



Eksperymentalny nadajnik UKF zbudowany w Domu Młodych Techników w Warszawie przechodzi próby eksploatacyjne w pracowni radiotechnicznej. Opis budowy nadajnika zamieszczamy na str. 107

TRANZYSTOROWY GENERATOR SYGNAŁÓW ZMIENNYCH — Adam Wojtysiak ● **KONSERWACJA SPRZĘTU FILMOWEGO I FOTOGRAFICZNEGO** ● **JAK ZOSTAĆ KRÓTKOFALOWCEM** (odcinek 10) — Mgr inż. Witold Kozak ● **BUDUJEMY LODOWISKO** — Ludwik Ossowski

TRANZYSTOROWY GENERATOR SYGNAŁÓW ZMIENNYCH

Ogólnie biorąc, generator jest układem wytwarzającym zmienne przebiegi elektryczne przez przemianę energii dowolnego rodzaju, np. elektrycznej.

Generatory elektroniczne zawsze są przetwornicami energii elektrycznej, przy czym czerpią energię ze źródła prądu stałego i przemieniają ją na energię prądu zmiennego.

Kształt sygnału elektrycznego uzyskiwanego na wyjściu generatora może być różny. Mogą to być przebiegi sinusoidalne, prostokątne, trójkątne itp., w zależności od układu generatora, od zastosowanych elementów kształtujących uzyskiwane impulsy. W praktyce przeważnie otrzymujemy sygnały przemienne w postaci sinusoidalnej.

Układy generacyjne odznaczają się tym, że pracują w sposób samowzbudny, czyli nie wymagają sterowania sygnałem zewnętrznym. Generatory takie zawierają zawsze element czynny, a więc tranzystor współpracujący z obwodem elektrycznym złożonym z elementów RLC.

Przetwarzanie energii związane jest zawsze z jej stratami, czyli moc prądu zmiennego uzyskanego z generatora jest zawsze mniejsza od mocy pobranej ze źródła prądu stałego. Sprawność układu generacyjnego jest istotna jedynie w

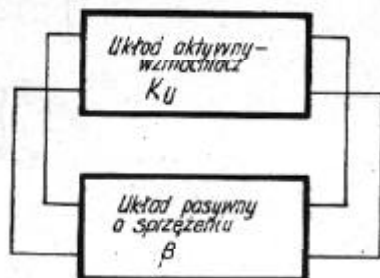
przypadku używania generatorów dużej mocy; w innych natomiast przypadkach nie odgrywa ona większej roli. Dąży się wówczas do spełnienia zwykle odmiennych wymagań, np. określonego kształtu napięcia, stałości częstotliwości itp.

Każdy układ generatora składa się z części aktywnej (układ wzmacniającej — lampa, tranzystor) i części pasywnej (z reguły układ bierny złożony z elementów RLC), które połączone są razem w odpowiedni sposób. Połączenie to powinno być takie, by drgania obwodu rezonansowego, wytworzone po włączeniu źródła zasilania układu narosły do odpowiedniej amplitudy. Amplituda i częstotliwość własnych drgań generatora powinny być niezmiennie w czasie włączonego zasilania. W takim przypadku, energia tracona w opornościach rzeczywistych układu drgającego powinna być skompensowana przez energię dostarczoną z układu aktywnego, np. z tranzystora — elementu wzmacniającego.

Rodzaje generatorów

Biorąc pod uwagę różne aspekty, teoretyczne lub praktyczne, generatory można podzielić na kilka grup.

Drgania układu generacyjnego mogą być wzbudzone w dwojaki sposób:



Rys. 1. Układ generatora ze sprzężeniem zwrotnym

- 1) za pomocą elementu o rezystancji ujemnej,
- 2) przez wykorzystanie sprzężenia zwrotnego.

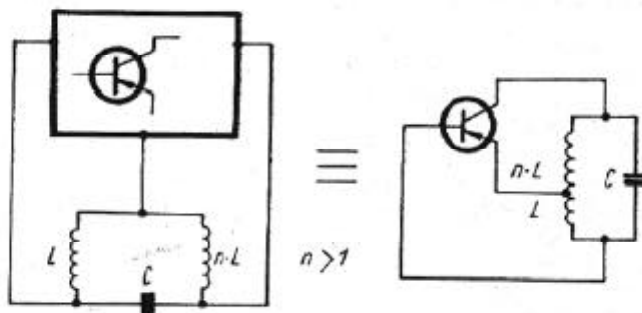
Generator działający na zasadzie sprzężenia zwrotnego składa się ze wzmacniacza o wzmacnieniu K oraz układu sprzężenia zwrotnego, jak to przedstawiono na rys. 1.

Sprzężeniem zwrotnym nazywamy połączenie elektryczne polegające na doprowadzeniu części energii sygnału wyjściowego na wejście układu.

W zależności od fazy napięcia zwrotnego, może się ono bądź dodawać do napięcia wejściowego (sprzężenie zwrotne dodatnie), bądź odejmować od napięcia wejściowego (sprzężenie zwrotne ujemne). W układach generacyjnych stosuje się dodatnie sprzężenie zwrotne.

Sprzężenie zwrotne zmienia wzmacnienie wzmacniacza; dodatnie sprzężenie zwrotne zwiększa wzmacnienie układu i powoduje jego wzbudzenie się.

Rys. 2. Elektryczny układ tranzystorowego generatora Hartleya



Częstotliwość drgań własnych generatora

Opisany w dalszej części artykułu generator tranzystorowy pracuje w układzie Hartleya z dzielnikiem indukcyjnym, w którym zastosowano sprzężenie autotransformatorowe. Układ ten należy do grupy generatorów czwórnikowych.

Schematyczny układ tranzystorowego generatora Hartleya przedstawiono na rys. 2. Ponieważ baza i kolektor tranzystora dołączone są do przeciwnych końców obwodu rezonansowego, napięcie na bazie przesunięte jest w fazie względem napięcia na kolektorze o kąt 180° . Wartość napięcia sprzężenia zwrotnego określana jest wartością reaktancji tej części cewki, do której dołączona jest baza i emiter tranzystora.

Dla generatora pracującego w układzie Hartleya częstotliwość drgań własnych określona jest następująco, uproszczoną znacznie, zależnością:

$$f = \frac{1}{2LC} = \frac{1}{2(L' + L'')C} = \frac{1}{2(n+1)L'C}$$

gdzie:

$L = L' + L''$ — indukcyjność całkowita obwodu,

C — pojemność kondensatora,

f — częstotliwość rezonansowa obwodu,

$n = \frac{L''}{L'}$ współczynnik podziału indukcyjności.

Aby jak najbardziej zmniejszyć wpływ parametrów elementu aktywnego (tranzystora) na częstotliwość generatora, co jest ważne ze względu na stałość częstotliwości, należy w każdym przypadku dążyć do jak najmniejszych wartości stosunku L:C, przy zachowaniu warunku na powstanie drgań.

Układ generatora

Schemat ideowy generatora ze wzmacniaczem napięcia częstotliwości zmiennej przedstawiony został na rys. 3. Całość układu elektrycznego składa się z dwóch zasadniczych części:

- generatora w układzie Hartleya z tranzystorem T1, wytwarzającego sinusoidalny przebieg zmienny,
- dwustopniowego wzmacniacza napięciowego z tranzystorami T2 i T3, służącego do wzmocnienia napięcia zmiennego wytwarzanego przez generator.

Generator zrealizowano w układzie Hartleya. Tranzystor pracuje w układzie wspólnego emitera OE, gdyż w tym układzie generator najłatwiej się wzbudza (zaczyna generować).

Rezystory $R_1 - R_4$ służą do właściwego doboru punktu pracy tranzystora. Rezystor R_1 ustala właściwą wartość sprzężenia zwrotnego sygnału z kolektora do bazy tranzystora.

Przełącznikiem P_{ze} wybiera się skokowo żądany zakres częstotliwości wytwarzanych przez generator. Do płynnego przestrajania częstotliwości w jednym z podzakresów służy kondensator strojenowy C.

Stabilizację punktu pracy tranzystora zrealizowano w układzie ze sprzężeniem w kolektorze.

Każda zmiana prądu kolektora tranzystora powoduje zmiany napięcia na kolektorze. Jeżeli prąd kolektora wzrośnie, wówczas napięcie na kolektorze obniży się. Prąd bazy, który jest kontrolowany przez rezystory R_1 i R_2 , także

zmaleje, co z kolei spowoduje powrót punktu pracy do stanu poprzedniego. Sytuacja jest zupełnie analogiczna, gdy prąd kolektora zmaleje pod wpływem jakichś innych czynników.

Układ ten jest dość często stosowany, gdyż nie obciąża układu wejściowego. Kondensator C_1 przyłączony do masy eliminuje ujemne sprzężenie zwrotne dla prądu zmiennego. W celu polepszenia stabilizacji, w szereg z uzwojeniem cewki obwodu rezonansowego LC włączono rezystor R_3 zbocznikowany dużą pojemnością C_2 . Zwiększając rezystancję dla prądu stałego w obwodzie kolektora polepszamy stabilizację punktu pracy. Wartość rezystora R_4 jest uzależniona od punktu pracy tranzystora i napięcia zasilającego.

Układ wzmacniacza napięciowego częstotliwości akustycznych

W celu zwiększenia wartości napięcia generowanego, zastosowano dwustopniowy wzmacniacz napięciowy częstotliwości akustycznych. Pierwszy stopień z tranzystorem T2, pracującym w układzie wspólnego kolektora OC, z zasilaniem w układzie typu „bootstrap”, zapewnia zmniejszenie tłumiącego wpływu wejściowych obwodów zasilania; w tym przypadku tłumieniec obwodu rezonansowego złożonego z elementów L i C.

W układzie tym rezystancja obwodu bazy dla składowej stałej wynosi:

$$R = \frac{R_5 \cdot R_6}{R_5 + R_6} + R_7$$

a dla składowej zmiennej:

$$R_b = \frac{R_7}{1 - k_u}$$

gdzie:

k_u — wzmocnienie napięciowe stopnia; w tym układzie nieco mniejsze od jedności ($k_u < 1$).

Zatem rezystancja R_B może być dostatecznie mała (jak tego wymagają wa-

runki zasilania i stabilizacji punktu pracy), mimo że rezystancja R_0 jest duża (jak tego wymaga warunek dużej impedancji wejściowej wzmacniacza).

Potencjometr P w układzie zapewnia płynną regulację napięcia wyjściowego wytwarzanego przez generator. Rezystor R_0 wraz z kondensatorem C_3 stanowi filtr RC odsprzęgający początkowo stopnie z tranzystorami T1 i T2.

Tranzystor T3 pracuje w układzie wspólnego emitera OE. Stopień ten zapewnia właściwe wzmocnienie napięciowe całego wzmacniacza. Zasilanie oraz punkt pracy tego tranzystora zrealizowano w układzie dzielnika rezystorowego w obwodzie bazy. Rezystor R_{14} wprowadza w układzie ujemne sprzężenie zwrotne prądowe i tym samym stabilizuje punkt pracy tranzystora tego stopnia.

Napięcie zmienne z układu pobiera się przez kondensator sprzęgający C_9 z obwodu kolektora tranzystora T3.

Poprawnie pracujący generator powinien wytwarzać drgania o określonej częstotliwości i amplitudzie. Częstotliwość ta jest głównie określona przez elementy liniowe układu, natomiast amplituda oraz jej stałość zależą w głównej mierze od nieliniowości elementu aktywnego (tranzystora), wartości napięć zasilających itp. Uzyskanie dużej stałości amplitudy drgań wymaga przede wszystkim odpowiedniej stabilizacji napięć zasilających oraz stabilizacji punktu pracy stopnia, co jest szczególnie istotne w układach tranzystorowych.

Stość amplitudy drgań zmiennych jest szczególnie istotna w układach przy przestrajaniu częstotliwości. W celu polepszenia stałości amplitudy, do układu generatora można dołączyć dodatkowe elementy nieliniowe, jak diody prostownicze lub Zenera.

W praktyce jednak, na skutek różnych czynników destabilizujących, częstotliwość drgań generatora może ulegać zmianom. Przyczyną tych zmian mogą być:

- zmiany parametrów układu aktywnego (tranzystora),
- zmiany własności elektrycznych układu pasywnego (elementów RLC) wchodzącego w skład układu generatora.

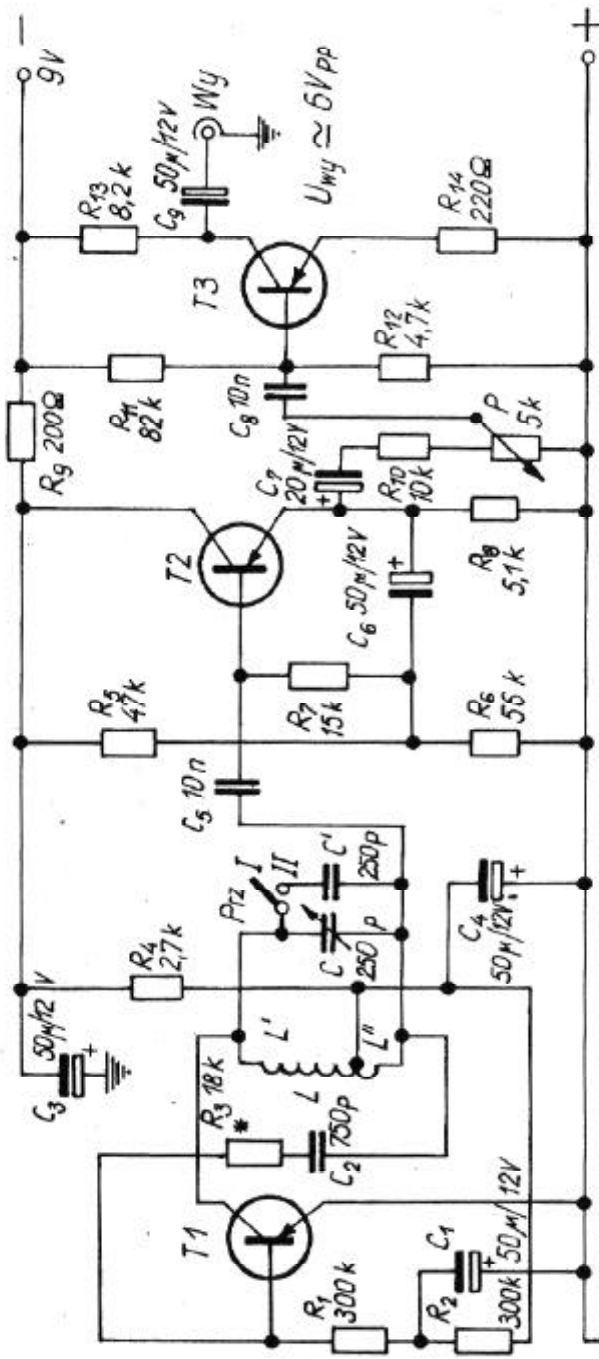
Wpływ układu aktywnego i pasywnego na stałość częstotliwości

Niestość częstotliwości drgań własnych generatora wywołana przez element aktywny (tranzystor) może być spowodowana przez wiele czynników, a mianowicie przez:

- nieliniową pracę elementu aktywnego,
- starzenie się elementu,
- zmiany warunków otoczenia, jak na przykład temperatury,
- niestość napięcia zasilającego itp.

Przyczyną zmian własności elementów pasywnych (elementów RLC) jest w głównej mierze zmiana temperatury, w jakiej znajdują się te elementy, a ponadto zmiana wilgotności itp. Przeciwdziałać tym zmianom można przez stosowanie elementów układu pasywnego o różnych własnościach temperaturowych, tzn. o dodatnich i ujemnych współczynnikach temperaturowych tak, by zmiany temperaturowe parametrów elektrycznych wzajemnie się kompensowały. Na przykład włączenie do obwołu zamiast jednego kondensatora, którego pojemność wzrasta ze wzrostem temperatury, dwóch kondensatorów, w których zmienność pojemności przy zmianach temperatury jest podobna, lecz zachodzi w przeciwnych kierunkach (w jednym wzrasta, a w drugim maleje), umożliwi realizację wypadkowej pojemności o wartości niezależnej od temperatury. Podobnie przez zastosowanie odpowiedniego kondensatora można skompensować zmiany indukcyjności cewki obwołu rezonansowego tak, by częstotliwość własna drgań generatora była niezależna od temperatury.

W celu uzyskania dobrej stałości czę-



T1, T2, T3 - AF 427 lub AF 124, 125, 428
 * - dobrać doświadczenie. Oznaczenie $k = k\Omega$, $p = pF$, $n = nF$, $\mu = \mu F$

Rys. 3. Schemat idealny tranzystorowego generatora w układzie Hartleya. Indukcyjność cewki $L = 2,86$ mH. Liczba zwojów indukcyjności L' jest równa $n' = 340$ zw., natomiast $L'' = 60$ zw. drutu DNE \varnothing 0,1 mm. Różelk permalajowy o średnicy zewnętrznej 20 mm. Częstotliwość generatora: zakres I f - 200—600 kHz, zakres II f - 130—230 kHz

stotliwości drgań generatora należy ograniczyć wpływ wymienionych czynników.

Montaż i uruchomienie generatora

Poprawnie zmontowany elektryczny układ tranzystorowego generatora Hartleya działa od razu po włączeniu źródła zasilania. Jedynie w przypadku zastosowania jako tranzystora T1 tranzystorów wymienionych w nawiasie na schemacie ideowym może ewentualnie zajść potrzeba indywidualnego doboru elementów sprzężenia zwrotnego RC.

Układ elektryczny prototypu generatora zmontowany został na płycie laminatowej techniką obwodów drukowanych. Uzyskuje się w ten sposób zmniejszone rozmiary płytki i ogólne rozmiary całego generatora. Nie podajemy szkicu połączeń na płycie drukowanej, gdyż to zależy od zastosowanych elementów elektronicznych; przede wszystkim zależy od rodzaju posiadanych kondensatorów elektrolitycznych i rdzenia ferrytowego, na którym należy nawinąć cewkę obwodu rezonansowego generatora.

Wyniki pomiarów napięć na poszczególnych elektrodach tranzystorów układu elektrycznego generatora sygnału zmiennego podano w tabelce.

Zestawienie wyników pomiarów

	Kolektor	Baza	Emitter
T1	-8.0	-0.1	0
T2	-8.9	-0.7	-0.6
T3	-5.0	-0.5	-0.3

Pomiarów dokonano woltmierzem o rezystancji wewnętrznej 20 k Ω /V w stosunku do masy, przy napięciu zasilającym 9 V.

Wszystkie wartości napięć zestawione w tabeli wyrażono w woltach. Napięcie wyjściowe U wynosi 6 V pp, co odpowiada 2,1 V wartości skutecznej.

Adam Wojtyśiak