

Mikrovlnný radioamatérský provoz

Vladimír Petržilka, OK1VPZ

vladimir.petrzilka@gmail.com

připraveno pro seminář ČVTS 19.května 2016

**Amatéri (diletanti) jsou někdy hrozní, protože často trpí nějakou fixní ideou.
Ale i oni občas něco dokáží (viz třeba objevení Tróje).**



Ale - jsou radioamatéri skutečně diletanty?

Radioamatéři a mikrovlnná pásma

Radioamatéři na KV pásmech a radioamatéři na VKV a zejména na GHz pásmech se od sebe v mnohém liší. Zatímco na KV je technika jen cílem k navazování spojení, na VKV je samotná cesta cílem. A na GHz pásmech to platí desetkrát.

Radioamatér na GHz pásmech není a ani nemůže být diletant. Je to člověk, jehož zájmem je překonávání překážek. Aniž by ho za to někdo platil. Proč jsou vůbec mezi námi takoví podivíni? Protože chuť něco objevovat je lidstvu vlastní. Výsledkem je zábava, trochu toho adrenalinu, dobrý pocit z překonání sama sebe i jiných a nakonec, ale nikoli jen cesta k dalšímu vzdělávání.

A výraz "mikrovlny,"? Mezi radioamatéry se za mikrovlnná pásma označují (nesprávně) všechny radioamatérské kmitočtové příděly nad 1GHz:

1296 - 2320 - 3400 - 5760 - 10368 - 24048 MHz a
47 - 76 - 122 - 134 - 248 - 322 - 411 GHz,
(přičemž aktivní provoz se odehrává do 76 GHz včetně)

První radioamatérská spojení na pásmech nad 10GHz:

10GHz..... 3,2km (1946, - W2JRM a W2JN)

Květen 1949: v Československu je pro radioamatéry uvolněno pásmo 10.0 až 10,5GHz

10GHz..... 20km (1950, - G3APY a G8UZ)

10GHz..... 427km (1960, - W7JIP a W7LPL)

10GHz..... 1km (1961, - OK1LU a OK1KAD)

a dále ve světě, ale i u nás:

24GHz 240m (1946, - W1NVL/2 a W9SAD/2)

24GHz 150m (1975, - G3BNL/P a G3EEZ/P)

24GHz 72km (1982, - OK1KDO a DJ4YJ)

47GHz 100m (1982, - W2SZ/1 a ?)

47GHz 1km (1984, - HB9MIN HB9AMH)

47GHz 500m (1995,- OK1AIY/P OK1UFL/P)

První radioamatérská spojení na pásmech nad 10GHz:

76GHz 500m (1985, - HB9MIN a HB9AGE)

76GHz 100m (1997, - OK1AIY/P a DB6NT/P)

122 – 145GHz 1km (1992, - DB6NT/P a DL1JIN/P)

122 – 145GHz 10m (2002, - OKUFL/p a OK1AIY/p)

241 GHz 100m (1993, - DB6NT/P a DL1JIN/P)

241 GHz 10m (2003, - OK1AIY a OK1UFL/P)

322GHz 50m (2001, - W2SZ/P a WA4RTS/4)

411GHz 50m (1998, - DB6NT/P a DL1JIN/P)

První radioamatérská spojení na pásmech nad 10GHz:

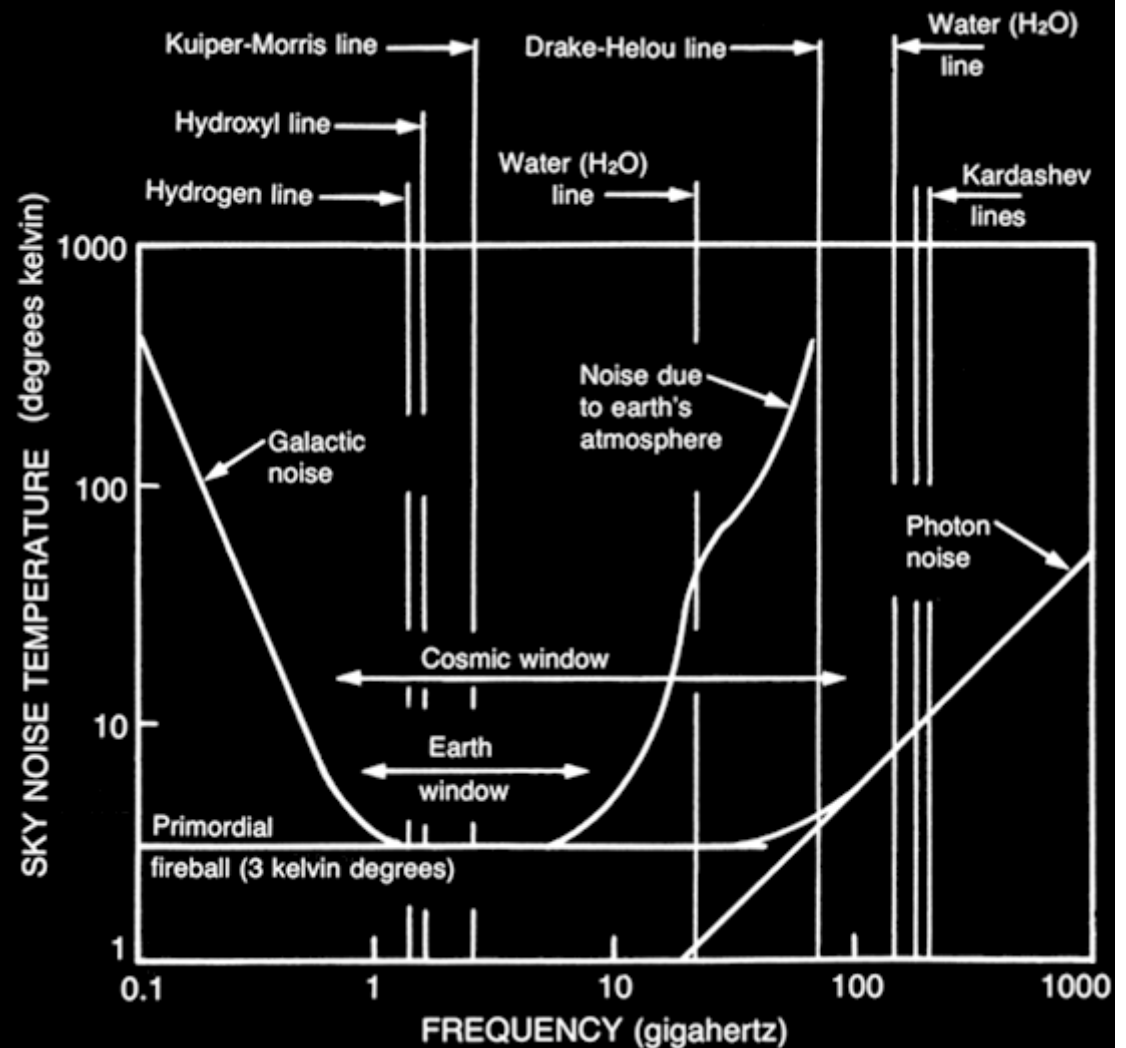
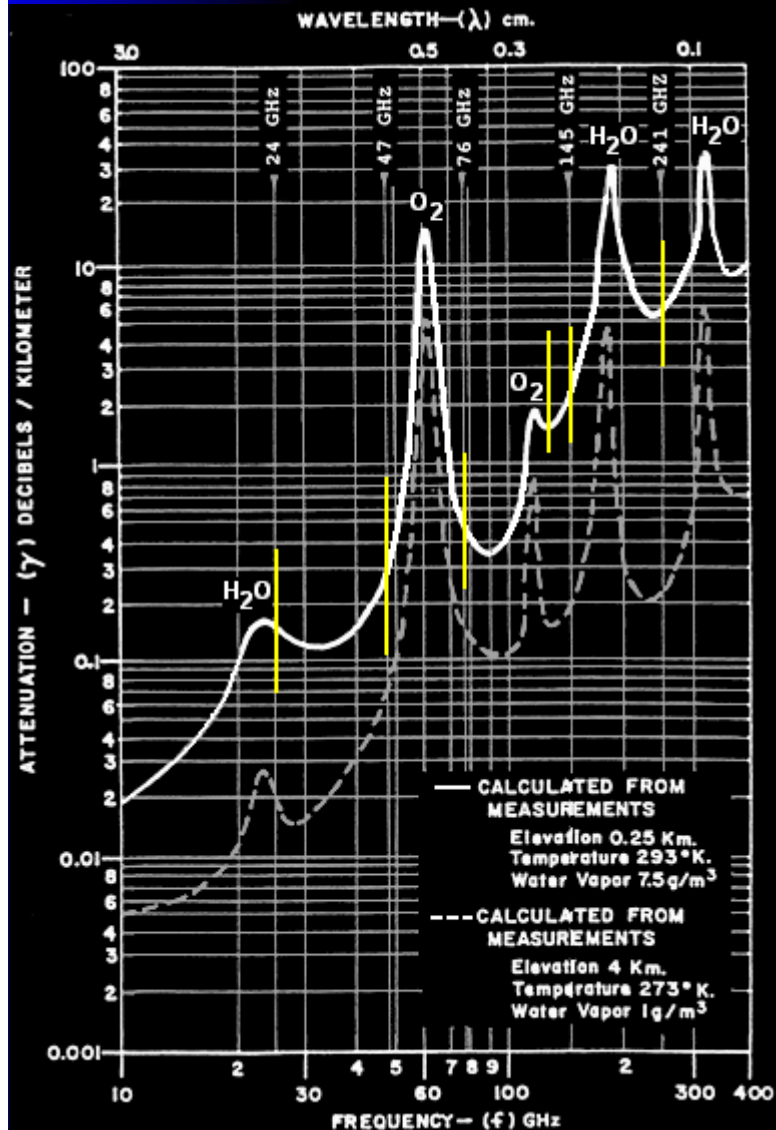


Československo 1961:

Klystronový vysílač, duplexní provoz,
TX 20mW, RX směšovací hrotová
dioda, odstup RX/TX 40 MHz,
modulace WFM



Překážky dálkové šíření na mikrovlnách - faktor troposférického útlumu a šumu pozadí



Rekordní radioamatérská spojení nad 10 GHz:

Tropo propagation - DX rekordy svět - EU – OK

10GHz 2733 km (2015, - VK7MO a VK6DZ)

10GHz 2694 km (2010, - D44TXV a CT7/F6DPH/P)

10GHz 1245 km (2003, - OK2BFH a G3XDY)

24GHz 581 km (2011, - DL7QY a F6DKW)

24GHz 309 km (2010, - OE5VRL a OL9W)

47GHz 345 km (2015, - W6QIW/6 a AD6FP/6)

47GHz 266 km (2006, - OK1AIY/p a OE5VRL)

76GHz 289 km (2014, - AD6IW a KF6KVG)

76GHz 107 km (2014, - OK2M a OK1KAD)

122GHz 132 km (2013, - OE5VRL/P a OE3WOG/P)

241GHz 114 km (2008, - WA1ZMS/4 a W4WWQ/4)

EME – šíření na trase Země Měsíc Země

Komunikace na vzdálenost přes 760 000km (zpoždění ~ 2,5s)

Útlum trasy na 10 GHz až 289 dB → není tu místo pro chyby

Změna útlumu trasy při Přízemí a Odzemí až 2,2dB

Úhlový rozměr Měsíce na obloze ~ 0.5°

Měsíc odráží zpět k Zemi méně než ~ 7% signálu

Faktor šumu → galaktický šum, měsíční šum, atd..

Dopplerův posuv ($\Delta f = 2 v / \lambda$) mění frekvenci (na 24 GHz až 60 kHz)

Stáčení polarizační roviny díky Faradayovi rotaci (do ~ 2 GHz)

Změny prostorové orientace polarizační roviny → výhody kruhové polarizace

Vliv útlumu atmosféry → elevační úhel (důležitý >20 GHz)

Librační pohyb Měsíce ovlivňuje kvalitu (šířku) signálu (důležité >3 GHz)

Pod ~3 GHz převládá zrcadlový odraz od plochy kolem středu Měsíce, krajní oblasti Měsíce s převažujícím rozptylovým (difúzním) odrazem se podílí jen málo

Nad ~ 3 GHz postupně převládá rozptylový (difúzní) odraz a krajní oblasti Měsíce se významně podílí na celkové energii odraženého signálu

Na kmitočtech světla je již energie odrazu rozdělena téměř homogenně přes plochu Měsíce („září“ celý Měsíc)



První úspěšný pokus o příjem EME signálů v roce 1946 (neúmyslně již 1944)

První radioamatérské EME spojení v roce 1960 (na 1296 MHz) v USA

První EME spojení na území ČR v roce 1976 (10 GHz 1993, 24 GHz 2003)

Nejvyšší EME frekvence využívaná radioamatéry 47 GHz (echo na 76 GHz)

Radioamatérský EME provoz až 365 dní v roce (zejména na 144 a 1296 MHz)

EME v pásmu 10 GHz

První spojení v roce 1989, v ČR 1993

Oblíbené EME pásmo často používané po celém světě

Útlum trasy na 10 GHz 289 dB, nízký atmosférický útlum

Dopplerův posuv mění frekvenci na 10 GHz až o 25 kHz

Šumové číslo předzesilovače (LNA) kolem 0,7dB

Běžně používané zařízení 3m parabola, 20W PA (max.
4,5m parabola 0,45° → ozáří 100% povrchu Měsíce)

Špičkové zařízení DL0SHF 7,6m parabola a 600W out,
SP6JLW 600W, W7CJO 400W, DC6UW 200W...

EME signály DL0SHF lze přijímat i s 48cm parabolou

Expediční provoz DL1YMK s 1,4m parabolou a 40W PA

Menší koncové zesilovače dnes již většinou s tranzistory (do
cca 50W)

Možnost digitálního druhu provozu JT4F (WSJT), který
umožní pracovat již s 20W a 60cm parabolou, v tomto
případě je ale nutné použít softwarově ovládaných
přijímačů, které automaticky vyrovnávají posouvání
kmitočtu vzhledem k změně dopplerova posunu
(200 Hz za minutu).

Předpoklad plánování pokusů je výpočet minimálního
„rozmazávání“ libračním pohybem Měsíce

Na obrázku v pravo je vidět 48cm parabola PA0EHG s LNA
v ohnisku během názorné demonstrace příjmu EME
signálů DL0SHF v průběhu mezinárodní konference v
Plemueur Bodou EME 2014



EME v pásmu 24 GHz

První přijaté echo v roce 2001, první spojení v roce 2001,
první spojení v ČR 2003 OK1UWA (nyní neaktivní)

Útlum trasy na 24 GHz **297 dB**

Dopplerův posuv mění frekvenci na **24 GHz** max až o **60 kHz**

Kolem 20 aktivních stanic na celém světě (v ČR OK1KIR)

Šumové číslo předzesilovače (LNA) ~ 1,4 dB

Běžně používané zařízení 1,5m offset parabola, 20W PA
(2m parabola 0,45° – ozáří 100% povrchu Měsíce)

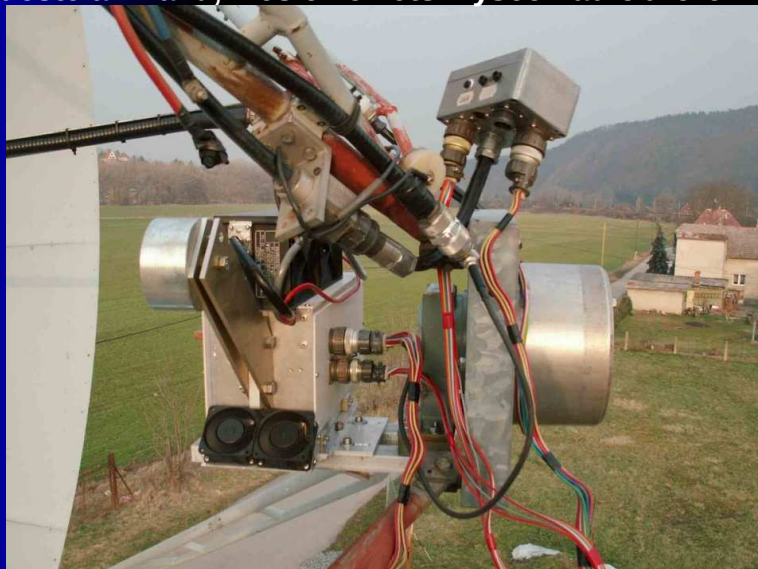
TOP stanice W5LUA, VE4MA a RW3BP používají 80W TWT

Expediční provoz s malou 1,4m parabolou a 20W PA (VK7MO)

Koncové zesilovače s tranzistory začínají vytlačovat TWT

Nejvyšší pásmo, kde se pracuje digitálními druhy provozu,
velký boom teprve v posledních 5 letech, kdy konečně
začaly být více dostupné výkonové tranzistory

Předpoklad plánování pokusů je: výpočet minimálního
„rozmazávání“ libračním pohybem Měsíce a počasí bez
deště a mraků, Měsíc ve větší výšce nad obzorem



24 GHz EME OK1KIR Černošice
4,5m dish, 20W @ feed

EME v pásmu 47 GHz

První spojení v roce 2005

Aktivní 4 stanice RW3BP, AD6FP, W5LUA, VE3MA

Útlum trasy na 47 GHz 303 dB

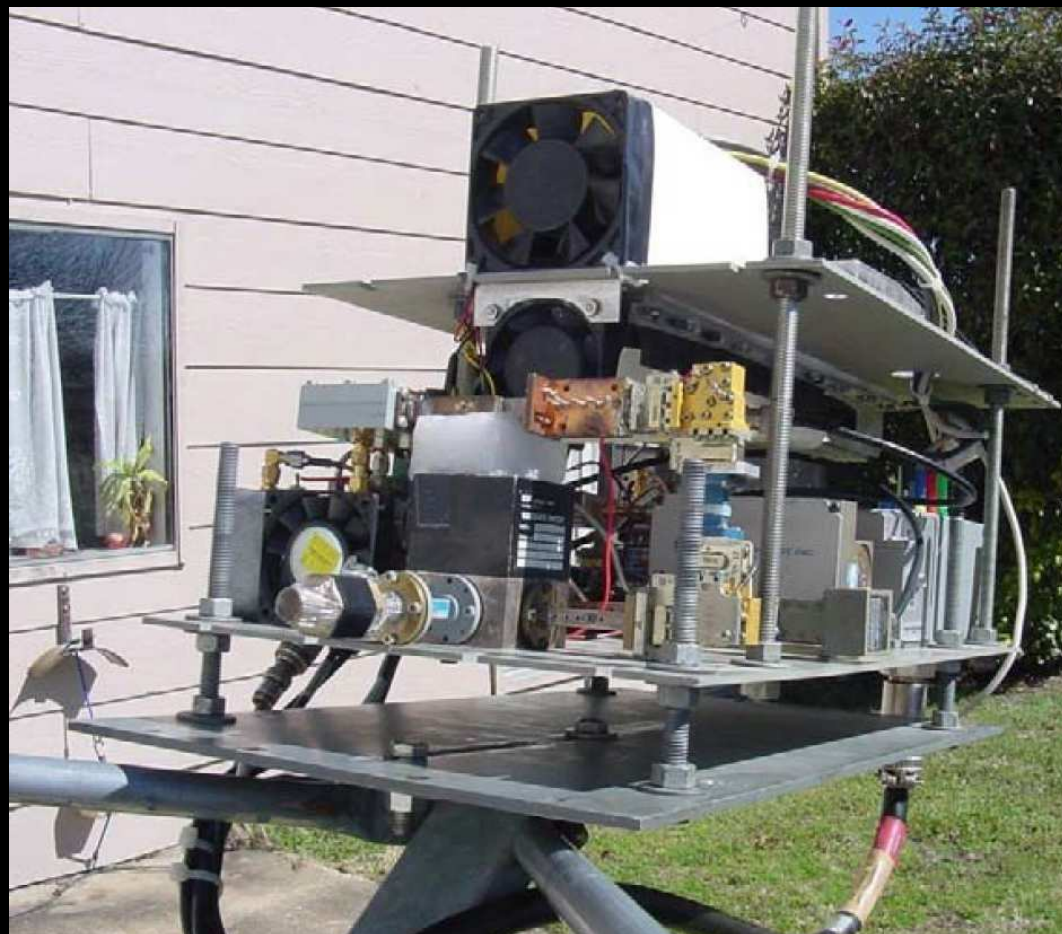
Dopplerův posuv mění frekvenci na 47 GHz max až o 118 kHz

Šumové číslo předzesilovače (LNA) kolem 4dB, při chlazení tekutým dusíkem u AD6FP dosažená šumová čísla až kolem 1,5 až 1,7dB, výkon 32W

Paraboly s nízkou účinností povrchu (60cm parabola 0,45° – ozáří 100% povrchu Měsíce), W5LUA 2,4m offset, AD6FP 1,8m Prodelin 1183 offset dish (0,25° pro -3dB)

Koncové zesilovače výhradně přeladěné armádní TWT, které jsou velmi těžko k sehnání (32W TWT Hughes 8030H)

Problémy s přesností směřování paraboly, útlum atmosféry přes 2dB při 45° elevaci a útlumu 0,2dB /km, librace atd



EME v pásmu 76 GHz

Útlum trasy na 76 GHz 307 dB

Dopplerův posuv mění frekvenci na 76 GHz max až o 190 kHz

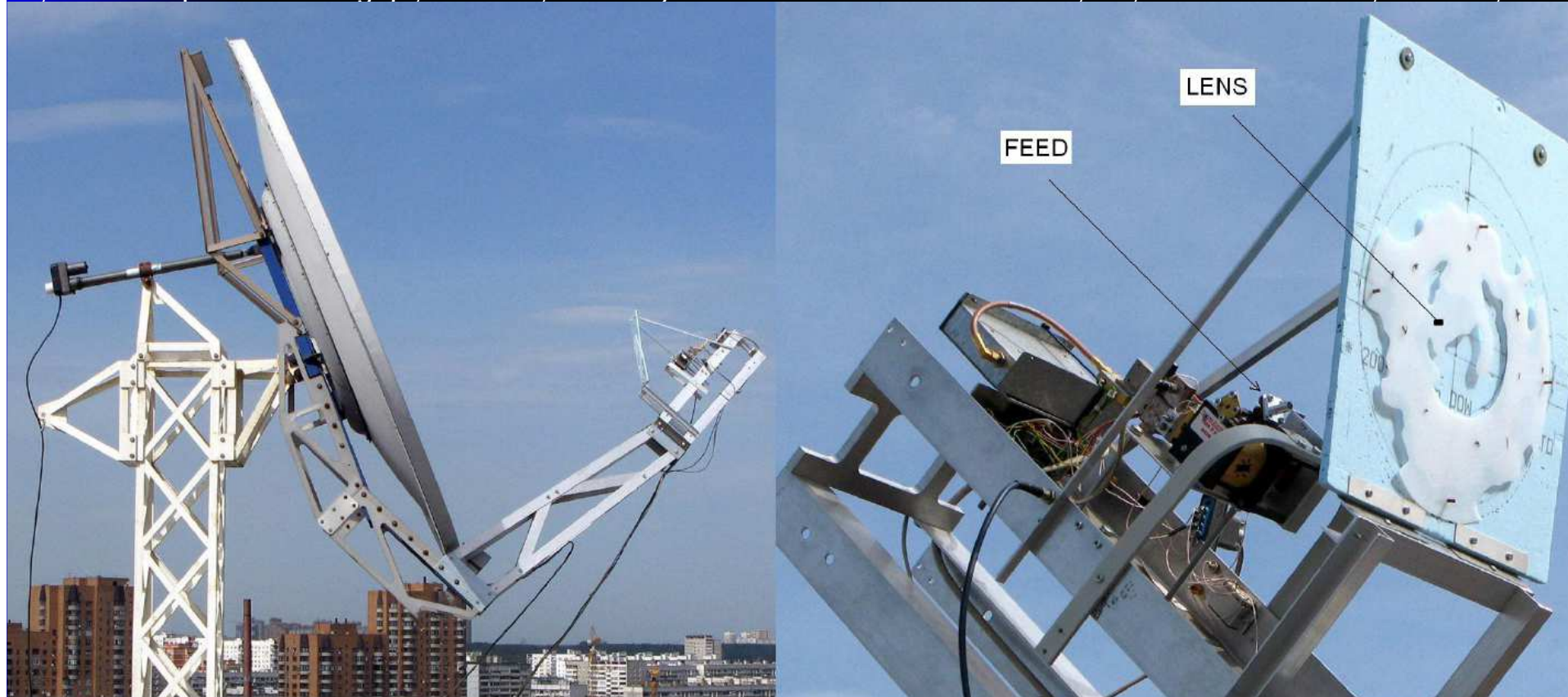
Zatím nedošlo ke spojení, RW3BP s 60W PA a 2,4m D. poslouchá svá echa a W5LUA detekoval signál RW3BP

Kompensace nepřesnosti paraboly u RW3BP použitím speciálně tvarované dialektrické čočky ze tří vrstev PTFE

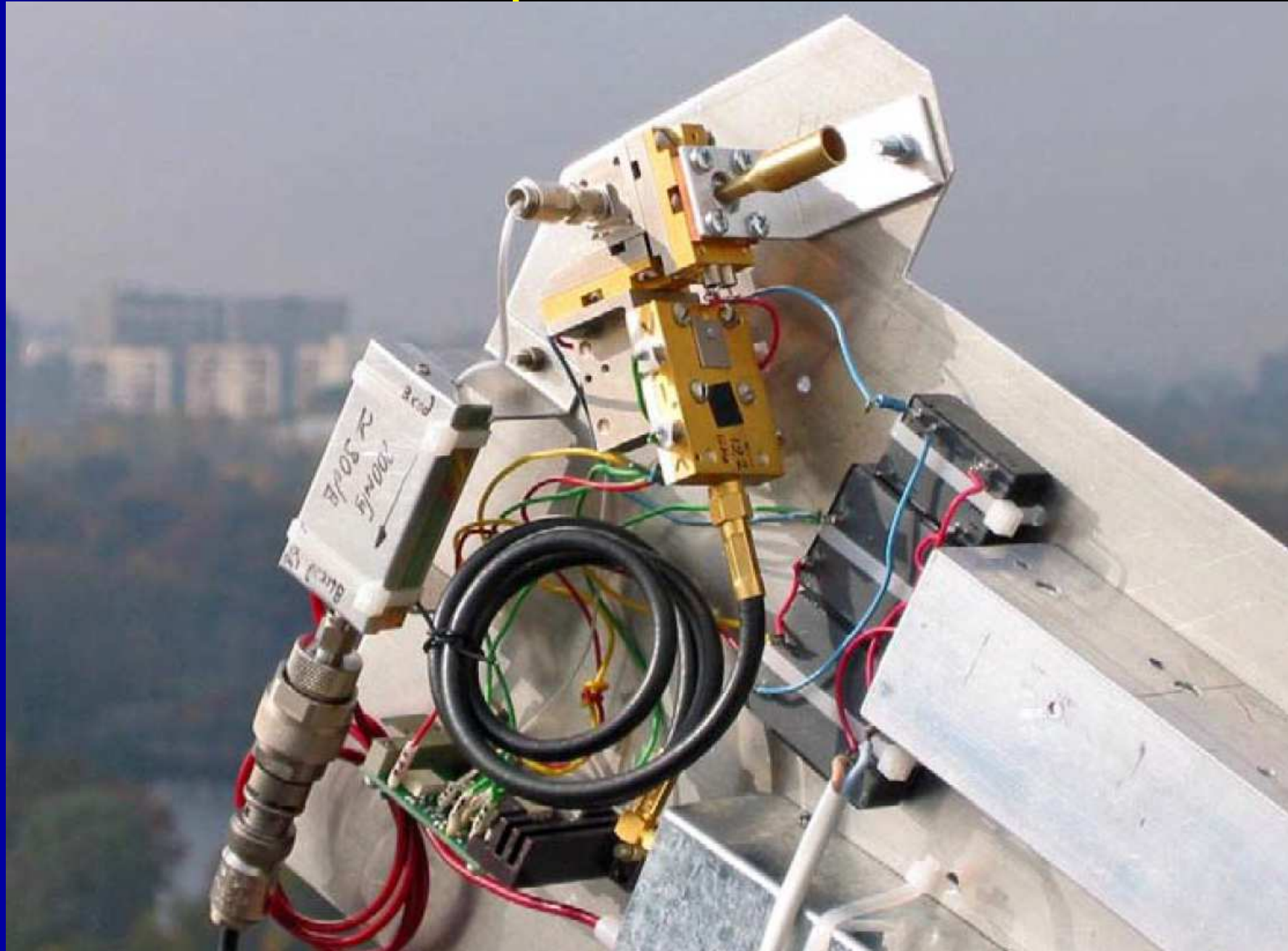
Šumové číslo předzesilovače (LNA) kolem 5 – 6,5 dB

Prvním spojením brání extrémně vzácné výkonové zesilovače (TWT), W5LUA disponuje výkonem „pouze“ 1W..

2,4m offset parabola Sergeje, RW3BP, změřený zisk 63 dBi a šířka 1. laloku 0,11°, šum Slunce 6dB, Měsíc 0,5dB



EME v pásmu 76-77 GHz



Jiné zájmy některých mikrovlnných radioamatérů..

Přijem a detekce signálů vesmírných sond na 8,4 GHz DSN (<http://www.qsl.net/ct1dmk/dsn.html>)

Luis Cupido CT1DMK (5,6m parabola a LNA 0,7dB NF) přijal signály například od sond:

- Cassini během letu k Saturnu 5dB S/N, vzdálenost 1 412 000 000 km (9,4 AU)
- Rosetta 20dB S/N, vzdálenost 389 000 000 km (2,6 AU)
- Mars Reconnaissance Orbiter 30dB S/N, vzdálenost 243 000 000 km (1,6 AU)
- Venus Express 21dB S/N, vzdálenost 152 000 000 km (1,0 AU)
- detekce přítomnosti signálů sondy Voyager 1 (20W vysílač do 3,7m paraboly) v roce 2006 na vzdálenost 14 698 000 000 km (98 AU) tedy 3x dál než je Pluto. Pro detekci použil CT1DMK 2h pro zprůměrování dat, signál byl -7,3dB pod šumem, identifikace se podařila na základě spočteného dopplerova posunu, pravost data byla potvrzena nezávislou analýzou dat

Radioastronomie

- Měření slunečního šumu pro srovnání vypočtených parametrů přijímacího řetězce
- Přijem echa na 13cm od povrchu Venuše
- Přijem šumu Jupiteru i na 77 GHz – RW3BP
- Detekce zbytků supernov, radiových galaxií, mlhovin, pulzarů, ...
- Nejvzdálenější detekce vesmírného objektu CT1DMK (na 23cm) kvazar 3C273 (46 Jy) vzdálenost 2,4 miliardy světelných let
- Nejvzdálenější objekt detekovaný radioamatérem (W8QOP) na 21cm kvazar 3C147 (23Jy) vzdálenost 5,1 miliardy světelných let



A nezapomeňte: radioamatéři jsou schopni zajistit levnou a účinnou krizovou komunikaci i v případě kolapsu běžných komunikačních a energetických sítí



Závěrem: jak asi vypadá radioamatérské spojení na 10GHz na vzdálenost okolo 800km s využitím odrazu od dešťových srážek na trase Praha – Bologna?

<http://ok1teh.nagano.cz/3cm/i4xcc.mp3>

Děkuji za pozornost!

Vladimír Petržilka (OK1VPZ)

vladimir.petrzilka@gmail.com

www.ok2kkw.com