

Než budu mít lineár...2011

Jan Bocek, OK 2 BNG , email : ok2bng@email.cz

Tento článek byl poprvé uveřejněn v Radioamatéru v roce 2007 a později upravený v Radiožurnálu číslo 3 v roce 2000. Tehdy začal vznikat materiál k vydání Průvodce návrhem a stavbou PA pro KV. Určitě by to byla zajímavá publikace, protože něco podobného vyšlo v roce 1963, Amatérská stavba vysílačů a přijímačů od OK1HX, ing. Jaroslav Hozman. Práce nebyla dokončena a také nenašla vydavatele. Důvodem je množství dostupných informací na internetu a také daleko větší nabídkou komerčně vyráběných koncových stupňů.

Zkušenost:

„Zapnul jsem večer rádio a na kmitočtu 3799 kHz jsem uslyšel Bruce ZL1KP, jak volá CQ EU.

Slyšitelnost byla 55 - 56, ale nikdo jej nevolal. Zkoušel jsem to s vertikálem a s transciévrem se 200 W, ale bezúspěšně. Zapnul jsem PA s výkonem 1000 W a na první pokus jsem dostal 56.“

Vysvětlení: Dostupnou a smysluplnou hladinou QRO je 800 až 1000 Wattů efektivního výkonu v anténě. Předpokladem jsou slušné antény i QTH.

Nejdříve otázka zdá „Postavit, nebo koupit PA?“

1. atribut odpovědi - peněženka

Studujeme katalogy a sbíráme informace. V určitém stádiu sestavíme tabulku výrobců a prodejců a k tomu přiřadíme ceny. Samozřejmě, že všechna čísla v tabulce jsou relativní, přesto však mají dobrou vypovídací schopnost: **u PA v oblasti nad 1000 W neúměrně rostou finanční náklady jak na pořízení hotových výrobků, tak i samotných součástek. Můžeme také vytvořit grafickou závislost mezi cenami nových a starších přístrojů.** Zjednodušeně podtrhnuto : za součástky na lineár s Pout okolo 1000 Wattů dám přibližně 1000 EUR a za nový na příklad Atom 1000 musím dát více než 2000 EUR.

2. atribut odpovědi - čas

Tento prvek nelze zařadit do tabulky a porovnávat s jinými. Všichni PA chtějí by však do svého sloupečku DAL měli zakalkulovat **čas nutný pro výběr a realizaci nákupu** hotového výrobku nebo **čas potřebný pro monitorování inzerátů a návštěvy burzovních míst, či čas spotřebovaný sháněním materiálu a vlastní stavbou PA. Samotná stavba je pro vnitřní radost konstruktéra...**

3. atribut odpovědi - účel

Účel = způsob provozování (alespoň v našem případě). Při občasném DXingu, kdy volám pro mne vzácné stanice, není nutné, aby můj PA byl tak dimenzován, jako když chci vyvolat PILE-UP anebo se zúčastnit kontestů. V posledních dvou případech se předpokládá režim CCS (Continuous Commercial Service) - tzv. dlouhodobý „profi“ provoz. Tyto PA, jsou-li takto nejen označené, ale i vyrobené (po česku odolnost cihla-klíč) jsou velmi drahé.

4. atribut odpovědi - technická podstata

Elektronka = základ. Její výběr ovlivňuje konečný výstupní výkon, kvalitu a cenu PA. V dnešní době jsou PA většinou osazené keramickými tetrodami. Pro výkon 1000 wattů stačí jedna GU74b (Acom 1000, Alpin 100) . Pro Pout 1,5kW se dávají dvě paralelně (Alpha 99, Acom 2000, QRO HF2500). Pro vyšší výkony se volí výkonově vyšší elektronka GU84b na příklad OM2500HF. Katalogové a aplikační listy jsou dnes dostupné na internetu. Dostupnost elektronky i patice je na světovém trhu běžná.

5. atribut odpovědi – zkušenosti

Nemáme-li žádné a netoužíme-li si klopotně nějaké pořídit, spíše budeme uvažovat o koupi. Cítíme-li se ale na stavbu, dáme se do díla. Nezbytností je nějaký stavební návod fungující zejména jako směrnice pro náš návrh stavby. Téměř vždy však narazíme na technické zádrhele a nedokonalosti (své, koncepční, součástkového trhu apod.). Přesto, že je každý podomácku vyrobený PA originálem determinovaným použitými součástkami a nápady konstruktéra, je dobré neobjevovat znovu Ameriku a snažit se vystříhat chyb jiných. Proto čerpáme ze své založené knihovny, eventuelně se snažíme dostat k informacím jinde. Jsou to ale hodiny strávené na internetu dříve, než se rozhodneme. A pak následuje bastlení a cesta pokusů i omylů. Jsou ale šťastní jednotlivci, kteří postaví PA na poprvé s minimálním počtem problémů. K usnadnění stavby PA slouží i tento popis, který je jen úvodem ke Stavebnímu návodu, kde je podrobná dokumentace celého zapojení, osazovací předpisy pro DPS, seznamy součástek a hlavně mnoho barevných fotografií v elektronické formě. Takový manuál je v podstatě kniha o hodně stránkách doplněná CD, kde jsou hlavně fotografie detailů. Záměrem bylo vyvinout PA, který je reprodukovatelný z dostupných součástek. Proto vznikla i Polo-Stavebnice, kde je základem dokumentace a k tomu hotové desky plošných spojů. Stavebnici lze doplnit hlavními díly a součástky podle výběru. Proto i následující popis PA není Stavebním návodem, ale jen popis koncepce a zapojení PA s elektronkou GU74b.

Shrnutí před rozhodnutím

Rozhodnutí **zda koupit či stavět** je opravdu na každém jedinci. Mohu však poradit a doporučit hlavní zásadu: **Výsledek by měl být co nejvíce v souladu s mými ekonomickými a technickými možnostmi a tím, k čemu chci svůj PA používat.**

Tak jsem se rozhodnul a jsem před stavbou.

Již dávno sleduji problematiku okolo PA a prostudoval jsem mnohé odkazy [1-6] a také jsem se díval na internetové stránky výrobců, jako jsou Emtron, Acom, QRO Tech, Alpin, Ten Tec, Alpha, Leitner, OM2500HF a mnoho dalších. A tak se pokusím Vám dělat průvodce dále uvedeného popisu lineáru s Pout 1000 wattů.

Ještě ale se zastavíme u několika otázek a udělejme před rozhodnutím pár užitečných kroků. Tyto otázky jsou v úvodu Kompendia okolo PA s elektronkami GU50 z roku 2007. Toto Kompendium najdete naskenované na jiném místě v knihovně PA. Mnohé otázky a kroky platí ale obecně a odpovědi najdeme v mnoha popisech okolo koncových stupňů.

1. krok – studium, anebo listování Notebookem QRO, kde je soustředěno vše co budu potřebovat. Proto zkusme tento materiál prohlédnout se stručným komentářem a potom se vrátíme k jednotlivým bodům.
2. článek z Radiožurnálu RŽ 3/00 je zajímavý tabulkami i rozvahou jakou lampu vybereme. Jsou zde i provozní hodnoty elektronek, které lze najít v katalozích. Je zde i seznam literatury. Dnes by jej bylo dobré doplnit o odkazy a linky na internetu. Jako startovní dokument stojí za prostudování.
3. První blok poznámek z dubna 2001, kde se seznamujeme s vybranou elektronkou GU50. Velkým omylem je uvažovat o tom, že žhavení je spojeno s katodou. Tato chyba se opakuje v některých Spravočnicích a katalogových listech.
4. Druhý blok poznámek v tabulce 1- 80 je zajímavější. Jsou zde klasické informace nutné před stavbou zařízení. Na příklad, že lepší je pro GU50 žhavicí napětí 14,2 V než 12,6V
5. Obr.11 kde je klasické zapojení s buzením do mřížky. K takovému účelu byla lampa vyvinutá. Variant buzení je mnoho. Vstupní kapacitu lze kompenzovat, jak je na obr.18-20
6. Na obr. 21 je naznačeno, že velmi vhodná impedance na vstupu PA je $Z=50$ ohmů.

7. Zdroje a nastavování klidových proudů elektronek je na obr.31-40 natolik známé, že nestojí se s tím moc zabývat. Ale potřebujeme stanovit výkony transformátorů a velikost elektrolytů.
8. Otázka buzení se vstupní impedanci 50 ohmů a vybuzení PA do proudu je alfa a omega celého obvodového rozhodování. Zapojovat mezi budič a vstup PA „něco“ jako TRM nebo ATT je nutností a nutno hledat reálné řešení. Jedno z řešení je na obr.56
9. Zapojení na obr. 61 podle PA0FRI je skvělé řešení po způsobu G2DAF
10. A jsme u zapojení na obr. 81, kde je 6 x GU50 s buzením do g1-g2. Katody se uzemňují v režimu vysílání signálem P.T.T. Potřebujeme jen anodové napětí a žhavení a také ovl. napětí. Na vstupu je mohutný 100 Wattový bezindukční odpor, který s paralelně zapojenými lampami vytvoří vstup cca 50 ohmů. Trafo zvyšuje vstupní impedanci na 200 ohmů. Při dobré konstrukci lze PA ještě slušně vyladit na 14 MHz.Širokopásmový vstup musí mít nízké Q.
11. Krokem 11 se dostáváme do historie v roce 1983, kdy PA 4 x GU50 zveřejnil OK1TN. Klasické řešení PA kde na Pout bylo cca 500 W. Nebylo řešeno vypnutí klidového proudu při režimu RX
12. V roce 1997 byl v RŽ popis dalšího PA 4xGU50 pro panelákové použití. Tono OM3LU podrobně popsal celou konstrukci. Je zde řešeno vypnutí klidového proudu v poloze STBY. Článek je užitečný mnohými podrobně popsány detaily pro stavbu každého PA.
13. RA 2/2000 uveřejňuje popis PA s GU50, který jen doplňuje již známé popisy problematikou na vyšších bandech
14. Lineární PA ve třídě C, dle OK3ALE Ludovita Takácze z Nových Zámků, dnes OM5AL. Uveřejněno v RZ 9/1972. Toto zapojení oběhlo snad celý svět a bylo publikováno ve všech národních AMA časopisech. Je to v podstatě zapojení podle G2DAF Dicka Thornley, který toto zapojení publikoval již v roce 1963. Ale také DL6HA jej publikuje v DL-QTC v roce 1963. Ale ještě dříve dělal pokusy s PA ve třídě C zélandský radioamatér ZL1AAX, ale to bychom museli prolistovat staré časopisy CQ.
15. Článek o PA se zapojením G2DAF publikuje v RA 6/2000 OK2FEI i když trošku v teoretické oblasti, ale stojí to za to přečíst. Aplikoval jsem tento systém jak s elektrony GU50, tak GK71 a také GU81. U všech zapojení je nádherný signál s vysokou účinností.Nesmí se to ale přebudit.
16. V RŽ 2/2002 ve Škole měření je článek o měření vstupní impedance PA stupňů
17. Zapojení PA0FRI je velmi skvělé a lze jej aplikovat s lampami GU50. Místo trafo T1 je nutné zapojit trafo 1:4 a budit GU50 na impedanci 200 ohmů. Nebylo ale zkoušeno pro jiné než 80 m pásmo.
18. Krok je poznávání elektrony. Je to obecné pravidlo seznámit se s parametry i fyzicky s lampou a paticemi. Předně GU50 měla vzor v LS 50, která vznikla na počátku II.světové války někde v roce 1938. Typy FL152,EL152,SRS552 jsou jen odvozené typy. Problematický je PIN 7, který není připojen na g2. Tyto údaje lze stáhnout z internetu na mnoha místech. Podstatné je, že první mřížka má ztrátu 1 W a druhá mřížka 5 wattů. Dobře nažhavená lampa odebírá 850 mA žhavicího proudu a na pinech 4-8 je napětí okolo 14 V. Napětí 12,6 V je střední hodnota a uváděná max. hodnota 13,9 až 14,2 V. Pin 1 je proti skleněnému výstupku – klíči. Číslování pinu je ve směru hodinových ručiček při pohledu na piny elektrony. Na pinech 4-8 naměříme odpor žhavení za studena 3,0 ohmů.
19. Patice jsou nejrůznějšího typu a provedení. Důležité je provedení dutinek pro kontakt s elektronek. Provedení je obvykle prizmatické s dobrým tlakem. Patice jsou s hliníkovými držáky pro stabilní polohu elektrony v přístrojích – LS 50 byla určena do letadel. Pro stabilní PA můžeme použít keramické patice, které jsou v prodeji GES, Takové provedení je vzdušnější a je lépe chlazeno
20. Jsou zde obrázky, kde díl s paticemi je na plošném spoji a Pí článek je oddělený. Je vhodné zdrojovou část a VF část oddělit a stínit. Pí článek musí být vyroben „na pětníku“
21. Častým problémem je odstínění vstupní a výstupní části. Na obrázku lze pozorovat jak vtipně je to provedeno dodatečným stíněním a vyvedením anodových obvodů.

22. Za PA má být zapojená dobrá dolní propust. Stále může nastat problém s TVI i rušení internetu a jiných spotřebičů. Je vhodné výrobu „boxu“ spojit s průchozím wattmetrem a odděleným měřením PWR/SWR. Mezi konektorem PA a anténou je prostor pro laborace....
23. Provedení Pí článku nad Pout 500 W je nutno provést z pásoviny. Technickým problémem jsou odbočky, které nelze jen tak naletovat. Cirkulační proudy to rozletují.....
24. Detaily Pí článku mohou být zajímavé, ale vždy použijeme modelování Pí článku a dosadíme své hodnoty podle naší situace. Proto ty hodnoty jsou jen orientační. Pí článek se musí „vypílat“ a ladit jako housle....
25. Ale jsou zde zásady zapojení otočných kondenzátoru. Vždy je přívod a odvod energie. Zapojení je proto na C1 a C2 „do kříže“. Rovněž uzemnění na kus plechu není uzemnění. Vše uzemnit páskem a postupně jak jde signál (je to ideál, ale přiblížit se k tomu je vhodné)
26. Co je R_d min. a R_d max. závisí na správné volbě a účinnosti celého PA. Proto již dávno Robert Hnátek OK3YX v AR3/1986 problematiku dobře popisuje. Léta jsme neměli žádné programy (nebyly ani počítače) a tak SW podle Jirky OK1IE byl velkým přínosem. Díky Jirko, co jsi pro nás rado-amatéry udělal.
27. Ještě jedno zamyšlení nad PA s rollerem z Třince přináší článek šéfkonstruktéra dnešních Jánošíků, Jozef Lang OM3GI v jednom „tatranském“ sborníku. Na místě C1 jsou zvolené pevné kapacity a pro vyšší bandy je jen anodová kapacita elektronek. Roller se musí vhodně zapojit vysokým potenciálem na odvod z rolleru. Běžec musí být na straně antény. Jinak to bude pěkně prskat ve válci rolleru. S tímto rollerem to jde ještě na 20 m. Výše má již velkou vlastní kapacitu a rezonanční kmitočet blízko 21 MHz. Pro LBDXig je to dobré řešení
28. Můžeme na internetu najít spoustu řešení a zajímavých schémat. Ne vždy ale vyplývá, že to tak bylo realizováno a může to být jen přání autora. Na příklad časté zapojení je s buzením do katody s přidělením napětí na Ug2 ke zvýšení účinnosti. Také samostatné napájení Ug1 a nastavení klidového proudu pro neodparované lampy má význam, ale v max. proudu to může být stejně jinak a některá lampa bude přetížená. Lepší je, když jsou lampy přibližně stejné. Je to věc zahoření a vytrídění na dobré a horší.
29. Zařazení Low Pass filtru za PA je dobré řešení. Obr.70-80 se nějak schovaly za původní soubor a tak máme dvojí číslování. Ale důležité jsou zde návrhy a za každým pásmem má být krabice se In a Out konektorem filtru. K výrobě těchto filtrů najdeme mnoho podkladů, ale má to být součástí PA nad 300 W.
30. Posledním krokem je korespondence mezi těmi, kteří to stavěli. Bylo by to asi za posledních 40 roků snad 200 stránek. Je zde jeden z posledních v roce 2005. Zde Pavel OK1JFP popisuje své snahy, aby PA fungoval uspokojivě i na 21 MHz. Je zde vidět, že v pásmu 15-10 M je nutná kompenzace výstupní kapacity. Zde se již projevuje kde co a je nutné opravdu pečlivě laborace. Z praxe mohu jen potvrdit, že než tak usilovně laborovat, je lepší postavit další PA jen pro 21/28 MHz v době kdy je max. sluneční činnost.
31. Tak a vracíme se zpátky ke kroku 10. Na první pohled nezajímavé schéma, ale zkusme se podrobněji na něj podívat. Vstupní signál má v cestě zátěž ve formě bezindukčního odporu R_1 s hodnotou 100 Ohmů . Tato reálná zátěž je velmi důležitá. Z paralelními impedancemi trafa a vstupních kapacit bude výsledek blízko 50 ohmů. Následuje T1 s převodem 1:4. Oddělovací kondenzátor je nutný, protože trafem T1 protéká mřížkový proud elektronek mezi mřížkou a katodou. Ten protéká v případě sepnutého relé, kdy jediným kontaktem spojí katody na zem a tak se uzavře budící proud elektrony. Těsně u pinu elektronek jsou malé VKV stopery. Trafo T1 je společné, navinuté na velkém toroidu p průměru 40 mm dvěma vodiči 2 x 18 závitů a zapojené pro převod 1:4. V anodách jsou zapojené také malé VKV stopery spojené do jediného bodu, kde je přes tlumivku přivedeno anodové napětí 1000 V. Oddělovacím Cv je VF energie odváděná do zátěže, kterou tvoří Pí článek a anténa. V obvodu Pí článku je dobré indikačně Vf měření podle kterého ladíme Pí článek. V katodovém obvodu je zařazen bočník pro možnost

- měření jak klidového proudu, tak i anodového proudu opři vybuzení každé elektronky. Tak se dobře zjistí, která elektronka je vadná.
32. Zadáme výrobu trafo pro žhavení a pro anodu. Žhavicí trafo může být ve dvojnásobném vyhotovení a to buď budou odbočky na primeru plus minus 5 %, to je 220/230/240 V a na sek. Bude 14,0 V s velmi jemným stupňováním 13,86/14,0/14,14 V
 33. Druhým řešením žhavicího trafo je pevné primární napětí 230V a odbočky na sekunderu C 13,0/13,5/14,0/14,5 V.
 34. Máme-li zdroj pro TRXy 13,8 V /5 nebo 10 A, tak žhavíme elektronky z takového zdroje i když energeticky je výhodnější trafo. Ale pro testy je to dobré
 35. Otázkou anodového trafo je řešení zdrojů. Hlavní slovo diktují obvykle ellyty a jejich napětí. Pokud máme ellyty na příklad 1000 mikro/385 V, pak zvolíme zdvojovače napětí, kde bude jen 220 V na sekunderu. Napětí na ellytech bude 310 V. Celkové napětí bude 1240 V, ale můžeme snížit o 300 V dolů, což může být výhoda. Pokud jsou ellyty na 400-450 V, tak volíme napětí 4 x 250 V a zapojíme klasické můstkové usměrňovače do série a máme 300/600/900/1200 V respektive naprázdno plné napětí bude 350/700/1050/1400 V. Můžeme v počáteční fázi využívat jen 1050 V a pro první pokusy i 700 V. Pro SSB provoz uvažujeme s přetížením 1,5, proto bude postačovat trafo 1000 VA.
 36. Je-li PA hotov, tak zapojíme na výstup zátěž a také VF wattmetr. Na příklad budeme mít stupnici se 30 dílky. Pak nastavíme jako poměrnou hodnotu Pout 100 W na 4. dílek a při zapnutí a zakličování vyladíme postupně PA na 14 dílků. Pout bude více než 1000 Wattů. Pokud to bude ve špičce až 17 dílků, tak je Pout 1500 Wattů. Jánošící se ladí na 20-22 dílků a na tabulce se můžeme podívat kolik to asi je Pout. Není to nic jiného než kvadratická závislost proudu na stejné konstantní zátěži.
 37. Pak následují testy na zkreslený signál a určení hranice buzení, kdy již není signál lineární a začíná se prudce zvyšovat karneval bordelů. K tomu testu je velice užitečným přístrojem dvojtónový generátor a osciloskop.
 38. K tomu ke všemu patří mnoho fotografií jako příloha do PC a také rozvaha jak vše mechanicky dobře vyrobit a mnoho trpělivosti.
 39. Tento materiál není vyloženě Stavební návod, ale ukazuje vývojový směr až po vyzkoušenou aplikaci s buzením do obou mřížek. Elegančnější je G2DAF, ale i tento způsob vyprodukuje neuvěřitelný výstupní výkon při relativně jednoduché aplikaci.
 40. Pokud jste hledali některé obrázky a marně, prosím najděte Kompedium PA s elektronkou GU50-2007

Popis koncového stupně 1000 wattů s elektronkou GU 74b.

Obrázky a schémata najdete na :

http://om6bb.bab.sk/index.php?option=com_content&view=article&id=71:bb-1000&catid=34:technika&Itemid=62 v popisu lineáru BB 1000. Některé schémata najdete také ve

sborníku Tatry 2009.

Blokové schéma na obr.1 slouží k pochopení celé funkce a složitosti konstrukce přístroje. Je rozdělený do 12 hlavních bloků, které stručně popíšeme. PA je napájen z jednofázové sítě 230 V do bloku 1, který má za úkol zapínací sekvenci PA a také jištění. U všech přístrojů, které používají dnes toroidní trafo, je zapotřebí snížit zapínací proud. To lze ošetřit pomocí termistorů, nebo klasicky předřadným odporem a překlenutím kontaktem relé. Čas pro zapnutí se volí asi 2 sekundy. Dalším úkolem bloku 1 je hlídat nažhavení elektronky. U keramických elektronek jako je GU74b je zvoleno časování 5 minut.

Podrobnosti jsou pak na obr.6. Blok 2 obsahuje jen žhavicí trafo, které zabezpečuje také napětí pro ovládání a záporné napětí Ug1. Zde jen malá poznámka, že žhavení GU74b je předepsáno v rozmezí 11,9 až 13,3 V. Volíme horní hranici, jinak kvadraticky klesá výstupní výkon. Napětí 13,3 V má být na

pinech elektronky při proudu asi 4 ampérů. Blok 3 má zajišťovat záporné mřížkové předpětí. Podmínkou je, aby bylo tvrdé a stabilní s možností regulace 50-80 V. Regulačním prvkem nastavujeme klidový proud elektronky a tím i pracovní třídu elektronky.

Blok 4 představuje stabilizovaný zdroj napájecího napětí pro druhou mřížku. V klidu je druhá mřížka uzemněná a elektronky zablokovaná. Při provozu je na druhou mřížku přivedeno napětí +360V. Je použito paralelního stabilizátoru s proudovou ochranou nastavenou na 50 mA. Podrobnosti obou stabilizátoru pro g1 a g2 jsou na obr.5

Blok 5 tvoří zdroj anodového napětí +3 kV. Dnes již velice osvědčené zapojení s dělenými usměrňovači zapojenými do série najdeme na obr.4. Výhodou je dostatečná tvrdost zdroje a napěťové využití běžných elektrolytů na nízké napětí 450 V. Trafo je na sekundou rozděleno na 8 samostatných vinutí. Blokem 6 začíná VF cesta signálu, kde je malé přepínací relé, které v klidu zabezpečuje by-pass lineáru a spojení přímo s anténou. Je to v podstatě nutnost pro příjem signálu z antény. Blok 6 tvoří jeden celek s blokem 7, který má za úkol přizpůsobit vstup PA, kde se předpokládá 50 ohmů bez jaloviny ke vstupu elektronky, která ale má vstupní kapacitu. Ze základu elektroniky vyplývá, že takový prvek bude mít frekvenčně závislou impedanci. V praxi se to projevuje tak, že vstupní SWR bude mít vysokou hodnotu na vyšších kmitočtech a PA nepůjde vybudit. Proto obvod v bloku 7 zabezpečí SWR od 1,5 do 30 MHz v rozsahu lepším než je 1,2

Blok 8 je nejčastěji diskutovaným problémem s možností různých řešení. Jeho funkce spočívá hlavně v transformaci vysoké impedance na anodě elektronky i impedanci zátěže, kterou tvoří anténa. Velkým problémem ale je, že anténa nemá vždy jen normovaných 50 ohmů bez jalové složky. Proto se dostí různí i názory na velikost otočného kondenzátoru C2 a dalších prvků. Tento blok bude podrobněji popsán dále.

Blok 9 a 10 na výstupu PA zabezpečuje přepínací relé, které je v režimu příjem – vysílání. Jeho kontakty musí zabezpečit spínání VF proudu asi 10 A a isolačně snést asi 500 V. K výstupu PA patří také měření VF úrovně na konektoru do antény. Je to pomocný ukazatel, ale bez této informace nenaladíme správně PA na optimální podmínky.

Blok 11 představuje měření a indikaci. U našeho modelu jsme zvolili klasické analogové měřicí přístroje. Měříme současně anodový proud, proud I_{g2} a třetím multimetrem volíme $U_a/I_{g1}/RF$.

Blok 12 patří ke chlazení elektronky a chlazení zdrojového prostoru. Pro chlazení elektronky jsou použité dvě malé turbinky na 12 V zabudované přímo do domečku pod elektronkou. Chlazení zdrojové části zabezpečuje malý počítačový ventilátor zabudovaný v zadním panelu přístroje. Detaily jsou vidět na pohledu do interieru. Blokové schéma lze rozdělit na VF část, kde postupuje signál od vstupního konektoru po anténní konektor. Hlavním aktérem zesilovače je elektronka označená jako blok 13. Bez všech pomocných obvodů je ale PA nefunkční. Proto mají všechny svou důležitou úlohu a musí zabezpečovat spolehlivě svou úlohu.

Blokové VF schéma PA

Je na obr.2. O funkci ba-passu neboli přemostění PA mezi vstupním konektorem a anténním konektorem jsem již mluvil. Propojení bodu A je pomocí koaxiálního kablíku, protože obě relátka jsou umístěny v jiných částech PA. Vstupní relé K1 je malé, obvykle vakuové rychlé relé. Výstupní relé K2 je v cestě nízké impedance a proto budou nároky více proudové než napěťové. Obvykle vystačíme s běžným relátkem dimenzovaným na 16 A DC. Následuje 5.ti obvodový vstupní filtr zakončený reálným odporem 50 ohmů, který musí výkonově snést vstupní buzení 50-60 wattů. Konkrétní zapojení je na obr.3. Byl použitý odpor v provedení strip-line na zatížení 250 wattů připevněný na chladiči. Obvody byly optimalizovány na analyzátoru spektra a prakticky ověřeny připojením měřiče SWR na vstupu, který vykazuje do 30 MHz hodnotu lepší než 1,2

Přes tlumivku T13 je přivedeno na první mřížku záporné napětí, které nastavuje pracovní bod elektronky. Katoda elektronky je zapojená na zem přes malý bezindukční odpor 5-10 ohmů a má funkci ochrany elektronky. Obvod g2 je velice choulostivým obvodem a často zde končí funkčnost zesilovače s tetrodou. Za prvé musí být druhá mřížka dobře vysokofrekvenčně uzemněná kapacitou několik desítek

nanofaradů v kmitočtovém rozsahu 1-30 MHz. Dále musí být elektroda galvanicky spojená s kostrou přes odpor cca 36 k. jeho hodnota není rozhodující, ale při napětí +360 V jim protéká trvale proud 10 mA. Tento odpor je ochranný v případě dynatronového jevu u elektronky. Ne jen ale tento odpor, ale celý paralelní stabilizátor musí umožňovat absorpci energie vycházející z elektronky při přechodovém jevu. Osvědčilo se zapojení, kdy je v klidu elektroda g2 uzemněná pomocí relé K3. Podrobné zapojení paralelního stabilizátoru s ochranami najdeme na obr.5. Podrobný popis najdeme v odkazu [7-9]. Anodové napětí ze zdroje + 3 kV je vysokofrekvenčně zablokováno keramickým kondenzátorem 4k7/6kV, označeným Cb. Vysokonapěťová tlumivka má dvě sekce. Pro pásma 1,8-3,5 MHz je zapojena sekce T11-T12 do serie. Pro vyšší pásma je střed tlumivky blokován další kapacitou Cb. Napájení anody je přes vysokofrekvenční stoper naladěný na desítky megaherců (80-100 MHz). Tvoří jej odpor 100 ohmů a jeden závit smyčky. Odvod VF začíná vazebním kondenzátorem, který musí zabezpečit průchod velkého proudu. Musí snést napěťové namáhání v daném bodě, doporučujeme na napětí 5 kV a výkon aspoň 10 kVA (viz katalog Draloric). Hodnota pro 1,8 MHz 2-3000 pF. Následuje kompenzační indukčnost, důležitá více na vyšších pásmech, kde kompenzujeme částečně parazitní kapacity na anodovém obvodu. Následuje Pi článek skládající se z proměnné kapacity C1, indukčnosti L1,L2,L3. proměnné kapacity C2 a přepínače se třemi sekcemi. První sekce na pásmech 1,8 a 3,5 MHz připojuje paralelní kapacitu k C1 a na dalších pásmech zvyšuje rezonanční kmitočet anodové tlumivky připnutím kapacity Cb. Druhá sekce přepínače přepíná odbočky na cívce pro jednotlivé pásma. Třetí sekce přepínače opět rozšiřuje hodnotu ladícího kondenzátoru C2 na spodních pásmech a od pásma 7 MHz zkratuje cívku L3 při všech polohách přepínače pásem. Konkrétní hodnoty cívek jsou uvedeny na obr.8, kde se vrátíme ještě ke konstrukčním poznámkám. Z pohledu na VF blokové schéma chci ještě upozornit, že vstupní obvod a výstupní obvod nesmí „na sebe vidět“. Unik VF energie z výstupního obvodu na vstupní obvod může nastat i prostřednictvím ovládacích vodičů a nastane projev kladné zpětné vazby – místo zesilovače máme generátor. Proto musíme konstrukčně zabezpečit VF stínění mezi výstupem a vstupem.

Vstup a výstup PA

Cívka vstupního relé K1 je napojena přes zapínací kontakt anténního výstupního relé. V praxi je to realizováno tak, že výstupní relé má zdvojené kontakty. Řešení je také pomocí dvou relátek na výstupu paralelně. K cívkám relátek se zapojují paralelně diody a kondenzátory. Mezi pracovní kontakt vstupního relé a pin g1 elektronky je zapojen Čebyševův pěti obvodový filtr. Skládá se ze dvou indukčností L1 a L2 a kapacit C1-C5. Důležitým prvkem je bezindukční odpor R1 s hodnotou 50 ohmů. Buzení je okolo 50 wattů a proto tento odpor musí snést tuto výkonovou zátěž. Byl použit odpor firmy Diconex 50 ohmů/250 W. DPS tvoří celek s relátkem a filtrem. Je umístěny u patice elektronky tak, aby spoj k elektrodě g1 byl krátký. Diody D1 a D2 tvoří usměrňovač pro obvod EBS, který v tomto prototypu ještě nebyl použit. Napájecí body jsou napájeny pomocí slotu v DPS.

Anténní relé je realizováno stejně na malé DPS, kde je relé a nezbytné obvody k měření VF úrovně na výstupu. Tlumivka zabezpečuje galvanické spojení mezi středem výstupního konektoru a zemí. Je to ochrana proti staticce a také v případě poruchy uvnitř zdroje k zamezení výskytu vysokého napětí na anténě.

Vysokonapěťový zdroj.

Určujícím prvkem budou elektrolyty 470 mikrofaradů na napětí 450 V. Zvolíme 8 usměrňovačů zapojených do serie, jak je nakresleno na obr.4. Jednoduchá matematika říká, že máme k dispozici připojovací napětí $450 \times 8 = 3600$ V a celkovou kapacitu $470/8=58,75$ mikrofaradů. Zvolíme střídavé napětí na trafu 260 V. Pak špičkové napětí na ellytech nedosáhne 400 V a usměrňovače můžeme použít můstky 400/3A.

Výhodou je jištění každé sekce pojistkou 1,6A /250 V, která je běžně na trhu. V záporné větvi zdroje je malý odpor, který tvoří funkci bočníku pro měření anodového proudu. Výstup je vyveden na konektor K10. na konektor K9 je vyveden vzorek anodového napětí z děliče R10-R28. Trimrem R24 nastavíme

vhodnou úroveň stabilizovanou ZD D9. Na konektor K12 je vyveden signál „přítomnost Vn“, který slouží v ovládací části pro blokování funkce PA proti zapnutí při poruše VN. Na elektronku nesmí být připojeno napětí na g2, pokud není připojeno anodové napětí. V takovém případě přebírá druhá mřížka funkci anody s destruktivními důsledky. Někdy se v radioamatérské hantýrce nazývá jako „čmuchač“ obvod. Absence tohoto obvodu již způsobila destrukci mnohých elektronek.

Důležitým prvkem ve VN zdroji je vybuchovací odpor R9. Z hlediska malého úbytku je zvolená hodnota 10 ohmů. Tento odpor již mnohokrát zachránil jiné součástky hlavně v období testů a pokusů. Výstup vysokého napětí musí být zablokovan proti pronikání VF. Tuto funkci zabezpečuje kondenzátor CB s hodnotou 1,5-4k7/6,3 kV. Napětí naprázdno je 3000 V. Při funkci PTT, kdy teče klidový proud elektronkou 250 ma poklesne Ua na hodnotu 2800 V. Při buzení na anodový proud 600 mA je napětí 2500 V. Pokles napětí 300 V u jednofázového usměrnění je hodnota výborná, je to méně než 10 %. Polovičního poklesu dosáhneme jen u třífázových usměřovačů.

Napájení elektrod g1 a g2.

První mřížka vyžaduje regulované záporné napětí v rozsahu 40-70 V. Při 70 V na g1 obvykle neprotéká žádný anodový proud při Ua=2800 V a Ug2=360 V. U některých strmějších elektronek při 60 V již protéká 100 mA anodového proudu. Na obr.5 je nakreslen stabilizátor napětí Ug1, kde je použit regulační prvek IO1 – TL 431. Velikost napětí se nastavuje trimrem P3. Na DPS je nutno situovat trimr tak, aby byl při nastavování přístupný. Na vstupní konektor se přivádí 80 V AC z trafo. Měření Ig1 je pomocí bočníku R32.

Stabilizátor pro Ug2 je trochu složitější. Je to paralelní stabilizátor s tranzistorem Q1-IRF 840. Ten je řízen OZ-LM748P, který je napájen referenčním napětím ze stabilizátoru 12 v a vzorkem napětí z Ug2 nastavitelný trimrem P1. Stabilizované napětí je vedeno přes usměřňovací můstek B1 a kontakty rele K1 na pin g2 elektrody elektronky. Můstek B1 je zapojeny v cestě signálu tak, aby procházel proud snímacím odporem R1 a jeho úbytek omezený odsečkou napětím diody D14 je přiveden přes oddělovací optočlen OK1 na trimr P2, kterým se nastaví prah působení ochrany maximálního proudu Ig2 na 50 mA. Sepnutím tyristoru T1 se zruší funkce zapnutí PA, rozsvítí se ledka Faul a PA se musí znovu resetovat.

Ovládání PA

Princip filozofie ovládání PA lze pochopit z obr.6. Síťovým vypínačem přivedeme napětí na trafo TR2 pro žhavení, ovládací napětí a napětí Ug1. Na obr.7 jsou zakreslené usměřňovače +12 V a +24 V. Napětí +24 V z konektoru na obr.7 je přivedeno na konektor SV4 na obr.5, kde uvede do funkce časovač pro žhavení nastavený na cca 5 minut. Po tomto nažhavení se rozsvítí žlutá Ledka Warmut a sepne relé K2/HV na obr.7, které zapojí trafo TR1 přes odpor 33 ohmů k síti. Tento odpor má snížit zapínací proud toroidního trafo. Odpor se přemostí kontakty relé K1/CR a časovačem Q1 na obr.7 nastaveným na 3 sekundy.

Ovládání PA se provádí pomocí funkce PTT. Na předním panelu PA je tlačítko pro případný test a ladění z místa. Na zadním panelu je konektor pro připojení šlapky anebo propojení s TRX. Přepínač na panelu OPR/STBY určuje zda bude PA ve funkci při zmačknutí PTT nebo klíče, anebo jen připravený k provozu. Pro ovládání je použit tranzistor Q2 na obr.7. Kontakty PTT aktivují Q2 a relé K3 a K4 způsobí funkčnost vstupního a anténního relé a také relé pro sepnutí napětí Ug2.

Pí článek PA s GU74b

Z obvodového hlediska poměrně jednoduché zapojení. Z hlediska realizace problematické místo. První podmínkou je optimalizace návrhu. Existuje dostatek SW prostředku, kdy je možné optimalizovat návrh PA. Každá optimalizace je jen návrhem, protože se dosazuje mnoho parametrů a veličin, které jen odhadujeme. Přesto je toto modelování velmi užitečné. Tento popis nechce nahrazovat teorii okolo PA. To najdeme na jiném místě, na příklad [7].

Impedance v místě připojení anody elektronky lze spočítat. Předpokládejme, že bude 1800-2000 ohmů.

Tato impedance se musí transformovat na 50 ohmů. Transformační poměr je hodně vysoký 1:40. K tomu slouží zapojení Pí článku. Pí článek začíná anodovou tlumivkou, která musí mít na daném kmitočtu vyšší impedanci než je impedance Pí článku. Dále nesmí mít seriovou rezonanci v blízkosti pracovního kmitočtu. Pro vyšší pásma lze dosáhnout, aby seriová rezonance tlumivky byla nad 35 MHz. Problém ale nastane při kmitočtu 1,8 a někdy i 3,5 Mhz, kdy je pro tyto kmitočty nízká impedance a velká část výkonu teče tlumivkou a kondenzátorem C9, místo směrem k anténnímu konektoru. Proto je anodová tlumivka dělená tak, aby pro nízké kmitočty měla indukčnost asi 100 mikrohenry a pro vyšší pásma jen 50 mikrohenry. Navržená tlumivka rezonuje s jednou sekci na 44 MHz a se dvěma sekcemi na 24 Mhz. Provozně se toto řešení osvědčilo i když vyžaduje jeden spínací kontakt na přepínači pásem.

Dalším obvodem je stoper pro vyšší kmitočty. 100 ohmový odpor se smyčkou rezonuje na kmitočtu okolo 80 MHz. Zabraňuje tak kmitání v pásmu VKV. Vazební kondenzátor CV odděluje VN od Pí článku a zároveň přenáší VF výkon směrem k anténě. Kapacita by neměla být nižší než 3K3 a napětové namáhání $\min. 1,5 \times U_a$. Osvědčil se typ PS 40 na 5 kV od firmy Draloric s průměrem 44 mm x 12 mm. Následuje LK, kompenzační indukčnost, uplatňující se hlavně na vyšších pásmech, kde kompenzujeme konstrukční kapacitu okolo anody.

Kondenzátor C1 má konečnou kapacitu 300 pF a počáteční kapacitu 12 pF. Pro pásmo 160 m je nutná přídatná kapacita 220 pF. V podstatě lze použít každý typ kondenzátoru s mezerou mezi plechy minimálně 2,5 mm a dobrými sběrači rotoru. Podle schématu zapojení následují cívky L1, L2 a L3 zapojené v sérii až po anténní relé. Přepínač má tři sekce. První sekce v poloze 1,8 a 3,5 MHz připojuje k C1 paralelní kapacity. V dalších poloze přepínače zapojuje C6 na zem. Tak vysokofrekvenčně uzemňuje střed tlumivek. Druhá sekce přepínače přepíná odbočky cívek pro jednotlivá pásma. Třetí sekce přepíná v poloze 1,8 a 3,5 MHz paralelní kapacity k C2. To v případě použití C2 o hodnotě 500 pF. Tato hodnota byla záměrně volená pro lepší reprodukovatelnost, protože otočné kondenzátory na příklad 3x500 pF se v prodeji již neobjevují. Další polohy přepínače třetí sekce zkratují cívku v Pí článku pro 160 m. Její indukčnost je relativně velká – 11 mikrohenry a vždy se stačí do takovéto špatně zkratované cívky naindukovat napětí, které způsobí přeskok na přepínači nebo mezi závití cívky. Přepínač pásem je upravený a složený z několika přepínačů používaných ve vysílači Třinec. Jsou to ty menší přepínače, které lze vidět na obrázku s pohledem do interiéru VF části. Výhodou jsou šroubované segmenty statorů šroubky M2 a rotory jdou rozebrat a nastavit polohy. Podobný přepínač je i na trhu, ale jeho cena je více než 200 EUR. Kondenzátor C2 může mít hodnotu 500-2500 pF. Napětí na C2 je okolo 300-500 V a proto i mezera 0,5 mm bude dostatečná. Na obr.8 jsou důležité údaje pro realizaci anodové tlumivky a také pro všechny další cívky. Cívka L1 je z měděné trubky o průměru 5 mm, kterou koupíme v každé Feroně.

Před stáčením na trnu trubku vyleštíme a ještě lépe postříbříme. Cívka má 10 závitů. Cívka je samonosná a jedním koncem připevněná na C1 a druhým k izolátoru. Cívka L2 je na formelu z teflonu nebo keramiky o průměru 50 mm a má celkem 16 závitů navinutých vodičem o průměru 1,5 mm. Cívka pro 160 m je zhotovená na toroidním jádře T-225-2 červené barvy a má 28 závitů a indukčnost 11 mikrohenry. Umístění cívek je patrné z foto interieru.

Přední panel PA BB1000

Má umožnit v první řadě dobré (jednoduché) ovládání pro obsluhu a v druhé řadě poskytnout informace o provozu. A v poslední řadě má být také hezký. První prototyp na obr.9 měl bílý panel s černými popisy. Ovládací prvky pro C1, C2 a přepínač s označenými polohami jednotlivých pásem a dílky pro ladící tabulky. Ovládací prvky umožňovaly zapnutí PA s tím, že vysoké napětí se zapínalo manuálně vypínačem na panelu. To je vždy náročnější na obsluhu. Rozměr skříně 440x200x350 mm umožňuje dobrou montáž všech komponentů.

PA BB1000, model 2 na obr.10 má jiné konstrukční a montážní provedení. Panel je černý a nápisy bílé. Měřicí přístroje z GM jsou za panelem a upravily se také ovládací prvky. Síťový vypínač má polohu aretovanou On a OFF. Přepínač OPR a STBY se uplatní v případě, kdy potřebujeme mít PA jen

připravený pro provoz. Přepínač CW a SSB snižuje anodové napětí o jednu sekci na trafu. Pak je anodové napětí U_{a0} jen 2700 V. Je to užitečné hlavně pro provoz RTTY i CW testy. Nehrozí tak nebezpečí, že PA v zápalu boje „upečeme“, pokud není opravdu dimenzován na provoz CCS. Tlačítko PTT oceníme při ladění PA a nahrazuje v podstatě šlapku pro ovládání. Tlačítko Reset je pro případ, že překročíme dovolenou hodnotu proudu I_{g2} nad 50 mA. Pak svítí červená kontrolka FAUL. Kontrolka WAIT je žlutá a když zhasne, tak napovídá, že je PA nažhavený. Kontrolky OPR a STBY jen zdůrazňují polohu přepínače a zvolené funkce. Kontrolka TRM je červená a hlásí, že došlo k zaklíčování PA pomocí PTT. Přepínač multimetru slouží pro měření proudu první mřížky I_{g1} , anodového napětí U_a a RF napětí na anténním konektoru. V této poloze je multimetr při provozu. Měřicí přístroj pro měření proudu I_{g2} má posunutou nulu trochu doprava úmyslně, protože proud I_{g2} má někdy zápornou hodnotu. Je cejchován do 40 mA. Měření anodového proudu je cejchováno do 800 mA. Ovládací knoflíky TUNE a LOAD mají značku a pevnou stupnici na panelu. Je to relativní stupnice důležitá pro ladící tabulku 1, která je měřicím protokolem hotového PA BB 1000. Přepínač pásem má stejný ovládací prvek s vyznačenými polohami pásem. Měřicí přístroje lze nahradit řadou ledek, podobně jako je u nových PA Alpha a dalších. Tato vývojová řada je připravená pro model III, který je momentálně v testovacím provozu.

Interiér VF části

Pro konstruktéra jsou to vždy cenné obrázky. Podíváme se mu pod sukně... a tak na obr.11 vlevo vidíme box elektronky na kterém je usazená patice s kolmo umístěnou elektronkou. Ta je schovaná „komínkem“ z keramiky a ještě vyfukovým komínem. Za boxem jsou dvě malé axiální turbinky z GM na 12 V. Vedle boxu stojí anodová tlumivka a vedle ní cívka Pí článku L1. Cívka L2 je na korpusu a připevňována na přední mezipanel. Cívku L3 vidíme na toroidu v zákrytu cívky L2. Ladící kondenzátory jsou nad sebou, dole je C2. Mezi cívkami je přepínač s přidavnými kapacitami.

Na obr.13 je lépe vidět kompenzační cívku LK a vazební kondenzátor. Elektronka se svými typickými žebry je vidět ukrytá v komínku. Je zde zřetelněji rozeznat obrisy turbinek.

Interiér síťové části

Síťovou část jsme již mohli prohlédnout na obr.13. Dominantu tvoří elektrolyty na DPS VN zdroje. Blíže k měřákům jsou umístěny DPS zdrojů pro g_2 a g_1 a pod ní je DPS zdrojů 12 a 24 V a ovládání. Na obr.12 je boční pohled, kde je zřetelné velké VN trafo a nad ním DPS pro VN. Na zadním panelu skříně je umístěn malý PC ventilátor pro chlazení zdrojového prostoru. V levé části je vespod druhé trafo pro žhavení a další napětí a nad trafem jsou DPS zdrojů a ovládání.

Konstrukční poznámky ke stavbě HF Lineáru 1000 W

Začneme mechanikou skříně. Mechanické uspořádání koncového stupně a rozložení součástek je patrné z fotografií na obr.10 až 13. Hlavní díl pro montáž všech komponentů je vyroben z hliníkového plechu o síle 2 mm ohnutého do tvaru U. Přední a zadní panel a také spodní panel hlavního dílu má ohnuté hrany 10 mm pro možnost připevnění vrchního krytu ohnutého rovněž do písmene U. Mezi zdrojovou a VF částí je perforovaná přepážka, která oba prostory odděluje a celou skříň značně zpevňuje. Přední panel je připevněn distančními podložkami k hlavnímu dílu skříně. Kryt přístroje je také perforován. Nápis na předním panelu jsou zhotoveny pomocí folie. Součástí mechaniky je také vzduchotěsný subpanel pro elektronku a turbinky. Vzduch je vháněn pod patici elektronky a přetlak protlačí proudící vzduch elektronkou a dále je veden vyfukovým komínem až k perforaci v horním krytu. Ten je částečně vidět na obr.11. Je ohnutý z hliníkového plechu. Celá skříň je uzavřená a pomocným ventilátorem se nasává vzduch do prostoru zdroje tak, aby byly chlazeny trafo a mnohé výkonové součástky. Ventilátor upevníme na silentbloky pro snížení hlučnosti. Vstup pro ventilátor chráníme mřížkou.

Prototyp I na obr.9 měl jiné řešení. Přední a zadní panel byl spojený kovovými hranolky 8x8 mm na kterých ležel spodní panel. Rovněž oddělovací plech mezi zdrojovou a VF částí byl přišroubován na

trámčích. Měřicí přístroje byly klasicky zapuštěny do předního panelu. Řešení mechaniky prototypu 1 lze realizovat „na koleně“ v hamovně. Mechanika prototypu 2 byla věřen odborníkům a skříň vyrobená profesionálně na NC stroji. Vyžaduje to přesné výkresy a přemýšlení, ale na druhé straně to ulehčí mnoho práce a hlavně je přístroj reprodukovatelný. Stojí to sice nějakou stovku EUR, ale vypadá to profesionálně. To se ověřilo na několika kusech prototypu 2 a připravené stavebnici.

Stavebnice obsahuje podrobnou výrobní dokumentaci a také Průvodce stavbou PA a dále sadu všech desek plošných spojů. Z přiložené specifikace lze objednat další komponenty podle dohody. Osazené desky plošných spojů lze zajistit za podmínky, že se sejde více zájemců. To stejné platí pro zajištění výroby transformátorů, mechaniky, ladících kondenzátorů, patič pro elektronky a elektronek. Mnoho konstruktérů ale použije šuplíkové zásoby, anebo pro ně bude tento popis jen inspirací při stavbě jiného koncového stupně. Proto se stručně zmíním o některých zásadách.

Ladící kondenzátory.

Zajímá nás vzduchová mezera a na jaké napětí asi můžeme kondenzátor použít. Platí pro vzduchové dielektrikum, že mezera 1 mm je na napětí 3 kV a mezera 2,5 mm je pro 4 kV. Zkusme na horizontální osu nanést stupnici po 10 mm a označíme každé desítku mezeru v mm a na vertikální osu zase napětí v kV po 10 mm. Pak 1 mm bude odpovídat bod pro 3 kV a 2,5 mm zase bod pro 4 kV.

Dostaneme tak grafickou závislost mezi vzduchovou mezerou a napětím bez složitých výpočtů. Jen pro kontrolu, mezere 3,8 mm bude odpovídat napětí 5 kV. Více najdeme v [4].

Dalším parametrem bude počáteční a konečná kapacita. Počáteční kapacitu potřebujeme co nejmenší, ale reálná bude okolo 10 pF. Velmi dobré kondenzátory se speciální úpravou mají Co až 6 pF. Konečná kapacita je zároveň otázkou velikosti kondenzátoru. Buď musí mít desky velkou plochu, anebo je kondenzátor moc dlouhý. Výhodou jsou dělené kondenzátory, které používáme v modelu III, kde je již řešení také s Π -článkem.

Velkou výhodou dělených kondenzátoru je pohodlnější ladění, protože změna kapacity umožňuje více stupňů úhlového natočení rotoru. Prostě není ladění tak ostré. Dalším parametrem ladícího kondenzátoru je provedení rotorových sběracích kroužků. Dobré kondenzátory mají dva sběrače na každé straně rotoru. Přechodový odpor je z fyzikálního hlediska vždy daný plochou a tlakem. Oba parametry mají své limity. Při značném tlaku kondenzátorem neotočíme a tak řečeno jinak, otočný kondenzátor pro PA musí mít dobré sběrací kroužky, kterými projde velký cirkulační proud v Π článku. Zkusme na příklad na vývod rotoru a na rotorový plech připojit 20-30 A DC proudu a nechte jej protékat cca 10 minut a pak změřte teplotu rotorového stěrače. Zkoušel jsem několik kondenzátoru připojením do zátěže 50 ohmů a napájené z PA 2 kW. Mnoho takových rotorů vyhořelo.

Kondenzátor má umožňovat připojení ve čtyřech místech statoru. Stator má mít svůj přívod i odvod. Je dobré používat isolační ladící ovládací prvky. Ještě lepší je vložit isolační vložky mezi hřídel ladícího kondenzátoru a ovládací prvek. V našem případě modelu II je nutné mít větší otvory v průchodu pomocným předním panelem. Hřídel se nesmí již dotýkat kostry, anebo i malá mezera mezi hřídelem a kostrou způsobuje přeskoky při výkonu nad 600 wattů. Doporučuji prostudovat články v [2,3].

U kondenzátoru C2 nejsou již takové přísné nároky na vzduchovou mezeru, ale na sběrací ústrojí jsou nároky stejné. Proto nevyhoví každý rozhlasový typ kondenzátoru. Starší kondenzátory musíme vyčistit a prověřit, zdá při otáčení nedojde ke zkratu statoru a rotoru. Veškeré výše uvedené povídání je zbytečné, pokud použijeme profesionálně vyrobené otočné kondenzátory podobného provedení jako je v PA Alpin, Alpha, Atom a dalších. Proto do stavebnic navrhujeme jen tyto typy kondenzátorů.

Přepínač pásem,

pro PA 1000 wattů nelze již použít tak zvaný rozhlasový typ přepínače. Kontakty nepřenesou požadovaný výkon a pokud spojíme i kontakty paralelně, tak isolační mezera je tak malá, že obvykle brzo takový přepínač zcela vyhoří. Dále je to i určitá specifika funkce, kdy potřebujeme zkratovat nepoužívané cívky v Π článku. Takové přepínače vyrábí několik firem, ale cena je 200-300 EUR. Jsou isolačně na 13 kV a proud 30 ampér. Pokusili jsme se takové přepínače vyrobit.

Volili jsme cestu úpravy přepínače z Třince. Přepínač z anténního dílu je příliš veliký i když vhodný. Má isolační schopnost 20 kV a proud 50 ampér. Vysílač Třince obsahuje ale také menší přepínač označený QK 53323. Má dva segmenty se třemi statory a rotory. Ale to nejdůležitější spočívá ve šroubovacím systému – každý segment statoru je připevněn šroubky M2 ke keramické desce statoru. Rotorová hřídel je keramická. Ideální pro použití. Jeho úprava je již popsána v [10]. Přepínač snese isolační zkoušku do 16 kV a proud 35 ampér. Přepínač z anténního dílu Třince má jen jeden segment a má označení QK53326. Je to dobrý zdroj dílů pro složení dobrého přepínače do našeho PA. Složený přepínač je zřetelný na obr.11

Indukčnost v Pí článku,

měly svůj vývoj. V první verzi byla cívka L1 provedená z Cu postříbřené pásoviny 5x2 mm. V modelu II byla provedená z Cu postříbřené trubky o průměru 5 mm, natočené na průměru 40 mm a délce 80 mm. Mezery asi 2,5 mm, celkem 10 závitů. Provedení je na obr.11 a 13. Odvody k přepínači pásem jsou provedené pomocí pásku 5x0,6 CuAg. Cívka L2 je na korpusu z keramiky nebo z teflonu o průměru 50 mm a má 16 závitů vodičem 1,5 mm CuAg, indukčnost 16,5 mikrohenry. Cívka L3 je jen pro 160 m a je realizovaná na toroidu T-225/2 zakoupeného v GESu. 28 závitů vodičem 1,5 mm o délce 2 m s dobrou izolací dává indukčnost 11 mikrohenry.

Pí článek v PA,

je montážně vyroben na „pětníku“. To znamená co nejkratší spoje. Dále všechny propojky musí být provedené páskem alespoň 5x0,6 mm. Zemní body jsou rovněž propojené páskem. Samostatné uzemnění jen na kostru je z vysokofrekvenčního hlediska nepřipustné. Projeví se to při vyšších výkonech. Měděné pásky zakoupíme v prodejnách s elektromateriálem jako zemní pásky, které jsou široké 15 mm a silné 0,4-0,6 mm o délce 50 cm. Tyto pásky rozstříhneme na polovici a postříbíme.

Osvědčilo se celý Pí článek zmontovat na pomocný panel a proměřit. Doporučuji se podívat jak to dělali jiní, na příklad OK1AMF [13]. K tomu nám stačí SWR metr a transceiver pokud nemáme vhodný anténní analyzátor jako je MFJ 258, AA200 a podobně. Měření je jednoduché a je popsáno v [5,12]. Na straně anody připojíme metalizovaný odpor 2K2

a na straně antény SWR můstek a transceiver na kterém nastavíme malý Pout cca 10 wattů. Pí článek ladíme tak, aby bylo SWR blízké 1,0. Pokud jsou hodnoty SWR okolo hodnoty 1,2 tak pokračujeme v úpravě Pí článku. Je dobré podívat se do staršího „Tatranského“ sborníku 1986 [12]. Hodnota na straně anténního konektoru musí být zcela reálná, to je 50 ohmů bez jaloviny. Přípustná hodnota je max. $jX=5$. Analyzátozem spektra je to pohodlné a pomocí SWR je to také možné a reálné.

Velice praktické je pomocí MFJ 258 a ještě praktičtější pomocí AA200.

Po namontování do skříně a do reálné podoby provádíme měření znovu, ale korekce jsou již menšího rozsahu a navíc získáme již zkušenost v ladění.

Ještě poznámky konstrukčního charakteru okolo Pí článku. Často se stává, že PA již dobře funguje až do okamžiku zakrytí. Kryt může rozladit obvody cívek, pokud je mezera malá. Také umístění kondenzátoru C1 blízko kostry zvyšuje vstupní kapacitu. Propojení všech VF obvodů musí být dobře dimenzovaným vodičem. Na příklad v prototypu I jsem měl propojený přepínač a ladící kondenzátor v Pí článku C2 jen provizorním vodičem o průměru 1 mm. Problém byl s výkonem nad 600 wattů již na 21 MHz. Výměnou za Cu pásek o rozměrech 5x0,6 mm problém zmizel.

Při uspořádání Pí článku podle obrázku 8 a s použitím daných indukčností obvykle nebude problém při uvádění do provozu. Budu ještě citovat slova Jozefa Langa, OM3GI v [11]. „Při konstrukci PA je lepší použít kondenzátory vyrobené na míru, než se trápit s využitím šuplíkových zásob. Kvalitní součástky v Pí článku rozhodují o účinnosti a spolehlivosti PA“. A že se tato slova potvrdila během posledních 10 roků, tak o tom svědčí množství používaných koncových stupňů OM2500HF v contestech. Pracovně jsme tento PA OM2500HF pojmenovali s Jirkou OK2RZ ve smyslu „velkého Járy“ jako Jánošík. A proto, když jsme s Rudou OM6ABB začali s vývojem menšího bratra, dali jsme mu pracovní název Gajdošík. Označili jsme jej BB 1000HF. Písmena B jsou začáteční písmena našich příjmení. BB je logo firmy

Rudy OM6ABB. Tolik jen na vysvětlenou, proč PA s označením BB a proč na pásmu mluvíme o Gajdošíkovi.

Napájecí zdroje,

začínáme návrhem základních napětí, které potřebujeme na stejnosměrně straně. Zde je nutné si uvědomit, že usměrňovač bez ellytů má na výstupu DC napětí vynásobené hodnotou $0,9 \times AC$. Když zapojíme elektrolýt, dostaneme špičkové DC napětí $1,4 \times AC$. Ale to jen v případě, že není usměrňovač zatížen. Při zatížení klesne hodnota asi na $1,2 \times AC$.

Příklad 1. Na trafu naměříme napětí 2142 VAC, na elektrolytech naprázdno naměříme 3000 V. Při zatížení proudem 600 mA naměříme jen 2700 VDC. To je normální stav daný fyzikálními zákony elektrotechniky.

Příklad 2 . Zapojíme 8 ellytů do serie na napětí 450 V. Na ellytech bude možnost připojit napětí $8 \times 450 = 3600$ VDC. Podělíme-li tuto hodnotu špičkovým napětím 1,4 dostaneme 2570 V na trafu. Zde máme hranici na jaké napětí AC zvolit vinutí trafo. Volíme s rezervou 15-20% napětí 2000 až 2200 V AC při napětí sítě 235 V. Můžeme ale použít zapojení na obr.4 a dostaneme napětí na trafu $2000/8=250$ V AC. Je velký rozdíl, zda je na výstupu zdroje zapojeno jen 50 mikrofaraďů, anebo 470 mikrofaraďů.

Nevýhodou všech VN usměrňovačů s vysokým AC napětím je malá celková kapacita ellytů a tím i menší tvrdost VN zdroje. Proto volíme raději dělené zdroje s více vinutími a tak plněji využíváme kapacity elektrolýtů. Pokud je napětí ellytů 450 V a zvolíme pro bezpečnost jen 400 V, pak máme obrovskou napěťovou rezervu. Volíme napětí trafo 250 V AC x 1,4 bude 350 V DC na ellytu. To je dostatečná rezerva. Rovněž použití usměrňovacích bloků 1-3 A je zcela běžně dostupné. Z uvedených poznámek vyplývá, že málokdy najdeme vhodné trafo ve svých zásobách. Mohu potvrdit z vlastní praxe, že jsem dlouho pracoval s trafy, které byly k dispozici. A tak se stalo, že jsem pro PA s GU74b použil trafo, které na straně DC dávalo při zatížení jen 1900 V. S takovým napětím na anodě nikdy nemůžeme dostat Pout „One Kw“ . Bude to jen 500 a 600 W a divíme se, proč mnohým to funguje jinak. Nebyla dostatečná optimalizace návrhu. GU 74b – 4CX800 je dobrá elektronka, ale potřebuje na anodě asi 2500 V a na druhé mřížce 350 V. Pak lze dostávat Pout 1000 wattů. Nakonec i PA v Acomu a v Alphe provozují tuto elektronku při těchto napětích.

Výkon transformátoru spočteme z celkových odběrů a účinnosti. Vn trafo je dimenzováno na 600 mA trvalého proudu. O stabilizovaných zdrojích bylo hodně publikováno. Pro tetrody se velmi osvědčilo zapojení paralelního stabilizátoru od autora lana White, G3SEK, který jej publikoval v QEX 10/97 [9] a následně na svých stránkách. Toto zapojení oběhlo snad celý svět a najdeme jej na mnoha webech. Také jej popsal Petr Novák, OK1WPN v popisu PA s tetrodou v RA 2/07 [8]. Toto zapojení jsem úspěšně používal v posledních deseti letech při úpravách PA z R 140 a při aplikacích PA s elektronkami GU74, GU84, GU78 a také SRS 457 a GU81. Měnily se jen napěťové poměry, ale princip zůstal stejný. Změna napětí Ug2 při plném zatížení byla jen 1 až 2 volty. Navíc se využívalo zapojení proudové ochrany.

Poznámka:

Nedávno jsem upravoval PA od firmy QRO Technologies se dvěma GU74b. Označení je QRO HF-2500DX LINEAR AMPLIFIER. Manul lze stáhnout na www.grotec.com/manuals.html. Byly vyhořené patice elektronek a probité blokové kondenzátory pro druhou mřížku. Po výměně a testování PA dával obrovský výkon, ale také velký festival bordelů. Příčinou bylo nestabilizované napětí pro druhou mřížku. Zabudováním paralelního stabilizátoru podle G3SEK se chování PA podstatně zlepšilo. Odevzdává 1500 W nádherného signálu. Tetrody musí mít stabilizované napětí pro druhé mřížky.

Slovo závěrem.

Byly vyvinuty dva modely PA BB 1000 a BB 1100 a vyvíjí se třetí. Cílem je dosáhnout lepší potlačení IMD produktů na výstupu pomocí Pí-L článku, dobré funkce EBS, propojení s TRX ve funkci ALC a full BK provoz. Také je navržena jiná varianta chlazení s ještě nižší hlučností. Stavba a vývoj těchto PA je

pro radost. Dalším cílem také byla reprodukovatelnost a umožnit některým zájemcům získat Stavebnici se základními díly a úplnou dokumentaci ve formě Stavebního návodu a Průvodce stavbou. Cílem příspěvku bylo popsat zapojení a základní funkci jednotlivých obvodů nutných k provozu PA.