Měření na výkonovém zesilovači 1kW/144MHz by OK1GTH

Ing.Tomáš Kavalír, Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací FEL /ZČU
kavalir.t@seznam.cz , http://ok1gth.nagano.cz

Zadání měření:

1. Měření max. dosažitelného výkonu na 50ohm.
2. Měření bodu 1dB komprese.
3. Měření THD harmonického zkreslení .
4. Měření IMD zkreslení dvoutonovou zkouškou.
5. Měření vstupního RL (VSWR).

Použité zařízení a měřící přístroje:

- Vektorový analyzátor Rohde – Schwarz ZVB8 do 8GHz.

- Detektor výkonu Rohde – Schwarz NRP-Z21 do 18GHz.

- Signálový analyzátor Rohde – Schwarz FSI Q7 do 7GHz.

- Programovatelný generátor Rohde – Schwarz AM 300

- Spektrální analyzátor Agilent ESA –E4402B do 3GHz.

- Dále průchozí útlum 30dB/1kW Spinner BN531685, osciloskop Tektronix TDS220, Icom 7400, redukce atd.

Výsledky měření:

1) Maximální dosažitelný výkon na 50ohm:

- výkon do limitace cca 1250W při 120W buzení

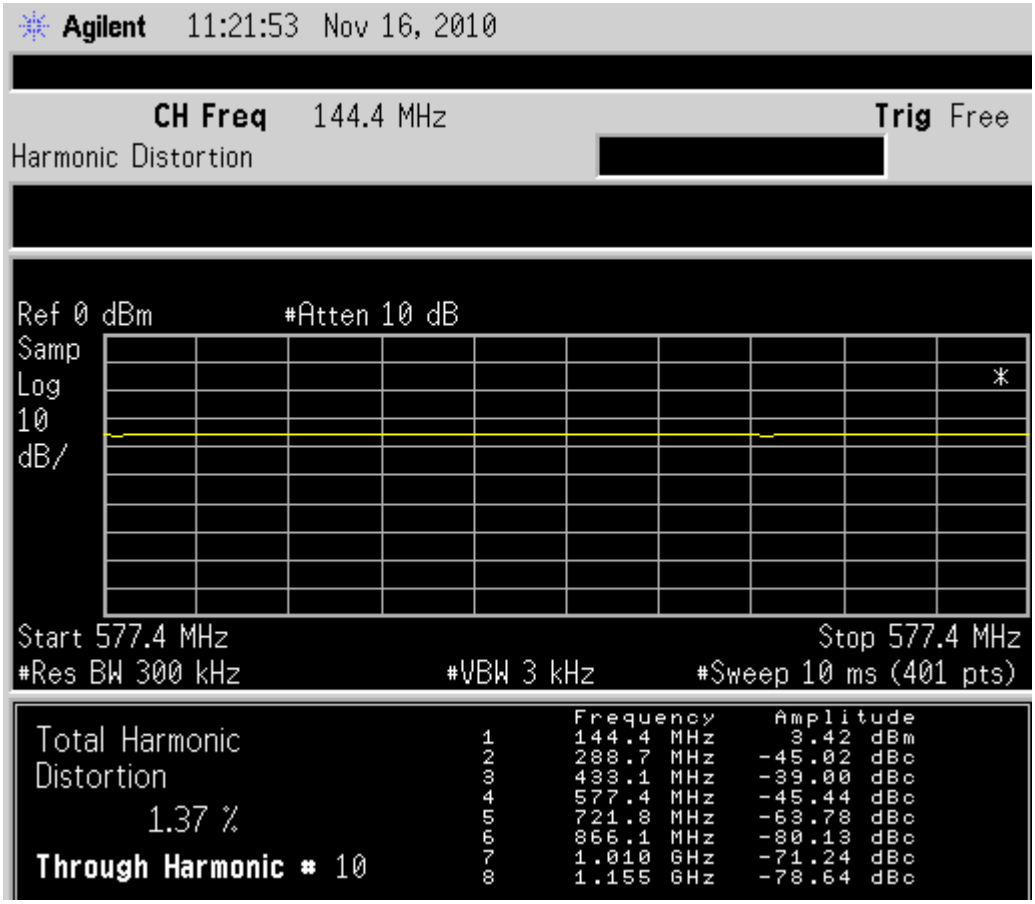
2) Bod 1dB komprese zisku:

- nastává přibližně při 900W

3) Měření harmonického zkreslení:

- celkové harmonické zkreslení při výstupním výkonu 60dBm (1kw) = 1,37% bez výstupního filtru

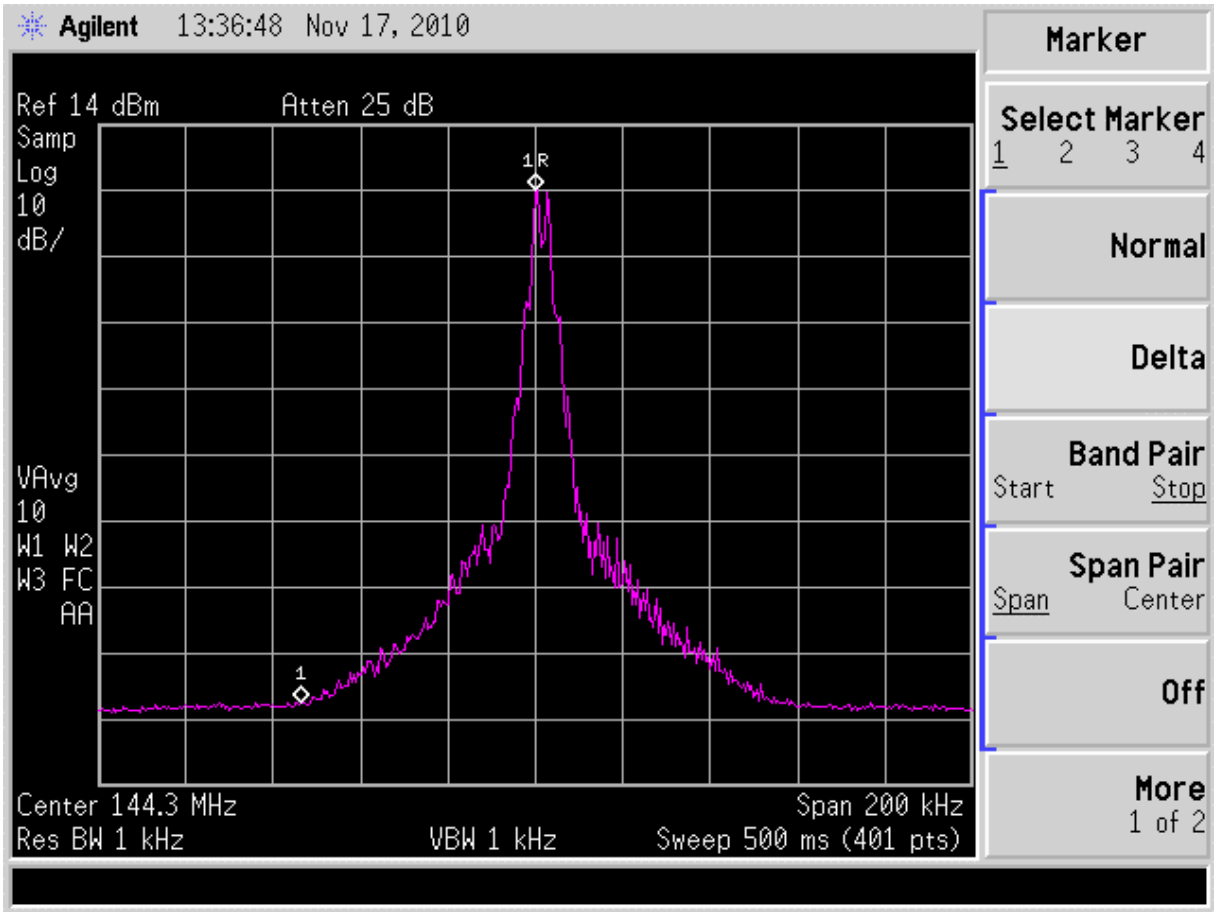
	nosná	2.harmonická	3.harmonická	4.harmonická
bez výstupního filtru:	0dB	-48dB	-42dB	-48dB
s výstup. filtrem:	0dB	-73dB	-82dB	-98dB

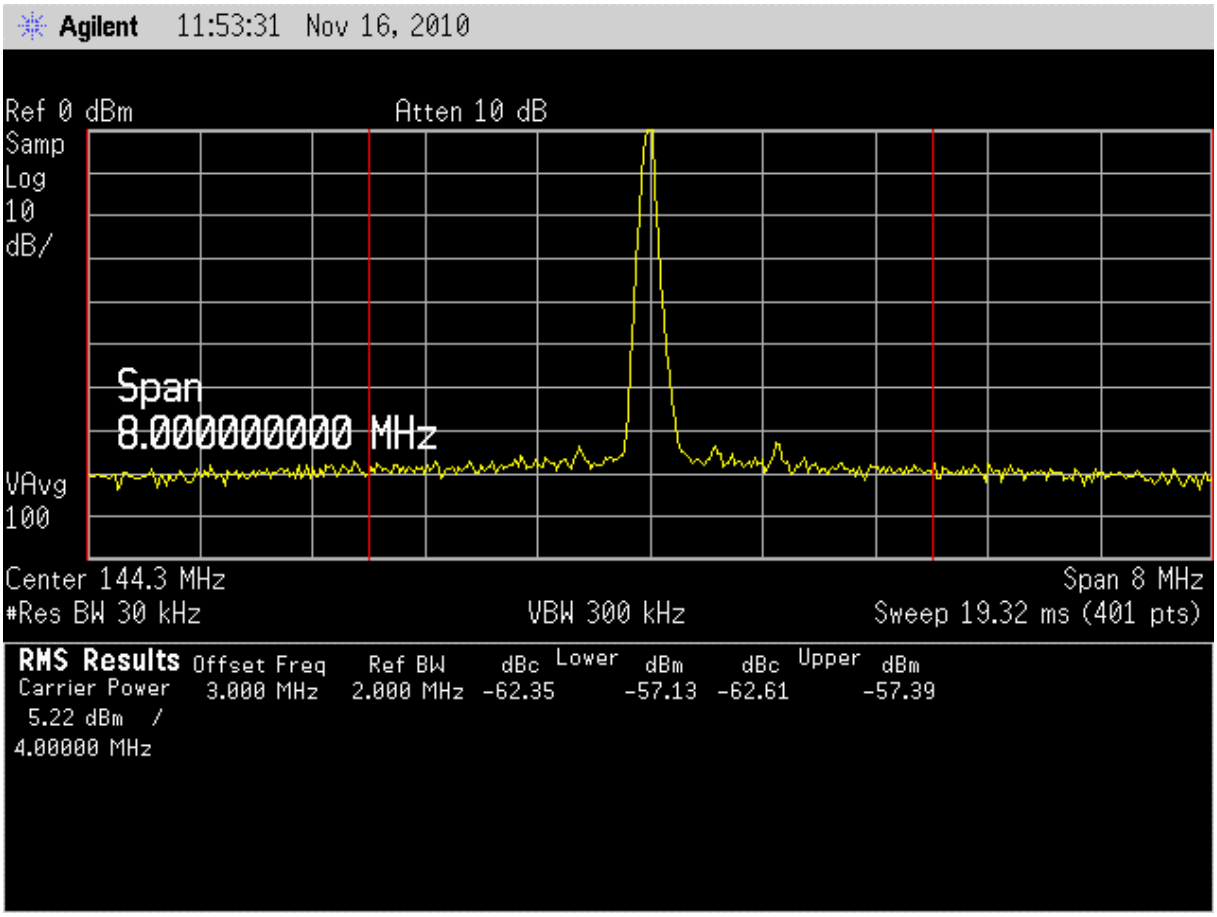


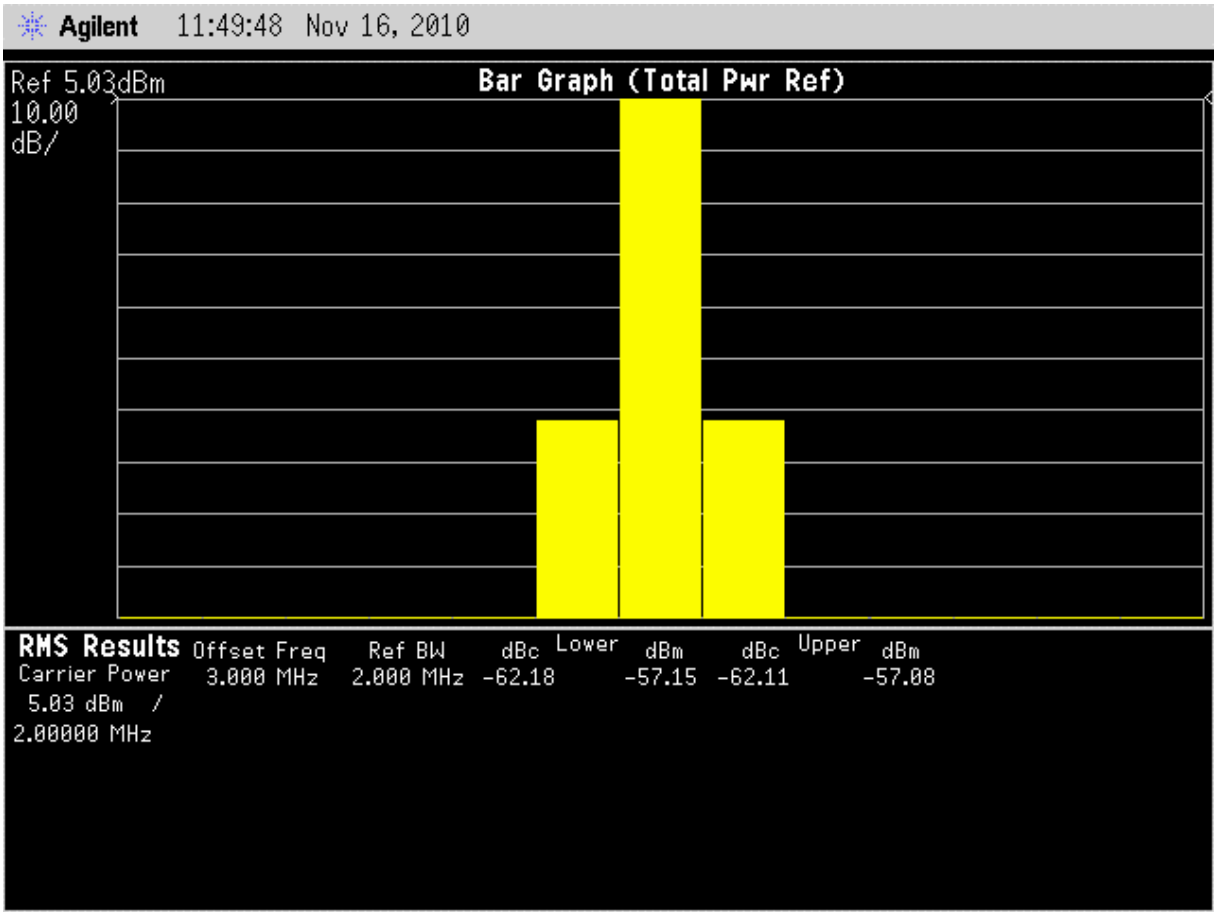
4) Intermodulační (IMD) zkreslení (odstup dvou kmitočtů 2,4kHz):

a) Jako budič byla použita radiostanice IC7400 buzená na cca 90W, výstupní výkon PA 1kW.

- IMD 3 = 25 dBc
- IMD 5 = 38 dBc
- Šířka pásma pro potlačení intermodulačních produktů o 50dB +/- 10kHz
- Šířka pásma pro potlačení intermodulačních produktů o 70dB +/- 30kHz
- Šířka pásma pro potlačení intermodulačních produktů o 80dB +/-43kHz

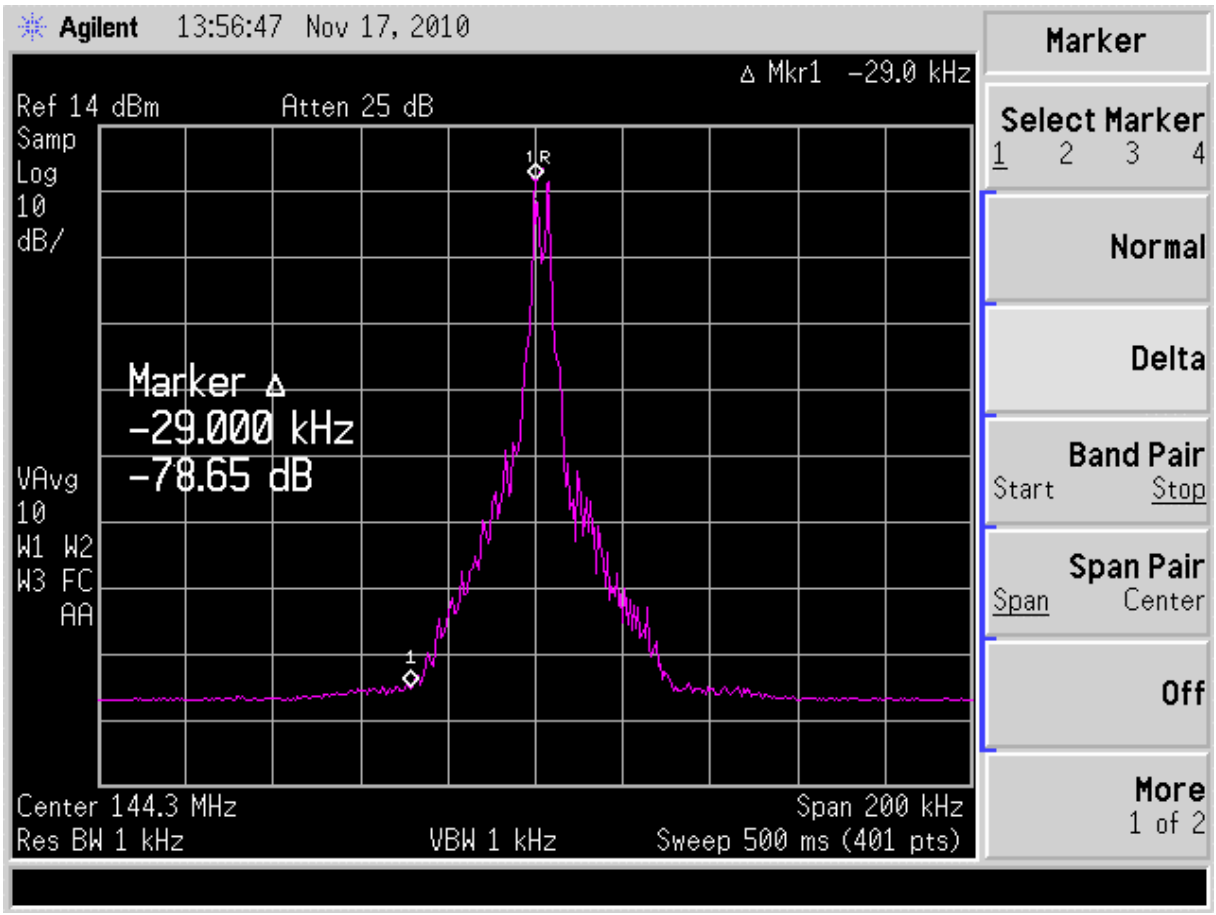



Agilent 11:53:31 Nov 16, 2010
Ref 0 dBm
Atten 10 dB
Samp
Log
10
dB/
Span
8.000000000 MHz
VAvg
100
Center 144.3 MHz
Span 8 MHz
#Res BW 30 kHz
VBW 300 kHz
Sweep 19.32 ms (401 pts)
RMS Results Offset Freq Ref BW dBc Lower dBm dBc Upper dBm
Carrier Power 3.000 MHz 2.000 MHz -62.35 -57.13 -62.61 -57.39
5.22 dBm /
4.00000 MHz

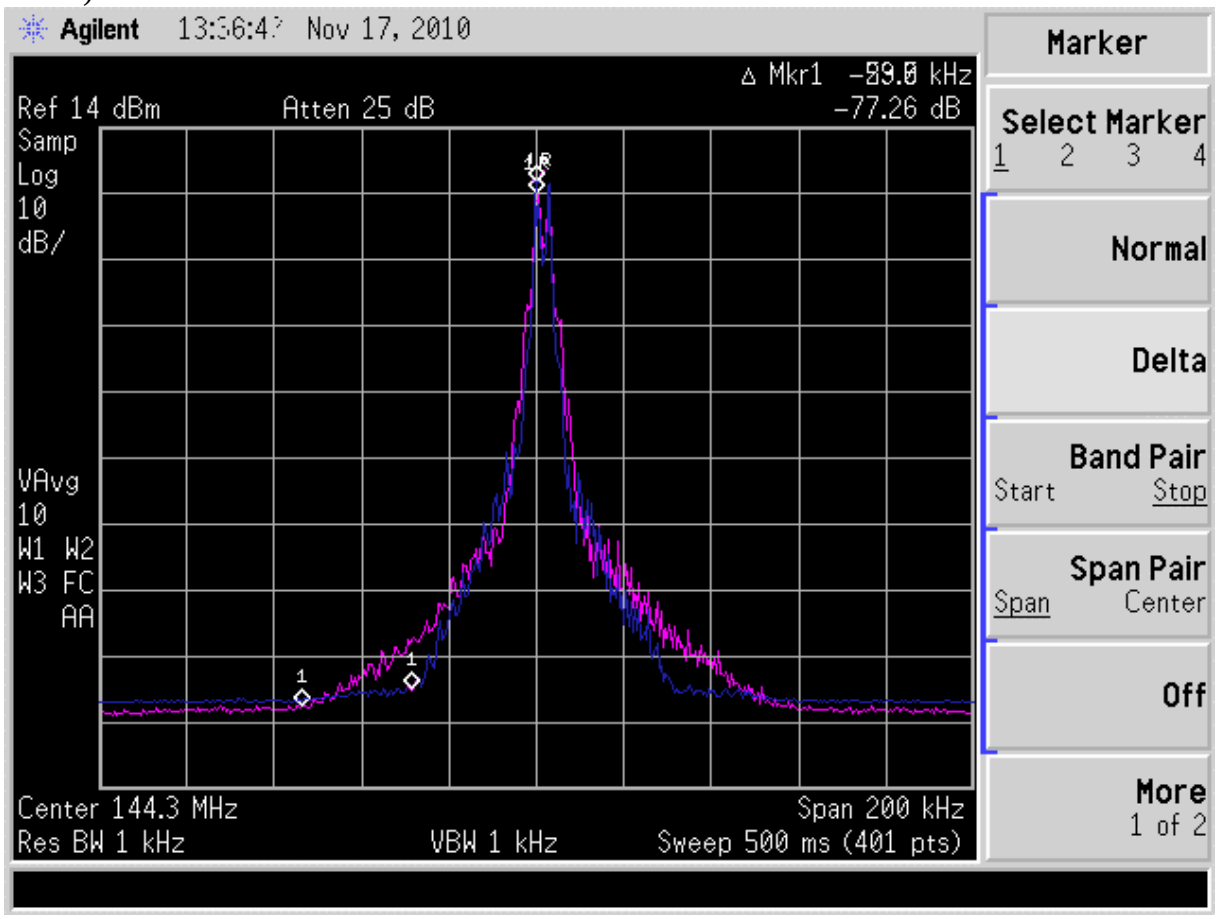

Agilent 11:49:48 Nov 16, 2010
Ref 5.03dBm
Bar Graph (Total Pwr Ref)
10.00
dB/
RMS Results Offset Freq Ref BW dBc Lower dBm dBc Upper dBm
Carrier Power 3.000 MHz 2.000 MHz -62.18 -57.15 -62.11 -57.08
5.03 dBm /
2.00000 MHz

b) Jako budič použita radiostanice IC7400 buzená na cca 40W, výstupní výkon PA cca 600W.

- IMD3 = 30dBc
- IMD5 = 43dBc
- Šířka pásma pro potlačení intermodulačních produktů o 50dB +/- 10kHz
- Šířka pásma pro potlačení intermodulačních produktů o 70dB +/- 20kHz
- Šířka pásma pro potlačení intermodulačních produktů o 80dB +/- 30kHz



- Porovnání 1000W a 600W výstupního spektra (červená 1000W a modrá 600W).



5) Měření vstupního RL (VSWR).

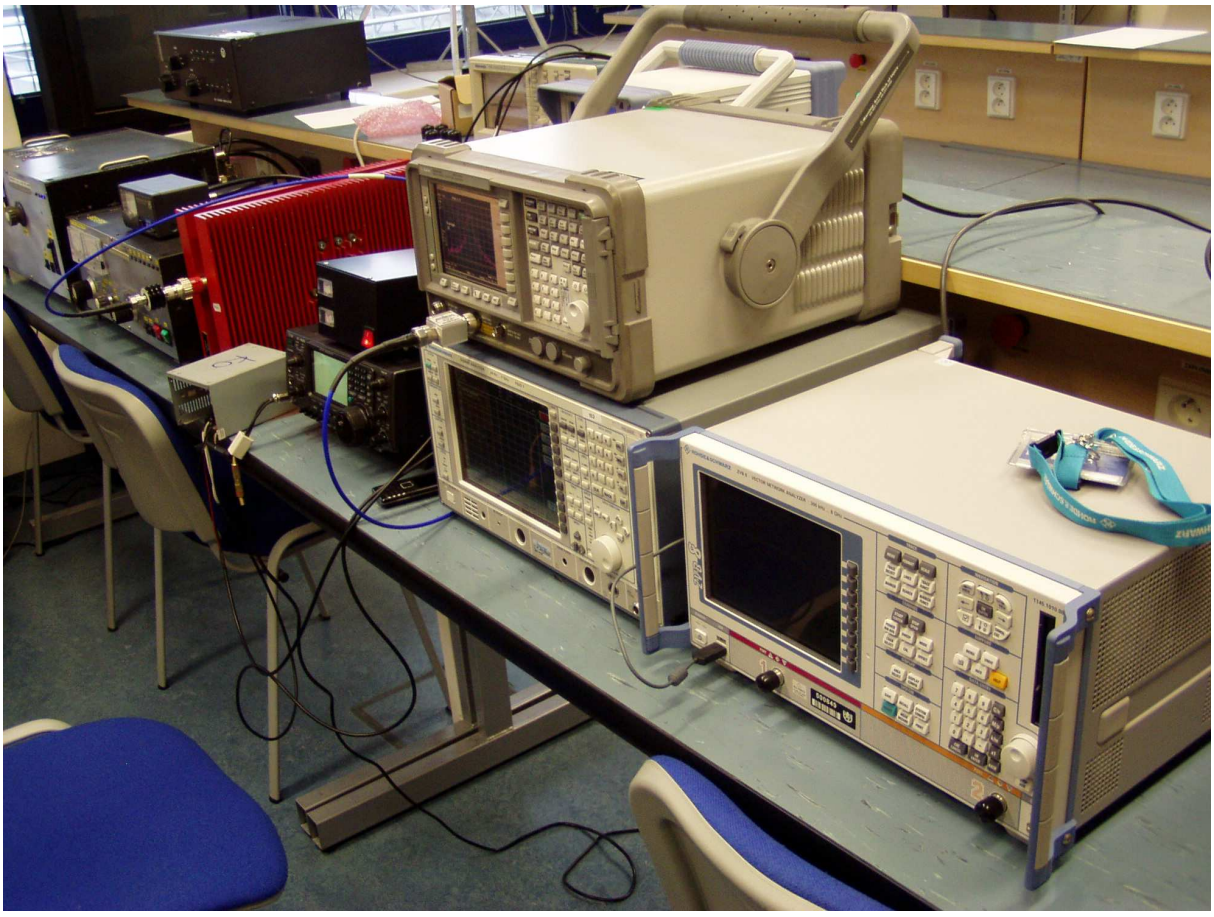
- Return loss RL lepší než 20dB, VSWR lepší než 1,2 (podle úrovně buzení).

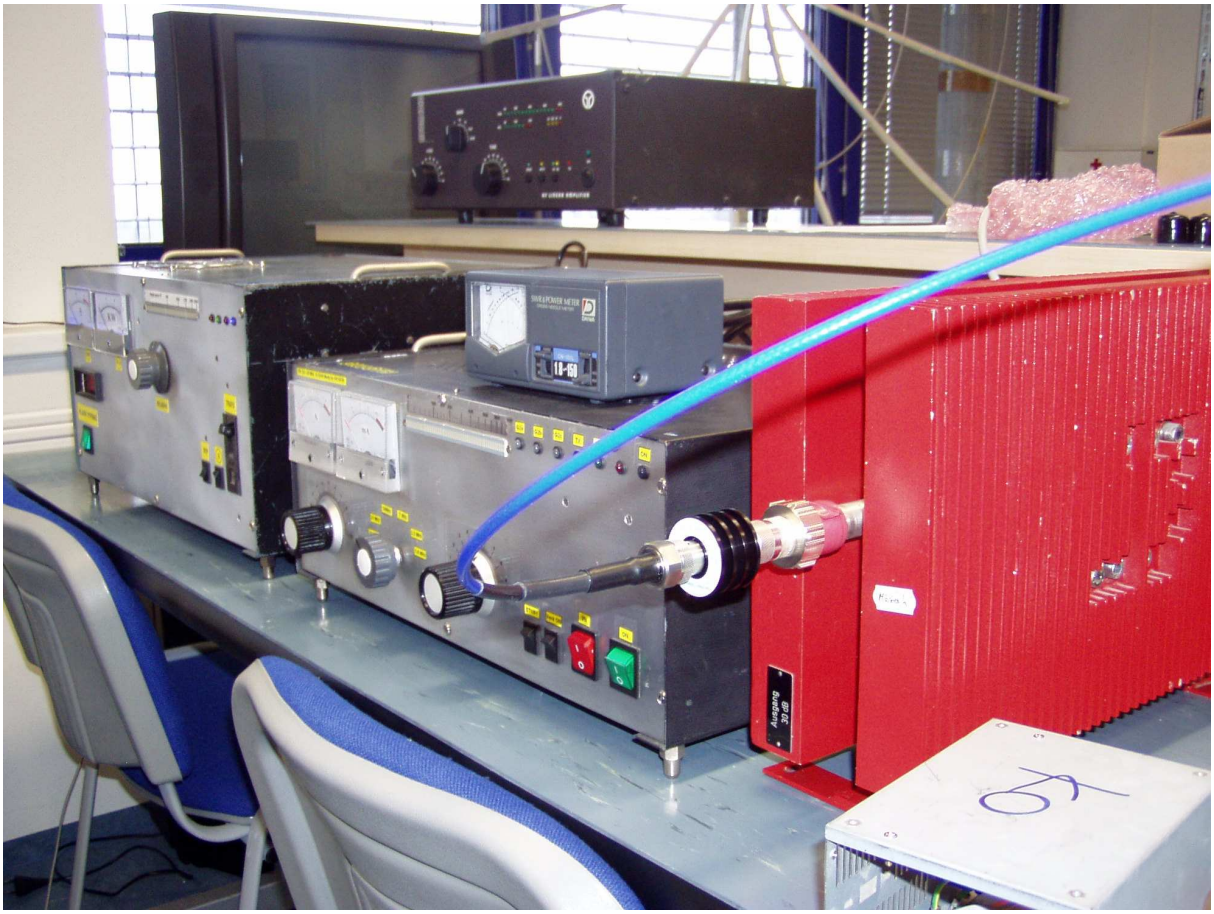
Závěr:

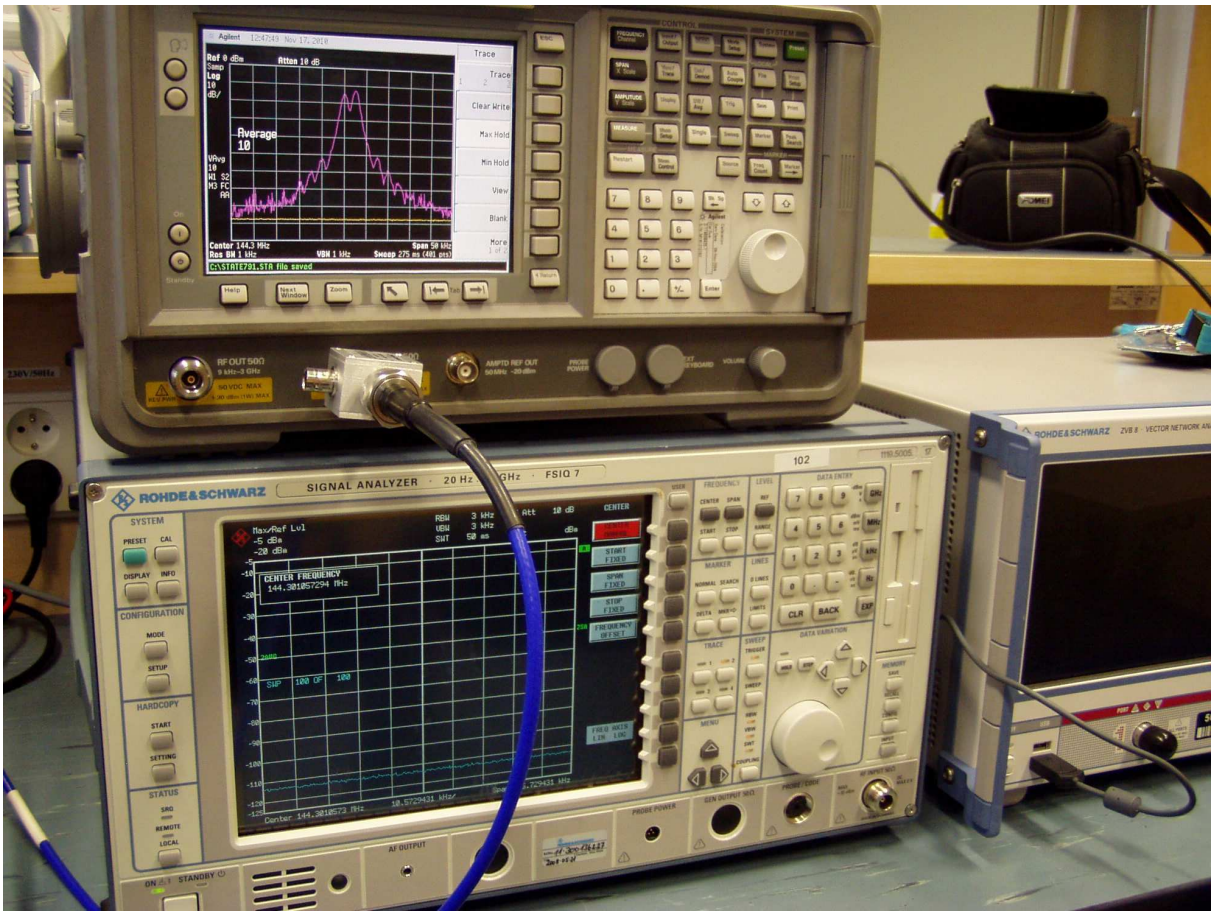
Zesilovač vykazuje poměrně dobré spektrální vlastnosti, není proto nutno zavrhovat toto řešení anodového obvodu. Ale pozor, i přes velkou jednoduchost zapojení anodového obvodu se toho dá hodně zkazit a nejčastější chybou jsou malé izolační vzdálenosti, špatně nastavené provozní Q, případně konstrukční vady. Nedodržení těchto základních zásad může vézt k hoření částečného výboje (korony) na hranách ladícího systému a ze zesilovače se tak snadno může stát „obloukový“ vysílač, který může rušit své okolí na vzdálenost desítek km. Pokud nemáte dostatečné znalosti a možnost měřit, tak je vhodnější se do této konstrukce zesilovače nepouštět. Na konci rezonančního obvodu (helix rezonátor) je rozkmit napětí až v řádu desítek kV a není problém při špatně nastavené anténní vazbě (a tím i provozního Q) vytáhnout oblouk až na vzdálenost 4cm (!!!). Při měření je patrné poměrně nízké potlačení blízkých IMD produktů nižších řádů (3 a 5), ale to je důsledek optimalizace nastavení pracovní třídy (klidového proudu) tak, aby strmost poklesu (směrnice) IMD produktů byla co největší i za cenu zhoršení IMD3 a IMD5. Ve skutečnosti tyto blízké produkty vzdálené několik kHz od našeho pracovního kmitočtu tolik nevadí, ale vadí ty vzdálené (deset a více

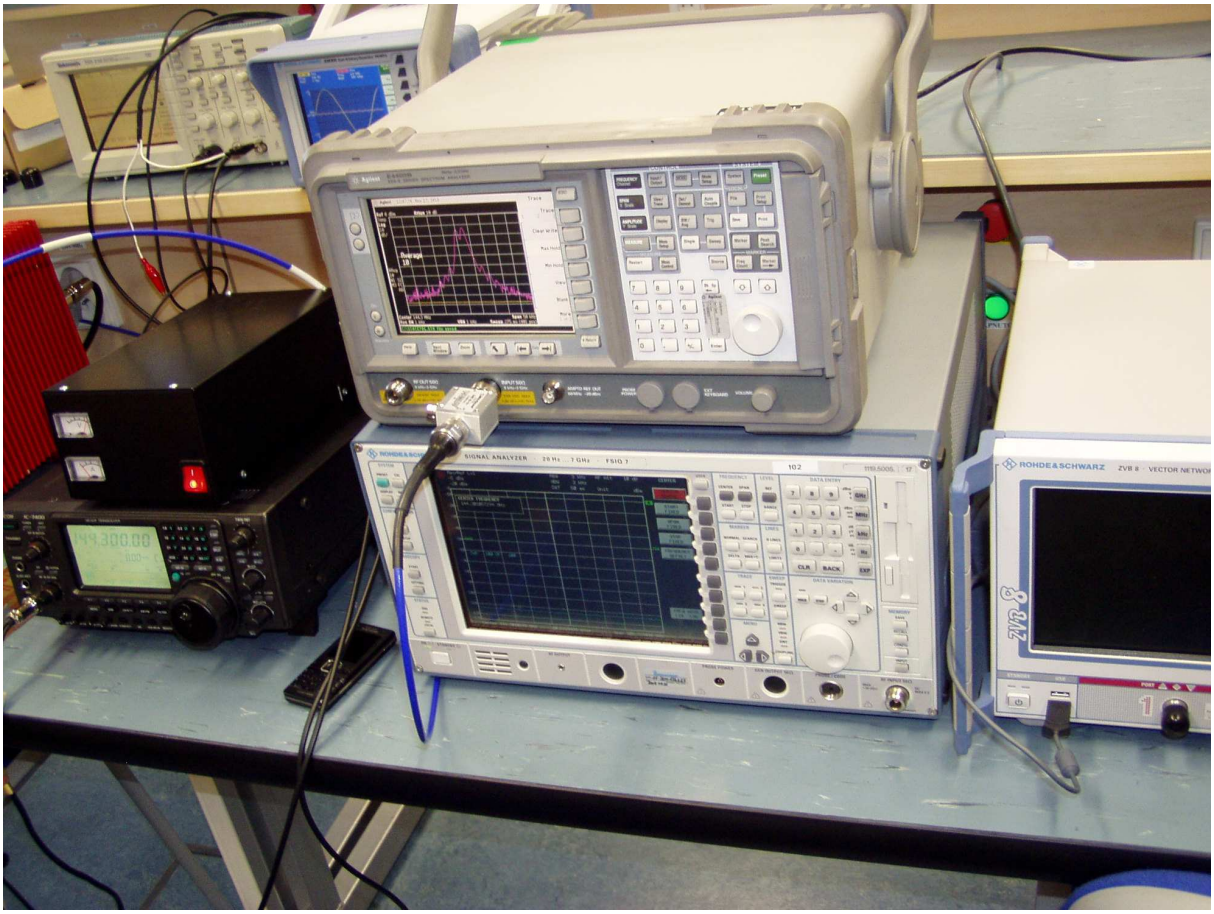
kHz). Proto byl zvolen tento kompromis. Je vidět, že je vhodné za tento zesilovač umístit výstupní filtr typu dolní propust, díky kterému dojde k potlačení harmonického vyzařování na velmi nízkou úroveň. Měření zesilovače bylo silně ovlivněno linearitou samotného koncového stupně IC7400 (především při horní hranici vybuzení), který není ideální (řešení PA, napájecí napětí, přechodová charakteristika aktivních prvků), což se velmi projevilo na výsledném spektru. Dá se tedy předpokládat, že v případě použití lineárnějšího budiče s menším IMD zkreslením bude výstupní spektrum výkonového zesilovače ještě lepší. Samotný IC7400 byl měřen několikrát a byla nastavena vstupní úroveň budícího signálu ze signálního generátoru na takovou úroveň, kdy bylo nejmenší IMD zkreslení radiostanice. V případě naměřených spektrogramů nelze brát maximum úrovně nosné jako absolutní hodnotu, protože při různých měřeních s různými úrovněmi výstupního výkonu PA byly zařazovány do cesty před spektrální analyzátor útlumové články pro co nejoptimálnější využití dynamického rozsahu spektrálního analyzátoru a zároveň aby nedocházelo k limitaci na vstupních obvodech analyzátoru. Toto je třeba vidět na posledním spektrogramu, kdy při nižší úrovni výstupního výkonu je vyšší amplituda spektrálních čar. Také jsem pro prezentaci výsledků zvolil širší „SPAN“, kdy je patrnější pokles IMD produktů. Měření výkonu na zesilovači bylo prováděno vektorovým analyzátorem ZVB8 doplněného detektorem výkonu, kdy byl nastaven výstupní výkon PA na 60dBm (1kW) a pak byl výstup přepnut na spektrální analyzátor. Odstup nosných při měření dvoutonovou zkouškou byl zvolen 2,4kHz. Měření bylo prováděno v rámci fakultního projektu SGS – Výkonová měření v radiotechnice. V rámci toho projektu jsem udělal podobné měření i na KV zesilovačích s RE025 (OK1GTH) a ACOM 1010 s GU74b. Děkuji katedře aplikované elektroniky a telekomunikací (FEL/ZČU) za zapůjčení měřících přístrojů a firmě GES.cz za zapůjčení výkonového útlumového článku 30dB/ 1kW.

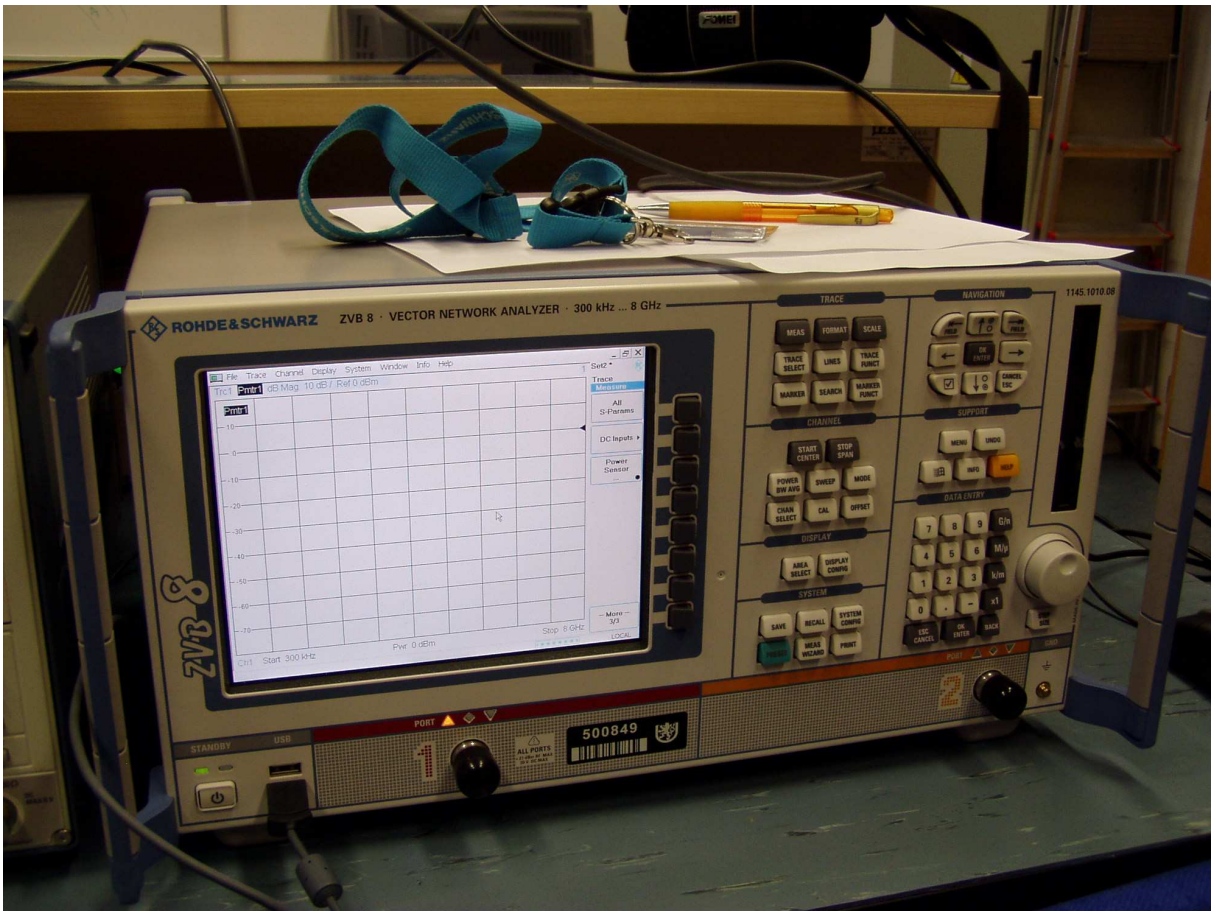
73! de OK1GTH






ROHDE&SCHWARZ
SIGNAL ANALYZER
FSIQ 7




ROHDE&SCHWARZ
ZVB 8 · VECTOR NETWORK ANALYZER · 300 kHz ... 8 GHz
ZVB 8
500849