

Oldřich Burger, OK2ER, o.burger@seznam.cz

Magnetické antény – MLA

S přihlédnutím k překročenému důchodovému věku i čtyřem desítkám let, co se věnuji radioamatérskému vysílání, mám snad neformální kvalifikační předpoklad nevěřit na zázračné antény. Přes důvodnou skepsi i počáteční opatrnost mne nakonec ke zkoumání magnetické antény (v dalším ML, MLA – magnetic loop antenna) přimělo zjištění, že na toto téma vznikly na VŠB TU v Ostravě dvě akademické práce. To, že ML antény pro amatérská pásma začala vyrábět i známá firma MFJ, mě po měsících experimentování přivedlo nakonec k rozhodnutí pořídit si ML anténu MFJ-1788X „na klíč“. Ta, na rozdíl od mých klopotně vyvíjených vzorků, je profesionálně dotažená. Nicméně Cimmanovské objevy staronových faktů o ML anténách, které podivně iniciují éter magnetickým polem, evokovaly v mém egu potřebu podělit se o získané know-how s dalšími radioamatéry–skeptiky. Po několikaměsíčním experimentování a ověřování MLA v praktickém provozu si s vysokou zárukou věrohodnosti dovoluji konstatovat, že dobrá magnetka bude generovat na osmdesátce a čtyřicítce pravděpodobně lepší signál, než dipól umístěný níže než deset metrů nad zemí. Jak ukazují dříve publikované informace, zejména [7], může být MLA přijatelnou kompromisní alternativou pro vysílání na dovolené. Zejména v zahraničí může předejít vzniku trapných situací, kdy nešťastný pokus vybudovat dipól pro 80m není pochopen jako osobitá česká forma prohlubování sousedských vztahů. Článek není typicky teoretickým pojednáním ani typickým konstrukčním návodem. Zájemce o teorii MLA proto odkazují na prameny [1–7] a uvedené internetové odkazy.

Nejprve snad upozornění: O MLA se také někdy mluví jako o malé smyčkové anténě, protože její obvod je – na rozdíl třeba od klasických smyčkových antén typu delta-loop apod. – v porovnání s délkou vlny podstatně kratší.

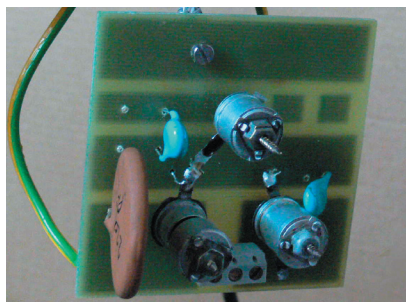
Z pohledu teoretické fyziky představuje ML anténa nejčastěji jediný závit cívky paralelního rezonančního obvodu. Uvnitř tohoto LC obvodu mizí při rezonanci jalová složka impedance a extrémně velký reálný proud tekoucí touto „cívkou“ tvořenou vodičem o průměru několika centimetrů budí v okolním „éteru“ silné magnetické pole. Vyzářovací odpor antény R_a je úměrný rozměru antény a je typicky velmi nízký (řádově desítky Ω). Ztrátový odpor R_z antény, resp. celého anténního systému, nebývá u těchto antén v absolutní velikosti velký, nicméně v poměru k nízkému R_a není zanedbatelný. Účinnost antény obecně určuje právě poměr $R_a:R_z$, z čehož logicky vyplývá, že to, jak nám bude taková anténa fungovat, bude záviset především na jejím konstrukčním řešení, na robustním mechanickém provedení a na použitém materiálu, z něhož je vyrobena smyčka „zářiče magnetického pole“. Vlastní „cívka“ – závit – bývá kvůli zmenšení R_z z co nejlépe vodivého vodiče o velkém průměru; díky skin–efektu ale nemusíme plynout hmotou drahého materiálu, stačí tenkostěnná trubka. Není vhodné šetřit na mědi (ideálně na postříbené mědi) a nahrazovat ji hliníkem nebo železem. Není také šťastné zařazovat do LC obvodu antény přídavný odpor třecích kontaktů rotoru kondenzátoru. Lepším řešením může být split–stator nebo pevné kondenzátory, viz obr. 1 a 2. Zajímavá konstrukční řešení lze nalézt v uvedených internetových odkazech. Opakuji ještě jednou: **Předpokladem dobrého fungování ML antény je její solidní konstrukční řešení a použitý materiál.** Na

kondenzátoru LC obvodu se při výkonu 100 W objevuje napětí v řádu 10^3 V a povrchové (skinefekt) proudy mohou nabývat hodnot 10^2 A/mm². Přechodový odpor třecích kontaktů rotoru kondenzátoru, který tvoří LC obvod antény, významně zhoršuje její účinnost.

Naladění ML antény do rezonance vně zmíněného elementárního LC obvodu (to je mimo smyčku antény) je sice také možné, nicméně to má zanedbatelný vliv na účinnost antény. V praxi se to projevuje tak, že anténa „netáhne“, přestože z měření parametrů SWR i R, X, Z (příklad viz obr. 3) se



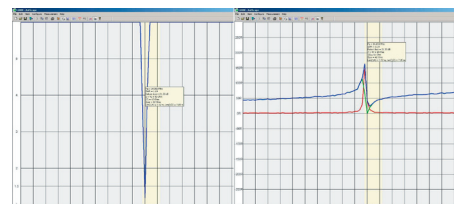
Obr. 1. Přijímačový ladící kondenzátor použitý v MLA



Obr. 2. „Pevné“ kondenzátory pro ladění MLA

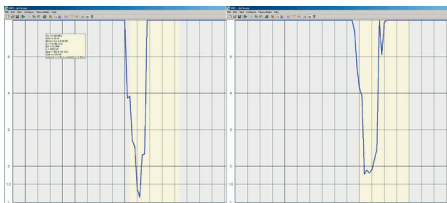


ukazuje, že by vše mělo být v naprostém pořádku. Zdánlivě. Anténní analyzátor změnu R_z v řádu ohmů nezaregistruje, ale z reportů při navazování QSO je okamžitě patrné, co – na první pohled zanedbatelné – zvýšení R_z s hodnotou poměru $R_a:R_z$ udělalo. Než jsem pochopil podstatu věci, hodně večerů jsem se divil a trápil. Budeme-li se řídit know-how vytištěným výše tučně, pak elektrické přizpůsobení antény bude už jednodušším článkem její úspěšné konstrukce.



Obr. 3. Grafy měření MLA analyzátozem AA500

Všimněme si, že příčinou nízkého úhlu otevření antény (frekvenční selektivita) je extrémně vysoké Q onoho hypotetického LC obvodu. V konkrétním případě u mne měřeného vzorku byla na pásmu 3,5 MHz MLA použitelná do SWR 2:1 s odladěním QRG pouze o ± 5 až 10 kHz. Pokud anténa není dost „ostrá“, hledejme chybu! Čím bude anténa ostřejší, tím můžeme předpokládat její vyšší účinnost a naopak. I bez měřicího parku je selektivita antény prvním ukazatelem toho, zda se nám podařilo/nepodařilo úspěšně vyřešit kritická místa ML antény! Rozdíl v R_z (neboli v dobré a špatné práci) je exaktně vyjádřený na obr. 4. Podobným a možná ještě důležitějším ukazatelem je porovnání ML antény s jinými anténami, které známe a můžeme k tomuto účelu použít. Ideální je využít při porovnávání koaxiální přepínač – pomalé přešroubovávání

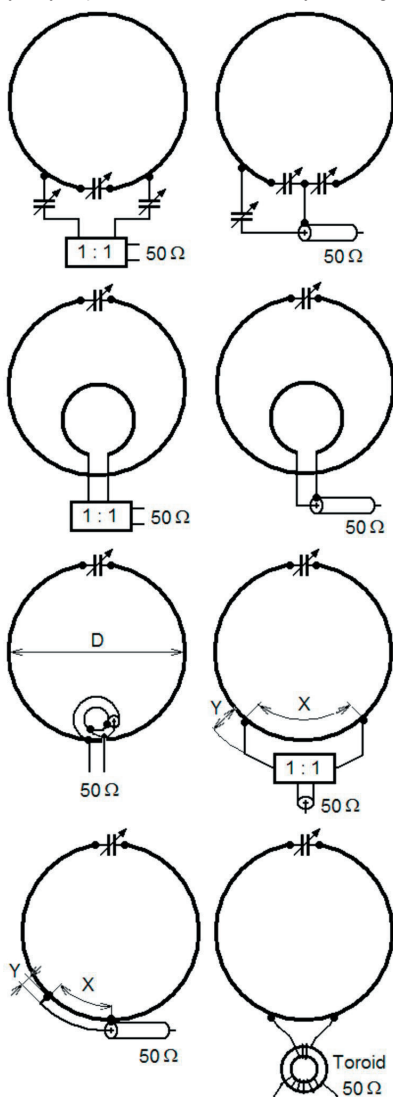


Obr. 4. Dobrá a horší MLA, graf PSV, selektivita.

konektorů totiž zkruskuje výsledky, zejména s ohledem na QSB.

Typy MLA, konstrukční idea, zkušenosti

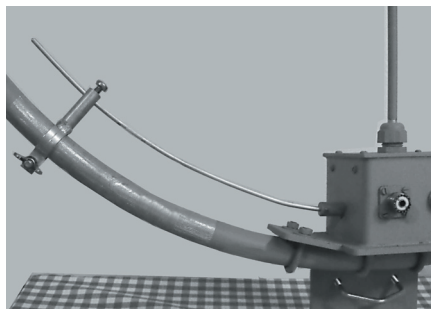
Většina dosud publikovaných konstrukcí je věnována jednoduššímu typu ML antény, která nemá složku elektrického pole potlačenu pomocí elektrostatického stínění virtuálního „zářiče magnetického pole“ (cívky) – její nevýhodou je příjem rušivého „elektrosmogu“. Méně rozšířený typ MLA příjem elektrické složky elektromagnetické vlny naopak výrazně potlačuje. V režimu vysílání to sice není podstatné, ale tato charakteristická vlastnost stíněné ML antény najde ocenění při příjmu v QTH s vysokým prahem rušení elektrickým smogem.



Obr. 5. Několik variant vazby s MLA

Anténa je ale konstrukčně trochu komplikovanější. V zájmu jednoznačnosti a formálního zjednodušení budu pro odlišení obou typů MLA dále používat pro stíněné antény pomocný termín „pravá MLA“ (příp. MLA_1), pro antény nestíněné termín „nepravá MLA“ (příp. MLA_2).

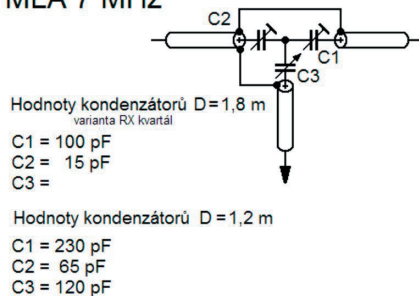
ML antény bývají napájeny různým způsobem – pro ilustraci je na obr. 5 uvedeno několik zapojení. Jedním z nejpoužívanějších způsobů napájení nepravé ML antény je T-úsek (bočník) podle obr. 6. Je to jednoduché a opravdu fungující řešení.



Obr. 6. MLA napájená bočníkem

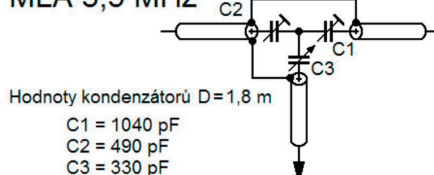
Všechny rozměry MLA lze dost přesně vypočítat [1,2], k dobrému výsledku se lze dobrat i empiricky. Napájení (buzení) antény pomocným závitem cívky také funguje, přičemž je zřejmou výhodou, že takto lze napájet i pravé ML antény. To u bočníku není jednoduše možné. Mně se pro napájení a přizpůsobení obou typů MLA osvědčilo galvanické napájení přes kapacitní dělič podle obr. 7 a 8.

MLA 7 MHz



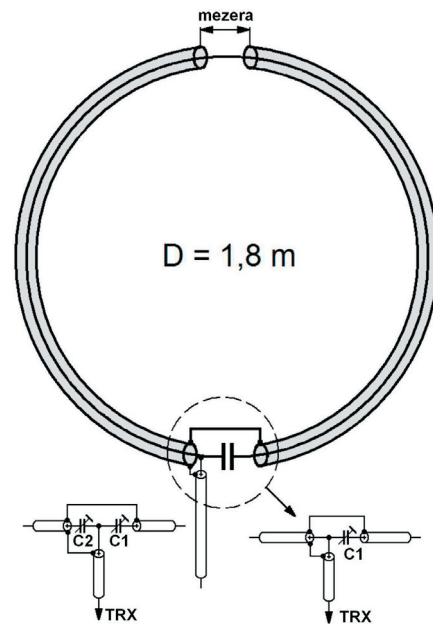
Obr. 7. MLA pro 7 MHz, napájení přes kapacitní dělič

MLA 3,5 MHz

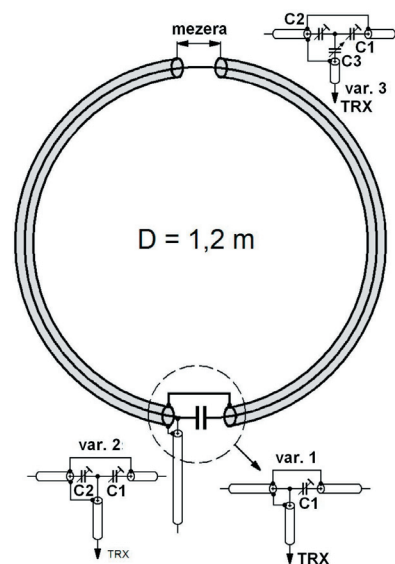


Obr. 8. MLA pro 3,5 MHz, napájení přes kapacitní dělič

Doporučuji začít experimentovat s jednoduššími typy MLA_2. K tomuto účelu je možné výhodně použít například tlustší koaxiální kabel (jeho plášť). Dobře se hodí zbytek tvrdého telefonního zemního koaxiálního kabelu 75 Ω o průměru 15 mm. Pro MLA_2 je typické, že přiblížíme-li k ní třeba ruku,



Obr. 9. „Pravá“ MLA pro 3,5 MHz



Obr. 10. „Pravá“ MLA, 7 MHz

anténa se rozladuje; u MLA_1 bývá tento efekt výrazně nižší.

Vyzkoušené rozměry pravé ML antény, včetně detailu napájení, jsou na obr. 9 a obr. 10. Jako elektricky stíněný „magnetický zářič“ je použit koaxiální kabel, jehož střední vodič tvoří zmíněný závit virtuálního budiče magnetického pole – cívky. Plášť koaxiálu zajišťuje stínění složky elektrického pole. Pozor, stínění je nutno v polovině závitu přerušit! Prototyp pokojových MLA, s nimiž jsem udělal stovky QSO s QRP 5 W, je vidět na obrázku v záhlaví článku a na obr. 11..

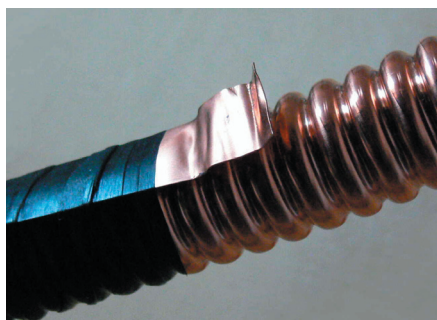
Potřebný poměr hodnot kapacitního děliče pro pásmo 7 MHz při dvou odzkoušených průměrech anténní smyčky z kabelu o průměru 1" je uveden v obr. 7 a 8. Shodou okolností vychází u MLA podle obr. 7 poměr potřebných kapacit téměř shodný, jako je poměr kapacit VKV a SV sekce rozhlasového „ladáku“, obr. 1. Živý vodič napájecího koaxiálu je připojen na paralelně spojené vývody sběračů



Obr. 11. Jeden z prototypů pokojové MLA

rotoru. Plášť napáječe je připojen na propojené sekce stínění MLA_1 (spojené měděným zemnicím páskem pro dosažení malého odporu), obr. 12. Upozorňuji, že zapojení kapacitního děliče podle obr. 7 a 8 se neshoduje se zapojením v [1] a [2]. Uvedené hodnoty jsou nezaručené, budou se lišit podle použitého koaxiálu!

Pro první pokusy s jednopásmovou pokojovou anténou není třeba shánět speciální proměnný kondenzátor na VN, asi do výkonu 30 W je možné použít úplně běžné ladící kondenzátory z rozhlasových přijímačů. Obecně konstatuji: Hledání správné velikosti kapacit děliče je nejlépe začít v režimu „příjem“ pomocí dvou samostatných ladících kondenzátorů, kdy MLA předladujeme podle šumu (ruchu) pásma, podobně jako se ladí Pí-článek PA nebo transmatch..Teprve v dalším kroku upřesníme hodnotu děliče pomocí PSV-metru. Při tomto ladění určitě nepoužívejme výkon větší než 5 W! Po změření optimální hodnoty kondenzátorů děliče lze nahradit otočné kondenzátory pevnými kapacitami na VN (asi na 5 kV). Doladování MLA



Obr. 12. Použití propojovacího zemnicího pásku

po pásmu na minimální PSV lze realizovat RX ladícím kondenzátorem v napájecí větvi děliče, C3, obr. 10, varianta 3.

Praktické zkušenosti z provozu na pásmech

Kromě přibližně čtvrt roku trvajících provozování MLA při QRP 5 W, kdy jsem porovnával způsob napájení a přizpůsobování LC smyčky, jsem vybraný typ MLA_1 ověřoval také několik hodin během WPX Contestu – v režimu SWL. MLA_1 na pásmu 7 MHz, MLA_2 pro pásmo 14 MHz mi zapůjčil OK1CZ. Na obou pásmech bylo posbíráno celkem 270 reportů pro 90 stanic. K porovnávání byly použity dvě dlouhodobě prověřené antény, které mohu s ohledem na QTH v centru města hodnotit jako dobré.

Anténa A	40 m LW
Anténa B	7-pásmový trapovaný vertikál
Anténa X	testovaná pravá MLA

Výsledky, pásmo 7 MHz

8x	A< X >B
23x	A> X <B
5x	A= X =B
6x	X = A, když A>B
27x	X = A, když A<B
21x	A> X >B

Z matematického zápisu v tabulce lze vyvodit asi tento verbální závěr: U tři ze čtyř poslouchaných stanic se MLA jeví alespoň stejně dobrá jako jedna ze dvou dosud používaných slušně chodivých antén (to je cca v 75 % případů). Takto zjednodušený výrok se může na první pohled jevit jako málo profesionální. Souhlasím, že jde pouze o subjektivní šetření, třebaže podložené statistickou metodou, což samozřejmě není totéž, jako exaktní fyzikální měření. Jsem si ale jist, že pro účely radioamatérského provozu na KV je tato metoda více vypovídající, než přesné měření zisku u pozemního typu šíření.

Parametr zisku antény pro nulový úhel vertikálního vyzařovacího diagramu může být paradoxně na KV zavádějící. Při experimentování s MLA jsem si připomenul dávno zapomenuté zkušenosti z původního povolání, že ionosférické šíření na KV je děj velice bizarní. To, co normálně chápeme jako únik, to se na druhé anténě v téměř okamžiku zpravidla jeví jako zvyšování síly signálu (proto byl vymyšlen diverzitní příjem). Během několika vteřin se reporty z jednotlivých antén prohazují, a to i několikrát. V tomto smyslu bylo zmíněných měření (reportů) minimálně pětkrát tolik! Objektivizovat vlastnosti MLA s přihlédnutím k jejímu cílenému použití pro amatérský provoz na KV není vůbec jednoduché, ale za výrokem, že MLA je v mnoha ohledech JINÁ než každá z uvedených komparačních antén, si stojím. Pro neseznámené s MLA ještě doplňuji, že horizontální vyzařovací diagram antény je osmičkový, s poměrně tupým maximem a výrazným minimem [1, 2]. Platí to pro svislou polohu antény, tedy leží-li smyčka – závit antény v rovině kolmé k zemskému povrchu. Ostrost minima souvisí s typem šíření a stavem ionosféry, jinak

řečeno s úhlem dopadu vln na anténu. Podrobněji v [1, 4, 6].

Možná ještě zbývá porovnat pravou a nepravou MLA. Toto porovnání relativizují konstatováním, že jsem neměl možnost hodnotit a porovnávat oba typy MLA ve stejnou chvíli na stejném pásmu. Konstatování proto odpovídá na 100 % známé teorii, ale hodnotu vlastních výsledků s ohledem na uvedenou „nekompatibilitu“ šetření snižuji na cca 75 %. Závěr tedy formuluji takto: Rozdíl v potlačení rušení neznámého původu, které se projevuje jako „šum“ a „gurglání“, je u MLA_1 a MLA_2 nepřehlédnutelný. Celkový dojem získaný s ML anténami při běžném provozu na pásmu je velmi příznivý. KV signály přijímané na pokojovou ML anténu bývají obvykle čistší, než tytéž signály přicházející z antén A a B, viz tabulka. Jak bylo sděleno výše, v případě MLA_1 dokonce výrazněji, než u MLA_2. V provozu na KV jsem u obou typů MLA s potěšením kvitoval, že při QSB podmínkách mne protistanice opakovaně informovaly, že QSB je při přepnutí na ML anténu menší než u antén A i B. Většinu QSO na MLA jsem udělal s výkonem 5 W, přičemž není výjimečné, když na 80 a 40 m dostanu z EU report 599. Na 5 W jsem na pokojovou MLA udělal také pár DX QSO s Asií, Afrikou, NA. Na anténu MLA_2 (TNX OK1CZ), položenou na křesle v obývacím pokoji, jsem za hodinu během contestu na pásmu 20 m udělal 42 stanic z NA (QRO 100 W).

Závěr

Zbývá snad upozornit ještě na otázku bezpečnosti. O existenci vysokého vř. napětí na kondenzátoru MLA jsem se zmínil, tento fakt je všeobecně známý. Informace o vř. magnetickém poli velké intenzity v blízkosti smyčky (relativně ke vzdálenosti od zdroje) ale příliš známé asi nejsou. Běžná zařízení jsou stíněna spíše proti elektrickému poli a v okolí magnetické antény se chovají jinak. Třeba rozvod ethernetu – když vnitřní MLA na 160 m napájím pouhými 5 W, klekne modem O2. Při 20 W klekne i tehdy, pokud vysílám ze zahrady. Stínění fólií z hliníku (mědi) jakoby nebylo. Plechová skříňka na MFJ940E nezabránila odkroucení diod na vestavěném PSV-metru atd. Zdraví asi nebude svědčit pobyt blízko MLA při vysílání. Podrobnější informace z hlediska hygienického ale bohužel nemám.

K úplně původním úvahám o pořízení ML antény mne dovedlo zjištění, že směrem k nižším pásmům se zlepšuje mé umístění v rekreačně absolvovaných KV soutěžích. Důvod je jasný: Na vyšších pásmech je většina soutěžících stanic vybavena výrazně lepšími komerčně dostupnými anténami, směrem dolů, to je ke středním vlnám, se můj technický handicap snižuje. Postavit si na náměstí malého města plnohodnotný dipól pro pásmo 160 m není reálné, je to přece jen 80 m drátu ve výšce 80 m. Postavení čtyřmetrové otočné

ML antény se mi zdálo být reálnější. Výchozím přáním a předpokladem bylo, že by se ML anténa měla k ideálnímu dipólu alespoň přiblížit. Po pár měsících koketování s modely MLA na středních KV pásmech začínám přehodnocovat úvodní myšlenku. Je pravda, že zázračné antény neexistují, nicméně bumblíčka pro pásmo 160 m jsem už na základě osobně zjištěných faktů začal realizovat. Jak to nakonec dopadne/dopadlo, o tom snad někdy příště.

P.S. Kdybych si dal tu práci, kterou jsem věnoval řešerši až při psaní tohoto článku, pak by pojem „Cimrmanovské objevy“, který jsem použil v úvodu článku, ztratil svůj skrytý smysl. :-).

Literatura

- [1] Lukáč, J.: *Bakalářská práce – VŠB TU 2008. Magnetická anténa*
[2] Dvorský, M.: *Magnetická anténa. Elektrevue 10/2008*
[3] Pokorný, Vlastimil: *Radiožurnál 2/2000. Magnetická anténa pro příjem i vysílání*

[4] Krishke, Alois: *Rothammels Antennen Buch, DARC Verlag*

[5] Zouhar, R., OK2ON: *Radioamatér 1/2001, překl. DJ5QY. Radio Communication 4/97*

[6] Ikrenyi, J.: *Amatérské krátkovlnné antény*

[7] Pračka, M., OK1DMP: *Zkušenosti s magnetickou anténou, viz INET link c)*

Internetové odkazy

- a) <http://www.elektrevue.cz/cz/download/magneticka-antena/>
b) http://www.dxzone.com/catalog/Antennas/Magnetic_Loop/
c) http://ok1cjb.nagano.cz/www/?ant%E9ny:ant%E9ny_KV:magnetick%E1_ant%E9na
d) <http://www.iw5edi.com/ham-radio/11/a-magnetic-loop-antenna-for-hf>
e) <http://www.dxzone.com/cgi-bin/dir/jump2.cgi?ID=3676>
f) <http://www.dxzone.com/cgi-bin/dir/jump2.cgi?ID=10212>
g) <http://www.dxzone.com/cgi-bin/dir/jump2.cgi?ID=9508>
h) <http://ok1ike.c-a-v.com/soubory/anteny/160-2.htm>
i) <http://ok1ike.c-a-v.com/soubory/anteny/ramant3.htm>
j) <http://www.g4fon.net/>
k) http://ok1ike.c-a-v.com/soubory/anteny/ant_loop.htm
l) <http://www.dx.cz/modules.php?name=News&file=article&sid=121>

<8400>🌐