



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 28.02.75 (P. 178390)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 23.10.76

Opis patentowy opublikowano: 30.04.1979

CZYTELNIA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Int. Cl.² H03K 4/06

Twórcy wynalazku: Jerzy Miąsko, Gerard Konador

Uprawniony z patentu: Kombinat Aparatury Badawczej i Dydaktycznej
„KABiD-ZOPAN”, Warszawa (Polska)

Sposób i urządzenie do generacji, formowania i stabilizacji fali elektrycznej

1

Wynalazek dotyczy sposobu i urządzenia do generacji, formowania i stabilizacji fali elektrycznej, zwłaszcza o przebiegu trójkątnym.

Fale elektryczne o przebiegu trójkątnym, wytwarzane zazwyczaj elektronicznie, stosuje się w procesach pomiarowych, badawczych i automatycznego sterowania. Przebieg trójkątny charakteryzuje się okresem przebiegu fali podzielonym na dwa, zazwyczaj równe przedziały czasu takie, że w jednym przedziale czasu następuje równomierne zwiększanie się wartości wyjściowej, od zera do pewnej określonej wartości maksymalnej, a w drugim następnym przedziale czasu, wartość wyjściowa równomiernie maleje od wartości maksymalnej do zera. W pewnych przypadkach stosuje się fale elektryczne o przebiegu trójkątnym, w którym równomierna zmiana wartości wyjściowej następuje od pewnej wartości minimalnej o znaku ujemnym do wartości maksymalnej o znaku dodatnim, po czym od tej wartości maksymalnej do poprzedniej wartości minimalnej w drugim przedziale czasu. Wytwarzanie fali trójkątnej jest trudniejsze, aniżeli wytwarzanie fali sinusoidalnej, gdyż podczas wytwarzania przebiegu o wartości równomiernie zmieniającej się, zapotrzebowanie energetyczne układu zmienia się, a przebieg sinusoidalny przedstawia jednakową wartość energetyczną w ciągu całego okresu.

Fale o przebiegu trójkątnym formuje się zwykle przez naprzemienne ładowanie i rozładowy-

2

wanie kondensatora połączonego szeregowo ze stałym rezystorem. Dla uzyskania stałego prądu ładowania, wspomaga się ten układ elementem czynnym takim, jak wzmacniacz operacyjny, gdzie kondensator stanowi zewnętrzną część pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego, wraz z rezystorem włączonym szeregowo pomiędzy źródłem napięcia okresowo stałego, a wejściem wzmacniacza operacyjnego. W takich układach, wzmacniacz operacyjny kompensuje zmieniające się zapotrzebowanie energetyczne podczas ładowania i rozładowywania kondensatora.

Urządzenia do generacji i formowania fali o przebiegu trójkątnym buduje się zwykle jako urządzenie wielofunkcyjne, które wytwarzają równocześnie fale o przebiegu trójkątnym, prostokątnym i sinusoidalnym o jednakowej częstotliwości. Generacja fali trójkątnej następuje równocześnie z generacją fali prostokątnej, a falę sinusoidalną o zawartości harmonicznych nie mniejszej niż 0,5% otrzymuje się jako produkt przekształcenia fali trójkątnej w przetworniku diodowym.

Układ łącznej generacji trójkąta i prostokąta zawiera wzmacniacz operacyjny o wejściu oporowym i pojemnościowym sprzężeniu zwrotnym. Do wejścia tego wzmacniacza doprowadza się sygnał napięcia stałego o przeciwnym znaku. Sygnał ten wytwarza się przerzutnikiem o histerezie odpowiedniej do pożądanej amplitudy trójkątnego przebiegu na wyjściu wzmacniacza operacyjnego.

Przerzutnik ten jest sterowany z wyjścia wzmacniacza operacyjnego. Częstotliwość takiego układu jest uzależniona od wielkości amplitudy fali prostokątnej wprowadzonej na wejście układu i ewentualnie od strefy histerezy przerzutnika wzmacniacza operacyjnego oraz od nachylenia zbocza generowanego trójkąta. Zależności te wykorzystuje się do regulacji częstotliwości generacji.

Częstotliwość takiego układu jest tak dalece związana z amplitudą, że wszelkie zakłócenia wywoływane przez czynniki zewnętrzne i wewnętrzne takie, jak zmiany napięcia zasilania, lub współczynnika wzmocnienia wzmacniacza operacyjnego oraz fluktuacje temperaturowe powodują wahania zarówno amplitudy jak również fazy i częstotliwości. Takie sposoby generacji i formowania fali trójkątnej, prostokątnej i sinusoidalnej nie osiągają wysokich parametrów jakości dokładności częstotliwości oraz amplitudy.

W procesach pomiarowych i badawczych wymaga się ogólnie różnych częstotliwości fali o przebiegu trójkątnym, przy czym podczas zmiany częstotliwości, nie powinna zmieniać się amplituda przebiegu trójkątnego. W znanych generatorach funkcyjnych, dla uzyskania stałej amplitudy przebiegu trójkątnego podczas zmiany częstotliwości, nastawia się albo wartość pojemności kondensatora, albo wartość napięcia wejściowego. Uzyskanie w takich układach równocześnie dobrej dokładności amplitudy i częstotliwości wzajemnie wyklucza się, a praktycznie jest uzależnione od dokładnej stabilizacji napięć zasilających i dokładnego ustalenia zakresu histerezy przerzutnika. W znanych układach uzyskanie dobrej stabilności amplitudy i częstotliwości wymaga stosowania elementów o dużej precyzji, które nie usuwają całkowicie przyczyn zmian częstotliwości podczas zmiany amplitudy fali o przebiegu trójkątnym.

Z powyższych względów sposoby generacji wielu funkcji, a zwłaszcza zawierających falę trójkątną oparte na równoczesnej i wzajemnie zależnej generacji trójkąta i prostokąta i uzyskiwaniem sinusoidy przez przekształcenie tych przebiegów stosuje się do budowy urządzeń mniej precyzyjnych.

Najlepsze praktycznie osiągalne wyniki stabilności i czystości otrzymywanych przebiegów w tych układach kształtują się w pobliżu 0.5% odpowiedniej miary zniekształceń. Praktycznie osiągalna dokładność i stabilność samej częstotliwości nie jest na ogół lepsza niż 3%. Parametry te nie wystarczają już obecnie przy zastosowaniu generatorów funkcyjnych w badaniach naukowych oraz w dziedzinie pomiarów i automatyki.

Celem wynalazku jest usunięcie wyżej opisanych wad. Cel ten osiągnięto przez sposób generacji, formowania i stabilizacji fali elektrycznej o przebiegu trójkątnym, w którym formuje się fale o przebiegu prostokątnym, korzystnie kwadratowym; to znaczy o równych przedziałach czasu dla ujemnej i dodatniej połowy okresu. Uformowany przebieg wprowadza się do układu rezystencji i pojemności współpracujących ze wzmacniaczem operacyjnym, gdzie pojemność stanowi

zewnętrzną część pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego wzmacniacza operacyjnego, a rezystancja stanowi połączenie pomiędzy wejściem wzmacniacza operacyjnego i źródłem fali prostokątnej. Uzyskany na wyjściu wzmacniacza operacyjnego trójkątny przebieg napięcia elektrycznego prostuje się i wygładza, następnie uzyskaną wartość napięcia stałego porównuje się ze stałym napięciem odniesienia, a różnicowy wynik porównania stosuje się do termicznej regulacji czynnika wpływającego na stromość trójkąta korzystnie termicznej zmiany rezystancji.

Urządzenie do generacji, formowania i stabilizacji fali elektrycznej o przebiegu trójkątnym zawiera wzmacniacz operacyjny o pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego, utworzonej przez kondensator, dołączony wejściem do źródła fali o przebiegu prostokątnym poprzez szeregowy termicznie sterowalny rezystor. Do wyjścia wzmacniacza operacyjnego dołączony jest prostownik z obwodem wygładzania wyprostowanego napięcia, którego wyjście dołączone jest do jednego wejścia wzmacniacza błędów. Do przeciwnego wejścia wzmacniacza błędów dołączone jest źródło napięcia odniesienia, a wyjście wspomnianego wzmacniacza błędów połączone jest z wejściem sterowania wspomnianego termicznie sterowanego rezystora. Jako termicznie sterowalny rezystor, stosuje się korzystnie termistor pośrednio nagrzewany.

Wzmacniacz błędów wytwarza sygnał energetyczny różnicy pomiędzy wyprostowanym oraz wygładzonym napięciem wyjściowym wzmacniacza operacyjnego i napięciem odniesienia. Sygnał ten doprowadzony do wejścia sterowania, termicznie sterowanego rezystora, nastawia wartość jego rezystancji stosownie do wymaganej amplitudy fali o przebiegu trójkątnym.

Urządzenie do generacji, formowania i stabilizacji fali elektrycznej trójkątnej, prostokątnej i sinusoidalnej o zmiennej częstotliwości składa się z obwodu generacji fali sinusoidalnej, oraz dołączonego do wyjścia tego obwodu przerzutnika, sterującego wejścia integratora pojemnościowego przez termicznie sterowalny element rezystancji, korzystnie termistor pośrednio nagrzewany i z komparatora, którego wejścia włączone są pomiędzy wyposażone w prostownik wyjście wspomnianego integratora pojemnościowego i wyjścia źródła napięcia odniesienia, przy czym wyjście wspomnianego komparatora dołączone jest do obwodu pośredniego nagrzewania wspomnianego termistora. Fala sinusoidalna wyznacza częstotliwość generacji, a termicznie sterowalny element dostosowuje amplitudę przebiegu, która może być również niezależnie nastawiana przez zmianę wartości napięcia wspomnianego źródła odniesienia, dołączonego do jednego z wejść komparatora. Urządzenie pozwala na uzyskanie wysokich parametrów stabilności i czystości każdego z generowanych przebiegów oraz umożliwia niezależne nastawianie amplitudy i częstotliwości bezpośrednio w układzie generacyjnym.

Przedmiot wynalazku zostanie bliżej objaśniony na przykładzie wykonania uwidocznionym na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia układ gene-

racji, formowania i stabilizacji fali o przebiegu trójkątnym, a fig. 2 schemat blokowy urządzenia do równoczesnej generacji, formowania i stabilizacji amplitudy oraz częstotliwości fali trójkątnej, prostokątnej i sinusoidalnej. Układ fig. 1 składa się ze scalonego wzmacniacza operacyjnego 1 o zamkniętej pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego, utworzonej przez kondensator o pojemności C i termistora o rezystancji R wyposażonego w elektryczny obwód pośredniego nagrzewania 2. Wspomniany termistor o rezystancji R jest włączony szeregowo pomiędzy źródło fali prostokątnej 3, a wejście 4 wzmacniacza operacyjnego 1. Pozostałe wejście 5 wzmacniacza operacyjnego 1 ma układ rezystancji 6 zbocznikowanej pojemnością 7 służący do ustalenia początkowych warunków pracy wzmacniacza.

Wyjście wzmacniacza operacyjnego 1 dołączone jest do wyjścia układu Wy, stanowiącego źródło fali o przebiegu trójkątnym i równocześnie dołączone jest do prostownika 8 z obwodem wygładzania wyprostowanego napięcia, utworzonym z pojemności 9 i wewnętrznej rezystancji prostownika 8. Wzmacniacz błędów 10 ma jedno wejście dołączone do wyjścia wspomnianego prostownika 8, a drugie wejście dołączone do źródła napięcia odniesienia 11. Wyjście wzmacniacza błędów 10 połączone jest z obwodem pośredniego nagrzewania 2 termistora o rezystancji R przez wzmacniacz 12.

Napięcie o przebiegu prostokątnym ze źródła 3 jest doprowadzone do wejścia 4 wzmacniacza operacyjnego 1 przez rezystancję R . Wzmacniacz operacyjny 1 jest sprzężony zwrotnie za pomocą pojemności C . W tych warunkach napięcie wyjściowe wzmacniacza operacyjnego 1 uzyskuje przebieg czasowy o wartości liniowo narastającej, lub liniowo malejącej, zależnie od wartości napięcia ze źródła 3. W ustalonych warunkach zależnych od częstotliwości przebiegu prostokątnego pochodzącego ze źródła 3, napięcie na wyjściu Wy wzmacniacza operacyjnego 1 może przyjąć postać trójkąta. W przypadku zmiany częstotliwości przebiegu prostokątnego, zmienia wartość napięcia na pojemności 9, wyprostowanego za pomocą prostownika 8. Ta wartość napięcia jest porównywana z napięciem pochodzącym ze źródła napięcia odniesienia 11 w obwodzie wzmacniacza błędów 10, a sygnał różnicowy pojawiający się na wyjściu wzmacniacza błędów 10, po wzmocnieniu we wzmacniaczu prądowym 12, doprowadzony do obwodu pośredniego nagrzewania 2 termistora zmienia jego rezystancję R , co powoduje odpowiednią zmianę prędkości narastania, lub zmniejszania się napięcia, w poszczególnych przedziałach czasu, fali o przebiegu trójkątnym na wyjściu wzmacniacza operacyjnego 1. W przypadku zbyt dużej amplitudy fali o przebiegu trójkątnym, sygnał różnicowy na wyjściu wzmacniacza błędów 10 jest dodatni, w wyniku czego prąd wyjściowy wzmacniacza prądowego 12 zmniejsza się, co powoduje zmniejszenie mocy doprowadzonej do obwodu pośredniego nagrzewania 2 termistora i zwiększenie wartości rezystancji R . Zwiększenie wartości rezystancji R wpływa na zwolnienie prędkości narastania lub zmniejszania się napięcia w poszczególnych przedziałach

czasu fali o przebiegu trójkątnym, co w konsekwencji obniża amplitudę tej fali.

W przypadku zbyt małej amplitudy fali o przebiegu trójkątnym, sygnał na wyjściu wzmacniacza błędów 10 jest ujemny, prąd wyjściowy wzmacniacza 12 wzrasta, termistor nagrzewa się, rezystancja R maleje i następuje odpowiedni wzrost amplitudy fali o przebiegu trójkątnym. Opisany układ zapewnia automatyczną stabilizację amplitudy przebiegu wyjściowego, a przez zmianę napięcia odniesienia ze źródła 11 może być również uzyskana regulacja tej wielkości amplitudy przebiegu trójkątnego.

Urządzenie do równoczesnej generacji, formowania i stabilizacji amplitudy oraz częstotliwości fali trójkątnej, prostokątnej i sinusoidalnej fig. 2 składa się z generatora fali sinusoidalnej 13, korzystnie typu RC w układzie Wien'a, o nastawialnej częstotliwości i amplitudzie; przerzutnika dwustabilnego 14 sterowanego z tego generatora oraz integratora pojemnościowego 15 sterowanego przerzutnikiem dwustabilnym 14 przez pośrednio nagrzewany termistor 16 włączony pomiędzy wyjściem tego przerzutnika, a wejściem integratora.

Integrator pojemnościowy 15 ma na wyjściu prostownik 18 dołączony do jednego wejścia wzmacniacza błędów 17, podczas gdy do drugiego wejścia tego wzmacniacza dołączone jest źródło napięcia odniesienia 19. Wzmacniacz błędów 17, prostownik 18 i źródło napięcia odniesienia 19 tworzy komparator. Wyjście komparatora dołączone jest do obwodu nagrzewania termistora 16.

W generatorze fali sinusoidalnej 13 generuje się falę sinusoidalną o bardzo czystym przebiegu i stabilności łatwo osiągniętej 0,01%, która steruje przerzutnikiem dwustabilnym 14. Sygnał z tego przerzutnika dostaje się poprzez termistor 16 do wejścia integratora pojemnościowego 15, który generuje przebieg trójkątny. Przebieg trójkątny jest prostowany w prostowniku 18 i jako napięcie stałe proporcjonalne do amplitudy trójkąta, wprowadzany na jedno z wejść wzmacniacza błędów 17. Do drugiego wejścia wzmacniacza błędów 17 doprowadzone jest napięcie odniesienia ze źródła 19, a sygnał wyjściowy wzmacniacza błędów 17 proporcjonalny do różnicy pomiędzy amplitudą przebiegu trójkątnego i napięciem odniesienia służy, po odpowiednim wzmocnieniu do nagrzewania termistora. Zmiany temperatury tak nagrzewanego termistora przeciwdziałają skutecznie zmianom amplitudy przebiegu trójkątnego zarówno podczas zmiany częstotliwości jak i pod wpływem zewnętrznych i wewnętrznych zakłóceń pracy integratora.

Zmiany amplitudy poszczególnych przebiegów nie wpływają wzajemnie na siebie pomimo, że wszystkie przebiegi powiązane są wspólną częstotliwością. Na wyjściu Wy I otrzymuje się czysty przebieg sinusoidalny, na wyjściu Wy II otrzymuje się czysty przebieg prostokątny, a na wyjściu Wy III otrzymuje się również czysty i o stabilizowanej amplitudzie przebieg trójkątny. Stabilność częstotliwości wymienionych przebiegów osiąga łatwo wielkość rzędu 0,01%, a regulacja amplitudy poszczególnych przebiegów w samym obwodzie generacji jest niezależna w dość szerokich granicach i nie wpływa w sposób istotny na ich

częstotliwość, którą określa dla wszystkich przebiegów generator fali sinusoidalnej 13. Fala sinusoidalna uzyskiwana na wyjściu Wy I ma bardzo małą zawartość harmonicznych rzędu 0,05%, co kwalifikuje całość urządzenia w najwyższej klasie urządzeń generujących takie przebiegi w oddzielnych układach.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób generacji, formowania i stabilizacji fali elektrycznej o przebiegu trójkątnym, w którym formuje się falę o przebiegu prostokątnym, wprowadza się do układu rezystancji połączonej szeregowo z pojemnością stanowiącą ujemne sprzężenie wzmacniacza operacyjnego, **znamienny tym**, że falę o przebiegu trójkątnym uzyskaną na wyjściu wzmacniacza operacyjnego (1), prostuje się (8) i wygładza (9), po czym porównuje się z napięciem odniesienia (11), a różnicowy wynik porównania wykorzystuje się do nastawiania wspomnianej rezystancji (R) w celu formowania zbocza i stabilizacji amplitudy przebiegu trójkątnego na wyjściu (Wy).

2. Urządzenie do generacji, formowania i stabilizacji fali elektrycznej o przebiegu trójkątnym

składające się ze wzmacniacza operacyjnego o pętli sprzężenia zwrotnego utworzonej przez kondensator, dołączonego do źródła fali o przebiegu prostokątnym przez szeregowy rezystor o zmiennej rezystancji, **znamienny tym**, że wspomniany rezystor o zmiennej rezystancji stanowi termicznie sterowalny rezystor (R), dołączony wejściem sterowania do wyjścia wzmacniacza błędów (10), którego wejście włączone jest pomiędzy źródło napięcia odniesienia (11) i prostownik (8) umieszczony na wyjściu wspomnianego wzmacniacza operacyjnego (1).

3. Urządzenie do generacji, formowania i stabilizacji fali elektrycznej trójkątnej, prostokątnej i sinusoidalnej składające się z obwodu generacji fali sinusoidalnej, oraz dołączonego na jego wyjściu przerzutnika, sterującego wejście integratora pojemnościowego przez zmienny rezystor, **znamienny tym**, że wspomniany zmienny rezystor jest termicznie sterowalnym rezystorem (16), korzystnie termistorem o pośrednim nagrzewaniu, którego wejście sterowania jest dołączone do wyjścia komparatora składającego się ze wzmacniacza błędów (17), prostownika (18) i źródła napięcia odniesienia (19), przy czym wejście prostownika (18) dołączone jest do wyjścia wspomnianego integratora pojemnościowego (15).

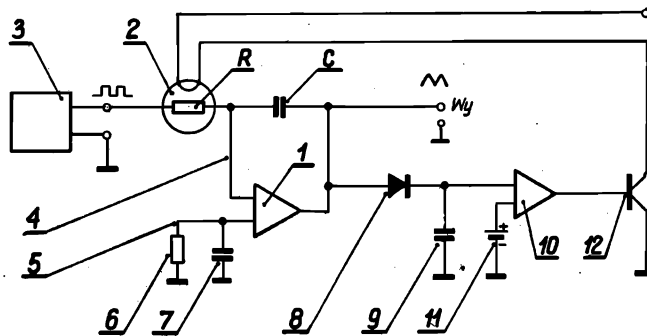


fig. 1

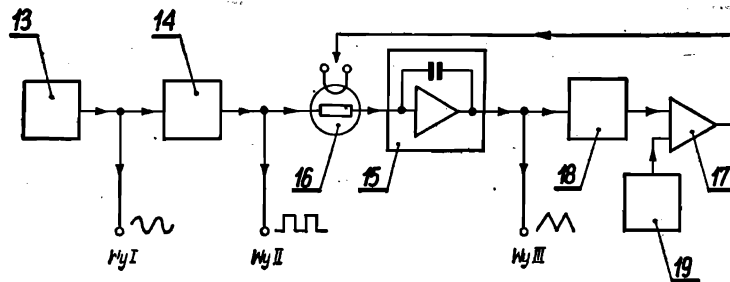


fig. 2