Parametry transceivrů
a jak jim rozumět

Setkání radioamatérů

Holice, srpen 2011

Transceivry – základní parametry

- **Kmitočtová koncepce transceivru**
  - **Širokopásmová či úzkopásmová ⇔ 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/kliksy"** 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** (“**B**locking **D**ynamic **R**ange”)
- **Intermodulační odolnost - IMD DR (“I**nter**M**odulation **D**istortion **DR**”)
- **IP bod (I**ntermodulační **P**růsečík**) -** “**I**ntercept **P**oint”
- **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 šumu[1] je poměr $\mathbf{(s/n)_{in}}$ na vstupu RX vůči poměru $\mathbf{(s/n)_{out}}$ na výstupu (nezávisle na Ta !)

Šumové číslo (NF) udává kolikrát je vstupní šum $\mathbf{n_{in}}$ větší než prahový tepelný šum [$\mathbf{kT_o}$] a závisí tedy na teplotě **Ta** (obvykle se udává při cca 293K ≈ 20°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≈ 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)* = **-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 Δ=1dB bude přídavný šum o 6dB nižší než při zvýšení o Δ=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=3dB.

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

MDS se udává při šíři pásma 500 Hz[3] a měří se s vypnutým a zapnutým zesilovačem[4]**.**

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 ±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=10dB (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=10dB

Údaj v [μV] nebo v [dBm] platí pro vstupní impedanci RX=50 Ω

Přepočet: 1 μV/50 Ω = 20*log[$(10^{-6})^2$/50] - 30 = -107 dBm apod.

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

Citlivost [dBm] = MDS [dBm] + 9,5 dB

Šumové číslo (činitel šumu) NF [dB] **= MDS** [dBm] **- BW_{ef}** [dBHz]

Příklad:

BW=500Hz=27dBHz a citlivost= *-125 [dBm]* → MDS*: (-125-9,5) = -134,5 [dBm]* →

→ NF = *{-134,5 dBm -27 dBHz - (-174 dBm/Hz)} = 12,5 dB (≈18kT_o)*

Pro činitel šumu 1 (0 dB):

Mezní MDS = -174 + 10*log BW

DR (“**D**ynamic **R**ange”) : **BDR** (“**B**locking **D**ynamic **R**ange”)

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 ± (20…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 (“**D**ynamic **R**ange”) : **BDR** (“**B**locking **D**ynamic **R**ange”)

Problém s BDR při porovnávání transceivrů:

- **Měření, zejména při menších kmitočtových odstupech, je limitováno zvýšením šumového pozadí v důsledku reciprokého směšování. 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 (“**D**ynamic **R**ange”): **Intermodulační DR RX-u**

Intermodulační odolnost - IMD DR (“Inter**M**odulation **D**istortion **DR**”), lépe např. “**I**ntermodulation **F**ree **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 $p_{1,2}$ = IMD DR + MDS = $\Delta im_{3(2)}$ + MDS

DR (“**D**ynamic **R**ange”): **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 (**I**ntercept **P**oint) : **IP** bod (“**I**ntermodulační **P**růsečík”)

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

IMD 2.řádu:

$$IMD_2 = \Delta im_2 = p_{1,2} - p_{im}\,, \quad IP_2 = p_{1,2} + \Delta im_2 = p_{im} + 2*\Delta im_2$$

Pro p_{im} = MDS je $IP_2 = MDS + 2*\Delta im_2$ a

$$IMD_2 = \Delta im_2 = 1/2 * (IP_2 - MDS)$$

IMD 3.řádu:

$$IMD_3 = \Delta im_3 = p_{1,2} - p_{im}\,, \quad IP_3 = p_{1,2} + \Delta im_3/2 = p_{im} + 3/2*\Delta im_3$$

Pro p_{im} = MDS je $IP_3 = MDS + 3/2*\Delta im_3$ a

$$IMD_3 = \Delta im_3 = 2/3 * (IP_3 - MDS)$$

IP (**I**ntercept **P**oint) : **IP** bod (“**I**ntermodulační **P**růsečík”)

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:

$\Delta im = p_{1,2} - p_{im}$ $\quad \Delta im_2 = 1/2 *(IP_2 - MDS) \quad IP_2 = MDS + 2*\Delta im_2$

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

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 odstupu výsledné citlivosti od mezní citlivosti.

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

LNA zvýší citlivost přijímače (MDS) podle vztahu :

MDS = 10log [({10^([MDS –10logBW+174]/10)}-1)/(10^[G_{LNA}/10])
+(10^[NF_{LNA} /10])] +10logBW -174

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

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

NF = (-140,5 -27 + 174) = 6,5 dB (4,5 kTo)

Výsledek: MDS se zlepší 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 → ***RX IP_3 = +3 dBm ; MDS = -130dBm (BW=500Hz)*** → ***NF_{RX} =17dB (50)***

Δim_3= 2/3*(IP3-MDS)= 2/3*(+3+130)dB=89dB; **$p_{1,2}=\Delta im+p_{im}$= 89-130=-41dBm**

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

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

Δim_3=2/3*(-10+140,5)dB =87dB; **$p_{1,2}=\Delta im+p_{im}$= (87-140,5)dBm=-53,5dBm !**

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

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

Δim_3= 2/3*(3+13+130-13)dB=89dB; **$p_{1,2}=\Delta im+p_{im}$= 89-130+10=-31dBm**

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

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

Shrnutí:

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

Např. Použití LNA s vysokým IP_{in} (+20dBm), velkým ziskem 20dB, ale vyšším NF≈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 !

Δim_3 poklesne z 89dB na 2/3*(IP3-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 „kliksy“ 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 !

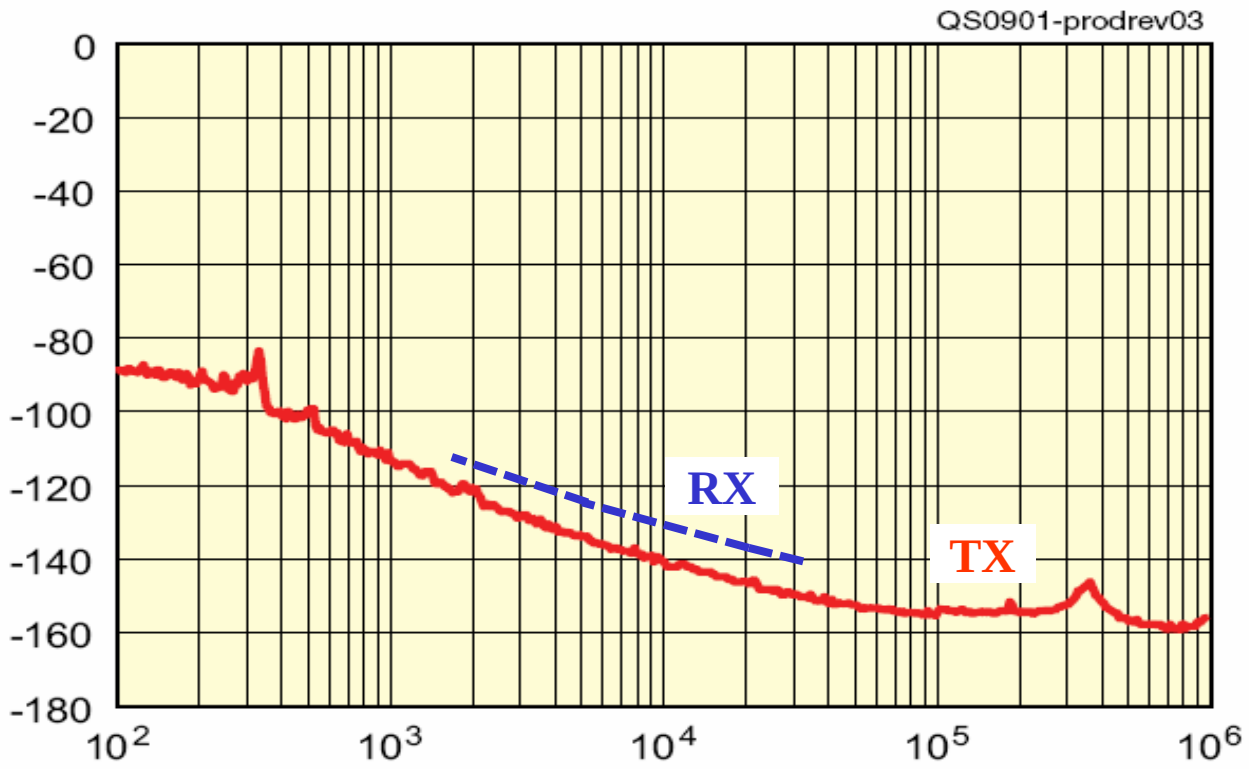
Postranní šum TX-u a RX-u u TRX-u

- **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 úrovňového 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**

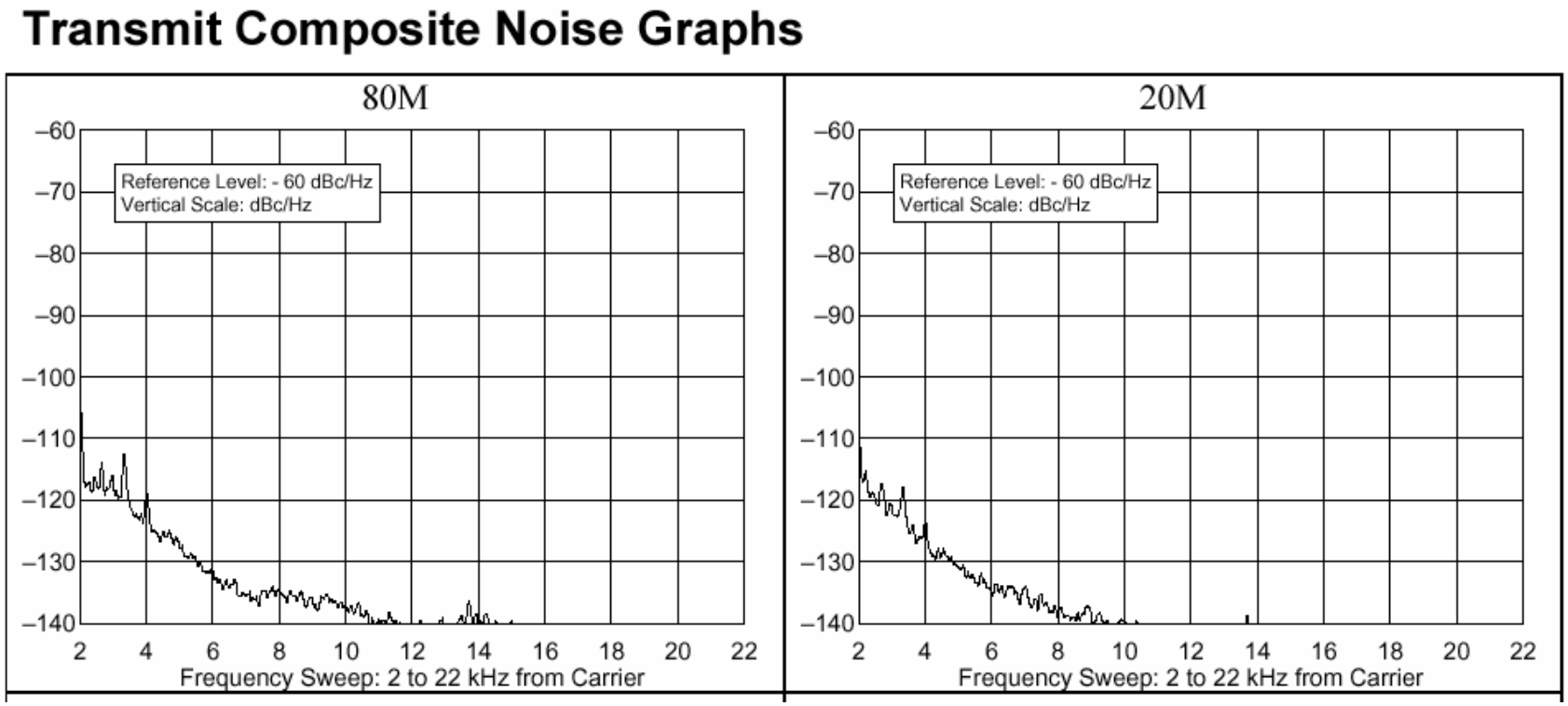


TX noise at 14 MHz band and 100W TX power

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**

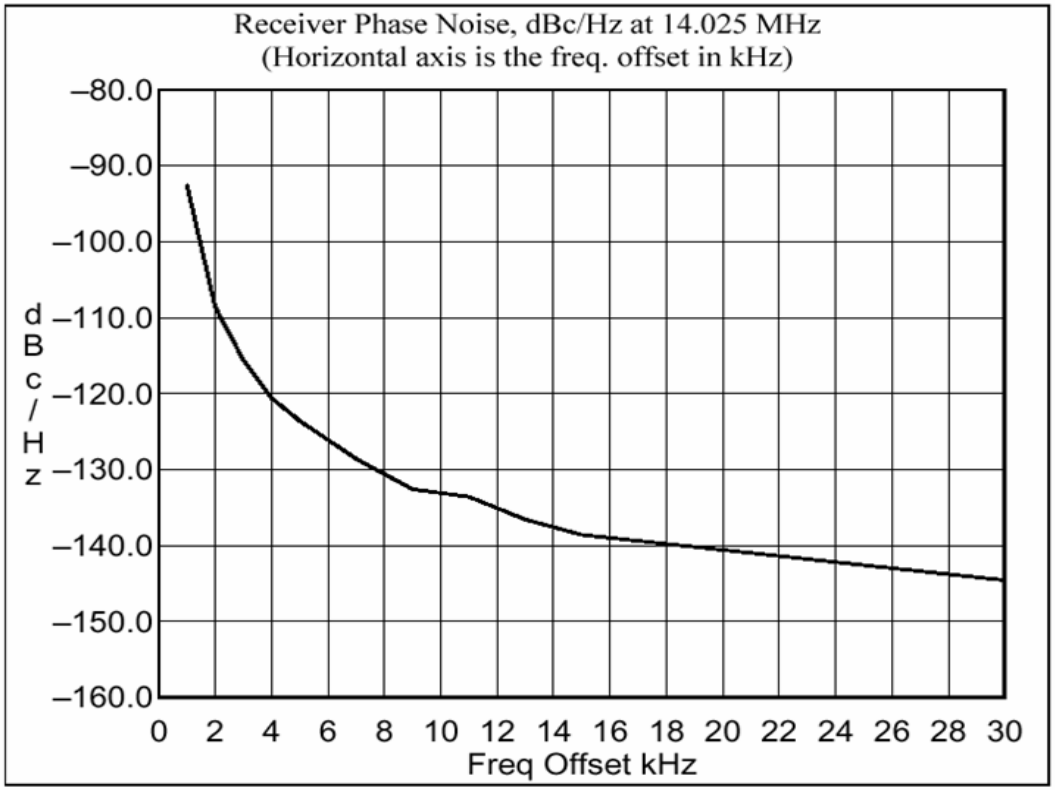


Postranní šum RX - *příklady*

ICOM IC-7800 14 MHz ARRL Laboratory Expanded Test

Receiver Phase Noise

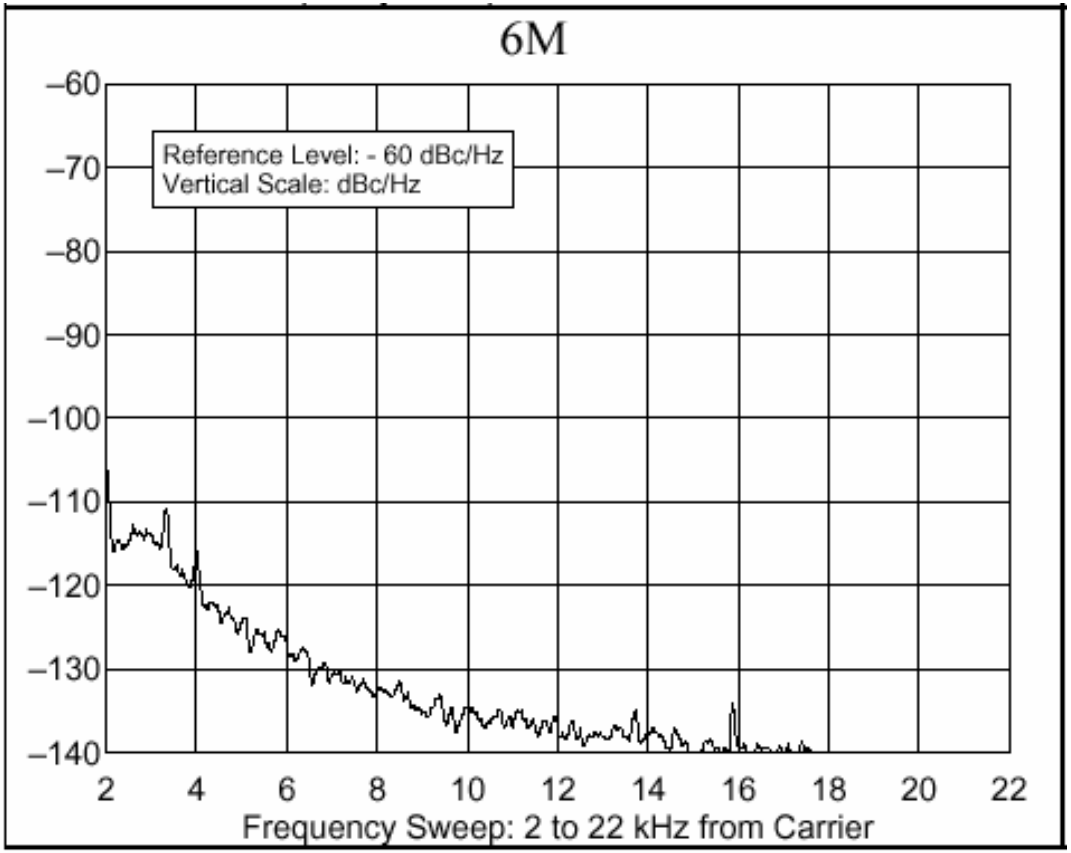
Test Description: This test measures the phase noise of the receiver's local oscillator. This noise is a large part of the transmitted composite noise, so the test is not normally performed on transceivers.



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

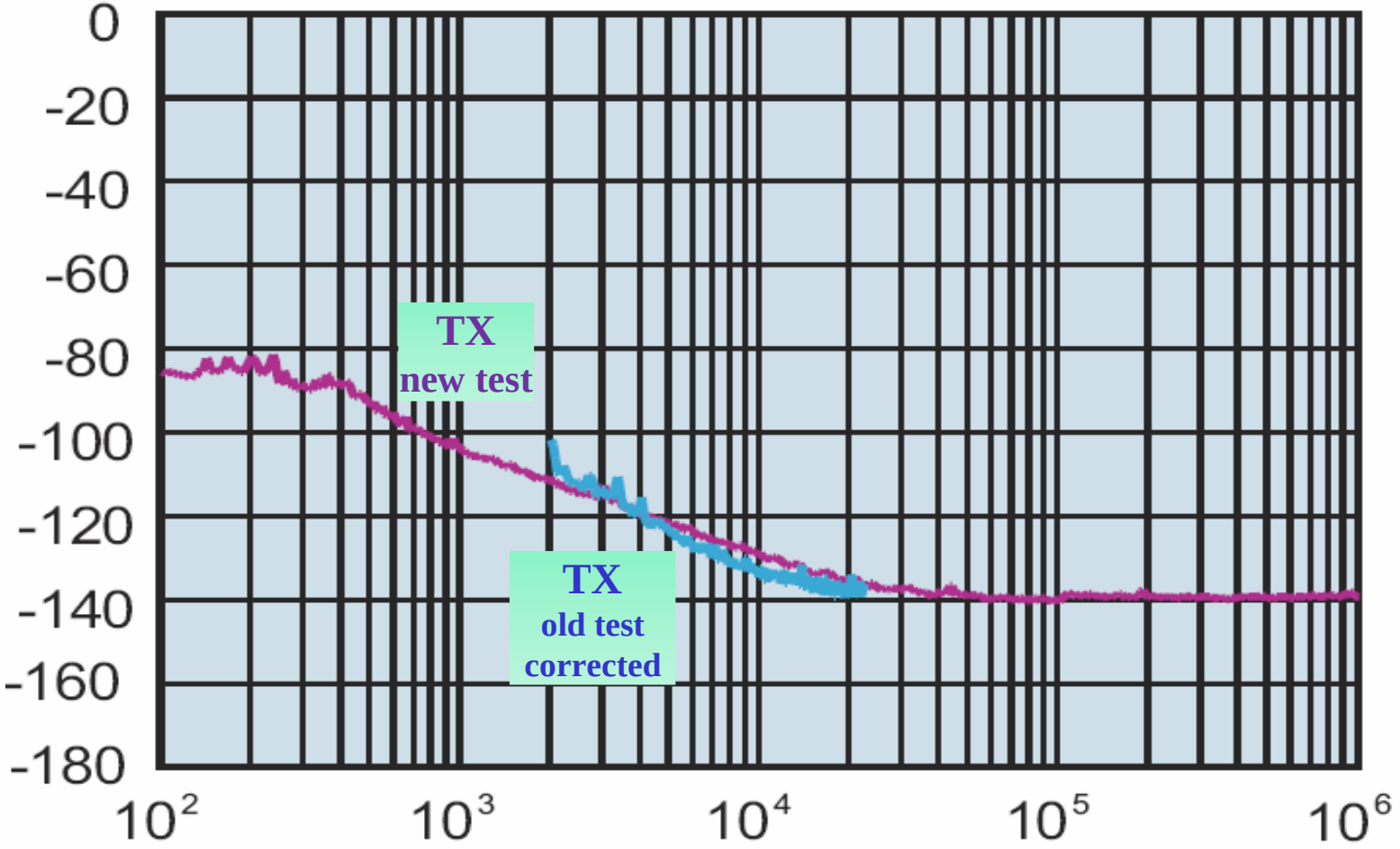
Postranní šum TX - *příklady*

ICOM IC-7800 **50 MHz** **ARRL Laboratoty 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

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

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

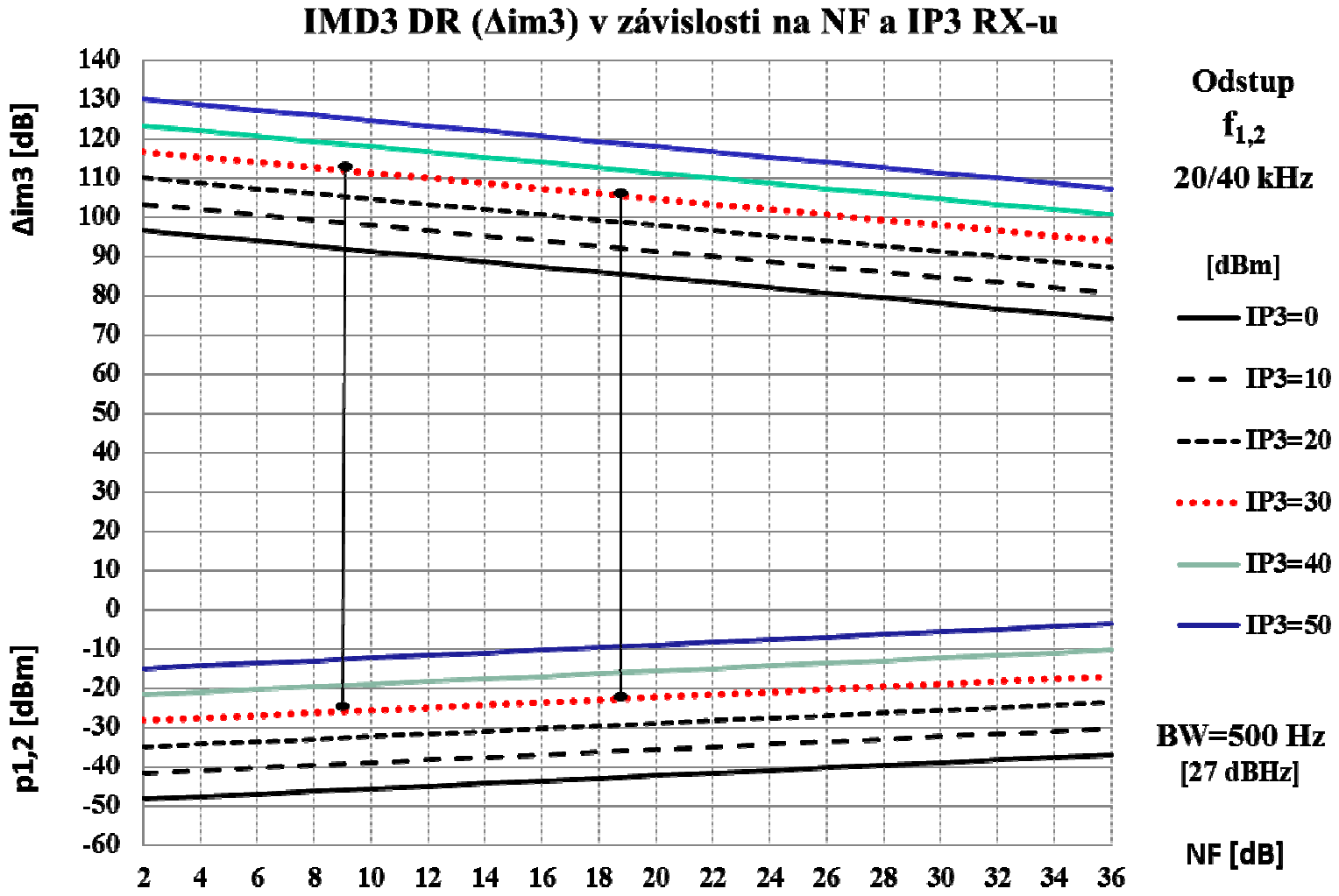
$$p_{1(2,\ldots n)} = DR + MDS = DR + (NF-174) + 10*\log BW,$$

která se zvyšuje pro žádoucí signál nad úrovní MDS.

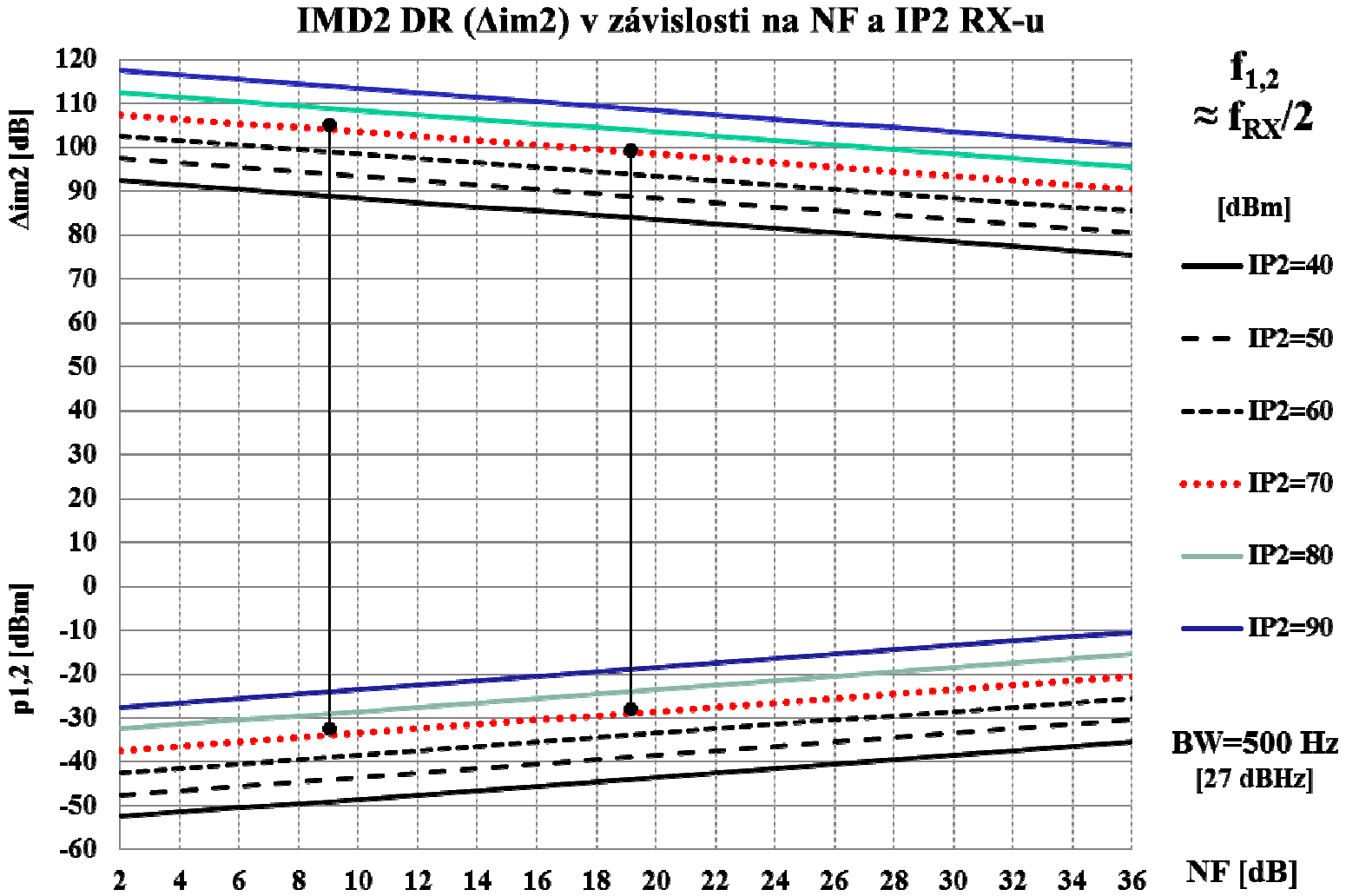
To odpovídá změně MDS (zařazením útlumu či zap/vyp LNA) !

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

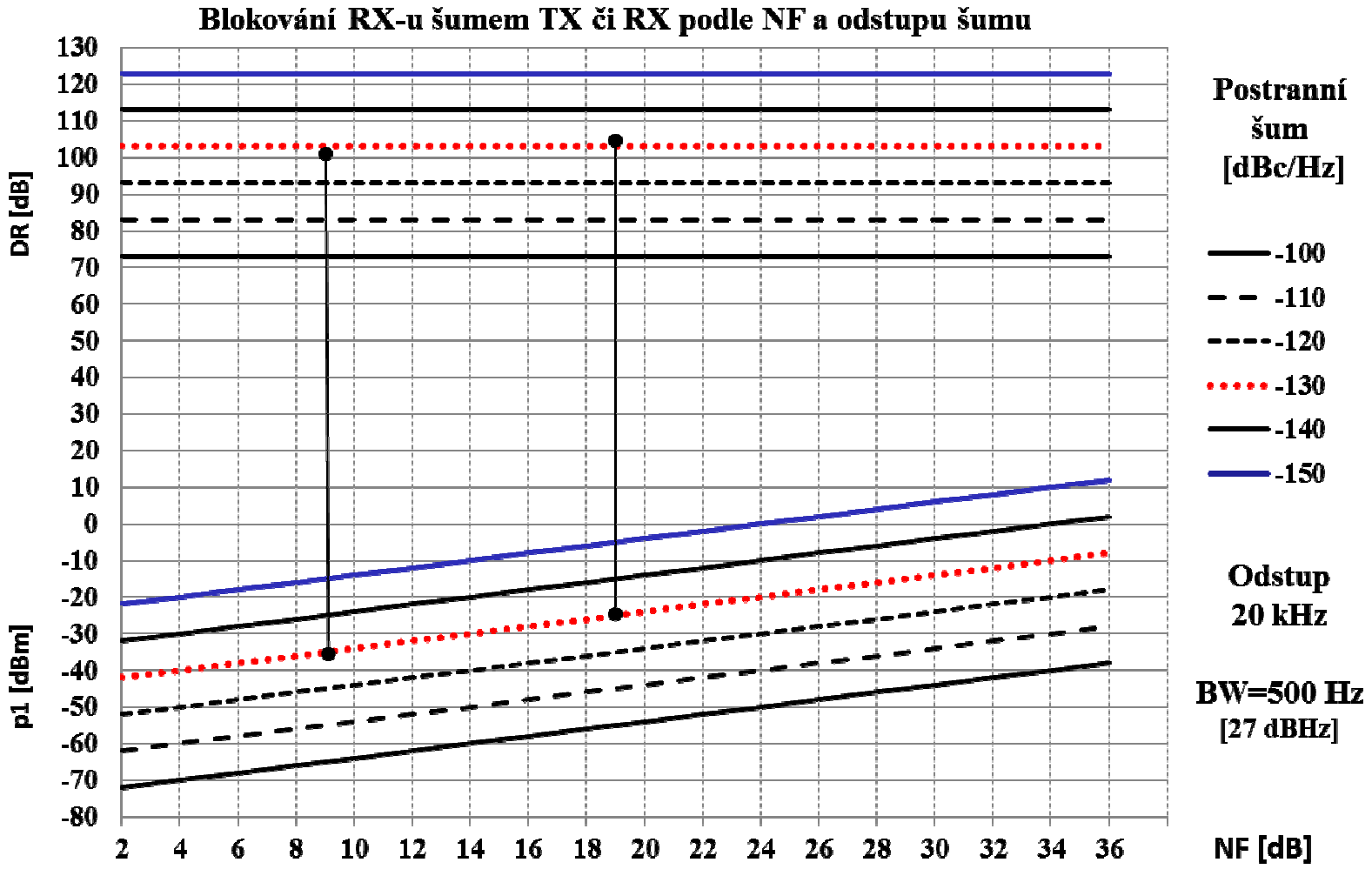
Intermodulační rušení 3.řádu – porovnání RX-ů



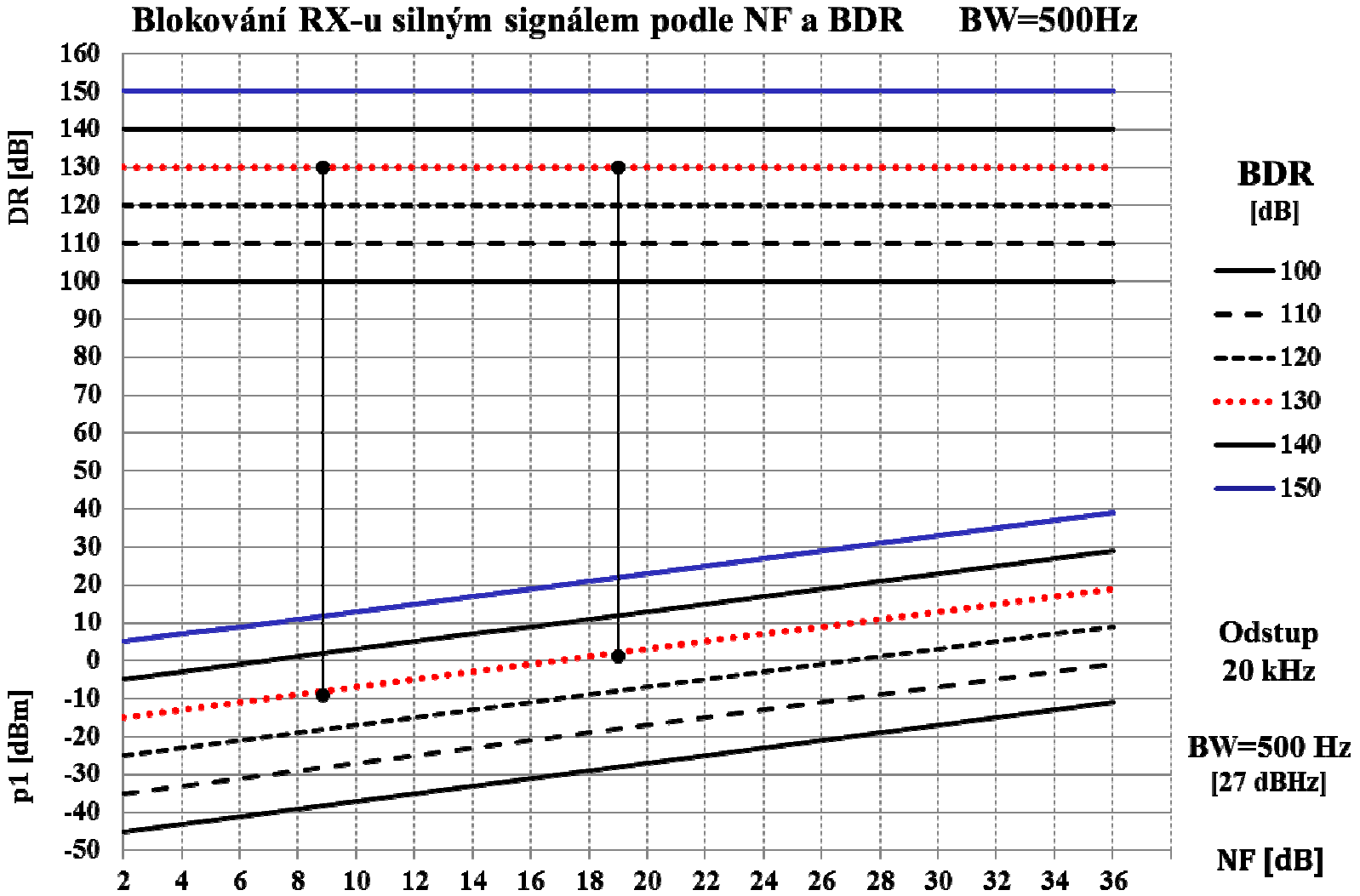
Intermodulační rušení 2.řádu – porovnání RX-ů



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 $p_{1(2,\ldots n)}$ 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*		
Elecraft	[dBm]	[dB]	[dBc/Hz]	[dB]	[dB]	[dBm]		[dB]	[dB]	[dBm]		[dB]	[dB]	[dBm]		[dBc/Hz]		
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 seriozně diskutovat a hledat cesty ke kompromisům, nová řešení ale i jen malá technická, provozni 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 univerálních „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 vyzářím 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).***

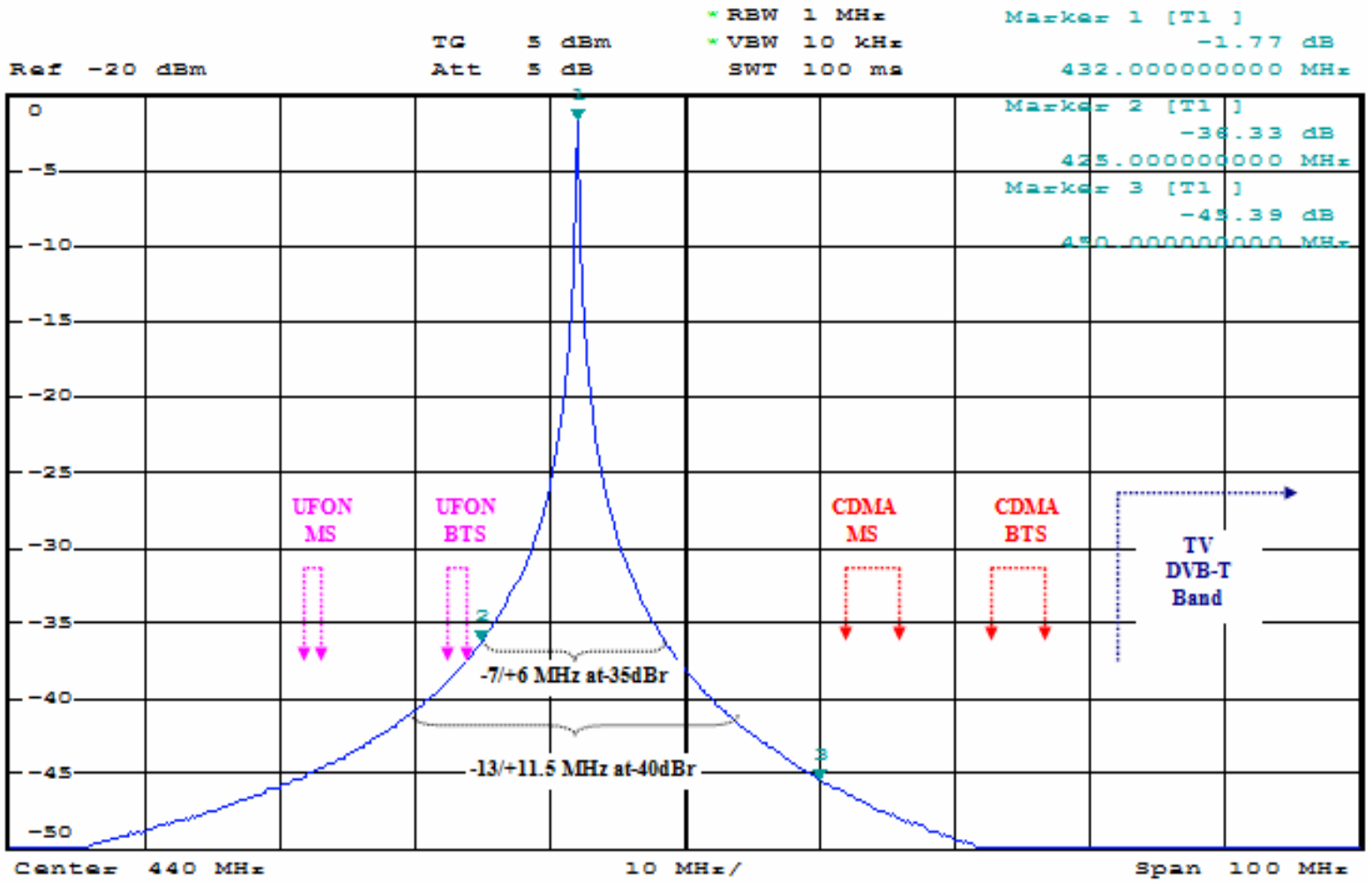
Aplikace v praxi: QRO kontra QRP V

- ***Eliminace silných rušivých signálů (nejen amatérské služby) přídavnou 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“ úrovně*** $p_{1,(2)}$ ***.***
- ***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 vložným 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

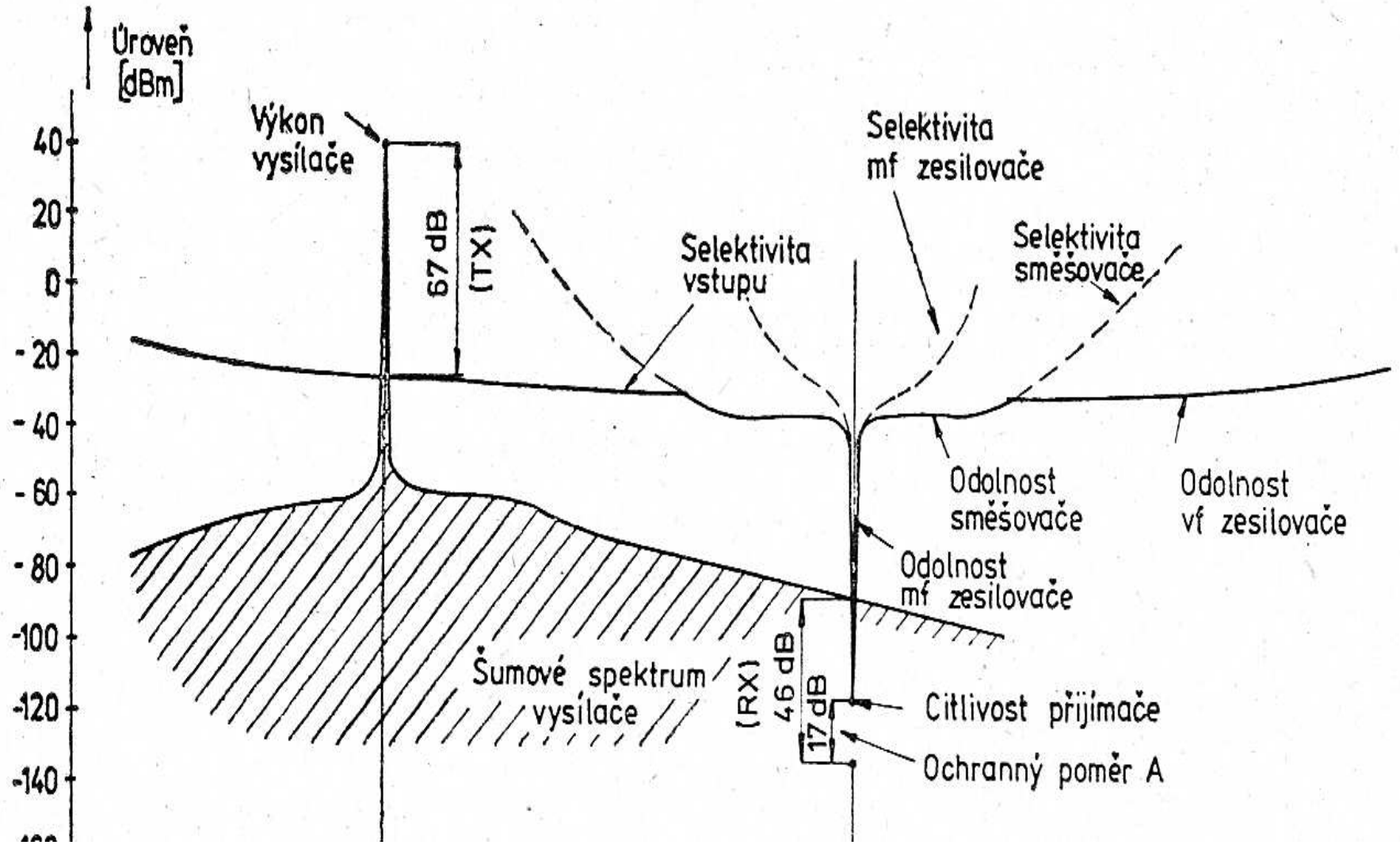


Upravený dutinový filtr z NMT BTS (*span 10MHz/d*)

Aplikace v praxi: QRO kontra QRP VIII

- ***Návrat k jednoduchosti rozlaďovaných 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