

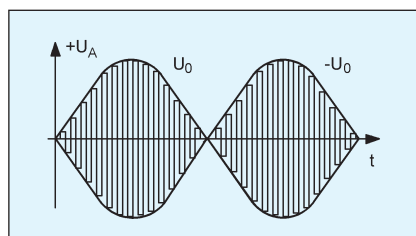
Szupervevők kapcsolóüzemű keverőiről 2.

Vlagyimir Poljakov UA3AAE – ford.: dr. Sipos Mihály okl. villamosmérnök

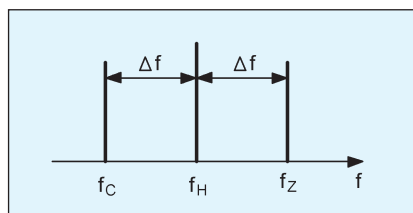
A kapcsolós keverő fázis- és frekvencia szelektivitása

Érdeemes szemügyre venni, hogy mi történik az A pontban, azaz a kapcsolók bemenetén (3. ábra), ha elhangoljuk a heterodin (a lokáljel) frekvenciáját Δf értékkel. Ha az elhangolás mértéke nem nagy, és a különbségi Δf frekvencia kisebb, mint a kapcsolók kimenetén lévő integráló láncok F_C vágási frekvenciája, azaz $\Delta f < F_C = 1/2\pi R1C1$, akkor a jel fázisa lassan fog változni a kapcsolás fázisához képest. Ha a fázis 90 fok nagyságú lesz, akkor U_0 értéke 0 lesz, mivel ekkor minden kapcsoló nyitott állapotban van mind a pozitív, mind a negatív félhullám egynegyedének idejéig. Az áram középértéke 0 lesz és a kondenzátor nem kap semmiféle töltést sem. Ebből eredően az A pontban sem lesz semmiféle feszültség. A fázis további elmozdulásával a kondenzátorokon ismét feszültség jelenik meg, azonban ennek előjele fordított lesz, az A pontban pedig ismét négyszög alakú feszültségjelet kapunk. Ennek frekvenciája megegyezik a kommutáció frekvenciájával, azonban ellentétes fázisban (5. ábra). Ez egy négyszögletes alakú DSB-jel, amelynek megvan mindkét spektrális alap összetevője az f_C jelfrekvencián, illetve az f_Z tükörfrekvencián (6. ábra).

Nem szabad ilyesfajta keverőt RF-erősítő nélkül használni! Ugyanis még abban az esetben is, ha a helyi oszcillátorunk jele csak egészen kis mértékben jelenik meg a bemenetén, vagy akár teljesen el is van



5. ábra



6. ábra

nyomva, ha a heterodinunk frekvenciájához közeli értékű, erős külső jel véletlenül rákerül a keverő bemenetére, akkor csaknem azonos nagyságú tükörfrekvenciájú zajjel fog generálódni, amit aztán kisugároz az antenna. Az f_C harmonikusait a bemeneti kör vagy szűrő elnyomja ugyan, azonban az f_C és az f_Z közötti különbség $2\Delta f$ nagyságú, ami kevesebb, mint 6 kHz, ezt pedig a bemeneti szűrő nem tudja kiszűrni, elnyomni! A tükörjel kimenő amplitúdója nem nagy, zavart csak a közeli amatőrtársaknak tud okozni, azonban ez se túl jó dolog...

Most nézzük meg, hogyan változik az A pontban a keverő bemeneti ellenállása a jel frekvenciájának és fázisának függvényében. Ha a fázisok szinkronban vannak (4. ábra) és az üzemmód is már „beállt”, úgy a kapcsolók bármelyikén átfolyó áram középértéke megegyezik az $R1$, illetve $R2$ ellenálláson átfolyó árammal. Ebből következik a kapcsolók bemeneti ellenállása $R1 = R2$ lesz, a közös A pontban pedig $R1/2$, illetve $R2/2$, azaz a HF-erősítő bemeneti ellenállásának a fele. Ugyanez lesz a helyzet, ha (a kapcsolók kommutációjához képest) pontosan ellentétes fázisú a jel, mindössze U_0 előjele lesz ellentétes.

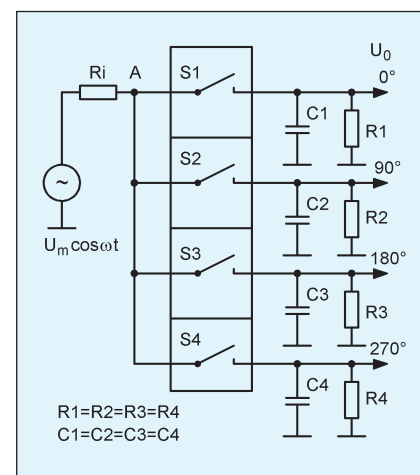
Más a helyzet kvadratúra jel esetében. Itt U_0 értéke nulla, ebből következően a keverő bemeneti ellenállása is 0, és rajta nem keletkezik semmiféle jelfeszültség sem. Csak harmonikusok keletkeznek, amelyek energiáját elnyeli az R_i . A fentiekből látható tehát a keverő bemeneti ellenállása változásának

alakulása a fázisszög függvényében. A tetszés szerinti fázisra az alábbi egyenlet érvényes:

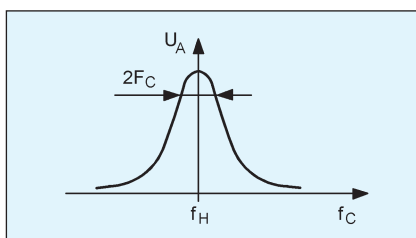
$$R_{in} = (R1|\cos\phi|)/2$$

Ha a jel Δf elhangolása meghaladja a kapcsolók kimenetén lévő RC-láncok által meghatározott F_C vágási frekvenciát, a kimeneti U_0 értéke 0 felé fog tartani, ezzel együtt pedig a keverő A pontjában mért bemeneti ellenállás is. Más szavakkal, a kapcsolók bemenetén ettől kezdve nincs HF feszültségjel. A keverő a bemeneti oldalról nézve egy keskenysávú ($2F_C$), egyszerű (kétfázisú) szinkron áteresztő szűrőként viselkedik, amelynek a középfrekvenciája megegyezik a heterodin frekvenciájával. Segít-e mindez a szelektíós képesség a keverő dinamikus sáv szélességének növelésében? Ha a jelfrekvenciához közeli zajról van szó ($\Delta f < F_C$), akkor nem, de ha távolabbi frekvenciákról ($\Delta f > F_C$) beszélünk, akkor bizonyára igen!

Ugyanakkor nem szabad elfelejteni, hogy csak a távolabbi zajfrekvenciák feszültség szintje gyengül az A pontban nézve, ezek áramának értéke (amelyik átfolyik a keverőn is) változatlan marad! Ezt a kérdést még további kísérleteknek érdemes alávethetni.



7. ábra



8. ábra

Többfázisú keverők

A tükörzaj kialakulása a három-, négy-, vagy többfázisú, az igazi szinkron szűrőkhöz hasonló módon működő keverők esetében elmarad (7. ábra). Ugyanakkor ezekben is van egy fordított reakció, amely a jelfrekvenciának HF-jellé, majd annak ismét RF-jellé történő alakításában nyilvánul meg. Lévéen a kapcsolós keverő megfordítható, oda-vissza működik, és mint arról már szó volt: nagyon kicsik a benne fellépő veszteségek. A tükörzajok elnyomásának nagysága a vezérlő jelek fázisa beállításának pontosságától függ, hiszen az elnyomás fázis módszerrel történik.

A bemeneten (azaz az A pontban) a keverő keskenysávú szinkronszűrőként viselkedik, melynek amplitúdó-frekvencia karakterisztikája megfelel egy egykörös, igen jó körjóságú rezgőkörének (8. ábra).

$$Q_{ekv} = f_H / 2F_C \quad (4)$$

Így például 30 MHz-en, ha az $F_C = 6$ kHz, Q elérheti a 2500-as értéket, de jó esetben még nagyobb is lehet. Így például a középhullámú sávban egyszerű egyfázisú kapcsolós keverőkkel kísérletezve sikerült elérni milliónál nagyobb Q_{ekv} értéket is. (Az eszközt AM rádióállomás vivőfrekvenciájának min. 1 Hz-es sávzélességű kinyerésére használták.)

Mindez nagyon emlékeztet a Q -szorzós áramköri megoldások esetében valódi rezgőkörökkel elérhető magas körjóságokra, azonban van egy alapvető különbség is. A Q -szorzós áramkörnek egyetlen rezonancia-frekvenciája van. A jelfrekvencián, elhangoláskor a körben folyó áram gyengül, lecsökken, ezáltal csökken a kimeneti feszültség is.

A többfázisú kapcsolós keverőben a bemeneti áramot az R_i értéke szabja meg, azaz az áramgenerátor belső ellenállása. Ez nem függ a frekvenciától, a 8. ábrán látható átviteli karakterisztika pedig csak a kapcsolók bemeneti feszültségére érvényes, vagyis ez a keverő bemeneti ellenállásának frekvenciamenete. Ennek értéke a kapcsolási frekvencián maximális és megegyezik R_i/n -nel, ugyanakkor lecsökken, ha a jel frekvenciája eltér a heterodin frekvenciájától és nullához tart nagy frekvenciakülönbségek esetén. Az átviteli karakterisztikában kiugrások, csúcsok figyelhetők meg a kapcsolási frekvencia harmonikusain.

Mindezen túlmenően érdemes megfigyelni, hogy a jel harmonikusai magában a kapcsoló keverőben is generálódnak. Nézzük meg az A pontban a feszültség formáját szinkron üzemmód esetén, amikor $f_C = f_H$ (9. ábra). A felső rajzon a bemeneti feszültség szinuszos formája látható, ugyanilyen lesz a kapcsolókon nagy R_i esetében átfolyó áramok alakja is. A további négy rajzon az S1...S4 kapcsolók nyitott állapotának megfelelő heterodin impulzusok láthatók. A szemléletesség kedvéért a kommutáció fázisa egy kicsit eltér a jelétől. A C1...C4 kondenzátorok mindegyike a megfelelő kapcsoló nyitott állapotához tartozó időszakban átfolyó áram középértékével és előjellel töltődik. A legalsó rajzon az A pontban fellépő feszültség alakja látható. Ez nagyon eltér a szinusztól, négyszögjel darabokból áll, melyek negyed periódus hosszúak. Ez azért van így, mert nagy C1...C4 kapacitásértékek esetében az RF-jel rövid periódusideje alatt nem tud jelentősen megváltozni a feszültség a kondenzátorokon.

Az U_A feszültség tartalmazza az f_C alap és magasabb harmonikusait. Éppen ezért el kell gondolkozni azon, hogy a keverő bemenetét egyszerű párhuzamos bemeneti rezgőkörre kössük-e rá? Hiszen az ilyen rezgőkörben kondenzátor található, amely rövidre zárja a magasabb harmonikusok áramát, nekünk viszont erre az áramra nincs szükségünk, sőt egyenesen ártalmas! Ezen kívül, ha a 9. ábra legal-

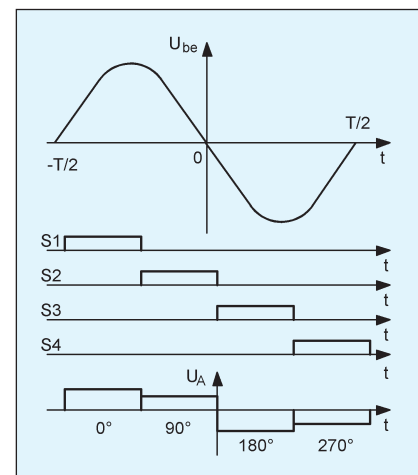
ján látható formájú feszültséget adunk a rezgőkörre, úgy a rezgőkör működése bizonytalanra válik. Ebből következően szükség van az R_i ellenállásra akár valós ellenállás, akár az áramgenerátor (vagy pl. RF-erősítő) belső ellenállásának formájában.

Példák a gyakorlati megtervezésre

Az első amatőr, kapcsolós keverőt tartalmazó vevőkészüléket kb. 30 évvel ezelőtt építették meg, hogy azzal középhullámú AM rádióállomás szinkron vételét biztosítsák. A kapcsolásban a 7. ábra szerinti keverőt használták, amely a 9. ábra szerinti algoritmustal dolgozott. (A szerző itt visszaemlékszik arra a napra, amikor bevitte a „Ragyo” szerkesztőségébe a vevőkészüléket, és a kollégák azt hitték, hogy URH-vevőt hallgatnak, nem KH-vevőt.)

A készülékben nem volt szükség a keverő szinkron szűrőjének köszönhető megnövelt szelektivitásra, sőt a bemeneti kör jóságát le kellett csökkenteni annak érdekében, hogy a teljes hangfrekvenciás sávot át tudja engedni. Ezért aztán az RF erősítő kimeneti ellenállása sem nagy, csak pár száz ohm, amihez még hozzá kell adni az akkortájt használt K176KT1 (orosz CD4016E) kapcsoló IC-k belső ellenállását.

Egy lehetséges, áramgenerátoros RF erősítőjű kapcsolóüzemű keverő rajza a 10. ábrán látható. A bemenet kétkörös szűrőt tartal-



9. ábra