

MIODRAG MILJKOVIĆ, dipl. ing.
SREĆKO ZRILIĆ, dipl. ing.

Institut "Mihailo Pupin" Beograd

JEDINKE KRISTALA KVARCA U FREKVENTNOM OPSEGU 600-1200 kHz

QUARTZ CRYSTAL UNITS IN FREQUENCY RANGE 600-1200 kHz

SADRŽAJ - Dati su osnovni podaci za projektovanje kristalnih jedinki tipova SL, HT, ET i FT u frekventnom opsegu 600-1200 kHz. Pokazano je da je moguća upotreba subminijaturnog kućišta tipa 05 ili 13 u tom opsegu.

ABSTRACT - Basic data for the design of SL, HT, ET and FT quartz crystal units in the frequency range 600-1200 kHz are given. It is shown that crystal holders type HC-18/U or HC-25/U can be used.

1. UVOD

U veoma širokom spektru frekvencija jedinki kristala kvarca od nekoliko stotina Hz do nekoliko stotina MHz nalazi se jedan deo za koji se retko mogu naći rešenja čak i u katalogima renomiranih proizvođača ovih komponenata. To je opseg od oko 600 do 1200 kHz, opseg koji se nalazi između dva tipa oscilovanja kvarcnih vibratora - površinsko smičućih i debljinsko smičućih AT tipa.

Rezultati ovog rada nude praktične realizacije kristalnih jedinki u ovom frekventnom opsegu redje korišćene familije tipova SL, FT, ET i HT koji svi pripadaju grupi sa površinsko smičućim tipom oscilacija. Poseban uslov koji je u ovoj realizaciji bio postavljen je da dimenzije vibratora i primenjena tehnologija izrade budu takvi da se mogu upotrebiti kućišta tipa 13 ili 05 (prema JUS-u) odnosno HC-18 ili HC-25 (prema MIL-standardu) tj. da pripadaju familiji

subminijaturnih jedinki kako je to u domaćoj terminologiji uobičajen naziv za ova kućišta. Odmah treba istaći da se opseg 800 do 1200 kHz može pokriti daleko popularnijim i po karakteristikama boljim tipom AT tipom, koji u ovako postavljenom zadatku ipak ne zadovoljava jer zahteva kućišta dimenzija tipa 01 odnosno HC-6/U ili veća.

Rodonačelnici pomenute familije tipova su tipovi CT i DT, otkriveni još 1937. godine i široko eksploatisani u II svetskom ratu (proizvedeno preko 10.000.000 komada) iz kojih se daljim razvojem došlo do navedene familije tipova. Na sl. 1. prikazan je položaj pomenutih tipova vibratora u odnosu na ose kristala kvarca. Radi prostorne orijentacije data je i skica sintetičkog-kultivisanog kvarca tipa Yo.

2. DIMENZIJE VIBRATORA


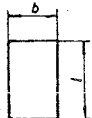
Rezonantna frekvencija familije vibratora sa sl.1. data je jednačinom

$$f = \frac{k}{l}$$

gde je k - frekventna konstanta koja zavisi od tipa vibratora i odnosa širine b i dužine l .

Za razliku od vibratora DT i CT koji su kvadratnog oblika i koji se koriste na osnovnoj rezonanciji, pločice nove familije mogu biti pravougaone (SL i HT) ili kvadratne (ET i HT) i biti pobudjivane na osnovnoj rezonanciji (SL i HT) ili na rezonanciji drugog overtona. Navedene razlike u odnosu na DT i CT tipove imaju za posledicu da se dobija veća frekventna konstanta što ujedno znači i višu rezonantnu frekvenciju za iste dimenzije pločica. Ovo je ujedno i osnovna osobina nove familije vibratora. U tabeli 1. dat je pregled frekventnih konstanti svih tipova.

Tabela 1.

| Tip | θ | Način oscilovanja | $\frac{b}{l}$ | Oblik pločice | Frekventna konstanta $f_{.1}$ [kHz·mm] |
|-----|-------------|---------------------|---------------|---|--|
| DT | -52° | osnovna rezonancija | 1.0 |  | 2070 |
| CT | $+38^\circ$ | | | | 3080 |
| FT | -57° | drugi overton | | | 4720 |
| ET | $+66^\circ$ | | | | 5410 |
| SL | -51° | osnovna rezonancija | 0.40 |  | 4550 |
| | | | 0.23 | | 7520 |
| | | | 0.18 | | 9650 |
| | | | 0.28 | | 9500 |
| HT | $+35^\circ$ | | | | |

Kod pravougaonih rezonatora SL i HT nužno je odabrati takav odnos $\frac{b}{l}$ da se dobije čist frekventni spektar. Naša merenja pokazala su da se čist spektar dobija u okolini odnosa $\frac{b}{l}$ datih u tabeli 1. Van ovih vrednosti rezonator ima dve ili više bliskih rezonantnih frekvencija što praktično onemogućuje njihovu primenu. Na sl. 2. mogu se uočiti šrafirane oblasti u kojima se dobija samo jedan odziv vibratorske pločice.

Da bi se ET i FT tipovi pravilno upotreбили moraju oscilatori u kojima se koriste ove jedinice da poseduju rezonantno kolo podešeno na frekvenciju drugog overtonarezonatora. Rezonantno kolo kod ostalih tipova nije potrebno. Polazeći od podataka iz tabele 1. izradjena je familija krivih (sl. 3) na osnovu koje se može projektovati bilo koja od navedenih tipova jedinki u opsegu 600–1200 kHz. Na sl. 3. date su i skice kućišta 01 i 05 sa maksimalnim dimenzijama pločica koje se mogu u njih ugraditi. Može se lako zaključiti da se u subminijaturnom kućištu 05 mogu ugraditi pločice više tipova čije dimenzije odgovaraju opsegu 600–1200 kHz. Faktor koji ograničava najvišu frekvenciju kod SL i HT tipova je širina pločice koja iz tehnoloških razloga ne može biti manja od oko 2 mm.

Kristalna jedinice jedne frekvencije može se projektovati na više načina. Tako na primer jedinka 875 kHz može biti realizovana u kućištu 05 na šest načina:

| Tip | l (mm) | b (mm) |
|-----|-----------|-----------|
| SL1 | 5.2 | 2.1 |
| SL2 | 8.6 | 2.0 |
| SL3 | 11.0 | 2.0 |
| ET | 6.2 | 6.2 |
| FT | 5.4 | 5.4 |
| HT | 10.8 | 3.0 |

Izbor optimalnog rešenja zavisi od više parametara od kojih su najvažniji temperaturna stabilnost, ekvivalentna serijska otpornost R_1 i složenost kola oscilatora.

Na sl. 4. prikazana je HT jedinka frekvencije 1000 kHz. Vidi se da je primenjeno poznato konstruktivno rešenje kod kojeg se kvarcna pločica pomoću žice učvršćuje u držač u mirnoj tački koja leži u njenom centru.

3. ELEKTRIČNE KARAKTERISTIKE

Temperaturne karakteristike frekvencije svih tipova imaju oblik parabole

$$\frac{\Delta f}{f} = a(t-t_0)^2$$

gde su a - konstanta koja zavisi od tipa vibratora

t_0 - temperatura vrha parabole, koja zavisi od ugla θ i može se postaviti na pogodnoj temperaturi u radnom temperaturnom opsegu.

U tabeli 2. date su približne vrednosti konstante a i tipična odstupanja frekvencije u odnosu na temperaturu vrha parabole u opsegu $-20/+70^\circ\text{C}$.

Tabela 2.

| Tip | a $10^{-6}/^{\circ}\text{C}^2$ | Odstupanje frekvencije u opsegu $-20/+70^{\circ}\text{C}$ u odnosu na $+25^{\circ}\text{C}$ |
|--------|-------------------------------------|--|
| SL | -0.02 | $0/-40 \cdot 10^{-6}$ |
| HT | -0.05 | $0/-100 \cdot 10^{-6}$ |
| FT, ET | -0.05 do -0.06 | $0/-100 \cdot 10^{-6}$ do $0/-120 \cdot 10^{-6}$ |

U pogledu temperaturnih osobina prednost ima tip SL zbog najmanje veličine konstante a .

Veličina otpornosti R_1 zavisi od više parametara. Prednost u pogledu otpornosti ima onaj tip koji radi na osnovnoj rezonanciji a vibrator je veće dužine i širine. Značajan parametar je debljina vibratora. Tanja pločica doprineće smanjenju otpornosti. Treba istaći da je debljina vibratora jedan od glavnih parametara koji utiče na pojavu neželjenih rezonancija koje su posledica viših overtona oscilacija savijanja pločice. Ova pojava nije sistematski istraživana za sve navedene tipove, a to bi bilo od primarnog značaja ako bi se zahtevala primena ovih jedinki u filterima što u ovom radu nije bio naš cilj.

Električni parametri nekih realizovanih jedinki dati su u narednoj tabeli.

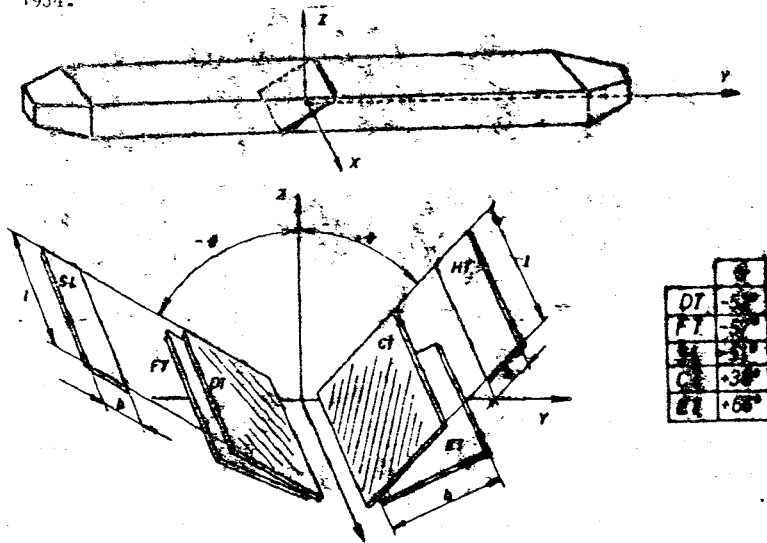
| Tip | Frekvencija kHz | R_1 Ohm | Q | C_0 pF | C_1 fF | L_1 H | l mm | b mm | t mm |
|-----|--------------------|--------------|-------|-------------|-------------|------------|---------|---------|---------|
| HT | 1000 | 1700 | 22800 | 2.1 | 6.3 | 4.0 | 9.5 | 2.7 | 0.7 |
| SL1 | 1000 | 1350 | 25000 | 2.3 | 4.7 | 5.4 | 4.6 | 1.85 | 0.18 |
| SL2 | 750 | 1800 | 18000 | 2.8 | 6.5 | 6.9 | 10 | 2.3 | 0.4 |
| SL1 | 720 | 1400 | 34000 | 3.3 | 6.4 | 7.6 | 6.4 | 2.5 | 0.25 |
| SL3 | 819 | 900 | 30000 | 6.1 | 7.2 | 5.2 | 12.4 | 2.1 | 0.4 |
| FT | 700 | 1800 | 30300 | 6.0 | 4.2 | 12.4 | 6.8 | 6.8 | 0.4 |

4. ZAKLJUČAK

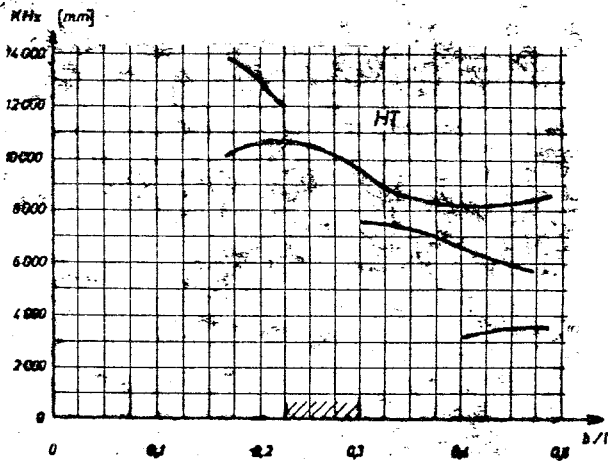
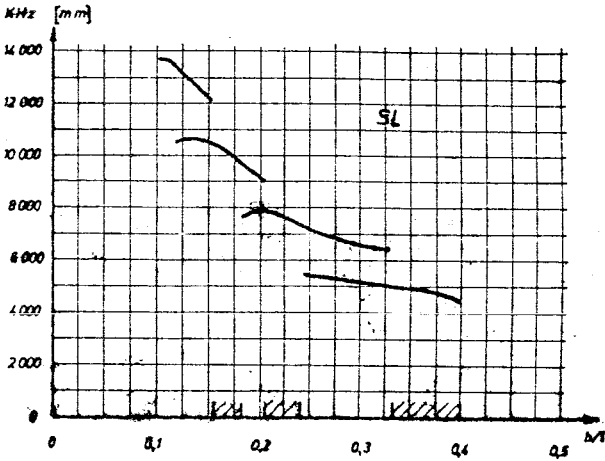
Jedinke kristala kvarca mogu se realizovati u frekventnom opsegu 600-1200 kHz u subminijaturnim kućištima karakteristika koje su uporedljive sa karakteristikama jedinki u susednim frekventnim opsezima. Pogodne su za upotrebu u uređajima gde temperaturna stabilnost frekvencije nije primarni zahtev. Posebno su pogodne za mikroprocesorska kola.

LITERATURA

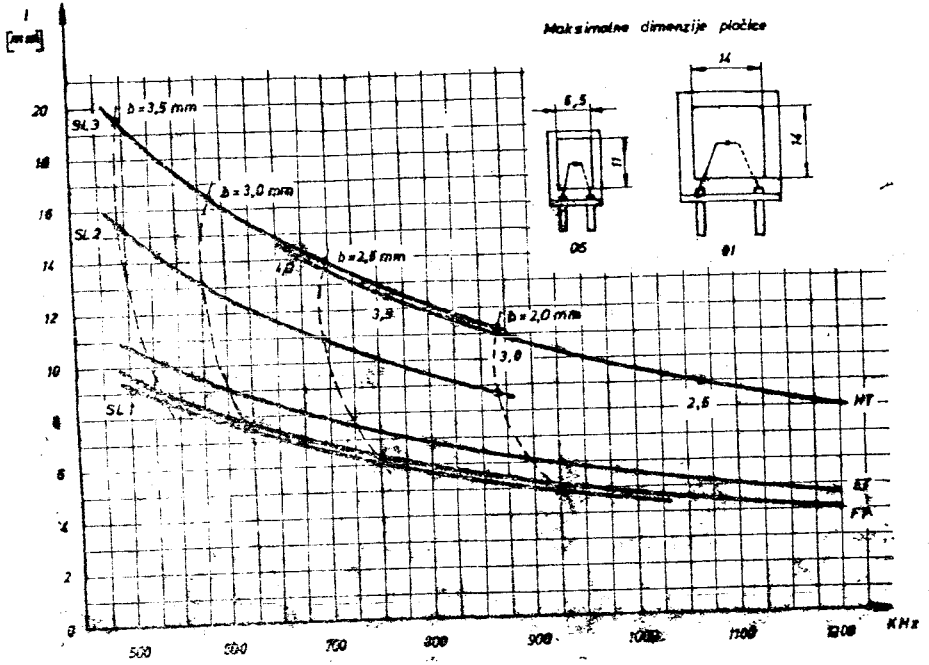
- 1 P. Vigoureux, Quartz Vibrators and their applications, London: His Majesty's stationery office, 1950.
- 2 R. Neising, Quartz crystals for electrical circuits, New York: D. Van Nostrand Company, 1946.
- 3 J.P. Buchanan, Hand book of piezoelectric crystals for radio equipment designers, Ohio, Wright Air Development Center, 1954.



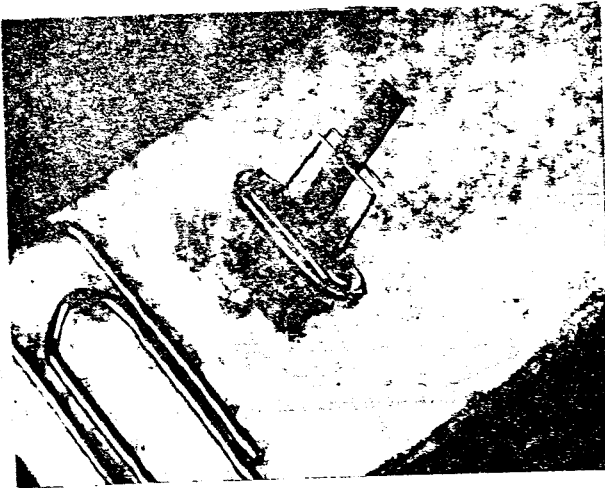
Sl. 1. Položaj pločica u kristalu kvarca



Sl. 2. Frekventna konstanta K (kHz·mm) HT i SL tipova



Sl. 3. Dimenzije pločica



Sl. 4. HT kristalna jedinica 1000 kHz