

Domenico Marini • I8CVS
E-mail: domenico.i8cvs@tin.it

Un'idea da non sottovalutare per Yagi 70 centimetri Commutatore per quattro polarizzazioni su crossed

1ª Parte

Introduzione

UN COMMUTATORE per polarizzazione Orizzontale-Verticale-RHCP ed LHCP su una Yagi a dipoli incrociati in 2 metri, è stato già descritto ampiamente nelle Bibliografie (1) e (2) ma molto poco è stato scritto e sperimentato su Yagi per 70 centimetri e tutte le antenne commerciali disponibili in Bibliografia (5) per uso satellitare in 70 centimetri sono attualmente progettate solo per commutazione da RHCP a LHCP e viceversa.

L'idea di realizzare la commutazione di 4 polarizzazioni in una Yagi per 70 centimetri sul modello della KLM 435-40CX, mi venne quando il downlink del satellite FO-29 a 435.850 MHz mi fu coperto dal forte rumore

di fase, polarizzato verticalmente, generato e irradiato dalle potenti e numerose emittenti FM e TV situate a 15 chilometri dal mio QTH, in cima al Monte Faito e ciò all'AOS ossia, quando il satellite mi sorgeva a bassa elevazione da dietro il Monte.

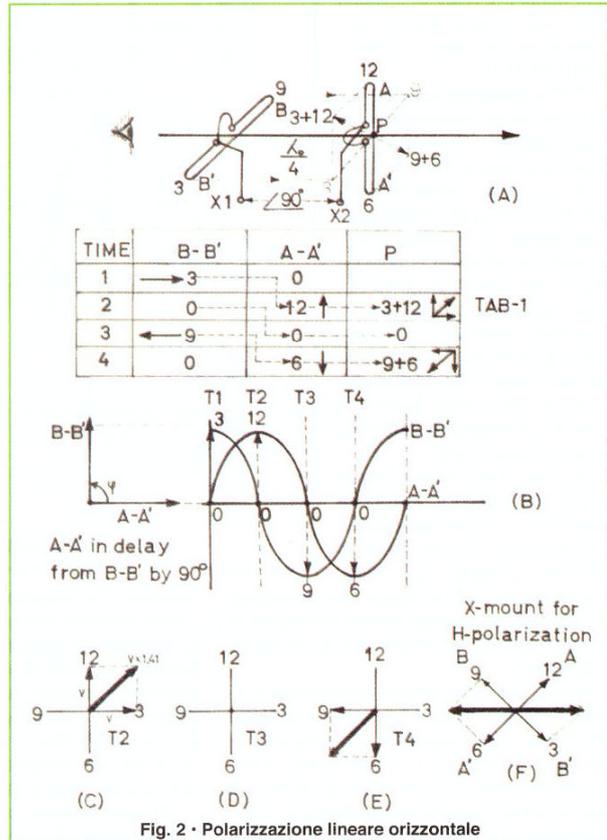
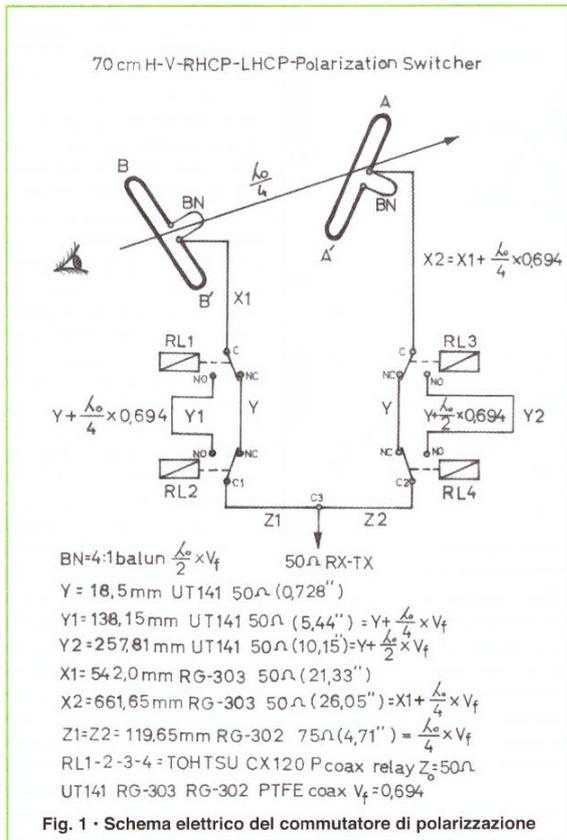
Detto rumore bianco, incoerente e polarizzato verticalmente quando veniva ricevuto dalla mia antenna elicoidale RHCP puntata in quella direzione, era circa 20 dB al di sopra del rumore proprio (Noise Floor) del mio sistema ricevente in 70 centimetri.

L'unico modo per attenuare questo rumore simile a un soffio, dal momento in cui FO-29 sorgeva da tale direzione e durante la prima parte critica dell'orbita all'AOS, era ovviamente, quello di non usare la polarizzazione circolare ma la polarizzazione lineare orizzontale, ossia quella di senso contrario a quella verticale propria del rumore bianco

interferente e da qui mi venne l'idea di realizzare anche per 70 centimetri un'antenna con 4 polarizzazioni commutabili: Verticale-Orizzontale-RHCP ed LHCP.

La possibilità di commutare la polarizzazione da lineare a circolare, non rappresenta una inutile perdita di tempo perché, così facendo, una Yagi per 70 centimetri a dipoli incrociati, può essere usata al top delle sue prestazioni in tutti i modi di traffico sia via satellite sia per DX tropo o anche per QSO sui ponti ripetitori terrestri.

Il commutatore di polarizzazione, in fase di costruzione nelle Foto 1 e Foto 4 è stato realizzato usando 4 relay coassiali a 50 Ω economici e leggeri, reperibili commercialmente e prodotti dalla TOHTSU modello CX120 P, progettati originalmente per uso su circuiti stampati nei preamplificatori per 2 metri e 70 centimetri, ottenendo alla fine



un'antenna con le seguenti caratteristiche:

- 1) VSWR = 1.5:1 massimo ROS su ciascuna polarizzazione.
- 2) Circolarità RHCP o LHCP (circularity) = 2 dB max.
- 3) Isolamento fra le polarizzazioni RHCP-LHCP (cross-polarization) = 15 dB minimo.
- 4) Rapporto fra polarizzazione lineare Orizzontale e Verticale (axial ratio) = 17 dB minimo.
- 5) Attenuazione totale = 0.5 dB massimo.
- 6) Potenza trasferibile = 300 watt CW nominali.
- 7) Peso del commutatore = 800 grammi compreso il contenitore a protezione IP-55.

In questo commutatore di polarizzazione Fig. 1, la necessaria differenza di fase (φ) fra i dipoli è determinata dalla lunghezza elettrica λ_e e dei cavi coassiali di interconnessione e, cosa molto importante, non è necessario prendere in considerazione il tempo di ritardo generato dalla lunghezza propria dei relay coassiali, purché questi siano identici fra loro, in ciascuno dei due rami di Fig. 1, vale a dire purché la lunghezza di ogni coppia di relay in ciascun ramo, sia uguale anche se il costruttore dei relay è diverso dalla TOHTSU.

Tutti i cavi coassiali in ingresso ed uscita del commutatore di polarizzazione, nonché quelli di interconnessione fra i 4 relay, sono isolati in teflon (PTFE) che resiste alle alte temperature necessarie per saldare direttamente le calze e i conduttori interni dei cavi alle porte dei relay, eliminando così ben 12 connettori coassiali, riducendo enormemente sia il costo sia le perdite di inserzione degli stessi, come si vede nelle Foto 1 e Foto 4 che mostrano il commutatore in costruzione.

Inoltre, il dielettrico teflon PTFE, possiede un fattore di velocità $V_f = 0.694$ molto stabile e costante e ciò permette di calcolare e tagliare, con molta precisione, i tronchi di linea in cavo coassiale ed ottenere la necessaria esatta lunghezza d'onda elettrica λ_e per tutte le linee di ritardo di Figura 1.

Nella costruzione del commutatore di polarizzazione, l'uso di un circuito stampato (PCB) non è consigliabile perché anche la più corta microstrip in 70 centimetri, introdurrebbe delle differenze di lunghezza e quindi di fase sulle linee di ritardo in cavo coassiale, che sono impossibili da valutare

e compensare, senza l'uso di un Analizzatore di Reti Vettoriale, ragion per cui, i vari tronchi di cavo vanno tagliati con precisione e saldati direttamente in aria sulle porte dei 4 relay coassiali, come si vede in Foto 1.

Teoria di funzionamento: Figura 1

Questo commutatore è stato progettato e realizzato per una Yagi 70 centimetri KLM 435-40CX, molto popolare e commercializzata tuttora in Italia in Bibliografia (5) ma può essere usato su qualunque altro modello di Yagi, purché gli elementi incrociati siano fisicamente spazati fra loro sul boom di $1/4$ d'onda λ_0 nel libero spazio, come in Fig. 1.

Si ricorda che λ_0 significa lunghezza d'onda nel libero spazio mentre λ_e , che

circolari RHCP e LHCP, è stato rimosso perché inutile ma il resto dell'antenna è rimasto nelle sue condizioni originali, compresi i due balun in cavo coassiale RG-303 da 50Ω con rapporto di impedenza 4:1 lunghi ciascuno $1/2 \lambda_e$ e collegati ai morsetti dei dipoli ripiegati e segnati con BN in Fig. 1.

Lo schema elettrico in Fig. 1, mostra il nuovo commutatore a 4 polarizzazioni con i relay RL1 ed RL2 che alimentano il dipolo ripiegato posteriore attraverso la linea in cavo coassiale X1 mentre i relay RL3 ed RL4, alimentano il dipolo ripiegato anteriore mediante la linea in cavo coassiale X2.

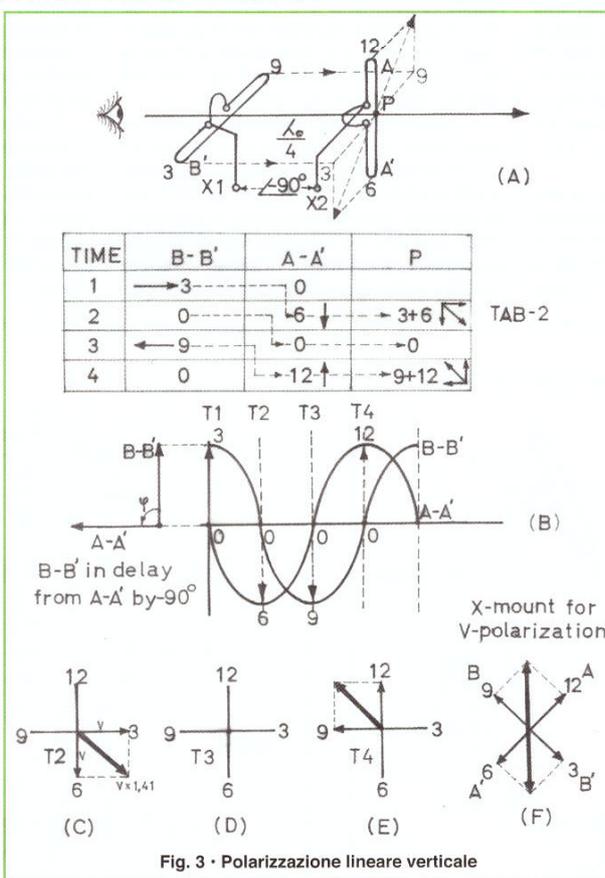
Da notare che la potenza totale erogata dal trasmettitore, viene divisa in due parti uguali nei due rami coi relay RL1 + RL2, che alimentano il dipolo posteriore ed RL3 + RL4,

che alimentano il dipolo anteriore e ciò avviene in ciascuna delle 4 possibili polarizzazioni e ne consegue che, essendo 150 watt la potenza nominale trasferibile da ciascun relay CX 120 P, la potenza totale trasferibile da questo commutatore coassiale, è 300 watt PeP nominali.

Le linee coassiali X1 e X2 di Fig. 1 sono realizzate con cavo coassiale in PTFE RG-303 da $Z_0 = 50 \Omega$ e fattore di velocità $V_f = 0.694$.

La linea X1, può essere tagliata a qualunque si voglia lunghezza, ma la linea X2 deve essere più lunga di X1 di una quantità pari a $1/4 \lambda_e$ a 435.0 MHz, ossia deve essere 119.65 millimetri più lunga di X1 e siccome la lunghezza elettrica λ_e si calcola con $\lambda_0 \times V_f$ dove λ_0 è la lunghezza d'onda nel libero spazio e giacché X1 è stato tagliato lungo 542.0 millimetri per comodità di montaggio, ne deriva che la linea X2 deve essere lunga in tutto $542.0 + 119.65 = 661.65$ millimetri.

Come si vede in Fig. 1, quando i quattro relay RL1-RL2-RL3-RL4 non sono eccitati, un piccolo ponticello di cavo Y collega il contatto normalmente chiuso NC del



troveremo in seguito, significa lunghezza d'onda elettrica che si ottiene moltiplicando la lunghezza d'onda nel libero spazio per il fattore di velocità $V_f = 0.694$ del cavo coassiale che abbiamo usato con isolamento in teflon PTFE e siccome V_f è sempre inferiore a 1, ne deriva che la velocità della corrente RF in un cavo coassiale, è sempre inferiore alla velocità della luce.

Il commutatore originale dell'antenna KLM modello CS-2 per le sole polarizzazioni

relay RL1 al contatto normalmente chiuso NC di RL2, mentre una identica lunghezza di cavo Y collega il contatto normalmente chiuso NC di RL3 col contatto normalmente chiuso NC di RL4. Questi ponticelli di cavo coassiale Y, sono realizzati in cavo semirigido UT-141, isolato in teflon, e sono stati tagliati lunghi solo 18.5 millimetri per comodità di montaggio rigido autoportante e saldatura diretta in aria alle relative porte dei relay coassiali, come si vede nella Foto 1.

Sempre in Fig. 1, Y1 è una linea di ritardo in cavo semirigido UT-141 lunga $1/4 \lambda_e$ e a 435.0 MHz più i 18.5 millimetri di Y e giacché il fattore di velocità Vf del teflon è 0.694, la lunghezza totale di Y1, diventa $119.65 + 18.5 = 138.15$ millimetri e quando R1 ed R2 sono eccitati, avviene che in serie alla linea X1 che alimenta il dipolo posteriore, viene inserita una linea di ritardo con lunghezza effettiva $Y1-Y = 119.65$ millimetri, ossia $1/4 \lambda_e$ a 435 MHz.

Sempre in Fig. 1, Y2 è una linea di ritardo in cavo semirigido UT-141 lunga $1/2 \lambda_e$ più i 18.5 millimetri di Y e la sua lunghezza totale a 435.0 MHz è $239.31 + 18.5 = 257.81$ millimetri, per cui quando RL3 ed RL4 sono eccitati, avviene che in serie alla linea X2 che alimenta il dipolo anteriore viene inserita una linea di ritardo con lunghezza effettiva pari a $Y2-Y = 239.31$ millimetri ossia $1/2 \lambda_e$ a 435 MHz.

Usando questo criterio circuitale, l'intera lunghezza del ramo $RL1+Y+RL2$, è la stessa del ramo $RL3+Y+RL4$ così che la lunghezza fisica interna dei relay più quella dei ponticelli Y, non viene a cambiare la lunghezza elettrica effettiva λ_e delle linee di ritardo Y1 e Y2 perché come si vede da Fig. 1, commutando i relay nelle 4 possibili polarizzazioni, la stessa lunghezza comune dei due ponticelli Y, viene sempre inserita nelle linee coassiali X1 e X2 sia che i 4 relay siano eccitati sia che questi siano diseccitati.

Come si nota da Fig. 1, l'impedenza vista da ciascun ramo alla porta comune C1 del relay RL2 e vista alla porta comune C2 del relay RL4, è molto prossima a $50+j0 \Omega$ perché il return loss misurato su ciascuna antenna è maggiore di 26 dB a 435.0 MHz e quindi il modo più semplice per adattare l'impedenza dei due rami da 50Ω alla linea di trasmissione da 50Ω verso il TX/RX in C3 è quello di trasformare l'impedenza di ciascun ramo da 50Ω a circa 112Ω mediante due linee di adattamento Z1 e Z2 di impedenza caratteristica $Z_0 = 75 \Omega$ lunghe ciascuna $1/4 \lambda_e$ fatte in cavo RG-302 in PTFE con fattore di velocità Vf = 0.694 per cui, ciascuna linea di adattamento Z1 e Z2, verrà lunga 119.65 millimetri.

Entrambe le impedenze di $112 + 112 \Omega$ ottenute ciascuna dalla trasformazione di impedenza $Z = 75^2 \times 50 = 112 \Omega$ vengono ora messe in parallelo nel punto C3 di Fig. 1 per cui, l'impedenza vista dalla linea di trasmissione nel loro punto di giunzione in

C3 verso RX-TX, risulterà in teoria $112/2 = 56 \Omega$ e in pratica circa 50Ω .

Con riferimento a Fig. 1, il dipolo ripiegato posteriore B-B' e quello anteriore A-A' sono spaziat' nel libero spazio sul boom di $1/4 \lambda_0$ e guardando i dipoli verso il senso di radiazione ponendoci dietro i riflettori come mostra l'occhio in Fig. 1, vediamo che per l'osservatore che si trova dietro i riflettori, il conduttore centrale del cavo X1 che alimenta il dipolo posteriore B-B' è visto collegato al lato B' mentre il conduttore centrale del cavo X2, che alimenta il dipolo frontale A-A' che è il più vicino al satellite, è visto collegato al lato A.

A questo punto, bisogna premettere che tutti i ragionamenti che andremo a fare sulle 4 possibili commutazioni di polarizzazione,

usando il metodo indicato nel testo "The Satellite Experimenter's Handbook", pagina 7-11, Capitolo 7, scritto da Martin Davidoff, K2UBC, (Riferimento -3) che si consiglia di consultare.

Comunque, per visualizzare e capire facilmente come vengono generate le polarizzazioni lineari e circolari il dipolo posteriore B-B' nella Fig. 2 (A), è stato disegnato orizzontale e il dipolo frontale A-A' è stato disegnato verticale.

Da notare, che quando l'antenna sarà posta in opera, per ottenere la polarizzazione Orizzontale (H) e Verticale (V) nonché circolare RHCP e LHCP, tutti gli elementi dell'antenna andranno orientati sul boom a 45 gradi in configurazione ad X, come in Fig. 1 o in Fig. 2 (F), ma su questo aspetto sarà detto con maggiori dettagli più avanti.

Come si genera la polarizzazione orizzontale (Fig. 2)

Quando RL1-RL2-RL3-RL4 non sono eccitati, il ramo $Z2+RL4+Y+RL3+X2$ è $1/4 \lambda_e$ più lungo del ramo $Z1+RL2+Y+RL1+X1$ e, come mostrato dal diagramma in Fig. 2 (B), la corrente RF che circola nel dipolo frontale A-A' è in ritardo di 90 gradi rispetto alla corrente che circola nel dipolo posteriore B-B'.

Guardando da sinistra a destra di Fig. 2 (A) verso la direzione di radiazione dell'antenna e con l'aiuto di Fig. 2 (B) e relativa Tabella 1 vediamo che durante un ciclo della corrente RF il dipolo posteriore B-B' al Tempo-1, ha il massimo campo orientato come la lancetta dell'orologio alle ore 3.

Siccome il dipolo frontale A-A' è alimentato con una corrente in ritardo di 90 gradi su B-B' la Tabella 1 mostra che al Tempo-1 il campo nel dipolo A-A' è zero ma che al Tempo-2 il campo raggiunge il suo livello massimo orientato secondo la lancetta dell'orologio a ore 12.

Focalizzando la nostra attenzione al Tempo-2 quando il campo nel dipolo frontale A-A' è massimo a ore 12, notiamo che il campo nel dipolo posteriore B-B', che al Tempo-1 era massimo a ore 3, durante $1/4$ di periodo, si è nel frattempo propagato nel libero spazio in direzione del dipolo frontale A-A' arrivando al Tempo-2 dopo $1/4$ di ciclo a RF sullo stesso piano P su cui giace il dipolo frontale A-A' come mostrato da Tabella 1 in Fig. 2 (A).

Per conseguenza, al Tempo-2 nel piano

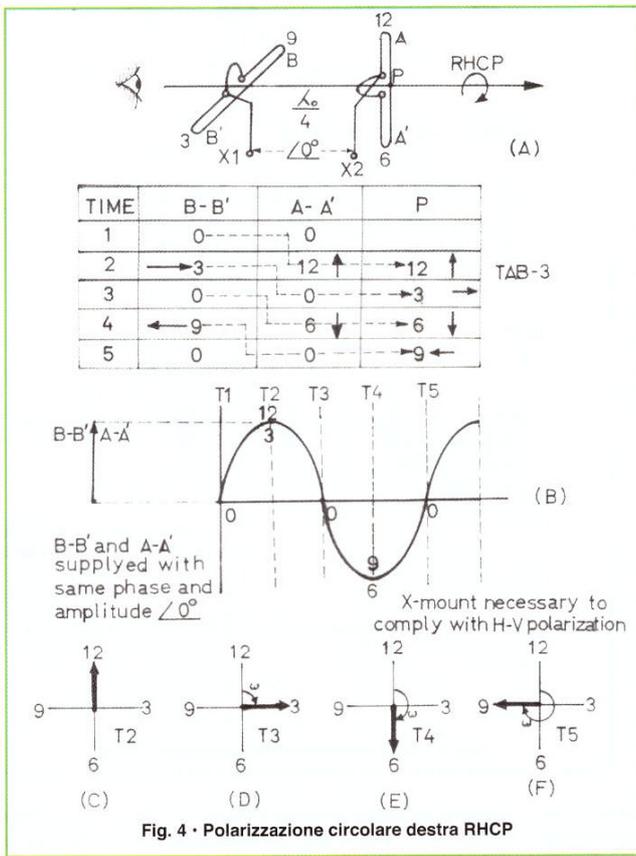


Fig. 4 - Polarizzazione circolare destra RHCP

sono basati sul fatto che ciascuna delle 4 polarizzazioni risulterà generata come H-V-RHCP-LHCP, solo se i collegamenti dei conduttori centrali delle linee X1 e X2 risulteranno orientati e fatti sui dipoli ripiegati così come sono visti dall'occhio che guarda verso il senso di radiazione dell'antenna, come disegnato in Figura 1 (A).

Le lettere B-B' e A-A' poste alle estremità di entrambi i dipoli in Fig. 2 (A), ci permettono di determinare la direzione del campo elettrico sul piano P, dove giace il dipolo frontale

P, abbiamo due campi polarizzati linearmente orientati uno a ore 3 e l'altro a ore 12 e le cui componenti hanno la stessa ampiezza, per cui la loro risultante, è un vettore orientato a 45 gradi rispetto ai due dipoli incrociati, come mostrato da Fig. 2 (C) e dalla freccia sull'ultima colonna P di Tabella 1.

Per il teorema di Pitagora, l'ampiezza della tensione di questo campo risultante orientato a 45 gradi rispetto ai due dipoli, è 1.41 volte maggiore di quella V di ciascuno dei due campi componenti, per cui la potenza che fu divisa in due parti uguali sui due dipoli incrociati, è ora sommata e totalmente disponibile nel suddetto campo risultante, come mostrato in Fig. 2 (C) e Fig. 2 (E).

Ne consegue che la potenza massima trasferibile da questo commutatore di polarizzazione è 300 watt perché la potenza massima ammissibile in ciascun relay CX 120 P per entrambi i rami, è 150 watt a 435 MHz.

Siccome in pratica gli elementi non saranno montati secondo il segno della croce + come disegnati in Fig. 2 (A), ma saranno orientati sul boom secondo il segno X, come in Fig. 1 o in Fig. 2 (F), ne consegue che i vettori risultanti di Fig. 2 (C) e Fig. 2 (E) appariranno ruotati in senso orario di 45 gradi sul boom, come in Fig. 2 (F) per cui, come bisognava dimostrare, il campo irradiato (H) è polarizzato orizzontalmente.

Come si genera via polarizzazione verticale V: (Fig. 3)

Quando soltanto RL3 ed RL4 vengono eccitati, la linea di ritardo Y2 viene inserita nel ramo Z2+RL4+Y2+RL3+X2 che diventa così 3/4 λ e più lungo del ramo Z1+RL2+Y+RL1+X1 e quindi, come mostrato da Fig. 3 (B), la corrente a RF che alimenta il dipolo frontale A-A' risulterà in ritardo di 270 gradi, rispetto alla corrente che alimenta il dipolo posteriore B-B' il che equivale a dire, che la corrente alimentante il dipolo A-A' è in anticipo di 90 gradi sulla corrente che alimenta il dipolo B-B'.

La Tabella 2 di Figura 3, mostra la direzione e l'ampiezza massima del campo nei dipoli B-B' e A-A' per ciascuno dei Tempi 1-2-3-4 al trascorrere di ogni quarto di ciclo della corrente RF raffigurata in Fig. 3 (B).

Focalizzando la nostra attenzione al Tempo-2 quando il campo nel dipolo frontale A-A' è massimo a ore 6, notiamo che nel dipolo posteriore B-B' il campo che al Tempo-1 era massimo a ore 3, durante 1/4 di periodo si è nel frattempo propagato nel libero spazio in

direzione del dipolo frontale A-A' arrivando al Tempo-2 dopo 1/4 di ciclo a RF sullo stesso piano P su cui giace il dipolo frontale A-A' come mostrato da Tabella 2 in Fig. 3.

Per conseguenza al Tempo-2 nel piano P, abbiamo due campi polarizzati linearmente orientati uno a ore 3 e l'altro a ore 6 e le cui componenti hanno la stessa ampiezza, per cui la loro risultante, è un vettore orientato a -45 gradi rispetto ai due dipoli incrociati come mostrato in Fig. 3 (C) e dalla freccia sull'ultima colonna P di Tabella 2.

Siccome in pratica gli elementi non saranno montati secondo il segno della croce + come disegnati in Fig. 3 (A) ma saranno

Z2+RL4+Y+RL3+X2 e quindi come mostrato in Fig. 4, le due correnti a RF che alimentano i dipoli B-B' e A-A' sono in fase fra loro e l'angolo φ = 0 gradi.

Seguendo la Tabella 3 di Fig. 4 iniziamo la nostra osservazione al Tempo-2 quando in questo istante la corrente a RF genera il massimo campo a ore 3 nel dipolo posteriore B-B' e a ore 12 nel dipolo frontale A-A' mentre dopo un quarto di ciclo al Tempo-3 vediamo che le correnti a RF in entrambi i dipoli passano per il valore zero.

Nell'ultima colonna P di Tabella 3 in Fig. 4, sommiamo ora vettorialmente per i Tempi 2-3-4-5 il campo generato sul piano P del dipolo A-A' col campo che fu generato un quarto di ciclo precedente al centro del dipolo B-B' ma che ora dopo un quarto di ciclo si è propagato nel senso di radiazione dell'antenna raggiungendo il piano P dove giace il dipolo A-A'.

Dal nostro punto di osservazione in Fig. 4 (A) rappresentato dall'occhio che si trova dietro il dipolo B-B' e guardando nella direzione di radiazione dell'antenna, vedremo che nel piano P il vettore del campo elettrico risultante durante un quarto di ciclo della corrente a RF, ruota da ore 12 a ore 3 e quindi come mostrato nelle Fig. 4 (C) e Fig. 4 (D) durante un ciclo completo di 360 gradi, il vettore dell'onda generata ruota in senso orario da ore 12-3-6-9 e quindi come si voleva dimostrare, la polarizzazione dell'onda irradiata è circolare destra RHCP.

Come si genera la polarizzazione circolare sinistra LHCP: (Fig. 5)

Quando tutti i relay RL1-RL2-RL3-RL4 sono eccitati, le due linee di ritardo Y1 e Y2 vengono inserite ciascuna nei due rami, ma siccome Y2 è 1/4 λ e più lunga di Y1 la lunghezza risultante effettiva è la differenza delle lunghezze Y2-Y1 corrispondente ad una linea di ritardo lunga 1/4 λ e pari a 119.65 mm che viene a sommarsi alla lunghezza del cavo X2 che alimenta il dipolo frontale A-A'.

In queste condizioni il ramo Z2+RL4+Y2+RL3+X2 è 1/2 λ e più lungo del ramo Z1+RL2+Y1+RL1+X1 e quindi come mostrato in Fig. 5 (B) le due correnti a RF che alimentano i dipoli B-B' e A-A' si trovano in opposizione di fase ossia sono sfasate fra loro di 180 gradi.

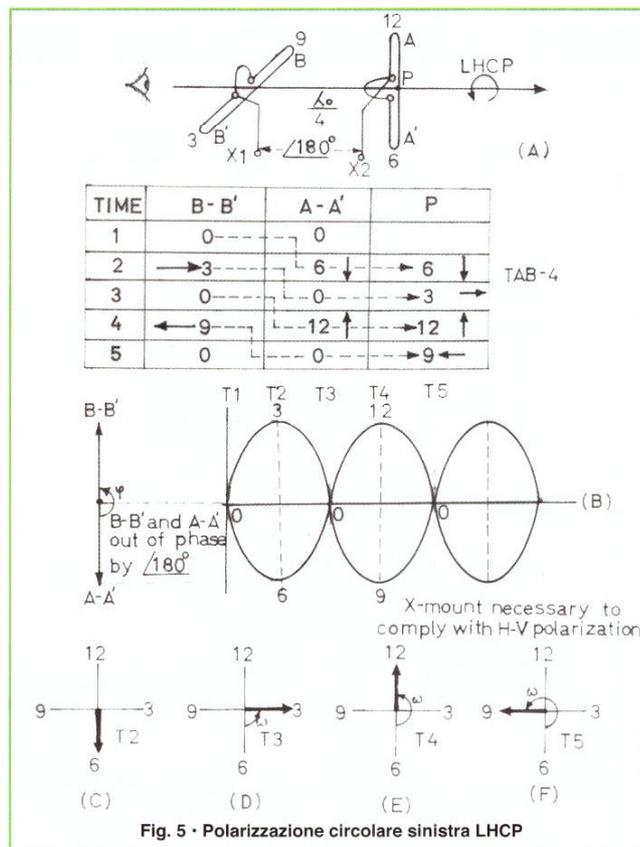


Fig. 5 - Polarizzazione circolare sinistra LHCP

orientati sul boom secondo il segno X come in Fig. 1 o in Fig. 3 (F), ne consegue che i vettori risultanti di Fig. 3 (C) e Fig. 3 (E) appariranno ruotati in senso orario di 45 gradi sul boom come in Fig. 3 (F) per cui, come si voleva dimostrare, il campo irradiato (V) è polarizzato verticalmente.

Come si genera la polarizzazione circolare destra RHCP: (Fig. 4)

Quando solo RL1 e RL2 sono eccitati, la linea di ritardo Y1, viene inserita nel ramo Z1+RL2+Y1+RL1+X1 la cui lunghezza elettrica λ e diventa uguale a quella del ramo

Con l'ausilio di **Tabella 4** in **Figura 5**, iniziamo la nostra osservazione al Tempo-2, quando le due correnti a RF generano il massimo campo in ciascun dipolo. Se leggiamo l'ultima colonna P di **Tabella 4** e se ricordiamo che il campo che arriva dal dipolo B-B' nel piano P è stato generato dallo stesso dipolo B-B' già un quarto di ciclo prima, allora vediamo che ponendoci dietro l'antenna in **Fig. 5 (A)** il vettore del campo elettrico risultante che giace sul piano P, ruota in senso antiorario, da ore 6 a ore 3 durante un quarto di ciclo di 90 gradi della corrente RF e quindi, come mostrato dalle frecce dell'ultima colonna P di **Tabella 4** in **Fig. 5** e dai vettori in **Fig. 5 C-D-E-F**, si vede che l'onda generata ha polarizzazione circolare sinistra LHCP.

Come si commutano le 4 polarizzazioni: (Fig. 6)

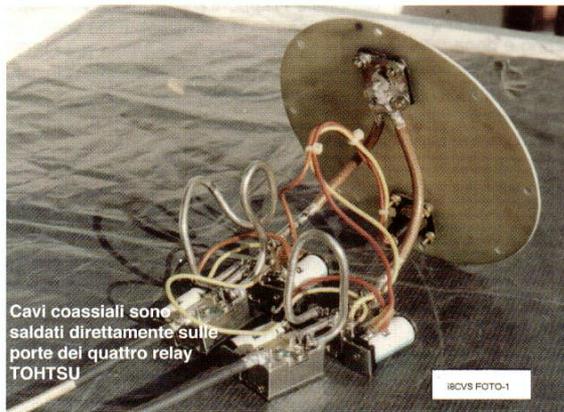
La commutazione di polarizzazione da H-V-RHCP-LHCP di **Tabella 1**, avviene dalla stazione usando un cavo a 3 conduttori più un commutatore a una via con 4 posizioni, più 4 diodi 1N4007.

Come si vede dallo schema elettrico in **Fig. 6** l'alimentazione delle bobine dei 4 relay CX120P è a 12 volt DC ed i diodi di protezione D3 e D4 in parallelo alle bobine dei relay, servono per cortocircuitare gli elevati picchi delle tensioni inverse che si generano nei loro circuiti induttivi durante le commutazioni ai capi delle bobine a causa delle extracorrenti di apertura.

Tabella 1	
Polarizzazione	Relay eccitati
orizzontale	nessuno
Verticale	RL3 + RL4
RHCP	RL1 + RL2
LHCP	RL1 + RL2 + RL3 + RL4

Nota:

Per la massima durata dei relay e per non danneggiarli bruciando i contatti, spe-



cialmente quando si usa alta potenza, è obbligatorio non commutare la polarizzazione mentre si trasmette, ma solo mentre si riceve e, questa procedura, va usata su qualunque tipo di commutatore di polarizzazione, a meno che non si usi un interblocco elettrico ritardato fra commutatore di polarizzazione e TX.

Modifiche per usare antenne a dipoli incrociati di modello diverso

Un'altra antenna adatta a questo commutatore di polarizzazione è la Cushcraft 738XB reperibile in Bibliografia (5) perché i suoi dipoli ripiegati sono spazati fisicamente di $1/4 \lambda_0$ sul boom e i due balun $1/2 \lambda_e 4:1$ in cavo coassiale vengono già forniti con l'antenna e quindi l'uso di questo commutatore è immediato purché i due dipoli ripiegati vengano alimentati dalle due linee coassiali X1 e X2 in conformità a **Fig. 1**.

Se al contrario i dipoli di un'antenna sono spazati $1/4 \lambda_0$ sul boom ma anziché essere ripiegati sono alimentati e adattati a 50Ω usando un gamma match, in tal caso, trattandosi di alimentazione sbilanciata non si usa il balun, e in riferimento a **Fig. 1**, il braccio caldo del gamma match deve essere orientato in direzione dell'estremità A per il dipolo anteriore e in direzione dell'estremità B' per il dipolo posteriore, mentre le calze dei cavi coassiali X1 e X2 vanno collegate a massa sul boom al centro di ciascun dipolo.

Se poi i due dipoli incrociati non sono ripiegati ma sono spazati sul boom di $1/4 \lambda_0$ e sono adattati a una linea coassiale a 50 ohm con T-match che è un sistema di alimentazione bilanciato, allora occorre usare un balun con adatto rapporto di impedenza fra quella del T-match e quella di 50 ohm della linea di trasmissione ma, in ogni caso, i due bracci del T-match su ciascun dipolo, dovranno essere orientati e collegati alle linee X1 e X2 rispettivamente in conformità alle estremità B' per X1 ed A per X2, come raffigurato sui dipoli ripiegati in **Fig. 1**. A causa delle caratteristiche costruttive dell'antenna Tonna 2 x 19 elementi modello 20438, risulta complicato applicargli questo

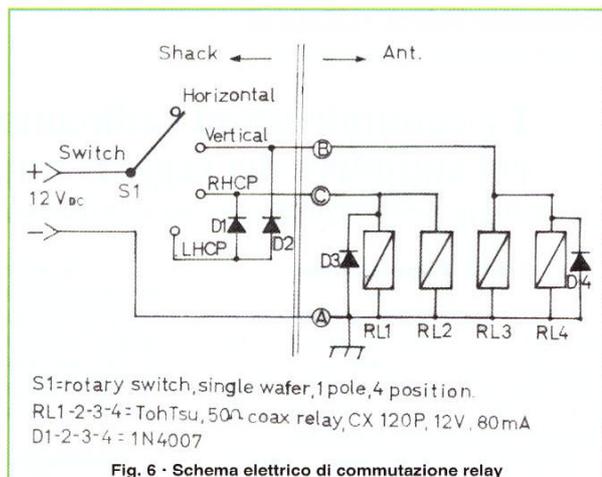


Fig. 6 - Schema elettrico di commutazione relay

commutatore di polarizzazione perché la spaziatura dei dipoli ripiegati sul boom è 199.4 millimetri e quindi è maggiore di $1/4 \lambda_0$ nel libero spazio pari a 172.4 millimetri.

La seconda parte di questo articolo, tratterà la costruzione pratica del commutatore di polarizzazione con le relative misure e prove.

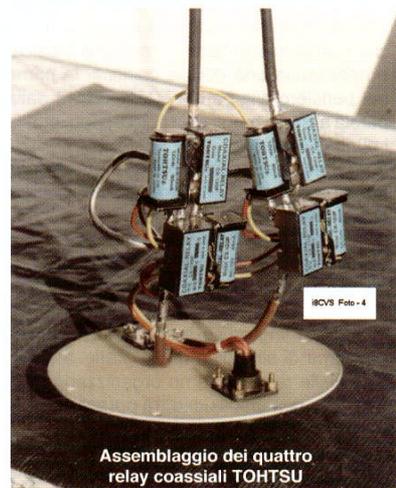
Bibliografia

- 1) "A Remote Polarization Switching Unit for Crossed-Yagi Antennas" by H. Stoll, *DF7SO VHF COMMUNICATIONS 1/1980*
- 2) *The Satellite Experimenter's Handbook* by Martin Davidoff, K2UBC ISBN 0-87259-318-5 ARRL Order Nr. 3185
- 4) <http://www.g6lvb.com/fibermetalboom.htm>
- 5) <http://www.hsp.it/radio/offerte/offradio.htm>

1 - continua



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



Domenico Marini • I8CVS
E-mail: domenico.i8cvs@tin.it

Commutatore per quattro polarizzazioni pensato per crossed Yagi 70 centimetri

2ª Parte

Costruzione

LA TEORIA di funzionamento di questo commutatore di polarizzazione è stata già descritta nella (Parte 1) pubblicata su RadioRivista e la sua efficienza dipende dalla precisione con cui si tagliano i vari tronchi di cavo coassiale di Fig. 1 e da come questi vengono saldati direttamente sulle porte dei relay coassiali RY1-RY2-RY3-RY4, come si vede in Foto 1a e Foto 2a.

La lunghezza delle linee di trasmissione e di ritardo sono riportate in Fig. 1 ma prima di tagliare questi cavi bisogna leggere attentamente le seguenti istruzioni:

Le linee di alimentazione X1 e X2 sono in cavo coassiale RG-303 da $Z_0 = 50 \text{ ohm}$ con isolamento in teflon e fattore di velocità $V_f = 0,694$. Il diametro esterno del cavo è 4,3 millimetri mentre il conduttore interno con diametro 0,96 millimetri e la calza del cavo sono argentati.

Le lunghezze delle linee X1 e X2 sono:

X1 = 542,0 mm (misura scelta per riferimento e comodità di montaggio)

X2 = 661,6 mm equivalente a $X1 + 1/4 \lambda_e$ a 435,0 MHz.

Le linee di adattamento di impedenza Z1 e Z2 sono in cavo coassiale RG-302 da $Z_0 = 75 \text{ ohm}$ con isolamento in teflon e fattore di velocità $V_f = 0,694$.

Il diametro esterno del cavo è 5,0 mm mentre il conduttore interno con diametro 0,56 millimetri e la calza del cavo sono argentati.

Z1 and Z2 sono lunghe ciascuna 119,65 mm equivalenti a $1/4 \lambda_e$ a 435,0 MHz.

I ponticelli di giunzione Y e le linee di ritardo Y1 e Y2 di Fig. 1 sono in cavo semirigido RG-402 o UT-141 con conduttore esterno in tubetto di rame stagnato diametro esterno 3,58 millimetri $Z_0 = 50 \text{ ohm}$ con iso-

lamento in teflon PTFE e conduttore interno diametro 0,91 mm in acciaio argentato e le loro lunghezze sono:

Y = 18,5 mm.

Y1 = 138,15 mm equivalente a $1/4 \lambda_e + Y$.

Y2 = 257,81 mm equivalente a $1/2 \lambda_e + Y$.

I quattro relay coassiali sono della TOHTSU modello CX 120 P (Foto 3a) con le seguenti caratteristiche:

Contatti: SPDT (Single Pole Double Throw).

Connettori: terminali a saldare.

Frequenza massima: 1500 MHz.

Potenza massima: 150 watt a 500 MHz.

Perdita di inserzione: 0,2 dB a 500 MHz.

Impedenza: 50 ohm.

ROS nominale: 1,2:1 a 500 MHz.

Isolamento fra le porte: 34 dB a 500 MHz.

Alimentazione bobina: 11-15 volt DC.

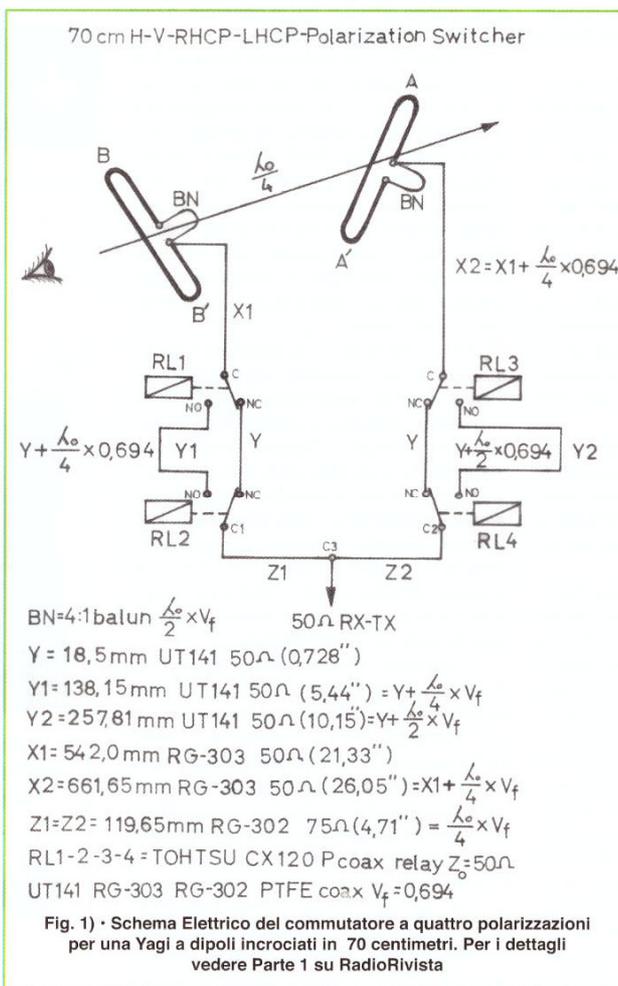
Assorbimento bobina: 80 mA a 12 volt DC.

Tempo di commutazione nominale: 20 millisecondi.

Dimensioni: Lunghezza 35,5 mm; Larghezza 35,5 mm; Altezza 18 mm.

Peso: 71 grammi.

Procedura di costruzione



Non è strettamente necessario che tutti e quattro i relay siano uguali fra loro purché RL1 sia uguale a RL3 ed RL2 sia uguale a RL4 in modo tale che nei due rami la lunghezza elettrica di RL1 + RL2 sia uguale alla lunghezza elettrica di RL3 + RL4 per cui in pratica si possono usare anche relay coassiali simili per PCB a saldare o addirittura 4 relay di modello diverso ma uguali fra loro come ha fatto VK2BMT in Foto 12a tagliando i connettori N dei relay TOHTSU CX 520 D e saldando direttamente i cavi semirigidi UT-141 ai pin centrali dei connettori N e ciò perché a frequenze di 435 MHz i connettori N e il loro assemblaggio con cavi e connettori coassiali comporterebbe inevitabili disuguaglianze specialmente sulle lunghezze delle linee Y-Y1-Y2-Z1-Z2 e quindi ritardi di fase diversi da 90° e 180°.

Non venga mai l'idea di usare a 435 MHz dei relay classici non coassiali per DC o AC anche se del tipo a saldare perché questi non sono a impedenza caratteristica costante di 50 ohm e la loro lunghezza elettrica introdurrebbe differenze di fase inaccettabili in questa applicazione.

Quando si tagliano le linee in cavo coassiale semirigido UT-141 lunghe $1/4 \lambda_e$ e $1/2 \lambda_e$ la regola d'oro è: "Quando sei

in dubbio taglia i cavi semirigidi un pelino più corti e non un paio di millimetri in più pensando che questi siano necessari perché questi millimetri in più saranno inevitabilmente in eccesso in quanto il cavo semirigido non è mai perfettamente diritto".

In ogni caso tagliando le linee bisogna considerare che il fattore di velocità nei cavi RG-302, RG-303 e UT-141 è molto stabile e costante sul valore $V_f = 0.694$ per cui la lunghezza elettrica si calcola con $\lambda_e = \lambda_0 \times 0.694$ dove λ_0 è la lunghezza d'onda nel libero spazio.

Per tagliare il cavo semirigido UT-141 usare una piccola tagliatubi USAG per hobbistica da 3 a 16 millimetri (da 1/8" a 5/8") di diametro esterno e tagliare perpendicolarmente e a pari le due estremità del cavo in modo che ciascuna estremità risulti 4 millimetri più lunga del necessario.

Esempio di come tagliare Y2 in cavo semirigido UT-141: la linea di ritardo Y2 una volta saldata in opera alle porte dei relay RL3 e RL4 deve essere lunga 257.8 millimetri e quindi ruotando leggermente la tagliatubi incidere per riferimento due solchi sottili e circolari a una distanza di 257.8 millimetri fra loro su un pezzo di UT-141 che sia ben diritto.

Ruotando la tagliatubi incidere più profondamente altri due solchi che siano 4 millimetri più in avanti dei due precedenti in modo che la lunghezza totale di cavo una volta tagliato sia lunga 265.8 millimetri.

Tagliato il cavo e con l'aiuto di una pinzetta piegare alternativamente i due anelli lunghi 4 millimetri di tubo esterno UT-141 precedentemente inciso in modo tale che i due anelli si spezzino e si possano sfilare facilmente dall'isolante interno di teflon.

Usando una lametta da rasoio o un bisturi hobbistico X-ACTO tagliare perpendicolarmente a pari il teflon in eccesso e sfilare da ciascuna estremità questo pezzetto di isolante cilindrico lungo 4 millimetri avendo cura di non premere molto la lametta sul conduttore interno del cavo perché, essendo questo in acciaio argentato, si potrebbe poi spezzare piegandolo per adattarlo alla posizione dei pioli di fissaggio e saldatura sulle porte dei relay coassiali.

Ora la linea Y2 può essere sagomata a mano con raggio di curvatura non troppo stretto in modo tale da imboccare le porte dei relay coassiali RL3 e RL4 e dopo aver presentato le punte lunghe 4 millimetri dei conduttori interni ai due pioli dei contatti NO

di RL3 e RL4, tagliare con un tronchesino la lunghezza in eccesso in modo tale che una volta saldata in opera la lunghezza di Y2 sia esattamente 257.8 millimetri e ciò perché i conduttori interni annegati nello stagno verranno a far parte integrale della lunghezza propria dei pioli sui contatti NO dei relay come si vede in **Foto 4a**.

Solo quando tutte le calze e tubi esterni dei cavi coassiali saranno stati saldati alle masse dei relay, solo allora i conduttori interni di questi cavi, si potranno saldare in opera seguendo lo schema elettrico di **Fig. 6**.

Le linee di alimentazione X1 e X2 sono in cavo RG-303 da 50 Ω e sono rispettivamente lunghe 542.0 millimetri e 661.65 millimetri. Tuttavia X1 può essere tagliata a qualunque altra conveniente lunghezza purché la linea

cavo dall'estremo libero della linea X1.

Per saldare il più rapidamente possibile i conduttori esterni dei cavi coassiali alle masse intorno alle porte dei relay coassiali, occorre un saldatore di potenza 150 watt o maggiore, del tipo usato per saldare i grossi conduttori sui collettori dei motori elettrici in corrente continua e ciò per avere una punta piatta a saldare con grande inerzia termica per compensare la caduta di temperatura dovuta alla massa metallica del relay mentre lo stagno migliore in lega eutettica che fonde a 179°C senza ossidarsi, è la lega 62Sn/36Pb/2Ag della Alpha Metals Inc.

Il relay CX 120 P ha 3 pioli di massa destinati in origine ad essere infilati nei fori dei PCB e prima di saldarci i conduttori esterni dei cavi coassiali, questi pioli devono essere

ravvivati a stagno unitamente al corpo metallico del relay tutto intorno ai pioli, come si vede in **Foto 6a** senza tentare di piegarli perché essendo di ottone crudo e pressati nel corpo metallico del relay, questi sottili pioli si spezzerebbero subito.

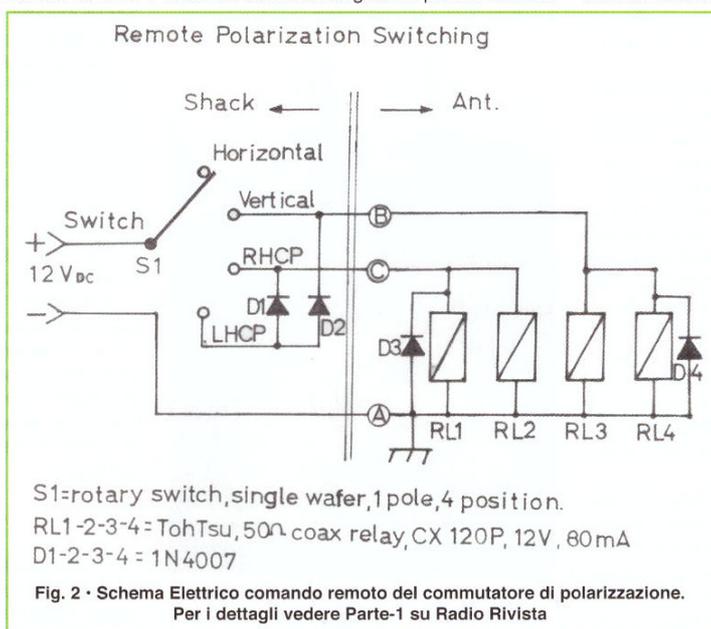
La saldatura a stagno sul corpo del relay, è possibile perché il metallo con cui è fatto è placcato elettroliticamente con un metallo conduttore argenteo simile a quello usato sui connettori di alluminio SMA, la cui superficie è compatibile con la saldatura a stagno.

La saldatura a stagno su una grossa massa metallica come quella del relay, richiede il raggiungimento di una temperatura intorno ai 200°C ma

usando saldatore elettrici con punta di rame a grande massa metallica e quindi grande inerzia termica, si riduce enormemente il tempo di saldatura intorno al punto voluto e così non si danneggiano le parti mobili del relay e i contatti interni sostenuti da robuste colonnine isolate in teflon che è un cattivo conduttore di calore.

La migliore procedura di saldatura sul banco di lavoro, è quella di serrare il relay in una piccola morsa da tavolo, isolandolo dalle ganasce mediante due listelli di legno per non trasmettere il calore alla morsa e non bruciarsi le dita saldando, ma la cosa importante da non dimenticare prima di serrare il relay coassiale nella morsa, è quella di togliere il coperchio a scatto e quella di aver ravvivato a stagno i conduttori esterni dei cavi coassiali da saldare.

Altra cosa importante è quella di non grattare e asportare nei punti da saldare la placcatura superficiale argentea saldabile a



X2 sia tagliata più lunga di una quantità pari a $1/4 \lambda_e$ in lunghezza d'onda elettrica ossia che sia più lunga di X1 esattamente di 119.65 millimetri.

Porre attenzione alle estremità di X1 e X2 che vanno collegate ai dipoli ripiegati e notare che qui non vengono usati connettori coassiali ma come fatto originalmente dalla KLM e come mostrato in **Foto 5a** il conduttore centrale del cavo coassiale è saldato a un capocorda e la calza a una cravatta in rame.

Il modo migliore per tagliare la linea X2 in modo che capocorda e cravatta di rame inclusa venga 119.65 millimetri più lunga della linea X1 è quello di tagliare due pezzi di RG-303 lunghi ciascuno 662.0 millimetri e saldare a ciascuna estremità un capocorda e una cravatta come mostrato in **Foto 5a** cercando di posizionare e saldare sui due cavi sia il capocorda sia la cravatta nel modo più simmetrico e gemellare possibile dopo di che tagliare via esattamente 119.65 millimetri di

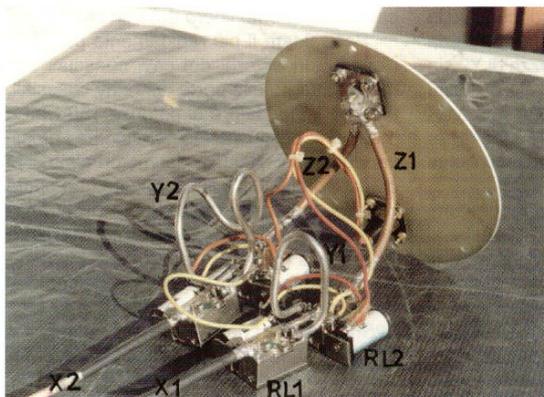


Foto 1a - Il commutatore di polarizzazione completo prima di essere chiuso nel contenitore cilindrico in Foto 8a. La linea coassiale più lunga di UT141 è la linea di ritardo Y2 e quella più corta è la linea di ritardo Y1

si vede in Foto 8a.

La plastica è molto meglio del metallo perché il cilindro deve essere leggero e posizionato in vicinanza dei dipoli ripiegati e dietro i riflettori senza influenzarli.

Un'estremità del cilindro è stata chiusa usando un

laminato di plastica spesso 3 millimetri e incollato con resina epossidica a due compo-

stagno dei relay, perché la parte sottostante del corpo del relay è di alluminio o antimonio che sono entrambi metalli non saldabili a stagno. Quando lo stagno sarà completamente fuso e liquefatto tutto intorno ai pioli di ottone di massa e sulla superficie del relay nei punti da saldare solo allora la calza o il tubetto esterno del cavo potrà essere immerso e posizionato con una pinzetta dentro lo stagno liquido posizionandolo e imboccandolo in modo che il conduttore centrale del cavo venga a toccare il piolo del contatto caldo NO o NC del relay, come si vede in Foto 7a.

Iniziare il lavoro saldando per primo il ponticello Y fra i due relay RL1 e RL2 e mentre la massa metallica del relay è ancora calda, procedere saldando la linea di ritardo Y1 e quindi le due linee X1 e Z2, come si vede in Fig. 1 e operare similmente per l'altra coppia di relay RL3 e RL4.

Bisogna cercare di ridurre i tempi di saldatura al minimo indispensabile, specialmente per ottenere una buona saldatura liscia e brillante fra i conduttori esterni dei cavi coassiali e il corpo del relay, perché nonostante che il teflon nell'interno dei cavi e nei supporti interni dei relay sopporti temperature elevate, se il tempo di saldatura divenisse troppo lungo, la lama mobile interna del comune del relay fatta in bronzo fosforoso, potrebbe perdere di elasticità per cui in previsione di questa evenienza, è consigliabile dissaldarla rimuovendola momentaneamente dalla colonnina in teflon che la sostiene, e poi risaldarla in opera a fine lavoro a relay freddo.

Solo quando tutte le saldature fra le calze dei cavi RG-302, RG-303 e i tubi esterni dei cavi UT-141 saranno state completate sulle masse dei relay, soltanto allora le punte dei conduttori interni di questi cavi, potranno essere sagomate con una pinzetta e saldate agli spilli isolati in teflon sulle 3 porte dei relay coassiali, seguendo lo schema elettrico di Fig. 1. A fine lavoro, il commutatore di polarizzazione è stato chiuso ermeticamente in un leggero contenitore a tenuta stagna autoconstruito usando un tubo di plastica per conduttore idriche con diametro esterno di 120 millimetri e lungo 160 millimetri, come

di drenaggio in plastica diametro 6 millimetri e lungo 10 millimetri, incollandolo poi con resina epossidica

Il peso del commutatore completo di coperchio, è 800 grammi, mentre il peso del commutatore originale CS-2 con la sua scatola di alluminio, è 500 grammi e questa differenza comporta il dover ribilanciare il peso dell'antenna sul boom variando la posizione del collare e dei cavallotti di sostegno ad U montando l'attacco al mast più indietro di 240 millimetri rispetto alla posizione originale, vale a dire, fra il direttore verticale D7 e quello orizzontale D7, come mostrato in Foto 10a. La nuova posizione di attacco sul boom in Foto 10a, fa cadere la posizione del mast orizzontale di sostegno in un punto abbastanza lontano da multipli indesiderati di $1/2 \lambda_0$ rispetto ai dipoli come raccomandato nella Bibliografia (3).

Da notare che i due fori originali diametro 7 millimetri fatti sul boom per il passaggio del cavallotto ad U che serve a fissare l'antenna sul tubo orizzontale del mast, sono stati praticati in modo da avere gli elementi orientati incrociati secondo il segno più (+) ma per ottenere le quattro polarizzazioni dopo questa modifica, bisogna montare gli elementi sempre incrociati, ma secondo il segno del moltiplicato (X).

Per evitare di trapanare altri due fori sul boom, è stata usata una piastra di alluminio 10 x 12 centimetri stampata ad U di recupero da una vecchia antenna Cush-Craft A144-20T e come ora si vede in Foto 10a il boom può essere ruotato in configurazione a X, senza bisogno di praticare nuovi fori sul boom.

Misure e prove

Il commutatore di polarizzazione è stato provato e misurato in laboratorio usando il ponte riflettometrico descritto in I5TDJ su RadioRivista 5/88, che ha una direttività di 40 dB a 435 MHz più Analizzatore di Spettro

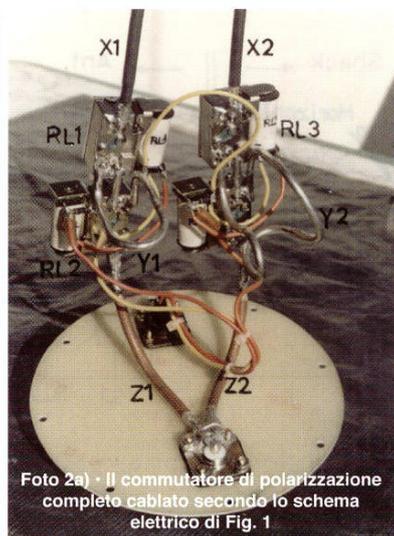


Foto 2a) - Il commutatore di polarizzazione completo cablato secondo lo schema elettrico di Fig. 1

nenti tipo UHU-Plus e monta due pressacavi in plastica per il passaggio delle linee X1 e X2, come si vede in Foto 8b.

L'altra estremità del cilindro in Foto 8a, è stata flangiata con un laminato in plastica di spessore 3 millimetri e una guarnizione in gomma a tenuta stagna, stretta con 8 viti di acciaio inossidabile 4 MA.

Questa flangia monta un connettore N/femmina più un connettore maschio e stagno a 3 poli per l'alimentazione a 12 volt DC dei relay, secondo il circuito riportato nello schema di Fig 6.

Come si vede in Foto 9a, prima di infilare il commutatore dentro il cilindro di plastica, i 4 relay sono stati avvolti in un foglio di materiale isolante mylar per evitare possibili contatti accidentali fra le parti in opera.

Dopo aver posizionato e montato il contenitore sul retro del boom dietro i riflettori, la sua parte cilindrica inferiore, deve essere forata con diametro 6 millimetri per evitare la formazione di condensa nel suo interno.

Per evitare l'ingresso di acqua piovana nel foro da 6 millimetri, vi ho infilato un tubetto

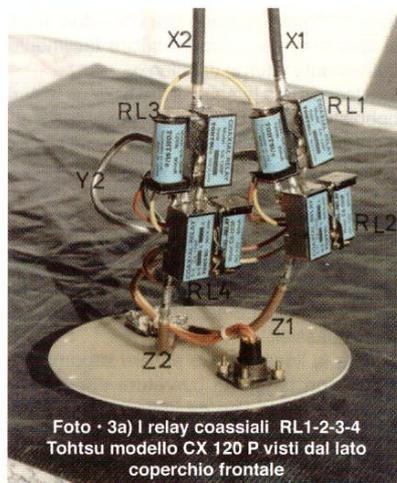


Foto 3a) I relay coassiali RL1-2-3-4 Tohtsu modello CX 120 P visti dal lato coperchio frontale

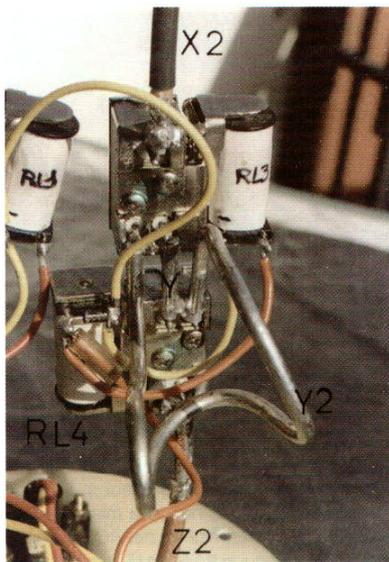


Foto 4a) - Dettaglio del ramo X2 comprendente la linea di giunzione Y collegata fra i contatti normalmente chiusi (NC) dei relay RL3 e RL4. La linea più lunga di cavo coassiale UT141 è la linea di ritardo Y2

HP8555A con tracking generator HP8444A e Generatore di Segnali HP8640B.

Per la misura del ROS e return loss in dB del solo commutatore senza collegarvi l'antenna i dipoli A-A' e B-B', sono stati sostituiti con due terminazioni chip resistive da 50 ohm saldate direttamente come carico agli estremi di X1 e X2, facendo la distanza di saldatura fra la calza e il conduttore interno dei cavi la più corta possibile, come mostra la Foto 5a. La regola d'oro per minimizzare le reattanze residue nei componenti per RF, è questa: "Se siamo in grado di dissaldare i componenti e riutilizzarli di nuovo senza danneggiarli, significa che i terminali erano troppo lunghi".

Con entrambe le terminazioni resistive da 50 ohm saldate su X1 e X2, sono stati misurati a 435 MHz i seguenti valori di return loss e ROS riportati in Tabella 1.

Polarizzazione	Return Loss (dB)	ROS
Orizzontale	22	1.17
Verticale	23	1.15
RHCP	26	1.10
LHCP	24	1.14
Con X1 and X2 aperti	2	9.54

Perdita di inserzione = 0.35 dB su ciascun ramo X1 e X2.

Da notare, che montando il commutatore sul boom coi due dipoli ripiegati A-A' e B-B' e tutti gli elementi parassiti, si ottiene un adattamento di impedenza dell'antenna molto prossimo a $50+j0$ ohm per cui il return loss misurato è nell'ordine di 20 - 25 dB e, in queste condizioni, la potenza RF che alimenta il commutatore di polarizzazione, viene divisa in due parti uguali, per cui come spiegato anche in Bibliografia (2) al Capitolo 8 pagine 8-10, la perdita di inserzione totale del commutatore resta costante a 0.35 dB su tutte le polarizzazioni V-H-RHCP-LHCP e la potenza totale trasferibile, è uguale al doppio della portata di ciascun relay a 435 MHz, ossia è pari a $150 + 150 = 300$ watt.

Senza commutatore di polarizzazione in opera, è stata fatta una misura di return loss e ROS singolarmente su ciascuna delle due antenne, quella orizzontale e quella verticale, in modo da avere una misura di riferimento in polarizzazione lineare senza il commutatore e si sono ottenuti i seguenti valori:

Alimentando solo il dipolo posteriore B-B' coi rispettivi elementi parassiti: return loss = 22 dB (ROS = 1.17).

Alimentando solo il dipolo anteriore A-A' coi rispettivi elementi parassiti: return loss = 19 dB (ROS = 1.25).

In più l'antenna è stata misurata anche in polarizzazione circolare, usando il suo commutatore di polarizzazione originale KLM

CS-2 e in RHCP, il return loss è risultato 23 dB equivalente a un ROS = 1.15 mentre in LHCP, il return loss è risultato 25 dB pari a un ROS = 1.12.

Infine, il nuovo commutatore di polarizzazione, è stato montato in antenna e sono stati misurati i seguenti valori di return loss e ROS riportati in Tabella 2.

Polarizzazione	Return Loss (dB)	ROS
Orizzontale	23	1.15
Verticale	22	1.18
RHCP	24	1.13
LHCP	25	1.12

Misure di "polarization mismatch"

La discriminazione dei sensi di polarizzazione circolare dell'antenna col nuovo commutatore di polarizzazione, è stato verificato usando in trasmissione due antenne Yagi di riferimento incrociate a 9 + 9 elementi alimentando i dipoli H e V con una linea di ritardo commutabile in modo da ottenere RHCP ed LHCP facendo le misure che consistono nel ricevere in RHCP con un'antenna e trasmettendo in polarizzazione opposta LHCP con l'altra o viceversa prendendo nota dell'attenuazione misurata, dovuta al polarization mismatch.

Esempio: Trasmettendo la polarizzazione RHCP con la Yagi a 9+9 elementi e usando in ricezione l'antenna KLM 435-40CX sotto prova commutandola nella polarizzazione opposta LHCP, è stata ricavata la Tabella 3 che indica in dB il mismatch del livello di segnale ricevuto.

9+9 el. in TX	KLM 435-40CX in RX
RHCP	LHCP = - 28.0 dB
LHCP	RHCP = - 30.0 dB



Foto 5a) - Dettaglio dei capicorda del conduttore interno e della calza del cavo coassiale RG-303 agli estremi delle linee X1 e X2 da collegarsi ai dipoli ripiegati B-B' e A-A'



Foto 6a) - Vista ingrandita della tecnica di saldatura fra il cavo coassiale semirigido UT141 e le porte dei relay

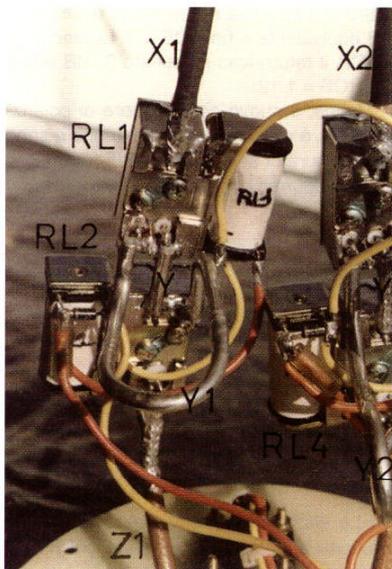
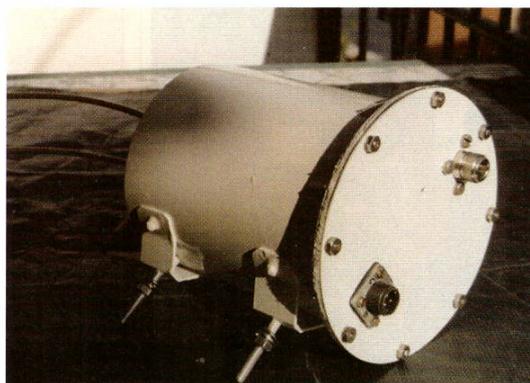


Foto 7a) - Dettaglio del ramo X1 comprendente la linea di giunzione Y collegata fra i contatti normalmente chiusi (NC) dei relay RL1 e RL2. La linea coassiale più corta di UT-141 è la linea di ritardo Y1

Foto 8a) - Il commutatore di polarizzazione chiuso dentro un contenitore cilindrico fatto con un pezzo di tubo in plastica per condutture idriche con diametro esterno 120 mm e lungo 160 mm. L'estremo flangiato monta il connettore N/femmina per IN/OUT RF e un connettore maschio a 3 poli per la commutazione dei relay a 12 volt DC



Misure di circolarità

L'antenna KLM 435-40CX sotto prova, è stata commutata per ricevere in polarizzazione circolare e l'asse longitudinale del boom è stato ruotato assialmente e lentamente a mano su se stesso di 360 gradi, puntando l'antenna verso una Yagi a 9 elementi, che trasmetteva in polarizzazione lineare orizzontale (H). In queste condizioni, ruotando assialmente il tubo del boom di 360 gradi su se stesso e ricevendo in RHCP o LHCP a 435 MHz un campo polarizzato linearmente sia in (V) sia in (H) si è misurata una variazione massima di 2 dB, ovvero un segnale con una ondulosità di (+/-1 dB). Trasmettendo con la Yagi 9+9 elementi incrociati un segnale di riferimento

una grossa ansa dalla parte posteriore del boom verso i riflettori, come in **Foto 11a**.

Si è visto inoltre che facendo camminare il cavo da 50 ohm lungo il boom verso il senso di radiazione, non si è misurata una apprezzabile differenza sia nel ROS sia nella circolarità, per cui si è deciso di fasciare strettamente sul boom sia il cavo di alimentazione da 50 ohm sia il cavetto schermato tripolare alimentante a 12 volt DC i quattro relay del commutatore di polarizzazione, facendoli uscire entrambi dal boom al livello della piastra di supporto in alluminio, curvandoli verso il tubo orizzontale del mast, come mostra

Trasmettendo in polarizzazione lineare orizzontale (H) con una delle antenne Yagi a 9 elementi e ricevendo con la KLM 435-40CX commutata anch'essa in polarizzazione lineare orizzontale (H), il segnale ricevuto su analizzatore di spettro HP8555A, è stato regolato a -20 dBm dopodiché commutando la KLM 435-40CX in polarizzazione opposta verticale (V) si è misurato un livello di segnale ricevuto pari a -52 dBm, per cui trasmettendo con la stessa potenza un segnale in polarizzazione orizzontale (H) e ricevendolo prima in polarizzazione orizzontale (H) e poi in polarizzazione verticale (V), la differenza fra i due segnali lineari di polarizzazione contraria o "cross polarization" è risultata -52 dBm - (-20 dBm) = -32 dB e ciò spiega il perché puntando la KLM 435-40CX commutata in polarizzazione orizzontale (H) verso la fonte di rumore di fase delle emittenti FM e TV polarizzate verticalmente (V) del Monte Faito, il rumore di fase interferente venga completamente attenuato.

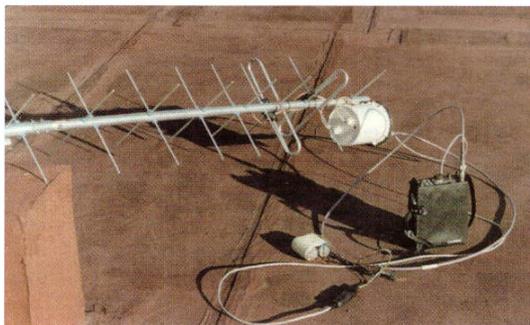


Foto 8b) - L'estremo chiuso del cilindro in plastica monta due pressacavi per l'uscita delle linee X1 e X2. L'antenna è stata provata con una linea di alimentazione in cavo coassiale da 50 ohm e un cavo schermato a tre conduttori per i relay coassiali entrambi fuoriuscenti dalla parte posteriore del boom collegati il primo a un FT-790R e il secondo al commutatore di polarizzazione entrambi visibili sul piano della terrazza

Foto 10a ossia facendoli uscire dal boom in un punto che non interferisce col campo elettromagnetico irradiato dall'antenna, come spiegato in Bibliografia (3)

Tuttavia, siccome l'antenna irradia in avanti un fronte d'onda polarizzato linearmente o circolarmente, come regola generale, è sempre preferibile ogni volta possibile, far uscire i cavi dalla parte posteriore del boom facendo fare ai cavi una lunga ansa affinché questi si trovino all'esterno dell'area di cattura dell'antenna in modo che la presenza dei cavi non modifichi il guadagno, il ROS e il lobo di radiazione provocando nello stesso dei nulli indesiderati ed ellitticità.

In ogni caso, montando l'antenna secondo il segno della X e seguendo le istruzioni date in Bibliografia (3), è sempre possibile ottenere buoni risultati, usando per supporto orizzontale anche un tubo metallico e posando i cavi lungo il boom.

In sintesi, si è misurato che il "polarization mismatch" è il seguente: trasmettendo in polarizzazione orizzontale (H) e ricevendo in polarizzazione verticale (V) il mismatch è -32 dB.

Trasmettendo in polarizzazione circolare RHCP o LHCP e ricevendo in polarizzazione lineare orizzontale (H) o verticale (V) il mismatch è -3 dB come indica anche la teoria.

Trasmettendo in RHCP e ricevendo in LHCP il mismatch è circa -30 dB.

polarizzato RHCP e ricevendo con la KLM 435-40CX sotto prova commutata anch'essa in RHCP, si è misurato che un segnale avente lo stesso senso di polarizzazione mentre si ruotava manualmente il boom di 360 gradi assialmente su se stesso, presentava una variazione massima di livello pari a 0.5 dB ovvero un segnale con una ondulosità di (+/- 0.25) dB. Come consigliato dal manuale operativo, la KLM 435-40CX così modificata, è stata provata con la linea di alimentazione in cavo coassiale da 50 ohm fuoriuscente con

Prove di ricezione via satellite FO-29

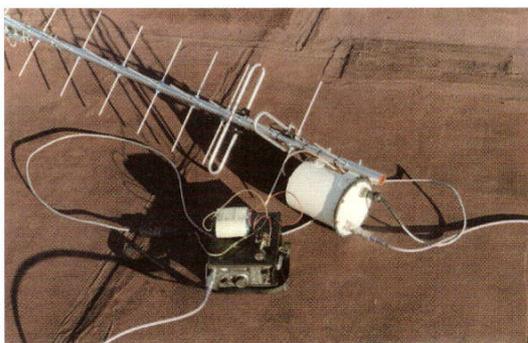
Prima di chiudere il commutatore di polarizzazione nel cilindro di protezione in **Foto 8a**, l'antenna è stata provata ricevendo FO-29 dal balcone antistante lo shack, usando un FT-817 senza preamplificatore e nonostante la bassa sensibilità, di 0.125 μ V per un rapporto di 10 dB S/N corrispondente a una cifra di rumore NF = 5.14 dB, sono stati ricevuti ottimi segnali del beacon



Foto 9a) - Prima di chiudere il commutatore di polarizzazione nel contenitore cilindrico i quattro relay sono stati isolati fra loro con un foglio isolante di mylar per evitare contatti accidentali dei relay durante la rotazione dell'antenna

in CW a 435.795 MHz brandendo l'antenna manualmente e grazie alla collaborazione di IZ1ERR e IZ1DSJ, è stato fatto un video-clip della ricezione visibile in: <http://video.google.it/videoplay?docid=4632795847790566731&q=8cvs>

Prima di montare l'antenna sul mast, è stato fatto un nuovo test brandendo manualmente l'antenna sul lastrico solare come si vede nelle **Foto 10a e 11a** e ricevendo FO-29 con un FT-790R senza uso di preamplificatore, si è visto che nonostante la bassa sensibilità del ricevitore pari a $0.16 \mu V$ per un rapporto S/N = 10 dB corrispondente a una cifra di rumore NF = 7.29 dB si ascoltavano ottimi QSO in CW ed SSB, nel mentre si commutava l'antenna sulle quattro polarizzazioni, alla ricerca del massimo segnale. Infine, l'antenna è stata puntata manualmente in direzione del Monte Faito, da cui proviene il forte rumore bianco di fase "phase-noise" generato e irradiato con polarizzazione verticale su largo spettro dalle numerose emittenti FM/TV e commutando l'antenna da polarizzazione verticale (V) a orizzontale (H), si è visto che il rumore bianco "with noise" che era circa 20 dB al disopra del "noise floor" del ricevitore, è stato soppresso completamente in virtù dell'elevato polarization mismatch (V) verso (H), che permette ora di ricevere in polarizzazione lineare (H), il beacon di FO-29 polarizzato circolarmente



e ciò non appena il satellite sorge da dietro la cresta del Monte Faito. Durante il test ho seguito un QSO in SSB fra IZ1ERR e IW4DVZ i quali su precedente nostro accordo, citavano di tanto in tanto la migliore polarizzazione RHCP o LHCP con cui loro ricevevano i segnali, di FO-29 e il senso di polarizzazione con cui essi ricevevano i segnali, è risultato analogo a quello da me ricevuto commutando l'antenna in prova durante l'intera orbita del satellite. Si è visto anche che se il satellite FO-29

passa con elevazione molto elevata, in genere viene ricevuto più forte in polarizzazione RHCP e più raramente in LHCP ma, in ogni caso, il senso della polarizzazione circolare varia velocemente durante l'orbita, obbligando l'operatore a una commutazione RHCP-LHCP piuttosto frequente ma quando il satellite sorge (AOS) e quando tramonta (LOS) e l'elevazione è molto bassa sull'orizzonte, la polarizzazione



Foto 12a) - VK2BMT ha tagliato i connettori N dei relay TOHTSU CX 520 D ed ha saldato direttamente i cavi semirigidi UT-141 ai pin centrali dei connettori N e al corpo metallico dei relay

orizzontale(H) si è rivelata migliore delle altre perché la polarizzazione orizzontale attenua almeno di 20 dB il rumore polarizzato verticalmente generato dalle attività umane, ossia il "Man-Made-Noise" particolarmente quando l'antenna è puntata con basso angolo di elevazione verso grossi agglomerati urbani in direzione di grandi città.

Conclusione

La commutazione di quattro polarizzazioni V-H-RHCP-LHCP su una Yagi a dipoli incrociati, si è dimostrata molto utile in tutti quei

Foto 11a) - L'antenna è stata provata con la linea di alimentazione da 50 ohm e il cavo tripolare per i 12 volt DC del relay che fuoriescono entrambi dalla parte posteriore del boom come raccomandato dalla KLM nel manuale di istruzione dell'antenna 435-40CX



Foto 10a) - Prima di montare l'antenna sul mast e sui motori di azimuth ed elevazione è stata fatta una prova di funzionamento manuale ricevendo FO-29 dal lastrico solare ricevendo in 70 cm con un FT-790R senza preamplificatore

casi in cui la sola polarizzazione circolare non può risolvere quei problemi di ricezione che invece si possono minimizzare usando in combinazione anche la polarizzazione lineare e ciò in tutti i casi in cui la stessa antenna debba essere usata alle massime prestazioni sia per traffico satellitare sia per traffico tropo.

L'apparente complessità di questo commutatore di polarizzazione, può essere affrontata a basso costo, in modo particolare quando in una Yagi a dipoli incrociati, i normali commutatori di polarizzazione RHCP ed LHCP commerciali che non usano relay coassiali, devono essere sostituiti per guasto o per deterioramento dovuto alle intemperie o per manutenzione.

L'utile raccomandazione, è quella di non commutare le polarizzazioni trasmettendo ma solo ricevendo e ciò per evitare la bruciatura dei contatti dei relay, specialmente quando la potenza del TX è molto elevata e superiore ai canonici 50 watt pep

Bibliografia

- 1) "A Remote Polarization Switching Unit for Crossed-Yagi Antennas" by H. Stoll, DF7FO VHF COMMUNICATIONS 1/1980.
- 2) The Satellite Experimenter's Handbook by Martin Davidoff, K2UBC ISBN 0-87259-318-5 ARRL Order No. 3185.
- 3) <http://www.g6ivb.com/fibermetalboom.htm>

2 - Fine

(La 1ª parte è stata pubblicata su RadioRivista di 3/2013)



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