

# Znovu o „EH anténě“

Jindra Macoun, OK1VR

Pro trvalý zájem o rozměrově malé antény na KV amatéřská pásma se vracíme k tzv. EH anténě, která před časem vzbudila poměrně značnou pozornost a stále zůstává předmětem dotazů. Na internetových stránkách byla prezentována jako malá anténa s výjimečnými vlastnostmi (účinnost 95 %, zisk 0 až 2 dBd!!), navržená podle nové teorie antén Tedem Hartem, W5QJR, spolu se Stefanem Galastrim, IK5IIR, a Jackem Arnoldem, W0KPH.

Jak je možné, že anténa navržená a zhotovená podle této „nové“, ve skutečnosti pochybné teorie, se dočkala publicity na stovkách internetových stránek, mnoha experimentálních realizací a nakonec i komerční výroby, přestože její vlastnosti zdaleka neodpovídají deklarovaným?! Pokusíme se to objasnit.

## Úvod

Tzv. EH anténa, která je od r. 2002 zmiňována a popisována především na internetových stránkách [1], je v podstatě velmi krátkou lineární dipólovou anténou. Její obvyklá fyzická délka činí na amatérských KV pásmech maximálně desetinu vlnové délky. Antény těchto rozměrů řadíme do samostatné kategorie malých antén. Proto můžeme napsat: EH anténa = malá anténa.

Pojem **malá anténa** však neznačí pouze malé fyzické rozměry, ale příslušnost k samostatné a významné **kategorii malých antén** (small antennas) s maximálním sférickým rozměrem  $D \leq \lambda/2\pi$  čili  $D \leq 0,156 \lambda$  [2]. Kategorizace antén umožňuje definovat jejich společné charakteristické vlastnosti, usnadňuje jejich výpočet i realizaci.

Teorii malých antén vyhovující obecným zásadám a teoriím elektromagnetismu vypracoval jako první H. A. Wheeler [3] již v roce 1947. Tato teorie zkoumá jejich charakteristické vlastnosti v limitních rozměrových dimenzích, vyhovujících současným požadavkům.

Praktické aplikace malých antén, realizované ve větší míře až v letech 80., si vynutily globální miniaturizační tendence v celé oblasti sdělovací techniky. Zatímco v ostatních oborech v technice se použitím nových technologií záhy podařilo dosáhnout značného stupně miniaturizace, tak v oboru KV antén se to ve stejné míře nezdařilo. Anténa jako transformační článek v přenosovém řetězce totiž „komunikuje“ na jedné straně s prostředím - volným prostorem, jehož fyzikální vlastnosti nové technologie nezměnily a ani změnit nemohou.

## Vlastnosti krátkých antén

**Napájecí vlastnosti - impedance.** Charakteristickou vlastností malých, tedy i krátkých dipólových antén je malý vyzářovací odpor  $R_r$ , který činí řádově desetiny až jednotky ohmů. Převládající složkou vstupní (svorkové) impedance krátké dipólové antény (což se vztahuje i na dipólový zářič EH antény) je kapacitní reaktance, tzn. že se anténa na svých vstupních svorkách prakticky jeví jen jako pouhá kapacita s velmi malým vyzářovacím odporem v sérii.

Taková kapacitní anténa není schopna vyzářit téměř žádný výkon, protože se kolem ní vytvoří pouze elektrické pole (E), jemuž chybí magnetická složka (H). Toto elektrické pole proto není nositelem žádné energie. Vůl proud tam není ve fázi s vůl napětím, které předbíhá téměř o 90°.

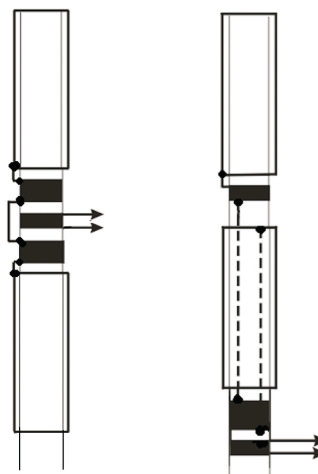
Sériovou indukční reaktancí (cívkou) na svorkách antény nebo kapacitními nastavci na koncích antény (ale i tlustými prvky dipólu), popř. kombinací obou způsobů je však možné i tak krátkou anténu „dostat do rezonance“, tzn. že proud i napětí, resp. elektrická (E) a magnetická složka (H) již budou ve fázi a generované elmag. pole bude již přenášet vysílanou energii.

Velmi malý vyzářovací odpor  $R_r$  antény se tím ale nezmění, protože se prakticky nezmění ani délka antény. Zvýší se však reálná složka její impedance o činné ztráty, ke kterým dojde převážně v této kompenzační cívce. Účinnost této krátké, nyní již rezonanční dipólové antény pak bude závislá na poměru vyzářovacího odporu  $R_r$  antény a všech ztrátových odporů  $R_z$  v připojených obvodech, tzn. v kompenzační cívce a v nezbytném transformačním obvodu, který nakonec anténu přizpůsobí k vlnové impedanci vř napáječe. Čím menší bude nezbytná kompenzační indukčnost, tím větší bude účinnost antény. Účinnější proto budou antény s co největší kapacitní zátěží (průměrem) dipólových prvků. **Při optimálním uspořádání kvalitních konstrukčních prvků je možné dosáhnout poměrně dobré účinnosti i u krátké antény.** Nikoliv do té míry a způsobem, resp. uspořádáním podle autora EH antény.

**Zářivé vlastnosti, tzn. diagram záření a zisk antény** ovlivňuje - jak známo, průběh vůl proudů (tzv. proudové obložení) podél antény. I u tak krátké antény se proudové obložení dipólové neliší od obložení půlvlnného dipólu, jak je vidět z téměř shodných diagramů záření na obr. 3. V polárních souřadnicích má proto jeho diagram záření v rovině E známý tvar „osmičky“.

Úhly záření odpovídající polovičnímu vyzářenému výkonu (-3 dB) činí ve volném prostoru u půlvlnného dipólu 78°. Vyjádřeno směrovostí v dBi (proti všesměrovému, tzv. izotropickému zářiči) - je to 2,15 dBi. U velmi krátkého ( $L = 0,05 \lambda$ ) dipólu je to asi 90° a 1,6 dBi. Čili i velmi krátký dipól ( $L \ll 0,2 \lambda$ ) má skoro stejnou směrovost jako „stokrát“ delší dipól půlvlnný.

• **Pokud by se podařilo snížit ztráty v kompenzačním a transformačním obvodu tak krátké antény na minimum, tak by se zisky krátké dipólové antény a půlvlnného dipólu lišily o méně než 1 dB.** Dokládají to také výsledky simulace (tab. 1) programem EZNEC, provedené na 14 MHz pro Al dipólové zářiče o délce 0,1  $\lambda$  a 0,05  $\lambda$  a průměru 1 mm, 10 mm a 50 mm a pro Cu půlvlnný dipól o průměru 10 mm. Výpočty platí pro anténu ve volném prostoru. U obou krátkých antén je zřejmý výrazný pokles kapacitní reaktance u silnějších zářičů, který snižuje velikost potřebné kompenzační indukčnosti, tzn. po-



Obr. 1. (Vlevo) Dipól zkrácený indukčností na svorkách antény

Obr. 2. (Vpravo) EH anténa podle T. Harta, W5QJR

čet závitů, a tím i ztráty krátké antény. Větší zisk při větším průměru, resp. větším povrchu zářičů působí menší ztráty skineffektem.

(Pozn.: Impedance 80,5 + j 45,4  $\Omega$  u dipólu  $L/\lambda = 0,5 \lambda$  a  $d = 10$  mm naznačuje, že jeho elektrická délka je větší než fyzická půlvlna. Pro dosažení rezonance, tzn. nulové reaktance by měl být zkrácen na  $L = 0,481 \lambda$ . Pak bude jeho impedance 72 - j025  $\Omega$ .)

## Uspořádání krátké antény

Lze dokázat [3], že dipólovou (ale i unipólovou) anténu lze nejjednodušeji a neefektivněji fyzicky zkrátit jednak kapacitou na koncích antény, dále indukčností (cívkou) na svorkách antény, popř. kombinací obou způsobů. Posouváním cívky ke koncům dipólu se zvětšuje nezbytný počet závitů. V extrémním případě pak může být mnohazávitová cívka připojena až na konci zářiče, kde se však chová spíše jako kapacita.

Krátká dipólová anténa je anténa symetrická. **Symetrické by tedy mělo být i uspořádání všech zmíněných kompenzačních prvků.**

## Uspořádání EH antény

U EH antény je zásada symetrického uspořádání hrubě porušena. Autor antény rozděluje potřebnou „dolaďovací“ indukčnost na fázovací a kompenzační, která je pak zcela nelogicky umístěna u dolního „napětového“ konce zářiče vertikální dipólové antény (obr. 2). **Toto uspořádání vytváří v prostoru antény nedefinovatelné poměry, jejichž důsledkem je jednak velmi obtížné nastavování všech dolaďovacích prvků, a dále vyzářování celého uspořádání včetně napáječe.**

Délka [L/λ]	Průměr [mm]	Zisk [dBi]	Impedance [Ω]	Úhel záření
0,05	1	0,35	0,92 - j5616	89,8°
	10	1,47	0,72 - j3616	89,8°
	50	1,59	0,72 - j2049	89,8°
0,1	1	0,94	3,22 - j3026	89,4°
	10	1,64	2,83 - j2008	89,4°
	50	1,64	2,83 - j1292	89,4°
0,5	10	2,15	80,5 + j45,4	77,4°

Tab. 1.



Nebudeme zde překládat a předkládat složitou a rádoby odbornou slovní ekvilibristiku, kterou autor antény zdůvodňuje uvedeně uspořádání, údajně vyhovující jeho nově objevené a patentované, ale matematicky nedoložené teorii, revidující vyzařování antén (viz stránky autora [1]). Antén, kterými H. Hertz již v r. 1887 prakticky ověřoval teoretické práce J. C. Maxwella, učiněné o 20 let dříve, a které vedly k formulaci známých Maxwellových rovnic, popisujících chování elektromagnetického pole, jehož vlastnosti prozkoumal dříve Faraday. Základní principy chování těchto polí platí dodnes.

Avšak podle doslovné formulace závěrečného odstavce patentového nároku T. Harta na princip a konstrukci EH antén tomu tak již není:

„This is the most significant change in antenna concept in more than 120 years ago. We thought, it was time for a change“.

Jde „o nejvýznamnější změnu v pojetí antén za posledních 120 let“. Autor soudí, „že nadešel čas změny“.

Tato formulace také „zdobí“ obaly EH antén, vyráběných v licenci Galastriho firmou Arno Elettronica.

Přesto, že se s teorií T. Harta neztotožnil žádný z uznávaných radioamatérů - anténářů (W4RNL, W7EL, W8JI, VE2CE, G3FGQ, DJ6FS a další, původně většinou profesionální anténáři) a nevěnovalo jí pozornost žádné anténářské odborné periodikum, tak se anténa začala vyrábět a pokusníci s ní stovky amatérů, jak dokládají diskusní fóra na četných webových stránkách [např. 5]. Ani v amatérských časopisech nebyla příliš propagována. A pokud ano, tak to byly spíše polemické připomínky [např. 6, 7].

Posuzovatelé antény se v podstatě rozdělili do dvou názorových proudů. Jedni začali anténu realizovat podle konstrukčních popisů T. Harta, jiní ji zavrhlí hned, jakmile se seznámili s jeho „teoretickými“ texty a zároveň posoudili doporučené uspořádání antény jako nelogické a pochybné, odporující obecným zásadám při realizaci zkrácených antén a připojených vř. obvodů.

**Uvedený dvojitý přístup k řešení (nejen) anténní problematiky je ostatně mezi amatérskými pracovníky obvyklý a charakteristický.** Mnozí rádi experimentují, a to i s minimálními teoretickými znalostmi. Zajímají je (a stahují či kopírují) jen rozměry a schémata a pouze podle těchto informací se pokoušejí věci realizovat. Druzí tomu navíc také chtějí rozumět, seznámí se s příslušnou teorií, popř. si celý problém ještě nasimulují na počítači. **Jedná-li se o a n t é n y, jako v tomto případě, tak se v konečném názoru často neshodu-**

**ji, protože i špatná anténa „nějak chodí“, takže na ni lze vysílat.**

Bez vhodných přístrojů a náročných měřicích metod, amatérům obvykle nedostupných a na pásmech KV též problematických, není snadné vlastnosti srovnávaných antén objektivně posoudit. Obvyklá „kontrolní spojení“ s některými protistanicemi, popř. porovnávání s jinou, zpravidla stabilně instalovanou (referenční) anténou, není objektivním hodnocením vlastností EH antény, ale pouze porovnáním aktuálního stavu, ovlivněným typem, polarizací, umístěním a výškou této referenční antény v okamžitých podmínkách šíření.

**Existuje však jednoduché, i když pracně experimentální ověření vlivu napáječe na vyzařování EH antény i její celkové účinnosti amatérskými prostředky. Prakticky to znamená:**

Zhotovit EH anténu podle popisu a vybavit ji přímo na výstupním konektoru malým stíněným bateriovým vysílačem. Optimální (a postupné) nastavování všech ladicích prvků pak indikovat jednoduchým diodovým indikátorem elmag. pole, umístěným v přiměřené vzdálenosti od nastavované antény. Stejným vysílačem by pak měla být napájena i skutečná anténa referenční, umístěná ve stejné poloze a se stejnou polarizací. Z rozdílu výchylek ocejchovaného indikátoru by bylo možné posoudit účinnost EH antény.

Další pochybnosti o EH anténě, **resp. o odborné kvalifikaci autora nabízejí jeho vyjádření k některým připomínkám realizátorů antény v internetových diskusích:**

• Doporučené uspořádání antény působí potíže při ladění i napájení, protože září všechny části antény včetně napáječe. Zařazením proudového balunu sestaveného z feritových kroužků navlečených na koaxiální kabel se však snížilo asi o 10 dB vyzařování a tím i dosah antény, což naznačuje, že se na vyzařování podílí převážně napáječ.

Autor antény však odpovídá: *V porovnání s jinými anténami vyzařuje EH anténa „tak silně“, že nelze zabránit vazbě na další prvky antény včetně napáječe.*

A dále: **Protože stínění koaxiálního kabelu je nemagnetické, ovlivní feritové kroužky vnější i vnitřní vodič, takže většina vysílaného výkonu se promění v teplo. A to není dobré!!!**

Opravdu velmi erudované stanovisko, pokud jde o znalosti, jak vlastně stínění působí.

Každý amatér by měl vědět, že vř. proudy nemožno pronikat stíněním, protože je několikrát silnější než hloubka vniku vlivem skin efektu. Vnitřní a vnější povrch stínění

jsou skin efektem navzájem odděleny, takže vř. energie jím prakticky neprochází.

• Jedním z méně „nebezpečných“ omylů, které provázejí téměř každý článek o EH anténách, je také jejich (nekvalifikované) porovnávání s tzv. Hertzovou anténou, za kterou autor EH konceptu považuje klasickou půlvlnnou, tzn. rezonanční dipólovou anténu. Je uváděna jako referenční anténa, resp. jako anténa vyhovující dosud platné a podle autorů překonané klasické teorii antén. Při tom je zcela zřejmé, že autor neví, o čem píše.

V odborné literatuře, základními díly počínaje a vysokoškolskými učebnicemi konče, se s pojmem „Hertzova anténa“ nebo „Hertzův půlvlnný dipól“ vůbec neseptkáváme. V uznání objevitelských zásluh Heinricha Hertze (1857 - 1894) v oblasti elektromagnetických vln byla pro trvalou připomínku označena jeho jménem jednotka pro kmitočet - hertz (Hz).

Odborníci v oboru antén pak z téhož důvodu ještě použili jeho jména pro velmi krátký, tzv. **elementární dipól**, používaný při teoretických výpočtech záření dipólových antén, protože právě s velmi krátkými anténami začal Hertz experimentovat a jejich pomocí experimentálně dokázal platnost Maxwellových rovnic.

Takže Hertzovu elementárnímu dipólu se paradoxně přibližuje spíše krátká „EH anténa“, která by se podle autora EH konceptu měla od jím deklarované „Hertzovy půlvlnné dipólové antény“ lišit.

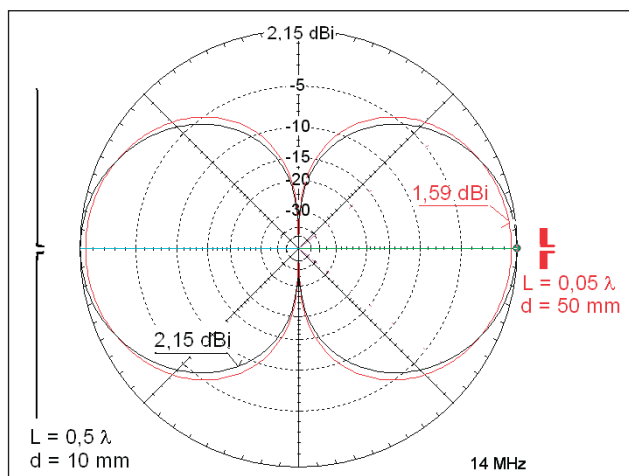
• Další kritické připomínky a odborná stanoviska najdou zájemci např. na webových stránkách W8JI [9].

## Závěr

Článek měl přispět k diskusi o problematické EH anténě porovnáním s konstrukcí krátkých antén a upozornit zároveň na její pochybný návrh i praktické provedení. Publikace a popularizace EH antény na webových stránkách je zároveň dokladem nevěrohodnosti informací, které se tam také objevují, na což by se nemělo zapomínat.

## Literatura

- [1] *Hard, T., W5QJR*: [www.eh-antenna.com/EH\\_theory.htm](http://www.eh-antenna.com/EH_theory.htm) a odkazy na četné další „EH stránky“.
- [2] *Procházka, M.*: Antény. Encyklopedická příručka. BEN-technická literatura, 3. rozšířené vydání, 2005.
- [3] *Wheeler, H., A.*: Small Antennas. IEEE Trans. Ant. Propag., AP-23, June 1975.
- [4] *Jansen, G., DF6SJ*: Kurze Antennen. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1986.
- [5] <http://groups.yahoo.com/group/eh-antenna>
- [6] *Peček, J., OK2QX*: EH antény - rozporuplné diskuse. ELECTUS 2003, s. 56 až 57.
- [7] *Dostál, M., OM3TBG*: Anténa EH - nový druh malé antény pro KV pásmo. Radiožurnál 4/02, s. 14 a 15.
- [8] [www.w8ji.com/e-h-antenna.htm](http://www.w8ji.com/e-h-antenna.htm)



Obr. 3. Diagramy záření krátkého ( $L = 0,05 \lambda$ ) a rezonančního ( $L = 0,5 \lambda$ ) dipólu v rovině procházející podélnou osou antén (rovinou E). Platí v podmínkách volného prostoru při napájení shodným vř. výkonem za předpokladu optimálního (bezeztrátového) přizpůsobení. Za těchto podmínek by byl vř. výkon, vysílaný desetkrát zkrácenou anténou, jen o 0,56 dB, tj. o 13 % menší než výkon z dipólu půlvlnného