

Kvadratúra keverő, ellenfázisú jelekkel

Rádióberendezések konstruálásakor gyakran van szükség olyan frekvenciaátalakítókra, amelyek kimenetén két kvadratúra jel van. Ilyen átalakítókat használnak pl. a közvetlen keverésű (szinkrodin) vevőkészülékek, az SDR-rendszerek, digitális jelfeldolgozók esetében. A következőkben V. Poljakov bemutat egy egyszerűen megépíthető, az elv tanulmányozására való kvadratúrakeverőt.

Egy rádióhullám teljes leírásakor meg kell adnunk annak pillanatnyi A amplitúdóját és Ψ fázisát. A komplex síkon a jelet az A vektorral ábrázoljuk, amely meg van döntve Ψ fokkal (1. ábra). A nagyban különböző paramétereknek elektromos mennyiségek formájában történő bemutatása gyakran kifejezetten nehézkes. Sokkal kényelmesebb, ha a jelvektorok a valós tengelyre ($I = A \cos \Psi$) és a képzetes tengelyre ($Q = A \sin \Psi$) való vetületét használjuk. Ezek a paraméterek egymeműek, jellemzőik meghatározhatók a nullfrekvenciára történő átalakítás során keletkező (a moduláció során változó értékű) egyenáram segítségével, vagy a váltakozó áram előidézte feszültségváltozással, amikor is $\Psi = \omega t + \varphi$.

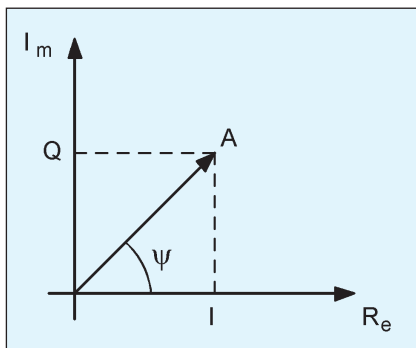
Ha ismerjük I és Q nagyságát, meg lehet határozni A -t és Ψ -t:

$$A^2 = I^2 + Q^2$$

$$\Psi = \arctg(Q/I)$$

A betűjelzések angol eredetűek: I – in phase, Q – quadrature.

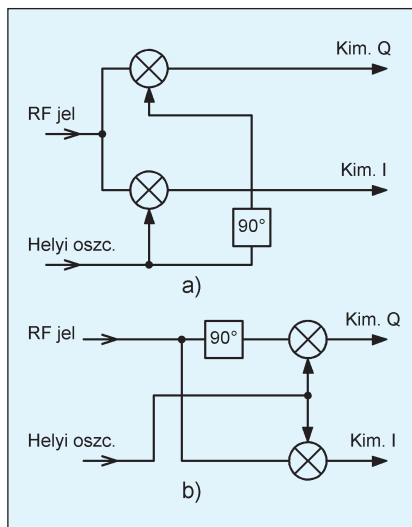
A kvadratúra átalakítók építésének tradicionális megközelítése RF fázisforgatót alkalmaz, amely a helyi rezgéskeltő (heterodin) feszültségét a keverőbe bevívó láncban van (2.a ábra). A keverők kimenetein a különbsé-



1. ábra

gi frekvenciáknak megfelelő jelek vannak. Mivel a jelek fázisai ugyanúgy átalakulnak, mint a frekvenciáik, ezért ezek a kimeneti jelek egymáshoz képest $\pi/2$ radiánban el vannak tolva. Néha, mint például a megfordítható egysávós átalakítók esetében, a nagyfrekvenciájú átalakítót a jelláncban helyezik el, ezáltal meg tud maradni a kiszűrendő oldalsáv is (2.b ábra).

A 2.a ábra szerinti nagyfrekvenciás fázisforgatók könnyen megvalósíthatók digitális IC-k segítségével, egyidejűleg osztva a heterodin frekvenciáját 4-gyel. Azonban a digitális fázisforgatók átviteli sávja e cikk írásakor (!) mindössze néhány száz 10 MHz. Nem sokkal nagyobb a diszkrét LCR-elemekkel megvalósított fázisforgatók átviteli sávja, mivel a magasabb frekvenciákon egyre élelkebben jelentkeznek a nyáklap, az alkatrészek stb. okozta parazita kapacitások és induktivitások hatásai. Emiatt mindig szükség van finomhangolható alkatrészekre is az ilyen diszkrét elemes kapcsolásokban.



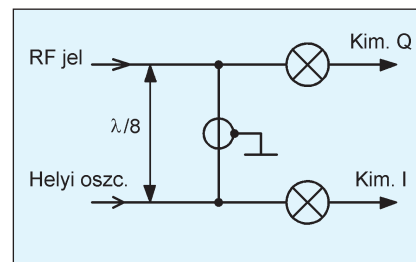
2. ábra

Az egyre magasabb frekvenciákra történő átmenet során közös tendenciaként jelentkeznek az elosztott paraméterű láncok használata, nevezetesen az ún. hosszú vonalaké. RF fázisforgatót ki lehet alakítani egy $\lambda/4$ elektromos hosszúságú vonalból. A gyakorlatban kényelmesebb egy mindössze $\lambda/8$ hosszú vonal használata és az RF jeleket a bemenetről és a lokáloszcillátóból a 3. ábrán látható módon beadni a keverőbe. A keverők bemenetein a jelek relatív fáziseltérése $\pi/2$ lesz, pont ahogy nekünk erre szükségünk van. Azonban ehhez olyan keverőkre van szükség, amelyekben az átalakítandó jel és a heterodin jele ugyanarra a bemenetre kerül, azaz a közös balanszkeverők itt nem alkalmazhatók. Ezért itt a legjobban az antiparalel kapcsolt diódás keverő felel meg a céljainknak. Ebben a heterodin frekvenciája (f_h) fele a jel frekvenciájának (f_j) és az átalakítás a következő egyenletek szerint megy végbe:

$$F = 2f_h - f_j \text{ vagy}$$

$$F = f_j - 2f_h$$

A heterodin frekvenciáján a vonal hossza mindössze $\lambda/16$, de mivel mind a heterodin fázisa, mind frekvenciája az átalakítás során megkettőződik, a keverők kimenetein kvadratúra jeleket kapunk.

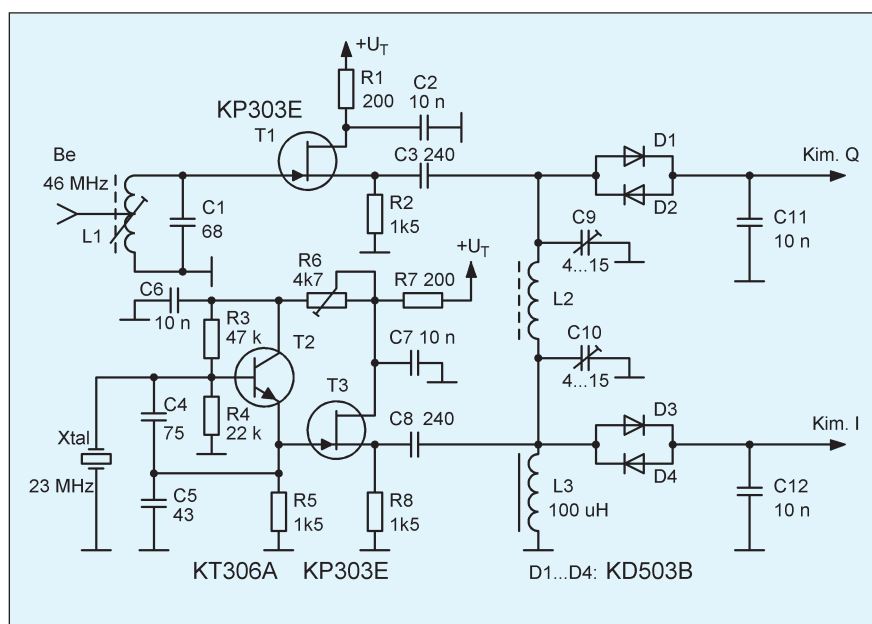


3. ábra

A címben is említett típusú kvadratúra keverő gyakorlati megvalósítása során célszerű (de nem kötelező), hogy a tápvonalban haladó hullámú állapot legyen. Ennek érdekében – a jelforrások párhuzamosan kapcsolódó kimeneti ellenállásai figyelembevételével – a keverők bemeneti ellenállása a tápvonal hullámmellenállásával kell meg egyezzen. A be- és kimeneti kapacitásokat kompenzálni kell pl. párhuzamosan kapcsolt induktivitások segítségével, vagy valamilyen más módon. A tápvonalat kialakíthatjuk egy darab koaxiális kábelből, vagy nyomtatott áramkört lapon, a megfelelő vezetékformával.

A gyakorlati megvalósításra egy példát a 4. ábra mutat. Itt egy kísérleti, 46 MHz-es heterodin vevő bemenőfokozata látható. A bemeneti kört az L1-C1 alkotja, míg az AFC szabályozás a T1 jFET-tel felépített source-követő segítségével történik. Ugyanilyen kapcsolatban működik a heterodin buffer fokozata (T3 jFET). A vevő helyi oszcillátort kapacitív hárompont kapcsolással hozták létre (T2), melyben 23 MHz-es rezgőkvarcot használnak. A lokáloszcillátor tápágában található R6 trimmerpotencióméter segítségével lehet a keverő diódáin beállítani az oszcillátor jelének nagyságát, ezzel a legnagyobb hatásfokú keverést is.

A C3 és C8 leválasztó kondenzátorokon át az RF-jelek rákerülnek a tápvonalra, melynek végén található a D1...D4 keverődiódák. Ez, a nem túl magas frekvenciára kialakított tápvonal egy pialuláteresztő szűrőt alkot, melynek elemei: L2, C9, C10. Ennek vágási frekvenciája egy kicsit ma-



4. ábra

gasabb, mint a jelfrekvencia, ezért az RF jelekbe csak fázisforogatást visz be, azokat nem csillapítja. A source-követő fokozatok kimenő, illetve a keverők bemeneti kapacitásait a C9 és C10 trimmerkondenzátorok segítségével lehet figyelembe venni. A C11 és C12 kondenzátorok a keverők kimenetén megjelenő nagyfrekvenciás összetevőket szűrik ki, és megszabják a HF jelek átviteli sávzélességét is.

Az L1 tekercs 0,5 mm átmérőjű zománcozott rézhuzalból készített 7 menetből áll, melyet 5 mm-es vasmagos csévetestre tekerünk fel. A vonali L2 tekercs 9 mm külső átmérőjű nagyfrekvenciás (orosz) gyűrű vasmagra (típ.: SzB-9) lett megtekerve, és 0,25 mm átmérőjű zománcozott rézhuzalból készített 8 menetből áll. Az L3 fojtótekercsre csak a keverőlánc egyenáramú söntölése miatt van szükség, értéke nem kritikus.

Az áramkör beállítása a bemeneti kör behangolásával történik. A oszcillátor jelfeszültségét a maximális kimenőjelre állítsuk be, illetve állítsuk be a fázisforgatás nagyságát az egyes csatornában. E célból az I- és Q-jeleket adjuk rá egy erősítőfokozaton keresztül oszcilloszkópunk X és Y bemenetére. A csatornában állítsunk be egyforma erősítést, C9 és C10 értékét addig állítgassuk, amíg a képernyőn szabályos kört nem kapunk!

A fentiekben leírt eszköz érzékenysége néhány mikroV volt. (A feladat nem a maximális érzékenység elérésében állt.) A kimeneteken a fáziseltérés nagysága jobb, mint néhány fok – legalábbis az oszcilloszkóp képernyőjén nem volt észlelhető eltérés a szabályos körtől a 0 Hz ... több kilohertz sávban.

(Ragyo 2000/8.)

-SiMi-

farun FS222 típusú

SWR & Power & Field Strength
meter



- 3,5 ... 150 MHz
- 0 ... 10 W
- 0 ... 100 W
- 2 x PL259
- mini antenna
- Ár: 6.950Ft

HAM-bazár

1

Bp. XIII., Dagály u. 11., I. em.
H-P 09-14, Cs. 09-17 ó.
1550 Bp., Pf 123
(1) 239-4932/36 m.
239-4933/36 m.
hambazar@radiovilag.hu