**Harmonické oscilátory**

**Princíp a podstata oscilátorov - určenie a využitie**

Oscilátor predstavuje elektronický obvod, ktorého úlohou je vytvoriť elektrické kmity žiadaného tvaru a žiadaného kmitočtu s čo najväčšou stabilitou obvodových veličín výstupného signálu.

Amplitúda a kmitočet výstupného signálu patria preto k najdôležitejším obvodovým parametrom každého oscilátora. Obvody oscilátorov pracujú v reálnych okolitých podmienkach z ktorých najvýznamnejšia je teplota a vnútorná štruktúra zapojenia, ktorá obsahuje rôzne diskrétne alebo integrované súčiastky, napájacie napätie, tlak, záťažová impedancia ...

Najdôležitejšie obvodové parametre oscilátora sú preto ovplyvnené vonkajšou teplotou   
a vlastnosťami súčiastok v jeho obvodovom zapojení, ktoré ovplyvňujú kmitočtovú   
a amplitúdovú stabilitu, ktorá má byť čo najväčšia.

Vzhľadom na základnú úlohu oscilátorov-byť zdrojom signálov presne definovaných parametrov-majú oscilátory základný význam pre mnohé odbory elektronika: rádiové komunikácie, časomerné obvody, spotrebnú a investičnú elektroniku, prístrojovú techniku atď.

Oscilátor je zdroj striedavého napätia, ktorého kmitočet je určený vnútornými súčiastkami. Sám je zdrojom signálu a na rozdiel od zosilňovača je dvojpólom. Oscilátor vzniká úpravou obvodu zosilňovača so spätnou väzbou. Na vstup zosilňovača je privedené výstupné napätie zo spätnoväzbového člena s prenosom β, ktorý zabezpečuje kladnú spätnú väzbu.

Každý oscilátor pozostáva z dvoch obvodových celkov-zosilňovača a riadiaceho obvodu-spätnej väzby, ktorá zabezpečuje kladnú spätnú väzbu. Kladná spätná väzba ako je známe za určitých okolností spôsobuje rozkmitanie zosilňovača nekontrolovane čo je v tomto prípade nežiadúce. Obvod zosilňovača so spätnou väzbou musí pri funkcii oscilátora kmitať konštantnou amplitúdou kmitov a konštantnou frekvenciou.

**Barkhausenové podmienky pre oscilátory**

Na vytvorenie oscilátora s konštantnou amplitúdou je potrebné sústavné dodávanie energie kmitajúcej sústave pomocou zosilňovača s vhodne zvolenou spätnou väzbou. Ide teda o spätnoväzobné oscilátory s kladnou spätnou väzbou, ktoré majú tzv. blok spätnej väzby, označovaný ß a blok zosilnenia, označovaný A. Keďže tieto bloky obsahujú reaktancie, kondenzátory a niekedy aj cievky, ich prenosy majú komplexný tvar.

Rovnica ß \* Au = 1 sa nazýva amplitúdová podmienka kmitania. Podľa nej bude oscilátor vytvárať ustálené kmity len vtedy, ak súčin prenosu ß bloku spätnej väzby a zosilnenia Au bloku zosilnenia sa bude rovnať jednej. V praxi sa nastavuje tento súčin na hodnotu mierne väčšiu ako jedna, čím sa zabezpečí spoľahlivé rozkmitanie oscilátora aj pri zmenšení zosilnenia Au bloku zosilnenia napríklad z dôvodu zníženia napájacieho napätia alebo starnutia aktívnych alebo pasívnych prvkov v zosilňovači.

Druhá rovnica φß + φA = 2\*k\*π sa nazýva fázová podmienka kmitania. Podľa tejto podmienky bude oscilátor vytvárať kmity len vtedy, keď súčet fázových posunov bloku spätnej väzby a bloku zosilnenia v slučke spätnej väzby bude celočíselným násobkom 2\*π.

V harmonických oscilátoroch sú tieto podmienky splnené pre jedinú frekvenciu vytváraných kmitov fo. Ak by obidve podmienky kmitania platili v ustálenom stave súčasne pre viac rôznych frekvencií, potom by oscilátor pracoval ako generátor nesínusových (neharmonických) kmitov, pretože by vytváral napätie s priebehom daným superpozíciou (lineárnym sčítaním) všetkých frekvenčných zložiek, pre ktoré sú obidve dielčie podmienky kmitania splnené.

**Rozdelenie a typy oscilátorov**

**Delenie podľa tvaru výstupného signálu:**

1. Oscilátory, ktorých výstupné napätie má tvar sínusovky, t.j. tvar výstupného napätia sa dá popísať jednoduchou funkciou sínus alebo kosínus, napr. u = Uo . sin ( ⍵.t + φ ) alebo u = Uo . cos ( ⍵.t + φ ). Takéto oscilátory nazývame harmonické oscilátory, alebo v technickej praxi jednoducho oscilátory.
2. Oscilátory, ktorých výstupné napätie má ľubovoľne iný tvar ako sínusový, napr. obdĺžníkový, trojuholníkový, pílovitý, impulzný a pod, t.j. tvar výstupného napätia sa nedá popísať jednoduchou funkciou sínus alebo kosínus, ale na jeho popis musíme použiť sústavu súčtov sínusových a kosínusových funkcií, t.j. Fourierov rozvoj. Takéto oscilátory nazývame neharmonické oscilátory, alebo relaxačné generátory. V technickej praxi ich označujeme generátory tvarových signálov, alebo jednoducho generátory.

**Delenie podľa frekvencie vytváraných kmitov:**

1. **Nízkofrekvenčné oscilátory**: Frekvenčný rozsah vytváraných kmitov je od 10-2 Hz po 106 Hz. Významné miesto v tomto frekvenčnom pásme majú signály akustické, t.j. počuteľné, ktorých frekvencie ležia od 16 Hz do 20 kHz. Je samozrejmé, že by sa dali spomenúť aj ďalšie podpásma hlavného nízkofrekvenčného pásma, ako napr. infrazvuk a ultrazvuk, ležiace hneď pod a nad podpásmom akustických frekvencií.
2. **Vysokofrekvenčné oscilátory**. Frekvenčný rozsah vytváraných kmitov je od 106 Hz. Z hora hranica nie je daná. Aj toto frekvenčné pásmo by sa dalo rozdeliť na viacero frekvenčných podpásiem, napríklad na pásmo metrových až kilometrových vĺn, kde sa v oscilátoroch používajú klasické rezonančné obvody, na pásmo metrových a decimetrových vĺn, kde sa v oscilátoroch používajú rezonančné vedenia alebo dutinové rezonátory, alebo na pásmo centimetrových a milimetrových vĺn, kde sa v oscilátoroch používajú vlnovodové alebo dutinové rezonátory.

**Podľa druhu prvku určujúceho frekvenciu vytváraných kmitov:**

1. **Oscilátory LC**, v ktorých frekvenciu kmitov určuje rezonančný obvod LC, či už sériový alebo paralelný. Tento druh oscilátorov sa v elektronických prístrojoch vyskytuje najčastejšie. Oscilátory LC sa používajú ako laditeľné oscilátory v prijímačoch, vysielačoch, meracích prístrojoch a pod. Stabilita frekvencie vytváraných kmitov sa pohybuje od 10-3 po 10-5.
2. **Oscilátory riadené piezoelektrickým rezonančným prvkom**, tzv. kryštálovým výbrusom (kryštálom). Tieto oscilátory majú vynikajúcu frekvenčnú stabilitu vytváraných kmitov a to 10-6 až 10-8. Používajú sa preto tam, kde sú prísne požiadavky na stabilitu frekvencie kmitov, napr. vo frekvenčných normáloch. Oscilátory riadené kryštálom je možné prelaďovať len v úzkom rozsahu frekvencií (niekoľko sto Hz až niekoľko jednotiek kHz)
3. **Oscilátory s elektromechanickým rezonančným prvkom** (rezonátory magnetostrikčné, prstencové, ladičkové a pod.) Podobne ako oscilátory riadené kryštálovým výbrusom aj tieto oscilátory sa vyznačujú za optimálnych podmienok dobrou frekvenčnou stabilitou vytváraných kmitov a to 10-5 až 10-6. Mechanické chvenie rezonančného prvku spôsobené vonkajšími vplyvmi však zhoršuje frekvenčnú ale aj amplitúdovú stabilitu výstupného signálu. Tomuto javu hovoríme mikrofonickosť obvodu. Na rozdiel od kryštálového výbrusu sú elektromechanické rezonančné prvky rozmernejšie a potrebujú viacej doplňujúcich elektronických obvodov. Preto sa už v súčasnosti skoro nepoužívajú.
4. **Oscilátory s rezonančným vedením**, v ktorých rezonančný obvod tvorí úsek súosého alebo súmerného vedenia dĺžky λ/4 alebo λ/2, ktorý sa vyznačuje vysokým činiteľom kvality Q. Preto tieto oscilátory majú za optimálnych podmienok dobrú frekvenčnú stabilitu, asi 10-6 až 10-7. Podobne ako elektromechanické rezonančné prvky sú citlivé na mechanické vplyvy. Oscilátory s rezonančným vedením je však možné prelaďovať v rozsahu niekoľko jednotiek až desiatok kHz.
5. **Oscilátory RC**, v ktorých je v obvode spätnej väzby zapojený frekvenčne selektívny obvod RC ( T–článok, Wienov článok a pod.) Tieto oscilátory sú vhodné len pre oblasť nízkych frekvencií. Stabilita vytváraných kmitov je rôzna, záleží od použitého RC článku a je max. 10-4. Oproti doposiaľ spomínaným oscilátorom majú výhodu v tom, že sú preladiteľné vo veľkom rozsahu, cez niekoľko dekád, bez výraznejšej zmeny svojich vlastností. Pri správnom nastavení sa v nich dá dosiahnuť výstupný signál sínusového priebehu s veľmi malým obsahom vyšších harmonických, t.j. skreslením. Používajú sa hlavne v tónových oscilátoroch určených pre meracie účely.

**Podľa spôsobu pripojenia aktívneho obvodu k obvodu určujúcemu frekvenciu:**

1. **Dvojpólové oscilátory.** Tieto oscilátory využívajú vhodnú VA – charakteristiku niektorých polovodičových prvkov ako napr. tunelovej diódy (charakteristika typu “N”), viacvrstvovej alebo lavínovej diódy (charakteristika typu “S”). U týchto prvkov majú ich VA – charakteristiky oblasť tzv. záporného dynamického odporu, teda podiel zmeny napätia ku zodpovedajúcej zmene prúdu Du/Di dáva zápornú hodnotu. V týchto oscilátoroch ide o spojenie aktívneho prvku s obvodom určujúcim frekvenciu kmitov, najčastejšie s rezonančným obvodom. V súčasnosti sa s týmito oscilátormi stretávame už len zriedka.
2. **Štvorpólové oscilátory (spätnoväzobné).** Sú zložené vždy z dvoch základných častí a to z bloku spätnej väzby, ktorý určuje frekvenciu vytváraných kmitov (časť pasívna, označovaná ß) a z bloku zosilňovača, ktorý nahrádza straty energie v pasívnej časti (časť aktívna, označovaná A). Tento typ oscilátorov sa v súčasnosti používa tak pre harmonické oscilátory ako aj pre generátory tvarových signálov.

**Podľa účelu a použitia:**

1. **Oscilátory pre frekvenčné normály**, t.j. zdroje kmitov s vysokou stálosťou frekvencie a to od 10-7 až po 10-9. Najčastejšie sú riešené ako oscilátory riadené kryštálovým výbrusom.
2. **nf oscilátory pre meracie účely**. Vyžaduje sa od nich stálosť nastavenej amplitúdy a malý obsah vyšších harmonických kmitočtov, skreslenie pod 1 %.
3. **vf oscilátory pre meracie účely**. Vyžaduje sa od nich stálosť nastavenej amplitúdy, malý obsah vyšších harmonických kmitočtov. a možnosť amplitúdovej alebo frekvenčnej modulácie.
4. **Oscilátory výkonové**, pre účely vysokofrekvenčného ohrevu indukčného alebo dielektrického, napr. pre mikrovlné rúry a pod.
5. **Oscilátory pre zmiešavače**, ktoré musia byť preladiteľné v širokom rozsahu frekvencií so stabilnou amplitúdou
6. **Oscilátory pre budiče vysielačov,** s vysokou stabilitou frekvencie 10-5 až 10-7.

Pri určovaní základných vlastností oscilátorov je potrebné vychádzať vždy z ich použitia   
a z toho vyplývajúcich požiadaviek kladených na ne. No u všetkých oscilátorov pre akékoľvek použitie sú v poradí na prvých miestach dva parametre a to frekvencia a frekvenčná stabilita vytváraných kmitov. Frekvencia je jedna z najdôležitejších parametrov oscilátorov   
a generátorov. Jednotka frekvencie je Hz s rozmerom s-1. Presnosť frekvencie sa udáva frekvenčnou odchýlkou ∆f od nominálnej frekvencie fn , teda:

∆f = f – fn

**Oscilátory sín. nf., Hartleym Colpitz, RC, Wienov.....**

**Hartleyho oscilátor** obsahuje paralelný obvod LC v ktorom je spätná väzba dosiahnutá indukčným deličom. Existuje veľa spôsobov zapojení, Hartleyho oscilátora avšak najbežnejším, je obvod s tranzistorom a ladeným obvodom, kde cievka má odbočku z ktorej sa signál privádza na emitor tranzistora.

Výhodou zapojenia Hartleyho oscilátora s použitím operačného zosilňovača ako aktívneho prvku, je to, že zosilnenie operačného zosilňovača môžeme nastaviť pomocou rezistorov R1 a R2.

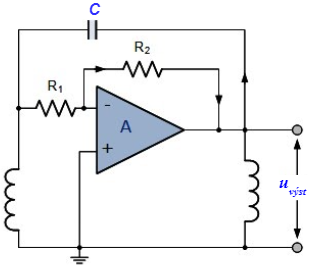
Frekvencia kmitov oscilátora môže byť ”adjustovaná” hodnotou kondenzátora C, alebo zmenou polohy jadra vo vnútri indukčnej cievky ( indukčné ladenie),čo poskytuje široký rozsah možných výstupných kmitočtov a pomerne jednoduché nastavenie. Okrem toho, Hartleyho oscilátor poskytuje výstupný signál so stálou amplitúdou v celom rozsahu kmitočtov. Zapojenie využíva tri typické body obvodu preto sa označuje ako trojbodové a ak sa používa odbočka cievky ovplyvňuje kmitočet aj vzájomná indukčnosť cievok M.

Hartleyov oscilátor je obvodovo najjednoduchší. Pri použití operačného zosilňovača získavame výhodu väčšej stability celkove ale aj samotného zosilňovača ako integrovaného prvku. Oscilátor má indukčnú vetvu paralelného rezonančného obvodu vyhotovenú ako delič napätia. Zosilňovací prvok môže tvoriť aj bipolárny alebo unipolárny tranzistor.

**Pri výbere pre oscilátory vyberáme tranzistory podľa:**

1. Teplotných požiadaviek
2. Kmitočtových požiadaviek
3. Požiadaviek výstupného výkonu
4. Podľa vstupnej, výstupnej impedancie
5. Výkonového zisku

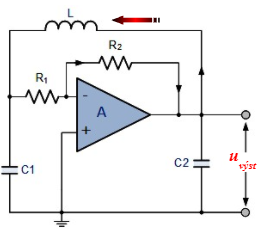
Rozhodujúci pre výber tranzistora pre oscilátor je medzný kmitočet tranzistora, lebo ten ovplyvňuje fázový posun v spätnoväzbovom obvode. Preto volíme vždy omnoho vyšší kmitočet medzný tranzistora, než je pracovný kmitočet oscilátora.



Obrázok 1 Hartleyho oscilátor

**Colpittsov oscilátor,** má podobne ako oscilátor Hartleyov, spätnoväzbový paralelný rezonančný obvod LC s tým že, napäťový delič je v kapacitnej vetvi rezonančného obvodu, kondenzátor je nahradený cievkou a namiesto dvoch cievok sú použité dva kondenzátory. Aj pri Colpittsovom oscilátore existujú rôzné zapojenia, najbežnejšou formou je obvod s tranzistorom. Činnosť Colpittsovho oscilátora s operačným zosilňovačom je presne rovnaká ako pri použití tranzistora a aj kmitočet určujeme rovnakým výpočtom. Výhody OZ sú však zrejmé.

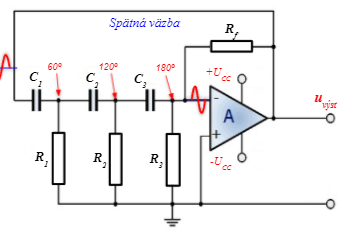
V zapojení sú namiesto dvoch cievok použité dva kondenzátory tvoriace kapacitný napäťový delič z ktorého sa odoberá signál spätnej väzby na vstup OZ. Dva kondenzátory vytvárajú fázový posun 180º, ktorý je invertovaný o 180º operačným zosilňovačom, čím sa zabezpečí potrebná kladspätnáväzba. V porovnaní s Hartleyho oscilátorom má Colpittsov oscilátor malý obsah harmonických kmitočtov a menšie harmonické skreslenie.



Obrázok 2 Colpittsov oscilátor

**Oscilátory RC:** Riadiaci obvod je vytvorený kombináciou R a C čím je daný aj kmitočet oscilátora. riadiaci obvod tvoria derivačné články z ktorých každý posúva svoj výstup o 60°. Už vieme, že invertujúci operačný zosilňovač otáča fázu výstupného signálu o 180º vzhľadom na signál vstupný. Pre oscilátor, ktorý má neobmedzene dlho udržať oscilácie je potrebný dostatočný spätnoväzobný signál so správnou fázou (fázová podmienka), ”kladná spätná väzba”. Vstupné RC členy zabezpečujú na vstupe fázový posun 180º a další fázový posun 180º pridáva zosilňovač, takže celkove je "180º + 180º = 360º”čo je potrebné, alebo je zabezpečený celkový posun 0º.

Výhodou týchto oscilátorov je jednoduchosť, pretože nemajú indukčnosť, ktorá sa relatívne obtiažne realizuje najmä pri použití integrovaných obvodov. Riadiaci obvod tvoria 3 derivačné články R1, C1 , R2, C2 , R3 , C3 z ktorých každý posúva fázu vstupného napätia o 60º. Pretože operačný zosilňovač pracuje ako invertujúci zosilňovač, ktorý otáča fázu o 180º, je tým splnená druhá Barkhausenova podmienka tzv. fázová ktorá sa tým zväčší na 360º .



Obrázok 3 Oscilátory RC

Zmenou hodnoty viacerých rezistorov a kondenzátorov je možné meniť fázový posun a frekvenciu výstupného signálu oscilátora. V danom prípade ide o trojitý premenlivý kondenzátor-trial .

Keď majú všetky rezistory, R a kondenzátory C, rovnakú hodnotu, frekvencia RC oscilátora je daná vzťahom:

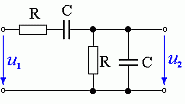
N = počet členov RC (v obrázku sú 3)

**Wiennov mostikový oscilátor:** pozostáva z dvoch RC slučiek (Wienov článok) pripojených k zosilňovaču s dobrou stabilitou a ktoré majú selektívne vlastnosti. To znamená, že napäťový prenos tohoto článku má maximum pri určitom kmitočte frez. Pri tomto kritickom kmitočte má Wienov článok nulový fázový posun medzi vstupným a výstupným napätím.

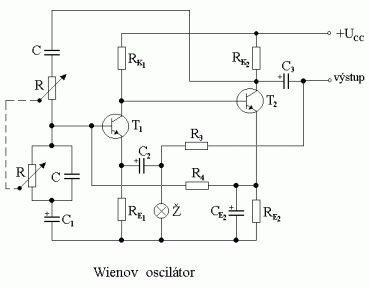
Wienov článok sa skladá z členov R1, C1 a R2 ,C2 a tvoria hornú a dolnú priepusť. Hodnoty týchto súčiastok určujú veľkosť kritického kmitočtu. Pre nižší alebo vyšší kmitočet ako je kritický kmitočet frez je spätnoväzobný prenos menší a spätnoväzobné napätie nie je vo fázy so vstupným napätím. Amplitúdová a fázová podmienka oscilácií sú splnené iba pre jeden tzv. kvázirezonančný kmitočet.

Pri nízkych frekvenciách reaktancia kondenzátora (C1)je veľmi vysoká takže nastáva prerušenie obvodu a zablokuje vstupný signál Uvst a výstupný signál Uvýst je nulový. Pri vysokých kmitočtoch, je reaktancia paralelného kondenzátora (C2) nízka a spôsobuje skrat na výstupnej strane, takže opäť je výstupný signál nulový. Avšak medzi týmito dvomi extrémnymi hodnotami, výstupné napätie dosahuje maximálnu hodnotu pri frekvencii, ktorá sa označuje ako kvazirezonančná frekvencia frez.

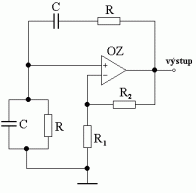
Pri týchto oscilátoroch je spätnoväzbovým štvorpólom Wienov článok, ktorý má selektívne vlastnosti to znamená, že napäťový prenos tohoto článku má maximum pri určitom kmitočte f0. Smerom hore alebo dole od tohoto kmitočtu sa prenos zhoršuje. Pri kritickom kmitočte má Wienov článok nulový fázový posun medzi vstupným a výstupným napätím. Pre splnenie fázovej podmienky sa preto musí riešiť aktívny štvorpól ako dvojtranzistorový zosilňovací stupeň v zapojení SE (otáča fázu).Tým je fázový posun medzi napätiami aktívneho štvorpólu 360º. V prípade, že Wienov článok bude obsahovať premenlivé hodnoty rezistorov (potenciometre) môžeme dosiahnuť plynulú zmenu kmitočtu oscilácii v rozsahu až 1:10. Hodnoty RC členov Wienovho článku určujú veľkosť kritického kmitočtu.



Obrázok 4 Wienov článok



Obrázok 5 Wiennov oscilátor



Obrázok 6 Wienov oscilátor s OZ

**Riadiace obvody s PKJ (kryštály), vlastnosti**

Jednou z najdôležitejších vlastností akéhokoľvek oscilátora je, stabilita jeho kmitočtu, inými slovami schopnosť poskytovať konštantný výstupný kmitočet, pri rôznych podmienkach zaťaženia.

**Dôležitými faktormi, ktoré majú vplyv na frekvenčnú stabilitu oscilátora sú:**

1. Teplota
2. Zmeny zaťaženia
3. Zmeny jednosmerného napájacieho napätia DC

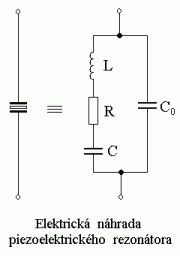
Stabilitu výstupného frekvenčného signálu možno zlepšiť vhodnou voľbou rezonančných spätnoväzbových členov vrátane zosilňovačov, avšak aj tam je limit pre stabilitu, ktorú možno získať obvodmi LC alebo RC. Aby sa dosiahla veľmi vysoká stabilita, obyčajne sa používa kremenný kryštálový výbrus vyrobený pre určité kmitočty, všeobecne označovaný ako kryštáľový oscilátor, (XO).

Základom kryštálových oscilátorov je piezoelektrický rezonátor – kryštáľový kremenný výbrus – doštička alebo tyčinka daného geometrického tvaru vyrezaná z monokryštálu kremeňa. Doštička je definovaným spôsobom orientovaná vzhľadom k jeho kryštalo-grafickým osiam.

Rez doštičky je jednoznačne určený uhlami, ktoré zviera východisková poloha rezu s dvomi osami. Označovanie rezov podlieha odporučeniam a normám IEEE. Kryštáľový výbrus opatrený elektródovým systémom sa označuje ako kryštáľový rezonátor.

Piezoelektrický výbrus – rezonátor, predstavuje teleso s niekoľkými stupňami voľnosti, takže môže kmitať rôznymi typmi kmitov. Kmity je možné vybudiť striedavým napätím ktoré privedieme na elektródy, umiestnené na vhodných plochách výbrusu. Rôznymi rezmi je možné dosiahnuť štyri základné typy (módy) kmitov: pozdĺžne, ohybové, plošne strižné a hrúbkovo strižné.

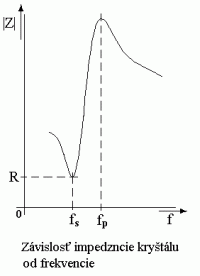
Elektrické vlastnosti piezoelektrického rezonátora môžeme vyjadriť elektrickým náhradným obvodom zloženým z rezistorov, kapacít a indukčností. Pri kmitočet blízky kmitočtu rezonančnému je to náhradný obvod na obrázku. Paralelný náhradný obvod obsahuje dve vetve: Vetva sériová (RLC) náhradného obvodu popisuje dynamické správanie rezonátora v okolí jeho rezonančného kmitočtu. Vetva s kapacitou C0 predstavuje kapacitu ktorú tvorí dieelektrikum výbrusu medzi elektródami vývodov. Indukčnosť L symbolizuje kmitajúcu hmotu, pružnosť reprezentuje kapacita C. Rezistor R predstavuje tlmenie kmitov spôsobené upevnením rezonátora v držiaku –nosnom systéme.



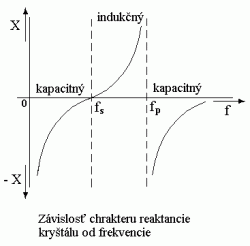
Obrázok 7 Elektrická náhrada piezoelektrického rezonátora

Náhradný obvod kryštálového výbrusu predstavuje sériový RLC obvod ,ktorý reprezentuje mechanické vibrácie kryštálu a paralelná kapacita C0, ktorá predstavuje elektrické pripojenie.

Náhradný obvod sa skladá zo sériovej kombinácie kondenzátora C , cievky L a rezistora R a z paralelne pripojeného kondenzátora C0. Kondenzátor C0 je statická kapacita prívodných elektród spolu s držiakom. Ostatné obvodové prvky predstavujú dynamické veličiny. Ako je zjavné z náhradnej elektrickej schémy, kryštál predstavuje akýsi sériovo-paralelný rezonančný obvod, ktorý má určitú svoju amplitúdovo-frekvenčnú charakteristiku.



Obrázok 8 Závislosť impedancie kryštálu od frekvencie

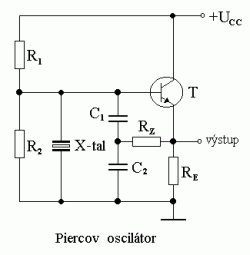


Obrázok 9 Závislosť charakteru reaktancie kryštálu od frekvencie

Pri kmitočte fS (určuje sériový rezonančný kmitočet kryštálu) je impedancia kryštálu najmenšia a správa sa ako sériový rezonančný obvod. Zvyšovaním kmitočtu impedancia prudko narastá a pri fP (určuje paralelný rezonančný kmitočet kryštálu) dosahuje maxima.

**Výpočet frekvencií:**

Kryštál môže byť v obvode oscilátora zapojený na mieste tradičného rezonančného obvodu. Najčastejšie zapojenie kryštálom riadeného oscilátora je na nasledujúcom obrázku vpravo. Ide o trojbodový oscilátor (Clappov) nazývaný Piercov oscilátor. Súčiastka zapojená medzi emitor tranzistora T a stred kapacitného deliča C1, C2 , označená RZ, slúži na zamedzenie rozkmitania oscilátora na parazitnom kmitočte, vyššom ako je vlastná rezonančná frekvencia kryštálu. Môže byť realizovaná rezistorom, cievkou alebo aj sériovým rezonančným obvodom. Pri použití rezonančného obvodu sa oscilátor nazýva Tritet.



Obrázok 10 Piercov oscilátor

**Príklady využitia oscilátorov v praktických zariadeniach**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Typ oscilátora | Spoľahlivosť | Typická aplikácia |
| kryštálový oscilátor (XO) | 10-5 až 10-4 | Taktovanie počítačov |
| Teplotne kompenzovaný  kryštálový oscilátor (TCXO) | 10-6 | Frekvenčné riadenie taktických rádioprijímačov |
| Mikropočítačom kompenzovaný  kryštálový oscilátor (MCXO) | 10-8 až 10-7 | Stlačené spektrum systémových  taktovacích impulzov |
| Termostatovaný kryštálový  oscilátor (OCXO) | 10-8 až 10-10 | Navigačné systémy hodiny &  Frek. štandardy, MTI radary. |
| Malé nukleárne frekvenčné  štandardy (Rb, RbXO) | 10-9 | C3 satelitné terminály, bistatic,  & multistatic radar. |
| Výkonné nukleárne frekvenčné.  štandardy (Cs) | 10-12 až 10-11 | Strategické C3, EW. |