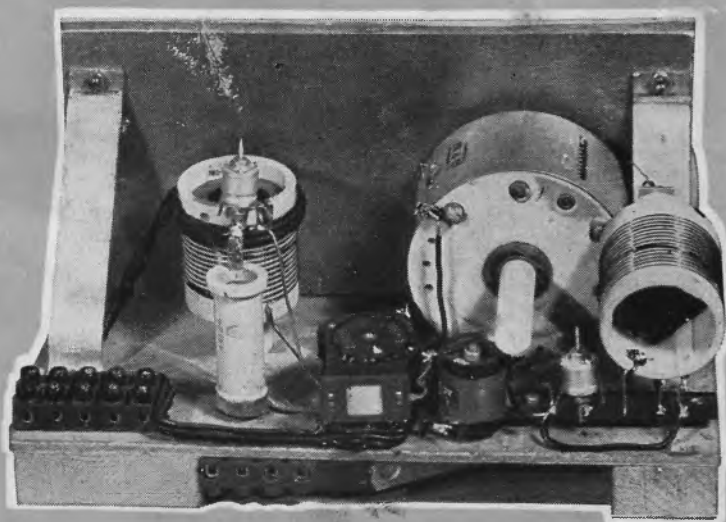




KNIŽNICE RADIOTECHNIKY

KAREL JORDAN

Jednoduché malé vysilače



NAŠE VOJSKO

KNIŽNICE RADIOTECHNIKY



SVAZEK 16

KAREL JORDAN

JEDNODUCHÉ
MALÉ
VYSILAČE

NAŠE VOJSKO

PRAHA 1955

UPOZORNĚNÍ

Upozorňujeme čtenáře, že podle platných zákonů jsou stavba, přechovávání a provoz amatérských vysilačů vázány na povolení k provozu amatérské vysílací stanice, jež uděluje ministerstvo vnitra, radiokomunikační kontrolní úřad. Stavbou vysilačů se tedy mohou zabývat jen ti členové Svazarmu, kteří vlastní povolení k provozu amatérské stanice individuální, nebo členové Svazarmu, pokud provádějí stavbu vysilače v kolektivní stanici.

PŘEDMLUVA

Nově upravené povolovací podmínky stanoví, že každá kolektivní stanice musí být vybavena samostatným vysilačem, vyhovujícím předpisům pro třídu C, na kterém se provádí výcvik registrovaných operátorů. Vzhledem k stále rostoucímu počtu radioamatérů-svazarmovců jak v kolektivních stanicích, tak i koncesionářů, dochází ve větším měřítku ke stavbě takových vysilačů. Předkládaná příručka je především určena konstruktérům malých, jednoduchých vysilačů a má postavit znalosti jejich problematiky na solidnější základy než dosud. K podrobnějšímu studiu je připojen seznam literatury.

V knize jsem se vyhýbal pokud možno matematickým výrazům a doufám, že výklad bude přístupný i začátečníkům, u nichž se předpokládají odborné znalosti asi v rozsahu předepsaném pro zkoušky provozních operátorů. První část knihy tvoří jádro, a tak doufám, že zde konstruktéři najdou dosti užitečných rad. V druhé části je popsáno několik vhodných typů jednoduchých vysilačů. Všechny byly delší dobu v provozu a osvědčily se. Při této příležitosti děkuji ing. P. Třískovi za poskytnutí informací o vysilači s elektronkou UBL21.

AUTOR

OBSAH

Předmluva	5
ČÁST I.	
Úvod	7
1. Zapojení vysilačů a oscilátorů	8
2. Výkon a výběr elektronek	15
3. Stabilita kmitočtu	17
4. Klíčování	20
5. Laděné okruhy	22
6. Anteny a antenní obvody	27
7. Měření a seřizování vysilače	29
8. Zdroje	32
9. Konstrukční provedení	34
ČÁST II.	
1. Krystalem řízený vysilač CO	37
2. Elektronově vázaný vysilač ECO	39
3. ECO s RV12P2000 pro QRP závod	40
4. ECO push-push	41
5. Dvoustupňový vysilač	42
Závěr.	43
Použité znaky	44
Literatura.	45

ÚVOD

Pod pojmem malý vysílač rozumíme vysílač o příkonu do 10 W pro vysílání nemodulovanou telegrafii v amatérských pásmech 160 a 80 m. Přívlastek jednoduchý pak naznačuje, že jde o zapojení, které neklade velké nároky na konstruktéra ani v otázkách stavebních, ani co do pořizovacích nákladů. Jsou tedy tyto vysílače určeny především začátečníkům v oboru amatérského vysílání.

Při návrhu a konstrukci vysílače přihlížíme k vlastnostem, jež má vysílač vykazovat. V našem případě je to výkon, vlnový rozsah, druh provozu, stabilita kmitočtu a provozní požadavky. Řada těchto vlastností je předepsána povolovacími podmínkami:

Maximální špičkový příkon koncového stupně 10 W
kmitočtový rozsah 1,75 ÷ 2,00 MHz a 3,50 ÷ 3,65 MHz
stabilita kmitočtu 0,1%

tón signálů musí být nejméně $T 7$ podle mezinárodní tónové stupnice (5% modulace střídavým proudem) a vysílač nesmí vyzařovat na harmonických a parazitních kmitočtech.

Je dobře si uvědomit, že provozní ohledy si vynucují mnohem přísnější požadavky. Přípustná nestabilita 0,1% představuje na kmitočtu 3,5 MHz hodnotu 3,5 kHz. Je nasnadě, že s vysílačem, jehož kmitočet by krátkodobě kolísal v těchto mezích, by se mnoho úspěšných spojení nenavázalo. Z toho důvodu budeme vyžadovat krátkodobou stabilitu alespoň o řád lepší, tedy 0,01% — 1 : 10 000. Podobně horší jakost tónu má za následek zhoršení čitelnosti signálů, nehledě k tomu, že špatný tón není lichotivou visitkou technické úrovně majitele vysílače. V provozu dále vyžadujeme, aby byl vysílač spolehlivý, pohotový, s nejmenším počtem ovládacích prvků, snadno ovladatelný. V neposlední řadě je třeba pamatovat na bezpečnost před úrazem a na vzhled přístroje.

1. ZAPOJENÍ VYSILAČŮ A OSCILÁTORŮ

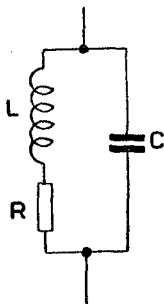
Návrh každého vysilače počíná nakreslením jeho blokového schématu, ve kterém je uveden počet stupňů, jejich funkce, přibližný výkon, druh elektronky atd. Větší vysilače se konstruují jako více-stupňové a využívají výhodně toho, že kmitočty téměř všech amatérských pásem tvoří geometrickou řadu, takže pro provoz na vyšších pásmech se užívá násobení kmitočtu oscilátoru. Pro malé vysilače, a tím spíše pro vysilače určené začátečníkům, je toto řešení příliš složité. Proto jsou zde nejobvyklejší vysilače jednostupňové a dvoustupňové, v nichž elektronka splňuje více funkcí současně (oscilátor a zesilovač nebo oscilátor a zdvojovač).

Srdcem každého vysilače je oscilátor. Vývoj způsobu generování ω kmitů vedl od jiskrových generátorů přes obloukové generátory, rotační generátory až k dnešnímu stavu vysílací techniky, kdy se k výrobě ω kmitů užívá výhradně elektronkových oscilátorů.

Základem každého oscilátoru je rezonanční (oscilační) okruh, jenž je vytvořen paralelním spojením cívky a kondensátoru (obr. 1). Ani cívka, ani kondensátor nejsou ideální, což znamená, že kromě indukčnosti a kapacity mají tyto součásti i nežádané vlastnosti v podobě ztrát vznikajících při průtoku ω proudu.

Vodič, z něhož je cívka navinuta, má určitý ohmický odpor, který je pro ω vlivem povrchového jevu (skinefektu) ještě mnohonásobně zvýšen. Povrchový jev nastává v každém vodiči protékaném střídavým proudem a spočívá v tom, že střídavý proud

Obr. 1. Resonanční okruh

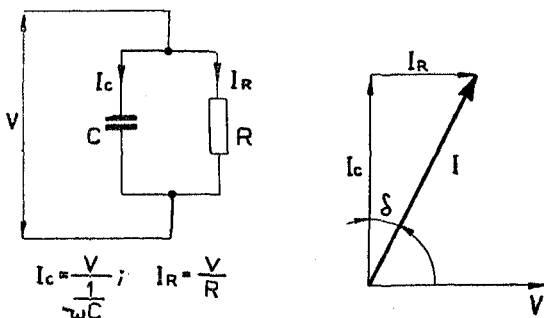


(intensita) neprotéká celým průřezem vodiče, ale vlivem magnetického pole, které sám ve vodiči vyvolává, soustřeďuje se ve vrstvě při povrchu vodiče. Skutečný průřez, jenž vede ω proud, je pak daleko menší než průřez skutečný a tomu odpovídá zvýšení odporu. Vrstva, kterou se šíří ω proud, je tím tenčí, čím je kmitočet vyšší. Ztráty tedy rostou úměrně s kmitočtem. Další ztráty cívky vznikají vlivem vířivých proudů v blízkých vodičích a v blízkých izolantech vznikají ztráty dielektrické. Všechny tyto ztráty respektujeme tak, že si představujeme v serii s cívkou zapojen odpor, jehož velikost odpovídá součtu ztrát. Jakost cívky obvykle vyjadřujeme t. zv. činitelem jakosti Q , který udává, kolikrát je jalový odpor cívky (induktance) větší než ztrátový odpor.

$$Q = \frac{L\omega}{R} = \frac{2\pi fL}{R}$$

Ze vztahu vidíme, že Q roste úměrně s kmitočtem. To platí ale jen do jisté míry, neboť při vyšších kmitočtech stoupají ztráty cívky (R) natolik, že Q přestává růst nebo i klesá. Kolísání hodnoty Q se uplatňuje jen v širokém rozsahu kmitočtů, takže v mezích jednotlivých amatérských pásem lze Q považovat za konstantní.

Tak jako neexistuje ideální indukčnost, nelze realizovat ani dokonalý kondensátor. Mezi polepy kondensátoru se nachází izolant (dielektrikum), jenž nemá nikdy nekonečný odpor. Je tedy kondensátor vždy přemostěn odporem (svod). Pro vř jsou ale mnohem tíživější t. zv. dielektrické ztráty, které souvisí s molekulární stavbou



Obr. 2. Vektorový diagram kondensátoru se ztrátami

dielektrika. Tyto ztráty jsou různé pro různá dielektrika a s rostoucím kmitočtem většinou vzrůstají. Ztráty kondensátoru si opět představujeme soustředěny v odporu, který přemostuje kondensátor. Jakost kondensátoru určujeme zřídka činitelem jakosti. Definujeme ji obvykle jako t. zv. ztrátový úhel. Jeho význam je patrný z obr. 2. Výsledný vektor proudu paralelní kombinace C a R předbíhá vektor napětí o úhel menší než 90° a právě doplňkový úhel nazýváme ztrátovým úhlem δ . Čím je kondensátor jakostnější, tím je paralelní odpor větší, je menší proud I_R a tedy i úhel δ . Z obr. 2 platí

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{V}{V\omega C} = \frac{1}{\omega CR}$$

Jakost kondensátoru, srovnáme-li ji s jakostí cívky při stejném kmitočtu, je vždy mnohem vyšší.

U kondensátorů používaných v obvodech oscilátorů si ještě všimáme t. zv. teplotního součinitele. Kondensátor mění vlivem teploty svou kapacitu a právě teplotní součinitel udává poměrnou změnu kapacity při přírůstku teploty o 1° C. Většina kondensátorů má tento součinitel kladný, to znamená, že kapacita s teplotou stoupá. Existuje též celá řada dielektrik se záporným součinitelem (zejména z oboru keramických hmot).

Z krátkého přehledu vlastností cívek a kondensátorů vyplývá, že v rezonančním okruhu stačí uvažovat jen ztráty cívky. Proto je na obr. 1 ztrátový odpor zakreslen v indukivní větvi okruhu. Resonance paralelního okruhu nastává pro kmitočet, při kterém se jalový odpor kondensátoru rovná jalovému odporu indukčnosti (absolutní hodnoty!).

$$\frac{1}{\omega C} = \omega L.$$

Z této rovnice plyne t. zv. Thompsonův vzorec pro výpočet rezonančního kmitočtu

$$\omega^2 = \frac{1}{LC}; \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \left[\text{Hz, H, F} \right]$$

Pro praktickou potřebu vyhovuje lépe úprava pro běžnější jednotky

$$f^2 = \frac{25\,330}{LC} \left[\text{MHz, } \mu\text{H, pF} \right]$$

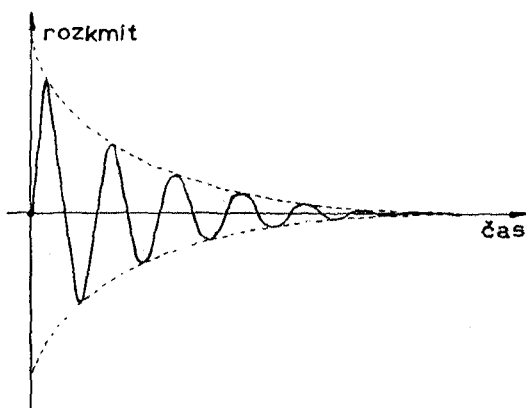
Pod rezonančním kmitočtem se paralelní rezonanční okruh chová jako indukčnost, při vyšších kmitočtech než rezonančních má vlastnosti kapacity. V resonanci jalové složky vymizí a okruh se chová jako ohmický odpor, jehož hodnota závisí na ztrátovém odporu a na poměru $\frac{L}{C}$. Tento odpor nazýváme dynamickým odporem — R_d

a platí pro něj vztahy:

$$R_d = \frac{Q}{\omega C} = Q \omega L = \frac{\omega^2 L^2}{R} = \frac{L}{RC}$$

Přivedeme-li rezonančnímu okruhu proudový impuls, okruh se rozkmitá na vlastním rezonančním kmitočtu. Protože je ale v okruhu odpor, je kmitání, které lze charakterisovat jako „přelévání“ energie z indukčnosti do kapacity a zpět, tlumeno a rozkmit (amplituda) kmitů postupně klesá, až kmity zaniknou (obr. 3). Tak vznikají tlumené kmity. Mechanickou obdobou rezonančního okruhu je na příklad kyvadlo, které bylo vychýleno a kývá kolem střední polohy.

Chceme-li nyní získat netlumené kmity, t. j. kmity jejichž rozkmit je stálý, musíme rezonančnímu okruhu (kyvadlu) dodat během každé periody tolik energie, kolik se jí během periody zmařilo ztrátami. Elektronka, která je připojena vhodným způsobem k rezonančnímu okruhu, zastává, obrazně řečeno, funkci ventilu, který ve vhodných

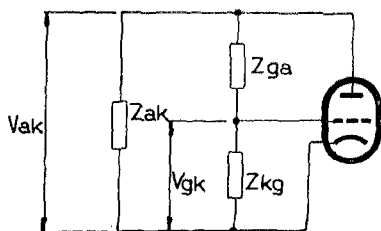


Obr. 3. Tlumené kmity

okamžicích doplňuje energii strávenou ztrátami z anodového zdroje elektronky.

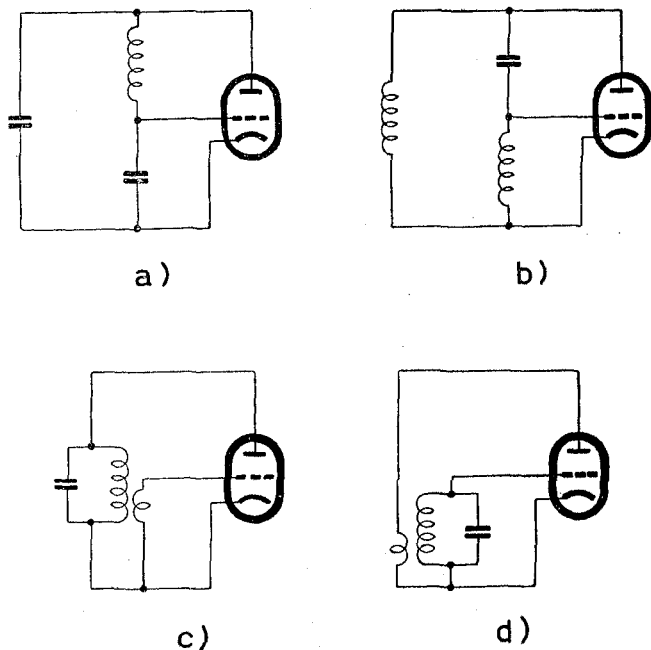
Resonanční okruh oscilátoru může být též nahrazen piezoelektrickým výbrusem, který má obdobné elektrické vlastnosti. Často rozdělujeme proto oscilátory na oscilátory řízené krystalem a na oscilátory, jejichž kmitočet určuje rezonanční okruh (dále název *LC*-oscilátor). Největší předností krystalem řízených oscilátorů je výborná stabilita a tón. Naproti tomu je velmi tíživým nedostatkem nemožnost plynulého přeladování, protože kmitočet je určen rozměry a vlastnostmi výbrusu. Byly též vyvinuty krystaly, jejichž kmitočet se dá asi o 0,3% plynule měnit (změnou tlaku na krystal), ale ty nejsou běžně dostupné (15). *LC*-oscilátory lze konstruovat v dostatečně širokých mezích přeladitelné, ale je obtížné dosáhnout vysoké stability.

Obecné schéma oscilátoru je na obr. 4, kde Z_{hg} , Z_{ga} , Z_{ak} jsou obecné impedance, které tvoří



Obr. 4. Obecné schéma oscilátoru

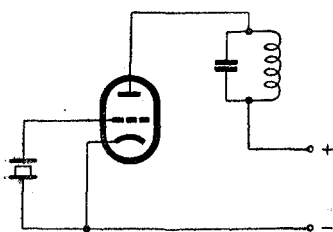
složený rezonanční okruh (t. j. okruh, který obsahuje více prvků než jednu kapacitu a jednu indukčnost). Je-li strmost elektronky dostatečně veliká, rozkmitá se oscilátor na takovém kmitočtu, při kterém napětí V_{ak} je posunuto vůči V_{hg} o 180° a při kterém je



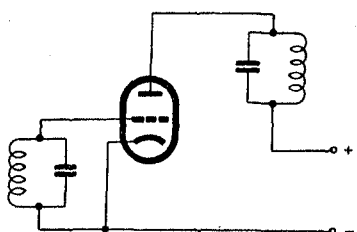
Obr. 5. Základní typy oscilátorů
a) Colpitts, b) Hartley, c) Meissner, d) Schnell

součet všech fázových posunů v celém obvodu roven nule. Těmto podmínkám vyhovují zapojení na obr. 3. Oscilátor 5a je Colpittsův, 3b Hartleyův, 5c Meissnerův, 5d Schnellův. Na tyto základní druhy lze překreslit všechna zapojení LC-oscilátorů i oscilátorů řízených krystalem. Na příklad oscilátor na obr. 6a je typu Hartleyova, neboť krystal se pod svým paralelním rezonančním kmitočtem chová jako indukčnost. Anodový obvod má pro nižší kmitočty rovněž induktivní charakter a mezi mřížkou a anodou se uplatňuje mezielektroková kapacita C_{ga} . Podobně lze na Hartleyův typ přeměnit oscilátor „laděná mřížka — laděná anoda“ (TPTG) na obr. 6b a oscilátor TNT obr. 6c.

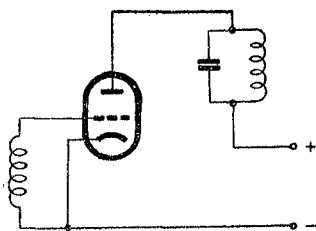
Takto zapojených *LC*-oscilátorů nemůžeme v jednostupňových vysilačích použít, protože jsou velmi citlivé na zátěž. Proto je mezi amatéry ve velké oblibě zapojení t. zv. elektronově vázaného oscilátoru (ECO), které tuto nevýhodu odstraňuje. Několik modifikací elektronově vázaného oscilátoru je znázorněno na obr. 7. Podstatou je zapojení vícemřížkových elektronek (tetrod, pentod) tak, že ob-



a)



b)



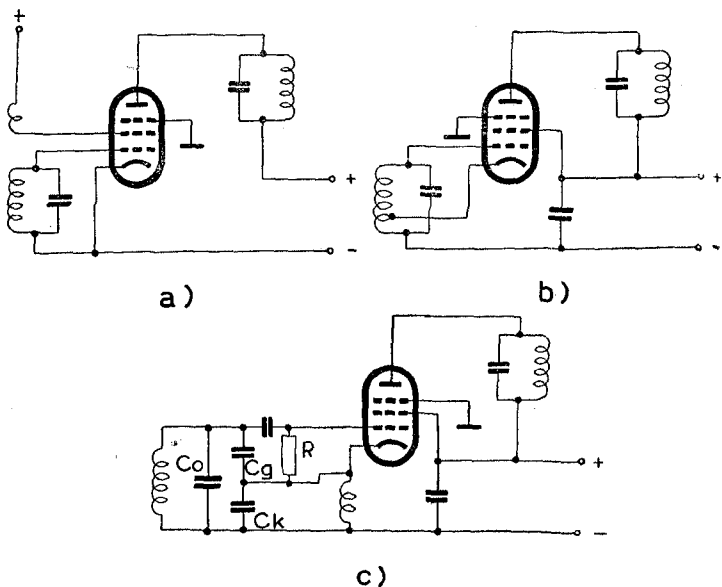
c)

Obr. 6. Oscilátory
a) Miller, b) TPTG, c) TNT

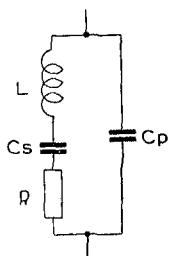
vod kathoda, pracovní mřížka, stínící mřížka působí jako triodový oscilátor a současně celá elektronka pracuje jako zesilovač do výstupního obvodu zařazeného v anodovém přívodu. Výstupní obvod je od oscilačního odstíněn uzemněnou brzdící mřížkou, a aby se dále zlepšilo odstínění, upravuje se obvod oscilátoru tak, aby byla i stínící mřížka vř uzemněna (obr. 7 b, c). Ladění výstupního okruhu a změna zátěže má pak jen malý vliv na kmitočet oscilátoru. Anodový re-

sonanční okruh bývá obvykle laděn na druhou harmonickou oscilátoru, takže elektronka pracuje jako zdvojnásobitel kmitočtu. Tím se oddělení oscilátoru od zátěže ještě více zlepší a je-li oscilátor osazen elektronkou s malou kapacitou C_{ga} a není-li jiné vazby mezi anodovým a mřížkovým okruhem, je vliv zátěže a ladění anodového okruhu zcela mizivý. Anodový obvod může též pracovat na kmitočtu oscilátoru. V tomto případě sice dostáváme lepší účinnost, jelikož elektronka pracuje jako zesilovač, ale zpětné působení zátěže na kmitočet je daleko větší. Proto je toto zapojení u jednostupňových vysilačů dosti neoblíbené.

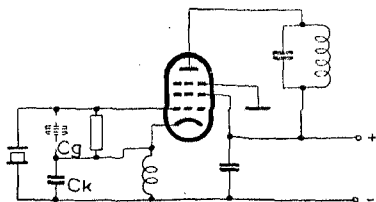
Vlastnosti piezoelektrického výbrusu lze popsat náhradním sche-



Obr. 7. Elektronově vázané oscilátory
 a) Schnell, b) Hartley, c) Colpitts



Obr. 8. Náhradní schema
 piezoelektrického výbrusu



Obr. 9. Krystalový oscilátor tri-tet

matem (obr. 8). Vidíme, že se krystal chová jako složený rezonanční okruh. Činitel jakosti dosahuje tisícových a větších hodnot (až 10^6). Tím je dána výborná stabilita. U oscilátorů řízených krystalem není nutno používat elektronové vazby, protože díky vysokému činiteli jakosti, se vliv ladění výstupu téměř neuplatňuje. Obdobou elektronově vázaného oscilátoru je zapojení tri-tet na obr. 9. Zde může být anodový rezonanční okruh laděn na harmonické kmitočty.

2. VÝKON A VÝBĚR ELEKTRONEK

S energetického hlediska lze oscilátor nebo i zesilovač považovat za zařízení („stroj“), který proměňuje energii odebíranou z anodového zdroje v energii vysokofrekvenční. Jako u každého jiného stroje platí zde základní energetické vztahy plynoucí ze zákona zachování energie. energii, kterou dodáme stroji za jednotku času, nazýváme příkon — N_p ; přeměněnou energii, kterou za jednotku času odebereme, nazýváme výkon — N_v . Každý stroj odevzdává vždy méně energie, než bylo do něho přivedeno. Proto hovoříme o účinnosti stroje, což je poměr výkonu k příkonu. Účinnost je tedy vždy menší než 1. (V technické praxi udáváme účinnost obvykle v procentech). Úbytek energie za jednotku času, který vznikl při přeměně, nazýváme ztrátou nebo rozptylem. Tento úbytek se vyzáří ze stroje v podobě tepla.

Aplikace na oscilátor nebo zesilovač je zcela snadná. Ve vf energii se přeměňuje energie odebíraná z anodového zdroje. Je tedy příkon

$$N_p = V_a \cdot I_o ,$$

kde V_a je anodové napětí a I_o je střední hodnota anodového proudu (hodnota naměřená deprezským přístrojem). Účinnost η a rozptyl N_r jsou vázány vztahy

$$\eta = \frac{N_v}{N_p} ; N_r = N_p - N_v = N_p (1 - \eta) .$$

Rozptyl se spotřebuje na oteplení anody. (U velkých vzduchem chlazených vysílacích elektronek se na příklad odhaduje rozptyl a zatížení elektrony podle barvy rozžhavené anody.) Právě definovaná účinnost je t. zv. anodová účinnost. Rozeznáváme totiž ještě celkovou účinnost vysílače, v níž uvažujeme N_p jako příkon celého vysílače ze sítě (nebo baterie). U malých vysílačů je pochopitelně tato účinnost mnohem nižší (kolem 20%).

Povolovací podmínky omezují příkon koncové elektrony vysílače na 10 W. Účinnost koncového stupně, pracuje-li jako zesilovač

v třídě C, pohybuje se kolem 70%, pracuje-li jako zdvojovač, účinnost bývá asi 50%. Při příkonu 10 W je tedy výkon asi $5 \div 7$ W. Snahou amatérů bývá získat z vysilače co největší výkon. Protože nesmíme překročit stanovený příkon, lze zvýšení výkonu dosáhnout pouze zlepšením účinnosti. Zde je na místě uvědomit si logaritmickou závislost vnímání: chceme-li, aby byl signál o 6 dB (t. j. o jeden stupeň S) silnější, musíme zvětšit výkon čtyřikrát. Z tohoto hlediska je na příklad zvýšení výkonu z 5 W na 7 W zcela bezvýznamné. Nemá smyslu snažit se dosáhnout nadmíru vysoké účinnosti, tím spíše, že to přináší konstrukční obtíže.

Při výběru elektronky pro osazení vysilače, respektive koncového stupně, řídíme se maximálním anodovým rozptylem. Rozptyl za provozu musí být vždy menší než hodnota udaná výrobcem. Předpokládáme-li anodovou účinnost již zmíněných $50 \div 70\%$, vycházejí pro osazení vysilače elektronky s anodovou ztrátou asi 5 W, t. j. elektronky typu EF14, AF100, EF50 a pod. K zvýšení provozní spolehlivosti a prodloužení životnosti se doporučuje nevyužívat elektronky naplno, ale jen na $50 \div 80\%$. Vhodné druhy jsou pak na příklad RL12P10, LV1 s anodovou ztrátou 10 W. Z běžně dosažitelných elektronek mají tuto ztrátu jen nf koncové pentody pro přijímače (AL, EL, EBL atd.). Bohužel, tyto elektronky mají značnou kapacitu C_{ga} (často úmyslně výrobcem zvýšenou, aby jich nebylo možno použít pro jiné účely než pro nf zesilovače; nové výrobky n. p. Tesla tuto závadu nemají). Z toho důvodu často saháme po tak zvaných malých vysílacích elektronkách (6L50, 4654) s anodovou ztrátou kolem 20 W. Je dovoleno osadit vysilač i většími druhy (RL12P35, LS50), pokud je zachován příkon 10 W. U solooscilátorů tím dosáhneme poněkud lepší stability, ale přesto není takové řešení elegantní. To se týká i řazení menších elektronek paralelně a zapojení push-pull, které je jinak u větších vysilačů zcela běžné. Jedinou výjimku snad tvoří zapojení *push-push*, kde je použití dvou elektronek diktováno funkcí zapojení.

Ve výčtu vhodných elektronek nejsou uvedeny miniaturní druhy. Těmito elektronkami se osazují stupně s vf úrovní kolem 1 W (oscilátory, oddělovací stupně a násobiče) a vysilače, u nichž záleží především na malých rozměrech. Jinak je proti miniaturním elektronkám jistá nedůvěra, způsobená především dosti velkým rozptylem jejich charakteristických hodnot a zhoršenou izolací v důsledku zmenšení rozměrů. Bude-li přesto někdo chtít osadit vysilač miniaturními elektronkami, použije koncové nf elektronky 6L31 (6AQ5). Serie rimlock a noval s poněkud zvětšenými rozměry je již vhodnější. (EL41, 6L41, 6L43).

3. STABILITA KMITOČTU

Nejdůležitějším požadavkem, na dnešních přeplněných pásmech je stálost pracovního kmitočtu vysilače. Dosažení dobré stability oscilátoru je v přímém rozporu s dosažením vyhovující energetické účinnosti v tomto stupni. Větší vysilače jsou proto rozděleny na část budící, pracující na nízké výkonové úrovni, a na část výkonovou. U malých a zejména jednostupňových vysilačů je dosažení vyhovující stability a dostatečného výkonu otázkou kompromisního řešení.

Nepříznivé vlivy na stálost kmitočtu lze rozdělit na mechanické, tepelné a elektrické. V nepříznivém případě může každý z těchto vlivů změnit kmitočet až v řádu jednoho procenta.

Mechanické vlivy, zahrnují změny v rezonančním okruhu, způsobené deformací, otřesy, respektive stárnutím materiálu, projevujícím se změnou rozměrů a dielektrických konstant součástí obvodu. Působení mechanických vlivů lze odstranit správnou konstrukcí a montáží rezonančního okruhu a celého vysilače. Vliv stárnutí, vzhledem k značné dlouhodobosti změn, není tak tíživý a stačí jej respektovat nějakým korekčním prvkem, jímž čas od času nastavíme souhlas s cejchováním stupnice. Vlivy způsobené změnou tlaku vzduchu, vlhkosti a obsahu kyslíčnicku uhlíčitého lze zanedbat, jelikož dosahují hodnot až o dva řády nižších než dosažitelná stabilita.

Změna teploty může způsobit nestabilitu až 0,1% na 1° C. Vliv teploty na kmitočet značně omezíme výběrem vhodných součástí, eventuálně téměř odstraníme tepelnou kompensací nebo uzavřením rezonančního okruhu oscilátoru do termostatu. Pro malé vysilače samozřejmě vystačí prvé dva způsoby. Kromě vlivu teploty prostředí se uplatňují pozvolné změny kmitočtu, způsobené ohříváním cívky vlastním vf výkonem. Podobně se mohou ohřívat i málo jakostní kondensátory. Mají-li součásti rezonančního okruhu dostatečně velký činitel jakosti a uvážíme-li, že u malých vysilačů je při telegrafním provozu klíčování oscilátor, jehož střední doba provozu (zaklčování) je jen asi 20%, jsou tyto změny natolik pozvolné, že je není třeba respektovat. Čím je výkon oscilátoru větší, tím jsou tyto změny patrnější. V tom spočívá nevýhoda solo-oscilátorů, neboť u nich pracuje oscilátorový rezonanční okruh s poměrně velkým výkonem.

Změny kmitočtu způsobené elektrickými vlivy se projevují hlavně při změně napájecích napětí. Především se mění vnitřní kapacita elektronky a uplatňuje se vliv nelineárnosti charakteristik elektronek.

Tyto příčiny nestability lze omezit stabilisací napájecích napětí a volbou vhodného zapojení oscilátoru. U malých vysilačů se ještě

uplatňuje vliv zátěže, protože oscilátor není dokonale oddělen od zátěže.

Poměrná změna kmitočtu způsobená elektrickými vlivy je dána vztahem:

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta \varphi}{2Q}$$

$\Delta \varphi$ je součet všech nežádoucích změn fázových posunů vznikajících v rezonančním okruhu, vazebních členech a elektronce. Ze vztahu vidíme, že stabilita je tím větší, čím je větší činitel jakosti Q oscilačního okruhu. Proto jsou oscilátory s křemenným výbrusem, jehož činitel jakosti je nejméně o dva řády vyšší než Q běžného LC okruhu tak stabilní, že i v nejjednodušších zapojeních dosahují tak vysoké stability jako nejlépe provedené LC -oscilátory.

Činitel jakosti rezonančního okruhu závisí především na Q cívky. Q je tím větší, čím je cívka rozměrnější. S ohledem na rozumné rozměry lze dosáhnout Q asi $100 \div 200$. Stabilitu oscilátoru můžeme dále zlepšit jen zajištěním stálosti fázových posunů. Pro dosažení nejlepší stability vůči změnám kapacit elektronky, které mají největší vliv, má být elektronka připojena k rezonančnímu okruhu v místech tak nízké impedance, že to právě stačí k udržení oscilací. Hodnota impedancí je

$$Z_{kg} = Z_{ak} = \frac{1}{S_d},$$

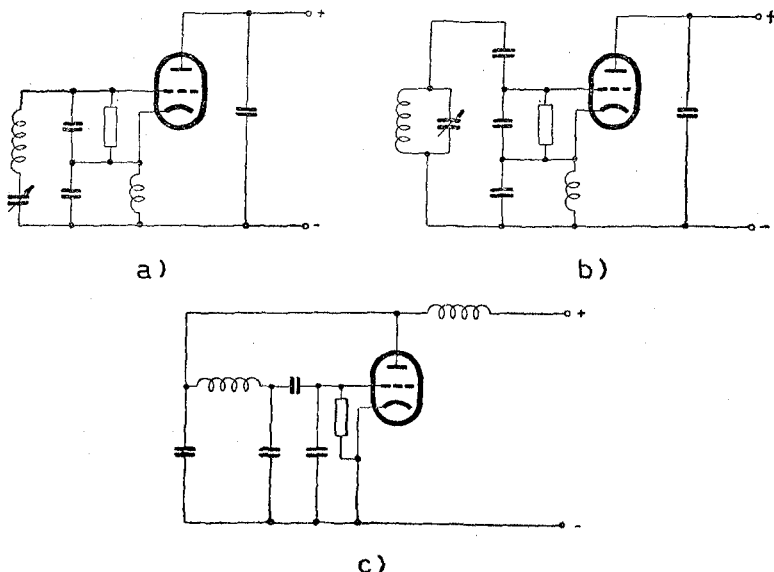
kde S_d je dynamická strmost elektronky. (Obvykle $S_d \doteq 0,6 S$.) Tento vztah platí pro všechna zapojení oscilátorů a skutečně velmi stabilní oscilátory větších vysilačů jsou takto navrhovány. Takovým pracovním podmínkám oscilátoru odpovídá i nízké vř napětí na mřížce i na anodě (v řádu 1 V) a velmi nízká energetická účinnost. U malých vysilačů jsme nuceni impedance volit tak, aby na mřížce bylo dostatečně vysoké napětí pro dobré vybudení zesilovače nebo zdvojovače, při čemž vychází ještě vyhovující stabilita. Správnou velikost impedancí je nejlépe nastavit pokusně.

Pracovní mřížka elektronky běžného elektronově vázaného oscilátoru (obr. 7c) je připojena k rezonančnímu okruhu v místě jeho nejvyšší impedance, která pro rezonanční kmitočet je

$$Z_{kg} = R_d = Q \omega L = \frac{Q}{\omega C}.$$

Vhodně zvolenými hodnotami kapacitního děliče C_g , C_k je upraven stupeň zpětné vazby tak, aby rozkmit vř napětí na mřížce byl dostatečný. V tomto zapojení se uplatňují veškeré změny vstupní kapacity

elektronky C_{kg} svou plnou hodnotou. Celková kapacita rezonančního okruhu (paralelní kombinace C_0 a C_g s C_k) se volí proto dosti vysoká, aby se změny C_{kg} tolik neprojevovaly. Avšak při příliš velkých hodnotách klesá činitel jakosti okruhu. Colpittsov oscilátor byl dále roz-



Obr. 10. Oscilátory
 a) Clapp, b) Seiler, c) Vackář

výjen a tak vznikla zapojení na obr. 10. a) Clappovo, b) Seilerovo, c) Vackářovo. V těchto zapojeních je kapacitním děličem hodnota R_d zmenšena v bodech připojení elektronky na hodnotu $Z = \frac{1}{S_d}$. Čím bude S_d větší, tím bude větší i tento „transformační“ poměr a v tomto poměru se též zmenší vliv změn kapacit elektronky. Stejně se zmenší vliv hodnoty mřížkového svodu.

Oscilátor malých vysilačů pracuje zpravidla ve třídě C, což má za následek, že kromě základního kmitočtu vznikají i harmonické. Vlivem nelineárnosti charakteristik se harmonické kmitočty směšují se základním a navzájem. Výsledkem je nežádoucí fázový posun, který se mění se změnou pracovního bodu. Oscilátory odvozené ze zapojení Colpittsova (Clapp, Seiler, Vackář) jsou proti těmto vlivům nejdolnější. Na druhém místě jsou oscilátory se vzájemnou indukč-

ností, které jsou v tomto ohledu $4 \times$ horší, a na posledním místě jsou oscilátory odvozené z typu Hartleyova — $14 \times$ horší! Tato přednost oscilátorů Colpittsova typu není překvapující, uvědomíme-li si, že rezonanční okruh mezi anodou a mřížkou má podobu pí-čláčku, který účinně filtruje vyšší harmonické.

U oscilátorů se běžně používá k omezení amplitudy mřížkové detekce. Připojením mřížkového svodu se zhoršuje jakost rezonančního okruhu. Obvod kathoda—mřížka pracuje jako diodový špičkový usměrňovač a zdroj — rezonanční okruh je zatížen přibližně odporem $\frac{R_g}{3}$. Není tedy vhodné volit mřížkový svod elektronově vázaného

oscilátoru podle obr. 7c příliš malý. Rozumná mez je asi $20 \div 30 \text{ k}\Omega$.

Ostatní vlivy — vliv konečné doby letu elektronů, vliv žhavicího napětí a vlivy magnetických polí — můžeme pro malé hodnoty a uvažovanou stabilitu zanedbat.

Shrnutím této stati dostáváme tyto hlavní požadavky:

1. uskutečnit co nejvyšší činitel jakosti rezonančního okruhu oscilátoru,

2. v rezonančním okruhu použít vhodných součástí s ohledem na tepelnou stabilitu nebo provést tepelnou kompensaci okruhu,

3. oscilátor osadit strmou elektronkou,

4. použít zapojení odvozeného z Colpittsova oscilátoru,

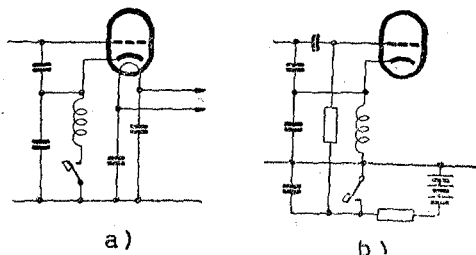
5. volit dostatečně velký mřížkový svod.

4. KLÍČOVÁNÍ

Klíčování oscilátoru zhoršuje stabilitu, a proto, pokud je to možné, vždy klíčujeme až některý následující stupeň. Pochopitelně u jedno-
stupňových vysílačů je nutně klíčován oscilátorový obvod. Ani u jednoduchých dvojestupňových vysílačů se klíčování oscilátoru nevyhne-
me. Druhý stupeň, protože pracuje ve třídě C s mřížkovým proudem, zatěžuje oscilátor a třebaže v prvním stupni používáme elektronové vazby, nastává při klíčování druhého stupně změna kmitočtu vlivem změny zátěže.

Nejobvyklejší způsob klíčování solo-oscilátoru je na obr. 11a, kde se klíčuje kathodový proud. Při tomto provedení klíčování je třeba dát pozor na to, že při otevřeném klíči je na kathodě plné anodové napětí a při užívání vyšších napětí hrozí nebezpečí proražení izolace mezi žhavicím vláknem a kathodou. Nesmíme tedy žhavicí obvod uzemňovat galvanicky, ale pouze přes kondensátory. Tuto nevýhodu

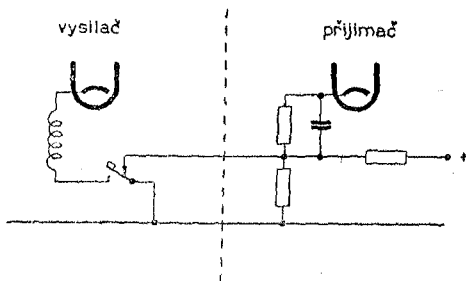
nemá klíčování stínící mřížky, zato jsou oba kontakty klíče stále pod napětím. Klíčování stínící mřížky nelze u některých elektronek použít, protože (v zapojení ECO) oscilátor kmitá i při nulovém napětí na stínící mřížce. Pokud je k dispozici zdroj záporného napětí, je možno klíčovat záporným napětím na pracovní mřížce (obr. 11b.). Pro malé elektronky stačí napětí několika desítek voltů k dokonalému zabrzdění oscilací. Až na potřebu dalšího zdroje je tento způsob výhodný, protože přerušujeme jen malý proud a jeden kontakt klíče je uzemněn.



Obr. 11. Klíčování oscilátoru

Klíčujeme-li vysilač klíčem, který je opatřen i rozpojovacím kontaktem, můžeme rozpojovacího kontaktu vhodně upotřebit při BK provozu k ovládání tlumení přijmače. Takovou úpravu naznačuje obr. 12. Zapojení, užívající rozpojovacího kontaktu k tlumení přijmače mají výhodu v tom, že ve sluchátkách přijmače neslyšíme nepříjemný náraz při zaklíčování, protože přijmač je ztlumen dříve, než je zaklíčován vysilač.

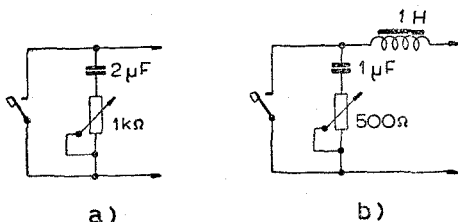
Při klíčování oscilátoru vzniká často krátkodobá nestabilita, projevující se tím, že tón vysilače má kuňkavý charakter, nebo dokonce vznikají zákmitové jevy (*klíkys*). Pokud nejsou tyto jevy zaviněny nevhodnými součástkami oscilačního obvodu, má je obvykle na svědomí nevhodný zdroj napětí (obvyčejně příliš měkký). Snížením napětí po zaklíčování se v krátké době mění pracovní bod oscilátoru, což se projeví krátkodobým posuvem kmitočtu slyšitelném v přijimači jako



Obr. 12. Úprava klíčování pro BK provoz

charakteristické nabíhání tónu. Proto u solo-oscilátoru má být napětí stínící mřížky dostatečně tvrdé. Stínící mřížku napájíme nejlépe z doutnavkového stabilisátoru nebo z tvrdého děliče napětí. Nabíhání tónu často vzniká i v důsledku špatně nastaveného pracovního bodu oscilátoru. V ta-

kovém případě, zpravidla musíme změnit pracovní podmínky elektronky výměnou mřížkového svodu, úpravou kapacitního děliče, změnou napětí stínící mřížky. Poměrně vzácnější závadou jsou zá- kmitové jevy, které mohou vznikat při zaklíčování i odklíčování vy- siláče. Pak je nutno vy- zkoušet jiný způsob klí- čování, eventuálně pro- vést úpravy klíčovacího obvodu na příklad zapo- jením klíčovacího filtru (obr. 13). Zá- kmitové jevy způsobuje také nevhodně volený filtr v napájecím zdroji, zejména pokud u- žíváme usměrňovací elek- tronky s nízkým vnitřním odporem (nepřímo žhavené nebo plněné rtuťovými parami) s nárazovou tlumivkou. Zde pomůže předtí- žení usměrňovače dostatečně malým odporem, aby odběr proudu tolik nekolísal.



Obr. 13. Klíčovací filtry

tronky s nízkým vnitřním odporem (nepřímo žhavené nebo plněné rtuťovými parami) s nárazovou tlumivkou. Zde pomůže předtí- žení usměrňovače dostatečně malým odporem, aby odběr proudu tolik nekolísal.

5. LADĚNĚ OKRUHY

Pro třídu C jsou povolena pásma $1,75 \div 2,00$ MHz a $3,50 \div 3,65$ MHz. U větších vysilačů oscilátor obvykle pracuje v základním rozsahu a přepínání pásem se provádí změnou činitele násobení základního kmitočtu přepínáním násobících stupňů a jejich obvodů. Pro malé vysilače je to způsob příliš složitý, a proto použijeme jednoduššího řešení. Přichází zde v úvahu přepínání oscilátorového a výstupního obvodu podobně jako v přijimači nebo jednodušeji výměna cívek. Zvláště druhý způsob je velmi rozšířený. Oba způsoby mají své nevýhody. Lepší řešení je přepínání obvodů, ale naráží při praktickém provedení na nesnáze s opatřením vhodných přepínačů. Metoda výměny cívek znemožňuje použít uzavřené skříně pro vysilač a vystavuje cívky nebezpečí mechanických změn. Skutečně nejlepší cestou je postavit samostatné vysilače pro jednotlivá pásma. U tak malých vysilačů je to ještě únosné. Rozhodneme-li se pro samostatné vysilače, je pak výhodné vysilač pro pásmo 1,75 MHz hned konstruovat jako vícestupňový. Po přeřazení do tř. B bude sloužit jako VFO pro buzení násobičové řady, takže práce vynaložená na jeho stavbu nepřijde nazmar. Podobně malého vysilače pro pásmo 3,5 MHz lze po doplnění modulátorem používat jako přenosného síťového zařízení pro spojovací služby.

Nejdříve se budeme zabývat rezonančním okruhem oscilátoru. Jak jsme si ukázali v předešlé stati, je nutné dosáhnout co nejvyššího činitele jakosti. Používáme-li v rezonančním okruhu kvalitních kondensátorů (vzduchových, slídových, keramických), pak je činitel jakosti závislý jen na kvalitě cívky. Rozměry cívky volíme co největší, protože s rostoucími rozměry roste i Q . Průměr cívky bývá $40 \div 60$ mm a délka vinutí $0,3\text{--}1,0$ průměru. Cívku vineme nejlépe na keramickou kostru měděným nebo postříbřeným drátem o průměru $0,5 \div 1$ mm. Stoupání závitů vinutí je nejlépe volit $1,5$ průměru vodiče. Když je keramické těleso opatřeno drážkami, jejichž počet nestačí k navinutí žádané indukčnosti, pomáháme si tak, že klademe do každé drážky dva závity izolovaného drátu. Potřebný počet závitů stanovíme podle některého nomogramu. V praxi se pro výpočet osvědčil tento vzorec:

$$L = \frac{0,41 n^2 r^2}{9 r + 10 l}, (\mu\text{H, cm})$$

r je poloměr vinutí, n počet závitů, l délka vinutí.

Velmi důležité je, aby se v poli cívky nenacházel žádný ferromagnetický materiál (železné součásti, šrouby, kostra z ocelového plechu a pod.), neboť silně zhoršuje Q . K vyloučení nestability mechanického původu se nemá v poli cívky nacházet žádná vodivá součást, tvořící s jinou součástí nejistý kontakt (lad. převody), a žádná vodivá součást, jejíž poloha není přesně definována a může na příklad chvěním a otřesy měnit svou polohu (stínící plechy). Proto je nejlépe cívku oscilátoru uzavřít do pevného hliníkového nebo měděného krytu. Kryt má mít asi dvojnásobný průměr než cívka a jeho čela mají být ve vzdálenosti průměru cívky od konců vinutí.

Ladění obvodu oscilátoru se běžně provádí otočným vzduchovým kondensátorem, ač je možné ladit i změnou indukčnosti (variometr, zasouvání železového jádra). Ladicí kondensátor má být robustnějšího provedení s většími mezerami. Pro malé vysílače zcela vyhoví známé inkurantní typy s frézovaným statorem a rotorem. Pomocí vhodně zvolených seriových a paralelních kapacit upravíme ladicí rozsah tak, aby bylo pásmo rozestřeno po celé stupnici. Často pak není nutno používat převodu do pomala. Jemnost ladění na úkor rychlosti přeladění není radno přehánět, protože se při provozu často vyžaduje rychlá změna kmitočtu (na příklad při závodech).

I ostatní kondensátory rezonančního okruhu, t. j. kondensátory upravující rozestření pásma a kondensátory impedančního děliče, musí být jakostní. Používáme zde proto slídové a keramické konden-

sátory (vzduchové jsou příliš rozměrné). Při upotřebení kondensátorů s keramickým dielektrikem je třeba dát pozor na vlastnosti keramické hmoty. (Další údaje platí pro výrobky Hescho, t. j. téměř všechny inkurantní kondensátory.) Nejvhodnější vlastnosti má Calit a Tempa S, které mají malý ztrátový úhel a mírně kladný teplotní součinitel. Kondensátory z těchto hmot jsou označeny tmavozelenou nebo trávově zelenou barvou. Vhodná je i Tempa T (červená barva), která má mírně záporný teplotní součinitel. Naproti tomu kondensátory z hmot Condensa N, F, C mají silně záporný teplotní součinitel a též větší ztrátový úhel. Označeny jsou barvou hnědou, hráškově zelenou a růžovou. Kondensátorů se záporným teplotním součinitelem lze použít k tepelné kompensaci rezonančního okruhu: záznejovou methodou se sleduje, zda se kmitočet kompenzovaného oscilátoru posouvá k vyšším či nižším hodnotám. Podle toho se mění podíl kondensátorů se záporným součinitelem tak dlouho, až se dosáhne stálosti kmitočtu. Aby se vyloučily chyby, musí být srovnávací oscilátor zcela stabilní (krystalem řízený). Podíl kondensátorů se záporným teplotním součinitelem bývá asi jen $\frac{1}{5} \div \frac{1}{4}$ celkové kapacity v obvodu. Kompensaci budeme hlavně provádět u víceúrovňových vysilačů, které budou později sloužit jako VFO.

Bude-li v obvodu oscilátoru použito k přepínání pásem přepínače, je nutno dbát na to, aby jeho kontakty měly malý přechodový odpor (postříbřené) a aby se časem neznečisťovaly. Také jeho mechanická konstrukce musí být dostatečně robustní. Vyhoví keramické inkurantní druhy. Přepínačů přijímačového druhu se pokud možno vystříhejme. Podobné zásady platí i pro kontakty výměnných cívek. Rozhodně používejme něčeho lepšího než elektronových patič. V inkurantním materiálu najdeme opět mnoho vhodných druhů. Mechanika výměny cívek musí být provedena tak, aby byla dokonale zaručena pevná poloha cívek.

Anodový rezonanční okruh má opět jinou problematiku. Jeho úkolem je přenést zesílený výkon do zátěže — anteny s co nejmenšími ztrátami, při čemž na jeho stabilitě nezáleží.

Je-li antena správně vyladěna představuje čistě ohmický odpor. Vazbou anteny s anodovým rezonančním okruhem se vnáší tento odpor do anodového okruhu, při čemž velikost tohoto vneseného odporu lze nastavit velikostí vazby. Vnesený odpor snižuje činitele jakosti nezatíženého rezonančního okruhu Q_0 na Q_r . Lze tedy změnou vazby anodového okruhu s antenním ovlivňovat v širokých mezích činitel jakosti Q_r . Aby elektronka skutečně dodala předpokládaný výkon, musí mít zatížený okruh přiměřenou hodnotu dynamického odporu

$$R_d = Q \omega L = \frac{Q}{\omega C} = \frac{V_1}{I_1},$$

kde V_1 je rozkmit první harmonické a I_1 je proud první harmonické. Pro velmi hrubý orientační výpočet platí

$$R_d \doteq \frac{V_a}{2 I_o} = \frac{V_a^2}{2 N_p},$$

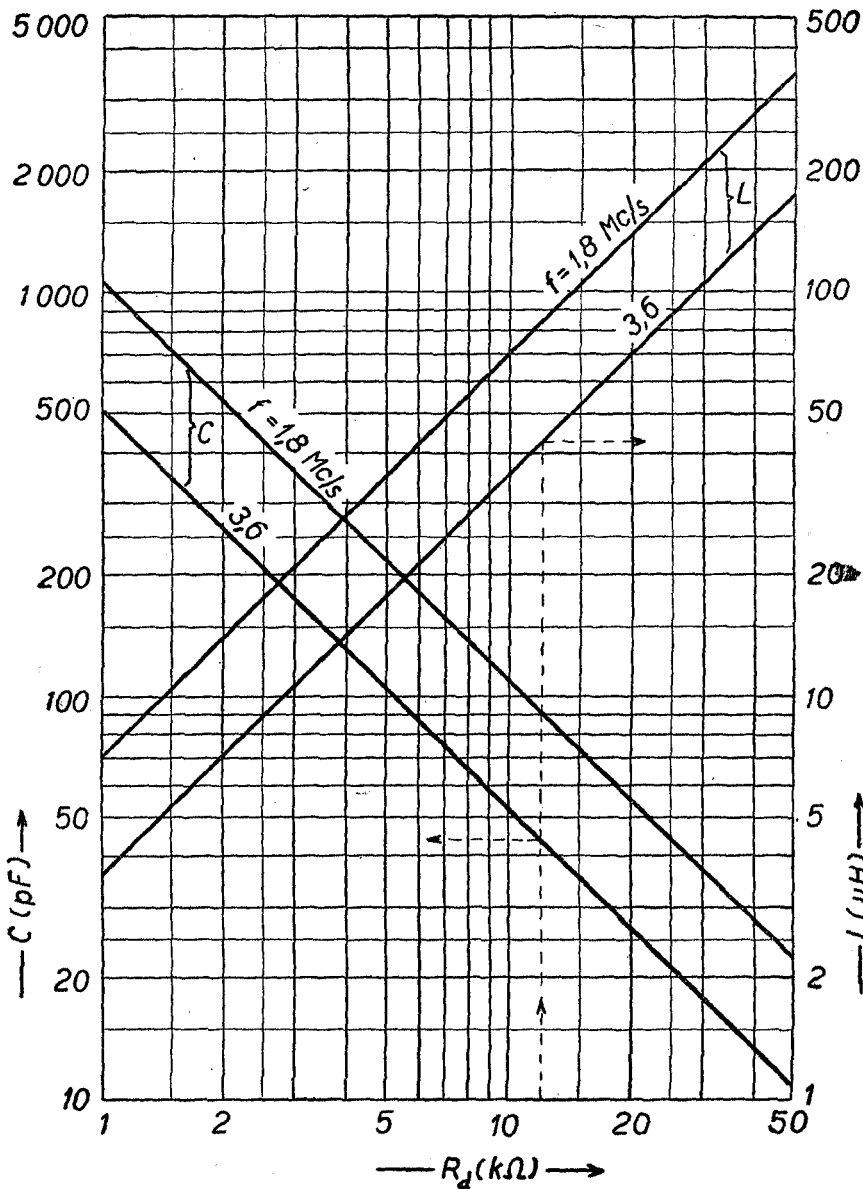
kde V_a je napětí zdroje a I_o je ss anodový proud. Ze vztahů je patrné, že správného dynamického odporu je možno dosáhnout různou kombinací L , C a Q_x . Chceme-li dosáhnout co nejúčinnějšího přenosu výkonu do zátěže, musíme se snažit o dobrou t. zv. přenosovou účinnost η_p , která je dána výrazem

$$\eta_p = \frac{Q_o - Q_x}{Q_o}$$

Vidíme, že přenosová účinnost bude tím větší, čím bude vyšší Q_o a čím nižší Q_x . Vzhledem k zhoršené filtraci harmonických při nízkém Q_x nevolíme Q_x nižší než 10. Kompromisně se obvykle volí Q_x 10 ÷ 20 a vhodnou konstrukcí anodové cívky se snažíme o vysoké Q_o . (200 a více). Pro zběžnou orientaci je na obr. 14 nomogram k určení vhodných součástí okruhu. Přesný výpočet je složitý a nakonec nemá příliš smyslu, neboť Q_x závisí na druhu a velikosti vazby s antenou, což jsou vlivy početně těžko vyztižitelné.

Abychom dosáhli vysokého Q_o , platí pro konstrukci anodového rezonančního okruhu podobné zásady jako u oscilátoru. Okruh je nejvíce laděn otočným kondensátorem. Mezera mezi rotorem a statorom kondensátoru musí být dostatečně velká, aby nenastal průraz. Je-li napájení paralelní (obr. 15a), je kondensátor namáhán jen vř napětím $V_1 = 0,8 V_a$. Stejně je tomu při napájení seriiovém (obr. 15b), není-li rotor galvanicky uzemněn. Při uzemněném rotoru je namáhán napětím $V_a + V_1 = 1,8 V_a$. Při napětí zdroje 300 V v případech 15a a b ještě vyhoví přijímačové typy kondensátorů. Anodový ladicí kondensátor je možno nahradit trimrem, kterým se naladí okruh do středu pásma. Je-li anodový okruh dostatečně zatížen (malé Q_x), výkon při přeladování se mění jen nepatrně. Tento způsob na 3,5 MHz vyhoví dokonale, pouze na 1,75 MHz při větším přeladění je třeba okruh doladit. Takové uspořádání má výhodu v tom, že uspoříme jeden ovládací prvek, což oceníme především o závodech.

Cívka anodového okruhu je konstruována podobně jako cívka oscilátoru pouze s tím rozdílem, že k dosažení vyššího Q_o mívá větší roz-

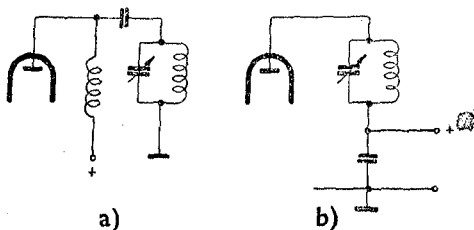


Obr. 14. Nomogram pro L a C anodových obkruhů

měry. Vodič, kterým je cívka navinuta, se však již musí dimenzovat podle výkonu. Cívkou prochází cirkulační proud

$$I_c = \frac{\sqrt{2} N_v \cdot Q_z}{V_1} \doteq \frac{1,8 N_v Q_z}{V_a}$$

Při $V_a = 300$ V, $Q_z = 20$ a $N_v = 7$ W je $I_c \doteq 0,8$ A. Vodič dimenzujeme tak, že na 1 mm obvodu připouštíme 0,5 A. V praxi obvykle navineme cívku silnějším drátem, protože se zde hledisko úspory neuplatňuje.



Obr. 15. Napájení
a) paralelní, b) seriové

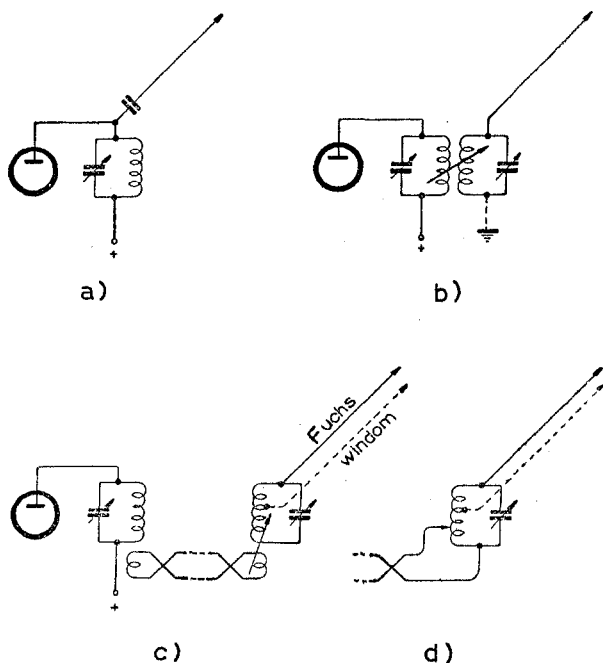
6. ANTENY A ANTENNÍ OBVODY

Antena představuje pro vysilač spotřebič energie — zátěž. Větší část energie dodávané do anteny se vyzáří ve formě elektromagnetického vlnění a zbytek se spotřebuje v podobě tepelných ztrát ve vodiči a blízkých předmětech. V každém případě nám jde o to, aby přenos energie z vysilače a vyzáření výkonu bylo co největší, především již proto, že u malého vysilače není výkonu nazbyt.

Stavbě anteny se vyplatí věnovat největší péči. Pro množství různých činitelů, ovlivňujících vlastnosti anteny, je velmi obtížné předem určit, jak se bude antena chovat, a tak nezbyvá, než pracně nalézt nejvhodnější umístění anteny. Mezi amatéry jsou nejpopulárnější pro práci na pásmu 1,75 a 3,5 MHz anteny délky 40 m. Dáleko řidčeji se vyskytují anteny dlouhé 80 m a více. Pokud máme k dispozici dostatek prostoru, snažme se antenu zvolit co nejdelší. O konstrukci anten se podrobně dočteme v práci (5). Po postavení anteny je dobře přesvědčit se třeba improvizovaným grid-dip oscilátorem, zda antenní zářič skutečně rezonuje v požadovaném pásmu, a v případě nesouhlasu upravit délku anteny. Pokud budeme později též anteny používat na vyšších pásmech, bude lépe, když antenu vyladíme blíže začátku pásma (na příklad na 3520 kHz).

Druh vazby anteny s vysilačem závisí na způsobu napájení anteny. Přímá vazba (obr. 16a) je povolovacími podmínkami zakázána, neboť nijak nezamezuje vyzářování harmonických kmitočtů. Pro koncové napájení anteny (Fuchs) je vhodná vazba induktivní (obr. 16b) nebo

ještě lépe linková (obr. 16c). Hodnoty vazebního okruhu jsou stejné jako v koncovém stupni. Protože potřebujeme řídit velikost vazby vysilače se zátěží, je nutno uspořádat cívky tak, aby se dala jejich vzájemná indukčnost měnit (odklápět, posouvat). Výhodný způsob

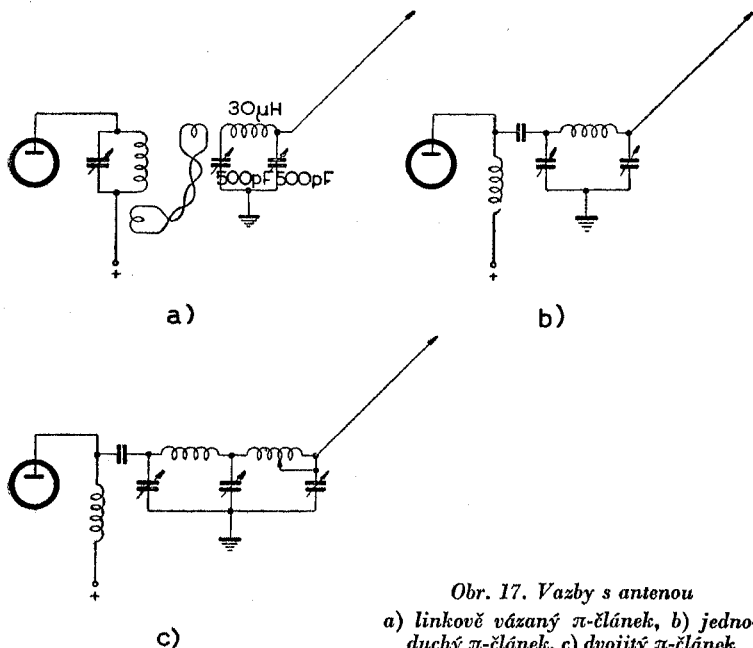


Obr. 16. Vazby s antenou
a) kapacitní, b) induktivní, c) linková, d) linková

nastavitelné vazby je na obr. 16d, kde velikost vazby nastavíme polohou odbočky. Ujijeme-li linkové vazby, je výhodné umístit antenní obvod přímo u vstupu anteny do stanice (místnosti) a nízkoohmovou linkou spojit s vysilačem, jenž pak nemusí být v bezprostřední blízkosti konce anteny. Pro linku užívejme raději koaxiálního napaječe. Vedení z kroucené dvoupramenné světelné šňůry má při větších délkách podstatné ztráty.

Pro antenu s jednodrátovým neladěným napaječem (Window) vyhovují podobné obvody jako v předešlých případech (obr. 16), ale antenu připojujeme na odbočku cívky. Dobře se rovněž osvědčil pí-článek podle obr. 17a. Antenní obvod pro oba typy anten lze též

provést jako jednoduchý nebo dvojitý pí-článek (obr. 17b, c). Tohoto způsobu vazby však užívejme jen tehdy, pracuje-li koncový stupeň vysilače jako zesilovač nebo jako solooscilátor v zapojení push-push. Pí-článek, který působí jako hornofrekvenční zádrž, nezabraňuje totiž příliš přenosu kmitočtů nižších, než pro které je vyladěn, takže u solo oscilátorů, v nichž pracuje mřížkový okruh na subhar-



Obr. 17. Vazby s antenou
 a) linkově vázaný π -článek, b) jednoduchý π -článek, c) dvojitý π -článek

monickém kmitočtu by mohlo nastat dosti silné vyzařování subharmonické, zvláště při delší anteně. V solo-oscilátoru push-push se v anodovém okruhu ruší všechny liché harmonické a tedy i základní kmitočet, a proto toto nebezpečí nehrozí.

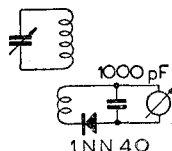
7. MĚŘENÍ A SEŘIZOVÁNÍ VYSILAČE

Ani měření a seřizování malého vysilače není těžké a náročné na vybavení měřicími přístroji. Zcela vystačíme s universálním měřicím přístrojem (Avomet). Dále je potřebný jednoduchý absorpční vln-

měr, postavený na příklad podle obr. 18, a pokud chceme přesněji měřit výkon, je nutný vf miliampérmetr nebo elektronkový voltmetr. Měřicí výbavu doplňují různé žárovky do 10 W a doutnavka.

Po dokončení stavby vysilače přistoupíme k jeho seřízení a proměření. Vysilač připojíme ke zdroji a zkontrolujeme žhavicí napětí na elektronkách. Prvé pokusy s usazováním rozsahu provádíme se sníženým napětím stínicím i anodovým, abychom zabránili případnému přetížení elektronky při rozladění okruhu. Nejdříve se přesvědčíme, zda oscilátor kmitá, a doplňkovými kapacitami rezonančního okruhu upravíme rozestření a usazení pásma. Platnou službu nám při tom prokáže absorpční vlnoměr a ocejchovaný přijímač. Nyní vložíme do přívodu anodového napětí ss miliampérmetr a protáčením ladicího kondensátoru anodového okruhu vyhledáme polohu, při níž nastává nejhlubší pokles anodového proudu. Velmi důležité je přesvědčit se absorpčním vlnoměrem o tom, že okruh je skutečně naladěn na požadovaný kmitočet. Bez této kontroly se méně zkušeným velmi často stává, že okruh naladí na třetí harmonickou a tedy mimo pásmo. Po těchto krocích zatížíme vysilač umělou antenou a zvýšíme napájecí napětí. Opravíme ladění anodového okruhu a upravíme vazbu s umělou antenou tak, aby vysilač dodával do zátěže maximální výkon. Teď již zvýšíme napětí na jmenovité hodnoty a po opětném doladění a seřízení vazby odečteme nebo odhadneme výkon, změříme proudy a napětí stínicí mřížky a anody a úpravou vazby seřídíme příkon pod 10 W. Samozřejmě kontrolujeme též, zda nejsou překročeny dovolené rozptyly. Nesouhlasí-li měřením stanovená účinnost s předpokládanou, pokusíme se experimentováním nalézt příčinu a nastavit pracovní bod elektronky vhodněji. Totéž se týká i tónu vysilače, který po dobu seřizování sledujeme na dobrém kontrolním přijímači, od něhož je odpojena antena. Pokud je v umělé anteně jako zátěž žárovka, nedejme se mýlit nabíháním tónu při klíčování. Je způsobeno silnou změnou zátěže při rozžhacování vlákna žárovky a zmizí, když nahradíme žárovku lineárním prvkem (odporem, antenou). Znovu uvádíme, že účinnost solo oscilátoru je asi 50% a zesilovače přes 60%.

Snížená účinnost je obvykle způsobena nedostatečným vybuzením elektronky nebo nevhodným anodovým okruhem. Tuto chybu poznáme takto: Odpojíme na okamžik zátěž a protočením anodového kondensátoru zjistíme hodnotu minima anodového proudu. Je-li



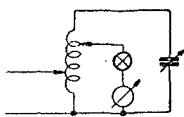
Obr. 18. Jednoduchý absorpční vlnoměr

buzení a obvod v pořádku, je minimum velmi ostré a anodový proud v něm klesá nejméně o 60% proti hodnotě při rozladění obvodu. Budicí poměry nám též částečně osvětlí měření mřížkového proudu. U solo oscilátoru s přijímací elektronkou bývá při mřížkovém svodu asi 30 k Ω , kolem 1 mA. Nápravné zákroky u solo oscilátorů se budou týkat kapacitního děliče mezi mřížkou, katodou a zemí. Několikerou pokusnou změnou kapacit v děliči upravíme stupeň zpětné vazby na takovou hodnotu, aby oscilátor dodával dostatečné budicí napětí. Stejně tak pomůže i snížení mřížkového svodu, ovšem zde musíme vždy kontrolovat, zda se nezhoršila jakost tónu. Změny provedené v kapacitním děliči ovlivní i usazení a rozestření pásma. Proto musíme po každé doladit znovu vysilač na kmitočet, na němž provádíme měření. Po každém zákroku přeměříme znovu proudy elektrod, stanovíme příkon, výkon a účinnost. Potom sledujeme, zda zákrok přinesl zlepšení či zhoršení.

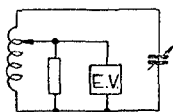
Teprve když vysilač pracuje bezvadně do umělé anteny, přistoupíme k navázání anteny. I když se jedná o malé výkony, je ve smyslu povolovacích podmínek nutno tyto pokusy konat v době, kdy je na dotyčném pásmu minimální provoz. Máme-li vysilač dobře seřízen na umělou antenu, stačí pak upravit vazbu s antenním obvodem a antenou tak, abychom dostali stejné hodnoty proudů elektrod jako při umělé anteně. Nejlepší přizpůsobení anteny lze též kontrolovat podle maxima antenního proudu. Tento způsob se nejvíce uplatňuje při použití pí-člátku. Jedná-li se o antenu s koncovým napájením (Fuchs), je antenní proud velmi nízký a budeme mít potíže s opatřením vhodného indikátoru vř proudu. Nastavení vazby s antenou pak provádíme pomocí improvizovaného měření síly pole. Jako měřiče pole využijeme absorpčního vlnoměru. Vlnoměr opatříme antenkou v podobě kusu drátu připojeného na horký konec resonančního okruhu vlnoměru a umístíme jej tak daleko od vysilače, aby nereagoval na pole vyzařované přímo vysilačem, ale jen na pole anteny. (Ověříme si odpojením anteny a připojením umělé anteny. Měřič pole nesmí nic indikovat.) Pro usnadnění práce umístíme indikátor měřiče pole u stanice a propojíme jej s detektorem kabelem. Po vyladění anodového okruhu vysilače zvětšujeme vazbu s antenním obvodem za stálého doladování obvodů a zkoušení nejvhodnějšího připojení anteny k antennímu obvodu. Vazbu, za neustálé kontroly příkonu, upravujeme tak dlouho, dokud to má podstatný vliv na růst síly pole. Od jisté velikosti vazby přestává růst síly pole a začíná se objevovat dvojnásobnost ladění obvodů. Těsně před tímto bodem je optimální nastavení vazby. Jakékoli další zvětšování vazby nemá pro vysílání telegrafii význam, naopak, příliš těsná vazba přináší nebez-

pečí vyzářování harmonických v důsledku přílišného snížení jakosti okruhů.

V závěru několik slov o provedení umělých anten, které jsou nezbytnou pomůckou při seřizování každého vysilače. Nejjednodušší takovou antenou je vhodná žárovka připojená buď na linku, nebo na vhodnou odbočku antenního obvodu. Srovnáváním jejího svitu se svitem stejné žárovky se známým příkonem lze odhadovat vř výkon.



a)



b)

Obr. 19. Umělé anteny

Fotometricky jde měřit výkon přesně, což lze snadno improvizovat pomocí exposimetru. Dokonalejší umělá antena je na obr. 19a, kde je v sérii s žárovkou zapojen vř miliampérmetr. Protože se žárovka chová jako nelineární odpor, musíme

nejdříve umělou antenu ocejchovat. To lze provést střídavým nebo stejnosměrným proudem a závislost výkonu na údajích měřidla vynést nejlépe graficky. Pokud máme k dispozici bezinduktivní odpory vhodné velikosti, můžeme si práci s cejchováním ušetřit. Výkon je pak prostě dán vztahy:

$$N_v = RI^2 = \frac{V^2}{R}$$

Druhý vztah platí pro ten případ, kdy v umělé anteně místo proudu měříme vř voltmetrem napětí na odporu (obr. 19b). Místo samostatného rezonančního okruhu umělé anteny je nejlépe použít přímo antenního okruhu.

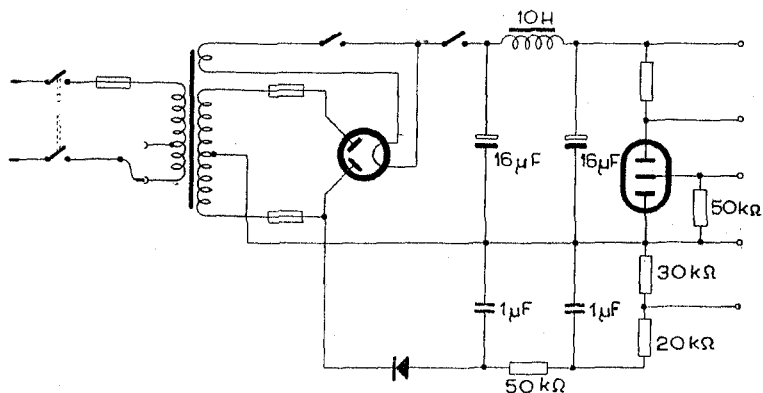
Z uvedeného je patrné, že seřizování vysilače je záležitost dosti zdlouhavá, nemá-li konstruktér náhodou štěstí, že vysilač pracuje dobře na prvé zapojení. V popsaném postupu se velmi uplatní systematická práce, při čemž jednotlivé výsledky je nejlépe zaznamenávat do přehledné tabulky. Jedině taková práce přinese konstruktérovi bohatou zkušenost.

8. ZDROJE

K napájení malých vysilačů postačí zcela nenáročná zdroje. Většinou upotřebíme universálního dílenského zdroje, kde máme k dispozici různá napětí žhavicí i anodová, případně stabilisovaná. Pouze

tehdy, stavíme-li vysilač v celoskříňovém provedení, vestavujeme do vysilače samostatný zdroj.

Nároky na zdroj jsou dány především typem elektronky, jíž je vysilač nebo koncový stupeň osazen. Běžné elektronky přijímačového typu vyžadují anodové napětí maximálně 300 V a proud do 50 mA. Napětí stínicí mřížky se pohybuje mezi 70 až 250 V při odběru několika málo miliampér. Pouze u větších typů elektronek je lépe k dosažení lepšího využití volit vyšší anodové napětí a příkon omezit na 10 W snížením napětí stínicí mřížky. Napětí stínicí mřížky solo-oscilátoru musí být dostatečně konstantní. Proto napájíme tuto



Obr. 20. Zdroj pro malý vysilač

elektrodu obvykle z doutnavkového stabilisátoru nebo alespoň z tvrdého odporového děliče.

Na obr. 20 je vyobrazen jednoduchý zdroj. Zdroj je obvyklého přijímačového provedení, jenom všechny součásti jsou náležitě předimenzovány. Transformátor má na sekundáru vinutí $2 \times 300 \text{ V} / 100 \text{ mA}$, žhavicí napětí pro usměrňovací elektronku a žhavicí napětí pro vysilač. Filtrační kondensátory jsou svitkové, nejlépe typu MP. Zaujímají sice více místa než elektrolytické i pořizovací náklad bude větší, ale zato bude zdroj vysilače naprosto spolehlivý. Filtrační tlumivka je běžná přijímačová 10 H pro 100 mA. Jako usměrňovací elektronka by vyhověla AZ 1 nebo AZ11, ale použijeme raději většího typu, t. j. AZ4 nebo AZ12. Pokud snad použijeme usměrňovačky s nepřímou žhavenou katodou, je v zájmu její životnosti nutno volit menší prvý filtrační kondensátor nebo vřadit mezi katodu a první kondensátor omezovací odpor řádu 100Ω , sloužící k omezení špičko-

vého proudu. Zdroj je dále opatřen doutnavkovým stabilisátorem napětí. Použijeme zde některého z četných inkurantních typů, které případně k dosažení vyššího stabilisovaného napětí řadíme do serie, nebo uijeme vícedráhového typu jako je STV150/20, STV280/40 a pod. Pro spolehlivou funkci stabilisátoru je třeba, aby napětí zdroje bylo nejméně o 50% vyšší než stabilisované napětí. Srážecí odpor pro stabilisátor vyměříme tak, aby při chodu naprázdno tekla stabilisátorem jmenovitý příčný proud. Ve zdroji získáváme i záporné napětí pro klíčování předpětím pracovní mřížky. Napětí jedné poloviny sekundáru transformátoru jednocestně usměrnujeme stykovým usměrňovačem a po filtraci odebíráme vhodně veliké napětí z děliče. Vzhledem k malému odběru lze jako usměrňovače upotřebit selenové „tužky“ pro proud 5 mA. Zdroj je jištěn v primáru i sekundáru transformátoru tavnými pojistkami. Kromě síťového dvoupólového vypínače je vhodné mít možnost samostatně vypínat i anodové napětí. Pokud má vysílací elektronka samostatný žhavicí transformátor, vypínáme primár transformátoru anodového zdroje. Je-li žhavení na společném transformátoru, upravíme vypínání anodového napětí podle obr. 20. Dvoupólový vypínač, jímž se jednak vypíná žhavení usměrňovačky, jednak se odpíná od usměrňovačky zátěž.

9. KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ

V závěru první části se ještě zmíníme o mechanickém provedení stavby malých vysílačů. Jak jsme se již dozvěděli, určují požadavky elektrické, značně konstrukční provedení vysílače. To se především týká mechanických vlastností rezonančních okruhů. Zde se však dotkneme spíše otázky celkového pojetí stavby, tedy především vzhledu.

Starou bolestí amatérských přístrojů a zařízení, i když jinak po stránce elektrické činnosti vyhovují, je otázka vzhledu. I zde by měla být snaha vyrovnat se přístrojům profesionálním. Konstruktor obvykle užije první vhodné kostry, kterou má po ruce, a pak, třebaže je přístroj jako samostatný celek vzhledný, působí celé amatérovo zařízení, které je snůškou různých rozměrů, neurovnaně. Proto je nejlépe celé zařízení, nejedná-li se o miniaturní přenosné přístroje, budovat po vzoru stavebnicových měřicích souprav nebo do panelového rámu (skříně), což dodá zařízení skutečně krásný technický vzhled. Při tomto pojetí stavby se přidržujeme čs. normy, nebo si sami stanovíme jednotné rozměry. V případě stavby do rámu je vhodné zdroj vysílače vestavět do společného dílu s vysílačem. Jako

samostatnou jednotku budujeme zdroje pro větší vysilače nebo laboratorní a dílenské zdroje. [Čs. panelová norma (7) a (22).]

Vysilač se zdrojem stavíme na silnější kostru z hliníkového plechu. Všechny části vysilače dobře upevníme, aby vysilač snesl bez nebezpečí i hrubší zacházení při dopravě, při čemž dbáme zásad uvedených ve stati o laděných okruzích. Zachycení panelu a kostry v rámu napodobíme podle profesionálních konstrukcí, nebo sami zkonstruujeme podle svých výrobních možností. Na přední panel umístíme všechny ovládací prvky, dozadu, jde-li o samostatnou jednotku, síťovou zástrčku a pojistky. U skříňové konstrukce se opatřují jednotlivé díly nožovými kontakty, které při zasunutí do rámu zapadají do příslušných zástrček. Přepínáme-li pásma vyměňováním cívek, je nutno zhotovit kryt snadno a rychle odnímatelný nebo odklopný. V skříňovém provedení umístíme cívky tak, aby byly přístupné při povysunutí vysilače z rámu.

Již při návrhu pamatujeme na snadnou obsluhu vysilače. S provozního hlediska je ideálem vytvořit vysilač s jednoknoflíkovou obsluhou. Použitím nastavitelného anodového a antenního okruhu lze tuto podmínku splnit. Vzhledem k nízkému Q zatížených obvodů není dosažení vyhovujícího souběhu nikterak obtížné. Při rozestření pásma po celé stupnici není již třeba užívat převodu do pomala. Stupnici vysilače čejchujeme buď přímo v kmitočtech, nebo užijeme úhlového dělení a převodních grafů. Prvý způsob je pohotovější. Pro rychlé přeladování je nejlépe provést stupnici vysilače zcela stejně, jako je provedena na přijímači, který bude v provozu. Jako indikátor správného vyladění okruhů se běžně používá anodového miliampérmetru. Takový indikátor je nutný zejména u vysilačů, které často mění anteny nebo provozní hodnoty. U stabilní stanice, která pracuje stále do stejné anteny, postačí jednodušší indikace. Vyhoví malá doutnavka nebo volně vázaný absorpční kroužek v anodovém okruhu. Vysilač lze také opatřit měřicími svorkami, do nichž zasuneme měřidlo pouze za provozu.

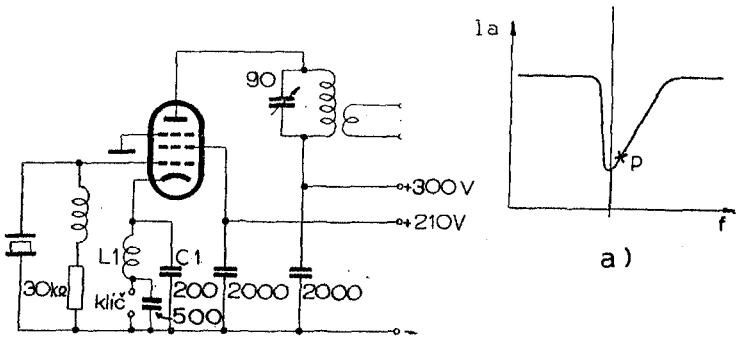
Při zapojování vysilače a rozmísťování součástí dbáme všeobecných zásad stavby vř přístrojů, t. j. spoje, které nesou vř napětí vedeme nejkratší cestou a vazbu mezi mřížkovým a anodovým obvodem zmenšíme na nejmenší možnou míru. Jednotlivé součástky spojujeme silnějším spojovacím drátem a všechny zemnicí spoje svádíme do jednoho bodu a ten teprve spojíme s kovovou kostrou vysilače. Dobrý pozor je třeba dát na delší spoje, jejichž chvění může ohrozit stabilitu kmitočtu. Proto přívody napětí a ostatní spoje, u kterých nezáleží na délce, sdružujeme do svazků zajištěných ovázáním po vzoru továrních výrobků. Tento způsob spojení, i když je prac-

nější, přispívá nejen k pěknému vzhledu přístroje, ale zvyšuje také provozní spolehlivost.

U malých vysilačů bude napájecí napětí vždy menší než 500 V, takže nejsou nutná zvláštní bezpečnostní opatření proti úrazu. Nebezpečí úderu hrozí při výměně anodové cívky, je-li anodový obvod napájen seriově. U skříňové konstrukce toto nebezpečí není, protože je vysilač při vysunutí z rámu odpojen od sítě nebo napájecích zdrojů. Zato u samostatných jednotek a otevřených konstrukcí je nutno se postarat o odpojení anodového napětí během manipulace v útrůbách vysilače nebo napájet anodu paralelně, aby součásti anodového obvodu nenesly ss potenciál.

1. KRYSTALEM ŘÍZENÝ VYSILAČ — CO

Všechny amatérské příručky začínají zcela tradičně popisem vysilače řízeného krystalem. Ani zde nečiníme výjimku. Takový vysilač je skutečně nejjednodušší a přitom se vyznačuje výbornou stabilitou



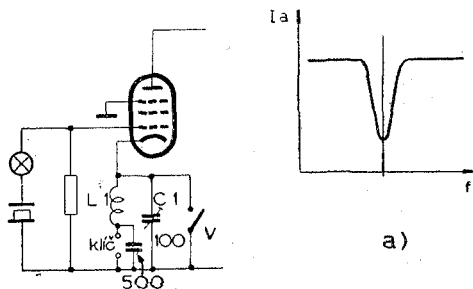
Obr. 21. Krystalem řízený vysilač s elektronkou EBL 21

a tónem. Je pravda, že na dnešních přeplněných pásmech je laditelný vysilač vhodnější, ale praxe ukazuje, že i s vysilačem řízeným krystalem je možná úspěšná práce, pokud se vhodně uzpůsobí provoz.

V zapojení vyobrazeném na obr. 21 je vysilač osazen nf pentodou EBL21. Tato elektronka má dostatečně velkou kapacitu C_{ga} , takže ji není nutno jako u jiných pentod (zejména vf) zvětšovat připojením malého kondensátoru. K dosažení hlubšího vybuzení je mřížkovému svodu předražena tlumivka. Její hodnota není kritická a pohybuje se v řádu 1 mH. Totéž platí i pro katodovou tlumivku. Je třeba však dbát, aby mezi tlumivkami nenastala vazba, která by mohla vést k rozkmitání vysilače na parazitním kmitočtu. Kondensátor C1 spolu s kapacitou C_{kg} tvoří dělič, takže mřížkový obvod má podobu tříbodového oscilátoru. Tímto způsobem je zvýšena spolehlivost nasa-

zování oscilací hlavně při rychlejší klíčování a těsnější vazbě se zátěží. Anodový rezonanční okruh je laděn na kmitočet krystalu. Průběh anodového proudu při ladění anodového kondensátoru je znázorněn na obr. 21a. Nejmohutnější oscilace odpovídají minimu anodového proudu, ale směrem k nižším kmitočetům má průběh velmi ostrý skok. Proto se nesmí okruh ladit zcela na minimum, ale poněkud k vyšším kmitočetům (bod *P*). Jinak při těsné vazbě s antenou oscilátor vypadává z oscilací.

Na obr. 22 je trochu jiná úprava krystalem řízeného vysilače. Kromě vyznačených odchylek je zapojení shodné s předešlým. Jedná se zde o zdvojovač kmitočtu v zapojení tri-tetu.



Obr. 22. Úprava zapojení u tri-tetu

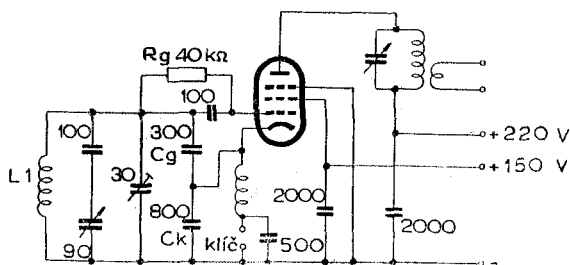
Nastavením kondensátoru *C 1* (nebo *L 1*, je-li na železovém jádře) dosáhneme toho, že oscilátor kmitá i při zkratovaném anodovém okruhu. (Kmity indikujeme absorpčním vlnoměrem na cívce *L 1*.) Průběh anodového proudu v závislosti na ladění okruhu je symetrický (obr. 22a) a okruh ladíme na minimum anodového proudu zcela obdobně jako u ECO. Anodový okruh se může též ladit na kmitočet krystalu, ale při větším výkonu a s elektronkou, která má větší kapacitu C_{ga} , je nebezpečí přetížení nebo i zničení krystalu přílišným vf proudem. Za účelem ochrany se vkládá do serie s krystalem malá žárovka (6 V, 50 mA) a případně se zkratováním katodového obvodu vysilač přemění v běžné CO. Anodové okruhy obou krystalem řízených vysilačů jsou zcela stejné jako u dále popisovaných vysilačů.

Dvoustupňové vysilače s malým příkonem nepřinášejí proti solo-oscilátorům žádné podstatné výhody kromě zvýšení účinnosti. Z toho důvodu zde podobný druh zapojení neuvádíme.

2. ELEKTRONOVĚ VÁZANÝ VYSILAČ — ECO

Vysilač na obr. 23 je vhodný hlavně pro amatéry, kteří jsou odkázáni na ss síť. Po záměně elektronky UBL21 za EBL21 lze jej beze změn napájet ze střídavé sítě. Vysilač byl postaven výhradně pro práci na 80m pásmu, takže při provozu na 160 m bude nutno resonanční okruhy upravit na příklad po vzoru dále popsaného ECO *push-push*.

Mřížková cívka je navinuta na keramickém tělísku o průměru 40 mm smaltovaným drátem o \varnothing 0,5 mm a má 30 závitů na délce 30 mm. Okruh je laděn otočným kondensátorem 90 pF. Je to známý



Obr. 23. ECO s UBL 21

menší inkurantní druh s keramickými kruhovými čely a frézovaným statorem a rotorem. Při úpravě pro 160m pásmo je nutno nahradit jej větším druhem, který má konečnou kapacitu 270 pF. Všechny ostatní kondensátory ve vysilači jsou keramické. Resonanční okruh je doplněn trimrem o kapacitě několika desítek pF a seriovým kondensátorem C 1, který upravuje rozestření pásma. Chceme-li rozeštíť pouze telegrafní část pásma 80 m, použijeme ještě menší hodnoty. Naproti tomu na 160 m jej bude nutno vyřadit, abychom obsáhli celé pásmo. Mřížkový svod R 1 přemostňuje vazební kondensátor a tato úprava zmenšuje tlumení resonančního okruhu o jednu třetinu proti zapojení, v němž je svod připojen přímo na zem (kathodu). Tlumivka v katodovém přívodu je vinuta křížově na průměru 4 mm ve čtyřech sekcích po 200 závitěch. Anodový okruh obsahuje cívku, jež je navinuta na větším keramickém tělese (průměr 70 mm, 20 závitů drátem o \varnothing 1 mm na délce 80 mm), a ladicí kondensátor téhož druhu, jako v mřížkovém okruhu. Na studeném konci anodové cívky je vinutí linkové vazby (2 závitě). Antenní obvod je shodný s anodovým, jen místo linkové cívky tapujeme cívku přímo na anten-ní cívku (viz obr. 16d).

Vysilač byl napájen ze ss sítě 220 V, při čemž žhavicí napětí bylo získáno srážecím odporem a napětí stínicí mřížky bylo odebráno z doutnavkového stabilisátoru. Ukázalo se, že není radno volit stínicí napětí větší než 150 V, protože při vyšším napětí se počíná objevovat kužkaní. Při příkonu 7 W byl dosažen výkon přes 3 W.

3. ECO S RV12P2000 PRO QRP ZÁVOD

Ústřední radioklub vypisuje každoročně závod vysilačů s malým příkonem. Vysilač může být osazen pouze jednou elektronkou přijímačového typu (AF7, EF9, NF2, RV12P2000 a pod.) podle vlastního výběru, při čemž není příkon omezen. Pro tento závod byl vyvinut popisovaný vysilač osazený elektronkou RV12P2000, která jak bylo zjištěno pokusy, snáší i velké přetížení. Ukázalo se dále, že přes přetížení lze dosáhnout dobré stability a výborného tónu.

Zapojení je naprosto shodné s obr. 23, jsou jen změněny hodnoty některých součástí. Mřížkový rezonanční okruh se skládá ze stejné provedené cívky a ladicího kondensátoru 270 pF. V kapacitním děliči jsou slídivé kondensátory $C_g = 250$ pF a $C_k = 640$ pF. Mřížkový svod je 33 k Ω a vznikl paralelním složením odporů 100 k Ω a 50 k Ω pro zatížení 1 W. Kathodová tlumivka je navinuta na železovém jádru a má indukčnost 8 mH. Aby bylo dosaženo vysoké účinnosti, je vysilač napájen poměrně vysokým anodovým napětím (450 V). Podle toho je upraven i anodový rezonanční okruh, který má vysoký poměr $\frac{L}{C}$ (viz obr. 14). Cívka má indukčnost 60 μ H. Je zcela stejně

provedena jako mřížková a dvojnásobného zvýšení indukčnosti bylo docíleno vložením železového jádra do keramického formeru. Anodový ladicí kondensátor byl nahrazen trimrem, kterým je okruh trvale vyladěn na střed telegrafního pásma. Při nižších anodových napětích vyhoví i vzduchový kalíškový trimr.

Jako nejvhodnější kombinace připojení brzdicí mřížky se projevilo spojení se stínicí mřížkou, takže se elektronka přeměnila v tetrodu. Stínicí mřížka je napájena ze stabilisovaného zdroje a velikostí tohoto napětí lze měnit příkon vysilače. Nakonec uvádíme naměřené hodnoty:

$$\begin{aligned} V_a &= 460 \text{ V} \\ I_o &= 10 \text{ mA} \\ N_p &= 4,6 \text{ W} \end{aligned}$$

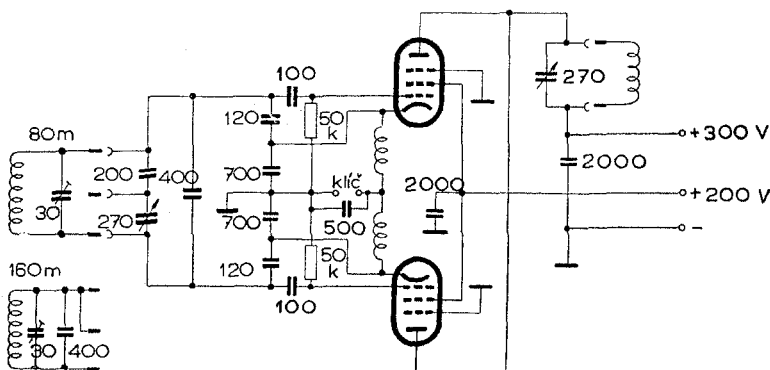
$$\begin{aligned} N_v &= 2,9 \text{ W} \\ \eta &= 63\% \\ I_{g^1} &= 1,2 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{g^1} &= 210 \text{ V} \\ I_{g^1} &= 3 \text{ mA} \end{aligned}$$

Mezi elektronkami RV12P2000 lze nalézt obzvláště odolné kusy, u nichž je možno příkon dále zvětšit zvyšováním anodového napětí. Dosahovaný příkon se pak pohybuje kolem 10 W i více. Je ovšem třeba podotknout, že se zde jedná o technickou zajímavost a ne o způsob, jakým se mají konstruovat běžné vysilače. Maximální příkon s jakým je možno spolehlivě pracovat s elektronkou RV12P2000 nepřesahuje 5 W.

4. ECO PUSH-PUSH

Poněkud odlišné a velmi vhodné zapojení solo-oscilátoru je ECO push-push na obr. 24. Je to dvuelektronkový oscilátor se souměrným mřížkovým a asymetrickým anodovým obvodem. V anodovém



Obr. 24. ECO push-push

rezonančním okruhu se potlačují všechny liché harmonické kmitočty včetně základního. Toto zapojení se vyznačuje vyšší účinností a též lepší stabilitou než jednoduchý ECO.

Popisovaný vysilač je osazen dvěma televizními pentodami EF14. Všechny kondensátory jsou keramické a tlumivky jsou inkurantní druhy vinuté v hrníčkových železových jádrech. Podrobněji se zmíníme o provedení rezonančních okruhů, protože této úpravy můžeme užít i v ostatních zde popisovaných vysilačích.

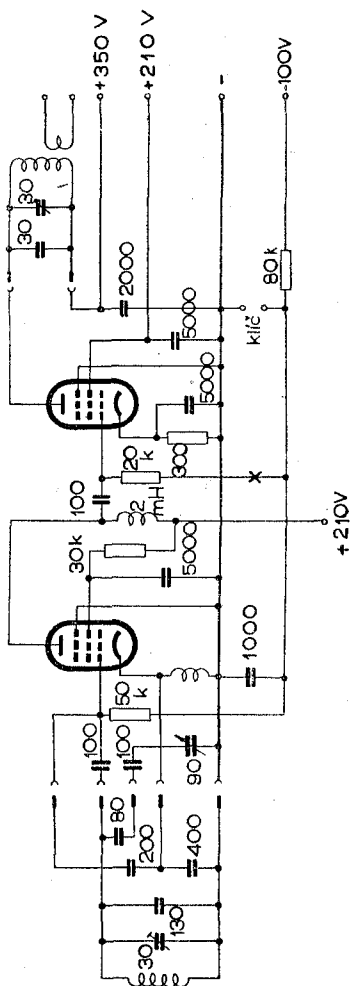
Přepínání pásem je řešeno výměnnými cívkami. Abychom dosáhli dokonalého rozestření obou pásem, je provedena tato úprava: V serii s ladicím kondensátorem je pro pásmo 80 m zapojen rozestírací kondensátor 130 pF. Při zasunutí cívky pro 160 m je pomocným kontaktem seriový kondensátor zkratován a šíře pásma vzroste.

U každé cívky je trimr sloužící k usazení pásma a cívka pro 160 m má navíc paralelní kapacitu 400 pF. Cívka pro 80m pásmo je opět navinuta na keramickém tělísku o průměru 40 mm smaltovaným drátem o \varnothing 0,7 mm a má 23 závitů na délce 30 mm. Pro pásmo 160 m má cívka při stejném provedení 32 závitů. Anodový ladící kondensátor je stejného typu jako v mřížkovém okruhu. Také cívky anodového okruhu jsou naprosto shodné s mřížkovými, mají navíc vinutí pro linkovou vazbu v podobě dvou závitů silnějšího drátu.

Při anodovém napětí 300 V a napětí stínících mřížek 200 V odebírá vysilač 30 mA t. j. příkon 9 W. Na umělé anteně byl naměřen výkon 5 W.

5. DVOUSTUPŇOVÝ VYSILAČ

Řadu jednoduchých vysilačů vhodných pro tř. C uzavíráme popisem dvoustupňového vysilače. Jak již bylo předesláno v prvé části, lze tohoto vysilače použít později jako dobrého budiče pro větší vysilač. První stupeň pracuje jako elektronově vázaný Seilerův oscilátor s aperiodickým anodovým obvodem a je kapacitně vázán s druhým stupněm, jehož výstup je laděn na druhou harmonickou oscilátoru. Toto uspořádání zcela dokonale odstraňuje vliv zátěže respektive dalších vysilačových stupňů na oscilátor. K zvýšení stability přispívá značně i Seilerova modifikace Colpittsova oscilátoru. Jediná nevýhoda popiso-



Obr. 25. Malý dvoustupňový vysilač

vaného vysilače spočívá v nižší účinnosti, neboť při příkonu 10 W dodává jen 4 W výkonu. Nižší účinnost je způsobena nedostatečným vybuzením zdvojovače, což má na svědomí aperiodický anodový obvod prvního stupně. Snížení výkonu, jak jsme již ukázali, se při provozu podstatně neprojeví.

Původní vzor měl opět výměnné cívky s pětipólovými kontakty a každá cívka byla i s příslušnými kapacitami uzavřena ve stínícím krytu. Lepší je konstruovat vysilač jen pro jedno pásmo: celý laděný okruh je kompaktnější a mechanicky stabilnější. Vysilač je osazen strmými pentodami LV1. Jejich jediným stínem je nutnost užívat vyššího anodového napětí, má-li být dosaženo příkonu 10 W. Jinak je zapojení zcela běžné. Všechny kondensátory byly slídové s výjimkou kapacit v oscilátorovém rezonančním okruhu, kde bylo užito keramických (Calit a Tempa S).

Při uvádění do chodu odpojíme zdvojovačí stínící a anodové napětí a do bodu X zařadíme miliampérmetr. Trimrem usadíme pásmo a sledujeme mřížkový proud při protáčení mřížkového ladicího kondensátoru. V pásmu se mřížkový proud nemá měnit více než o 25%. Dosažuje-li změna větších hodnot, musíme vyzkoušet jiný poměr kapacit C_h a C_g . Hodnoty cívek pro 80m pásmo: průměr 30 mm, 38 závitů drátem o \varnothing 0,5 mm, délka 30 mm. Anodová cívka: 30 závitů drátem 0,5 mm na stejné keramické kostře, linková vazba 2 závity drátu o \varnothing 1,0 mm.

Pro pásmo 160 m použijeme dvojnásobné kapacity a indukčnosti.

ZÁVĚR

Popsané typy nejsou míněny jako návod ke stavbě, ale mají pouze podat příklad, jak vysilač konstruovat. Zdaleka nevyčerpávají všechny možnosti a záleží na konstruktérově důvtipu, jak využije elektronek a ostatního materiálu. Kromě přizpůsobení pro jiné typy elektronek uvádíme namátkou rozmanité úpravy rezonančních okruhů: ladění variometry, současné ladění více obvodů, použití přepínačů atd. Velmi lákavé je i použití sdružených elektronek (ECL11, ECH 21). Je nutné, aby konstruktér sledoval i odborný tisk, v němž často najde mnoho dobrých podnětů pro svou práci.

V této práci vám přeje autor mnoho zdaru a úspěchů, aby se vám podařilo vyrobit vysilač nejstabilnější a s nejlepším tónem.

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAKŮ

<p>C — kapacita</p> <p>f — kmitočet (frekvence)</p> <p>I — konstantní nebo efektivní hodnota proudu</p> <p>I_c — efektivní hodnota cirkulačního proudu</p> <p>I_{g1} — střední hodnota proudu řídicí mřížky</p> <p>I_{g2} — střední hodnota proudu stínící mřížky</p> <p>I_o — střední hodnota anodového proudu</p> <p>I_1 — rozkmit proudu první harmonické</p> <p>L — indukčnost</p> <p>N — výkon (obecně)</p> <p>N_p — příkon</p> <p>N_r — rozptyl, ztráta</p> <p>N_v — výkon (vf)</p> <p>Q — činitel jakosti</p> <p>Q_o — činitel jakosti nezatíženého okruhu</p>	<p>Q_z — činitel jakosti zatíženého rezonančního okruhu</p> <p>R — odpor</p> <p>R_g — hodnota odporu mřížkového svodu</p> <p>R_d — dynamický odpor</p> <p>S — statická strmost elektronky</p> <p>S_d — dynamická strmost elektronky</p> <p>V — konstantní nebo efektivní hodnota napětí</p> <p>V_a — anodové napětí elektronky</p> <p>V_{g2} — napětí stínící mřížky elektronky</p> <p>Z — impedance (zdánlivý odpor)</p> <p>δ — ztrátový úhel</p> <p>η — účinnost</p> <p>η_p — přenosová účinnost</p> <p>\emptyset — průměr</p> <p>ω — kruhový kmitočet</p>
--	---

LITERATURA

1. Prof. Ing. Dr J. Stránský: Základy radiotechniky I
2. Moděl-Něvjažskij: Radiové vysilače
3. K. A. Šulgin: Stavba amatérských krátkovlnných vysilačů
4. Amatérské vysílání pro začátečníky
5. Anteny amatérských vysilačů
6. Amatérská radiotechnika I a II
7. ČSN — ESČ 214 — 1947 Panelové přístroje

Články v časopisech:

8. RNDr V. Farský: ECO, KV 5/1946
9. RNDr V. Farský: Poznámky k ECO, KV 9/1946
10. Ing. K. Špičák: Anodové ladicí obvody C-zesilovačů, KV 4/1949
11. J. Vackář: LC-oscilátory a jejich stabilita, KV 10/1949
12. I. Šolc: Piezoelektrické křemenné krystaly pro oscilátory, KV 3/1950
13. I. Soudek: O krátkovlnných cívkách, KV 6/1950
14. R. Major: Co můžete očekávat od zvýšení výkonu vysilače, KV 1/1951
15. V. Stříž: Křemenné krystaly s proměnným kmitočtem, KV 3/1951
16. R. Major: Návrh pí-článku, KV 4/1951
17. R. Lenk: Význam činitele Q ve vysílací technice, KV 12/1951
18. J. Pohanka: Filtrace a stabilisace, AR 11/1952
19. V. Prehala: Vysilač, který se osvědčil, AR 11/1952
20. Ing. A. Kolesnikov: QRP, AR 4/1953
21. V. Prehala: Rušení rozhlasu, jeho příčiny a odstranění, AR 3/1954
22. Panelová konstrukce, KV 3/1948

Zkratky časopisů: AR — Amatérské radio, KV — Krátké vlny.

KNIŽNICE RADIOTECHNIKY

—
SVAZEK 16

KAREL JORDAN

JEDNODUCHÉ MALÉ VYSILAČE

Obálku navrhl Otakar Karlas

Odpovědný redaktor technik kapitán Josef Bláha

Vydalo Naše vojsko, vydavatelství, národní podnik v Praze, jako svou 1358. publikaci. Ze sazby Monotype písmem Bodoni vytiskla tiskárna Naše vojsko, národní podnik v Praze. Formát papíru 86×112. Dílo obsahuje 2,02 autorských archů a 2,44 vydavatelských archů. MSV 110790/SV/54 7.900 výtisků.

05/38. Vydání I. Daň 4^o/. Cena šité brož. 2,90 Kčs *