

ANTÉNY

Malá anténa sústava pre Oscar 40

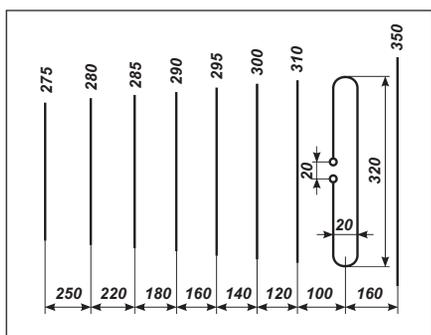
ZOLTÁN GYETVAI, OM7AQ (gye@isternet.sk)

V článku popíšem jednoduché antény pre prácu cez družicu AO-40. Na 435 MHz (TX cesta) to bude 9-prvková Yagi anténa a na 2,4 GHz (RX cesta) parabola so skrutkovcovým ožarovačom. Táto zostava sa mi osvedčila. Podobné antény používa celý rad aktívnych staníc na celom svete. Mojim zámerom nebolo detailné popísanie kompletného anténneho systému od A do Z, chcem skôr poskytnúť nápady a inšpiráciu na experimentovanie cez Oscar 40.

Družica AMSAT Oscar 40 s predštartovným označením Phase-3D je najväčším satelitným projektom v histórii rádioamatérskych družíc. Oscar 40 má tzv. maticový transpondér, to znamená, že je možné vybrať rôzne kombinácie uplinku (vstup) a downlinku (výstup). Po niekoľkých mesiacoch prevádzky sa zdá, že hlavným družicovým módom bude US – uplink v pásme U (435 MHz) a downlink v pásme S (2,4 GHz). Túto kombináciu používa väčšina aktívnych staníc. Okrem 435 MHz je možnosť uplinku ešte v pásmach L (1296 MHz) a V (145 MHz), downlink pracuje okrem S pásma aj v pásme K (24 GHz). V súčasnosti je však najčastejšie zapnutý mód US. Preto som sa rozhodol vybudovať stanicu pre tento mód. Parametre družicového prevádzča AO-40 umožňujú pozemným staniciam používať antény s relatívne malými rozmery.

Vysielacia anténa na 435 MHz

Vyrobiť priemerne dobrú anténu na 435 MHz by nemal byť problém ani pre rádioamatéra – začiatočníka. Budeme k tomu potrebovať hliníkový alebo duralový materiál a tiež niekoľko základných náradí (meter, pilka, pilníky, vŕtačka, vŕtáky, zverák...). Pre toto pásmo budeme používať 9-prvkovú anténu Yagi s lineárnou polarizáciou podľa anténnej knihy Karla Rothammela [1]. Samozrejme to je minimum, náročnejší si môžu zhotoviť a použiť dlhšie antény. Najlepším riešením je používanie krížových antén Yagi, avšak ich výroba, uchytenie a otáčanie je oveľa náročnejšie, preto na prvé pokusy postačí aj menšia anténa – v našom prípade 9-prvková (obr. 1).



Obr. 1 – 9-prvková Yagi na 435 MHz.

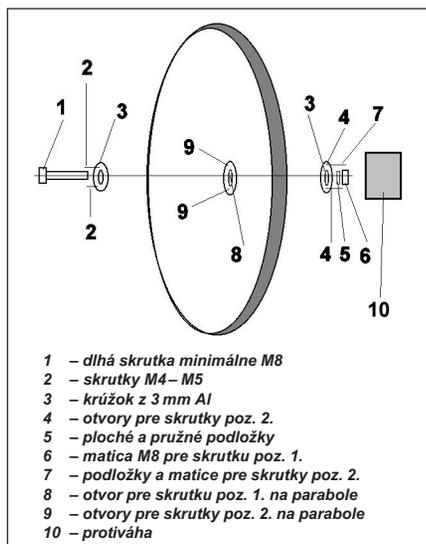
Celková dĺžka antény je niečo vyše 1 m, takže nebude problém anténu uchytiť za reflektorom. Ako rahno používame štvorcový duralový materiál 20 x 20 mm alebo rúrku s priemerom 20 mm. Rahno odrežeme tak, aby za reflektorom zostala dostatočná rezerva na uchytenie antény. Všetky prvky sú z materiálu $\phi 4-6$ mm a na rahno sú montované neizolovane. Podľa pôvodného zdroja má anténa zisk 11,5 dB, predozadný pomer 19 dB, horizontálny vyžarovací uhol 44° a vertikálny vyžarovací uhol 48° . Impedancia antény je 240Ω , preto pre napájanie koaxiálnym káblom je nutné použiť balunový transformačný

člen. Výpočet, postup a spôsob vyhotovenia bol popísaný v RŽ 6/98 a tiež aj v ďalšej literatúre. Napájací bod uzavrieme vodotesne do škatuľky z umelej hmoty. Hotovú anténu odskúšame (aspoň PSV, ostatné podľa možnosti...).

Prijímacia anténa na 2,4 GHz

Výroba antény pre pásmo 2,4 GHz už nie je taká jednoduchá. Prvým krokom je výber vhodnej antény. Keď sa pozrieme, čo sa vo svete používa, záver je jednoznačný: väčšina staníc používa parabolu. Okrem parabolických antén sa používajú ešte antény helix (skrutkovcové antény), loop, Yagi a ich modifikácie. Avšak rozmery klasických antén Yagi a loop sú na 2,4 GHz už také malé, že ich výroba je obtiažna. Do úvahy pripadá ešte helix. My však chceme takú anténu, ktorá bude mať dostatočný zisk a pomerne jednoduchú mechanickú konštrukciu. Takou anténou je jednoznačne parabola. Parabolické zrkadlo nemusíme pracne vyrábať doma – dajú sa využiť rôzne paraboly pre satelitnú a MMDS televíziu s priemerom 60 cm až 1 m. Pre jednoduchosť budeme pracovať so stredovou parabolou, hoci využitie ofsetovej paraboly je samozrejme tiež možné. Staršia stredová parabola s priemerom 90 a 100 cm sa dá kúpiť už za pár sto korún, a keď máme šťastie, tak aj za menej, hi. Ja používam parabolu s priemerom 1 m.

Druhá otázka, ktorú musíme riešiť, je ožarovač. V literatúre nájdeme pre toto pásmo popisy rôznych ožarovačov. Ja osobne som vyrobil a vyskúšal niekoľko druhov a riešení (podľa DB6NT, DK1VC, OE9PMJ atď.). Tie však majú lineárnu polarizáciu a sú vhodnejšie na bežné spojenia. Pre satelitnú prevádzku by bol lepší feed s cirkulárnou polarizáciou. U EME staníc je veľmi rozšírený a populárny ožarovač podľa VE4MA a u českých EME staníc (OK1DFC, OK1CA, OK1UWA) tiež feed so septum-polarizačnou



Obr. 2 – Příklad uchytenia paraboly.

výhybkou. Veľa amatérov používa v satelitných systémoch helixový ožarovač. Existuje niekoľko konštrukcií, napríklad podľa G3RUH, G6LVB atď., pozri [3]. Výhodami helixového ožarovača sú už spomínaná kruhová polarizácia, jednoduchá konštrukcia a montáž. Kvôli týmto prednostiam som si ho vybral aj ja. Takže si to zhrňme: budeme používať stredovú parabolu (s priemerom podľa možnosti okolo 90 cm – väčší zisk) s helixovým ožarovačom a k tomu priamo pripojený konvertor ako jeden konštrukčný celok.

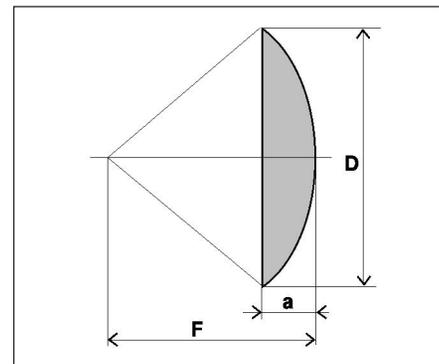
Po zaobstaraní paraboly z nej demontujeme všetky konštrukčné prvky, ktoré nebudeme používať, takže nám zostane iba holé parabolické zrkadlo. Vyrobité vhodné uchytenie – každý to musí riešiť individuálne podľa možnosti. Jedno z možných riešení je na obr. 2.

Aby sme mohli vypočítať ohnisko, odmeriame si presný priemer a hĺbku paraboly (obr. 3). Potom ohnisko vypočítame podľa vzorca:

$$F = \frac{D^2}{16a}$$

kde D = priemer paraboly

a = hĺbka parabolického zrkadla v ose



Obr. 3 – Základné rozmery paraboly.

Pri výpočtoch môžeme využiť rôzne články a publikácie, ako napríklad v RŽ 4/99 od Zdenka OK1DFC a pod. Po vypočítaní ohniskovej vzdialenosti sa pustíme do výroby ožarovača. Najprv vypočítame priemer reflektora, žiariča a vzdialenosť medzi závitmi.

Priemer reflektora:

$$R = 0,62 \lambda$$

Vzdialenosť žiariča od reflektora:

$$A = \frac{3900}{f} \quad [\text{cm}; \text{MHz}]$$

alebo $A = 0,13 \lambda$

Vzdialenosť medzi závitmi:

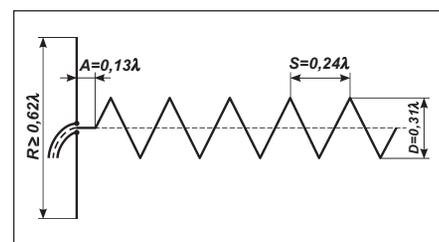
$$S = \frac{7200}{f} \quad [\text{cm}; \text{MHz}]$$

alebo $S = 0,24 \lambda$

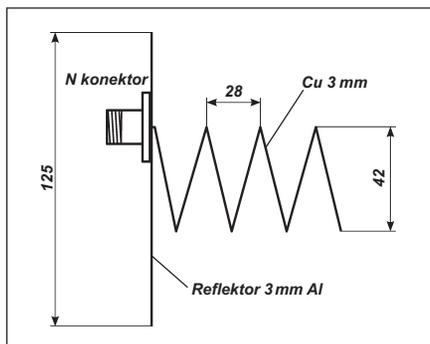
Priemer žiariča:

$$D = \frac{9300}{f} \quad [\text{cm}; \text{MHz}]$$

alebo $D = 0,31 \lambda$

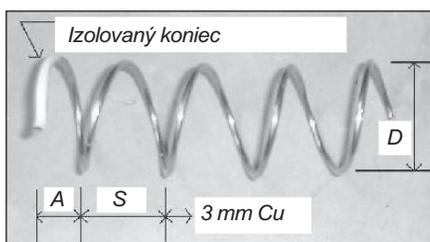


Obr. 4 – Základné rozmery antény helix.



Obr. 5 – Vypočítané rozmery helixového ožarovača.

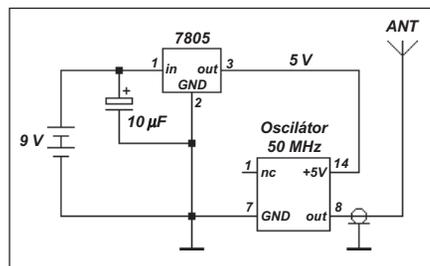
Ak sa vám nechce počítať, tak v literatúre (napr. podľa OK2AQK v [5] alebo G3RUH) alebo na Internete [6] nájdete už vypočítaný a popísaný helixový ožarovač (obr. 5). Na obr. 6 je hotový žiarič helixového ožarovača. Materiál je Cu drôt s priemerom 3 mm. Ja som použil prírodný materiál na zváranie (priemer 3,15 mm) a to tak, že celú dĺžku (1 m) som navinul na trň vhodného priemeru. Počet závitov bude maximálne 4 až 5. Pri navíjaní treba dávať pozor na zmysel otáčania. Signál z družice má polarizáciu pravotočivú. Ak by sme robili anténu helix, navinuli by sme ju tiež pravotočivo, ale u helix ožarovača musí byť polarizácia opačná, pretože signál sa odráža od paraboly a pri odraze sa polarizácia zmení. Reflektor vyrobíme z 2 mm hliníkového plechu. Vyvrtáme doňho tri otvory vzájomne posunuté o 120 stupňov pre tri konzoly, ktoré budú držať ožarovač nad parabolickým zrkadlom. Otvory pre konzoly vyvrtáme aj na parabolické zrkadlo. Konzoly zhotovíme z Al guľatiny $\phi 8$ mm, odrežeme na potrebnú dĺžku (ponecháme rezervu 50–100 mm), narežeme závit M8 a ohneme podľa potreby. Ďalej vyrobíme a upevníme úchyty krytov konvertora a ožarovača. Na reflektor vyvrtáme otvor pre konektor (individuálne podľa mechanických rozmerov konvertora). Otvor pravdepodobne nebude v geometrickom strede reflektora. Typ konektora na ožarovači volíme podľa toho, aký máme konektor na konvertore. Ja mám na konvertore N samicu, takže na ožarovač som dal N samca. Po pripínavaní konektora na reflektor priletujeme na stredný (živý) kontakt žiariča (Cu drôt). Samozrejme vhodným spôsobom sa postaráme o to, aby sa ani náhodou nedotýkal reflektora (resp. neživej časti). Najlepšie je vysústružiť vhodnú teflonovú vložku, ale postačí aj navliecť na Cu drôt PVC bužírku. Potom skrutkovicový žiarič nastavíme tak, aby jeho stred bol v ose so stredom reflektora. Žiarič zafixujeme v konektore vhodným lepidlom.



Obr. 6 – Hotový žiarič helixového ožarovača.

Hotový ožarovač upevníme na parabolu (do ohniska podľa nášho výpočtu) a vyskúšame. To môže byť individuálne podľa použitého konvertora, ale v mojom prípade to vyzeralo nasledovne: ako mŕ prijímač používam transceiver Yaesu FT-290R s rozsahom 144,0 až 148,0 MHz. Po pripojení konvertora sa údaj na tvári 144,0 MHz zhoduje so skutočným prijímaným kmitoč-

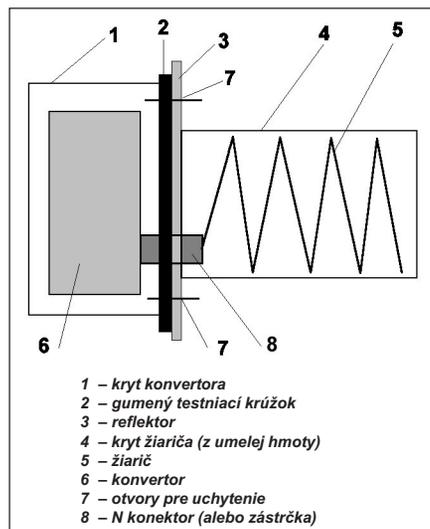
tom 2400,0 MHz. Z kryštálového oscilátora 50,0 MHz, ktorý kúpite za pár korún alebo získate zo starej počítačovej základnej dosky, som si urobil malý „beacon“ (obr. 7). 48. harmonická kryštálového oscilátora padne na kmitočtet 2400,0 MHz, čo už dokážeme prijímať. Keď anténku malého majáku priblížime k ožarovaču na cca 1 cm, tak na 2400,0 MHz by sme mali počuť záznej. Potom sa pokúsime o príjem signálu z družice.



Obr. 7 – Zapojenie jednoduchého majáka na 2,4 GHz.

Po odskúšaní, ak je všetko v poriadku, môžeme pokračovať s povrchovou úpravou a s pripínavaním krytov. Na povrchovú úpravu je vhodný akrylový spray a ako kryt na zakrytie konvertora je vhodná nádobka z umelej hmoty alebo plechu (ja som použil prázdnu škatuľu od karosárskeho tmelu). Na zakrytie žiariča – ožarovača musíme použiť nádobku z umelej hmoty (PVC).

Po zložení ožarovača znovu všetko prekontrolujeme a máme parabolu prichystanú na montáž.



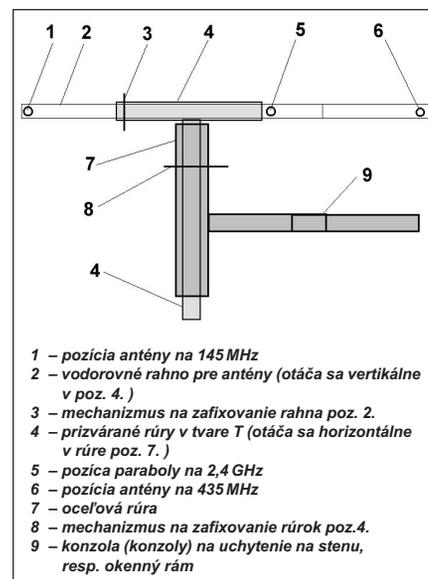
Obr. 8 – Mechanická konštrukcia ožarovača.

Uchytenie antén – mechanická konštrukcia

Malý systém upevníme tak, aby sme mali možnosť experimentovať, a aby napájacie káble boli čo najkratšie. Otáčanie môžeme riešiť jednoducho – ručne. Zdanlivý pohyb družice je pomalý, preto stačí, keď antény dosmerujeme po 1–2 hodinách. Na experimenty je tiež vhodný jednoduchý statív alebo držiak pri okne. Ja mám môj satelitný anténny systém na streche s diaľkovým otáčaním AZ/EL, ale parabolu som z viacerých príčin nechcel umiestniť hore (viac ako 30 m dlhý zvod, obmedzená možnosť experimentovania atď.). Urobil som preto úchyt na okenný rám, na ktorý som upevnil malý systém, ktorý môžem otáčať ručne v oboch rovinách. Malý systém sa skladá z antény 4el. Yagi na 2 m a zo spomínaných antén 9el. Yagi na 70 cm a 1 m paraboly na 13 cm. Táto malá sústava nájde uplat-

nenie pri práci cez družice FO-20 a FO-29, ale aj ako náhradný alebo druhý anténny systém.

Toto riešenie je síce jednoduché, ale nie je ideálne, pretože prevádzka cez družice je obmedzená len na tie úseky obehu, kedy antény antény družicu „vidia“.



Obr. 9 – Usporiadanie a mechanická konštrukcia malej satelitnej anténnej sústavy.

Záver

Popísaný malý systém samozrejme nie je špičkový, ale na prvé kroky a dokonca aj na bežnú prevádzku postačí. Viem, že pre priemerného amatéra je ťažko dostupný aj SSB/CW vysielateľ s dostatočným výkonom na 70 cm, o konvertore na 13 cm ani nehovoriac, ale predsa sú možnosti na získanie jednoduchých, ale použiteľných zariadení – napr. jednoduchý transvertor 2 m/70 cm, prerobené MMDS konvertory atď. Na miestny FM prevádzkač alebo na paketový nód sa síce dostaneme ľahšie ako na družicový transpondér, ale za vynaložené úsilie nás „odškodnia“ pekné spojenia, ktoré sú naozaj zážitkom. A to aj napriek tomu, že vieme, že sú to spojenia len cez prevádzkač vzdialený okolo 50 000 km.

Fotografie popísaných antén nájdete aj na mojich internetových stránkach <http://www.host.om7aq.sk> alebo <http://www.qsl.net/om7aq>. Za spoluprácu a za pomoc ďakujem Zdenkovi OK1DFC.

Literatúra:

[1] Karl Rothammel: Antennenbuch
 [2] Antény DL6WU na 435 MHz, Výroba skladaného dipólu; RŽ 6/98
 [3] <http://www.ultimatecharger.com/dish.html>
 [4] Zdeněk Samek, OK1DFC: Výpočet, návrh a konštrukcie parabolických antén; RŽ 4/99
 [5] Miroslav Kasal, OK2AQK: Prijímač družicových signálov v pásme S; Amatérské rádio 1, 2/1995
 [6] <http://www.g6lvb.com> a <http://www.moon-bounce.com/sband.html>
 [7] rubrika Amatérské satelity v RŽ 4/02 a web VE2ZAZ <http://www3.sympatico.ca/b.zauhar/Sig-Sourc/SigSourc.htm>