

# Návrh a realizace výkonového

## vf. zesilovače pro 144MHz

Ing. Tomáš Kavalír

Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací, Západočeská univerzita v Plzni

### The suggestion and the practical realisation of the power amplifier 144MHz

#### Abstract

*This dissertation is concerning with the suggestion and the practical realisation of the power amplifier with electron tubes GS35b for amateur radio band 144MHz.*

#### Keywords

RF amplifier, radio station, electron tube, triode, tetrode, RF transistors, LDMOS.

#### Úvod

Tato práce si klade za cíl seznámit se s problematikou výkonových vysokofrekvenčních zesilovačů, současných možností dostupných prvků, které lze při konstrukci využít. Stěžejním úkolem, kterým se bude tato práce zabývat prioritně, bude návrh poměrně velmi výkonného zesilovače pro radioamatérské pásmo 144 MHz špičkových parametrů plně srovnatelných s komerčně vyráběnými výkonovými zesilovači pro radioamatéry.

#### Zadání projektu

Na začátek musíme uvést, jaké parametry a kriteria by měl zesilovač splňovat:

- Dosažitelný výkon trvale pro jednodecibelovou kompresi bez omezení doby provozu minimálně 1000W PEP na 50Ω (typicky 1500W do limitace).
- Zesílení větší než 10dB, účinnost větší než 50% (typicky 55 %), napájecí napětí jednofázové 230V/50Hz, omezení nárazového proudu soft startem.
- Vstupní PSV menší než 1,5 pro celý rozsah buzení (útlum odrazu větší než 15dB), normovaná vstupní (výstupní) impedance 50Ω nesymetricky s konektory typu N, potlačení 3 harmonické alespoň o 50dB.
- Jištění proti nadproudu, měření odebíraného proudu a výstupního výkonu, indikace teploty chladicího systému, indikace provozního stavů.
- Spínání PTT zesilovače kladným i záporným nízkoproudovým rozhraním s možností Stand – By režimu.
- Celý zesilovač i s napájecím zdrojem umístěn v mechanicky uceleném celku s možností transportu, modulová konstrukce pro snadnou diagnostiku a opravu závad.

Po zhodnocení dostupných variant a finančním rozboru bylo přistoupeno k návrhu zesilovače s keramickou majákovou triodou GS35b (ekvivalent Eimac 3CX1500). Zesilovač obdobného výkonu by při použití tranzistorů LDMOS vyšel zhruba na dvojnásobek ceny. Zesilovač musí být za všech okolností bezpodmínečně stabilní a musí vykazovat co nejmenší intermodulační zkreslení, proto bylo i za cenu menšího výkonového

zisku použito zapojení elektronky s uzemněnou mřížkou a buzení do katody. Anodový obvod, jehož úkolem je transformovat relativně nízkou impedanci připojené zátěže (antény) k optimální zatěžovací dynamické impedanci elektronky, byl použit půlvlnný s cívkou v anodovém obvodu a kapacitní vazbou do antény, která se na rozdíl od induktivní vazby snadno nastavuje. Aby byla zároveň splněna podmínka dobrého potlačení vyšších harmonických produktů, byl za zesilovač navržen a zrealizován pětiobvodový filtr Čebyševovy aproximace typu dolní propust s průchozím útlumem okolo 0,1dB(!!!), útlum odrazu z obou stran lepší než 30dB (PSV menší než 1,1). Tento filtr navíc musí být velmi robustní, aby byl schopen trvale přenést požadovaný výkon 1kW na 144MHz. Zesilovač, který splňuje zadání ve všech bodech se povedlo úspěšně dokončit a v současnosti již má za sebou cca 100 provozních hodin bez závady.

## Závěr

Tento projekt ukázal, že je možné i v amatérských podmínkách postavit plnohodnotný výkonový zesilovač špičkových parametrů, který plně vyhoví tvrdým podmínkám během radioamatérských závodů, které trvají až 24h. Při podrobnějším finančním rozboru vyšlo najevo, že je možné se u tohoto projektu dostat až zhruba na 1/3 ceny finálního profesionálního zesilovače podobných parametrů v ceně okolo 60 000Kč. Při konstrukci zesilovače se ukázalo, že je nutné velmi pečlivě realizovat a odladit především anodový obvod na optimální funkci, protože i změna rozměrů cívky a dalších součástí o řádově jednotky mm má již za následek špatnou funkci přizpůsobovacího obvodu. To se projevuje špatnou účinností a sníženým výstupním výkonem. Autor tohoto zesilovače je držitelem povolení oprávnění radioamatérské komunikační služby nejvyšší třídy A, u které je dovoleno používat v pásmu 144MHz během radioamatérských závodů výstupního výkonu 1500W v zástavbě a až 3000W mimo obydená území. I přes to, že je tento výstupní výkon povolen, je nutno dodržovat určitá bezpečnostní opatření, aby nedošlo k překročení dovolených hodnot intenzity elektromagnetického pole.

## Literatura

- [1] <http://yu1aw.ba-karlsruhe.de/2m%20eng.htm>
- [2] Hnátek, Robert a kol. *Návrh PI článku koncového stupně pro vysílač KV*, Amatérské rádio, AR č.3, 1986
- [3] [http://www.ok2kkw.com/00003016/bias/bias\\_new.htm](http://www.ok2kkw.com/00003016/bias/bias_new.htm)

## Obrázkové přílohy



Obr.1 Přední panel vf.zesilovače 1kW.



Obr.2 Zadní strana vf.zesilovače 1kW.