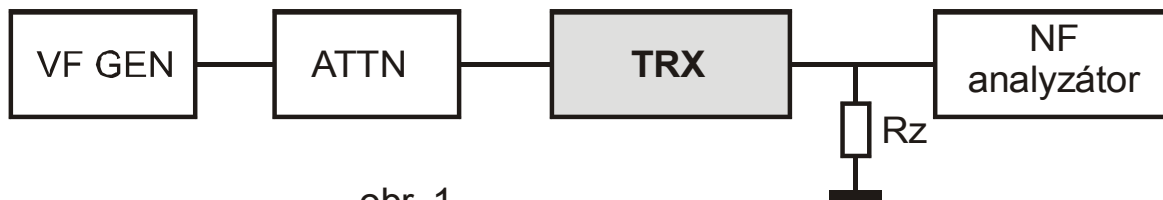


Měření parametrů TRXů

**Lze je měřit v amatérských
podmínkách?**

Pracoviště 1:



obr. 1

Co se zde měří:

- Citlivost MDS
- Citlivost pro 10 dB S/N
- Potlačení zrcadlového příjmu
- Potlačení příjmu na mezifrekvenčním kmitočtu

Požadavky na přístroje:

VF generátor:

Na VF generátor pro toto měření nejsou kladeny žádné zvláštní požadavky a lze jej snadno vyrobit v amatérských podmínkách. Generátor budeme přeladovat v širokém rozsahu kmitočtů. Potlačení vyšších harmonických by mělo být alespoň 40dB a stabilita kmitočtu taková, aby se nám generátor udržel v šířce pásma přijímače v telegrafním módu. V dnešní době s výhodou použijeme obvody DDS, které případně doplníme zesilovačem a útlumovým článkem 6dB pro dosažení výstupní impedance 50 ohmů. Výstupní výkonovou úroveň volíme v rozsahu -10 až 0dBm. Celý generátor je nutné umístit do stíněné krabičky a napájecí přívod dobře zablokovat tlumivkou a průchodkovým kondenzátorem. Výstup je obvykle zakončen BNC konektorem.

Útlumový článek:

Pro potřeby nejrůznějších měření by útlumový článek s proměnným útlumem po 1dB s impedancí 50 ohmů neměl chybět v žádném hamshacku. Rozsah útlumu volíme 0-100dB (obvyklá konstrukce jsou útlumy 4x20dB, 1x10dB, 1x3dB, 3x2dB a 1x1dB). Někdy může být útlum 100dB málo a je proto vhodné si vyrobit pevné útlumy 10, 20 a 30dB. Útlumové články jsou samozřejmě stíněné a stínění je i mezi jednotlivými sekcemi. Zakončení je opět BNC konektory.

NF Spektrální analyzátor/NF milivoltmetr:

Spektrální analyzátor je vhodnější, protože nám přímo ukazuje odstup signálu od šumu. Místo něj je možné použít osciloskop s možností FFT, ale pro amatéry bude v dnešní době nejdostupnější využít zvukovou kartu v PC s příslušným software. Vhodných programů je k dispozici celá řada. Můžeme použít i NF milivoltmetr, ale např. naměření úrovně signálu 3dB nad šumovým prahem je obtížné a nepřesné.

Postup měření:

MDS a 10dB S/N:

Generátor naladíme na přijímaný kmitočet a jeho výkon zeslabujeme útlumovým článkem, až nám NF signál z přijímače klesne na požadovaný odstup signál/šum. Pro určení MDS nastavujeme odstup 3dB. Pro citlivost 10dB S/N nastavujeme odstup 10dB. Výkon z generátoru zmenšený o útlum na útlumovém článku přímo odpovídá dané citlivosti. Zvlášť hodnota MDS je důležitá, protože ji potřebujeme pro výpočty odolnosti přijímače. Pokud používáme NF milivoltmetr, postupujeme tak, že při vypnutém generátoru nastavíme hlasitostí NF signál tak, abychom dokázali dobře odečíst výchylku. Útlumový článek nastavujeme tak, aby se nám výchylka měřidla zvětšila o 3dB(1,41x) nebo o 10dB(3,16x).

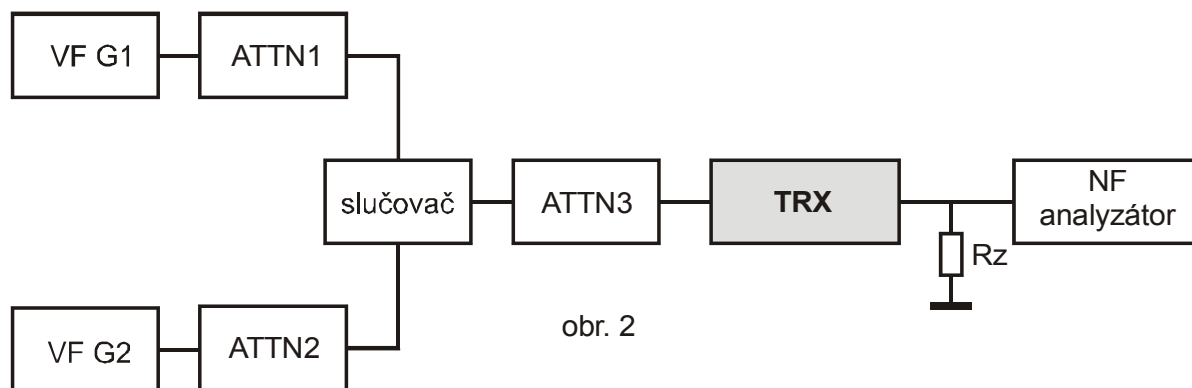
Potlačení mezifrekvenčního kmitočtu:

Generátor naladíme na mezifrekvenční kmitočet a jeho výkon upravíme útlumovým článkem tak, abychom na výstupu přijímače získali odstup signál/šum 3dB. Hodnotu potlačení získáme odečtením MDS od výkonu na vstupu přijímače. Pokud použijeme NF milivoltmetr, přesnějších výsledků dosáhneme poměrovým měřením. Tedy generátor nejprve naladíme na přijímaný kmitočet a útlumovým článkem upravíme signál na vstupu přijímače (P1) tak, abychom na NF milivoltmetru dobře odečítali výchylku (N) nad šumovým prahem. V přijímači nesmí pracovat AVC. Tedy pokud nelze AVC vypnout, nesmíme přesáhnout sílu signálu na vstupu přijímače cca S3. Poté generátor přeladíme na mezifrekvenční kmitočet a výkon na vstupu přijímače (P2) útlumovým článkem zvyšujeme tak, abychom na NF milivoltmetru naměřili stejnou výchylku (N). Hodnotu potlačení získáme rozdílem výkonů (P2-P1).

Měření potlačení zrcadlového příjmu:

Postupujeme jako v případě měření potlačení mezifrekvence, jen generátor naladíme na zrcadlový kmitočet.

Pracoviště 2:



Co se zde měří:

- Dynamický rozsah pro blokování
- Dynamický rozsah IMD3 a bod zahrazení IP3
- Dynamický rozsah IMD2 a bod zahrazení IP2

Požadavky na přístroje:

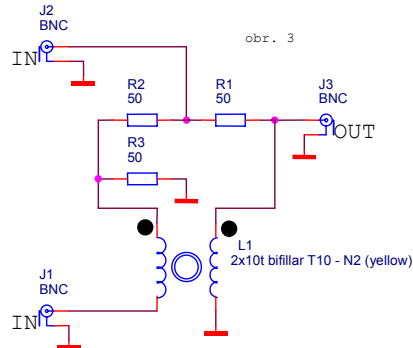
VF generátory:

Pro toto pracoviště potřebujeme dva generátory, které musí splňovat poměrně přísné požadavky. Výstupní signál generátorů musí mít potlačení nežádoucích produktů alespoň 60dB a velmi nízký postranní šum. Mezi generátory nastavujeme malý kmitočtový odstup. ARRL standardně používá 20KHz ovšem v praxi máme při CW provozu silné signály např. při split provozu expedic cca 1-2KHz nad přijímaným signálem. Dobrým kompromisem pro amatérské měření je vyrobit si generátory s odstupem 10KHz. Pro bližší odstupy bychom potřebovali generátory s opravdu velmi nízkým postranním šumem a ty amatérsky jen těžko zhotovíme. Jako oscilátoru musíme použít zapojení řízené krystalem. V žádném případě nelze použít DDS, fázové závěsy apod. Pracovní bod oscilátoru musíme pečlivě nastavit do třídy A. Jakékoli zkreslení nám zhorší parametry generátoru. Oscilátor na následující obvody je třeba navázat velmi volnou vazbou. Pro snížení postranního šumu oscilátoru zařadíme do signálové cesty krystalový filtr se dvěma nebo lépe více krystaly. Výběr krystalů a nastavení filtru není kritické. Výstupní výkonovou úroveň volíme v rozsahu -10 až 0 dBm a dosáhneme jí vhodným zesilovačem. Za pečlivě nastavený zesilovač zařadíme dobrou dolní propust a útlumový článek 6dB pro dosažení výstupní impedance 50ohmů. Opět je třeba dobré stínění a blokování napájení. Výroba takovýchto generátorů je poměrně pracná a proto se lze spokojit s generátory pro jedno pásmo. Volíme raději pásmo vyšší.

Slučovač signálu:

Jeho úkolem je sloučit signály z generátorů a zároveň zabránit jejich vzájemnému ovlivňování. Průchozí útlum vychází obvykle kolem 6dB a potlačení mezi vstupy pro připojení generátorů kolem 30 - 40dB.

Slučovač pro oblast KV není těžké vyrobit. Lze jej zapojit např. dle obrázku 3.



Požadavky na ostatní přístroje byly popsány u pracoviště 1.

Postup měření:

Dynamický rozsah pro blokování:

Pracoviště zapojíme tak, že proměnné útlumy zapojíme do pozic ATTN1 a ATTN2 a do pozice ATTN3 připojíme pevný útlum. Zapneme pouze generátor G1 a na jeho kmitočet naladíme přijímač. Generátor G2 zůstane vypnut (napájení), ale stále musí zůstat připojený do obvodu. Lze jej odpojit, ale vstup pro G2 na slučovači je nutné zakončit odporem 50 ohmů. Útlumovým článkem ATTN1 nastavíme výkon z G1 tak, abychom na výstupu z přijímače získali signál (N) s odstupem signál/šum cca 20dB. V přijímači nesmí pracovat AVC, tedy pokud ho nelze vypnout, nesmíme přesáhnout sílu signálu cca S3. Poté zapneme generátor G2 a nastavíme požadovaný kmitočtový odstup od G1, pokud nemáme generátory připravené na pevných kmitočtech. Útlumovým článkem ATTN2 nastavujeme příspěvek výkonu z generátoru G2 na vstupu přijímače (P2) tak, aby výstupní signál z přijímače (N) poklesl o 1dB. Dynamický rozsah pro blokování získáme odečtením MDS od příspěvku výkonu z G2 na vstupu přijímače (P2-MDS). Při použití NF milivoltmetru hlídáme pokles výchylky o 1dB(:1,12).

Dynamický rozsahu IMD3 a bod zahrazení IP3:

Pracoviště zapojíme tak, že proměnný útlum zapojíme do pozice ATTN3 a útlumy ATTN1 a ATTN2 nastavíme shodné výkony obou generátorů. Na generátorech nastavíme požadovaný odstup kmitočtů, pokud nemáme generátory připravené na kmitočtech pevných. Přijímač naladíme na kmitočet lichého produktu, tedy na $2*f1-f2$ nebo $2*f2-f1$. Výkon na vstupu přijímače (P2) z generátorů upravíme útlumovým článkem ATTN3 tak, abychom na výstupu přijímače získali signál s odstupem od šumu 3dB. Dynamický rozsah IMD3 získáme odečtením MDS od výkonu na vstupu přijímače (P2-MDS). Při použití NF milivoltmetru hlídáme zvýšení výchylky o 3dB(1,41x) nad výchylku danou šumem přijímače. Z dynamického rozsahu můžeme vypočítat hodnotu bodu zahrazení IP3. $IP3=1,5*DR\ IMD3 + MDS$.

Dynamický rozsahu IMD2 a bod zahrazení IP2:

Měří se stejně jako v předchozím případě, jen generátory se naladí na takové kmitočty, aby jejich součet nebo rozdíl byl možný na přijímači naladit. Hodnota $IP2 = 2 * DR_{IMD2} + MDS$.

Co nám parametry říkají:

Citlivost MDS:

Tento parametr nám udává tzv. minimální rozlišitelný signál. Signál pod touto hranicí se považuje za přijímačem nezpracovatelný. Parametr tedy omezuje dynamický rozsah přijímače zdola.

Citlivost pro odstup signál/šum 10dB:

Tento parametr nám říká, jaký nejslabší signál skutečně uslyšíme. Odlišení signálu od šumu je individuální záležitost a najdou se tací, kteří registrují signál jen pár dB nad šumem, ale signál s odstupem 10dB bychom měli registrovat všichni.

Potlačení mezifrekvenčního a zrcadlového příjmu:

Tento parametr nám říká, jak mnoho nás budou rušit signály, které obvody přijímače dokáží z principu přijímat, ale jsou pro nás nežádoucí. Tyto potlačení jsou převážně určeny kvalitou vstupní pásmové propusti. Potlačení by mělo být nejméně 60dB. Pro představu nežádoucí signál na mezifrekvenčním nebo zrcadlovém kmitočtu o úrovni $S9+6dB$ nám bude způsobovat rušení o úrovni $S1$. Pro komerční vysílače není problém vyprodukovat signál na našich anténních svorkách $S9+40dB$ i více. Dobré přijímače mají potlačení 80-100dB.

Dynamický rozsah pro blokování:

Tento parametr nám říká, jak si přijímač poradí se silným signálem. Příliš silný signál nebude přijímačem zpracován lineárně, což způsobí v přijímači vznik nežádoucích produktů a také snížení jeho citlivosti. Situace nastává při poslechu slabé stanice. Silný nežádoucí signál může způsobit, že stanici přestaneme slyšet. Parametr závisí na kmitočtové vzdálenosti nežádoucího signálu a šířce pásma přijímače. Pokud se bude úroveň signálu na vstupu přijímače pohybovat v mezích od MDS do $MDS+DR$ pro blokování, nebude docházet ke snižování citlivosti přijímače. Tento parametr by měl být alespoň 80dB. Dobré přijímače mají dynamický rozsah 100dB a více.

Dynamický rozsah IMD3:

Tento parametr nám říká, jak si přijímač poradí s více silnými signály. Pokud na vstup přijímače přivedeme více signálů, budou na nelinearitách v přijímači vznikat nežádoucí produkty. Nejvíce nám vadí produkty 3.řádu, které jsou velmi blízko přijímaného kmitočtu. Při určité úrovni signálu na vstupu přijímače vystoupí tyto produkty nad MDS a začnou působit rušivě. Situace nastává v závodech, kdy je na pásmu velké množství silných signálů. Parametr závisí na kmitočtovém odstupu signálů a šířce pásma přijímače. Jeho hodnota je nižší než dynamický rozsah pro blokování. Pokud se bude úroveň signálu na vstupu přijímače pohybovat v mezích od MDS do $MDS+DR_{IMD3}$, nebudou nežádoucí produkty působit rušivě.

Bod zahrazení IP3:

Tento parametr nám opět říká, jak si přijímač poradí s více silnými signály. Hodnota se udává v dBm a je to úroveň signálu na vstupu přijímače, která by způsobila, že nežádoucí produkty 3.řádu by dosáhly stejné úrovně jako užitečný signál. Jde o hodnotu teoretickou, neboť dříve dojde k zahlcení přijímače. Tato hodnota se obvykle vypočítává z dynamického rozsahu IMD3. Opět je závislá na kmitočtovém odstupu signálů a šířce pásma přijímače. Tento parametr by měl být minimálně kladný. Dobré přijímače mají tento parametr +10dBm a více.

Dynamický rozsah IMD2 A IP2:

Tyto parametry jsou obdobou DR IMD3 a IP3 a říkají nám, jak si přijímač poradí s více silnými signály, které ovšem leží mimo propustné pásmo přijímače. Jinými slovy jak nám budou vadit silné komerční vysílače mimo amatérská pásma. Tyto parametry vypovídají o kvalitě pásmové propusti na vstupu přijímače.

Měření na vysílači:

S měřením parametrů vysílače v amatérských podmínkách je to horší. Bez spektrálního analyzátoru nebo alespoň osciloskopu s možností FFT se neobejdeme. Kontrola čistoty signálu pouhou kontrolou tvaru sinusovky na osciloskopu je nedostatečná. Signál s potlačením vyšších harmonických 25dB vypadá na osciloskopu už velmi dobře. Povolovací podmínky nám však ukládají dodržet minimální potlačení nežádoucích produktů 40dB. Pokud nemáme možnost měření, často zbývá jen doufat. Dobrou metodou pro klid našich duší je dobře si proměřit dolní propust za naším PA. Zde bych chtěl poznamenat, že v USA mají stanoveno minimální potlačení pro vysílače do 5W výkonu jen 30dB. Proto mohou za QRP koncovými stupni ve třídě C použít jen jednoduchý čebyševův filtr se dvěma indukčnostmi. Tento filtr obvykle nemá dostatečnou strmost a výsledkem je, že druhá harmonická není potlačena pod hranici 40dB. Hranici 30dB mívá jen tak tak. Pokud nemáme možnost měření, přimlouval bych se za používání propustí se třemi indukčnostmi nebo propustí s přidaným pólem (pastí) na druhou harmonickou. Pokud je zesilovač dvojčinný nebo lineární, tradiční filtr se dvěma indukčnostmi vyhoví. U telegrafních vysílačů se měří v podstatě jen potlačení nežádoucích produktů. Na osciloskopu je možné zkontrolovat tvar telegrafní značky. Značka by měla být zaoblená s dobou náběhu kolem 3ms a doběhem kolem 5ms. U zesilovačů lineárních se kromě prosté kontroly potlačení nežádoucích produktů při buzení jedním tónem, kontroluje jejich linearita tzv. dvoutónovou zkouškou. Do mikrofonního vstupu vysílače se připojí NF dvoutónový generátor se shodnou amplitudou obou tónů. Na výstupu vysílače budou kromě těchto dvou tónů přítomny nežádoucí produkty, které vznikají kombinacemi vstupních tónů na nelinearitách ve vysílací cestě. Potlačení těchto produktů by mělo minimálně 30dB.