

Magnetická anténa

Ing. Marek Dvorský

Vysoká škola báňská Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky,
Katedra telekomunikační techniky, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava Poruba

Email: marek.dvorsky.fej@vsb.cz

Tento článek popisuje základní princip a výhody specifického typu smyčkové antény zvané magnetická anténa (Magnetic Loop Antenna). V textu jsou vyzdviženy základní rovnice vedoucí k praktickému návrhu antény tohoto typu.

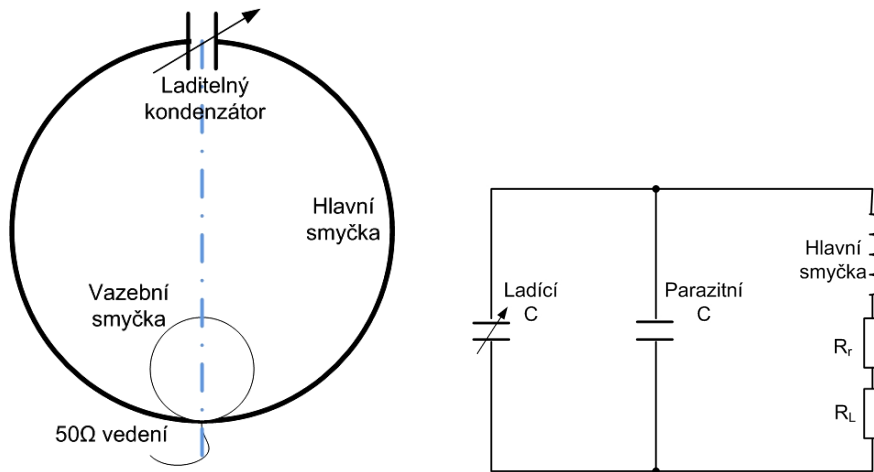
1. Úvod

Elementární dipól jakožto základní typ antény není v určitých případech vždy realizovatelným řešením, zejména při kmitočtech, kdy je rozměr antény několikanásobně menší než je vlnová délka pracovního kmitočtu antény. Efektivním řešením může být feritová anténa, nebo právě diskutovaná magnetická anténa (magnetic loop antenna). Dostupné publikace, které se zaměřují na teorii antén a elektromagnetického pole, často popisují celou škálu magnetických antén vzájemně se lišící tvarem (některé mohou být čtvercové, kosočtverečné, šesti/osmi úhelníkové), nebo způsobem napájení. Ačkoliv některé anténní parametry jsou závislé na jejich tvaru faktem zůstává, že rozměr takovéto antény je n-násobně menší v porovnání s používanou vlnovou délkou.

Magnetická anténa (MLA) je speciálním typem rámové antény. Pokud srovnáme MLA s klasickou rámovou anténou, dipólem, směrovou anténou nebo např. „quad“ anténou, je MLA především rozměrově efektivnější. Zatímco obvod klasické rámové antény se pohybuje kolem vlnové délky pro kterou byla anténa navržena, MLA používá obvod kolem $0,2\lambda$ (prakticky $0,1\lambda$). Nejen malé rozměry jsou hlavní výhodou MLA. Výjimečnost MLA spočívá také ve schopnosti generovat a zpracovávat pouze magnetickou složku H elektromagnetického pole. Díky této vlastnosti je MLA necitlivá vůči jakémukoliv elektrickému rušení.

2. Popis MLA antény

MLA se skládá ze tří základních bloků: hlavní smyčky, ladícího kondenzátoru a vazební smyčky (viz Obr.1).



Obr.1: Magnetická anténa- konstrukce (vlevo), náhradní obvod (vpravo)

2.1 Hlavní smyčka

Jak už bylo řečeno v úvodu, obvod hlavní smyčky je odvozen z vlnové délky λ (zpravidla $0.1 \div 0.2\lambda$), pro kterou byla MLA navržena. Hlavní smyčka má obvykle jeden závit tvořen stíněním koaxiálního kabelu, nebo obecně jakoukoliv měděnou trubkou. Indukčnost jednoho závitu vzduchové cívky pak spočítáme [1]:

$$L = 0,2 \cdot U \cdot \left(\ln \frac{U}{d} - 1,07 \right) \quad [\mu H] \quad (2.1)$$

Kde: L je indukčnost smyčky [μH]
 U je obvod hlavní smyčky [m]
 d je průměr vodiče hlavní smyčky [m]

Pokud navrhujeme MLA pro pásma s velkou vlnovou délkou (např. dlouhé nebo střední vlny), je doporučeno použít více než jeden závit hlavní smyčky, jinak budou rozměry MLA velké. Počet závitů smyčky se řídí rozměrem smyčky, navrženým kmitočtem a hodnotou ladícího kondenzátoru, nesmí však změnit charakter MLA na rámovou anténu – stále musí platit $U = 0,1 \div 0,2\lambda$. Indukčnost pak roste s kvadrátem závitů [1].

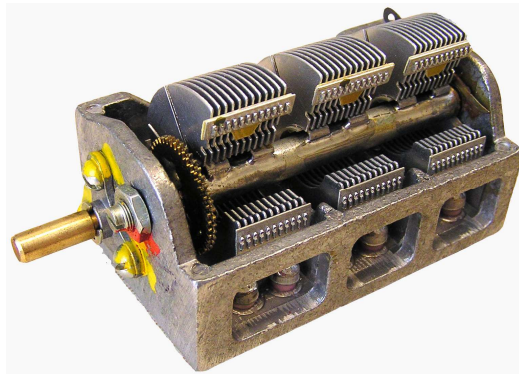
$$L' = L \cdot N^2 \quad [\mu H] \quad (2.2)$$

Kde: L' je indukčnost vícezávitové smyčky [μH]
 L je indukčnost jednoho závitu (viz. 2.1) [μH]

2.2 Ladící kondenzátor

Ladící (přesněji spíše doladovací) kondenzátor umožňuje změnu pracovního kmitočtu MLA v relativně velké míře. Míra přeladění je dána délkou hlavní smyčky U a samotnou hodnotou kondenzátoru. Pro přijímací anténu může být použit klasický laditelný kondenzátor, tak jak ho známe z AM rozhlasových přijímačů, nebo např. varicap. Pokud se MLA používá jako vysílací anténa je nutno brát na zřetel, že smyčka představuje otevřený závit na prázdno, tudíž se

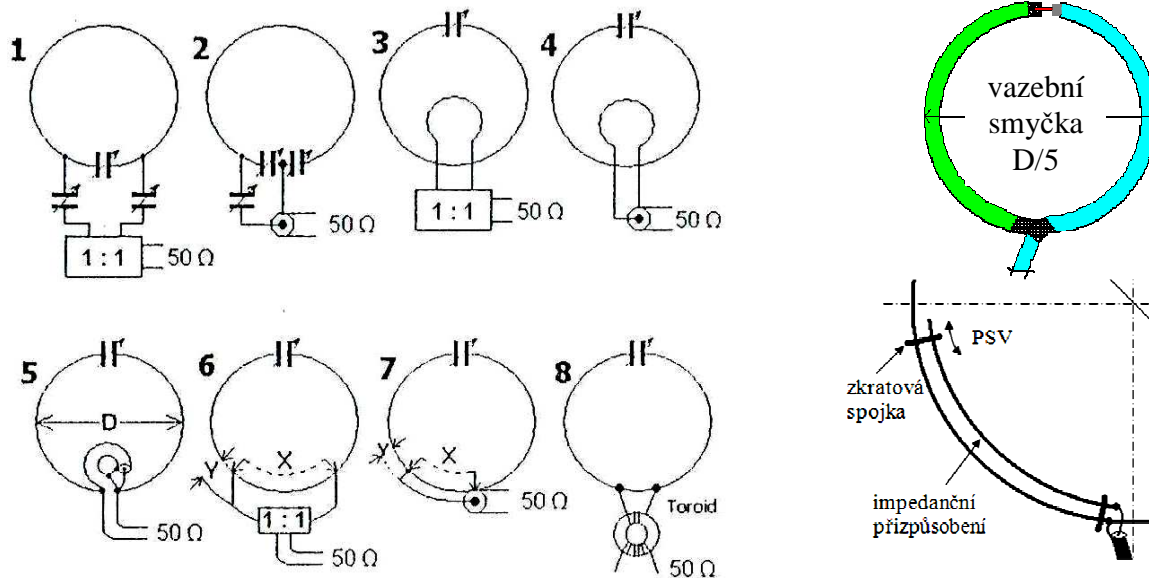
na koncích smyčky může objevit vysoké napětí. Proto je kladen značný důraz na dielektrické vlastnosti použitého kondenzátoru, respektive na elektrickou pevnost vzduchové mezery mezi deskami/elektrodami otočného kondenzátoru. Je také nutno upozornit na negativní vliv třecích kontaktů, které se u těchto typů kondenzátorů používají. Řešením je použití vícesegmentového ladícího kondenzátoru, který má otočné segmenty (*rotor*) vodivě spojeny (Obr.2). Jako vstupní svorky pak slouží *statorové části* kondenzátoru. Odpovídající hodnota kondenzátoru se při známé hodnotě indukčnosti závitu hlavní smyčky L spočítá ze známého Thomsonova vztahu.



Obr. 2: Tří-segmentový ladící kondenzátor

2.3 Vazební smyčka

Vazební smyčka je menší smyčka umístěná uvnitř smyčky hlavní, naproti ladícímu kondenzátoru. Existuje několik způsobů jak vazební smyčku navázat na 50Ω vedení (Obr.3a). Průměr indukční smyčky je obvykle $1/5$ průměru smyčky hlavní (Obr.3a.4, 3b). Doporučená vzdálenost mezi hlavní a vazební smyčkou je $0\div 6\text{cm}$. Právě tato vzdálenost společně s přesností doladění kondenzátoru na rezonanční kmitočet určuje pracovní kmitočet f_0 a tím i ovlivňuje výslednou hodnotu činitele stojatých vln (PSV). Nejpoužívanějším typem vazební smyčky je č.4 a č.7 na Obr.3a (v detailu na Obr.3b). Zvláštní pozornost si zaslouží typ č.7 tzv. „gama napájení“, jenž umožňuje jednoduchým způsobem přizpůsobit anténu k napájecímu vedení (pomocí změny délky pahýlu X na Obr.3a.7, Obr.3b).



Obr. 3: a) různé typy indukční smyčky (vpravo), b) detail č.4 (vpravo nahore), č.7 (vpravo dole)

3. Anténní parametry MLA

MLA se vyznačuje jistou směrovostí s vyzářovacím diagramem ve tvaru číslice 8 (Obr.4). Takováto charakteristika umožňuje zaručený příjem v předozadním směru, zatím co boční směr je značně potlačen. Činitel kvality cívky „Q“ je rozhodující faktor udávající selektivitu v rezonanci (při pracovním kmitočtu). Pokud je smyčka zatížena, klesající Q zapříčiní snížení selektivity. Následují anténní parametry popisující MLA (převzato z [3]):

$$\text{Vyzářovací odpor:} \quad R_r = 3,38 \cdot 10^{-8} \cdot (f_0^2 \cdot A)^2 \quad [\Omega] \quad (3.1)$$

$$\text{Plocha kruhové smyčky:} \quad A = \frac{\pi}{4} D^2 \quad [m^2] \quad (3.2)$$

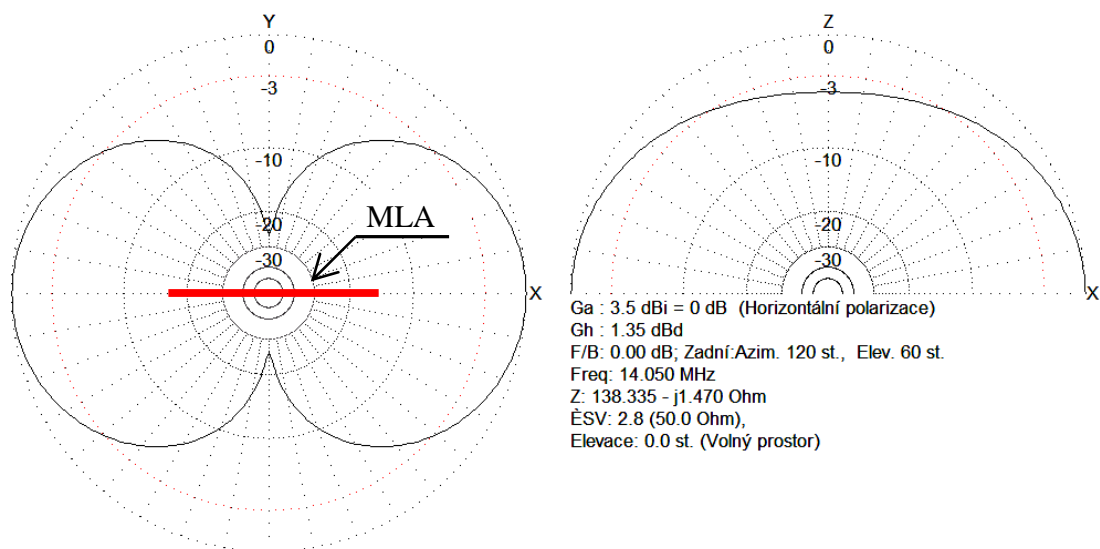
$$\text{Ztrátový odpor:} \quad R_L = 9,96 \cdot 10^{-4} \sqrt{f} \frac{U}{D} \quad [\Omega] \quad (3.3)$$

$$\text{Účinnost:} \quad \eta = \frac{R_r}{R_r + R_L} \quad (3.4)$$

$$\text{Činitel kvality:} \quad Q = \frac{X_L}{2(R_r + R_L)} \equiv \frac{f_0}{\Delta f} \equiv \frac{f_0}{B} \quad (3.5)$$

$$\text{Směrová funkce:} \quad F = \sin^2 \theta \quad (3.6)$$

Kde: D je průměr hlavní smyčky [m]
 f_0 je pracovní kmitočet MLA [Hz]
 $B, \Delta f$ je šířka pásma antény [Hz]
 θ je úhel vyzářování v rovině xy


 Obr.4: Vyzařovací diagram **MLA** (výstup z programu MMANA)

Při modelování MLA v simulačním programu MMANA nebo EZNECv5.0 se ukazuje, že dosažitelné zisky u magnetických antén kolísají cca od $-1,5 \div 3,5$ dB (vertikální polarizace) a $-8 \div 5,5$ dB (horizontální polarizace) vztaheno k izotropnímu zářiči.

4. Závěr

Magnetická anténa zvláštním typem smyčkové antény. Se svými malými rozměry, možností změny pracovního kmitočtu, selektivitou, jistou směrovostí a necitlivostí na elektrické rušení je možno říci, že magnetická anténa je dobrou náhražkou či nouzovým řešením v místech se silným elektrickým rušením, nebo jako přenosná anténa. Rozdíl v účinnosti oproti „dlouhé“ anténě je akceptovatelný. Hlavní výhodou zůstává mobilita, vysoká účinnost (vzhledem k mechanické velikosti) a vysoká selektivita způsobená vysokou hodnotou Q . Nevýhodou je pak citlivost doladování. To lze dnes již poměrně elegantně řešit pomocí dálkově ovládaného ladícího kondenzátoru. Proto je MLA častou alternativou v místech s omezeným prostorem pro anténu „plné“ délky ($0,25\lambda$; $0,5\lambda\dots$) a v místech se silným elektrickým rušením. Z uvedených důvodů se právě MLA stala velmi oblíbenou u radioamatérů.

LITERATURA:

- [1] Pokorný, Vlastimil: *Radiožurnál 2/2000*. Magnetická anténa pro příjem i vysílání
- [2] *Small transmitting loop antennas* [online]. 2000 [cit. 2007-05-10] Dostupný z www: <<http://www.dxzone.com>>
- [3] Small High Efficiency Loop Antennas for Transmitting. *The ARRL Antenna Handbook : The American Radio Relay League*. 1988, no. 15, s. 5-14.
- [4] *EZNEC* [online]. 2000 [cit. 2008-02-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.eznec.com/>>.

- [5] *Mmana* [online]. 2000 [cit. 2008-02-15]. Dostupný z WWW:
<<http://mmhamsoft.amateur-radio.ca/mmana/index.htm>> a <<http://mmhamsoft.amateur-radio.ca/>>.
- [6] AA5TB. *Small Transmitting Loop Antennas : Also known as Magnetic Loop Antennas* [online]. 1998 , 17.3.2008 [cit. 2008-03-18]. Dostupný z WWW:
<<http://www.aa5tb.com/loop.html>>.
- [7] OK1DMP. *Zkušenosti s magnetickou anténou* [online]. 2006 [cit. 2008-03-18]. Dostupný z WWW:
<<http://ok1cjb.nagano.cz/www/?ant%20ny:ant%20KV:magnetick%20ant%20na>>.