

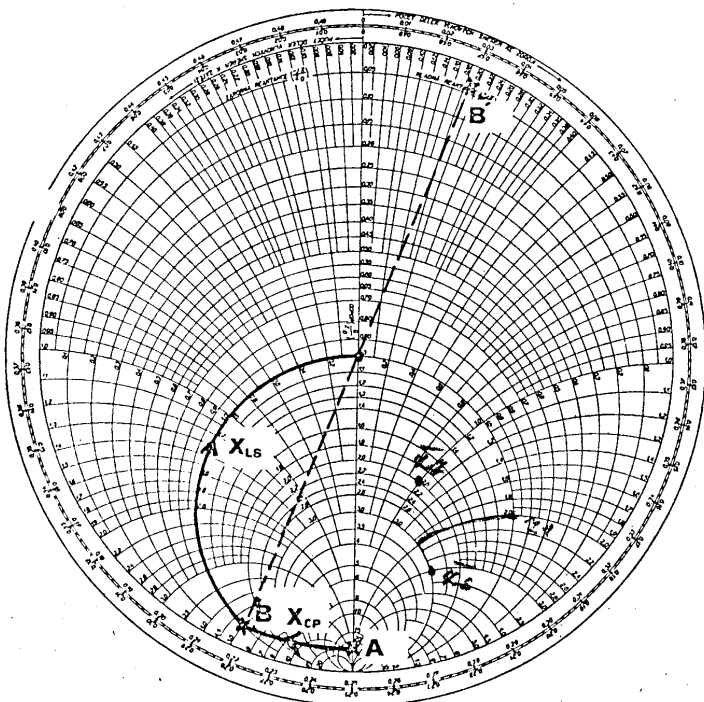
délku. Nemohu zde rozebírat všechny vztahy vzhledem k omezenému rozsahu článku. Vážnější zájmece je najde odborné literatuře. Účelem tohoto článku je ukázat, jak lze jednoduchými prostředky vyzážit s maximální účinností v energii z koncového stupně. V teoretické elektrotechnice platí zákon, že maximální přenos energie ze zdroje do spotřebiče bude tenkrát, bude-li vstupní impedance spotřebiče komplexně sdružená s vnitřní impedancí zdroje. Pro anténu můžeme PA vysíláče považovat za zdroj v f. energii o impedanci 75 Ω. Proto použijeme jako napájecí souosý kabel o vlnové impedanci 75 Ω, např. VF KP390 nebo VF KP391 (vnější ø 10,3 mm), případně VF KP250 nebo VF KP251 (vnější ø 6 mm). Na 30 MHz je útlum kabelu VF KP390 0,03 dB/m a útlum kabelu VF KP250 0,07 dB/m.

Vstupní komplexní impedanci zářiče musíme transformovat na čistě reálnou impedanci 75 Ω. Smithův diagram umožňuje jednoduché stanovení prvků přizpůsobovacího obvodu. Jak je známo, zářič dlouhý sudý násobek λ/4 má vstupní impedanci velkou (okolí paralelní rezonance). Reálná impedance dosahuje 1 000 až 2 000 Ω. Jalová impedance dosahuje 500 až 1 000 Ω a v místě paralelní rezonance mění své znaménko. Skutečná velikost reálné i jalové složky impedance závisí značně na štihosti zářiče. Pro svoji velkou vstupní impedanci nejsou zářiče v okolí paralelní rezonance tak citlivé na kvalitu protiváhy jako zářiče v okolí své sériové rezonance (liché násobky λ/4). V praktických měřeních, která jsem uskutečnil, byla tato závislost potvrzena. Vypočítaná impedance dost dobře sou-

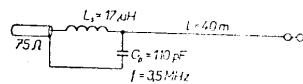
hlasí s impedancí naměřenou (poloha bodu na Smithově diagramu). Horší je situace u zářičů blízko sériové rezonance. Impedance zářiče zde má nejmenší hodnotu asi 37 Ω a celková vstupní impedance této antény, měřená proti zemi, závisí silně i na kvalitě zemní soustavy, protiváh, hromosvodné soustavy, případně i na délce napájecího souosého kabelu. V praxi to znamená, že vstupní impedanci zářiče blízko jeho sériové rezonance (tj. lichý násobek λ/4) je nutno změřit přímo na místě. Podle změřené hodnoty lze pak navrhnout typ a součástky přizpůsobovacího článku. Zářiče blízko své paralelní rezonance se nemusí měřit a přizpůsobovací obvod se dá zhruba navrhnout výpočtem a dolažit měření. Pro zcela obecné délky zářiče je lépe navrhnout přizpůsobovací obvod až po předběžném proměření jeho vstupní impedance můstkem (např. BM431E). V tomto článku uvádím výpočet pro zářič dlouhý 83 m a 40 m. Jinak jsem v praxi vyzkoušel i jiné – zcela libovolné – délky zářičů, které se po předběžném změření daly dobře přizpůsobit k sousednímu kabelu 75 Ω a pracují stejně dobře jako antény blízko rezonanci.

Příklad výpočtu přizpůsobovacího obvodu

Vstupní impedance antény dlouhé 40 m na kmitočtu 3,5 MHz je zakreslena ve Smithově diagramu (bod A – obr. 2). Tato impedance se přizpůsobí na 75 Ω (čili „přemístí“ do středu Smithova diagramu) následujícím postupem. Nejprve bod A posuneme do bodu B paralelní kapacitou. Bod B přeneseme symetricky kolem středu do bodu B'. Odečteme velikost „reaktance“ 0,18. Platí



Obr. 2. Výpočet přizpůsobovacího obvodu



Obr. 3. Vypočtený přizpůsobovací obvod

$$X_{cp} = \frac{1}{0,18} \cdot 75 \Omega = \frac{1}{2\pi f C_p}$$

Z toho plyne $C_p = 110$ pF.

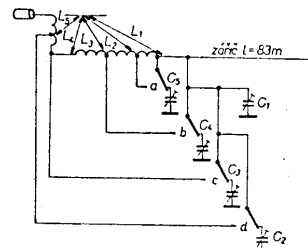
Bod B pomocí sériové indukčnosti „posuneme“ do středu diagramu. Opět odečteme z grafu reaktanci 5,0; platí tedy

$$X_{Ls} = 5,0 \cdot 75 \Omega = 2\pi f L_s$$

čemuž odpovídá $L_s = 17 \mu H$.

Zapojení přizpůsobovacího obvodu pro anténu 40 m a pásmo 3,5 MHz je na obr. 3. Podobným způsobem vypočítáme přizpůsobovací obvod pro jiné kmitočty, případně pro jiné délky antény. Je to přizpůsobení pouze pro jeden kmitočet, ale pro malou šířku amatérských pásem vyhovuje dobře i pro jejich krajní kmitočty. Celkové schéma přizpůsobovacího obvodu pro anténu dlouhou 83 m je nakresleno na obr. 4. Obvod je navržen pro pásma 1,8; 3,5; 7; 14 a 21 MHz.

V tabulce 1 jsou uvedeny hodnoty prvků L, C a zároveň činnost v f. relé, které je přepíná.



Obr. 4. Celkové schéma přizpůsobovacího obvodu pro zářič délky 83 m

Tab. 1.

Pásmo	Relé sepnuta	Obvod LC je tvořen
1,8 MHz	0	$L_1 - C_1 + C_2 + C_3 + C_4$
3,5 MHz	a	$L_1 - C_1 + C_2 + C_3 + C_4$
7 MHz	a + b	$L_1 - C_1 + C_2 + C_3$
14 MHz	a + b + c	$L_1 - C_1 + C_2$
21 MHz	a + b + c + d	$L_1 - C_1$

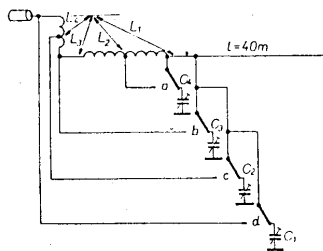
$L_1 = 2,2$ až $2,5 \mu H$ $C_1 = 400$ pF (možno použít 100 pF otočný + 300 pF pevný)
 $L_1 = 5 \mu H$ $C_1 = 90$ pF (otočný)
 $L_1 = 10 \mu H$ $C_2, C_3, C_4 = 30$ pF (otočné vzduchové trimry)
 $L_1 = 19 \mu H$ vzdálenost mezi deskami u kondenzátorů musí být minimálně 1 mm
 $L_1 = 37 \mu H$

Schéma přizpůsobovacího obvodu pro anténu dlouhou 40 m je na obr. 5. Obvod je opět navržen pro pásma 1,8; 3,5; 7; 14; 21 MHz. V tabulce 2 jsou uvedeny příslušné hodnoty prvků L , C pro tento případ.

Tab. 2.

Pásmo	Relé sepnuto	LC obvod je tvořen
1,8 MHz	a + b + c + d	—
3,5 MHz	0	$L_1 - C_1 + C_2 + C_3 + C_4$
7 MHz	a	$L_1 - C_1 + C_2 + C_3$
14 MHz	a + b	$L_1 - C_1 + C_2$
21 MHz	a + b + c	$L_1 - C_1$
$L_1 = 17 \mu\text{H}$ $C_4 = 100 \text{ pF}$ otočný		
$L_2 = 7,5 \mu\text{H}$ $C_2, C_3, C_1 = 30 \text{ pF}$ otočné $L_3 = 3,4 \mu\text{H}$ vzduchové trimry $L_4 = 2 \mu\text{H}$		

U antény dlouhé 40 m by bylo lepší navrhnut přizpůsobovací článek pro pásmo 1,8 MHz až po změření na místě. Myslím si, že v krajním případě se souosý kabel může připojit přímo k zářiči (obr. 5).



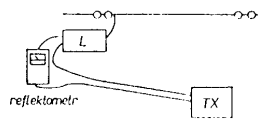
Obr. 5. Celkové schéma přizpůsobovacího obvodu pro zářič délky 40 m

Několik konstrukčních připomínek

Cívku v přizpůsobovacím anténním obvodu je vhodné rozdělit na dvě, jak je to zvykem i v PA. Cívku pro 28, 21 a 14 MHz uděláme samonosnou a cívku pro nižší pásma navíneme na nosnou kostru z keramiky nebo pertinaxu o průměru asi 30 až 50 mm. Doladovací trimry a kondenzátory jsou vzduchové a vzdálenosti mezi jejich deskami jsou minimálně 1 mm. Napětové poměry jsou zde poněkud příznivější než v PA. Na cívkách je vhodné ponechat několik odboček okolo vypočítaných míst. Obě cívky mají být umístěny navzájem kolmo. Pro přepínání jsou vhodná všechna vf relé, která mají krátké kontakty a malou kapacitu vůči zemi. Napájecí napětí pro ovládání relé se vede přes přepínač vícežilovým kabelem souběžně se souosým kabelem. Všechny součástky musíme umístit do vodotěsné krabice s konektorem pro napájecí 75 Ω a s izolátorem pro připojení antény. Krabice se umístí na střeše nebo na půdě, co nejbližší místu, kde vchází zářič do budovy.

Ladění antény

Ladění pomocí reflektometru 75 Ω (obr. 6)

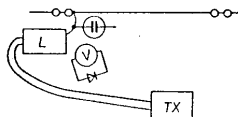


Obr. 6. Ladění antény reflektometrem

Reflektometr zařadíme mezi souosý kabel 75 Ω a přizpůsobovací obvod. Začneme ladit od nejvyššího pásma. Zapojíme příslušná relé. V našem případě vyladíme TX na středním kmitočtu pásma 21 MHz. Na tomto kmitočtu bude optimální přizpůsobení. Je vhodné zmenšit výkon vysílače, aby na reflektometru byla dobře čitelná výchylka.

Ladíme nejprve C_1 na minimální odražený výkon. Je možné i posouvat odbočku na cívce. Potom vysílač přepneme na 14 MHz a přepneme i přizpůsobovací člen. Vyladíme vysílače a kondenzátorem C_2 opět ladíme na minimální odražený výkon. Stejným způsobem ladíme i další pásma. Musíme doladovat vždy jenom tím kondenzátorem, kterým jsme předtím ještě neladili (abychom si nerozladili již dříve naladěná pásma).

Ladění s vf indikátorem nebo doutnavkou (obr. 7)



Obr. 7. Ladění antény pomocí vf voltmetru nebo doutnavky

Jako vf indikátor dobře poslouží Avomet na ss rozsahu, překlenutý vf diodou. Vf indikátor umístíme do blízkosti zářiče. Je možno zavěsit doutnavku na zářič v místě, kde je připojen k přizpůsobovacímu obvodu. Vysílač předem předladíme do umělé zátěže 75 Ω . Potom jej připojíme k anténě a ladíme přizpůsobovací obvod na maximální výchylku vf indikátoru, nebo na maximální svět doutnavky. Opět je možno i změnou odbočky na cívce najít naladění, při kterém anténa nejvíce vyzářuje. Tento způsob není sice tak přesný, jako práce s reflektometrem, ale plně postačuje. V obou případech je především nutné mít správně navržený článek II ve vysílači. Mohlo by se totiž stát, že se podaří vyladit anténu na minimální odraz, ale článek II ve vysílači nebude schopen (s malým Q) přizpůsobit výstupní impedanci koncových elektronů na 75 Ω . Poznává se to podle hlubokého poklesu anodového proudu PA při vyladění článku II do rezonance. Optimální pokles anodového proudu při vyladění článku II má být 5 až 10 % oproti proudu při rozladěném článku II.

Několik poznámek k vyzářovacím diagramům

Anténa určitého geometrického tvaru má zcela definovaný a impedančním přizpůsobením neměnný vyzářovací diagram. Např. 83 m dlouhá anténa se na 1,8 MHz chová jako dipól $\lambda/2$ napájený na konci. Vyzářovací charakte-

ristika v horizontální rovině je s maximálním vyzářováním kolmo k drátu ($\varphi = 90^\circ$ a 270°) a s minimálním vyzářováním ve směru drátu. To je ovšem za předpokladu, že anténa je vysoko nad zemí. Protože se vždy všechny rozměry uvažují na vlnových délkách, je jen zřídka kdy anténa pro 1,8 MHz „vysoko“ nad zemí. Potom se diagram antény mění a může dokonce nastat vyzářování ve směru osy drátu $\varphi = 0^\circ$, 180° . V podstatě ale lze uvažovat anténu za všesměrovou.

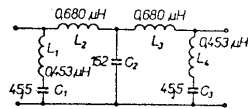
Na 3,5 MHz je vyzářovací diagram jako čtyřlístek s maximálními směry zařazení ve směrech $\varphi = 54^\circ$, 126° , 234° a 306° se ziskem 0,4 dB proti dipólu $\lambda/2$.

Na 7 MHz se počet laloků zvětší a maximální vyzářování je v úhlech 36° a 75° prvního kvadrantu. V ostatních kvadrantech je záření symetrické s prvním kvadrantem vzhledem k anténě. Zisk prvního laloku (36°) je 2,1 dB.

Na 14 MHz se hlavní lalok přimykne ještě více k anténě a je v úhlu 25° se ziskem 2,6 dB. Další podružné laloky jsou v úhlech 50° , 68° a 82° prvního kvadrantu a souměrné i v ostatních kvadrantech.

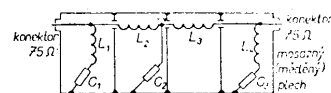
Na vyšších pásmech se hlavní laloky stále více přimykají k ose antény a počet podružných laloků se zvětšuje.

Jak bylo v úvodu naznačeno, je možné pro potlačení harmonických a dalších nežádoucích kmitočtů vřadit do přívodu k anténě filtr v těsné blízkosti vysílače. Uvádím zde filtr, který používám již mnoho let k plné spokojenosti. Je to dolní propust, která propouští s nepatrným útlumem 0,2 dB kmitočty 1,8, 3,5, 7, 14 a 21 MHz. Na kmitočtu 1. kanálu I. TV pásma má filtr útlum 40 dB a výše pak 50 dB. Schéma filtru e na obr. 8.



Obr. 8. Celkové schéma filtru

Cívky filtru jsou zhotoveny z drátu o \varnothing 1 až 2 mm jako samonosné a umístěny jednotlivě v oddělených prostorech plechové krabičky. Průměr cívek je 15 až 20 mm. Cívky mají být vzdáleny od plechových stěn minimálně o svůj průměr. Použité kondenzátory jsou keramické ze stability – mohou být i slidové. Konstrukční uspořádání je na obr. 9.



Obr. 9. Konstrukční uspořádání filtru

Závěr

Tímto příspěvkem jsem chtěl umožnit stavbu antény mnohým amatérům, kteří bydlí v obtížných městských podmínkách, kde se často anténa musí umístit na druhou stranu domu, než kam míří okno bytu. Další snahou článku bylo naznačit, jak účinně bojovat s TVI a umožnit tak provoz na pásmu i v době televizního vysílání. Přejí všem, kdo se do stavby této nebo podobné antény pustí, mnoho zdaru a alespoň tolik spokojenosti, jakou jsem s ní získal za mnoho let provozu na amatérských pásmech.