

Transvertor pro 47 GHz s otáčecím zesilovačem

Philipp Prinz, DL2AM

V [1] popsaný transvertor pro 76 GHz s otáčecím zesilovačem fungovalo velmi slušně. To bylo pro mě dost dobré na to, abych stejnou techniku zkusil i pro pásmo 47GHz.

Nejprve jsem uskutečnil pokusy se stávajícími součástkami a díly. Univerzální těleso pro 76GHz jsem změnil tak, aby se ze spodní strany místo násobiče dal přišroubovat přechodový díl na WR28 (Obr.1).

Vlnovod jsem vyvrtal průměrem 3,9mm a pomocí výstružníku upravil na přesně 4mm. To umožnilo přišroubovat na směšovač můj zesilovač pro 23,5 GHz s SMA konektorem na výstupu (Obr.2)“.

Z dřívějších pokusů jsem měl zdvojovač 12/24GHz, DPS (deska plošných spojů) byla od Michaela DB6NT a má označení č. 2 [3]. Do zdvojovače jsem na výstupu pro 24GHz za vyfrézovaný vlnovod pro 18GHz připojil SMA konektor pro navázání dalšího stupně.

Ted' chyběla už jen DPS pro směšovač, použil jsem tu s číslem 25 od DB6NT a jako diodu jsem použil MA46H146. A mohl jsem začít testovat.

Do zdvojovače jsem pustil 11,736 GHz z oscilátoru MKU-LO 12 PLL. Byl jsem překvapen, že na 23,5GHz to dávalo 16 mW. Frekvence 11,736GHz byla potlačena o 55dB (Obr.4). Od DB6NT je i další DPS pro výstupní frekvenci 11,736GHz a to číslo 10.

Nyní jsem našrouboval násobič na svůj zesilovač pro 23,5 GHz. Tento zesilovač byl připojen na SMA přechodku směšovače pro 47GHz. Tak jsem měl kompletní vysílač pro 47GHz. Opět jsem byl překvapen, že na vlnovodu jsem naměřil 15mW při 47GHz. Obr.5 ukazuje signál na 47GHz, je velmi čistý v celém rozsahu.

Koncept

Nyní jsem se mohl přemýšlet o vytvoření transvertoru s otáčecí mechanikou. Michael, DB6NT, mi doal otáčecí zesilovač s následujícími parametry : 180mW na výstupu, šum 4,7dB, zisk 27dB(Obr.6). Otáčecí mechaniku vyrobila firma Krause Micro-Mechanik.

Nyní bylo potřeba popřemýšlet, jak připojit zesilovač pro 23,5GHz (např. MKU PA 244 TX) na těleso směšovače. Zesilovač má totiž na výstupu WR42 a na vstupu SMA konektor. Bylo potřeba nové těleso a nová DPS (Obr.7). Firma Micro-Mechanik vyrobila nové těleso a DB6NT byl tak hodný a dodal novou DPS č. 48. Na novém tělese směšovače je vyfrézován vlnovod WR42 a proto musí být před zalepením DPS do tělesa použit do vlnovodu malý adapter (kousek dřeva s rovnou plochou). To je nutné, aby nedošlo k vytloučení vlnovodu do DPS po jejím nalepení a vyhřátí na 90°C.

Jako další bylo třeba vyřešit generování 23,5GHz. Hovořil jsem s DB6NT, který mi promptně dodal MKU LO 24 PLL pro majákový vysílač a úpravou, která umožňuje změnu výkonu tohoto LO. Toto je velmi výhodné proto, aby šlo měnit (snížit) výkon oscilátoru pro příjem. Podobné řízení jsem využil i u transvertorů pro 76, 122 i 241GHz a zjistil jsem, že je tak možno velmi účinně dosáhnout zlepšení odstupů signál/šum při příjmu. Pro toto řízení vznikla nová malá DPS (Obr. 8). Na ní se nachází 9V regulátor, jeden přepínací kontakt pro dva potenciometry a jeden přepínací kontakt pro 9V napájení pro otáčecí zesilovač (Obr.9). Pomocí dvou mikropsínačů umístěných na otáčecí mechanice je zajištěno, že v poloze pro příjem není možné vysílat.

DB6NT mi poslal také zesilovač MKU PA 244 TX, který z 8mW udělá 100mW na 23,5 GHz. Technická data zesilovače a LO tak navazují na sebe. Bude postačovat těch 100mW na 23,5GHz pro vysílání, když je třeba na směšovači tuto frekvenci ještě zdvojit ? použitý dvojitý filtr podle OE9PMJ pro 47GHz má přitom útlum ca 0,9dB.

Můj výpočet : 180mW satur. na 47GHz a ca 27dB zisk v očásti malého výkonu. Já jsem ale počítal s 23dB zisku otáčecího zesilovače. Pokud např. bych mohl na směšovači vytvořit 1,4mW DSB signálu, útlum filtru je 0,9dB, mělo by vzniknout ca 600uW. Toto zesíleno o 23dB dá 120mW, což je tak trochu málo. Přesto jsem vše sešrouboval dohromady pro další pokusy.

Testy a optimalizace

Nyní nastal nejnepříjemnější okamžik. Nejprve jsem otestoval sestavený harmonický směšovač č.1 s diodou MA4E1318. Ladicími prvky jsem nemohl dosáhnout maximálního výkonu, proto jsem nalepil praporky velikosti 1,5 x 1,5 mm do blízkosti diody. Tak jsem dosáhl 1,3mW DSB (Obr. 10). Potlačení LO bylo 20dB, což bez filtru OE9PMJ není tak špatné. Další test proběhl na druhém postaveném směšovači se stejnou diodou. tento směšovač dával po doladění ladicími elementy I bez přídavných praporků výkon 1,5mW DSB. LO byl potlačen také o 20dB. Tady je opět vidět, že I se stejnými diodami mohou být výsledky rozdílné. Toto nastavování bylo pro mne oproti dřívější práci s podstatně vyššími frekvencem podstatně snazší a jednodušší.

Na mixer č.2 jsem našrouboval přechodku, filtr OE9PMJ a provedl další měření. Po doladění filtru ladicími prvky průměru 1,8mm byl USB (horní pásmo) signál ještě 680uW.

Ted' bylo jasné, že tento výkon by měl stačit pro plné vybuzení otáčecího zesilovače.

Jde to I jednodušeji ?

Poté, co se to tak dobře podařilo, jsem chtěl vědět, jestli se dá k dobrému výsledku dojít I použitím jednodušších metod a postupů. Použil jsem starší, jednoduché hliníkové těleso 30 x 40 x 15 mm a udělal koaxiální napojení na DPS č. 25, kterou jsem nakonec pořádně přilepil. Jako diodu jsem použil MA4E1318.

Velmi mne udivilo, když při 100mW /23,472GHz jsem naměřil 1,3mW DSB na 47GHz. Na vstupu bylo třeba umístit dva malé praporky, protože zde není jiná možnost doladění. tady je vidět, že satčů mnohem jednodušší prostředky pro stavbu transvertoru pro 47GHz. (Obr.11).

Můj transvertor

A teď konečně k transvertoru, k tomu jak jsem ho postavil : Krabice musí mít vnitřní světlost 65mm, protože zesilovač má úhlopříčně 63,5mm. Krabici si můžete obstarat od [4]. Další díly, jako MKU LO 24 a PA244 TXs novým směšovačem DL2AM Uni 47 byly sešroubovány dohromady (Obr.12). Stavba je obšírně popsána v [5].

Nový směšovač s DPS č. 48 funguje velmi dobře. Ladicí element (posuvný zkrat, Tekelec) na vstupu má 5mm hluboko vyfrézovaný vlnovod WR 42 a ladicí element má na konci průměr 5,9mm. Mf zesilovač 144MHz na DPS č. 26 od DB6NT je v samostatném tělese od fi Krause velikosti 79,2 x 12 x 30 mm. přitom byl vyveden ven z tělesa potenciometr pro možnost nastavení mf výkonu zvenčí.

Po sestavení celého zařízení a propojení všech dílů nastal „okamžik pravdy“. Byla o chvíli napětí.

Ovšem už první měření byla velmi slibná. Jenom konečné doladění filtru 47GHz a nastavení vstupu a výstupu směšovače bylo nutné. Ladicí prvky směšovače jsou přístupné zvenčí (Obr.13).

Obr. 14 ukazuje, že je možné dosáhnout výkonu až 170mW SSB a ukazuje i nasycení diody MA4E1318.

Přesné měření šumu nebylo možné kvůli tomu, že nemám kalibrovaný zdroj šumu. Předpokládám, že leží zhruba kolem 5dB.

Potenciometrem na nové D DPS je pro příjem možné nastavit nejlepší poměr signál/šum např. poslechem majáku apod.

Přeji všem, kteří budou zařízení stavět, hodně radosti při pokusech, tak jak jsem to zažil i já.

Popis jednotlivých obrázků v originálním textu :

Obr. 1 (Bild 1) Upravené univerzální těleso pro 76GHz

Obr. 2 Našroubovaný zesilovač pro 23,5GHz na směšovač 47GHz

Obr. 3 Zdvojovač 12/24GHz se zesilovačem 23,5GHz a směšovačem pro 47GHz

Obr. 4 Spektrogram signálu 23,44GHz

Obr. 5 Spektrogram signálu 47GHz

Obr. 6 Vestavěný zesilovač od DB6NT

Obr. 7 Nová DPS č. 48 a nové univerzální těleso pro 47GHz

Obr. 8 DPS pro přepínání vysílání/příjem

Obr. 9 Schéma přepínání vysílání/příjem

Obr. 10 Spektrogram signálu 47GHz při 1,5mW na výstupu

Obr. 11 Možnosti stavby transvertoru pro 47GHz

Obr. 12 Transvertor pro 47GHz shora, jsou pěkně vidět mikrospínače

Obr. 13 Transvertor pro 47GHz zezadu

Obr.14 Výstupní výkon v závislosti na mf buzení

Obr. 15 Spektrogram LO signálu 46,944 GHz s vestavěným filtrem OE9PMJ

Obr. 16 Spektrogram LSB signálu 46,799GHz s filtrem

Obr. 17 Spektrogram USB signálu 47,088GHz s filtrem