

(TV) antény Yagi pro pásmo 28 MHz

Jindra Macoun, OK1VR

Návrh úpravy komerčních TV antén pro 1. kanál na amatérské pásmo 50 MHz, publikovaný v listopadovém čísle PE, doplňujeme popisem podobných úprav i na pásmo 28 MHz. Opět se využívá původního TV zářiče – skládaného dipólu s ochranným krytem anténních svorek a ocelového ráhna s navařenými příchytkami pasivních prvků. Tyto prvky se jen prodlužují. Odpadají tak mnohé konstrukčně mechanické problémy, které amatérskou realizaci směrových (otočných) antén znesnadňují.

Rovněž na pásmo 28 MHz lze poměrně snadno „přeladit“ TV antény na I. pásmo, které se dříve prodávaly pod typovým označením výrobce (KOVOPLAST):

- S 101 KL – skládaný dipól,
- S 301 KL – tříprvková anténa,
- S 501 KL – pětiprvková anténa.

Podle aktuálního ceníku (2010) jsou označeny *TA 101 D, *TA 301 D, *TA 501 D, zatímco v předchozím článku [1] bylo použito označení 030 KL, 050 KL a 050 KKL, pod kterými byly tyto antény před lety měřeny v TESLA – VÚST.

Jejich přeladění na (nové) amatérské pásmo 50 MHz, popsané v PE 11/2010 [1], nebylo obtížné. Kdo se spokojil s původním „TV přizpůsobením“ na 75, resp. 300 Ω a mírným poklesem zisku v novém a užším pásmu, může antény používat i v původním stavu.

Avšak téměř poloviční kmitočet pásma 28 MHz vyžaduje skoro dvojnásobné délky ($50,1/28,2 = 1,776 \times$) všech prvků, spolu s odpovídající změnou roztečí. I tato úprava však není na ráhnech originálních TV antén složitá. Umožňuje zhotovení směrových antén na zajímavé DX-pásmo bez velkých finančních nákladů a se skromným dílenským vybavením.

Nezbytné mechanické změny

- Délky pasivních prvků, reflektorů a direktorů se prodlouží nastavnými trubkami.
- Větší rozteče mezi prvky se řeší snížením počtu prvků na původních ráhnech: 3prvková anténa S 301 KL se mění na 2prvkovou, 5prvková anténa S 501 KL se mění na 3prvkovou.

- Základem zářiče zůstane původní skládaný dipól, který se (do rezonance) prodlouží buď trubkou, těsně přiléhající k jeho nenapájené části, nebo nástavci z tenčích trubek. Vznikne tak nový zářič – bočníkový (nebo bočníkem napájený) půlvlnný dipól, který může být i samostatnou anténou.

Popis úprav

Základním požadavkem je změna vstupní impedance z televizních 75 Ω (300 Ω) na radiokomunikačních 50 Ω (200 Ω) s přijatelným ČSV na vstupu do transceiveru a vyhovující směrové parametry, odpovídající počtu prvků. Tyto vlastnosti by měly být v rámci možností optimalizovány v kmitočtovém rozsahu hlavní provozní části pásma, tzn. mezi 28 až 28,4 MHz.

Anténa S 101 KL – skládaný dipól, 2760 mm dlouhý, se prodlouží do rezonance trubkou (i dělenou), symetricky upevněnou podél horní (nenapájené) části skládaného dipólu, se kterou se na jeho obou koncích mechanicky a galvanicky spojí dvěma šrouby. Řešením jsou také samostatné nástavce z tenčích trubek, navlečené (naražené) na šrouby, procházející vrcholem koncového oblouku skládaného dipólu, které prodlouží každou polovinu skládaného dipólu o 1250 mm, tzn. na 2630 mm (± 10 mm).

Při celkové délce bočníkového dipólu 5260 mm rezonuje dipól na kmitočtu 28,2 MHz, s rezistancí 260 Ω a nulovou reaktancí ($Z_a = 260 \pm j 0 \Omega$). Na vlnové impedanci 200 Ω bude ČSV $\leq 1,5$ v pásmu 28 až 29 MHz (viz obr. 1) ve volném

prostoru. Na vlnovou impedanci 50 Ω se pak přejde feritovým elevátorem 1 : 4 nebo půlvlnnou symetrizační smyčkou, laděnou na 28,2 MHz, tedy 3510 mm dlouhou, zhotovenou z koaxiálního kabelu 50 nebo 75 Ω s pevným PE dielektrikem, s činitelem zkrácení $k = 0,66$.

Pozorný čtenář si všimne, že rezonance tohoto bočníkového dipólu nastala při délce 0,494 λ (na 28,2 MHz, zatímco rezonanční délka původního skládaného dipólu byla 0,46 λ (na 50,1 MHz). Je to charakteristická vlastnost skládaných dipólů. Jejich rezonanční délka bývá vždy kratší, přibližně 0,46 až 0,47 λ [2].

Ve volném prostoru má (přizpůsobený) půlvlnný bočníkový dipól zisk přibližně 2 dBi. Bude-li upevněn nad reálnou zemí, zvýší se jeho zisk (v závislosti na výšce a kvalitě země – viz [3]) ve svislé rovině, kolmé k podélné ose dipólu. Ve výšce 10 m nad reálnou zemí lze počítat se ziskem 6,8 dBi v elevaci 15°. Vliv země však zhorší poněkud přizpůsobení, což se vykompenzuje prodloužením bočníkového dipólu o 20 mm na každé straně, tzn. na celkovou délku 5300 mm. Průběh ČSV na 200 Ω v této výšce znázorňuje obr. 1.

Anténa S 301 KL – 3prvková anténa se změní na 2prvkovou, sestavenou z **dipólu a reflektoru**, popř. **dipólu a direktoru**. V obou případech se prvky upevní na koncích původního 1500 mm dlouhého ráhna, tzn. s roztečí $f = 0,141 \lambda$ na kmitočtu 28,2 MHz. (Označení rozměrů písmeny odpovídá obr. 1 v předchozí části, PE 11/2010, s. 32.)

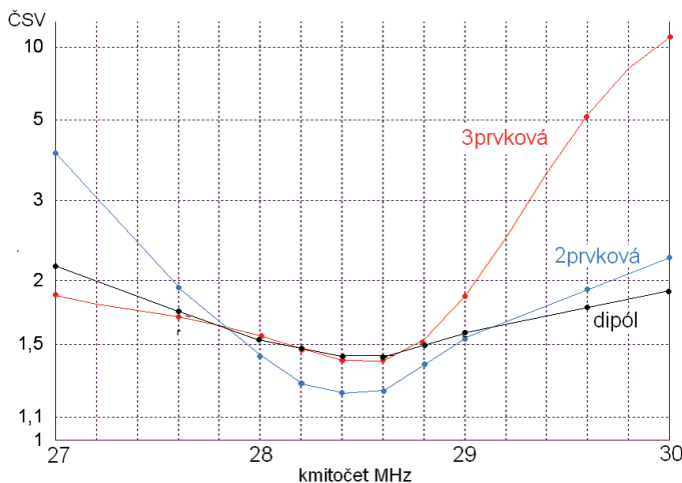
2prvková sestava dipól – reflektor bude mít v našem případě rozměry $L_z = 5260$ mm (0,4944 λ), $L_R = 5368$ mm, (0,5046 λ), $f = 1500$ mm (0,141 λ).

Ve volném prostoru bude mít anténa zisk $G = 5,6$ dBi a ČZP = 11 dB.

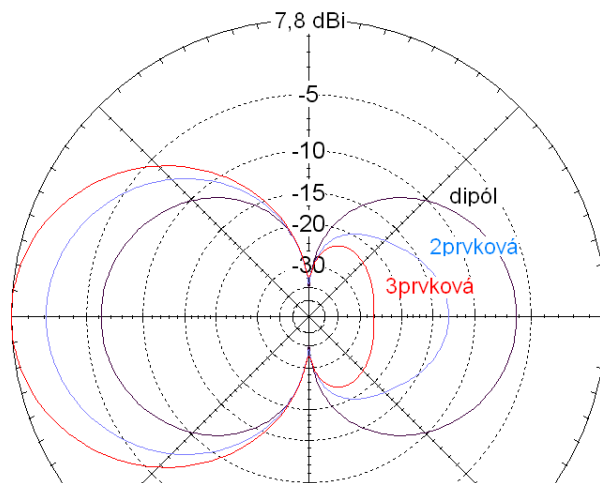
Ve výši 10 m nad reálnou zemí lze očekávat zisk až 10,8 dBi v elevaci 15°. V poloviční výšce se zisk prakticky nezmění (10,6 dBi), ale uplatní se v méně příznivé elevaci 28°.

Impedanci antény $Z_a = 157 + j 26 \Omega$ odpovídá ČSV = 1,33 na vlnové impedanci 200 Ω . V pásmu 28 až 29 MHz pak by ČSV nemělo překročit 1,5 (viz obr. 1). Protože reflektor částečně omezuje vliv země, mění se přizpůsobení s výškou antény méně než u samotného dipólu.

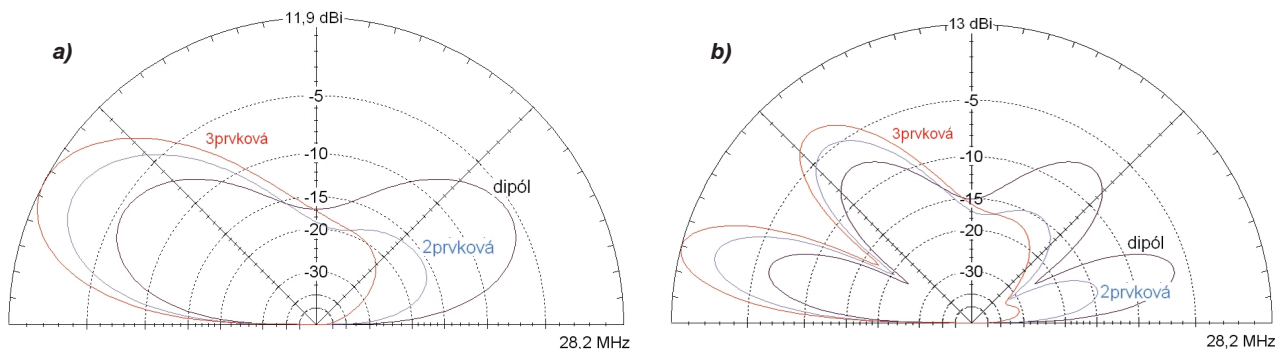
Pro přechod na 50 Ω se proto opět použije transformátor 1 : 4, resp. půlvlnná symetrizační smyčka.



Obr. 1. Průběh ČSV na svorkách upravených antén v pásmu 27 až 30 MHz vztahený k impedanci 200 Ω



Obr. 2. Azimutální diagramy záření horizontálně polarizovaných antén (v rovině E) ve volném prostoru na kmitočtu 28,2 MHz



Obr. 3. Elevační diagramy záření horizontálně polarizovaných antén (v rovině H) ve výšce 5 m (3a) a 10 m (3b) nad reálnou zemí ($\sigma = 0,005$, $\epsilon = 13$ [3]) na kmitočtu 28,2 MHz

Méně obvyklá 2prvková sestava **dipól** – **direktor** s optimálními rozměry $L_z = 5260$ mm, $L_D = 4680$ mm, $p_1 = 1500$ mm bude mít ve volném prostoru zisk $G = 5,8$ dBi a ČZP = 8,5 dB.

Impedance antény na svorkách bočníkového dipólu $Z_a = 197 - j 168 \Omega$ je již méně příznivá. Pro přizpůsobení na $Z = 200 \pm j 0 \Omega$ je nutné použít sériové indukčnosti mezi napáječem a svorkami antény.

Anténa S 501 KL: Všech 5 prvků původní antény je uspořádáno na délce $L_c = 2970$ mm, tj. $0,279 \lambda$ na 28,2 MHz. S touto délkou ráhna lze na uvedeném kmitočtu, resp. v první části amatérského pásma 28 MHz realizovat 3prvkovou anténu s roztečemi $f = 1240$ mm ($0,116 \lambda$) a $p_1 = 1730$ mm ($0,162 \lambda$) a délkami pasivních prvků $L_R = 5400$ mm a $L_D = 4760$ mm a bočníkovým dipólem $L_z = 5460$ mm (!).

Tato 3prvková anténa bude proti původní úpravě orientována „obráceně“. Reflektor $L_R = 5400$ mm bude upevněn na konci ráhna, v místě původního direktoru D3, direktor D2 odpadne, na pozici původního D1 bude umístěn bočníkový dipól $L_z = 5460$ mm a na místě původního reflektoru bude nyní jediný direktor $L_{D1} = 4760$ mm. Přichytky původního zářiče a direktoru D2 tak zůstanou prázdné.

Podobným způsobem, (tzn. zmenšením počtu prvků) byla původní 5prvková TV anténa upravena i na amatérské pásmo 50 MHz, jak bylo popsáno v minulém čísle PE [1].

Rozteče mezi prvky, vyjádřené ve vlnové délce, tam jsou však skoro dvojnásobné. Při úpravě antény na téměř dvojnásobný kmitočet ($1,175 \times$) však nelze přepočítat ve stejném poměru i délky prvků, ale musí se přihlídnout k jejich vzájemně menší vzdálenosti (vzhledem k vlnové délce), která jejich délku ovlivňuje.

Dále se na konečných rozměrech antény upravené na 28 MHz „podepsal“ záměr potlačit (částečně na úkor zisku) zpětné záření pod -20 dB a zabezpečit dobré přizpůsobení v první třetině pásma, což si také vyžádalo prodloužení bočníkového dipólu na 5460 mm, takže je delší než reflektor.

Anténa by tedy měla mít ve volném prostoru tyto **směrové vlastnosti** na 28,2 MHz:

Zisk $G = 7,8$ dBi, činitel zpětného příjmu ČZP = 26 dB (!), úhly záření $\Theta_{3E} = 65^\circ$, $\Theta_{3H} = 118^\circ$.

Ve výšce 10 m (5 m) nad reálnou zemí by měla mít anténa zisk 13 dBi (12 dBi) v elevaci 15° (28°), viz obr. 3.

Impedance antény s takto uspořádanými prvky je na kmitočtu 28,2 MHz $Z_a = 247 - j 18 \Omega$, takže v pásmu 28 až 28,8 MHz činí ČSV $\pm 1,5$ na vlnové impedanci 200Ω (obr. 1).

Při experimentálním nastavování, resp. korigování ČSV nejlépe změnou délky prodlužovacích nástavců bočníkového dipólu by měla být anténa umístěna tak, aby se vyloučil vliv země, tzn. minimálně $0,5 \lambda$ nad zemí, popř. při nižší výšce ještě se svislou orientací (do zenitu), kdy její reflektor omezí vliv země.

Antény v pásmu CB

Popsané antény je možné použít také v pásmu CB. Mají-li tam mít stejné elektrické vlastnosti, je třeba změnit, tzn. zvětšit jejich rozměry v poměru středních kmitočtů provozních částí obou pásem. Tzn. prakticky v poměru $28,2/27,2 = 1,037$ pro optimální vlastnosti na 40 kanálech pásma CB (původní části C), nebo v poměru $28,2/27 = 1,044$ pro překrytí 80 kanálů celého pásma CB (části B a C).

Např. bočníkový dipól 5460 mm dlouhý se prodlouží přibližně o 220 mm nebo o 240 mm. Ve stejném poměru by se měly změnit i rozteče prvků. Z konstrukčních důvodů to však není v našem případě možné a z praktických důvodů to není nezbytné. Vzhledem k rozhodující délce prvků na elektrické vlastnosti Yagiho antén není proto nutné měnit také jejich rozteče (a průměry) při relativně malých změnách kmitočtových pásem.

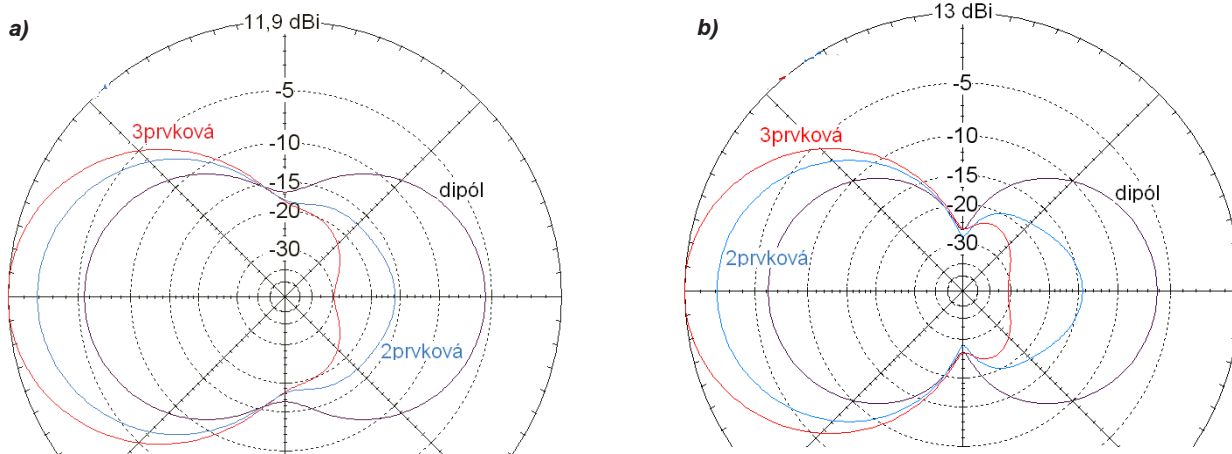
Zkušenosti ukazují, že se vypočtené elektrické parametry, především směrové, poměrně dobře shodují se skutečností, i když jejich ověření je na KV pásmech (nejen) v amatérských podmínkách nesnadné.

Naproti tomu napájecí vlastnosti lze měřit a korigovat snadněji. Případné změny vypočtené a předpokládané výstupní impedance (přizpůsobení), způsobené neodhadnutelnými okolními vlivy (např. změnou výšky, jinými blízkými vodiči nebo „neurčitou“ zemí), se v poměrně úzké provozní části KV pásem zpravidla korigují anténními tunery (ATU) na výstupu KV vysilačů.

Z provozních hledisek také poskytují diagramy záření (obr. 2 až 4) užitečnější informace než diagramy impedance, což se často nedoceňuje.

Literatura

- [1] Macoun, J., OK1VR: (TV) antény Yagi pro pásmo 50 MHz. PE 11/2010.
- [2] Procházka, M.: Antény. Encyklopedická příručka. 3. rozšířené vydání, BEN – technická literatura, Praha 2005.
- [3] Macoun, J., OK1VR: Vliv země na vlastnosti antén (1). PE 05/2008.



Obr. 4. Azimutální diagramy záření horizontálně polarizovaných antén (v rovině E) ve výšce 5 m (4a) a 10 m (4b) v optimálních elevacích 28° a 15° na kmitočtu 28,2 MHz

