. Sąsiednie ramiona mostka są połączone z odpowiednimi wejściami różnicowego modulatora szerokości impulsów. Wejście integratora dołączone jest do sieci.

W przypadku zastosowania urządzenia według wynalazku jako licznika ilości ciepła, przetwornik poziomu sygnałów wejściowych zawiera układ kształtowania impulsów o jednakowym czasie trwania, którego wejście dołączone jest do znajdującego się w liczniku czujnika reagującego na chwilową wartość zużycia nośnika ciepła oraz różnicowy modulator szerokości impulsów z kluczami rejestracji, których wejścia sterujące dołączone są do wyjścia układu formującego, a pozostałe wejścia wspomnianych kluczy rejestrujących połączone są z czujnikami temperatury dopływającego i odpływającego strumienia nośnika ciepła, przy czym na wejście integratora jest podawany sygnał o stałym poziomie.

Celowe jest konstruowanie przetwornika w postaci różnicowego modulatora szerokości impulsów zawierającego dwa modulatory z rdzeniami o prostokątnej pętli histerezy, z uzwojeniami rejestracji i regeneracyjnym układem zliczającym. Wyjścia obydwu wspomnianych modulatorów dołączone są do układu odejmowania długości impulsów, zaś uzwojenia zliczania poprzez prostowniki dołączone są do klucza gaszącego impulsy zakłócające.

Wynalazek jest bliżej objaśniony w przykładzie wykonania przedstawionym na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy urządzenia mnożąco-całkującego, fig. 2 — schemat blokowy połączeń przetworników w urządzeniu mnożąco-całkującym przy obliczaniu całki z funkcji będącej iloczynem kilku czynników, fig. 3 — schemat blokowy jednego ze stopni modulatora szerokości impulsów o cyklu rejestracji — zliczania, fig. 4 schemat blokowy licznika energii elektrycznej z zastosowaniem urządzenia mnożąco-całkującego, fig. 5 — schemat blokowy licznika ilości ciepła z zastosowaniem urządzenia mnożąco-całkującego, a fig. 6 — schemat ideowy przetwornika poziomu wejściowego.

Urządzenie mnożąco-całkujące zawiera integrator 1 z kluczem 2 na wejściu, blok porównania 3, układ 4 sterujący kasowaniem integratora, licznik impulsów 5 stanowiący wskaźnik wyjściowy oraz przetwornik poziomu sygnałów wejściowych 6. Na wejście integratora 1 poprzez klucz 2 podawany jest sygnał U_n odpowiadający jednemu z czynników funkcji podcałkowej, jedno z wejść bloku porównania 3 połączone jest z wyjściem wspomnianego integratora 1, zaś na drugie wejście bloku porównania 3 podawany jest sygnał porównania U_0 . Wyjście bloku porównania 3 połączone jest z układem 4 sterującym kasowaniem integratora z wyjściowym licznikiem impulsów 5.

Sygnały pozostałych czynników $U_1, U_2, \dots, U_{n-1}$ funkcji podcałkowej podawane są na wejście przetwornika 6, którego wyjście połączone jest z wejściem sterującym klucza 2. W celu całkowania iloczynu kilku czynników $U_1, U_2, \dots, U_{n-1}$ łączy się kaskadowo przetworniki szerokości impulsów, wejściowych, których liczba jest równa liczbie czynników funkcji podcałkowej. Odpowiedni układ połączeń jest przedstawiony na fig. 2 rysunku.

Wejście pierwszego przetwornika szerokości impulsów I połączone jest z generatorem impulsów zegarowych 7, a wejście sterujące każdego następnego przetwornika szerokości impulsów I połączone

ne jest z wyjściem poprzedniego. Wyjście ostatniego przetwornika szerokości impulsów **I** połączone jest z wejściem sterującym klucza **2** znajdującego się na wejściu integratora **1**. Z tego względu na drugie wejście klucza **2** może być podany jeszcze jeden czynnik funkcji podcałkowej w postaci sygnału wejściowego **Un**. Każdy z przetworników **I** zawiera klucz rejestracji **8** i modulator szerokości impulsów **9**.

Na fig. 3 przedstawiony jest przykład wykonania jednego przetwornika stanowiącego modulator z cyklem rejestracji — zliczania.

Taki modulator szerokości impulsów zawiera klucz rejestracji **10**, odpowiadający kluczowi rejestracji **8** z fig. 2 rysunku, sterowany impulsem rejestracji o czasie trwania τ_0 (źródłem impulsu rejestracji τ_0 dla pierwszego przetwornika szerokości impulsów jest generator **7** impulsów zegarowych na fig. 2 rysunku, a dla następnych przetworników — wyjście poprzedniego modulatora szerokości impulsów) i integrator **11**, którego wyjście połączone jest z wejściem wskaźnika zadanego poziomu **12**, a wyjście ostatniego z wspomnianych przetworników szerokości impulsów połączone jest z wejściem układu spustowego **13**. Drugie wejście układu spustowego **13** połączone jest z wejściem klucza rejestracji **10** poprzez układ różniczkujący **14**, a jego wyjście z kluczem **15**. Sygnał wejściowy U_{01} odpowiadający jednemu z czynników funkcji podcałkowej podawany jest na wejście integratora **11** poprzez klucz rejestracji **10**.

Integrator **11** może być dowolnym układem całkującym, przy czym bardzo często w celu uproszczenia urządzenia stosuje się elektromagnetyczne układy całkujące pracujące na rdzeniach o prostokątnej pętli histerezy.

Modulator szerokości impulsów z tak skonstruowanym integratorem wykazuje dobrą liniowość charakterystyki $\tau_{01} = f(U_{01} \cdot \tau)$, gdzie

τ_{01} — czas trwania impulsu wyjściowego

U_{01} — napięcie wejściowe

ale charakteryzuje się zakresem nieczułości.

Z tego względu, przy małych sygnałach wejściowych, celowe jest konstruowanie przetworników szerokości impulsów w układzie różnicowym pozwalającym uniknąć zakreśu nieczułości i uzyskać dokładne przetworzenie iloczynu $U_{01} \cdot \tau_0$ na czas trwania impulsu τ_{01} .

Przykład wykonania różnicowego modulatora impulsów może stanowić modulator obwodu prądowego licznika energii elektrycznej (fig. 4).

Działanie tego układu jest następujące:

Różnicowy modulator **III** szerokości impulsów zawiera dwa identyczne modulatory **17** i **18**, których wejścia połączone są z sąsiednimi ramionami **19** i **20** mostka **II**, którego jedna przekątna poprzez dodatkową oporność **21** połączona jest z bocznikiem **16** włączonym w sieć z obciążeniem **22**, a druga połączona jest ze źródłem **23** napięcia odniesienia U_s .

Wyjścia modulatorów **17** i **18** dołączone są do wejść układu odejmowania długości impulsów **24**.

Różnicowy impuls na wyjściu układu **24** steruje kluczem **2** na wejściu integratora **1**.

Wejście integratora **1** dołączone jest za pośrednictwem klucza **2** na napięcia sieci U_c .

Na fig. 5 rysunku przedstawiony jest schemat blokowy licznika energii cieplnej, w którym zastosowane jest urządzenie mnożąco-całkujące. Jako czujniki chwilowej wartości przepływu nośnika ciepła **25** i **26** można w nim zastosować wiatraczek z czujnikiem impulsowym lub dowolny inny miernik przepływu, z wyjściem częstotliwościowym.

Układ **27** formowania impulsów o stałym czasie trwania impulsu, wyzwalany z częstotliwością proporcjonalną do chwilowej wartości przepływu nośnika ciepła połączony jest z kluczami rejestracji **28** i **29** różnicowego modulatora **III** szerokości impulsów. Na wejścia wspomnianych kluczy rejestracji **28** i **29** podawane są sygnały z czujników temperatury **30** i **31** umieszczonych w dopływowym i odpływowym przewodzie cieplnym.

W przypadku zastosowania termorezystorów jako czujników temperatury **30** i **31** oba te czujniki łączą się szeregowo ze źródłem prądu **32**.

Wyjścia kluczy rejestracji **28** i **29** połączone są z przetwornikami **33** i **34** szerokości impulsów, których wyjścia połączone są z wejściami układu odejmowania długości impulsów **24**. Wyjście różnicowego modulatora szerokości impulsów połączone jest z wejściem sterującym klucza **2** umieszczonego na wejściu integratora **1**.

Drugie wejście wspomnianego klucza **2** łączy się bądź ze źródłem napięcia stabilizowanego E_0 , w przypadku stosowania urządzenia do obliczania ilości ciepła oddawanego przez nośnik ciepła o niezmiennym cieple właściwym, bądź też ze źródłem napięcia korygowanego, w zależności od wartości ciepła właściwego, jeśli ciepło właściwe nośnika się zmienia (wymienione wyżej źródła nie są pokazane na rysunku).

Na fig. 6 rysunku przedstawiony jest przykład wykonania układu różnicowego modulatora szerokości impulsów złożonego z dwóch modulatorów, w których jako integrator zastosowany jest elektromagnetyczny układ całkujący zawierający rdzeń o prostokątnej pętli histerezy. Zastosowanie takiego modulatora pozwala na zbudowanie nieskomplikowanego układu mnożąco-całkującego pracującego z sygnałami o małym poziomie.

Każdy z modulatorów szerokości impulsu składa się z rdzenia pierścieniowego **35** (fig. 6) z materiału o prostokątnej pętli histerezy oraz z trzech umieszczonych na nim uzwojeń; uzwojenia rejestracji **36**, uzwojenia regeneracyjnego zliczania **37** i uzwojenia dodatniego sprzężenia zwrotnego **38**.

Uzwojenie rejestracji **36** połączone jest z ramieniem **19** mostka wejściowego **II** za pośrednictwem kluczy rejestracji **39**. Wspomniane uzwojenie rejestracji **36** drugiego modulatora szerokości impulsów połączone jest z ramieniem **20** mostka wejściowego w analogiczny sposób.

Uzwojenie zliczania **37** połączone jest ze źródłem napięcia zliczania **40** poprzez klucz zliczania **41**.

Celowe jest stosowanie w charakterze klucza zliczania **41** tranzystora, którego obwód bazy połączony jest z uzwojeniem dodatniego sprzężenia zwrotnego **38**.

Uzwojenia zliczania **37** obu modulatorów szerokości impulsów bocznikowane są układem złożonym ze wspólnego klucza — tranzystora **42** i diod **43** i **44**.

Obwód bazy tranzystorowego klucza 42 połączony jest z generatorem 7 impulsów zegarowych o stałym wypełnieniu i biegunowości przeciwnej niż biegunowość wejść sterujących kluczy rejestracji 39 (z oddzielnego uzwojenia lub przez odwracacz fazy).

Urządzenie pracuje w następujący sposób.

Z wyjście generatora 7 impulsów zegarowych, impuls o czasie trwania τ_0 włącza klucz 10 na wejściu integratora 11. Napięcie na wyjściu integratora 11 w ciągu czasu rejestracji τ_0 wzrasta o ΔU równe:

$$\Delta U = K_1 \cdot \tau_0 \cdot U_{01} \text{ gdzie}$$

U_{01} — napięcie na wejściu integratora

K_1 — stała całkowania na wejściu rejestracji.

Obwód różniczkujący 14 zapewnia przerzut układu spustowego 13 dokładnie równocześnie z końcem impulsu rejestracji, a to w celu natychmiastowego włączenia cyklu zliczania.

Podczas zliczania układ spustowy sygnałem wyjściowym włącza klucz zliczania 15 na wejściu integratora 11.

Do wejścia integratora 11 zostaje przy tym dołączony sygnał U_{02} , a sygnał U_{01} zostaje odłączony wcześniej, po zakończeniu impulsu τ_0 .

Biegunowość sygnału U_{02} jest przeciwna do biegunowości sygnału U_{01} . Dlatego sygnał na wyjściu integratora zaczyna się liniowo zmniejszać z szybkością K_2 (V/sek), gdzie K_2 jest stałą całkowania obwodu zliczania integratora.

Po obniżeniu się poziomu sygnału wyjściowego integratora do poziomu zerowego zaczyna działać wskaźnik poziomu zerowego 12 i sprowadza układ spustowy 13 do stanu wyjściowego. Klucz zliczania 15 zostaje przy tym rozłączony i cykl rejestracji-zliczania kończy się.

Przyrost sygnału przy rejestracji jest równy spadkowi przy zliczaniu dlatego, że zarówno początkowy jak i końcowy poziom jest równy zerowemu. Dlatego też

$$\Delta U_{01} = \Delta U_{02}$$

$$K_1 \cdot \tau_0 \cdot U_{01} = K_2 \cdot \tau_{01} \cdot U_{02}$$

gdzie K_2 stała obwodu zliczania integratora

U_{02} — napięcie zliczania

stąd

$$\tau_{01} = \frac{K_1 \cdot \tau_0 \cdot U_{01}}{K_2 \cdot U_{02}} = K \cdot \tau_0 \cdot U_{01}$$

gdzie

$$K = \frac{K_1}{K_2 \cdot U_{02}} = \text{const}$$

Tym samym czas trwania impulsu wyjściowego takiego modulatora szerokości impulsów jest wprost proporcjonalny do iloczynu czasu trwania impulsu rejestracji i poziomu sygnału wejściowego. Dla kaskadowego połączenia modulatorów szerokości impulsów (fig. 2) można napisać

$$\tau_n = K \cdot \tau_{n-1} \cdot U_n$$

$$\tau_n = K_0 \cdot \tau_0 \cdot U_1 \cdot U_2 \dots U_n$$

gdzie τ_n — czas trwania impulsu na wyjściu n-go modulatora szerokości impulsów modulatora należącego do kaskady modulatorów, U_1 ; U_2 ; ... U_n — sygnały wejściowe odpowiednio: 1-go, 2-go, ... n-go modulatora szerokości impulsów.

Czas trwania impulsu wyjściowego n-go stopnia kaskady modulatorów szerokości impulsów jest wprost proporcjonalny do iloczynu sygnałów wejściowych i czasu trwania impulsu generatora 7 impulsów zegarowych.

Wejściowe sygnały modulatorów 17 i 18 szerokości impulsów występujące na sąsiednich ramionach 19 i 20 mostka wejściowego II równe są odpowiednio

$$U_{s1} = U_s - \frac{U_J}{2}$$

$$U_{s2} = U_s + \frac{U_J}{2}$$

gdzie

U_s — poziom sygnału wzorcowego

U_J — spadek napięcia na boczniku proporcjonalny do natężenia prądu J obwodu energetycznego.

Obwód prądu J tworzy zacisk sieci (fig. 4), bocznik 16, odbiornik 22 i drugi zacisk sieci.

Na wyjściu modulatorów 17 i 18 szerokości impulsów występują impulsy o długości

$$\tau_1 = K_1 \left(U_s - \frac{U_J}{2} \right)$$

$$\tau_2 = K_1 \left(U_s + \frac{U_J}{2} \right)$$

Czas trwania impulsu na wyjściu układu odejmowania 24 jest równy

$$\tau_{01} = \tau_2 - \tau_1 = K_1 \cdot U_J$$

co oznacza, że jest wprost proporcjonalny do natężenia prądu w obwodzie energetycznym.

Zalety układu różnicowego polegają na zwiększeniu dokładności pracy urządzenia oraz na niezależności jego charakterystyk od zmiany warunków środowiska zewnętrznego, przy równoczesnym zachowaniu warunku stałych charakterystyk obu modulatorów 17 i 18 szerokości impulsów.

Jeśli częstotliwość powtarzania impulsów τ_0 będzie stabilna i dostatecznie wysoka, odpowiadająca najwyższej składowej widma sygnałów prądu J lub najwyższej składowej widma sygnałów napięcia sieci U_c (wyższej z nich) to średni sygnał na wejściu integratora 1, za kluczem 2, sterowanego z wyjścia układu odejmowania 24 (fig. 4), odpowiada mocy pobieranej przez obciążenie. Napięcie tego sygnału wynosi:

$$U_{omd} = \tau_{01} \cdot f_0 \cdot U_c = K_1 f_0 \cdot U_J \cdot U_c = K_1 f_0 \cdot W$$

gdzie

W — moc pobierana przez odbiornik 22

f_0 — częstotliwość kwantowania sygnałów prądu i napięcia równa częstotliwości generatora impulsów zegarowych

K_1 — współczynnik przetwarzania różnicowego modulatora szerokości impulsów.

Całkowanie sygnału U_{omd} , proporcjonalnego do mocy daje napięcie sygnału wyjściowego:

$$U_{wh} = K_1 f_0 K_2 \int_0^t W dt$$

gdzie

K_2 — współczynnik przetwornika szerokości impulsów.

Schodkowo narastający sygnał na wyjściu integratora porównywany jest w bloku porównania 3 z zadany poziomem sygnału U_0 . W momencie zaistnienia równości:

$$U_{wh} = U_0$$

blok porównania wytwarza impuls, podawany na układ sterowania 4 dokonujący kasowania, lub przełączenia integratora.

Wspomniany impuls podawany jest również na licznik impulsów stanowiący wskaźnik wyjściowy 5.

W ten sposób, w układzie (blok 1, 3, 4 fig. 1) dokonywane jest schodkowe całkowanie sygnału U_{omd} , proporcjonalnego do mocy. Otrzymywany jest wynik w postaci impulsów, których liczba jest proporcjonalna do ilości energii pobieranej przez odbiornik 22. Z powyższego wynika, że ilość impulsów zarejestrowanych przez licznik 5 jest równa

$$N = \frac{K_1 \cdot f_0 \cdot K_0 \cdot \int_0^t W dt}{U_0} = K_c \cdot Wh$$

gdzie

$$K_c = \frac{K_1 \cdot f_0 \cdot K_0}{U_0}$$

K_c — wartość działki (impulsu) licznika energii tzn. jest proporcjonalna do zużycia energii elektrycznej.

Zmieniając wartość U_0 łatwo można zmieniać ilość impulsów przypadających na jednostkę energii.

W odróżnieniu od układu licznika energii elektrycznej, w którym częstotliwość impulsów kwantujących jest stała, w liczniku energii cieplnej tę częstotliwość uzależnia się proporcjonalnie od chwilowej wartości przepływu ciepła za pomocą czujnika 25 i 26 wytwarzającego impulsy częstotliwości proporcjonalnej do wspomnianej wartości przepływu (fig. 5).

Na wyjściu układu 27 formowania impulsów pojawiają się impulsy o stałym czasie trwania τ_0 , których częstotliwość powtarzania f jest równa

$$f = K \cdot q$$

gdzie

K — współczynnik proporcjonalności czujnika wartości chwilowej przepływu nośnika ciepła

q — wartość chwilowa przepływu ciepła.

Impulsy, pojawiające się na wyjściu układu 27 formowania impulsów, o czasie trwania τ_0 sterują kluczami rejestracji 28 i 29 modulatora III szerokości impulsów.

W charakterze czujników temperatury 30 i 31 korzystnie jest zastosować termorezystory umieszczone w strumieniu płynącego nośnika ciepła.

Przez obydwa termorezystory przepływa prąd i_0 określany przez źródło prądu 32.

Stąd wynika, że spadek napięcia na termorezystorach wyniesie odpowiednio

$$U_{s0} = i_0 R_0 (1 + \alpha \theta_1)$$

$$U_{s1} = i_0 R_0 (1 + \alpha \theta_2)$$

gdzie

i_0 — prąd określony przez źródło prądu 32

R_0 — oporność termorezystora przy 20°C

α — współczynnik termiczny termorezystora

θ_1 — temperatura nośnika ciepła w przewodzie doprowadzającym

θ_2 — temperatura nośnika ciepła w przewodzie odprowadzającym zamkniętego układu ogrzewania.

Impuls różnicowy τ_{01} na wyjściu układu odejmowania długości impulsów różnicowego modulatora szerokości impulsów jest równy:

$$\tau_{01} = K_2 \cdot i_0 \cdot R_0 \cdot \alpha (\theta_1 - \theta_2)$$

gdzie K_2 — współczynnik przetwarzania szerokości impulsów.

Współczynnik wypełnienia γ impulsów sterujących kluczem 2 na wejściu integratora 1 wynosi:

$$\gamma = \tau_{01} \cdot f = K \cdot K_2 \cdot q \cdot i_0 \cdot R_0 \cdot \alpha (\theta_1 - \theta_2) = K_\varepsilon$$

$$q (\theta_1 - \theta_2) = K_\varepsilon \text{ W a}$$

gdzie

$$K_\varepsilon = K \cdot K_2 \cdot i_0 \cdot R_0 \cdot \alpha \text{ W a} = q (\theta_1 - \theta_2)$$

Wq — wartość mocy cieplnej.

W ten sposób współczynnik wypełnienia impulsów wyjściowych jest wprost proporcjonalny do mocy cieplnej oddawanej przez nośnik ciepła. Jeżeli na wejście integratora 1 poprzez klucz 2 podany zostanie sygnał ze źródła napięcia stałego E_0 , to średnia wartość napięcia na wyjściu integratora 1 będzie wprost proporcjonalna do mocy cieplnej, a ilość impulsów na wyjściu bloku porównania 3

$$N = K_0 \int_0^t K_\varepsilon$$

$Wqdt = Kq$ jest proporcjonalna do ilości zliczanego przez przyrząd ciepła.

Różnicowy modulator szerokości impulsów zbudowany na rdzeniach o prostokątnej pętli histerezy pracuje w następujący sposób. Generator impulsów zegarowych 7 wytwarzający impulsy o stałej częstotliwości i czasie trwania τ_0 .

Impulsy te włączają na czas τ_0 klucze rejestracji 39 podając na uzwojenie rejestracji 36 spadek napięcia na opornościach sąsiednich ramion 19 i 20 mostka wejściowego II.

W rdzeniach pierścieniowych 35 modulatorów szerokości impulsów zostaje nagromadzony strumień magnetyczny proporcjonalny do jednego z wspomnianych spadków napięcia U_{19} lub U_{20}

$$U_{19} = U_s - U_{01/2}$$

$$U_{20} = U_s + U_{01/2}$$

zakończenie impulsu rejestracji powoduje nieprzewodzenie kluczy rejestracji 39.

Dodatknie sprzężenie zwrotne realizowane jest przez uzwojenie dodatniego sprzężenia zwrotnego 38, opornik, przejście emiter-baza tranzystorowego klucza zliczania 41.

W ten sposób uzwojenie zliczania 37 zostaje dołączone przez tranzystorowy klucz zliczania 41 do źródła napięcia zliczania 40. Zliczanie trwa do chwili osiągnięcia w rdzeniu pierścieniowym 35 strumienia magnetycznego o wielkości równej wielkości strumienia ujemnego nasycenia rdzenia Φ_4 , co oznacza taką wartość strumienia magnetycznego, od której zaczyna się cykl rejestracji.

W ten sposób przyrosty strumienia rejestracji $\Delta\Phi_{01}$ i $\Delta\Phi_{02}$ równa się odpowiednio strumieniowi zliczania $\Delta\Phi_1$ i $\Delta\Phi_2$;

$$\Delta\Phi_{01} = \Delta\Phi_1$$

$$\Delta\Phi_{02} = \Delta\Phi_2$$

gdzie

$$\Delta\Phi_{01, 02} = \frac{1}{W_{36}} (U_s \pm U_{01/2}) \tau_0;$$

$$\Delta\Phi_1 = \frac{1}{W_{36}} U_{02} \tau_1$$

$$\Delta\Phi_2 = \frac{1}{W_{36}} U_{02} \tau_2$$

skąd wynika

$$\tau_1 = \frac{\tau_0 (U_s + U_{01/2})}{U_{02}} \frac{W_{37}}{W_{36}}$$

$$\tau_2 = \frac{\tau_0 (U_s - U_{01/2})}{U_{02}} \frac{W_{37}}{W_{36}}$$

gdzie

τ_1 — czas trwania impulsu rejestracji modulatora szerokości impulsów

τ_2 — czas trwania impulsu zliczania modulatora szerokości impulsów

W_{37} — liczba zwojów uzwojenia zliczania 37

W_{36} — liczba zwojów uzwojenia rejestracji 36.

Czas trwania impulsu różnicowego τ_{01} na wyjściu układu odejmowania długości impulsów wynosi:

$$\tau_{01} = \tau_1 - \tau_2 = \frac{U_{01} \tau_0}{U_{02}} \cdot \frac{W_{37}}{W_{36}}$$

Po wyłączeniu klucza zliczania 41 na uzwojeniu zliczania 37 indukuje się impuls zakłócający, spowodowany tym, że pętla histerezy rdzenia 35 nie jest idealnie prostokątna.

Powstawanie wspomnianego impulsu powoduje niewłaściwe działanie różnicowego modulatora szerokości impulsów.

W celu wygaszenia impulsu zakłócającego zastosowano zbudowany na diodach 43 i 44 układ, w którym wspólny punkt anod obu diod w półokresie zliczania połączony jest poprzez klucz tranzystorowy 42 z punktem wspólnym uzwojeń zliczania 37. W przypadku użycia w liczniku ciepła innych rodzajów czujników temperatury, korzystne jest zastosowanie układu analogicznego do układu przedstawionego w schemacie blokowym licznika energii elektrycznej na fig. 4 rysunku.

Urządzenia mnożąco-całkujące mają szeroki zakres zastosowań w przemyśle, transporcie, badaniach naukowych i medycynie.

Urządzenie mnożąco-całkujące według wynalazku eliminuje powyższe wady, a dzięki zastosowaniu elementów półprzewodnikowych i magnetycznych jest bardzo pewne w działaniu, nie zawiera elementów ruchomych, ma małe wymiary, niezależnie działa na środkach transportu nie obniżając swej dokładności przy silnych wibracjach i wstrząsach.

Możliwa jest dalsza miniaturyzacja urządzenia przy wykorzystaniu w nim obwodów scalonych.

Przykładowo, na podstawie wynalazku opracowano miniaturowy, statyczny, uniwersalny licznik energii elektrycznej prądu stałego klasy 1,0; licznik energii rzeczywistej prądu zmiennego dla sieci z dużymi odchyleniami kształtu przebiegu prądu i napięcia od sinusoidalnego oraz licznik energii cieplnej ze wskaźnikiem mocy cieplnej.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie mnożąco-całkujące, w którym sygnał odpowiadający jednemu z czynników funkcji podcałkowej podawany jest na wejście integratora, którego wyjście połączone jest z jednym z wejść bloku porównania, na którego drugie wejście będące wejściem poziomu odniesienia podawany jest sygnał porównywany, zaś wyjście wspomnianego bloku porównania połączone jest z układem sterującym kasowaniem integratora i wyjściowym licznikiem impulsów, **znamiennie tym**, że ma klucz (2) na wejściu integratora (1) i co najmniej jeden przetwornik (6) poziomu sygnałów wejściowych, odpowiadających innym czynnikom funkcji podcałkowej, przy czym wyjście przetwornika (6) połączone jest z wejściem sterującym klucza (2).

2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że do całkowania iloczynu kilku czynników ma kaskadowo połączone przetworniki (I) wartości sygnałów wejściowych w ilości równej liczbie czynników, przy czym wejście sterujące pierwszego przetwornika połączone jest z generatorem (7) impulsów zegarowych, a wejście sterujące każdego następnego przetwornika połączone jest z wyjściem poprzedniego przetwornika.

3. Urządzenie według zastrz. 2, **znamiennie tym**, że przetwornikiem (I) wartości sygnału wejściowego odpowiadającego jednemu z czynników funkcji podcałkowej jest modulator szerokości impulsów zawierający element całkujący (11), na którego wejściu znajduje się klucz rejestracji (10), obwód zliczania (13, 14, 15) oraz wskaźnik (12) zadanego poziomu wyjściowego elementu całkującego (11), którego wyjście połączone jest z obwodem zliczania.

4. Urządzenie według zastrz. 1—3, **znamiennie tym**, że do pomiaru zużycia energii elektrycznej, przetwornik (I) poziomu sygnału wejściowego ma różnicowy modulator (III) szerokości impulsów i wejściowe urządzenie mostkowe (II), którego jedna przekątna połączona jest ze źródłem sygnału odniesienia licznika energii elektrycznej (23), a sąsiednie ramiona (19 i 20) urządzenia mostkowego

(II) są równolegle połączone z wejściem różnicowego modulatora (III) szerokości impulsów, podczas gdy wejście integratora (I), dołączone jest do sieci zasilającej.

5. Urządzenie według zastrz. 1—3, **znamiennie tym**, że do pomiaru energii cieplnej ma przetwornik (I) poziomu sygnałów wejściowych zawierający układ (27) formowania impulsów o stałym czasie trwania, którego wejście połączone jest z czujnikiem (26) chwilowej wartości przepływu nośnika ciepła oraz różnicowy modulator (III) szerokości impulsów, którego klucze rejestracji (28 i 29) mają wejścia sterujące połączone z wyjściem układu formowania impulsów (27), a pozostałe wejścia połączone z czujnikami temperatury (30 i 31), przy

czym na wejście klucza (2) integratora (1) podawany jest sygnał o stałym poziomie lub sygnał korekcyjny.

6. Urządzenie według zastrz. 4 i 5, **znamiennie tym**, że różnicowy modulator (III) szerokości impulsów składa się z dwóch pracujących jako regeneracyjne układy zliczające modulatorów (17 i 18) na rdzeniach (35) o prostokątnej pętli histerezy z przemagnesowywaniem w niepełnym cyklu z uzwojeniami rejestracji (36) i uzwojeniami zliczania (37), przy czym wyjścia modulatorów (17 i 18) połączone są z układem odejmowania długości impulsów (24), zaś uzwojenia zliczania (37) połączone są poprzez diody (43 i 44) z kluczem (42) gaszącym impulsy zakłócające.

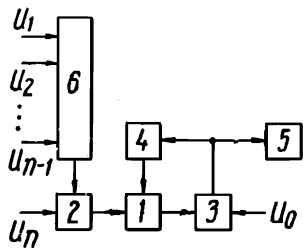


FIG. 1

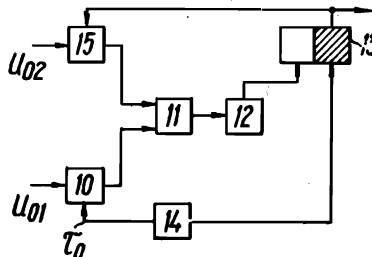


FIG. 3

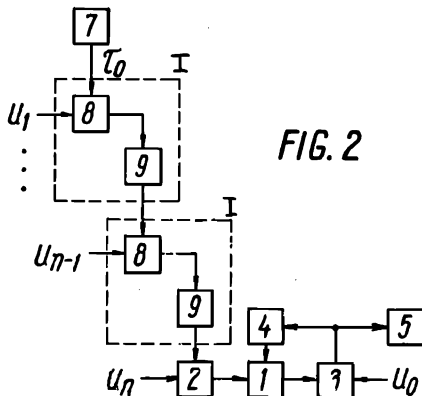


FIG. 2

