

MISURE DELLA RESISTENZA DI RADIAZIONE DELL' EH-ANTENNA

La funzione di qualsiasi antenna è quella di convertire un'energia elettrica a radio frequenza in onde elettromagnetiche. Affinché l'onda elettromagnetica si possa generare debbono essere assicurate alcune condizioni (teorema di J.H.Poyting).

1. Si deve creare un campo elettrico E ed un campo magnetico H
2. I due campi devono essere simultanei e nello stesso volume spaziale
3. I due campi devono essere sempre in quadratura fra loro (90 gradi)
4. Il rapporto fra il campo elettrico (Volt/metro) ed il campo magnetico (Amperspire/metro) deve essere uguale a 376.7Ω (impedenza dello spazio libero)

Qualsiasi antenna soddisfa queste condizioni ad una certa distanza da se stessa. (far field).

Caratteristiche principali di un'Antenna.

Le caratteristiche fondamentali di un'antenna sono:

Polarizzazione

Direttività e guadagno

Rendimento

Impedenza di radiazione

Polarizzazione

La polarizzazione dell'antenna è data dalla direzione delle linee del campo elettrico rispetto alla superficie del suolo, naturalmente il campo magnetico sarà sempre in quadratura.

Direttività e Guadagno

Si considerano soltanto elementi radianti (illuminatori) e non sistemi a concentrazione di segnale come specchi, parabole e lenti a RF.

Possiamo immaginare un'antenna che irradia energia in modo uniforme in tutte le direzioni dell'angolo solido, attorno ad essa (antenna isotropica), come una piccola lampada sferica accesa al centro di una stanza anch'essa sferica.

In questo modo tutti i punti della sfera attorno all'illuminatore sono illuminati con la stessa potenza.

Ora se con un riflettore, senza perdite, riusciamo a concentrare tutta la luce solo su metà sfera avremo dato una direttività al nostro illuminatore e la parte illuminata riceverà il doppio della potenza.

Perciò possiamo affermare che il sistema si comporta come se avesse 3 dB di guadagno.

Così restringendo l'angolo solido d'illuminazione dell'antenna questa concentrerà la sua energia irradiata soltanto verso una direzione, comportandosi come se avesse un guadagno. Naturalmente l'energia totale irradiata è sempre la stessa.

In ricezione vale la legge della reciprocità, ma vale la pena di fare alcune considerazioni.

Un'antenna molto direttiva naturalmente riceve il suo massimo segnale soltanto nella direzione della sorgente irradiante, ma non riceve un segnale più forte di un'antenna omnidirezionale, bensì non riceve il rumore da tutte le altre direzioni.

In un apparato ricevente non è importante la forza del segnale ricevuto, ma il rapporto tra il segnale ed il rumore.

In questo modo il rapporto fra il segnale e il rumore sarà più grande proporzionalmente alla direttività dell'antenna, dunque anche la reciprocità fra Trasmissione e Ricezione è soddisfatta.

Pertanto la Direttività sarà uguale Angolo solido diviso il prodotto degli angoli dei lobi, orizzontale e verticale, a -3 dB.

$$D = 41253 / H_{3dB} \times E_{3dB}$$

Rendimento o Efficienza

Qui sopra è stata data il guadagno proporzionale alla direttività, ma non è sempre così.

Usando sempre lo stesso esempio della lampadina accesa al centro della stanza sferica immaginiamo di schermare metà del fascio luminoso con un paralume assorbente. Avremo ugualmente metà stanza illuminata, ma non avremo nessun incremento della luminosità, perciò abbiamo aumentato la direttività ma non il guadagno e perdendo metà della potenza irradiata.

Da questo deduciamo che il guadagno è influenzato dall'efficienza η :

$$G = \eta * D$$

Qualsiasi elemento passivo introdotto nel nostro sistema diminuirà il rendimento dello stesso facendo in modo che non tutta la potenza fornita all'antenna si trasformi in onde elettromagnetiche.

Impedenza di Radiazione.

L'antenna oltre a convertire un'energia sotto forma di potenza elettrica in onde elettromagnetiche si comporta, anche come un trasformatore adattando l'impedenza del vuoto (376.7Ω) ad un'impedenza caratterizzata dalle dimensioni e dalla forma del sistema radiante.

Analisi dell'impedenza di Radiazione di un'antenna per i 20mt.

(Analisi effettuate con il programma Mmana <http://www.gsl.net/mmhamsoft/>)

Prendiamo in esame un dipolo lungo $\lambda/2$ (10.352 mt) di filo sottile (dia.=2mm). alimentato al centro e installato nello spazio libero avremo un'impedenza di circa 73.5 ohm senza componenti reattive (**risonante**) ed un guadagno di 2.03 dBi.

Fig.1.

Simulazione di un dipolo di $\lambda/2$ alimentato al centro, disposto orizzontalmente nello spazio libero.

Per λ (Lambda) = Lunghezza d'onda.

Un'antenna reale ad una certa altezza dal suolo avrà un guadagno maggiore dovuto alla riflessione terrestre e un'impedenza leggermente diversa.

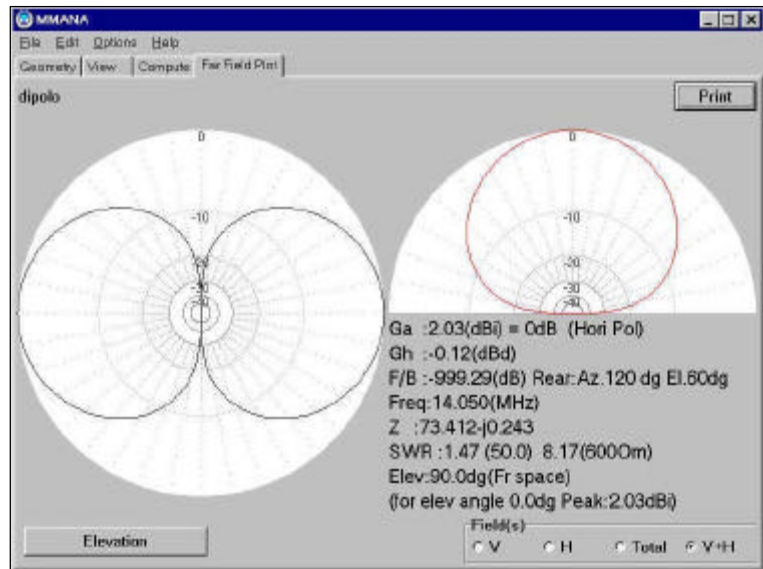
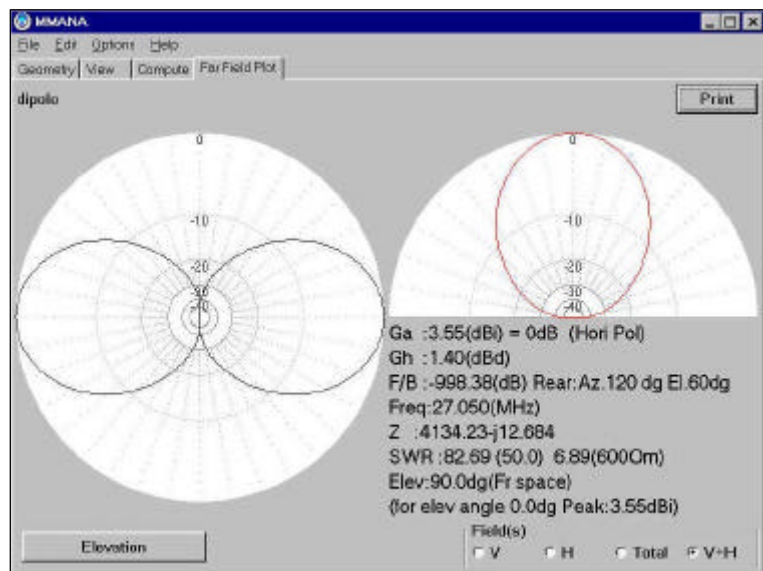


Fig.2.

Simulazione di un dipolo di lunghezza = λ disposto orizzontalmente nello spazio libero alimentato al centro.

L'impedenza di Radiazione cresce a circa 4100 Ohm risonante, i lobi di radiazione si restringono quindi il guadagno cresce a 3.55 dBi



Allungando l'antenna ad un numero di λ tendente all'infinito l'impedenza di radiazione segue una curva come in fig.3. Questa curva è una specie di spirale che a multipli di $\lambda / 4$ presenta un valore reattivo dell'impedenza di radiazione vicino al valore zero, mentre il valore della resistenza di radiazione oscilla fra un valore minimo per $\lambda / 4$ dispari e un valore massimo per $\lambda / 4$ pari. Per una lunghezza del dipolo tendente all'infinito la Resistenza di Radiazione tende a:

$$\sqrt{(\mu_0 / \epsilon_0)} = 376.7 \Omega$$

μ_0 = Permeabilità magnetica del vuoto ($12.566e-7$), ϵ_0 = costante dielettrica del vuoto ($8.859e-12$)

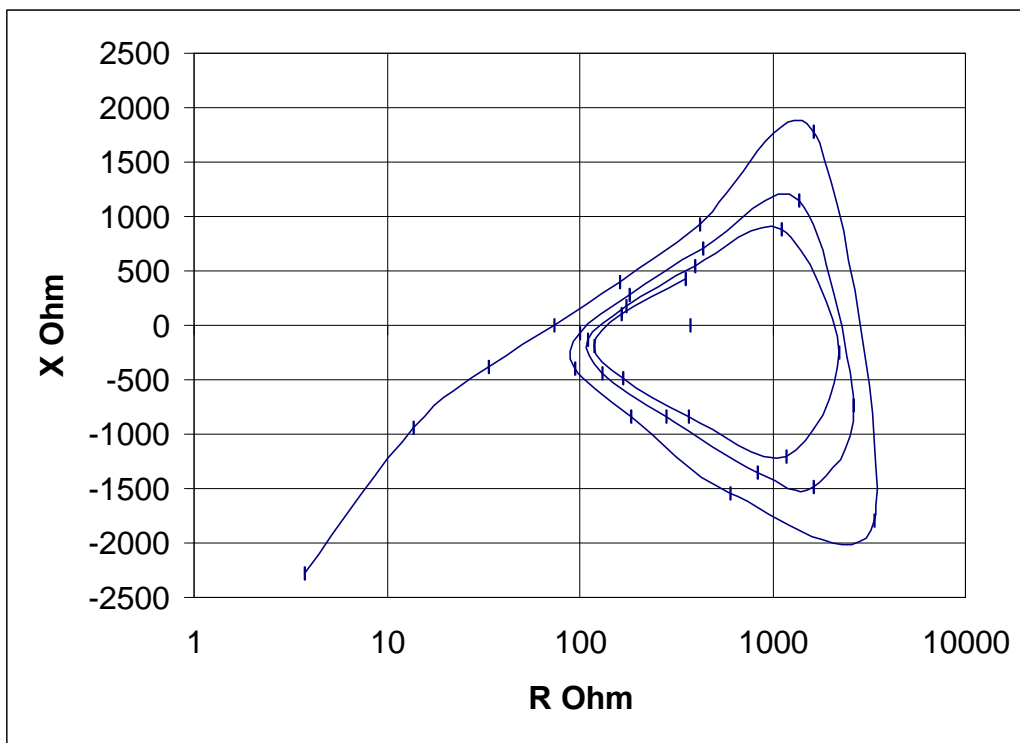


fig. 3
Curva dell'Impedenza di Radiazione di un dipolo, alimentato al centro, in funzione della sua lunghezza.

Antenne più corte di $\lambda / 2$

Se la lunghezza totale del dipolo è più corta di $\lambda / 2$ la parte resistiva dell'impedenza decresce diminuendo la lunghezza e la parte reattiva è sempre capacitiva ed aumenta, in valore assoluto, diminuendo la lunghezza del dipolo.

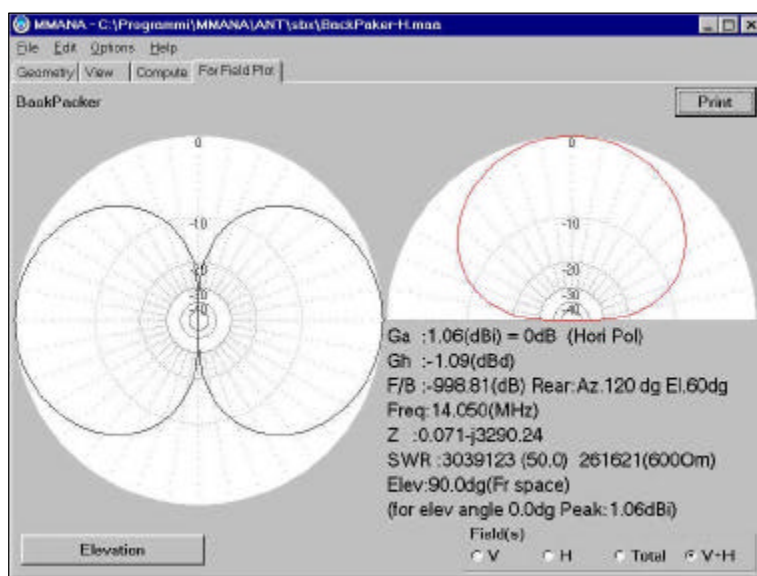


Fig. 4

Per un'antenna con ciascun monopolo lungo 15.7 cm diametro 5 cm spazati 5cm. Abbiamo a 14.050 MHz un'impedenza di radiazione di:

$Z_r = 0.071 - j3290 \text{ ohm}$ ($\sim 3.5 \text{ pF@14MHz}$)
ed un Guadagno = 1.09 dBi

Il guadagno resta soddisfacente, -1dB di differenza rispetto al dipolo lungo $\lambda / 2$, ma l'antenna non è risonante. Per avere il massimo trasferimento di potenza dovremo adattare tale impedenza con i 50 ohm puramente resistivi del generatore.

Per rendere risonante questa antenna a 14 MHz dovremo usare un'induttanza di 37.25 uH. Con un Q di 200 avremo:

$Z_r = 16.5 \text{ Ohm}$ e un Guadagno di **-22.6 dBi**

La parte resistiva dell'impedenza di radiazione è quasi totalmente dovuta alla resistenza di perdita della bobina, uguale a 16.44 Ohm di fronte ad una resistenza di radiazione di 0.071 Ohm. Da questa deriva la perdita di guadagno -23.7 dBi.

Alla luce di queste semplici simulazioni abbiamo potuto vedere che il guadagno dell'antenna non è deteriorato in misura significativa dalla lunghezza dei dipoli.

La bassissima resistenza di radiazione associata ad un'alta impedenza capacitiva rende impossibile l'accordo dell'antenna senza perdere in efficienza.

Con delle comuni bobine, senza usare improbabili superconduttori raffreddati ad azoto liquido, difficilmente potremo raggiungere fattori di merito Q maggiori di 200-300 e con questi valori abbiamo delle perdite di oltre 20 dB vale a dire oltre il 99 % di perdita di potenza.

Una possibilità per usare dipoli corti può essere quella di trovare delle configurazioni che presentino valori di Resistenza di Radiazione alti in modo di non deteriorare l'efficienza del sistema.

Off Center Fed Dipole

Spostando l'alimentazione dal centro verso un lato il dipolo varia la sua Resistenza di Radiazione.

Le antenne accorciate della Cushcraft, e Gap-Antenna fanno parte di questo genere. (Vedi QEX Gen/Feb.2002).

Provando con lo stesso simulatore il dipolo dell'esempio di fig-1 otteniamo le seguenti Impedenze di Radiazione:

73.4 – j0.2 Ohm	Gain 2.03 dBi	alimentato al centro della lunghezza totale.
94.5 – j7.2 Ohm	Gain 2.02 dBi	alimentato ad un terzo della lunghezza totale.
137 – j16.2 Ohm	Gain 2.02 dBi	alimentato ad un quarto della lunghezza totale.
257 – j54 Ohm	Gain 2.02 dBi	alimentato ad un sesto della lunghezza totale.

Setup della misure della Resistenza di Radiazione della EH-Antenna

L'antenna sotto misura è stata costruita secondo le indicazioni dell'inventore Ted Hart W5QJR descritta nel file "20_Meter_Backpaker.pdf" nel sito ufficiale www.eh-antenna.com

Quando un cavo coassiale alimenta un carico perfettamente adattato ad esso nel conduttore centrale e sulla calza scorre esattamente la stessa corrente ed il verso è uno opposto all'altro. Questo è detto modo differenziale.

Se il carico non è perfettamente adattato al cavo o semplicemente non ha lo stesso bilanciamento verso la massa si può creare una ulteriore corrente, detta di modo comune, che scorre sulla sola calza del coassiale.

Il cavo coassiale percorso da una corrente di modo comune diventa a sua volta un sistema radiante.

Questo fenomeno sulle EH-Ant è stato ben studiato e descritto da Vadim Demidof in www.eh-antenna/fromru.com e www.antennex.com).

Un balun (choke) costruito avvolgendo alcune spire del cavo coassiale su se stesso o su un nucleo di ferrite può bloccare le correnti di modo comune senza influenzare le correnti di modo differenziale.

La migliore soluzione, controllata anche con l'MFJ259B alimentato a batteria, è stata quella di connettere un grosso choke di 430 uH, costruito con 52 spire di RG174 su toroide di ferrite di 40 mm di diametro, collegato direttamente sulla rete di sfasamento dell'antenna.

Come strumentazione principale è stato usato l'analizzatore di spettro Marconi TF2730 con tracking incorporato e una testina per misurare il return loss ρ . ($SWR = (1 + |\rho|) / (1 - |\rho|)$).

La testina di misura del Return_Loss è stata collegata direttamente al choke.

I cavi che dalla testina vanno all'analizzatore sono stati disaccoppiati, ognuno, da 4 perle di ferrite.

In questo modo si evita qualsiasi corrente di modo-comune all'esterno della calza del coassiale.

Il controllo dell'assenza di correnti di modo comune è stato verificato con uno "sniffer" aucostruito con un toroide Amidon T200-2 e una decina di spire di rame smaltato che comanda un microamperometro dopo previo raddrizzamento.

Misure

Sarebbe stato molto difficile e del tutto inutile misurare l'impedenza di radiazione del solo dipolo accorciato in quanto la EH-Ant non è tale se non è costituita dalla sua rete di sfasamento.

Per misurare l'effettiva Impedenza di radiazione è stato usato un modo indiretto detto anche di sostituzione.

Prima di tutto va tarata l'antenna per la sua massima radiazione e un accoppiamento perfetto almeno -40 dB di Return-Loss in questo modo siamo certi che all'uscita l'antenna presenta esattamente 50 ohm puramente resistivi.

Vedi esempio fig.5.

L'analizzatore Marconi TF2370 permette di mettere in memoria una figura e continuare a lavorare su un secondo canale.

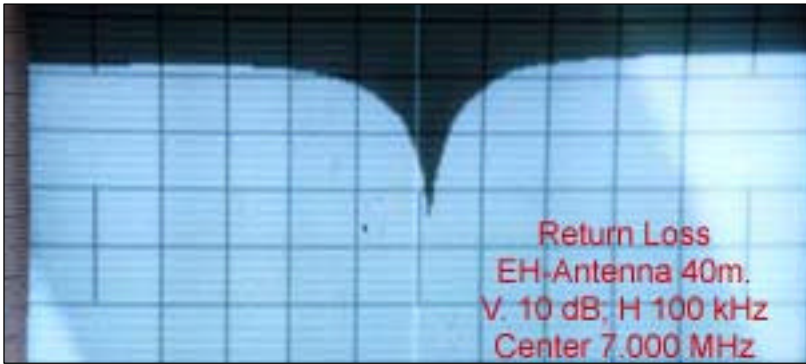


Fig. 5

La figura mostra un esempio di Return Loss visto all'analizzatore

Una volta trovato un buon punto di taratura dell'antenna va messa in memoria la curva del Return-Loss e va disconnesso il dipolo, senza muovere nessun altro componente dell'antenna, e connesso al suo posto un trimmer capacitivo (3-10 pF) in serie ad una piccola resistenza variabile (0-50 Ohm).

Regolare la capacità e la resistenza in modo da avere una curva all'analizzatore perfettamente uguale e sovrapposta alla precedente già memorizzata sullo schermo dello strumento.

Attenzione. La vicinanza del nostro corpo all'antenna varia la taratura perciò questa va fatta per tentativi allontanandosi ogni volta dal sistema sotto test tenendo d'occhio lo schermo dell'analizzatore.

Quando le due curve sono esattamente sovrapponibili si può disconnettere il condensatore e la resistenza variabili e si misurano i valori con un ponte la prima e con un buon tester digitale la seconda.

Si riconnette il dipolo ricontrollando che la curva del Return-Loss si sovrapponga ancora alla precedente. In caso contrario qualcosa è cambiato durante la misura e va rifatto tutto da capo.

In questo modo il dipolo si comporta esattamente come la resistenza ed il condensatore appena misurato in modo indiretto.

Tutto il circuito di sfasamento e di trasformazione al carico di 50 ohm (matching) è lo stesso per la misura con il dipolo o con la nostra rete RC perciò esso influenza le due misure nello stesso modo.

Bisogna, tuttavia, prestare molta attenzione alla ripetitività della misura onde evitare che qualche parametro sia cambiato a causa delle nostre manovre attorno all'antenna.

Altra nota particolare attorno al valore del Return_Loss:

se non abbiamo un valore di return loss molto basso ($\ll -30$ dB) avremo un valore della componente reattiva non del tutto trascurabile quindi nella soluzione del problema ci troveremo di fronte ad una equazione con più di una soluzione (+ o - j) quindi con un errore più elevato.

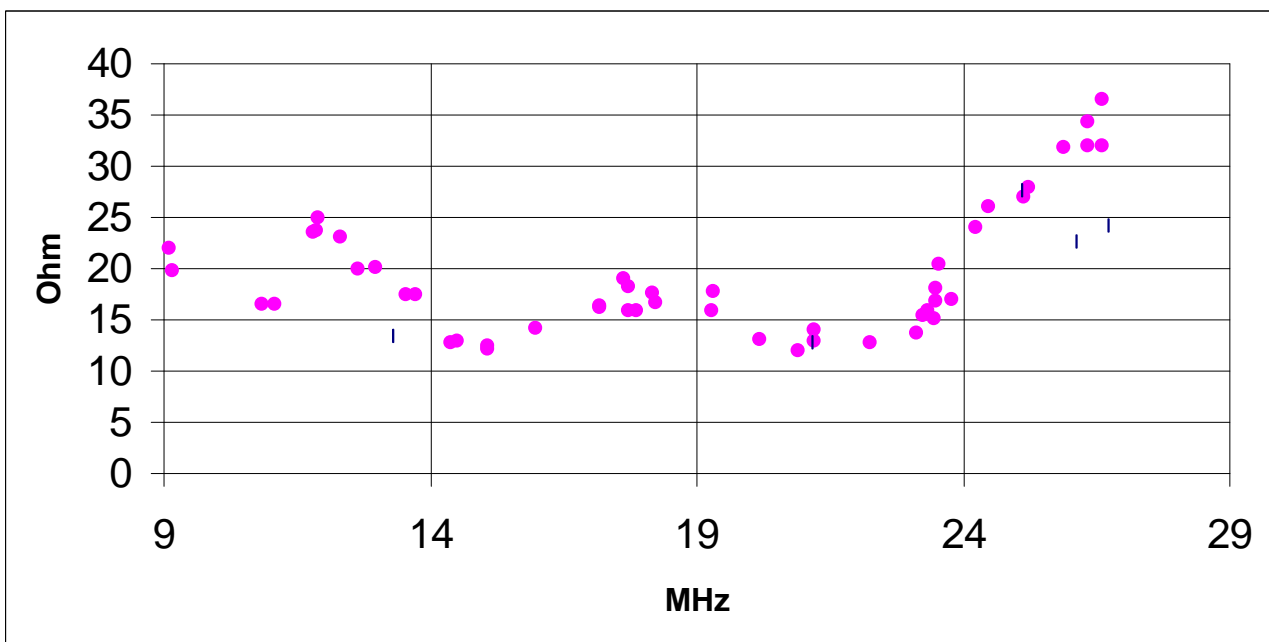


Fig. 6

Resistenza di radiazione della EH-Ant in 54 diverse tarature.

La fig.6 mostra la Resistenza di Radiazione di oltre 50 configurazioni diverse della rete di sfasamento. I vari punti della fig. 6 sono stati ottenuti variando la rete di sfasamento della EH-Ant. Per coprire il range di frequenza da 9 a 27 Mhz sono state usate bobine di sfasamento L1 da 29 a 12 spire, L2 da 4 a 9 spire C1 = 120~350 pF, C2 = 50~500 pF. Tutte le misurazioni sono ripetibili. Le tolleranze sono dovute soprattutto all'accuratezza dell'operatore. In questo caso gli errori sono dell'ordine del 10 %. La parte reattiva va da un minimo di 6 ad un massimo di 7 pF su tutta la banda misurata.

Conclusioni

Una EH-Antenna di lunghezza dell'ordine del 1 al 3 % della lunghezza d'onda presenta dei valori di Resistenza di Radiazione dell'ordine di 13 ~ 40 Ohm e -j 900 ~ 2700 Ohm (capacitivi).

Questi valori rispetto ai pochi milliOhm dello stesso dipolo visto in modo convenzionale ci permette di accoppiare l'antenna EH senza perdite significative.

Con una impedenza di radiazione media di 30 -j1750 Ω @14MHz per neutralizzare la parte reattiva abbiamo bisogno di una induttanza di circa 20uH.

Assumendo un Q = 200 abbiamo una resistenza di perdita della bobina = 8.8 Ω vale a dire un rendimento in potenza uguale:

$$\eta = (30 / (30 + 8.8))^2 = 0.60$$

$$10 \log 0.60 = - 2.2 \text{ dB}$$

In questo caso avremo soltanto una perdita di 2.2 dB dovuta alla perdita dell'induttanza in confronto ai 22.6 dB della stessa antenna alimentata in modo convenzionale.

Le EH-Antenne con la rete di sfasamento a ponte (LL) costruite dalla Arno Elettronica presentano una Resistenza di Radiazione superiore (1~2 Kohm) ed usano, nel loro circuito di sfasamento, delle impedenze di valore più basso (3~5 uH @14MHz) in questo modo raggiungono dei rendimenti sulla rete di sfasamento oltre il 95 %.

Riferimenti:

ARRL Antenna Book 18th Edizione

ARRL QEX Gen.2002

<http://www.eh-antenna.com>

<http://groups.yahoo.com/group/eh-antenna>

eh-antenna@yahoogroups.com

<http://www.qsl.net/mmhamsoft/>

<http://www.eh-antenna/fromru.com>

<http://www.antennex.com>