

Domenico Marini • I8CVS

E-mail: domenico.i8cvs@tin.it

Ricerca sperimentale sulle antenne quadrifilari QHA per 2400 MHz

Introduzione

Le Antenne Elicoidali Quadrifilari, in inglese Quadrifilar Helix Antennas o QHA, come mostrato in **Foto 1** e **Figura 1A** sono state ampiamente trattate in Bibliografia (1), (2), (3), e (4) ma nessuno di questi articoli spiega il modo di capire come individuare il senso di polarizzazione circolare e il verso di radiazione di questa antenna usata principalmente per il traffico via satellite.

Teoria di funzionamento dell'antenna quadrifilare QHA

Tutti i disegni e diagrammi dell'articolo sono stati commentati in inglese per scambiare facilmente i risultati di questa ricerca con altri OM stranieri via Internet.

L'antenna quadrifilare base di **Figura 1A** può essere costruita per irradiare in polarizzazione circolare destra RHCP oppure sinistra LHCP.

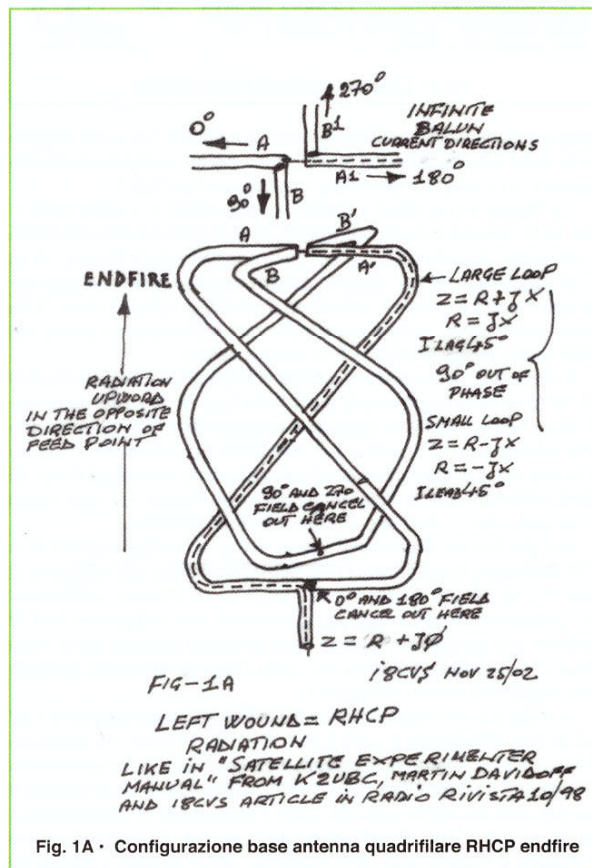
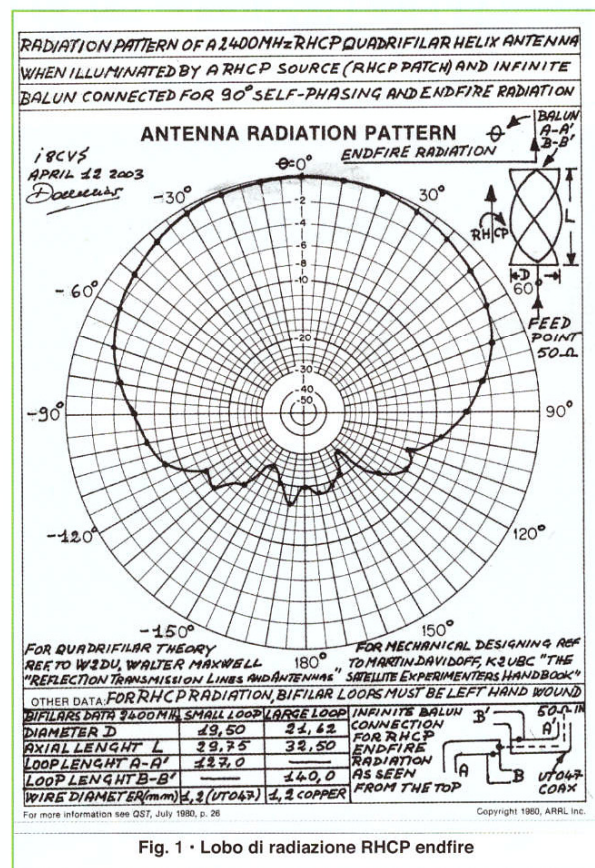
In entrambe le polarizzazioni e collegando opportunamente la spira lunga e la spira corta il verso di radiazione può essere rivolto

verso l'alto all'opposto del connettore e in questo caso la radiazione si chiama endfire oppure l'antenna può irradiare verso il basso verso il connettore e in questo caso la radiazione si chiama backfire come si vede nelle **Foto 2-3-4-5**.

Uno dei vantaggi dell'antenna QHA è quello di essere unidirezionale senza bisogno di un riflettore e ciò la rende adatta ad essere usata come un efficace illuminatore per parabole in primo fuoco perché l'ombra del riflettore sulla parabola viene a mancare e il "bloccaggio" dei segnali è enormemente ridotto con aumento del rendimento.

L'idea di usare un'antenna QHA come illuminatore di una parabola da 120 cm per 2400 MHz adatta al traffico via satelliti OSCAR e in particolare AO40 mi spinse a ricercare sperimentalmente le quattro caratteristiche di radiazione RHCP endfire, RHCP backfire, LHCP endfire e LHCP backfire lavorando a 2400 MHz dove come si vede in **Foto 1** i quattro prototipi sperimentali di QHA sono piccolissimi e facilmente maneggevoli.

La prima caratteristica individuata è che l'antenna QHA irradia una polarizzazione circolare destra RHCP quando le due spire lunga e corta sono avvolte in senso antiorario come in **Fig. 1A** e irradia una



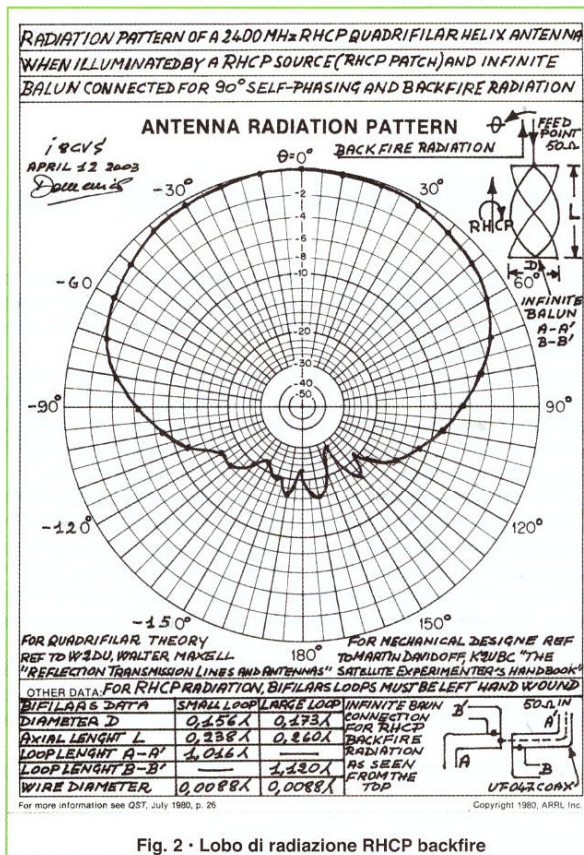


Fig. 2 • Lobo di radiazione RHCP backfire

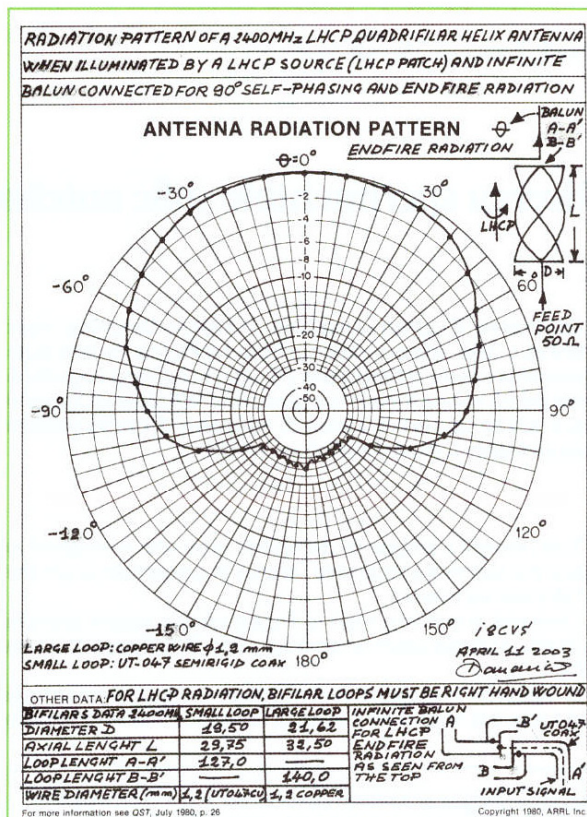


Fig. 3 • Lobo di radiazione LHCP endfire

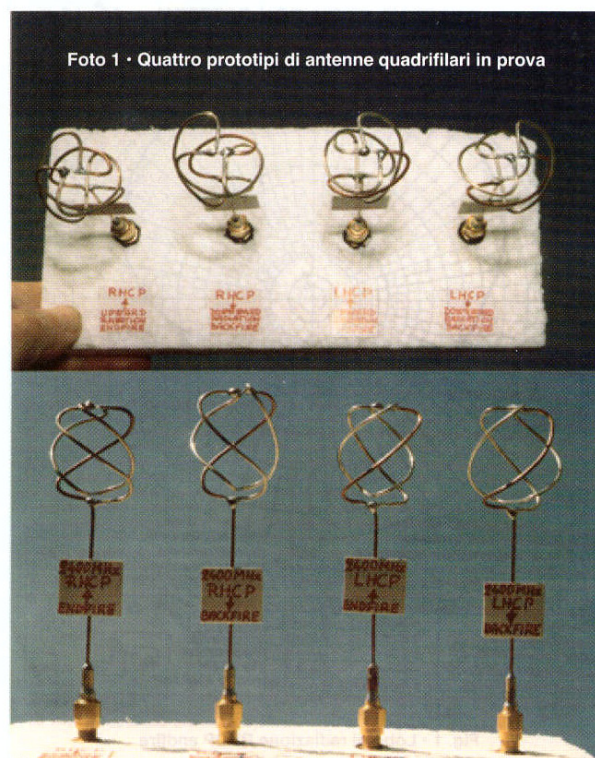
polarizzazione circolare sinistra LHCP quando le due spire lunga e corta sono avvolte in senso orario e tutto ciò è il contrario di quanto avviene in un'antenna elicoidale classica del tipo W8JK.

La **Figura 1A** mostra in dettaglio la spira lunga e la spira corta di una QHA nonché il modo di collegare le due spire fra loro mediante il cosiddetto "infinite balun" e nel caso specifico della **Figura 1A** la polarizzazione è RHCP perché le spire sono avvolte in senso antiorario mentre il verso di radiazione è endfire o upword verso l'alto come mostrato dai collegamenti delle due spire riportati anche nel diagramma polare di **Figura 1** in calce a destra.

In **Foto 2** e nel diagramma polare di **Figura 1** i collegamenti A-B e A'-B' delle spire lunga e corta sull'infinite balun hanno una relazione di fase che ha l'effetto di rinforzare il campo verso l'alto generando una radiazione RHCP endfire e di cancellare il campo nella direzione opposta verso il connettore di alimentazione da cui nasce il lobo di radiazione riportato nel diagramma polare in **Figura 1** e, cosa molto importante, senza fare uso di alcun riflettore metallico.

In **Foto 3** e nel diagramma polare di **Fig. 2** i collegamenti A-B' e A'-B delle spire lunga e corta sull'infinite balun hanno una relazione di fase che ha l'effetto di rinforzare il campo verso il basso in direzione del connettore di alimentazione generando una radiazione RHCP backfire e di cancellare il campo nella direzione opposta verso l'alto dove si trova l'infinite balun da cui nasce il lobo di radiazione riportato nel diagramma polare di **Figura 2**.

In **Foto 4** e nel diagramma polare di **Figura 3** i collegamenti A-B' e A'-B delle spire lunga e corta sull'infinite balun hanno una relazione di fase che ha l'effetto di rinforzare il campo verso l'alto generando in direzione del balun una radiazione LHCP endfire e di cancellare il campo nella direzione opposta verso il connettore di alimentazione da cui nasce il lobo di radiazione riportato nel diagramma polare di **Figura 3** e quindi tale QHA essendo LHCP endfire è adatta ad



illuminare una parabola in primo fuoco con rapporto F/D da 0.3 a 0.4 per irradiare verso lo spazio o ricevere dallo spazio un campo polarizzato inversamente RHCP che si genera per riflessione sul disco parabolico.

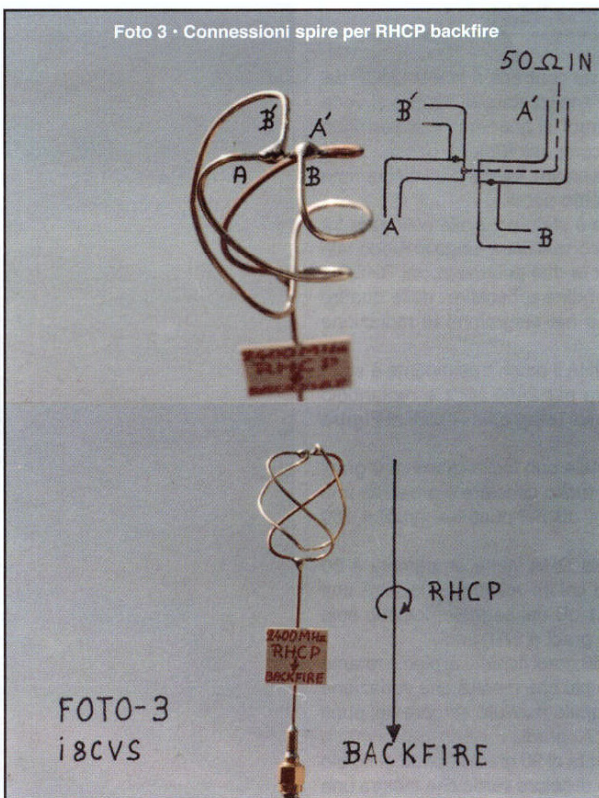
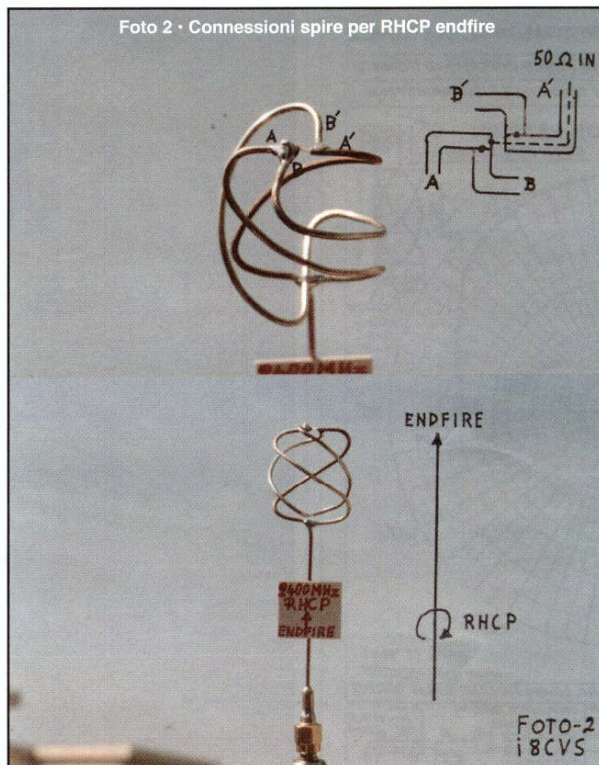
In tale applicazione LHCP endfire, adatta al traffico via satelliti amatoriali OSCAR, la QHA di **Foto 4** deve essere montata in modo che le due spire dove si trova il centro di fase cadano nel fuoco della parabola mentre il connettore di alimentazione preferibilmente del tipo SMA verrà rivolto sul retro del disco in modo che l'infinite balun sia rivolto verso la parabola. Il convertitore o il preamplificatore per 2400 MHz verranno montati dietro il connettore SMA.

In **Foto 5** e nel diagramma polare di **Figura 4** i collegamenti A-B e A'-B' delle spire lunga e corta sull'infinite balun hanno una relazione di fase che ha l'effetto di rinforzare il campo verso il basso in direzione del connettore di alimentazione generando una radiazione LHCP backfire e di cancellare il campo nella direzione opposta verso l'infinite balun da cui nasce il lobo di radiazione riportato in **Figura 4**.

Una caratteristica di rilievo è che la QHA è costituita da una spira lunga e una corta come riportato in calce ai diagrammi polari in modo tale che alla frequenza di lavoro la spira lunga presenti impedenza con parte reattiva induttiva uguale alla parte reale ossia $Z_L = 50 + j50 \Omega$ e che la spira corta presenti impedenza con parte reattiva capacitiva uguale alla parte reale ossia $Z_c = 50 - j50 \Omega$ per cui collegando in parallelo le due spire sull'infinite balun si ottiene un adattamento di impedenza self matching con la cancellazione delle due reattanze e l'impedenza dell'antenna risulta $Z = 50 + j0 \Omega$ puramente resistiva come indicato in **Figura 1A**.

Costruzione della QHA

Con riferimento al disegno base in **Figura 1A** si vede che la prima metà della spira corta tratteggiata dal connettore di alimentazione fino al punto A1 è realizzata in cavo coassiale semirigido e nella fattispecie a 2400 MHz dovendo essere il diametro del conduttore pari a 0.0088 lunghezze d'onda nel



libero spazio ho usato un cavo semirigido UT-047 di diametro esterno circa 1.2 mm mentre per l'altra metà della spira corta e per l'intera spira lunga ho usato un filo di rame argentato di diametro 1.2 mm.

La sagomatura circolare degli spigoli delle due spire si fa semplicemente a mano usando come appoggio una punta da trapano o una bacchetta di legno e per connettori ho usato gli SMA maschi a saldare come si vede in **Foto 1**.

La lunghezza delle due spire si rileva dalla tabella in calce ai diagrammi polari di **Figura 1** e **Figura 3** e per 2400 MHz la lunghezza dei conduttori è 127 mm per la spira corta fra i punti A-A' e 140 mm per la spira lunga fra i punti B-B'.

Ovviamente la metà della spira corta in cavo UT-047 avrà un codino di lunghezza non critica e conveniente per saldarlo al connettore SMA di alimentazione.

Misure di polarizzazione e circolarità

Per individuare sperimentalmente il senso incognito di polarizzazione circolare RHCP e LHCP dei quattro prototipi QHA in **Foto 1** nonché il verso incognito di ciascun lobo di radiazione ho realizzato il banco di prova che si vede in **Foto 6** che consiste in un piccolo motoriduttore sul cui asse secondario rotante un giro al minuto ho fissato per riferimento un'antenna patch a 2400 MHz polarizzata LHCP.

Mediante un giunto rotante e un cavo coassiale flessibile questa antenna patch è collegata in trasmissione a un generatore di segnali HP8690B mentre la QHA di polarizzazione incognita viene mantenuta fissa di fronte al patch a una distanza di 3 lunghezze d'onda nel libero spazio ossia 37.5 cm ed è collegata in ricezione ad un analizzatore di spettro HP141T+HP8555A come si vede in fondo alla **Figura 5**.

Se la QHA in ricezione ha la stessa polarizzazione circolare LHCP del patch trasmittente si vede che facendo ruotare il patch di 360 gradi il segnale ricevuto dalla QHA sull'analizzatore di spettro resta di ampiezza costante o varia al massimo di 1 o 2 dB.

Quando invece la QHA in ri-

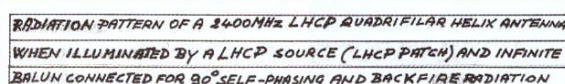


Fig. 4 • Lobo di radiazione LHCP backfire

Con questo metodo sperimentale è stato possibile collegare fra loro gli estremi A-A'-B-B' della spira corta e spira lunga in modo tale da determinare in modo univoco per le due polarizzazioni RHCP e LHCP i quattro versi di radiazione endfire e backfire delle quattro QHA così come si vede in **Foto 1** e nei diagrammi di radiazione delle **Figure 1-2-3-4**.

Quando la QHA è tenuta orizzontale con inclinazione di 0 gradi il diagramma polare di colore nero è molto circolare e presenta una variazione massima o axial ratio di 1 dB nei punti a 0 gradi e 180 gradi del diagramma polare.

Quando la QHA viene inclinata di 60 gradi rispetto al dipolo rotante si ottiene il diagramma polare colore blu che mostra una variazione massima o axial ratio di 3 dB del segnale ricevuto sempre nei punti del diagramma polare a 90 gradi e 270 gradi.

Quando infine la QHA viene inclinata di 90 gradi rispetto al dipolo rotante si ottiene il diagramma polare di colore verde che mostra una



FOTO-4
i 8CYS

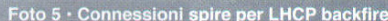


FOTO-5
i8CVS

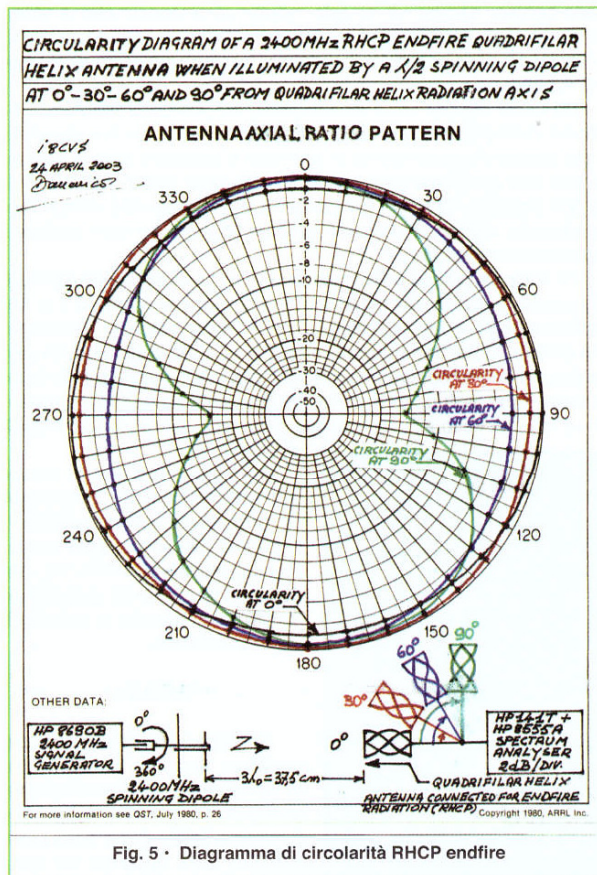


Fig. 5 • Diagramma di circolarità RHCP endfire

variazione massima o axial ratio di 16 dB nei punti del diagramma polare sempre a 90 gradi e 270 gradi mentre l'attenuazione scende a meno di 1 dB nei punti del diagramma a 0 gradi e 180 gradi.

IL diagramma polare di circolarità in **Figura 5** indica che l'antenna QHA con inclinazione di 0 gradi è ideale per illuminare l'intera superficie di una parabola in primo fuoco con una polarizzazione circolare priva di ellitticità avente un axial ratio trascurabile dal centro della parabola fino ai suoi bordi.

Il guadagno di una QHA ammonta a circa 5 dBi e i diagrammi di radiazione da **Figura 1** a **Figura 5** mostrano che il lobo principale di questa antenna usata come illuminatore è adatto in modo particolare per parabole di piccolo diametro con rapporto F/D = 0.3 o al massimo 0.4 e siccome una illuminazione ai bordi a -10 dB avviene

con un angolo di irradiazione dell'illuminatore pari a 159 gradi la QHA è un'antenna ideale per essere usata da illuminatore perché con rapporti F/D molto bassi la QHA viene a trovarsi appena al disopra del livello della bocca della parabola per cui l'attenuazione nel libero spazio o tapering fra illuminatore e il fondo del disco è nell'ordine di soli 4.6 dB e quella fra illuminatore e i bordi è 5.4 dB.

In aggiunta ai vantaggi di cui sopra una parabola con rapporto F/D = 0.3 ha un piccolo "spillover" perché la distanza focale è corta e l'illuminatore è molto vicino al fondo e non può vedere la terra sul retro della parabola e quindi l'illuminatore raccoglie poco rumore generato dalla Terra a temperatura ambiente di 290 kelvin.

Tuttavia per illuminare una parabola con basso rapporto F/D con un livello di potenza di -10 dB ai suoi bordi occorre un illuminatore che abbia un lobo di radiazione largo circa 160 gradi e come si vede nei diagrammi di radiazione nelle **Figure 1-2-3-4** la QHA irradia a questo angolo un segnale con un livello di circa -6 dB per cui lo spillover o potenza ricevuta e/o irradiata verso la Terra è molto basso.

Conclusione

Coloro che desiderano realizzare un'antenna QHA per qualunque frequenza, polarizzazione e verso di radiazione nel campo delle VHF e superiori troveranno nelle tabelle in calce alle **Figure 1-2-3-4** tutte le dimensioni elettriche e meccaniche per costruire e avvolgere la spira corta e quella lunga. Coloro che desiderano apprendere analiticamente maggiori nozioni sul funzionamento dell'infinita balun oppure perché si ottiene lo sfasamento di 90 gradi fra la spira lunga e quella corta per generare polarizzazione circolare e infine come avviene l'adattamento di impedenza o self-matching a 50 Ω per la linea di alimentazione come disegnato in **Fig. 1A** dovrebbero studiare i relativi capitoli dei volumi e articoli citati in Bibliografia.

Bibliografia

- 1) "Reflection Transmission Lines and Antennas" by Walter Maxwell, W2DU ARRL, order Nr 2995, ISBN 0-87259-299-5
- 2) "The ARRL, Antenna Book", published by The American Radio Relay League (ARRL)
- 3) "The Satellite Experimenters Handbook" by Martin Davidoff, K2UBC, second edition ARRL order Nr 3185
- 4) "The AMSAT Journal March/April 1994" Quadrifilar Antennas for Amateur and 137 MHz satellites" by Dave Guimont, WB6LLO
- 5) "Antenna Quadrifilare per 70 cm", di Domenico Marini 18CVS, RadioRivista 10/1998
- 6) The AMSAT Journal May/June 2004 "Experimental Investigation of Quadrifilar Helix Antennas for 2400 MHz" by Domenico Marini, 18CVS
- 7) The AMSAT-DL Journal October 2003 "Experimentelle Untersuchung mit Quadrifilar-Helix-Antennen" By Domenico Marini, 18CVS and Reinard Richter, DJ1KM



Vi è piaciuto questo articolo?
Se Sì potete votarlo
on-line visitando il
nostro sito www.ari.it
Mi piace!



Foto 6 • Banco di misura circolarità e polarizzazione con QHA in prova

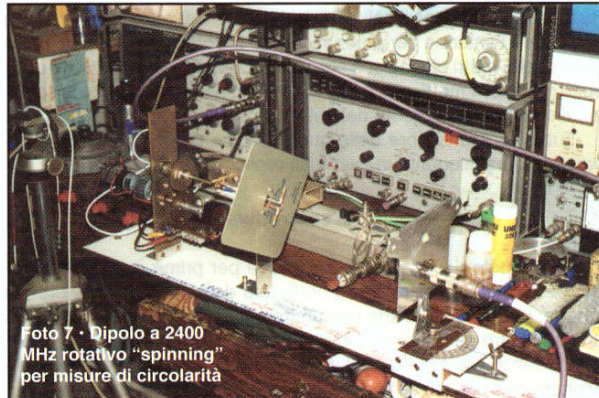


Foto 7 • Dipolo a 2400 MHz rotativo "spinning" per misure di circolarità