

Parametry transceivřů a jak jim rozumět

Setkání radioamatérů
Holice, srpen 2011

Transceivry – základní parametry

- **Kmitočtová koncepce transceivru**
 - Širokopásmová či úzkopásmová \Leftrightarrow rádiové parametry !!!
- **Účel použití**
 - DX provoz a QRO
 - Použití s VKV transvertorem
 - Víceúčelové využití, pevné umístění či přenosnost (mobilní) provoz
- **Rozsah provozních možností**
 - Kmitočtový rozsah TX/RX a související funkce, výkon TX, anténní tuner, rozsah RIT(XIT), předzesilovače/attenuátor, šířky pásma, “IF shift (pass-band tuning)”, DSP funkce, ovládání provozního “menu”, dálkové ovládání (PC), apod.
 - Váha, rozměry, uspořádání panelu - displej, velikost ladicích prvků, spolehlivost (reference), kompatibilita s ostatním zařízením
- **Napájení**
 - ze sítě (220 V), resp/ síťový zdroj NN externí (interní) vs 12 V (baterie)

Parametry TX

- **Výkon** (rozsah PEP SSB, CW, případně FM/AM a související parametry jako ALC, úprava modulace, CW-rychlost klíčování/tvar značky/BK provoz, přepínání TX↔RX, regulace výkonu, závislost výkonu na zátěži a kmitočtu atd.)
- **Spektrální čistota** - nežádoucí vyzařování (produkty) na harmonických a neharmonických kmitočtech (souvislost s tvorbou kmitočtu)
- **Intermodulační zkreslení (IMD)** - (2-tónová intermodulace při SSB, “speech processor”); „splatter/kliky“ při CW (tvar značky)
- **Postranní šum** (závislost na kmitočtovém odstupu, výkonu transceivru, způsobu syntézy kmitočtu, rozsahu přeladitelnosti a návrhu laděných oscilátorů)
- **Citlivost na PSV zátěže** (tuner)
- **Ostatní parametry** (VFO A/B, XIT, paměti, USB/LSB, CW a BK provoz, digitální módy, přepínání TX<-->RX)
- **Napájecí napětí a odběr** (klidový-”standby” a špičkový)

Parametry RX

- **Činitel šumu (NF) a šumové pozadí** (“Noise floor”)
- **MDS a citlivost**
- **Blokování silným signálem - BDR** (“Blocking Dynamic Range”)
- **Intermodulační odolnost - IMD DR** (“InterModulation Distortion DR”)
- **IP bod** (Intermodulační Průsečík) - “Intercept Point”
- **Postranní šum** (oscilátoru)
- **Potlačení nežádoucích příjmů** („hvizdy“, zrcadlo, poloviční kmitočty)
- **Ostatní parametry**
(RIT, VFO A/B, split, paměti, selektivita mezifrekvenčních filtrů - šířky pásma, činitel tvaru, parametry DSP, PBT-ladění v propustném pásmu, atd)

Činitel šumu, NF (Noise Floor)

Činitel šumu¹ je poměr $(s/n)_{in}$ na vstupu RX vůči poměru $(s/n)_{out}$ na výstupu (nezávisle na T_a !)

Šumové číslo (NF) udává kolikrát je vstupní šum n_{in} větší než prahový tepelný šum $[kT_o]$ a závisí tedy na teplotě T_a (obvykle se udává při cca $293K \approx 20^\circ C$)

Proč činitel šumu (šumové číslo) ? Protože určuje **mezní (dosažitelnou) citlivost** bez ohledu na šíři pásma. Je-li **činitel šumu = 1 (0 dB)**, resp. **šumové číslo $1 kT_o [0 dBkT_o]$** , pak takový ideální RX neprodukuje žádný vlastní šum. Na jeho vstupu by byl jen zesílený tepelný šum z odporu (resistance) připojené impedance (antény či zátěže) s teplotou T_a .

Prahový tepelný šum: $-174 dBm/Hz$ (NF=0 dB, $T_a \approx 300K$, šíře pásma $BW=1 Hz=0 dBHz$)/

Příklad: Činitel šumu 5 (**7dB**) při šířce pásma 500Hz odpovídá šumovému pozadí („noise floor“):

$$NF = -174 dBm/Hz + 27dBHz (BW=500 Hz) + 7dB (NF) = \mathbf{-140 dBm}$$

Externí šumový výkon (např. z antény) rovný „noise floor“, zvýší vstupní šumovou úroveň o 3 dB, v daném případě tedy na -137 dBm. To odpovídá poměru $s/n=0dB$, resp/ poměru $(s+n)/n=3 dB$ ²

¹ *Činitel šumu u KV TRX-ů se bohužel vyskytuje zřídka.*

² *Při zvýšení „noise floor“ o $\Delta=1dB$ bude přídatný šum o 6dB nižší než při zvýšení o $\Delta=3dB$!*

NF (šumové pozadí) a MDS

Šumové pozadí - práh šumu (“Noise floor”)

Parametr určuje vztažnou prahovou citlivost RX (“MDS”) při dané šíři pásma

MDS (“**M**inimum **D**iscernible **S**ignal”), česky třeba **M**inimální **D**etekovatelný **S**ignál je roven šumovému pozadí při dané šíři pásma (BW) a vytvoří tedy poměr $(s+n)/n=3\text{dB}$.

MDS závisí na efektivní šířce pásma BW_{ef} při jeho měření.

MDS se udává při šíři pásma 500 Hz³ a měří se s vypnutým a zapnutým zesilovačem⁴.

Výhoda MDS: *Úroveň MDS není ovlivněna funkcí AVC při porovnávání TRX-ů*

Pozor: *MDS je přímo úměrný šířce pásma a tvaru propustné křivky !*

Porovnání může být proto ovlivněno vzájemnou odlišností skutečných efektivních šířek pásma navzájem i ve vztahu k referenčním 500 Hz.

Nicméně např. rozdíl efektivních šířek propustného pásma 350 Hz ... 700 Hz odpovídá chybě jen cca $\pm 1,5$ dB vůči referenční šířce 500 Hz

³ *Výrobci většinou uvádějí jen citlivost (SSB či CW) při daném poměru $(s+n)/n$, obvykle 10dB*

⁴ *Měří se logicky s vypnutým vf atenuátorem*

Citlivost vs MDS vs NF

Citlivost

SSB/CW: Úroveň signálu pro $(s+n)/n=10\text{dB}$ (šířka pásma při CW typ. 500 Hz)

FM: Úroveň signálu (*zdvih 3kHz/1kHz/kan.rozteč25kHz*) pro SINAD 12dB

AM: Úroveň signálu (*modulace 30%/1 kHz*) pro $(s+n)/n=10\text{dB}$

Údaj v $[\mu\text{V}]$ nebo v $[\text{dBm}]$ platí pro vstupní impedanci $R_X=50\ \Omega$

Přepočítání: $1\ \mu\text{V}/50\ \Omega = 20 \cdot \log[(10^{-6})^2/50] - 30 = -107\ \text{dBm}$ apod.

Přepočítání citlivosti, MDS, činitele šumu (*šumového čísla*)

$$\text{Citlivost [dBm]} = \text{MDS [dBm]} + 9,5\ \text{dB}$$

$$\text{Šumové číslo (činitel šumu) NF [dB]} = \text{MDS [dBm]} - \text{BW}_{\text{ef}} [\text{dBHz}]$$

Příklad:

$$\text{BW}=500\text{Hz}=27\text{dBHz a citlivost}= -125\ [\text{dBm}] \rightarrow \text{MDS}: (-125-9,5) = -134,5\ [\text{dBm}] \rightarrow$$

$$\rightarrow \text{NF} = \{-134,5\ \text{dBm} - 27\ \text{dBHz} - (-174\ \text{dBm/Hz})\} = 12,5\ \text{dB} (\approx 18kT_o)$$

Pro činitel šumu 1 (0 dB):

$$\text{Mezní MDS} = -174 + 10 \cdot \log \text{BW}$$

DR (“Dynamic Range”) : BDR (“Blocking Dynamic Range”)

Blokování silným signálem (nově: „Blocking Gain Compression“) je dynamický rozsah RX-u měřený jako rozdíl mezi MDS a úrovní silného signálu, který právě způsobí pokles úrovně přijímaného signálu o 1 dB.

Jedná se tedy o pokles zesílení RX-u a nikoliv o pokles citlivosti (poměru S/N) ! Užitečný signál je přitom na malé úrovni (cca -120dBm) tak, aby “nezabíralo” AVC.

BDR se měří při různých kmitočtových odstupech, obvykle 20 kHz, 5 kHz a 2 kHz, případně i plynule, např. v rozsahu $\pm (20 \dots 100)$ kHz

Blokovací úroveň p_1 silného signálu = BDR + MDS

Např. pro RX s **BDR=120dB** a **MDS = -130dBm** je „blocking level“: **-10dBm !**

Při zvýšení citlivosti (zapnutí LNA) se „blocking level“ sníží (zhorší) cca o zisk LNA, při zvýšení citlivosti (zapnutí útlumu) se naopak „blocking level“ o útlum zvýší !

DR (“Dynamic Range”) : BDR (“Blocking Dynamic Range”)

Problém s BDR při porovnávání transceivrů:

- **Měření, zejména při menších kmitočtových odstupech, je limitováno zvýšením šumového pozadí v důsledku recipročního směřování. Zvýšení šumu ($n+n$) pak “maskuje” měřené snížení signálu ($s+n$) na výstupu RX v důsledku poklesu zisku působením silného signálu**
Ověření: Vypnutím užitečného signálu !
- **AVC, pokud je nelze úplně vypnout, může podle toho jak je realizováno, ovlivnit výsledky měření, opět zejména při malých kmitočtových odstupech**
- **U TRX-ů s vysokou první MF (“roofing” filter) klesá výrazně BDR při malých kmitočtových odstupech, protože silný signál začne pronikat do následného MF řetězce**

DR (“Dynamic Range”): Intermodulační DR RX-u

Intermodulační odolnost - IMD DR (“InterModulation Distortion DR”),
lépe např. “Intermodulation Free DR“ (dynamický rozsah bez intermodulací)

je dynamický rozsah RX-u (Δim), měřený jako rozdíl mezi úrovní **im** produktu na kmitočtu přijímače a úrovní obvykle dvou stejně silných signálů, způsobujících vytvoření tohoto **im** produktu na úrovni **MDS**.

Měří se především intermodulace 3. řádu (typu $2f_1 \pm f_2$) a 2.řádu (typu $f_1 \pm f_2$) pomocí dvou stejně silných signálů s požadovaným kmitočtovým odstupem a určuje se max. přípustná úroveň signálů

IMD 2.řádu se měří obvykle na kmitočtech cca ($f_{RX}/2$) a IMD 3.řádu se obvykle měří při odstupu 20kHz a 5 kHz od kmitočtu f_{RX}

IM „blokovací“ úroveň $p_{1,2} = \text{IMD DR} + \text{MDS} = \Delta im_{3(2)} + \text{MDS}$

DR (“Dynamic Range”): Intermodulační DR RX-u

Problémy při porovnávání transceivrů:

- Měření **IMD DR** je při menších kmitočtových odstupech limitováno zvýšením šumového pozadí ($n+n$) v důsledku reciprokého směšování, stejně jako u měření blokování silným signálem (**BDR**)
- Při malých kmitočtových odstupech může **AVC** ovlivnit výsledky měření
- Pokud místo **IMD DR** je uvedeno **IP 3 (IP 2)**, musíme jej přepočítat na **IMD DR** podle skutečných **MDS** přijímačů

IP (Intercept Point) : IP bod (“Intermodulační Průsečík”)

- IP bod vyjadřuje intermodulační vlastnosti zesilovače či celého RX-u
- Intermodulační DR a IP bod spolu těsně souvisí:

IMD 2.řádu:

$$\text{IMD}_2 = \Delta\text{im}_2 = p_{1,2} - p_{\text{im}}, \quad \text{IP}_2 = p_{1,2} + \Delta\text{im}_2 = p_{\text{im}} + 2 * \Delta\text{im}_2$$

Pro $p_{\text{im}} = \text{MDS}$ je $\text{IP}_2 = \text{MDS} + 2 * \Delta\text{im}_2$ a

$$\text{IMD}_2 = \Delta\text{im}_2 = 1/2 * (\text{IP}_2 - \text{MDS})$$

IMD 3.řádu:

$$\text{IMD}_3 = \Delta\text{im}_3 = p_{1,2} - p_{\text{im}}, \quad \text{IP}_3 = p_{1,2} + \Delta\text{im}_3/2 = p_{\text{im}} + 3/2 * \Delta\text{im}_3$$

Pro $p_{\text{im}} = \text{MDS}$ je $\text{IP}_3 = \text{MDS} + 3/2 * \Delta\text{im}_3$ a

$$\text{IMD}_3 = \Delta\text{im}_3 = 2/3 * (\text{IP}_3 - \text{MDS})$$

IP (Intercept **P**oint) : **IP** bod (“Intermodulační **P**řesečík”)

Poznámka:

- **IP_2 i IP_3 vyjadřují intermodulační vlastnosti RX-u Jsou to (vypočtené) vztažné hodnoty !**
- **IP_2 je o $2*IMD_2$ a IP_3 o $3/2*IMD_3$ nad im produktem p_{im} , resp. nad MDS !**
- **IM dynamický rozsah (“IM free DR”) je tím větší, čím vyšší je IP a čím nižší MDS !**
- **ARRL měří IMD DR pro MDS, ale IP měří jak pro p_{im} na úrovni MDS, ale také pro S5 (-97dBm) !**

Přepočty: IMD DR (Δim) a MDS (citlivost RX) I

Znovu:

$$\Delta im = p_{1,2} - p_{im}$$

$$\Delta im_2 = 1/2 * (IP_2 - MDS) \quad IP_2 = MDS + 2 * \Delta im_2$$

$$p_{1,2} = p_{im} + \Delta im \quad p_{im} = MDS \quad \Delta im_3 = 2/3 * (IP_3 - MDS) \quad IP_3 = MDS + 3/2 * \Delta im_3$$

1) **IP** v daném místě (vstup či výstup LNA, vstup RX, směšovače apod/) vyjadřuje **im** vlastnosti posuzovaného zařízení (DUT) v tomto místě

2) V lineární oblasti DUT platí: $IP_{3in} = IP_{3out} - G$ [dBm; dB]

Dáme-li před RX s $IP_{3in} = +3dBm$ zesilovač se ziskem 13dB a $NF=3dB$, poklesne IP_{3in} na $(+3-13) = -10 dBm$, naopak zařadíme-li útlum 10dB, stoupne na +13dBm

3) Pro intermodulační DR (Δim) a pro MDS to platí jen omezeně.

Důvodem je nelinearita zlepšení citlivosti RX-u (MDS) podle zisku a činitele šumu (NF) zesilovače a odstupů výsledné citlivosti od mezní citlivosti.

Přepočty: IMD DR (Δ im) a MDS (citlivost RX) II

LNA zvýší citlivost přijímače (MDS) podle vztahu :

$$\text{MDS} = 10\log \left[\left(\frac{10^{([MDS - 10\log BW + 174]/10)} - 1}{10^{[G_{LNA}/10]} + 10^{[NF_{LNA}/10]}} \right) + 10\log BW - 174 \right]$$

Pro RX s MDS=-130dBm (BW=500Hz), NF=17dB a LNA s G_{LNA} =13dB a NF_{LNA} =3dB :

$$\text{MDS} = 10\log \left[\left(\frac{10^{(17/10)} - 1}{10^{[13/10]} + 10^{[3/10]}} \right) + 27 - 174 \right] = -140,5\text{dBm}$$

$$\text{NF} = (-140,5 - 27 + 174) = 6,5 \text{ dB} \text{ (4,5 kTo)}$$

Výsledek: MDS se zlepšil o 10,5dB místo o 13dB a NF na 6,5dB místo 3dB !

Slovně:

Z MDS (dBm) po odečtu BW (dBHz) určíme NF(dB). NF přepočteme na absolutní hodnotu (činitel šumu). Z ní odečteme 1 a výsledek podělíme ziskem G_{LNA} v absolutní hodnotě. Výsledek přičteme k absolutní hodnotě NF_{LNA} a dostaneme výsledné NF v absolutní hodnotě. Vyjádříme je v dB, přičteme BW (dBHz) a po odečtu -174 dBm dostaneme výsledné MDS_{LNA} (dBm).

Přepočty: IMD DR (Δim) a MDS (citlivost RX) III

A jak to bude s intermodulačním DR (Δim) a „blokovací“ úrovní $p_{1,2}$?

(1) LNA OFF \rightarrow $RX IP_3 = +3 \text{ dBm}$; $MDS = -130 \text{ dBm}$ ($BW=500 \text{ Hz}$) $\rightarrow NF_{RX} = 17 \text{ dB}$ (50)

$$\Delta im_3 = 2/3 * (IP_3 - MDS) = 2/3 * (+3 + 130) \text{ dB} = 89 \text{ dB}; \quad p_{1,2} = \Delta im + p_{im} = 89 - 130 = -41 \text{ dBm}$$

(2) LNA ON [$G = 13 \text{ dB}$; $NF_{LNA} = 3 \text{ dB}$ (2)] \rightarrow *Citlivost RX zvýšena o cca 10 dB !*

$RX IP_{3 \text{ LNA}} = +3 - 13 = -10 \text{ dBm}$; $MDS = -140,5 \text{ dBm}$ ($BW=500 \text{ Hz}$) $\rightarrow NF_{RX} = 6,5 \text{ dB}$ (4,5)

$$\Delta im_3 = 2/3 * (-10 + 140,5) \text{ dB} = 87 \text{ dB}; \quad p_{1,2} = \Delta im + p_{im} = (87 - 140,5) \text{ dBm} = -53,5 \text{ dBm} !$$

IM „blokovací“ úroveň se zhorší o 12,5 dB místo o 10 dB !

(3) LNA OFF, útlum např. 13 dB \rightarrow *Citlivost RX snížena o cca 13 dB !*

$$\Delta im_3 = 2/3 * (3 + 13 + 130 - 13) \text{ dB} = 89 \text{ dB}; \quad p_{1,2} = \Delta im + p_{im} = 89 - 130 + 10 = -31 \text{ dBm}$$

IM „blokovací“ úroveň se zvýší (zlepší) o 10 dB !

Přepočty: IMD DR (Δ_{im}) a MDS (citlivost RX) IV

Shrnutí:

Zapojení útlumu nebo LNA na vstup RX nezmění znatelně intermodulační dynamický rozsah Δ_{im} , dokud bude výsledné MDS větší než mezní MDS (-147dBm), ale posune Δ_{im} nahoru nebo dolů v absolutních úrovních !

Např. Použití LNA s vysokým IP_{in} (+20dBm), velkým ziskem 20dB, ale vyšším $NF \approx 10dB$ k danému RX-u s $NF=17dB$, $MDS=-130dBm$, $IP_3=+3dBm$ a $BDR=120dB$ zlepší NF ze 17dB jen na 10,2dB, MDS z -130dBm na -137dBm, ale IP_3 se zhorší z +3dBm na -17dBm !

Δ_{im_3} poklesne z 89dB na $2/3(IP_3-MDS)=2/3*(-17+137)dB = 80dB$!*

a IM „blokovací“ úroveň z -41dBm poklesne na $p_{1,2} = \Delta_{im}+p_{im} = 80-137 = -57dBm$!

BDR klesne ze 120dB na $(120-20)=100dB$!

Důvod: $MDS_{RX} - G_{LNA} = -130-20 = -150dBm < -147dBm$!!

*Shrnutí: LNA musí mít zisk menší než $(MDS_{RX} - MDS_{mezní}) = NF_{RX}$,
co nejnižší NF a co největší IP , resp. $IP_{LNA} > IP_{RX} + 6dB$!*

Postranní šum RX a reciproké směšování

- **Postranní (fázový) šum RX je šum oscilátorů RX-u, především šum oscilátoru (syntezátoru kmitočtu) prvního směšovače**
- **Čím vyšší je kmitočet prvního oscilátoru (syntezátoru) a čím větší je jeho přeladitelnost (širokopásmová koncepce TRX !), tím větší bývá jeho postranní šum**
- **Standardní směšování: Postranní šum kmitočtově blízkého silného vstupního signálu se směšuje s oscilátorem RX-u a vzniklý šum zvýší šumové pozadí RX-u podle úrovně silného signálu**
- **„Reciproké“ směšování: Silný kmitočtově blízký signál se směšuje s postranním šumem oscilátoru (syntezátoru) a vzniklý šum zvyšuje obdobně šumové pozadí RX-u podle úrovně silného signálu**
- **Oboje směšování nelze oddělit ani snadno rozlišit !**

Postranní šum RX a reciproké směšování

- **Souhrnně:**

Silný signál na vstupu RX způsobí zvýšení šumového pozadí RX-u sumárním šumovým výkonem od standardního i „reciprokého“ směšování podle vzájemného poměru úrovní postranního šumu.

Pozn.

Při malém kmitočtovém odstupu silného signálu se může obdobně projevit jeho „splatter“ při SSB či „kliky“ při CW !

- **Pozor !**

„Reciproké“ směšování komplikuje správné měření blokování RX silným signálem (BDR). BDR je při malých kmitočtových odstupech limitován šumem (*nl=noise limited*) a nikoli poklesem zisku RX-u !

Problém při porovnávání TRX-ů:

Postranní šum RX-u (reciprocal mixing noise) se dříve neměřil !

Postranní šum TX-u a RX-u u TRX-u

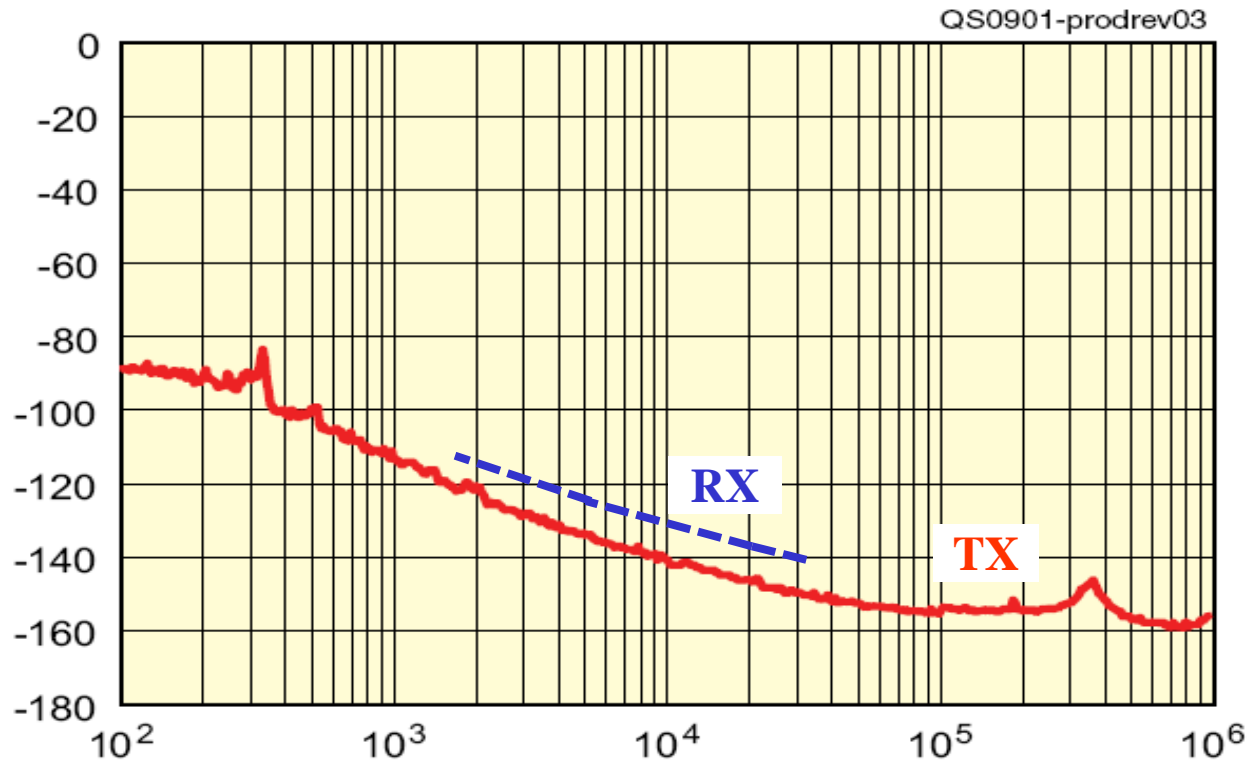
- Postranní šum RX-u by měl v principu odpovídat postrannímu šumu TX-u, je-li použit společný 1.oscilátor či stejný syntezátor kmitočtu)
- Výstupní postranní šum TX-u však bývá často větší o přídavný šum zesilovačů v TX cestě podle úrovnového diagramu^{7/}
- Postranní šum RX-u může být větší v důsledku velkého ladicího rozsahu RX-u
- Postranní šum TX-u způsobuje rušení prostorově a kmitočtově blízkých RX-ů, které je „nepříjemné“ svou širokopásmovostí^{8/}

7 Při snížení výkonu TX-u se může odstup postranního šumu TX-u výrazně zhoršit

8 Šumové pozadí RX-u např/ „dýchá“ v rytmu značek silného (rušivého) CW signálu

Postranní šum TX a RX - příklady

Elecraft K3/100 TX composite sideband noise, RX noise ARRL Laboratory extended Test



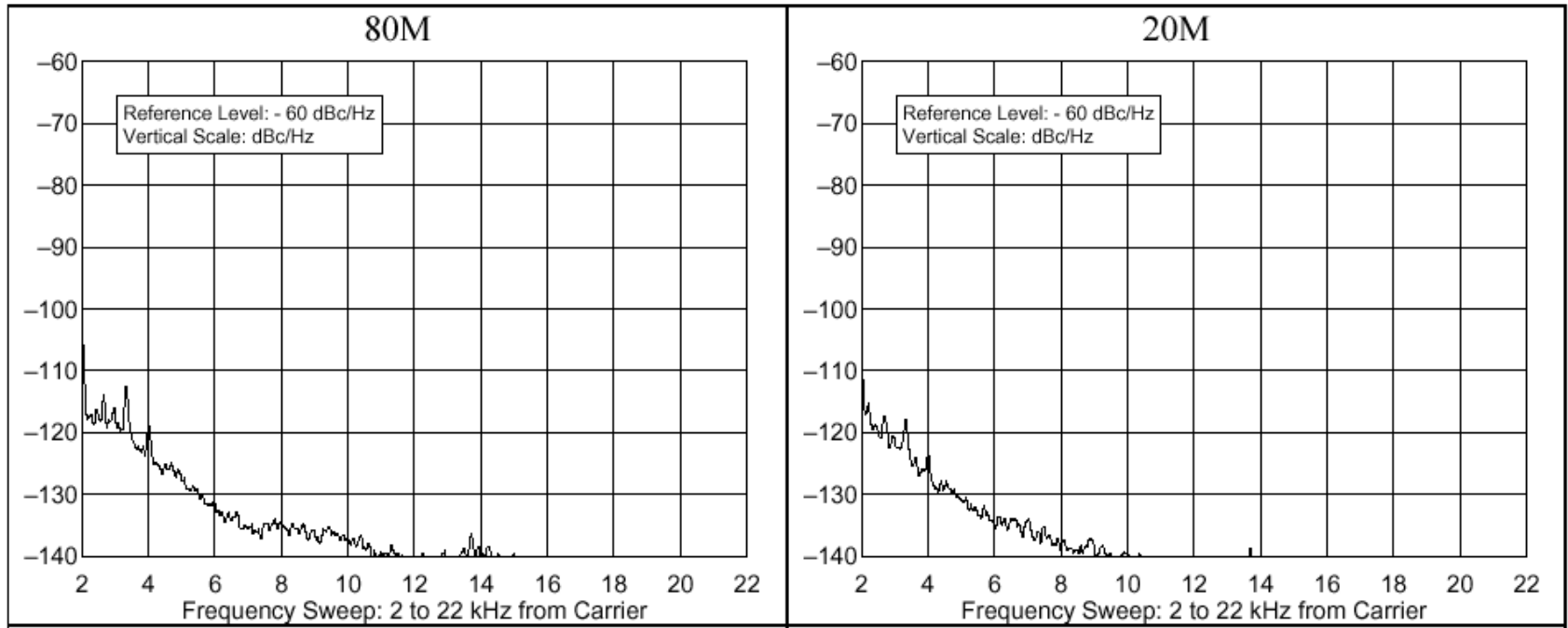
TX noise at 14 MHz band and 100W TX power

Kmitočtový odstup 100 Hz až 1 MHz

Postranní šum TX - příklady

ICOM IC-7800 3,5 MHz a 14 MHz TX200W ARRL Laboratory extended Test

Transmit Composite Noise Graphs



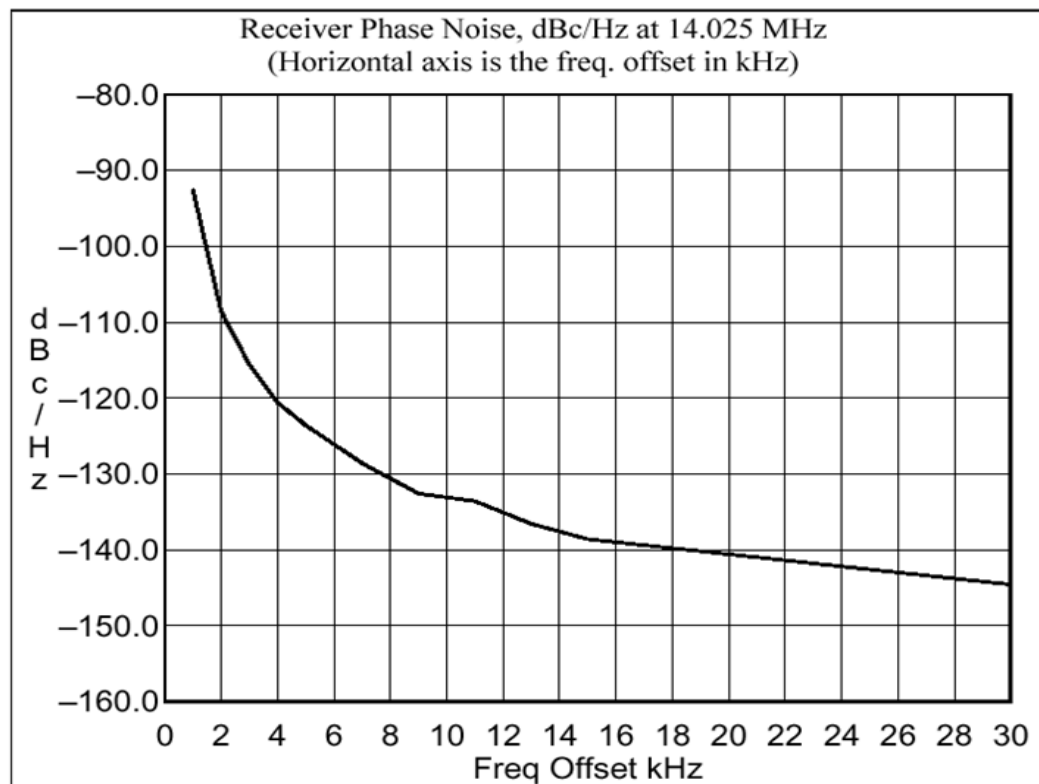
Postranní šum RX - příklady

ICOM IC-7800 14 MHz

ARRL Laboratory Expanded Test

Receiver Phase Noise

Test Description: This test measures the phase noise of the receiver's local oscillator. This noise is a large part of the transmitted composite noise, so the test is not normally performed on transceivers.



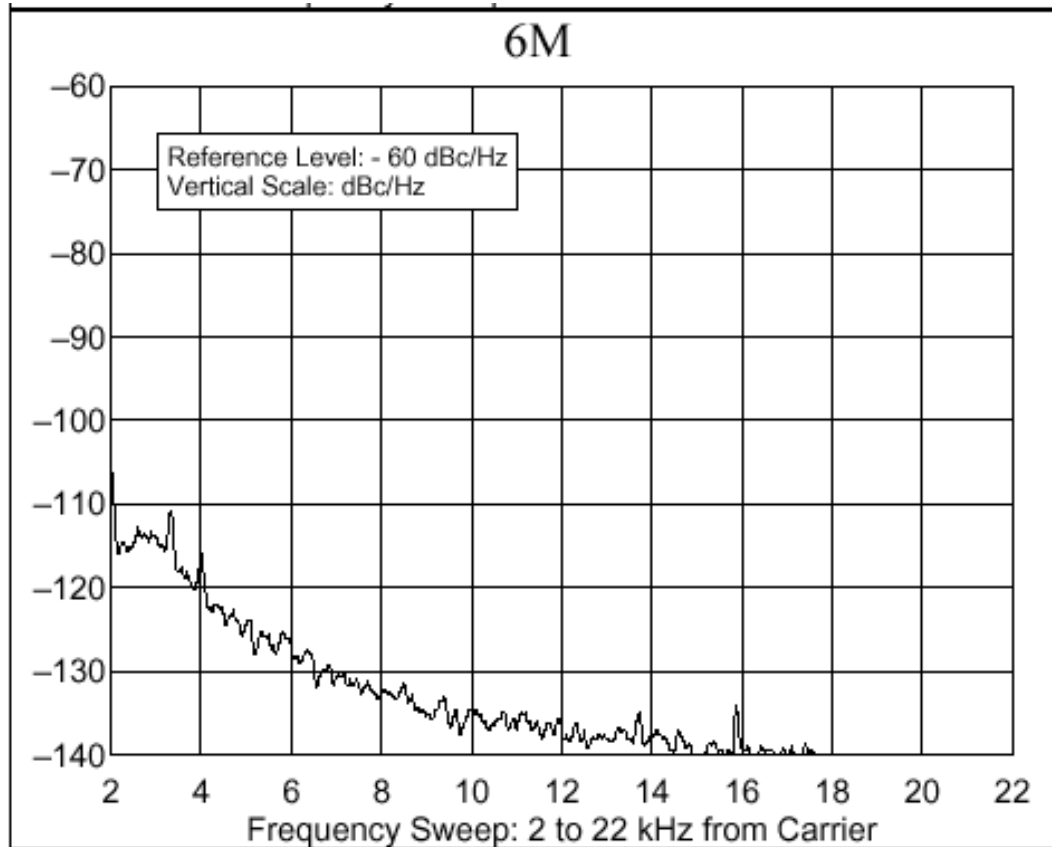
Note: Phase noise at larger frequency offset was too low to measure with the Lab's -10 dBm output crystal oscillator.

Postranní šum TX - příklady

ICOM IC-7800

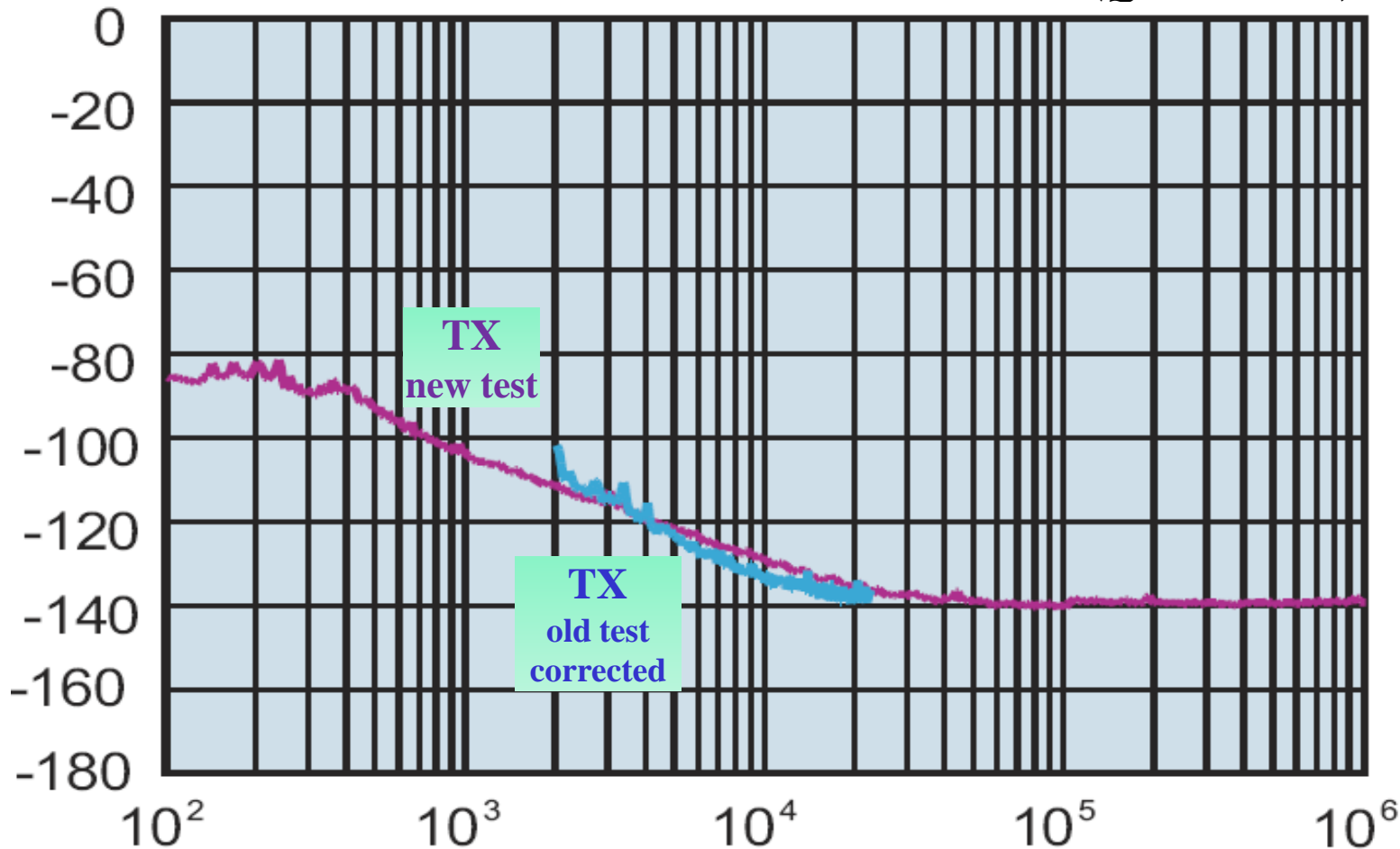
50 MHz

ARRL Laboratory extended Test



Postranní šum TX/RX - příklady

IC-7800 14MHz TX 200W *revisited (QST 03/2007)*



Shrnutí parametrů I

Výše diskutované parametry považuji za hlavní parametry, které určují vzájemnou kompatibilitu, resp. vzájemné rušení TRX-ů.

Rušení logicky vždy zjišťujeme na straně RX-u.

Co ale vlastně je rušení ?

Když vstupní signál(-y) RX-u mimo úzké přijímané pásmo náhle naruší příjem žádaného signálu, považujeme to za rušení příjmu.

K tomu dojde, když úroveň rušivého signálu bude vyšší než je dynamický rozsah RX-u pro daný typ rušení.

Nejčastěji dojde k rušení příjmu signálů na úrovni MDS jakmile rušivý signál(-y) překročí úroveň

$$P_{1(2,...n)} = \text{MDS} + \text{dynamický rozsah RX-u}$$

Shrnutí parametrů II

*Dynamický rozsah RX-u (**DR**) je velká hodnota (100 i více dB), lišící se podle typu rušení, která nám ale v praxi moc neřekne.*

*Daleko důležitější pro vznik rušení je **absolutní úroveň** konkrétních **rušivých signálů***

$$P_{1(2,...n)} = DR + \text{MDS} = DR + (\text{NF}-174) + 10*\log BW,$$

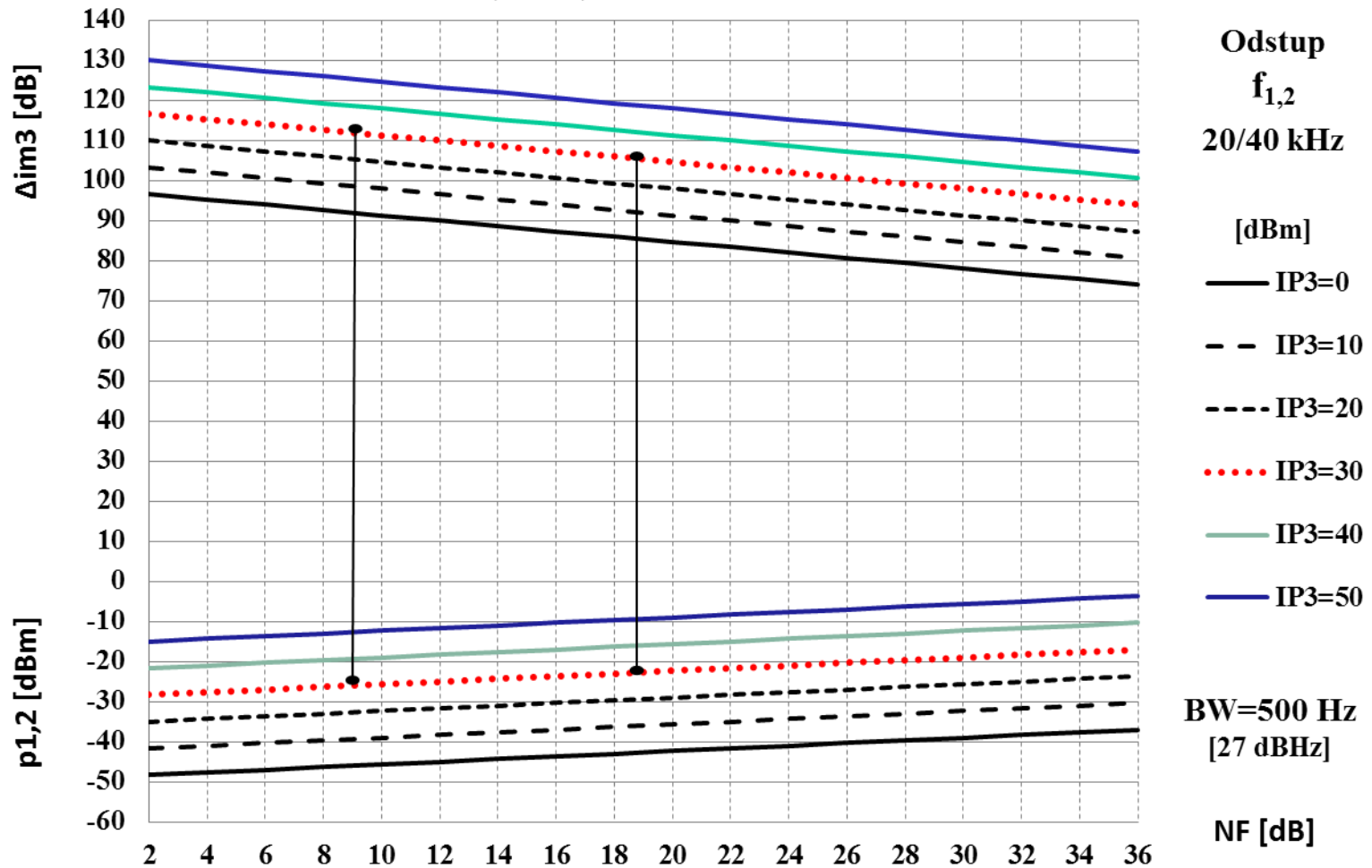
která se zvyšuje pro žádoucí signál nad úroveň MDS.

To odpovídá změně MDS (zařazením útlumu či zap/vyp LNA) !

Pro konkrétnější představu následují grafy závislosti jednotlivých DR a úrovní $p_{1(2)}$ na MDS, resp. obecněji na NF pro $BW=500\text{Hz}$.

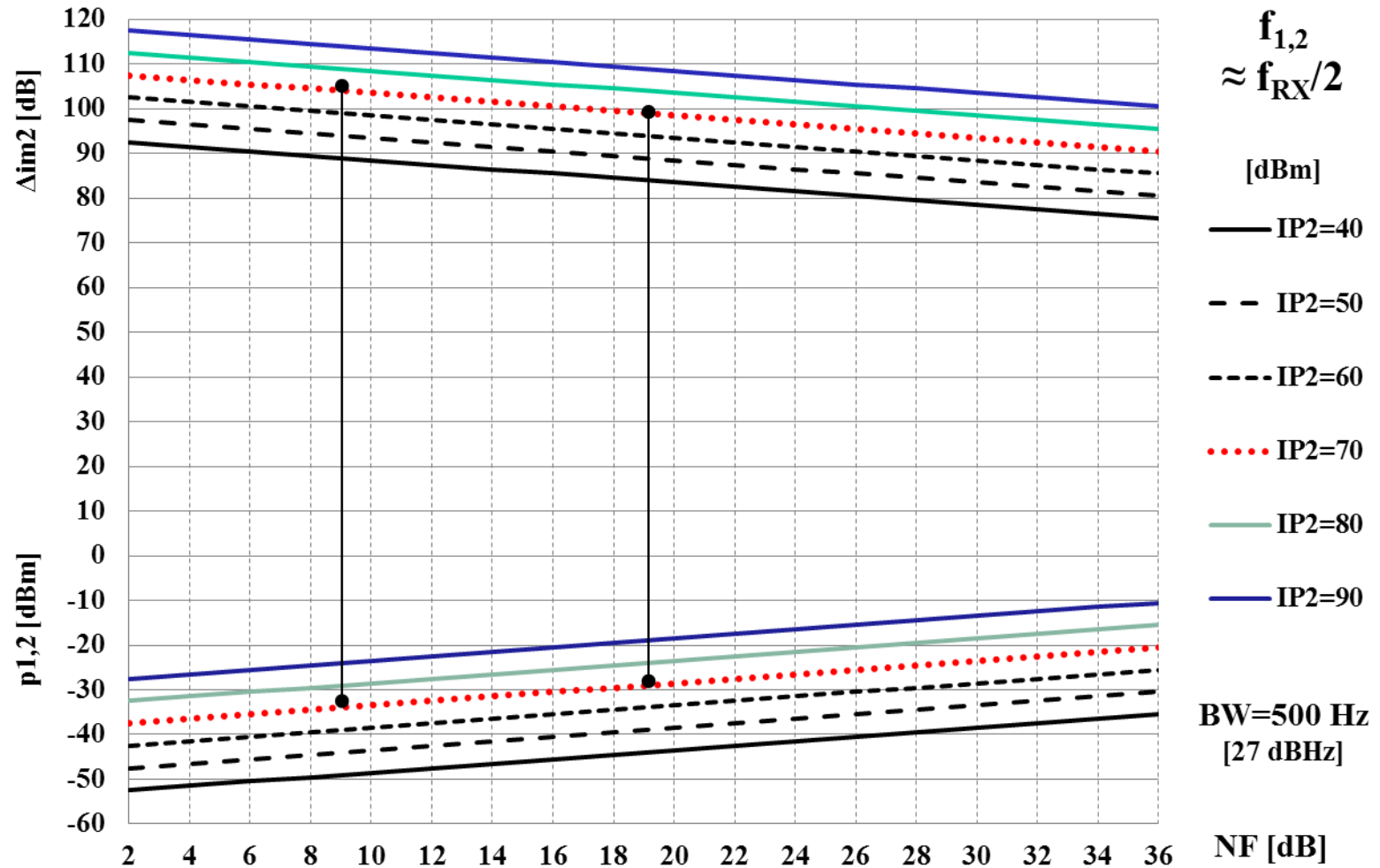
Intermodulační rušení 3.řádu – porovnání RX-ů

IMD3 DR ($\Delta im3$) v závislosti na NF a IP3 RX-u

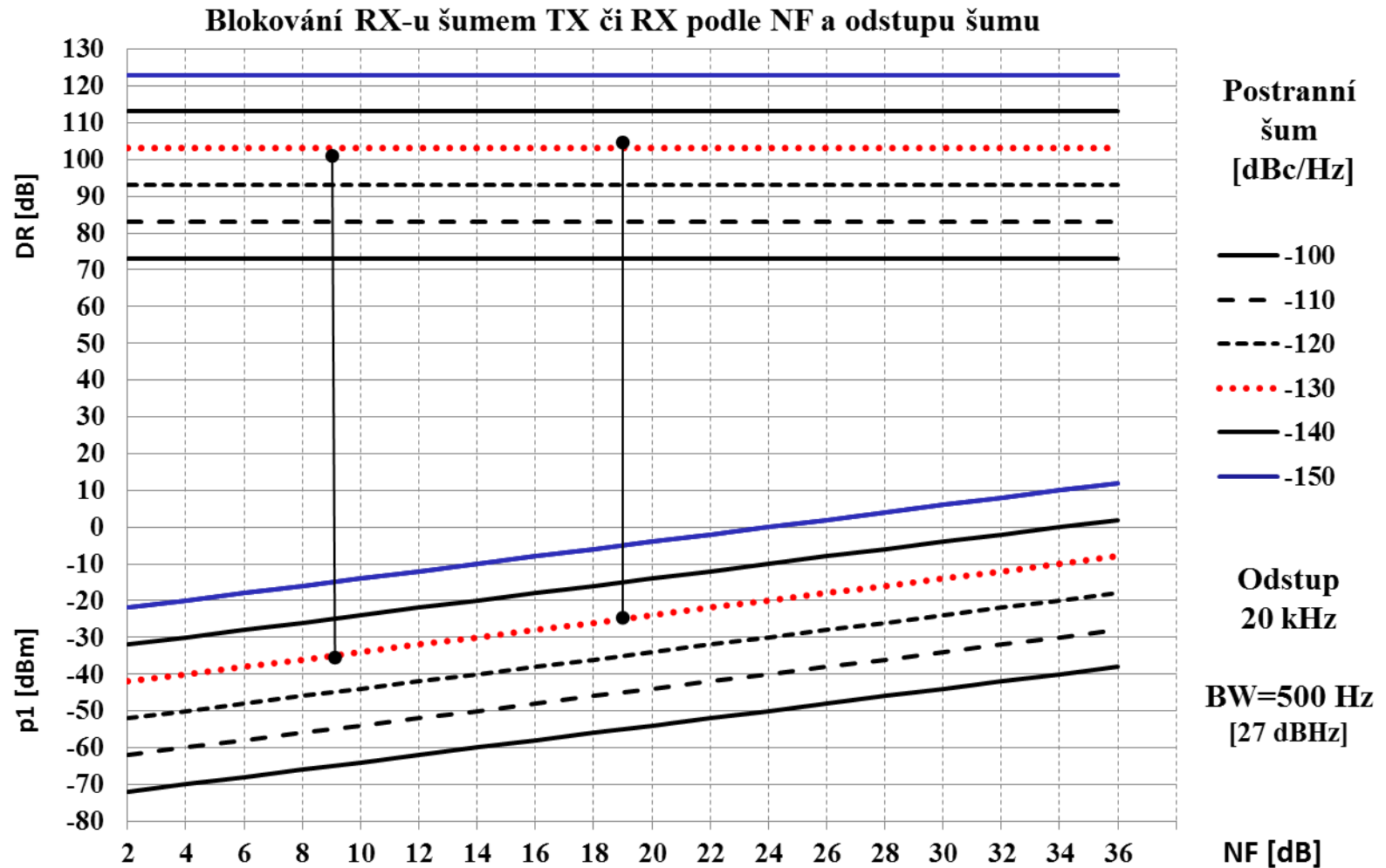


Intermodulační rušení 2.řádu – porovnání RX-ů

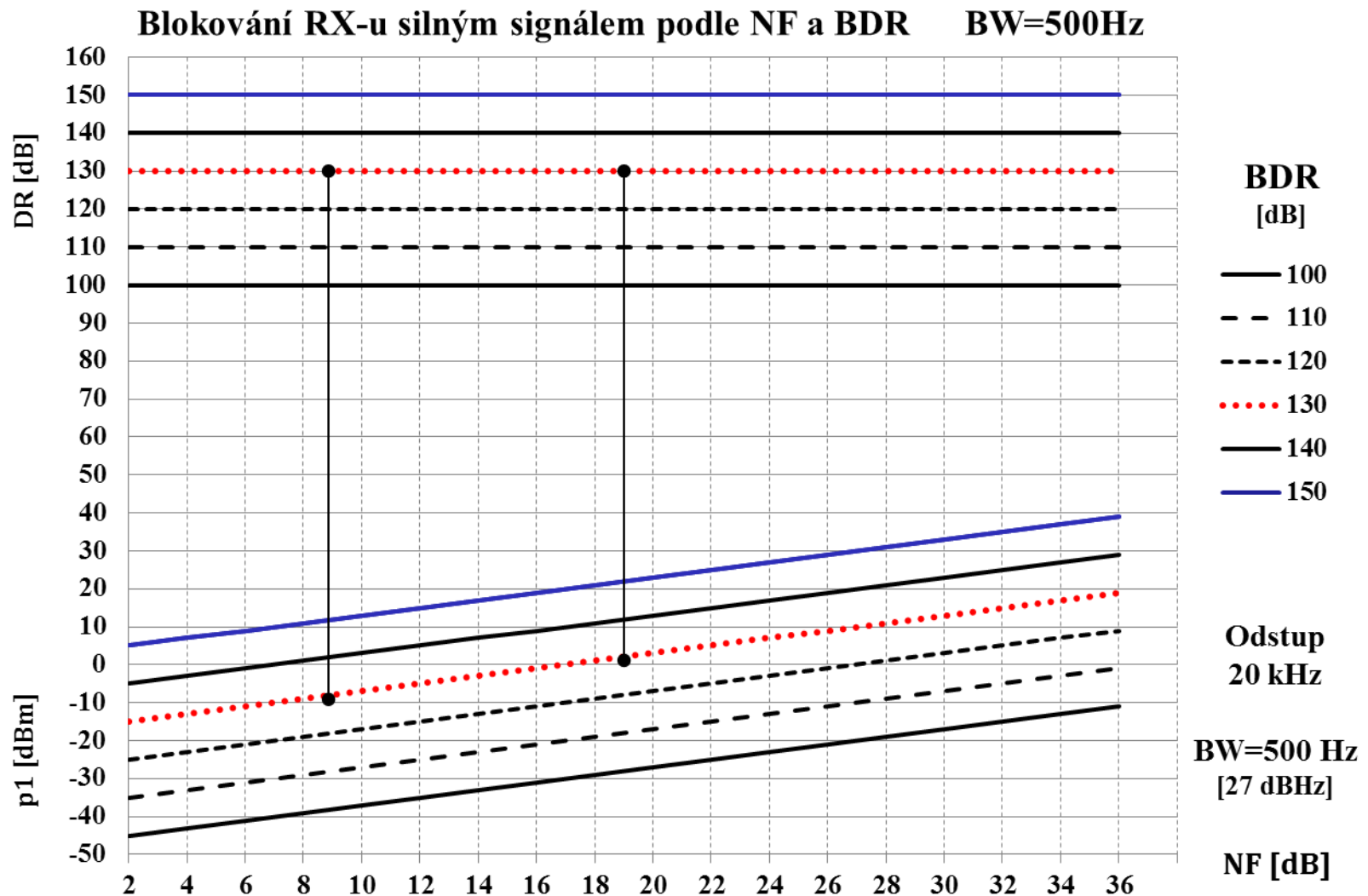
IMD2 DR ($\Delta\text{im}2$) v závislosti na NF a IP2 RX-u



Blokování postranním šumem TX/RX – porovnání



Blokování RX-u silným signálem – porovnání



Porovnání s konkrétními TR-y

Podívejme se nyní na stručný přehled hodnot diskutovaných parametrů u vybraných TRX-ů na „trhu“, vycházející z dat, změřených v ARRL.

Jednotlivé hodnoty odstupů (DR) si může každý snadno přepočítat na odpovídající „blokovací“ úrovně $p_{1(2)}$ podle konkrétních hodnot MDS.

Sumárně:

Průběžná optimalizace pracovní citlivosti RX-u, tedy MDS podle úrovně vnějšího rušení a šumu z antény („man-made noise“) umožňuje zvýšit „blokovací“ úrovně rušivých signálů $p_{1(2,...n)}$ na maximální dosažitelnou úroveň u daného TRX-u !

Doporučuji přitom používat tlačítek ZAP/VYP vstupního útlumu a LNA a nikoliv knoflíku vf regulace zisku.

Porovnání vybraných TRX-ů

www.dk9vy.com
modified by OK1DAK

Pásmo 14 MHz, LNA ON

Transceiver	Noise Floor (MDS)	NF	RX Noise	BDR	IMD	IP3	BDR	IMD	IP3	BDR	IMD	IP3	TX Noise	Review v QST (měsíc/rok)
	BW=500 Hz		20 kHz	20 kHz			5 kHz			2 kHz			20 kHz	
	[dBm]	[dB]	[dBc/Hz]	[dB]	[dB]	[dBm]	[dB]	[dB]	[dBm]	[dB]	[dB]	[dBm]	[dBc/Hz]	
Elecraft														
K3/10			-143										-142	4.08
K3 / 100	-138	9	-139	142	106	30	140	105	30	140	103	30	-150	1.09
ICOM														
IC-746	-143			122	99	14	-	-	-	-	-	-	-138	9.98
IC-756	-142			132	103	21	-	-	-	-	-	-	-130	5.97
IC-756 pro	-140			127	95	15	104	80	-	-	-	-	>-140	6.00
IC-7700	-143		-136	125	115	39	103	96	15	102	95	13	-135	10.08
IC-7800	-142		-140	138	104	37	115	89	22	-	-	-	>-140	8.04
IC-7800 (Rev. 2)	-141		-139	144	108	38	127	96	27	117	86	22	-135	3.07
Kenwood														
TS-870	-139	8		123	95	4	-	-	-	-	-	-	-130	2.96
TS-950 SD	-142	5		139	101	10	-	-	-	-	-	-	-125	1.91
TS-2000	-137	10		121	92	1	103	67	-36	-	-	-	-133	7.01
YAESU														
FT-817	-134	13		106	87	5	-	-	-	-	-	-	-123	4.01
FT-847	-136	11		114	95	12	-	-	-	-	-	-	-135	8.98
FT-857/FT-897	-137	10		109	87	4	94	66	-23	-	-	-	-123	8.03
FT-1000 MP	-136	11		142	97	15	119	83	-3,5	106	69	-	-131	4.96
FT-1000 MP INRAD	-136	11		141	100	24	128	90	9	108	71	-	-133	2.05
FT-1000 MkV	-135	12		129	101	26	106	78	-10	102	69	-	-138	11.00
FT-1000 MkV INRAD	-135	12		146	93	9,5	130	89	3,5	105	79	-	-138	2.05
FT-1000 MkV Field	-133	14		122	98	20	107	73	-5	-	-	-	-135	8.02
FT DX 5000	-136	11	-136	146	112	34	136	114	45	136	114	45	-131	12.10
FT DX 9000D	-131	16	-141	137	96	13	122	99	18	102	85	7	-127	7.10
Sonstige														
FlexRadio SDR-1000	-130	17		111	99	31	111	99	31	111	99	31	-135	10.05
FlexRadio SDR-3000	-135	12	-119	114	99	14	113	98	26	113	95	22	-123	11.09
FlexRadio Flex-5000	-132	15	-126	122	99	17	123	99	30	123	99	30	-119	7.08

Aplikace v praxi: QRO kontra QRP I

Současnost přináší do „ham-radio“ řadu kontroverzí.

Citlivosti RX-ů klesají k mezním hodnotám, výkony TX-ů naopak a to i na velmi vysokých kmitočtech.

Na jedné straně snažení QRP a na druhé straně tendence QRO, zejména směrem k vyšším kmitočtům, umožněné technologickým pokrokem.

První snaha zvyšuje kompatibilitu a snižuje vzájemné rušení v daném „kmitočtovém časo-prostoru“, druhá přináší pravý opak.

„Ham-radio“ bylo a snad stále je zkoušením a objevováním nového a to jak v dobrém, tak ve špatném.

Aplikace v praxi: QRO kontra QRP II

Jak v dnešním prostředí nalézat tolerantní uspokojení zájmů ?

Vznikající problémy je místo vzájemného napadání přínosnější seriózně diskutovat a hledat cesty ke kompromisům, nová řešení ale i jen malá technická, provozní a jiná zlepšení.

Nechci zde jít do detailů ani navrhovat „geniální“ řešení.

Jen přispět ke zlepšení situace několika poznámkami.

- Výběr vhodného TRX-u je zásadní problém. Požadavky na kompaktnost, přenosnost, nové druhy provozů atd. postupně vedly k vývoji a výrobě téměř univerzálních „multiband“ zařízení. Navíc požadavek na cenovou přijatelnost (rozsah trhu !) nutně přináší řadu kompromisů, které zatím ani nejmodernější technologie zdaleka všechny neřeší .*

Aplikace v praxi: QRO kontra QRP III

- *Dnes už málokdo postaví vlastní TRX podle konkrétních požadavků a je tedy třeba se rozhodnout, čemu dát přednost.*
- *Nacházím-li se v místech velké koncentrace blízkých stanic, nebude rozumné šetřit na levnějším TRX-u s horšími parametry. Především se zaměřím na malý postranní šum TX-u, zejména chci-li používat i QRO. Některé TRX-y jsou v tomto směru velmi nevhodné. Samozřejmě nezapomenu i na postranní šum RX-u, abych minimalizoval rušení od ostatních.*
- *Chci-li TRX použít i pro VHF/UHF transvertor musím zvážit typ s nízkoúrovňovým výstupem nebo s malým výkonem. Podstatné snížení výkonu může u řady TRX-ů přinést výrazné zhoršení postranního šumu TX-u.*

Aplikace v praxi: QRO kontra QRP IV

- *Volba a vyzkoušení různých antén je zejména na KV významným faktorem pro kompatibilitu. Málo účinné antény neposlouží příliš pro DX provoz, ale výrazně mohou zhoršit QRM. Obdobně tak špatně přizpůsobené antény a také antény s malým vyzařovacím úhlem. Obecně platí: čím více energie vyzáříím do vzdáleného prostoru, tím méně QRM a tím více DX-ů s pěknými reporty.*
- *Výše uvedené je třeba pečlivě zvážit zejména před pořízením QRO na KV.*
- *Nezapomínat na diskutovanou optimalizaci příjmu operativním nastavováním citlivosti RX-u (MDS).*

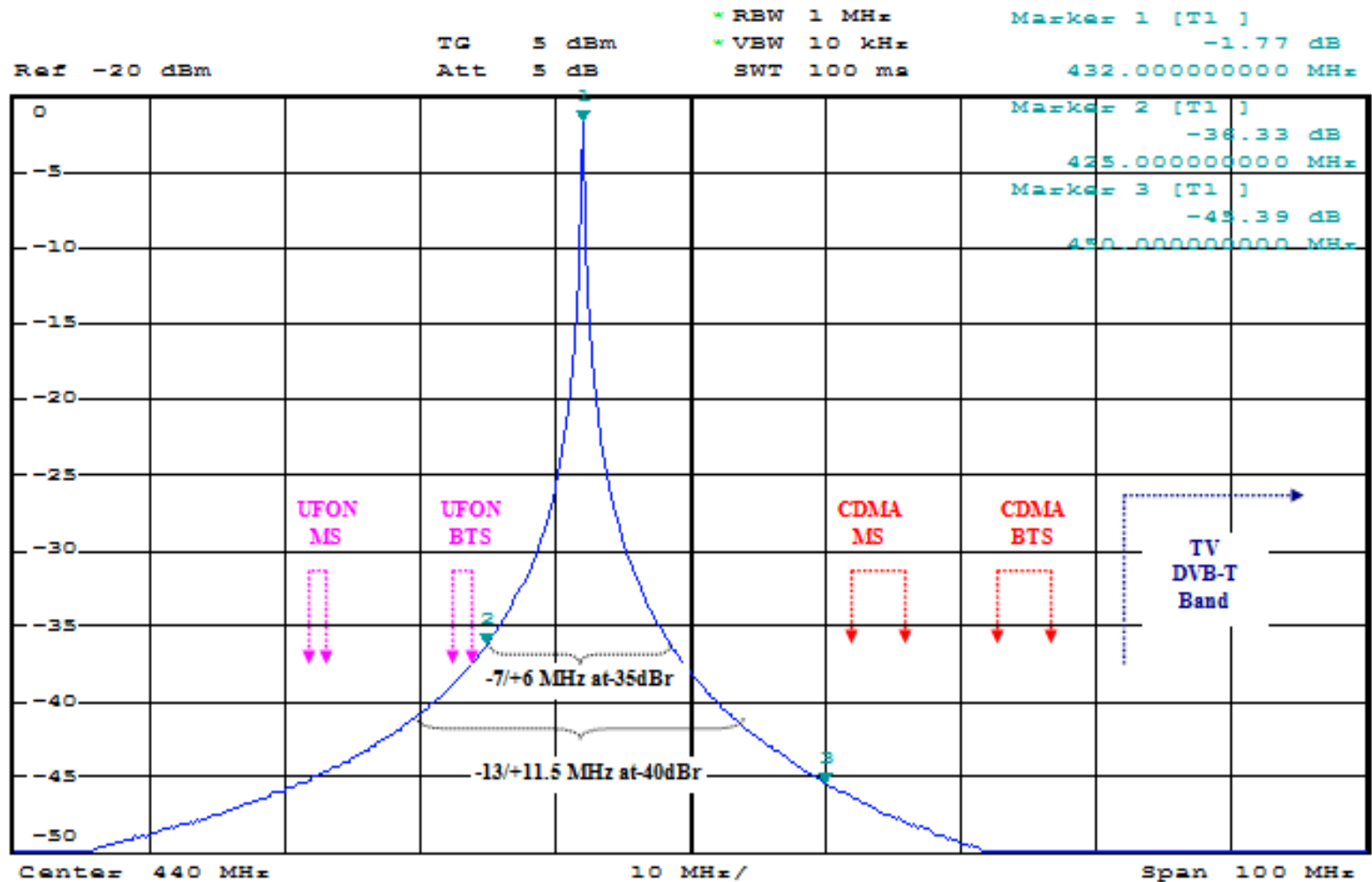
Aplikace v praxi: QRO kontra QRP V

- *Eliminace silných rušivých signálů (nejen amatérské služby) přidavnou filtrací a přizpůsobením RX antény. Potlačení silných signálů mimo pásmo může významně zlepšit rušení při příjmu. Navíc pásmový filtr umožňuje zapojit za něj vazební člen (směrovou odbočnici) a citlivým detektorem (např. IO AD8307 apod.) měřit „blokovací“ úroveň $p_{1,(2)}$.*
- *Filtr s vysokou selektivitou může po dohodě s blízkou stanicí (kmitočtový odstup) významně snížit vzájemné rušení, pokud to umožní parametry TRX-ů (zejména postranní šum TX/RX).*

Aplikace v praxi: QRO kontra QRP VI

- *Filtr s vysokou selektivitou a malým vložitelným útlumem pomůže potlačit silné rušivé signály, způsobující např. vytváření širokopásmového intermodulačního šumu a může pomoci i na UHF pásmech při dostatečné kmitočtové separaci dvou blízkých lokálních stanic. Příkladem je např. potlačení rušení od základnových stanic CDMA „Ufon-a“ (dvě širokopásmové nosné několik MHz pod pásmem 432MHz), „Telefonica o2“ (až tři širokopásmové nosné v pásmu 450...465 MHz) či DVB-T upraveným filtrem z NMT BTS*
- *Dokonalejší řešení soužití dvou blízkých QRO stanic na pásmu 145MHz pomocí přídavných úzkopásmových krystalových filtrů popsal nedávno OK1VPZ a OK1VUM.*

Aplikace v praxi: QRO kontra QRP VII

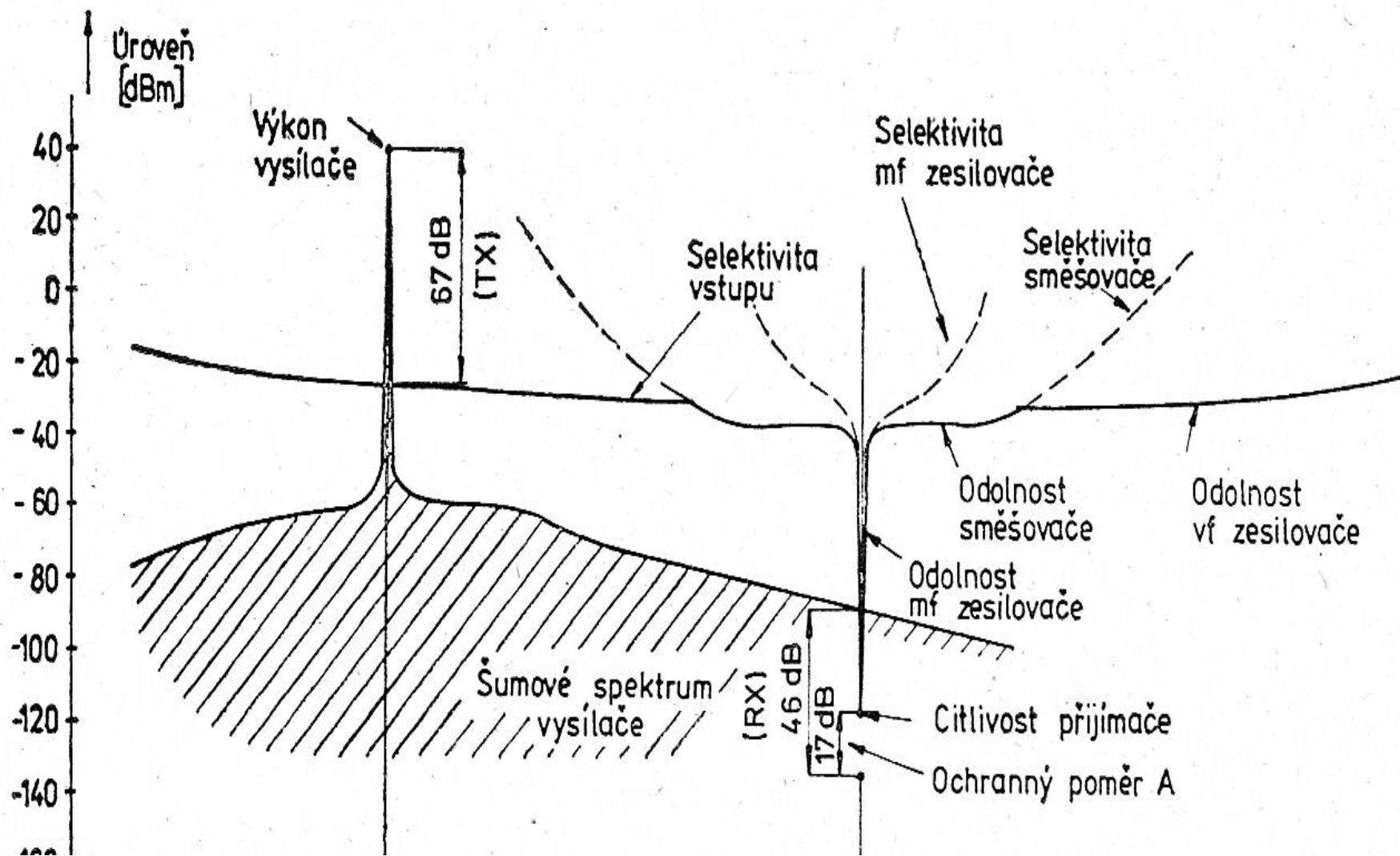


Upravený dutinový filtr z NMT BTS (span 10MHz/d)

Aplikace v praxi: QRO kontra QRP VIII

- *Návrat k jednoduchosti rozlad'ovaných XTAL oscilátorů s malým postranním šumem (např. řešení R2CW) je také možným řešením lokálního soužití za cenu malého kmitočtového a digitálního komfortu.*
- *Malá poznámka: QRO by mělo sloužit především jako prostředek k navázání spojení, které se s QRP nedaří.*
- *QRO by nemělo nahrazovat anténní nedostatečnost ve směru daného spojení.*
- *Použití QRO k tomu, abych byl slyšet současně pokud možno všude (TX multi-beaming) lze těžko považovat za krok správným směrem. Spíše to připomíná jeden dobrý vtip.....*

Na závěr jedno malé retro pro zopakování



Shrnutí

Q & A ?

Diskuse