

## Konstrukce drátové směrovky VK2ABQ podle OK1MMN

“Anton“ Vávra, OK1MMN, ok1mmn@email.cz

### Úvod

**Tento článek volně navazuje na články o magických dvouelementových směrových anténách pro KV a na články o jednoduchých a levných směrovkách [1, 2], které mě inspirovaly k tomu, abych se pustil do stavby jednoduché směrovky vlastní. Inspirovaly mne rovněž další zajímavé odkazy na internetu [3-5].**

Cílem bylo zkonstruovat z dostupných součástek lehkou a levnou vícepásmovou KV směrovku, nezabírající velký půdorys, která by slušně fungovala, rychle se skládala a rozebírala a složená pak zabrala málo místa. Hlavním důvodem této koncepce ale bylo to, že pro KV závody v domácích podmínkách mi tříelementová yagi typu 3x3 (tribander) a odpovídající rotátor připadaly dost drahé a příliš náročné po stránce montáže a demontáže před a po závodě a nakonec i příliš dráždivé sousedy v případě trvalé instalace. V lepších podmínkách radioamatérů nebo klubů vysílajících mimo městskou aglomeraci je samozřejmě situace jiná, ale pro mne a věřím i pro řadu ostatních KV radioamatérů je směrovka, kterou před závodem rychle postavím po závodě ji zase rychle složím, ideálním řešením pro domácí podmínky nebo pro dovolenou, na cesty apod. To ale nevylučuje trvalou instalaci takové KV drátové směrovky s levným rotátorem a výhodnou nízkou celkovou hmotností třeba na střeše domu (pokud to sousedé snesou), nebo na polostaženém teleskopickém stožárku, nenápadně umístěném někde na zahradě mezi stromy a vysunovaném pouze při občasném vysílání. V každém případě ale doporučuji na nově instalovanou anténu alespoň týden nevysílat, aby si sousedé nespojovali případné TVI, způsobené často jiným subjektem, s vaší právě instalovanou anténou. Pro trvalé umístění antény bych spíše možná uvažoval o drátové směrovce typu hexbeam, popsané např. v [1]. Přiznávám ale, že pohled na tribander klasické značky, třpytící se odlesky vycházejícího slunce na stožáru z nerezové oceli, je oproti „pavouku“ drátové směrovky na levných trubkách mnohem působivější a že zmíněný tribander „chodí“ lépe, než zde popsáný „pavouk“.

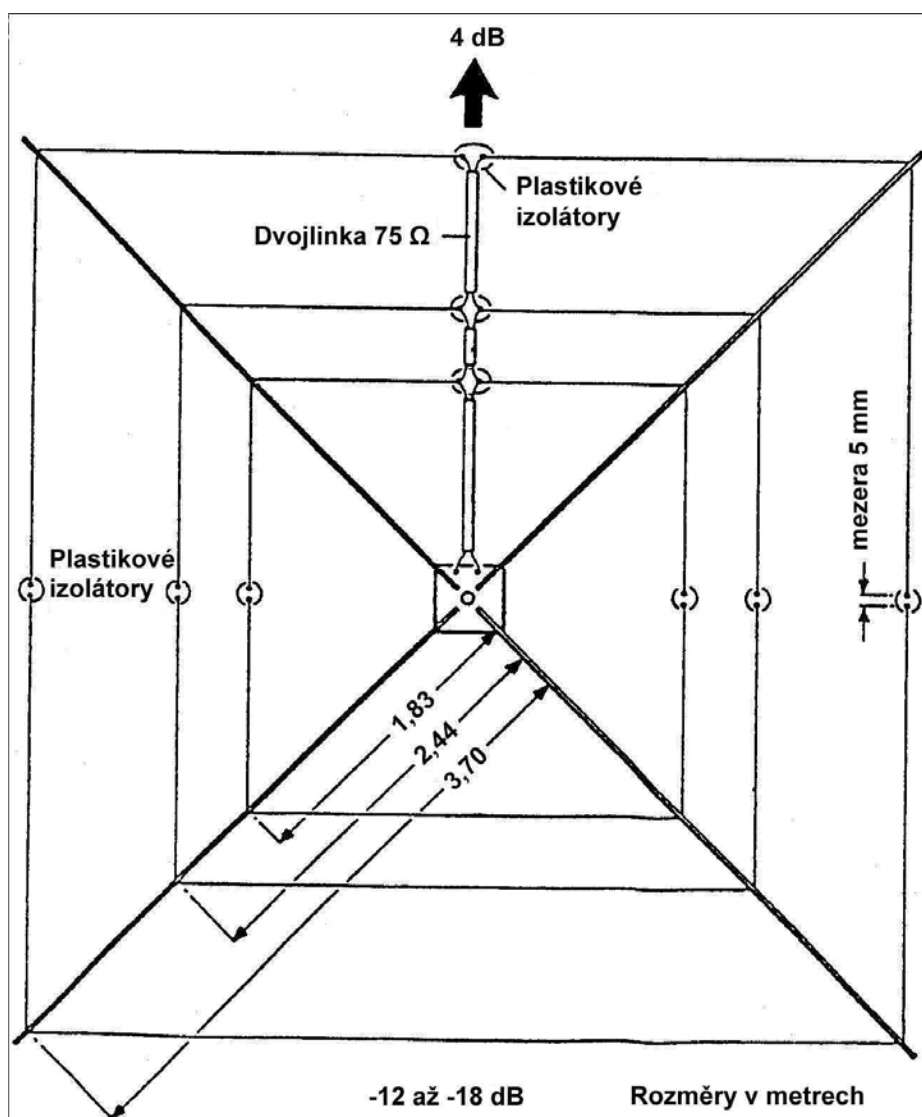
A jak vše začalo? Konec léta 2003 jsem strávil na radioamatérské dovolené, kde jsem se po dobu téměř tří týdnů věnoval nejen vysílání, ale i zkoušení drátové směrovky - „knoflíkovky“ VK2ABQ. Přijel jsem vybaven již připravenými hotovými díly, takže jsem se skutečně mohl věnovat pouze „výzkumu“, měření a zkoušení antény v praxi a jejím následným modifikacím. Kus pozemku se zkušebním teleskopickým 7 m stožárkem mi na to poskytl Pavel OK1FPS (který rovněž anténu vyzkoušel) a anténní analyzátor MFJ-259B mi zapůjčil Franta OK1FP. Zkrátka jsem měl ideální podmínky pro „bastlení“.

### Inspirace

Vycházel jsem ze směrovky ze sedmdesátých let od VK2ABQ, tzv. „knoflíkovky“ (button beam – název antény vznikl, jak je notoricky známo, podle velkých knoflíků, použitých místo izolátorů). Nosné pruty byly z bambusu. Konkrétní rozměry nemodifikované VK2ABQ podle [5] jsou na obr. 1. VK2ABQ je symetrická čtvercová dvouelementová směrovka, která má oba prvky stejně dlouhé. Budeme-li uvažovat o

vícépásmovém provedení, pak pro každé další pásmo lze (s určitými omezeními) vložit další „čtverec“ dvou elementů – prvků. To, že jeden z prvků působí jako zářič a druhý jako reflektor, je způsobeno těsnou kapacitní vazbou mezi prvky (konce jsou od sebe cca 5mm), což má za efekt „fázování“ prvků 90°. Anténa se tedy chová podobně jako dvouprvková plnorozměrová směrovka se vzdáleností prvků  $\lambda/4$  a fázováním prvků 90°. Takováto anténa má vyzařovací diagram ve tvaru kardioidy. To, že se VK2ABQ takto „strefil“ a dal tak vznik jedné z „magických“ antén, byla zřejmě velká klika.

Hodnota zisku této antény se obvykle uvádí 4 dB a předozadní poměr 12–18 dB (viz obr. 1) a hlavním pozitivem antény je její vícépásmovost a malé rozměry při zachování plné délky prvků. Dále popisuji verze tří, pěti a dvoupásmové směrovky VK2ABQ. Nejedná se tedy o nějaký „anténní zázrak“, nicméně po více než ročním provozu této (modifikované) nenáročné a slušně fungující antény jsem si ji pro řadu jejích pozitivních vlastností oblíbil a mohu ji doporučit i ostatním kolegům radioamatérům .



Obr. 1. Směrovka VK2ABQ pro pásma 14, 21 a 28 MHz.

Vzor k obrázku 1 jsem našel na odkazu [5]. Původně do něj byly vepsány tužkou změněné rozměry, které již dnes na vystaveném obrázku nenaleznete.

V následující tabulce 1 jsou vzdálenosti uchycení prvků směrovky od jejího středu podle obr. 1 a rozměry upravené (původně vepsané tužkou), lomeno moje rozměry, které jsou dány rozmístěním kroužků na mnou použitých nosných prvcích – laminátových rybářských prutech. Dále jsou zde délky obvodů smyček tvořené vždy dvěma prvky antény podle upravených rozměrů (již zmíněných, vepsaných tužkou do obr. 1), lomeno moje „startovní“ rozměry, podle doporučeného vzorce  $l = 304/f$  [m, MHz] [2], pro začátky pásem. Smyčka je dobrá pro nastavení antény podle GDO [2]. Umístí se na nosné prvky do patřičné výšky a po naladění se přestříhne na dvě poloviny a vzniknou tak dva prvky antény. Já jsem pro nastavování používal anténní analyzátor, takže jsem úpravy prováděl na již hotové anténě. Pokud provedete přepočty trojúhelníků (např. rozměru 183 [cm] na  $\frac{1}{4}$  délky smyčky) podle Pythagorovy věty, zjistíte drobné odchylky, z čehož soudím, že rozměry byly naměřeny na skutečné anténě. U mých rozměrů jsou odchylky větší a je vidět, že použitá délka nosných prutů 3,55 m je pro 14 MHz málo, což jsem následně musel řešit modifikací antény (viz níže). Pokud sečtete rozměry obvodů smyček a připočtete cca 40 cm na 4 úchyty konců prvků pro každé pásmo, dostaneme úctyhodných téměř 50 m drátu, a to bez pásem WARC.

f [MHz]	Rozměry podle obr. 1 [m]	Modifikace [m]	Obvod smyčky [m]
28	1,83	1,90 / 1,90	10,95 / 10,86
21	2,44	2,56 / 2,55	14,78 / 14,48
14	3,7	3,60 / 3,55	21,58 / 21,71

Tab.1. Vzdálenosti uchycení prvků směrovky VK2ABQ na nosných prutech měřeno od středu antény.

### Použitý materiál a konstrukce dílů

Dostupnost a cena materiálu a obtížnost jeho zpracování bývají nejdůležitějšími faktory ovlivňujícími rozhodnutí, zda se do stavby antény vůbec pustit. Řekl bych, že v tomto ohledu je na tom „knoflíkovka“ velmi dobře. Tuto anténu jsem zkoušel s materiálovým vybavením uvedeným na obr. 2.



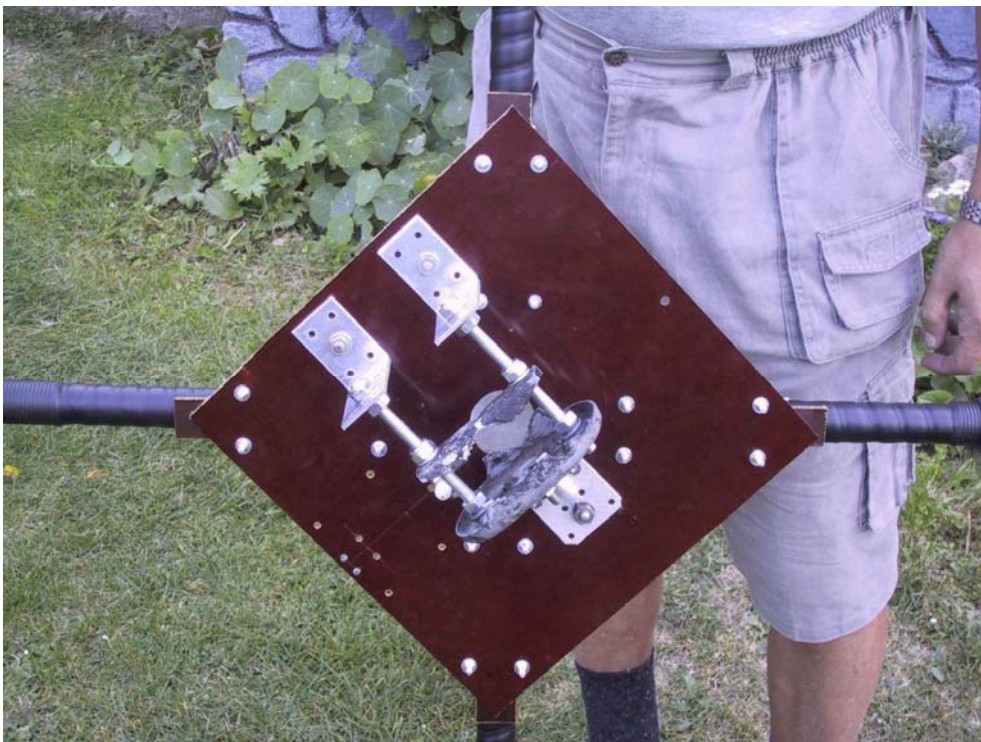
Obr. 2. Vybavení materiálem na zkoušení drátovky. Ve výbavě nechybí 4 rybářské pruty, velké knoflíky na izolátory a spojovací prvky z dětské stavebnice MARS.

*Nosné pruty:* použil jsem čtyři laminátové rybářské pruty (viz obr. 2 a 3) dlouhé 3,60 m (ve skutečnosti byly o pár cm kratší). Výhodou bylo, že kroužky na prutech odpovídali vzdálenostem pro uchycení prvků pro pásma 14-21-28 (u pásem WARC už to bylo horší) a dále, že ve složeném stavu jsou pruty dlouhé pouze 75 cm. Nevýhodou, že se pruty prohýbají a bylo by třeba větší délky, konkrétně asi 4 m. To jsem ale řešil změnou geometrie prvků (modifikací) původní antény. Pruty se prodávají různě tvrdé, je třeba koupit pokud možno ty nejtvrděší. Cena takových nejlevnějších kompletních prutů se v Praze v létě 2003 pohybovala v rozmezí 600–800 Kč za kus. Pruty jsou nejdražší položkou a použitím ve směrovce se nijak neponičí, takže i když anténu nedokončíte, můžete je prodat rybářům. Lze též použít stejně drahé tzv. biče - rybářské teleskopické sestavy z dílů dlouhých cca 1-1,3 m, s délkou až 9 nebo 12 m (ty nejdelší byly k sehnání ale tak po 1500 Kč), spodní díly jsou pro potřebnou délku mnohem tužší, tyto „biče“ ale nejsou opatřeny očky.

*Základová deska:* použil jsem desku z hnědého pertinaxu (dříve též česky kartitu) tl. 7 mm, s rozměry 35x35 cm (viz obr. 3 a 4). Tloušťka byla ale nedostačující a deska se prohýbala, což jsem řešil přidáním L-profilů; nakonec oproti obrázkům, kde jsou pouze na jedné straně desky, jsem je použil na obou stranách. L-profil jsem propojil závitovými tyčemi M10 (délka 1 m, jsou běžně k dostání v antikorozi úpravě, stejně jako L-profil, v železářstvích) a k tyčím jsem též upevnil úchyt pro připevnění antény ke svislé trubce rotátoru. Doporučuji používat samosvorné matky (s modrým kroužkem z umělé hmoty).



Obr. 3. Rybářské pruty a jejich upevnění k základové desce, včetně chráničů prutů a strunových závěsů eliminujících prohnutí prutů.



Obr. 4. Základová deska s anténním úchytem a její vyztužení L-profilý. Doporučuji „zrcadlově“ umístit další dva L-profilý.

*Vodič na prvky:* na prvky směrovky bylo použito měděné lanko 1,5 mm<sup>2</sup> v PVC izolaci (označení bude asi SY, nebo SYA). Doporučuji držet se tohoto průřezu i typu vodiče, změna může vést k prodloužení, nebo zkrácení prvků. Výpočet zkracovacího činitele, pokud použijete jiný vodič, je popsán v [1] v RA 3/2002. Větší průřez zvýší hmotnost prvků a může dojít až k neúnosnému prohnutí prutů kostry (pokud použijete zde popsané rybářské pruty). U vodičů s PVC izolací doporučuji černou barvu izolace, je nejméně nápadná. Po čase je též nutno počítat s protažením vodičů prvků antény. Po ročním občasném provozu antény se prvek pro 14MHz vlastní vahou protáhl asi o 5 cm, což je zhruba 0,5% a to již stačí k rozladění antény a zhoršení PSV. Protažení je ale menší než bývá u antény typu „dlouhý drát“ (pro délku 10m až 10cm i více). Menší protažení prvků je zde způsobeno fixováním prvků antény ve čtyřech bodech, přesto je ale nutno s tímto jevem počítat a občas (jednou za rok) prvky přeměřit a zkrátit.

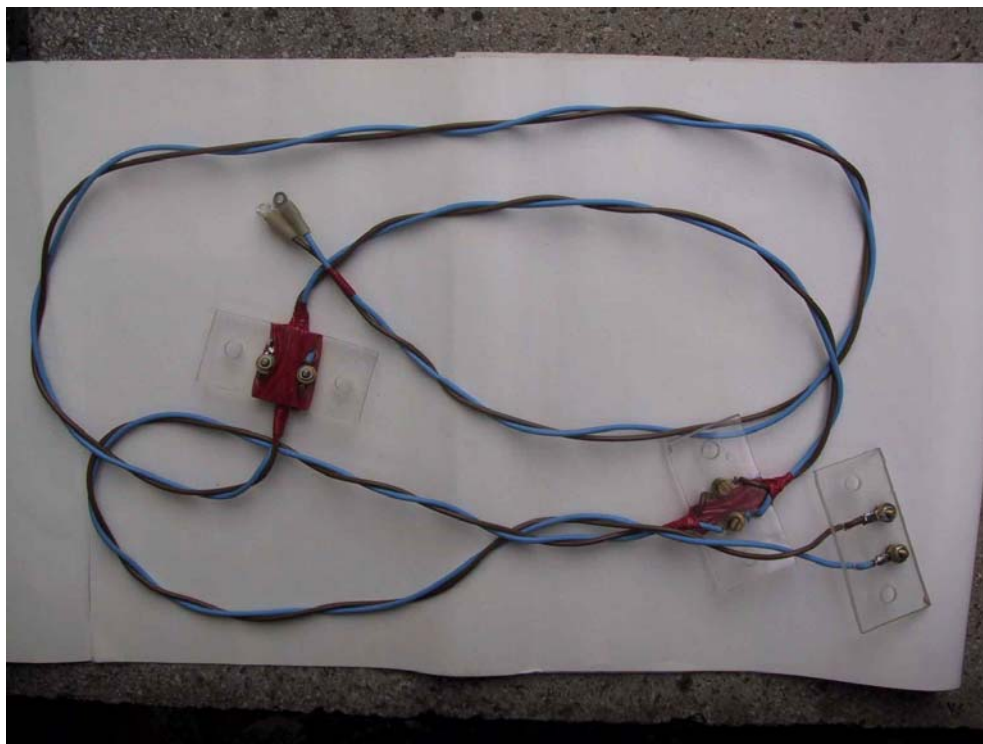
*Třmeny (U-profil):* jsou vyrobeny ze závitových tyček M5 (rovněž s antikorozií úpravou), nařežte je na potřebnou délku a ohýbejte okolo tyče z tvrdého dřeva (násada nějakého nástroje...) nebo měkkého kovu (hliník...) o průměru použitých rybářských prutů nebo přídavných „chráničů“ prutů z podélně rozříznuté PVC trubky.

*Izolátory:* umělohmotné knoflíky (bez nich prostě správná „knoflíkovka“ pro mě nemůže být), dírky provrtáme na správný průměr „drátu“ - jinak samozřejmě použijte jakékoliv lehké izolátory, např. z pertinaxu, budou mít jistě lepší VF vlastnosti. Pozor na dodržení šířky mezery 5 mm mezi otvory v izolátoru.

*Ostatní díly:* jako úchyt antény (pro připevnění ke svislé tyči rotátoru) byl použit převrtaný úchyt VKV antény pro příjem FM rozhlasu ze sedmdesátých let. Je poměrně těžký, ale z kvalitní ocele. Plexisklové obdélníčky s otvory a šroubky pro elektrické propojení prvků antény a symetrického nebo nesymetrického napáječe (kroucená dvojlínka nebo koaxiální kabel), jejich provedení a funkce je zřejmá z obrázků 5 a 6. Dále nylonové struny (do sekačky, OBI, Hornbach...) o průměru 2 mm a k nim „pasující“ díly ze stavebnice MERKUR (dodá tatínek nebo dědeček), jinak použijte tzv. „lustr-svorky“ větších rozměrů nebo tzv. lanové svorky rozměrů naopak co nejmenších (třmeny s matkami pro vytvoření smyčky na ocelových lanech). Struny a svorky je možno použít na eliminaci prohnutí prutů a případné vyzdvižení prvků antény, viz obr. 3. Též se hodí pro přitažení prvků - reflektorů k základové desce a utvoření ok pro připevnění prvků antény (viz další text a obrázky). Podélně rozříznutou PVC trubku použijte na ochranu prutů před závitovými třmeny. Důležitým prvkem jsou též stahovací pásy na kabely, většinou označené nápisem Strips (OBI, Hornbach...), které použijete k upevnění prvků na kroužky prutů – pozor, ponechte je neutažené, aby jimi prošly izolátory prvků. Dále pak různobarevné PVC izolační pásy (pro každé pásmo doporučuji používat jednu barvu) a to i pro označení příslušných kroužků na prutech. Dále pak nějaký ten „drát“ na kroucenou dvojlínku, nejlépe dvou různých barev kvůli správnému fázování (popis viz níže), ale to jen v případě, že budete chtít vyzkoušet symetrické napájení antény. Dále pak koaxiální kabel RG58 a RG213 (oba 50 Ω) a konektory typu PL.

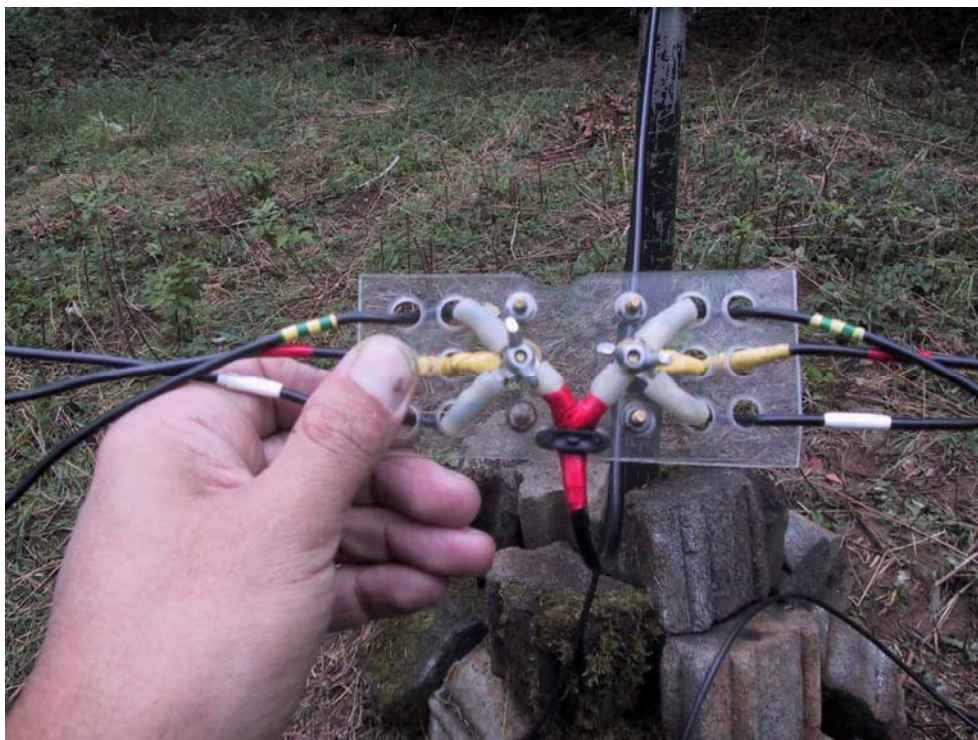
Praktické provedení symetrického napáječe vidíme na obrázku 5. Dnes již těžko budete shánět dvojlínku 75 Ω, proto jsem použil kroucený dvojevodič z měděného lanka 2,5 mm<sup>2</sup> s PVC izolací. Impedance takového krouceného dvojevodiče se pohybuje okolo 100 Ω [6] a úspěšně ji používali naši dědové, či spíše pradědové,

k realizaci kratších úseků napájení symetrických antén. Jak již jsem zmínil je třeba dát pozor na správné fázování prvků antény.



Obr. 5. Praktické provedení symetrického napáječe, včetně plexi destiček pro uchycení prvků antény.

Praktické provedení nemetrického napáječe mezi zářičem a konektorem na základové desce vidíme na obrázku 6. K jeho realizaci jsem použil kus koaxiálního kabelu RG58 (o impedanci  $50 \Omega$ ).



Obr. 6. Praktické provedení nesymetrického napáječe, pro modifikovanou verzi VK2ABQ včetně plexi destičky pro uchycení prvků antény.

Jako napáječ od antény k transceiveru jsem při všech měřeních použil koaxiální kabel RG213 délky 30m. Je možno též použít koaxiální kabel RG58, ale pokud bude napáječ delší, doporučuji nešetřit a použít RG213, jinak může být měření PSV antény zkresleno, zjednodušeně řečeno PSV antény bude „vylepšeno“ útlumem kabelu. Kabel RG58 dlouhý 30m má na 30MHz útlum asi 2,4 dB, zatím co RG213 má 1 dB i méně.

### **Zkoušení původní VK2ABQ**

První konstrukcí byla původní VK2ABQ v provedení pro jedno pásmo 20 m a symetrickým napájením zářiče. Tady jsem očekával největší problém s rozměry prvků versus délkou prutů. Použitý symetrický napáječ je na obrázku 5. Dále jsem použil jednoduchý proudový symetrizační člen - viz obrázek 7, se 6 závity koaxiálního kabelu na feritovém toroidu (o vnějším průměru 40 mm, z materiálu H20) pro propojení symetrického napáječe antény a nesymetrického napáječe z koaxiálního kabelu 50  $\Omega$  k transceiveru.





Obr. 7. Jednoduchý proudový symetrizační člen pro původní VK2ABQ.

Výsledky orientačního měření PSV a impedance antény jsou v tabulce 2. Jak je zřejmé, nebyly nikterak povzbudivé a umístěním antény do větší výšky (ze 3 na 6 m) se nezlepšily. Kromě toho docházelo k očekávanému prověšení prvků antény v důsledku malé délky nosných prutů a jejich prohnutí. Měření jsem prováděl anténním analyzátozem MFJ-259B. Měřeno bylo PSV, reálná složka komplexní impedance (označení R) a imaginární složka impedance (označení X).

f [MHz]	PSV	R [ $\Omega$ ]	X [ $\Omega$ ]
14,0	2,6	72	58

Tab. 2. Hodnota PSV, R a X původní VK2ABQ v provedení s jedním pásmem pro 20 m.

Pro upřesnění popisu dílů antény zde prezentuji i obrázek 8, znázorňující uchycení konců prvků k izolátoru – knoflíku v konfiguraci vhodné pro ladění antény, tedy pro rychlé změny délky prvků. Ohnuté přesahující konce prvků jsou „nakrouceny“ na aktivních částech prvků a „nedbale“ fixovány PVC páskou s odstávajícím koncem (pro rychlé odmotání pásky).



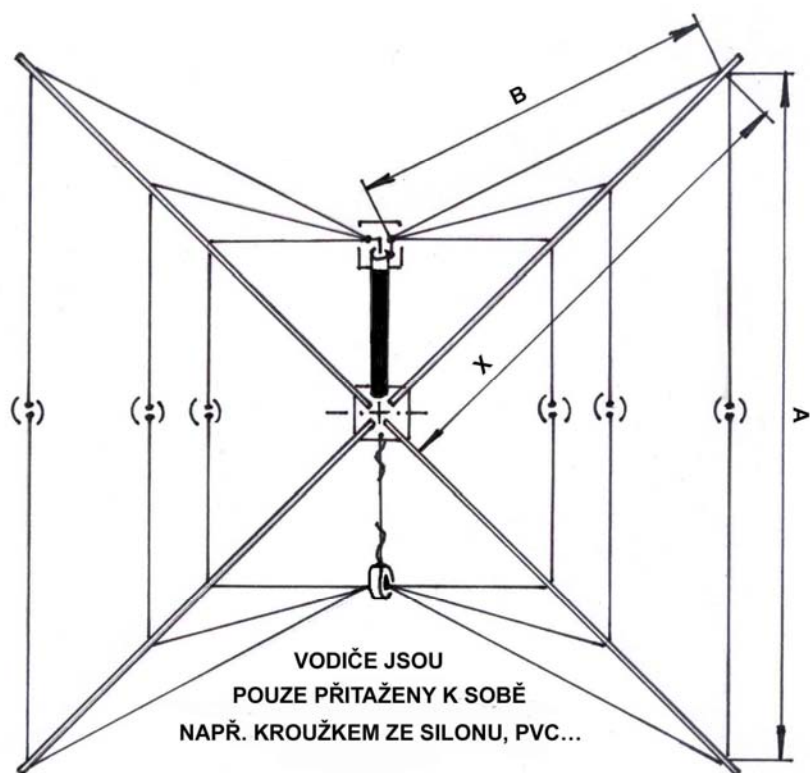
Obr. 8. Uchycení konců prvků k izolátoru – knoflíku v konfiguraci vhodné pro ladění antény, pro rychlou změnu délky prvků.

Jak již jsem zmínil, očekávané prověšení prvků pro 20 m bylo největší, směrem k 10 m se mělo zlepšovat. Jediným řešením v daných podmínkách, tedy bylo přitáhnout středy zářičů a reflektorů pásem 20 a 15 m směrem k rozměrově vyhovujícímu čtverci prvků 10 m a tak anténu srovnat, alespoň přibližně, do roviny a pak „bádat“ dál. Tato modifikace antény podle HA1SU je popsána ve [2], stejný nápad ale mělo více konstruktérů antén, viz např. [5].

].

### **Modifikace VK2ABQ pro 14, 21 a 28 MHz**

Jak dál? Nejednoduší bylo převzít rozměry prvků zveřejněné HA1SU. To jsem ale nechtěl a vycházel jsem z maximální délky prvků (viz tab. 1), kterou jsem se rozhodl zkracovat a případně opět prodlužovat (tedy nestříhat konce - viz obr. 8), až dosáhnu optimálních parametrů antény. Protože ale nemá smysl objevovat již objevené, převzal jsem nesymetrické napájení (symetrizační člen jsem tedy nepoužil), jeho praktické provedení je na obr. 6. Na obr. 9 je znázorněná modifikovaná VK2ABQ. Označení rozměrů A, B a X je shodné s označením podle [2] – popis modifikace VK2ABQ podle HA1SU, aby bylo možno provést závěrečné srovnání rozměrů obou modifikací.



Obr. 9. Modifikace VK2ABQ pro 14, 21 a 28 MHz.

Dále následuje několik obrázků (10, 11, 12) praktického provedení antény.



Obr. 10. Připojení koaxiálních kabelů k základové desce.