

Transvertor pro 122 GHz s novým násobičem

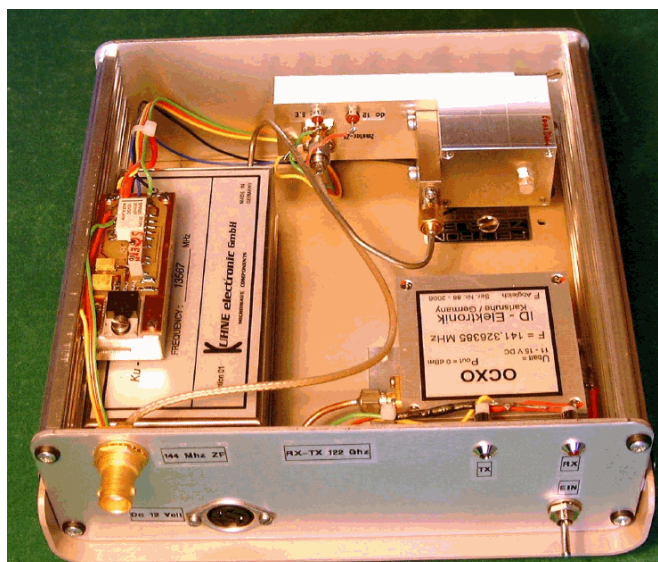
Philipp Prinz, DL2AM



(Tento článek je shodný s článkem v CQ/DL 6-2006, vydaný s laskavým svolením vydavatelství DARC)
Překlad na základě svolení autora provedl OK2IMH.

Úvod

Jak autor slíbil v článku o transvertoru pro 76 GHz, následuje popis stavby transvertoru pro 122 GHz. Při stavbě obou zařízení je možné si všimnout jisté podobnosti při stavbě a nastavování.



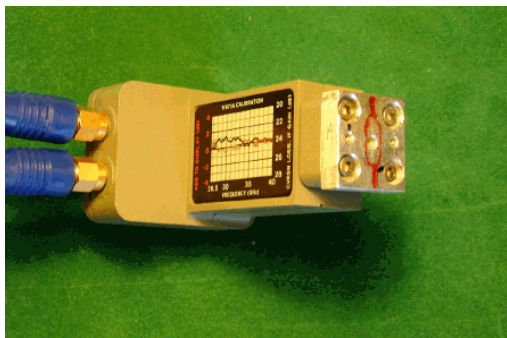
Během doby jsem postavil již čtyři transvertory a tři majáky (s násobičem x3) pro 122 GHz, stejně tak jako směšovač pro měření s mezifrekvencí 8,521 GHz. Jako první jsem pro měření se spektrálním analyzerem HP 8569 B postavil směšovač. Moje úvaha byla, že např. vezmu 12,666 GHz z mého syntezátoru HP 8673 B, vynásobím třemi na 37,999 GHz a po dalším násobení 3x dostanu 113,999 GHz. Mezifrekvenci 8,521 GHz pro směšovač získám jako rozdíl 122,250 GHz – 113,999 GHz.

směšovač na 122 GHz pro mf 8,251 GHz

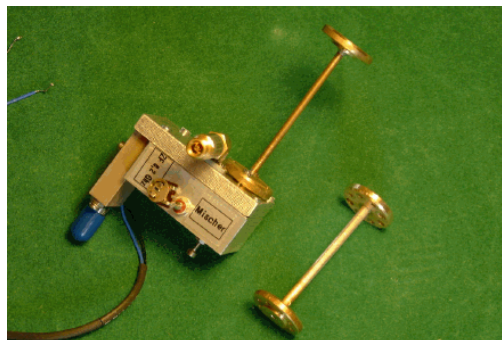


Použil jsem přitom v tělese pro 122 GHz s vyfrézovaným vlnovodem WR-19 a jedním směšovačem pro 122 GHz (3x) od DB6NT, krycí desku stejně jako DC blocker a násobič S004079, který jsem dole o 8 mm odfrézoval, plus jedna jednoduchá dioda MA4E1317. Mezifrekvenci 8,207 GHz jsem přivedl na SMA zdířku. Nastavení jsem provedl na 122 GHz jako by šlo o maják, tedy na maximální sílu signálu pomocí analyzáru a směšovače pro 40 GHz HP 11971 s našroubovaným vlastnoručně vyrobeným adapterem (obr.1). Po nastavení 113,35 GHz na analyzáru je již vidět signál na 122 GHz. Je třeba připevnit malé praporky na vedení 38 GHz. Největší vliv mají při umístění na vazebním kolíčku.

Jinak odkazují na stavbu a nastavování transvertoru pro 76 GHz, uveřejněné v CQ/DL 10/05 a 2/06. Hodnota Ra diody leží cca na 200 Ω , což odpovídá cca 1,95 V. Tento směšovač je možné použít i pro jiné frekvence, např. pro 76 GHz : 12,5GHz x 5 = 37,5 GHz x 2 = 75 GHz.
76,032 GHz – 75 GHz = 1,032 GHz mf. Potom je třeba použít vf těleso s DPS směšovače pro 76 GHz.



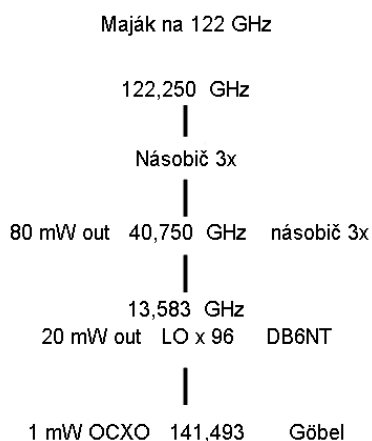
Obr. 1 Směšovač HP s našroubovaným adapterem



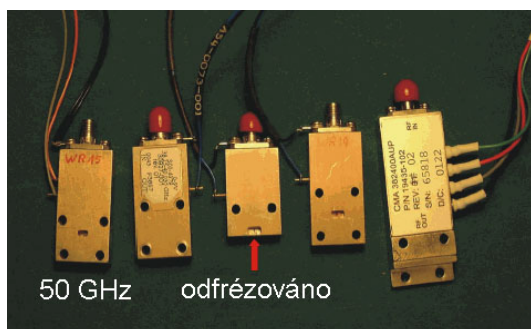
Obr. 2 Měřicí směšovač pro 122 GHz, mf 8,251 GHz

Maják na 122 GHz

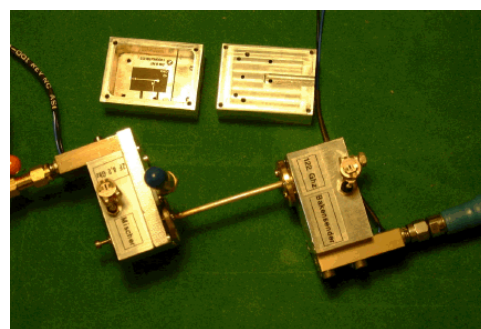
Dalším krokem byl maják (násobič třemi) na 122 GHz. Skládá se z vf tělesa, směšovače 122 GHz (x 3), jedné přípojné mezidesky a násobiče S004079 (x3), kterému stačí 9V při proudu 300 mA. Ten umí jen násobení 3x a na výstupu má vlnovod WR 19. Při cca 10 mW buzení dává na výstupu kolem 50 – 90 mW. I zde jsem použil jednoduchou diodu MA4E1317. Jako základ pro generování frekvence jsem použil OCXO od DK2DB na 141,4933 MHz, násobič x 96 od DB6NT = 13,567 GHz (20 mW).



Nastavení na 122 GHz bylo s již hotovým směšovačem snadné a je třeba ho provést výše popsáním způsobem (Obr. 4). Při cca 12 mW na vstupu násobiče bylo na výstupu kolem 80 mW. S hlavou Hughes pro měření výkonu, která pracuje až do 90 GHz, jsem již mohl měřit výkony i oblasti mikrowatů. Je třeba zmínit, že přizpůsobení této měřicí hlavy není dobré.



Obr. 3 Různá provedení násobičů



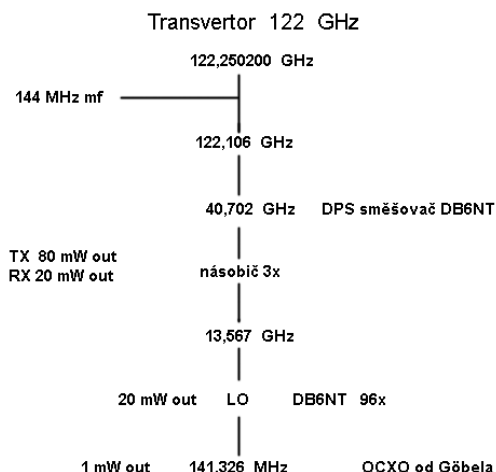
Obr. 4 Vysílač majáku na 122 GHz se směšovačem

Přesnost měření výkonu je potom diskutabilní, pokud ovšem nepoužijete vlnovodný útlumový člen 10dB. Odpor Ra diody je kolem 200 Ω , jak již bylo uvedeno výše. Je vhodné také vyzkoušet nalepit kousky vodivé gumy na různá místa pod kryt vf tělesa.

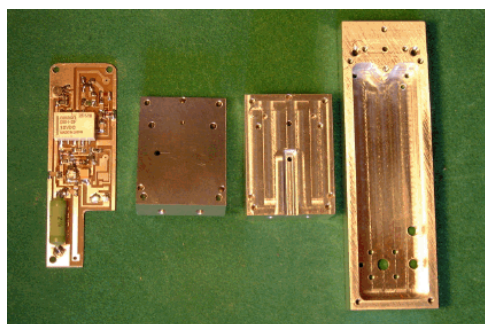
Pokud na toto vf těleso pro 122 GHz našroubuji násobič S94-47414 s výstupní frekvencí 49 – 51 GHz a WR15, celé to nastavím na 50 GHz, potom mohu detekovat harmonické frekvence v rozsahu 40...200 GHz, tzn. že diody MA4E1317 a HSCH9401 od Agilentu jsou i pro tak vysoké frekvence stále použitelné. Použitý násobič potřebuje 12 V a 5V DC a umí násobit pouze 3x. Na různých radioamatérských bleších trzích je možno jej zakoupit. Pro vysílač majáku lze použít i větší násobič CHM382400AUP. Ten umí násobit 3x nebo 4x, ale výstupní výkon na 40,7 GHz je menší. Divil jsem se, že jsem nikdy žádný z těchto násobičů nezničil, protože barvy přípojných vodičů bývají prohozené. Tajemství je v tom, že i když barvy jsou často různé, zapojení na konektoru je vždy stejné. Od počátku jsem používal vyrobený protikus a tak nemohlo dojít k poškození tohoto násobiče.

Stavba transvertoru

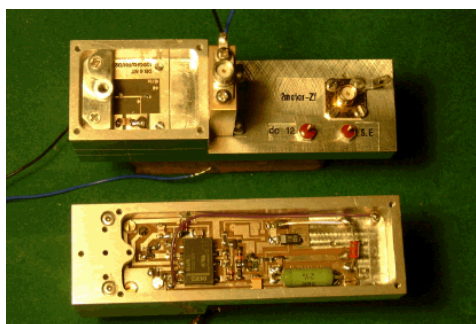
Poté jsem zkusil postavit transvertor s antiparalelní diodou MA4E1318 (obr. 5 a 6). Jako základ jsem použil OCXO na frekvenci 141,3263 MHz od DK2DB a násobič 96x od DB6NT.



Vf těleso bylo stejné s deskou směšovače (3x). Zjistil jsem přitom, že LO byl o 10 dB výše než horní postranní pásmo SSB signálu. Nastavováním to nešlo změnit. Tak jsem použil jednoduchou diodu MA4E1317. Při nastavování se ukázalo, že tato dioda vyhoví lépe, což je při násobení 3x pochopitelné. Horní postranní pásmo bylo nyní o 4 dB nad LO. Tato měření je možné provádět pouze se spektrálním analyzátozem s odpovídajícím směšovačem. Pokud nastavíte 2 dB/dílek, ulehčíte si celé nastavování. Tak je možné nastavit horní postranní pásmo na 40,7 GHz na maximální výkon.

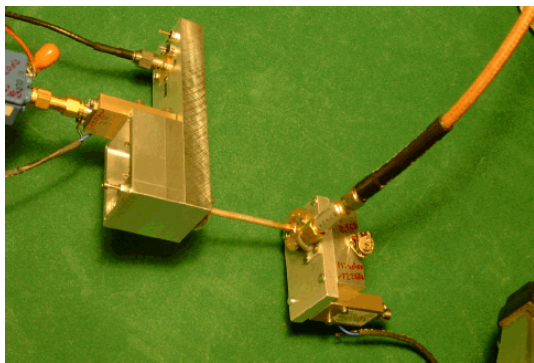


Obr. 5 : vf těleso, mezideska, těleso mf, DPS mf

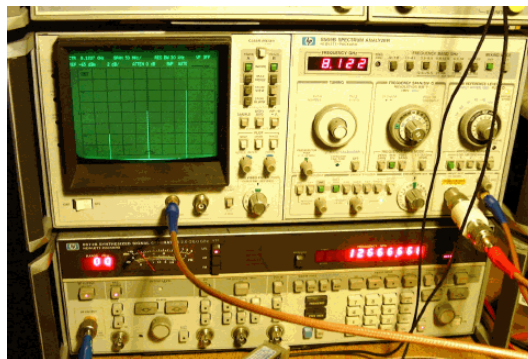


Obr. 6 : Transvertor pro 122 GHz

I tato měření jsem prováděl s výše uvedeným směšovačem (obr.7). Přitom se výkon dolního postranního pásma odpovídajícím způsobem snížil. Je také vidět, že obě postranní pásma na 144 MHz vlevo i vpravo leží ve správném odstupu (Obr.8). Abych si byl jistý, že se opravdu jedná o 122 GHz, změnil jsem vstupní frekvenci násobiče o 100kHz. Potom se musí změnit zobrazení na analyzáru o 900 kHz, což se mi také potvrdilo. Změna frekvence ze 100 na 900 kHz je proto, že násobím dvakrát za sebou 3x, tedy celkem 9x. Již dříve jsem zjistil, že horní postranní pásmo je v oblasti 144 – 146 MHz dvakrát, pokud jsem měřil se dvěma stejnými transvertory. Odstup byl např. 500kHz a vznikl na základě rozdílu frekvencí obou LO. Změnou frekvence VFO na FT290 se odstup nemění. Toto jsem zjistil u ž při stavbě transvertoru pro 76 GHz, protože ani tady nebyl použitý pásmové filtry pro horní postranní pásmo. Teprve změna jednoho z LO vede ke zvětšení nebo zmenšení odstupu uvedených dvou signálů. Myslím si, že při použití filtru potlačujícího dolní postranní pásmo a LO by se ten druhý signál neobjevoval. Tento filtr je však vzhledem k vysoké frekvenci a blízko u sebe ležícími LO a postranním pásmem nerealizovatelný. Tady se znovu ukazuje, jak vhodná by byla vyšší mf, např. 1290 MHz. Ještě se tímto jevem budu zabývat. Pro všechny testy jsem vzal ten horní signál, protože byl o cca 3dB silnější než ten dolní.



Obr. 7 Měření se směřovačem



Obr. 8 Naměřeno se směřovačem

Ke stavbě

Při vlastní stavbě jsou v podstatě dvě možnosti. U té první ofrézujete těleso násobiče S00-4079 o 8 mm tak, aby zůstal jen maličký kousek tvořící stěnu výstupního vlnovodu. Tím odpadne mezikus (deska). u druhé verze jsem použil mezikus, desku o tloušťce 8 mm, která je upevněna přes kolíčky vymezující její přesnou polohu a tím pádem není třeba nic frézovat. Po těchto zjištěních jsem odeslal maják na France, LX1DU, k testům. Často spolu mluvíme a vměňujeme si informace a zkušenosti. Ten mi řekl, že si není stoprocentně jistý, zda ta frekvence je opravdu 122 GHz. Já jsem si to ale nedokázal představit, protože jsem pracoval s vlnovodem o průměru 1,7 mm, který má mezní frekvenci kolem 100 GHz a provedl jsem frekvenční test. V tom okamžiku jsem byl poněkud šokován a tak jsem provedl další testy. Protože jsem již měl dva transvertory, mohl jsem dokázat, že ta frekvence opravdu je v pořádku. Na jednom ze transvertorů jsem použil OCXO na 141,326 MHz a následně násobič (x 96), pro druhý jsem použil syntezátor nastavený na 13,567 GHz. Poté jsem již na FT290 mohl najít SSB signál. Pokud na syntezátoru změním frekvenci o 1 kHz, musí se signál na FT290 zvýšit o 9 kHz, což jsem také vzápětí zjistil. Tím se potvrdila dosažená frekvence.

Další pokus byl s schottky diodou od Agilentu, HSCH-9401, kterou jsem obdržel od Eena, PA3CEG. Bohužel se jedná o výběhový typ, který bude dodáván už jen po omezenou dobu. Při nastavování výše uvedeným postupem s uvedenou diodou jsem zjistil, že dává výkon o cca 3 dB vyšší. Při další stavbě se toto potvrdilo. Pokud se má využít plně výkonu transvertoru, je třeba po postavení a našroubování na vlnovod zářiče a k parabole provést znovu jemné dostavení dolaďovacího šroubu. Metoda nastavování je stejná jako již popsaná, jen "žebrání" o výkon je podstatně silnější.

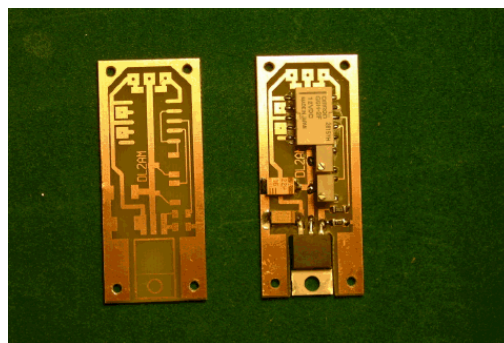
Zjistil jsem také, že při použití dlouhého vlnovodu s kruhovým průřezem dochází k posouvání polarizace. Pokud je jako mf použit FT 290R, je vhodné pomocí potenciometru VR2006 v zařízení nastavit výkon pro 2m mezifrekvenci. přitom musíte mít spínač výkonu v poloze Lo. Tak lze nastavit 40,7 GHz a výkon pro směřovač v mezifrekvenci na maximální sílu horního postranního pásma nejlepší odstup signál/šum při již zakrytovaném transvertoru, kdy se ke 100 ohmovému potenciometru na desce mf 47 GHz již nedostanete.

Připraveno pro test

Ted' nastal čas pro indoor test, tedy test v místnosti. Chyběly ale ještě 9,5 cm dlouhé vlnovody WR8 pro 25 cm parabolu od Procomu. Ani v Evropě ani v USA nejsou k sehnání. Mluvil jsem s Francem, LX1DU, a ten mi nějaké slíbil udělat. Za pět dnů jsem dostal skutečně balíček a v něm vlnovody WR8 a několik "berliček" (obr. 9). Poté, co jsem celé zařízení sestavil, jsem mohl začít s testy. Postavil jsem obě stanice cca 15 m od sebe a u mě doma. Podařilo se mi udělat první SSB QSO. Při dalších testech jsem zjistil, že modulace na SSB je poněkud komprimovaná. To mě přinutilo pokračovat v testech. Napájení násobiče S00-4079 jsem měnil od 5 do 9 v a přitom zjistil, že ani v případě, kdy výstupní výkon se snížil o cca 6,5 dB, nedošlo ke změně signálu. Tak jsem postavil řízení, které řídí výkon směřovače podle toho, zda jde o příjem či vysílání. tato DPS je udělána tak, že pro oba dva stavy lze nastavit napětí v rozmezí 5 - 9 V. Toto opatření vedlo k úspěchu, protože je tak možné nastavit pro příjem nejlepší odstup signál/šum a pro vysílání minimální kompresi. Toto řízení lze použít i pro transvertor pro 76 GHz při použití uvedeného násobiče. Cívku relé, přepínacího napětí, jsem připojil na desku 47 GHz mf (viz schéma).



Obr. 9 Vlnovod WR8, WR12, "berlička"



Obr. 10 Přepínání pro směšovač

Zde jsou naměřené hodnoty za pomoci HP437B + Q8486A a HP8485A :

- Násobič má na vstupu 13,567 GHz
- vysílání a příjem 12 mW při S00-4079

Při napájení 5 V je při příjmu výkon násobiče 20 mW. při vysílání je výstupní výkon 80 mW, to při napájení 8 V. Mezi frekvencí na 144 MHz je nutno individuálně nastavit.

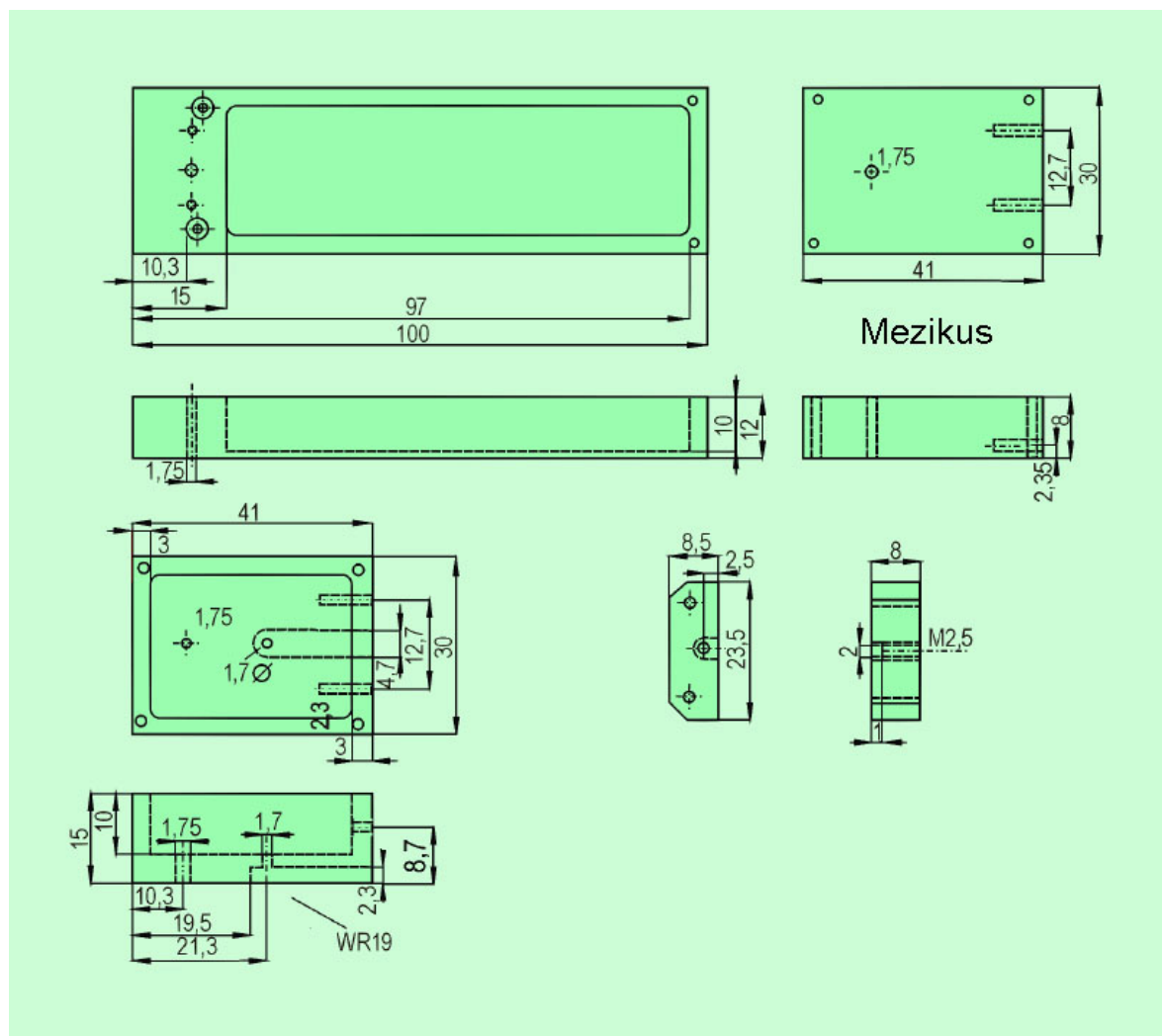
Indoor test

Nyní jde o to vyzkoušet jednu z berliček s různými ozařovači pro parabolu Procom. Oba transvertory jsou od sebe cca 15 m, uvnitř domu. Pomocí potenciometrů pro vysílání a příjem na přepínací desce je možné nastavit signál těsně na hranici šumu. Tak je možno provést další testy. Pomocí kousku absorpčního materiálu 2 cm širokého a 6 cm dlouhého vloženého do paraboly, se musí ukázat změna signálu. Pokud tomu tak není, jsou možnosti měření značně omezené. Ještě lepší je, pokud můžete dát mf 144 MHz na analyzátor, nastavíte rozlišení 1 dB/dílek, na to stačí i HP 141. Při tomto uspořádání lze zjistit, zda je parabola ozářena celá. Pokud přidržíte pásek absorpčního materiálu při okraji paraboly, musí být znatelný vliv na zeslabení signálu. Pokud vezmu k parabole od Procomu originální reflektor jako referenci a srovnám s jinými ozařovači, nedá se dosáhnout žádné další zlepšení.

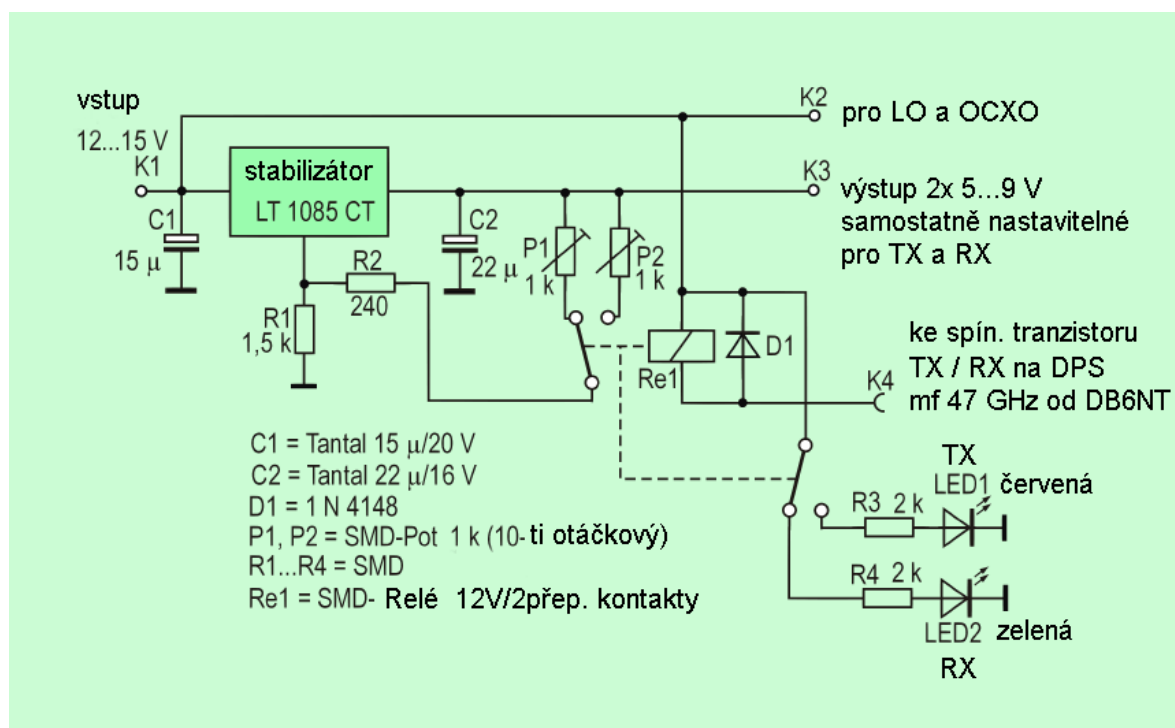
Trochu jsem se podívil, když jsem zkusil na 122 GHz tu samou parabolu se stejným reflektorem, ale místo vlnovodu WR8 (90 - 140 GHz) jsem použil WR19 (40 - 60 GHz). Naměřil jsem zeslabení signálu jen o cca 1,5 dB. Tento rozdíl jsem tak tak rozeznal na poslech. Myslel jsem si ale, že bych mohl slyšet rozdíl pod 1 dB. Znamená to celé tolik, že je možné použít kombinovaný zářič od 47 GHz do 122 GHz s použitím vlnovodu WR 19. Pokud se udělá kónický přechod (jde poměrně snadno skalpelem) z kulatého na pravoúhlý profil, může být dosaženo zesílení signálu o 3 dB. Získal jsem i komerční parabolu pro 38 GHz včetně ozařovače. Odstříhl jsem vnější okraj a pomocí laseru jsem ji proměřil. Byl jsem velice zklamaný kvalitou té paraboly. Ohnisko se při proměřování celé plochy paraboly posouvalo až o 10 mm !

Při třetím pokusu o spojení venku na vzdálenost přes 10 km na 122 GHz jsem přemýšlel o tom, proč je modulace při pokusu doma lepší než při vysílání venku. Při posledním pokusu venku (na 10 km) mě napadlo, že modulace je ještě horší, než při předchozích pokusech. Bylo teplo, větrno a vál suchý jižní vítr. Při prvním pokusu oproti tomu bylo zima kolem 0°C. Signál vypadal podobně jako scatter-efekt při QSO na 10 GHz přes bouřkové mraky. Na FM byl signál úplně v pořádku. Dokážu si představit, že to může být způsobeno dopplerovým efektem. Po telefonu jsem se o tom bavil s Petrem Voglem, DL1RQ, a ten říkal, že si také myslí, že příčinou může být dopplerův efekt. Tak může být napájecí napětí násobiče nastaveno na maximum výkonu na 122 GHz. Bude pro tuto frekvenci aktuální úzkopásmová FM ??

Chci poděkovat Henrymu, KT1J a Hubertu Krausovi za pěkná tělesa .



Obr. 11 Výkres vf tělesa



Obr. 12 Schéma zapojení

Součástky pro transvertor

vf těleso	(Krause)
přizpůsobovací blok	(Krause)
mf těleso	(Krause)
mezideska (dvě verze)	(Krause)
vlnovod přes těleso	(Krause)
DPS směšovač 122 GHz (x 3)	(DB6NT)
DPS mf 47 GHz, nová verze	(DB6NT)
DPS přepínání napětí	(DL2AM)
regulátor LT1085	(DL2AM)
2ks potenciometr 1 k Ω	(DL2AM)
2 tantalové kondenzátory	(DL2AM)
Relé, 12 V	(DL2AM)
Násobič S00-4079	(DL2AM)
MA4E1317 od M/A-Com.	(DL2AM)
HSCH9401 od Agilentu	(DL2AM)
SMA zásuvka	(DL2AM)
Vstupní vazební kolík, UT085, 5 mm	
Výstupní vazební kolík 14 mm ZF, pouze při použití mezidesky	
Odpor 1,5 k Ω	
Odpor 240 Ω nebo 2 x 470 Ω	
Slídová podložka pod TO220	
Různé šrouby	
OCXO 141,326 MHz	(DK2DB)
Násobič 96 x , 13,567 GHz	(DB6NT)
Vlnovod WR8 a WR 12, "berličky"	(LX1DU)
Parabola průměru 25 cm	(UKW Berichte)

Dodavatelé dílů

Franc Cronauer, 140 Rue Assen, L-4411 Soleuvre-Luxembourg	vlnovody
Hubert Krause, http://www.micro-mechanik.de/	tělesa
DB6NT, www.db6nt.de	DPS a násobič
DK2DB, www.ID-elektronik.de	OCXO
UKW Berichte, www.ukw-berichte.de	parabola
DL2AM, www.dl2am.de	různé díly

Součástky pro měřící směšovač

Vf těleso 122 GHz	(Krause)
Přizpůsobovací blok	(Krause)
Krycí deska	(homo domo)
DPS směšovač 122 GHz, x3	(DB6NT)
Potenciometr 1 k Ω	
Průchodkový kondenzátor 1 nF	
SMA konektor	(DL2AM)
DC Blocker	
Násobič S00-4079, ofrézovaný	(DL2AM)
MA4E 1317od M/A-Com.	(DL2AM)
Vstupní vazební kolík, 5 mm dlouhý, UT 085	
Výstupní vazební kolík ZF 10 - 14 mm dlouhý (podle tloušťky desky)	

Součástky pro vysílač majáku

Vf těleso 122 GHz	(Krause)
Přizpůsobovací blok	(Krause)
Mezideska	(Krause)
DPS směšovače 122 GHz , x3	(DB6NT)
Násobič S00-4079 nebo CMH382400AUP	(DL2AM)
MA4E 1317 od M/A-Com	(DL2AM)
Vstupní vazební kolík UT085, 5 mm dlouhý	
Průchodkový kondenzátor 1 nF	
Potenciometr 1 k Ω	

Literatura

- (1) DB6NT, DUBUS 2/94
- (2) Philipp Prinz, DL2AM "Transvertor pro 76 GHz", CQ DL 10/05, str. 696
- (3) Philipp Prinz, DL2AM, "Transvertor pro 76 GHz, doplněk", CQ DL 2/06, str. 107
- (4) DL2AM, DUBUS 4/05
- (5) DL2AM, DUBUS 1/06