



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY

A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

201628
(11) (B1)

(51) Int. Cl.³
H 01 L 41/08

(22) Přihlášeno 25 08 77

(21) (PV 5575-77)

(40) Zveřejněno 31 03 80

(45) Vydáno 15 07 82

(75)

Autor vynálezu

PAVLOVEC JOSEF prom. fyz., HRADEC KRÁLOVÉ, KVAPIL VLADIMÍR
ing., PARDUBICE a ŠRAMAR JAROSLAV ing., HRADEC KRÁLOVÉ

(54) Zapojení obvodu piezoelektrické krystalové jednotky

Vynález se týká zapojení obvodu piezoelektrické krystalové jednotky, ve kterém je s piezoelektrickou krystalovou jednotkou zapojena sériová kapacita a sériová indukčnost a sériové uspořádání piezoelektrické krystalové jednotky a kapacity je přemostěno paralelní kapacitou.

Dosud byla minimalizace dosahována hlavně výběrem krystalových výbrusů potřebné orientace úhlu řezu, a to například pro rezonátory řezu AT křemene s přesností $\pm 30''$ pro dosažení odchylky $\pm 5 \cdot 10^{-6}$ v rozmezí teplot -25 až $+65$ °C. Dále je využíváno teplotní kompenzace kmitočtu pomocí teplotně proměnného napětí, získávaného odporovou sítí termistorů, přiváděného na napěťově závislou kapacitu varikapu zapojeného v sérii s piezoelektrickou krystalovou jednotkou.

Nevýhodami dosavadního stavu je, že dosažení přesných úhlů řezu je výrobně velmi náročné. Výběr rezonátorů s přesností řezu $\pm 30''$ má výtěžnost pro odchylku kmitočtu $\pm 5 \cdot 10^{-6}$ kolem 30 %; orientaci s přesností $\pm 10''$, potřebnou k dosažení minimální možné odchylky $\pm 2,5 \cdot 10^{-6}$ v rozmezí -25 až $+65$ °C, nelze prakticky výrobně provádět.

V případě teplotní kompenzace kmitočtu pomocí varikapu lze sice dosáhnout velmi malých změn, až $\pm 5 \cdot 10^{-7}$, ovšem návrh i realizace poměrně složitého obvodového uspořá-

dání jsou velmi náročné, obvod vyžaduje vytvoření velmi stabilního předpětí varikapu a zhotovení celého oscilátoru je podmíněno nákladnými investičními zařízeními.

Uvedené nedostatky odstraňuje zapojení piezoelektrické krystalové jednotky, ve kterém je s piezoelektrickou krystalovou jednotkou zapojena sériová kapacita a sériová indukčnost a sériové uspořádání piezoelektrické krystalové jednotky a kapacity je přemostěno paralelní kapacitou podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že sériová kapacita má hodnotu v rozsahu od 6 do 150 pF, paralelní kapacita má hodnotu v rozsahu od 0 do 100 pF a sériová indukčnost má hodnotu v rozsahu od 0,05 μ H do 100 μ H, přičemž sériová kapacita a paralelní kapacita a sériová indukčnost při pokojové teplotě splňují vztah:

$$\frac{C_0}{C_1^2 \left(1 - \frac{C_2}{C_1 + C_2}\right)^2} \left\{ C_1 k_1 - \frac{2C_1 C_2 k_1}{C_1 + C_2} + \frac{C_1 C_2 (C_2 k_1 + C_1 k_2)}{(C_1 + C_2)^2} \right\} = (a_1 - a'_1) \frac{2}{m}$$

a sériová kapacita a paralelní kapacita splňují vztah:

$$1 - \omega^2 L (C_1 + C_2) = 0$$

kde

- k_1, k_2 jsou teplotní koeficienty kapacitních reaktancí,
 a_1 resp a_1' je teplotní koeficient prvního řádu kubické paraboly teplotní závislosti samotné piezoelektrické krystalové jednotky PKJ, resp. teplotní závislosti paraboly požadované,
 m je poměr dynamické kapacity C_h a statické kapacity C_0 piezoelektrické krystalové jednotky PKJ.

Výhodou zapojení obvodu piezoelektrické krystalové jednotky podle vynálezu je dosažení žádaného průběhu kmitočtu jednotky v závislosti na velikosti teplotních koeficientů kapacit, aniž by bylo nutno měnit orientaci destičky křemenného výbrusu. To znamená, že dosažení optimálního žádaného průběhu kmitočtu v rozmezí teplot není nutno vybírat krystalové výbrusy s orientací s přesností 30 úhlových vteřin, ale provést nastavení volbou vhodné velikosti kapacit C_1 resp C_2 .

Vynález bude nyní blíže vysvětlen s přihlédnutím na přiložený výkres, na kterém obr. 1 představuje uspořádání zapojení obvodu piezoelektrické krystalové jednotky podle vynálezu a obr. 2 znázorňuje teplotní závislost kmitočtu křemenných rezonátorů řezu AT.

Obvykle je zapojení obvodu podle vynálezu realizováno kapacitou C_1 připojenou v sérii s piezoelektrickou krystalovou jednotkou PKJ, kapacitou C_2 , která paralelně přemostuje sériovou kombinaci kapacity C_1 a piezoelektrické krystalové jednotky PKJ a indukčností L připojenou v sérii k této kombinaci.

Teplotní závislost kmitočtu křemenných rezonátorů řezu AT je dána kubickou parabolou, viz křivka a obr. 2 typu

$$\frac{f - f_0}{f_0} = a_1 (T - T_0) + a_2 (T - T_0)^2 + a_3 (T - T_0)^3,$$

kde f je kmitočet piezoelektrické krystalové jednotky PKJ při teplotě T ; a_1, a_2, a_3 jsou teplotní koeficienty prvního, druhého a třetího řádu; f_0 je kmitočet při teplotě T_0 .

Vynález vychází z možnosti úpravy koeficientu a_1 lineární části shora uvedené třetí závislosti, jehož změnou je možno v používaném úhlovém rozmezí orientace destiček řezu AT křemene dosáhnout natočení kubické pa-

raboly kolem jejího inflexního bodu, odpovídající například optimálnímu úhlu řezu křemenné destičky rezonátoru.

Při použití kapacit s lineární teplotní závislostí s kladným teplotním koeficientem kapacity proběhne natočení paraboly ve směru hodinových ručiček, viz křivka b obr. 2, s kapacitami se záporným koeficientem ve směru opačném, křivka c. Vzhledem k tomu, že připojení kapacity k piezoelektrické krystalové jednotce PKJ způsobí rovněž odtažení kmitočtu k vyšším hodnotám a nevýhodné natočení fáze, je ke kombinaci kapacit připojena indukčnost, která tyto poměry vyrovnává.

Hodnoty kapacit a indukčností pro dosažení potřebného průběhu kmitočtových odchylek v rozmezí teplot (nejčastěji pro jejich minimalizaci) jsou dány prvními dvěma vztahy.

Příklad provedení zapojení obvodu piezoelektrické krystalové jednotky podle vynálezu:

piezoelektrická krystalová jednotka PKJ kmitočtu $f = 14,2$ MHz, o statické kapacitě $C_0 = 3,95$ pF a dynamické kapacitě $C_h = 16,8$ mpF má odchylku $\Delta f/f = \pm 2,8 \cdot 10^{-5}$ v rozmezí teplot -25 až $+65$ °C. Průběh teplotní závislosti je dán kubickou parabolou s hodnotou koeficientu $a_1 = -7,6 \cdot 10^{-7}$. Kompensační obvod se skládá z kapacity $C_1 = 37$ pF připojené v sérii s piezoelektrickou krystalovou jednotkou PKJ, z kapacity $C_2 = 27$ pF, jež je paralelně připojena ke kombinaci sériové kapacity C_1 a piezoelektrické krystalové jednotky PKJ, a z sériové indukčnosti $L = 2,1$ μH. Kondenzátory C_1 a C_2 se zápornou hodnotou teplotního koeficientu kapacity $k_1 = k_2 = -500 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$ způsobí natočení kubické paraboly teplotní závislosti tak, že celková kmitočtová odchylka v rozmezí teplot je $\pm 2,5 \cdot 10^{-6}$. Tato parabola má hodnotu koeficientu $a_1' = -1,6 \cdot 10^{-7}$. Při použití kapacitních reaktancí s lineární závislostí kapacity na teplotě, (s konstantním teplotním koeficientem kapacity v rozmezí teplot), je možno dosáhnout nejvýše teplotní změny kmitočtu dané optimální orientací krystalového výbrusu. Pro dosažení menší teplotní změny je třeba použít reaktance s nelineárním průběhem kapacity, blízcím se v požadovaném rozmezí teplot kubické parabole s inflexním bodem v okolí teploty T_0 . Tímto způsobem lze získat plochý průběh výsledné kubické závislosti kmitočtu dané třetím vztahem, kdy se mění koeficient třetího řádu a_3 .

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Zapojení piezoelektrické krystalové jednotky, ve které je s piezoelektrickou krystalovou jednotkou zapojena sériová kapacita a sériová indukčnost a sériové uspořádání piezoelektrické krystalové jednotky a kapacity je přemostěno paralelní kapacitou, vyznačené

tím, že sériová kapacita (C_1) má hodnotu v rozsahu od 6 do 150 pF, paralelní kapacita (C_2) má hodnotu v rozsahu od 0 do 100 pF a sériová indukčnost (L) má hodnotu v rozsahu od 0,05 μH do 100 μH, přičemž sériová kapacita (C_1) a paralelní kapacita (C_2) a sériová in-

dukčnost (L) při pokojové teplotě splňují vztah: kde

$$\frac{C_0}{C_1^2 \left(1 - \frac{C_2}{C_1 + C_2}\right)^2} \left\{ C_1 k_1 - \frac{2C_1 C_2 k_1}{C_1 + C_2} + \right. \\ \left. + \frac{C_1 C_2 (C_2 k_1 + C_1 k_2)}{(C_1 + C_2)^2} \right\} = (a_1 - a'_1) \frac{2}{m}$$

a sériová kapacita (C_1) a paralelní kapacita (C_2) splňují vztah: m

$$1 - \omega^2 L (C_1 + C_2) = 0,$$

k_1, k_2 jsou teplotní koeficienty kapacitních reaktancí,

a_1 resp. a'_1 je teplotní koeficient prvního řádu kubické paraboly teplotní závislosti samotné piezoelektrické krystalové jednotky **PKJ**, resp. teplotní závislosti paraboly požadované a

je poměr dynamické kapacity C_h a statické kapacity C_0 piezoelektrické krystalové jednotky **PKJ**.

2 výkresy

