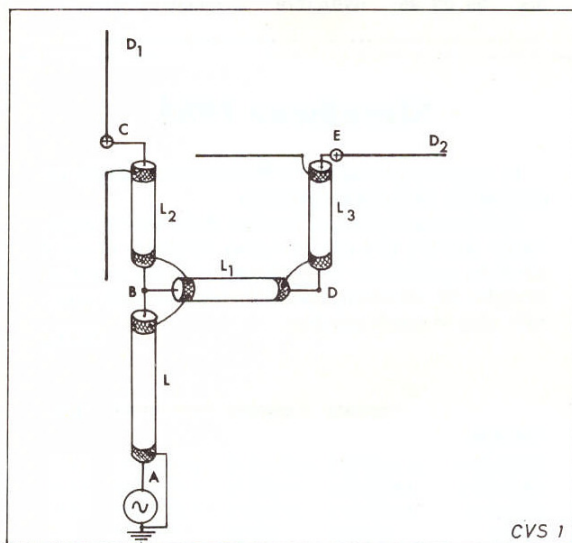


## Le antenne

Per comprendere il funzionamento di un'antenna a polarizzazione circolare a dipoli incrociati è necessario, per così dire, «fotografare» cosa succede istante per istante nell'andamento delle tensioni nei due dipoli. Riferiamoci intanto a come sono distribuite le tensioni nei punti di alimentazione C e D dei dipoli D1 e D2 di figura 1.

Nell'osservare la figura, ci troviamo dalla parte dei riflettori, mentre i direttori e l'antenna irradiano nel senso di attraversare il foglio. I punti caldi di alimentazione sui dipoli sono contrassegnati dal cerchietto (+) (vedi R.R. 4/85 pag. 84).

La linea di alimentazione L, che parte dal trasmettitore e alimenta i dipoli, arriva in B e si biforca in due rami L1 e L2 rigorosamente uguali, lunghi ciascuno 1/4 d'onda elettrico.



**Fig. 1** - Nei punti C e D le tensioni V1 e V2 di Fig. 2 raggiungono in ogni istante gli stessi valori insieme e perciò sono in fase. Siccome la linea di ritardo L3 è lunga un quarto d'onda, la tensione V2 che alimenta D2 in E sarà in ritardo di 90 gradi su V1 che alimenta il dipolo D1. La polarizzazione è circolare destra.

Le linee L1 - L2 - L3 sono tutte lunghe un quarto d'onda ed hanno anche funzione di adattare le impedenze. I dipoli D1 e D2 fanno parte di antenne con impedenza di alimentazione (Z) di 50 ohm. L3 è lunga un quarto d'onda a 50 ohm e perciò l'impedenza all'estremo D è sempre 50 ohm.

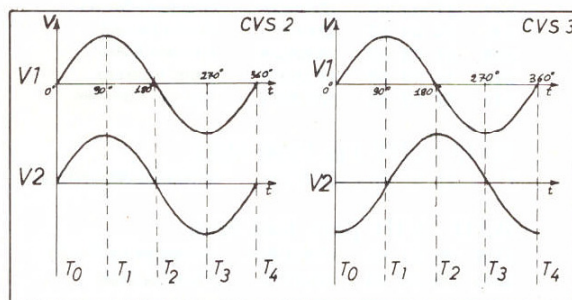
L1 e L2 sono quarti d'onda in cavo da 75 ohm che vedono agli estremi C e D una Z di 50 ohm.

Nel punto B ci saranno perciò due Z da 100 ohm in parallelo che danno di nuovo 50 ohm verso il cavo L di qualunque lunghezza.

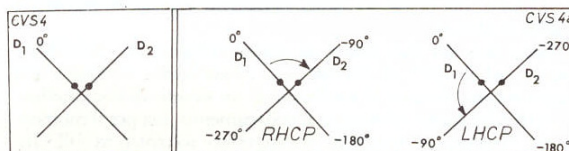
## I satelliti dei radioamatori

parte ottava

**Fig. 2** (sotto, a sinistra) - Le tensioni V1 e V2 sono in fase fra loro perché nei tempi T0 - T1 - T2 - T3 - T4 del ciclo raggiungono insieme i valori massimi positivi, negativi e nulli.



**Fig. 3** (sopra, a destra) - Nei punti C ed E sui dipoli di Fig. 1 le tensioni V1 e V2 sono sfasate di 90 gradi. Il percorso della corrente a RF per arrivare al dipolo D2 è più lungo di un quarto d'onda rispetto a quello di D1. Per questo motivo la tensione V2 nel punto E si trova in ritardo di 90 gradi rispetto alla V1 che alimenta il punto C.



**Fig. 4a** (sopra, a destra) - Per ottenere polarizzazione circolare destra, il dipolo D2 deve assumere la stessa tensione e segno del dipolo D1. Le tensioni sono riferite agli estremi contrassegnati con i gradi. Ciò viene ottenuto inserendo su D2 una linea di ritardo lunga un quarto d'onda (o 90 gradi elettrici). Siccome agli estremi di ciascun dipolo le tensioni sono sfasate di 180 gradi, si otterrà la sequenza 0 - 90 - 180 - 270 gradi, con rotazione circolare destra (Right hand circular polarisation RHCP). Per ottenere polarizzazione circolare sinistra, occorre inserire la linea di ritardo su D1.

Il senso di rotazione può essere cambiato ruotando fisicamente di 180 gradi uno solo dei dipoli.

I gradi sono indicati con il segno — per indicare che tensione e segno presente in ogni istante sul riferimento 0 gradi apparirà agli altri estremi dopo 90, 180, 270 gradi del ciclo di radio frequenza alimentante il dipolo.

**Fig. 4** (sopra, a sinistra) - I dipoli incrociati D1 e D2 sono visti dalla parte dei riflettori (vedasi R.R. 4/85, pag. 84). I conduttori interni dei cavi coassiali sono collegati sui semidipoli contrassegnati con il punto.

Per ottenere polarizzazione circolare occorre introdurre una linea di ritardo lunga un quarto d'onda su uno dei dipoli. Effetto analogo si ottiene spaziando D1 e D2 sul boom di un quarto d'onda.

Per i nostri ragionamenti, prendiamo un riferimento di fase su un estremo di D1 e chiamiamo questo riferimento 0 gradi.



# Spazio Nuova Frontiera

Per questo motivo il tempo impiegato dalla corrente a RF per arrivare dal nodo B fino al punto C e dal nodo B fino al punto D è esattamente lo stesso; analogamente le tensioni a RF nei punti C e D raggiungeranno insieme gli stessi valori in qualunque istante del periodo della frequenza di alimentazione.

Dunque, in C e D le tensioni saranno in fase fra loro e avranno anche la stessa ampiezza. Quanto sopra è rappresentato in figura 2 che mostra l'andamento sinusoidale della tensione a RF di alimentazione. In ascissa ci sono i tempi e in ordinata le tensioni.

Se consideriamo gli istanti successivi T0 - T1 - T2 - T3, osserviamo che le tensioni V1 e V2 nei punti C e D sono in fase fra loro proprio perché la corrente a RF impiega esattamente lo stesso tempo a percorrere le linee L1 e L2 che sono di lunghezza uguale.

Se ora inseriamo sul dipolo D2 la linea L3 lunga 1/4 d'onda elettrica, otterremo l'effetto di allungare il percorso che la corrente a RF deve compiere per arrivare dal punto B al punto E. Questo allungamento comporta che la tensione in E sarà sempre in ritardo rispetto a quella in C di un tempo che dura un quarto di periodo.

Siccome le linee sono per ipotesi adattate a dipoli risonanti, essendoci soltanto l'onda incidente, tensione e corrente nei cavi sono in fase fra loro e perciò la corrente in D **rincontrerà** sempre quella che nel medesimo istante è già arrivata in C, ma non potrà mai raggiungerla perché la linea di ritardo L3 la obbliga a percorrere un cammino più lungo che dura il tempo di un quarto d'onda, ovvero di un quarto di periodo o 90 gradi.

La figura 3 mostra l'andamento e la fase delle tensioni nei punti di alimentazione C ed E sui dipoli D1 e D2.

Consideriamo ora l'istante T1 a 90 gradi del ciclo in cui la tensione V1 raggiunge il valore massimo positivo contemporaneamente nei due punti C e D di figura 1.

Nel medesimo istante, la tensione V2 nel punto E passa per lo zero e finché la V2 possa raggiungere anche lei il valor massimo positivo in E, dovranno trascorrere altri 90 gradi o 1/4 di periodo. In queste condizioni, la tensione V2 sarà sempre in ritardo di 90 gradi rispetto alla V1.

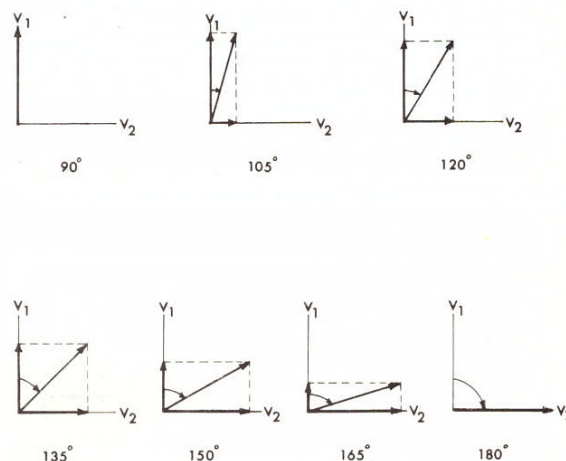
Se vogliamo rappresentare i valori istantanei delle tensioni sui dipoli incrociati D1 e D2 alimentati con la linea di ritardo di figura 2, osserviamo la figura 4a.

Il dipolo D1 si trova nell'istante in cui la tensione V1 al suo estremo (1) raggiunge il valore massimo positivo. Prendiamo questo valore come riferimento di fase. Affinché lo stesso segno e valore di tensione appaia anche agli estremi 2 - 3 - 4 dei dipoli incrociati di figura 4a dovranno trascorrere rispettivamente 90° - 180° - 270° di un ciclo a RF. Questi punti vengono identificati col segno meno (—) per indicare che trattasi di un valore di tensione che deve ancora arrivare in quel punto, e perciò proprio come se quella stessa tensione fosse ancora lungo il cavo o in ritardo rispetto al punto 1 di riferimento di fase.

Siccome questo ritardo provocato da L3 è fisso in un quarto d'onda, gli estremi 2 - 3 - 4 dei dipoli verranno ad assumere ciclicamente la stessa tensione e lo stesso segno rispettivamente dopo 1/4 di periodo o 90°, 1/2 periodo o 180°, 3/4 di periodo o 270°. Dopo un ciclo completo il vettore che indica la tensione avrà ruotato di 360° in senso orario producendo polarizzazione circolare destra.

Per vedere che il vettore della tensione ruota in senso orario, basta fare la risultante dei vettori che esprimono

**Fig. 6 - Il vettore V1 rappresenta la tensione su un estremo del dipolo verticale. Il vettore V2 rappresenta invece la tensione sul dipolo orizzontale. La componente delle due tensioni ruota 2πf volte al secondo in senso orario, perché V2 è in ritardo di 90 gradi su V1.**



istante per istante le ampiezze delle tensioni di figura 3 riferite agli estremi contigui dei dipoli D1 e D2.

Consideriamo D1 nell'istante del ciclo T1 in cui la tensione V1 raggiunge il valor massimo positivo. Nel medesimo istante T1 si vede che la tensione V2 agli estremi del dipolo D2 passa per lo zero. Il vettore sarà perciò quello in (A) di figura 6. Se facciamo il ragionamento a piccoli intervalli di tempo successivi, per esempio di 15° fra 90° e 180° del ciclo, vedremo che mentre agli estremi di D1 la tensione V1 **decresce** in modo sinusoidale, la tensione V2 agli estremi di D2 **aumenta** invece in modo sinusoidale.

Se per esempio disegniamo le risultanti dei vettori relativi alle tensioni V1 e V2 agli angoli del ciclo 90° - 105° - 120° - 135° - 150° - 165° - 180°, si otterranno le risultanti di figura 6 e si vede che ruotano in senso orario.

È opportuno osservare che a 90° del ciclo, agli estremi di D1 la tensione si trova al valore massimo, mentre agli estremi di D2 è zero. A 180° la situazione si capovolge e così agli estremi di D2 la tensione arriva al valore massimo positivo, mentre agli estremi di D1 è zero.

È proprio perché su D1 la tensione diminuisce e su D2 aumenta in modo sinusoidale che la risultante ruota 2 πf volte al secondo.

La tensione su D1 diminuisce e su D2 aumenta perché la linea di ritardo sfasa di 90° le due tensioni che, componendosi istante per istante durante il ciclo, fanno ruotare il vettore tante volte al secondo di 360° per quanto è la frequenza della tensione a RF.

Se continuiamo il ragionamento sul ciclo completo di figura 3, otterremo una componente che ruota in senso orario di 360°. Se invece spostiamo la linea di ritardo e la mettiamo in serie al dipolo D1, le tensioni V1 risulteranno in ritardo di 90° su quelle V2 del dipolo D2. Rifacendo il ragionamento di figura 6, si vedrà che il vettore della tensione inverte il senso di rotazione e diventa antiorario.

E se la linea di ritardo non ci fosse, cosa succederebbe? Per comprendere il fenomeno, riferiamoci alla figura 2 che mostra le tensioni V1 e V2 in fase fra loro, ovvero come si troverebbero per semplicità agli estremi contigui dei dipoli



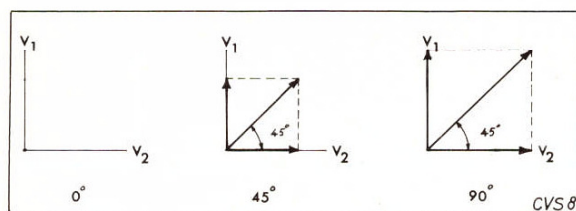
**Fig. 8** - Le tensioni  $V_1$  e  $V_2$  sui dipoli incrociati  $D_1$  e  $D_2$  sono in fase fra loro ed hanno lo stesso valore istante per istante. Per questo motivo la componente delle due tensioni non ruota, ma giace su un piano che risulta inclinato di 45 gradi rispetto ai piani su cui giacciono i dipoli.

La componente pulsa  $2\pi f$  volte al secondo. La figura mostra la pulsazione durante un quarto di ciclo da 0 a 90 gradi.

I vettori  $V_1$  e  $V_2$  sono i lati di un quadrato. Assegniamo ad essi un valore unitario. La componente è la diagonale del quadrato e misura 1,41 volte il lato. Siccome la diagonale misura una tensione, facciamo i rapporti fra la componente ed uno dei vettori ed esprimiamolo in decibel (dB).

$$dB = 20 \log_{10} 1,41/1 = 3$$

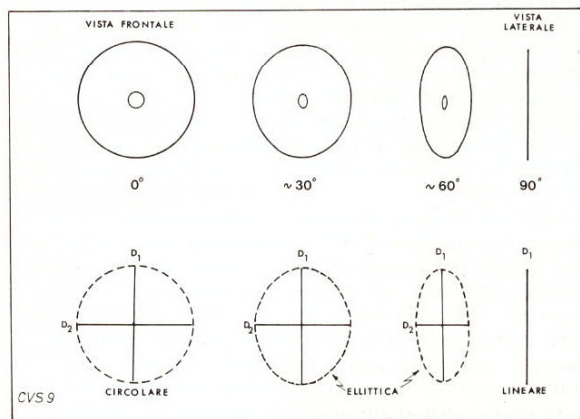
La potenza inviata a ciascuno dei dipoli si ritrova cioè sommata sulla componente polarizzata linearmente a 45 gradi.



$D_1$  e  $D_2$  negli istanti successivi presi su un quarto di ciclo a intervalli di 45° uno dall'altro.

Siccome le tensioni  $V_1$  e  $V_2$  aumentano e diminuiscono sinusoidalmente dello stesso valore in tempi uguali, la risultante non ruota, ma come si vede da figura 8 è inclinata a 45° (oppure a 135°) e pulsa soltanto  $2\pi$  volte al secondo, producendo una polarizzazione lineare inclinata di 45° rispetto ai piani su cui giacciono i dipoli  $D_1$  e  $D_2$ .

Nella parte settima di R.R. 5/85 pag. 83 abbiamo analizzato i vantaggi nell'uso di antenne polarizzate circolar-

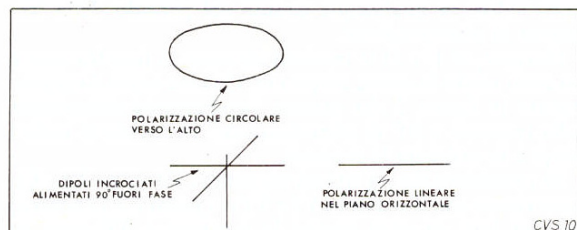


**Fig. 9**

**Sopra:** la forma di un disco fonografico, vista da punti di osservazione diversi.

**Sotto:** onda polarizzata circolarmente, vista da punti di osservazione diversi.

**Fig. 10** - Due dipoli incrociati (antenna turnstile), alimentati con correnti sfasate di 90 gradi irradiano un'onda polarizzata circolarmente verso l'alto ed un'onda polarizzata linearmente orizzontale sul piano dell'orizzonte geografico.



mente, sia dal lato trasmettitore che ricevitore, ma su questo argomento bisogna fare delle importanti considerazioni.

Nei precedenti ragionamenti abbiamo sempre supposto che l'antenna trasmittente e quella ricevente si vedessero puntate e allineate una verso l'altra su uno stesso asse. In questo caso, l'antenna ricevente si vedrebbe arrivare effettivamente un'onda polarizzata in modo circolare. Se invece, come sempre accade, le antenne non si guardano puntate una verso l'altra, perché il satellite si sposta in continuazione, un'onda irradiata in polarizzazione circolare sarà vista arrivare ellittica sull'antenna ricevente.

Questo fenomeno è facilmente visualizzabile osservando un disco fonografico od un cerchio di cartone. Se lo sguardo è perpendicolare alla superficie del disco, questo ci sembra rotondo. Se nel frattempo facciamo ruotare il disco impennandolo ai bordi su due punti diametralmente opposti, questo ci sembrerà cambiare forma, che passerà da circolare a sempre più ellittica, finché al momento in cui il disco ci mostrerà il bordo vedremo soltanto una linea dritta.

Tutti questi passaggi sono rappresentati in figura 9 e infatti se uno guarda un'antenna a polarizzazione circolare, il disco, le componenti orizzontale e verticale hanno la stessa ampiezza. Se però ci spostiamo verso i bordi dell'antenna, vedremo che la componente verticale di figura 9 resta sempre della stessa ampiezza mentre quella orizzontale diminuisce fino a zero.

Consideriamo ora che il satellite trasmetta verso la Terra un'onda polarizzata circolarmente; in tale caso, un'antenna ricevente posta direttamente sotto il satellite si vedrà arrivare un'onda polarizzata circolarmente. Se invece l'antenna ricevente si trova spostata dalla verticale del satellite vedrà in arrivo un'onda polarizzata ellitticamente.

In questo caso le sole componenti lineari dell'onda polarizzata circolarmente che si trovano ad angolo retto fra antenna terrena e satellite sono viste conservare la medesima ampiezza.

Al contrario, le componenti parallele alla congiungente antenna satellite vengono viste diminuire apparentemente in ampiezza in modo direttamente proporzionale al coseno dell'angolo formato dagli assi delle due antenne, quella terrena e quella del satellite (ricordiamo che a 90° il coseno è zero).

Quando l'antenna ricevente è ad angolo retto con l'antenna che trasmette in polarizzazione circolare, si vedrà



# Spazio Nuova Frontiera

arrivare soltanto una componente lineare e perciò un'onda polarizzata linearmente. Siccome tutto è relativo e Oscar-10 si muove nello spazio con le antenne parallele al semiasse maggiore dell'orbita ellittica, anche se un'onda parte polarizzata circolarmente potrà arrivare **vista** da circolare a lineare passando per tutte le possibili combinazioni ellittiche intermedie.

Cerchiamo ora di allacciare questi fenomeni al funzionamento della nota antenna turnstile a dipoli incrociati, usata prevalentemente per ricevere i segnali downlink modo-A del satellite RS in 29,5 MHz (figura 10).

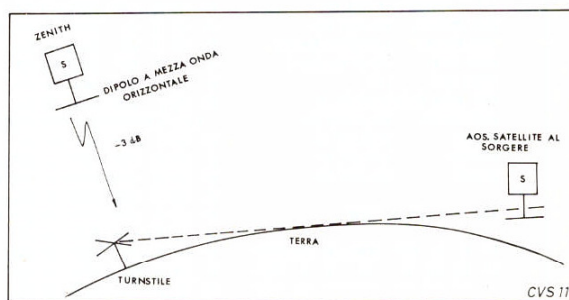
In quest'antenna, i due dipoli incrociati giacciono sul piano orizzontale e uno dei dipoli viene alimentato attraverso una linea di ritardo, e perciò fuori fase di  $90^\circ$ .

Comunque sia il senso di rotazione del piano di polarizzazione, destro o sinistro, abbiamo già visto (R.R. 2/85 pag. 49 figura 10) che i due dipoli irradiano contemporaneamente polarizzazione circolare in un senso verso l'alto e in senso opposto verso il basso.

Nel piano orizzontale, invece, la polarizzazione è lineare orizzontale su tutti i  $360^\circ$  e ciò corrisponde esattamente al paragone del disco fonografico. Abbiamo dunque la situazione in cui la stessa antenna riceve un'onda polarizzata circolarmente se viene irradiata circolarmente da un satellite che vi passi al di sopra. La stessa antenna riceve in modo omnidirezionale un'onda polarizzata orizzontale lineare quando il satellite si trova pochi gradi al disopra dell'orizzonte, eppure il satellite irradia sempre in polarizzazione circolare verso il basso.

Si può dunque verificare che nello stesso momento due stazioni diverse e in punti diversi dell'area di copertura ricevano segnali completamente differenti dallo stesso satellite. Lo stesso ragionamento vale per i segnali irradiati verso il satellite. L'angolo di radiazione di questa turnstile è piuttosto elevato sul piano verticale, non solo, ma dipende e varia con l'altezza dal suolo. I segnali che arrivano da angoli più bassi del lobo di radiazione sul piano verticale sono notevolmente attenuati, almeno fintanto che il satellite non si trova a circa  $20^\circ$  sull'orizzonte, se la turnstile è montata a  $1/4$  d'onda da terra.

**Fig. 11 - L'antenna della stazione terrena è una turnstile con i dipoli incrociati montati orizzontalmente. Se l'antenna del satellite è lineare e si trova orizzontale, ci sarà un'attenuazione del segnale ricevuto a terra. La perdita dovuta alla diversa polarizzazione sarà di 3 dB, sia che il satellite si trovi all'orizzonte, sia che passi sulla turnstile, perché in ogni caso viene eccitata una sola componente dell'antenna ricevente.**

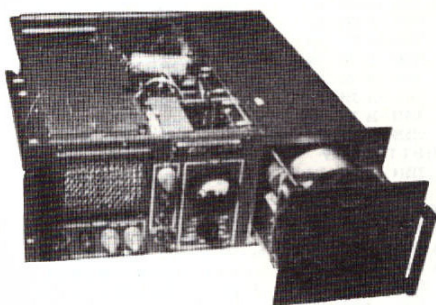


Purtroppo non c'è molto da fare per migliorare la situazione. Se infatti allineiamo diverse turnstile montandole una sull'altra, otterremo l'effetto di abbassare il lobo di radiazione dell'onda polarizzata linearmente su tutti i  $360^\circ$ , aumentando nel contempo il guadagno sul piano orizzontale; verrebbe però a ridursi notevolmente il lobo di radiazione polarizzato circolarmente verso l'alto.

Analizziamo brevemente cosa succede quando si usa la turnstile per ricevere il downlink di un satellite RS o comunque di uno che lavori in modo-A. Siccome l'antenna del satellite è un dipolo lineare, nei momenti in cui l'antenna si mantiene orizzontale rispetto alla Terra avremo una perdita di 3dB quando il satellite passa sopra la turnstile, ma non avremo QSB. Quando il satellite si presenta all'orizzonte, avremo ugualmente una perdita di 3dB perché in entrambi i casi viene eccitata una sola componente dell'antenna turnstile (figura 11).



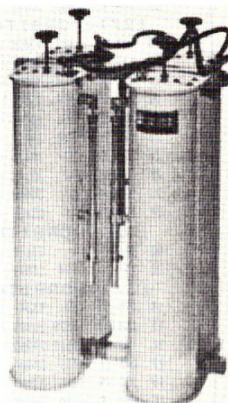
## MATERIALI PER VHF



Amplificatore Lineare 100÷160 MHz e 220÷400 MHz. Tubo finale EIMAC 8930. Ingresso 5÷10 W. Uscita 300÷400 W. Alimentazione rete 220 V, completo di ventilatore. Anodica 2000 V, strumento per le varie misure. L. 750.000 + IVA.

Cavità, Filtri per frequenze da 50 MHz a 500 MHz materiale pronto a magazzino.

## TELE WAVE



**DOLEATTO**

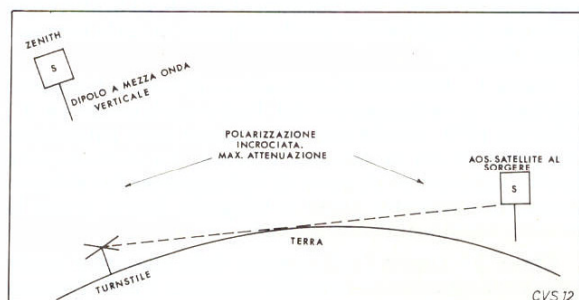
Sede TORINO - via S. Quintino 40 - tel. 011/511271  
Filiale MILANO - via M. Macchi 70 - tel. 02/273388

Catalogo a richiesta, sconti ai rivenditori, e per quantità  
ESPOSIZIONE APPARECCHI NEI NOSTRI LOCALI DI TORINO E DI MILANO  
E PRESSO I NOSTRI ABITUALI RIVENDITORI



# Spazio Nuova Frontiera

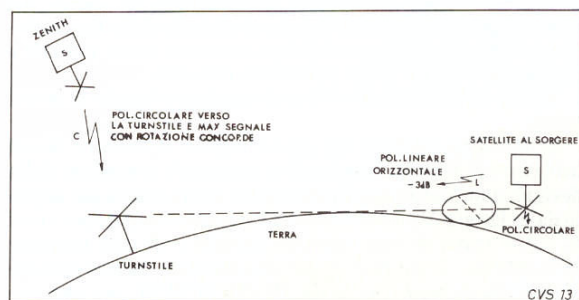
**Fig. 12** - Le antenne del satellite sono polarizzate verticalmente rispetto all'antenna turnstile. L'assetto del satellite al sorgere ed allo zenith è tale che il dipolo a mezz'onda si presenti verticale. In teoria, l'antenna turnstile non dovrebbe ricevere alcun segnale sia al sorgere che allo zenith, perché le polarizzazioni dell'antenna satellite e quella terrena sono incrociate. In pratica la rotazione di Faraday cambia la situazione in funzione della reciproca posizione con cui le antenne si vedono e la ricezione è sempre possibile anche se con forte QSB ed attenuazione dei segnali.



Quando invece il satellite è munito di un'antenna polarizzata verticalmente, oppure si presenta col dipolo orientato verticalmente rispetto alla Terra (figura 12), in teoria non si dovrebbe ricevere alcun segnale.

In pratica però la rotazione di Faraday cambia questa condizione in funzione di come le antenne si vedono l'una con l'altra.

Quando il satellite è dotato di un'antenna a polarizzazione circolare orientata come in figura 13, si otterrà il massimo livello di segnale quando il satellite passa sopra la turnstile e se il senso di rotazione del piano di polarizzazione è uguale a quello della turnstile.



**Fig. 13** - Il satellite irradia con polarizzazione circolare con due dipoli incrociati, costantemente orientati verso il subpoint.

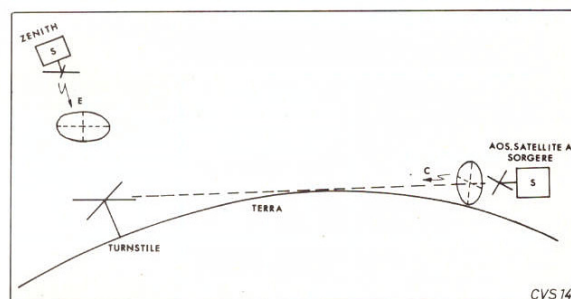
Al sorgere in L il satellite irradia con polarizzazione circolare verso il basso e con polarizzazione lineare orizzontale verso la turnstile che riceve dal satellite un segnale attenuato di 3 dB.

Allo zenith in C i dipoli incrociati del satellite e quelli della turnstile giacciono su piani orizzontali paralleli. La turnstile si vede arrivare il massimo segnale possibile perché entrambe le antenne vedono polarizzazione circolare. Il segnale è massimo se anche il senso di rotazione del piano di polarizzazione è concorde, mentre è minimo possibile se i sensi sono contrari.

**Fig. 14** - Il satellite irradia con polarizzazione circolare con due dipoli incrociati.

Al sorgere del sole, il satellite è orientato come in C e quindi irradia con polarizzazione circolare verso l'antenna turnstile e con polarizzazione lineare verso il basso al subpoint. La turnstile non vede arrivare un'onda polarizzata circolarmente, ma utilizza soltanto la componente orizzontale dell'onda polarizzata circolarmente che riesce ad eccitarla. La perdita di segnale è di 3 dB.

In E allo zenith, il satellite è orientato in modo che i dipoli incrociati non risultano paralleli rispetto alla turnstile, ma sono deviati di un certo angolo. I dipoli irradiano sempre con polarizzazione circolare verso il basso, ma la turnstile vede arrivare un'onda polarizzata ellitticamente. Nel disegno, la componente ricevuta sarà inferiore rispetto al caso che gli arrivasse un'onda polarizzata circolarmente con due componenti di uguale ampiezza e senso di rotazione concorde.



Se il senso è contrario, si avrà un'attenuazione infinita in teoria e in pratica di qualche decina di dB.

Quando il satellite si presenta all'orizzonte, ci sarà una attenuazione di 3dB, giacché il campo proveniente dal satellite è la sola componente orizzontale lineare.

Le condizioni in cui antenna satellite e antenna terrena si vedono una con l'altra sono mutevoli ed i fenomeni che interagiscono fra loro rendono la scelta e il progetto dell'antenna terrena un vasto campo di sperimentazione che non renderà mai l'OM soddisfatto del proprio impianto.

E' bene che sia così, perché proprio nella ricerca del massimo con mezzi modesti, attraverso insuccessi e successi, l'OM realizza la propria aspirazione verso il meglio, sempre in gara con se stesso.

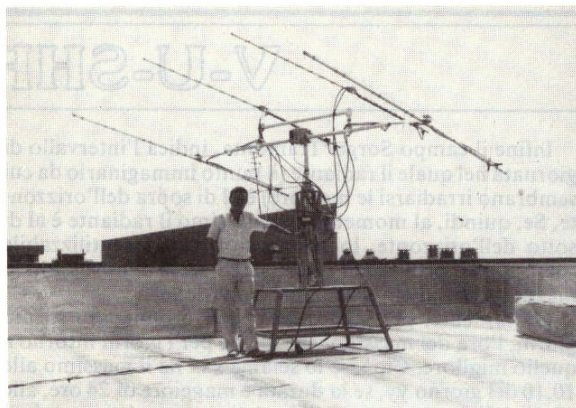
## Bibliografia

Kraus, J.D. - "Antennas" - Mc Graw-Hill Book Company, Inc, New York, 1950 (paragrafi: 14-19; 15-11; 15-17).

1975 ARRL Technical Symposium, Sheraton Conference Center Reston Virginia: John J. Nagle, K4KJ - "The Advantages of Circular Polarization for Amateur Satellite Ground Stations".

G. Nucciotti, I8KDB - "Polarizzazione del campo elettrico irradiato dalle antenne" - Notiziario Campano, Sezione A.R.I. Napoli (maggio 75, giugno 75, luglio-agosto 75).





La domanda che viene rivolta più frequentemente, anche per lettera, è la seguente: "Come deve essere fatto un impianto di antenne per traffico via satellite?" La risposta non è facile né sarà mai completa. Chi realizza un sistema di antenne si trova sempre nell'imbarazzo della scelta più razionale adatta al proprio caso e alla fine decide per la soluzione più semplice e collaudata che consiste in una yagi per 145 MHz e un'altra per 435 MHz a pol. orizzontale o al massimo a dipoli incrociati in pol. circ. destra. Se si monta il rotore per l'elevazione, il successo è assicurato.

Le foto 1 - 2 - 3 - 4 mostrano le antenne di I2EF, Ettore Gatelli, che rappresentano il tipico impianto semplice e nel contempo efficiente per il traffico via Oscar-10. La foto nel titolo raffigura le antenne di Cesare I2JZ, che pur essendo a maggior guadagno, dimostrano chiaramente che l'altezza da terra è circa 2500 mm e per questo lavoro l'accessibilità alle antenne per modifiche e prove è molto più importante che la loro altezza dal suolo.

A questo punto il nostro scopo è quello di analizzare in dettaglio gli aspetti generali per decidere la scelta dell'impianto di antenna. Due anni di attività su Oscar-10 hanno orientato gli OM di tutto il mondo verso impianti abbastanza standardizzati.

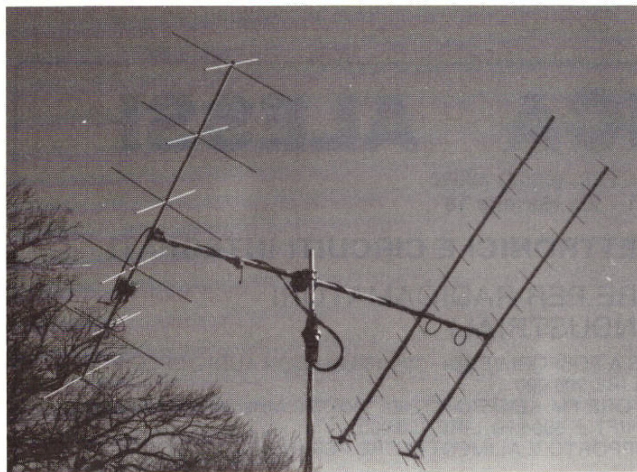


Foto 1 - Le antenne per Oscar-10 di I2EF: 6-6 elementi a polarizzazione circolare destra per i 145 MHz e due verticali per 435 MHz, ognuna di 15 elementi. Le antenne sono state autocostruite secondo i dati NBS (Natural Bureau of Standard).

Nel titolo le antenne per Oscar-10 di I2JZ: due 10-10 elementi a polarizzazione circolare destra per 145 MHz e 19-19 elementi per 435 MHz.

a cura di Domenico Marini - I8CVS

## *I satelliti dei radioamatori*

parte nona

### Le antenne

#### Le antenne per il downlink in 2 metri

La maggior parte delle stazioni riceve con una sola 10 più 10 el. a dipoli incrociati in pol. circolare destra. Coloro che iniziano usano una yagi a 11 o 13 el. a pol. orizzontale, magari esistente. Dopo aver fatto un pò di esperienza gli OM più esigenti passano a due, oppure a quattro 10 più 10 el. a dipoli incrociati collegate ciascuna in pol. circ. destra e poi in fase fra loro. Tutti o quasi impiegano il rotore per l'elevazione. Solo una minoranza è in grado di commutare rapidamente il tipo di polarizzazione da orizzontale a verticale o circ. destra e sinistra per ottimizzare la ricezione su tutta l'orbita.

#### Le antenne per uplink in 70 cm

L'antenna più usata è la 21 el. Tonna orizzontale che si dimostra sufficiente al normale traffico su Oscar-10; i 16 dBi di guadagno consentono di risparmiare potenza, il

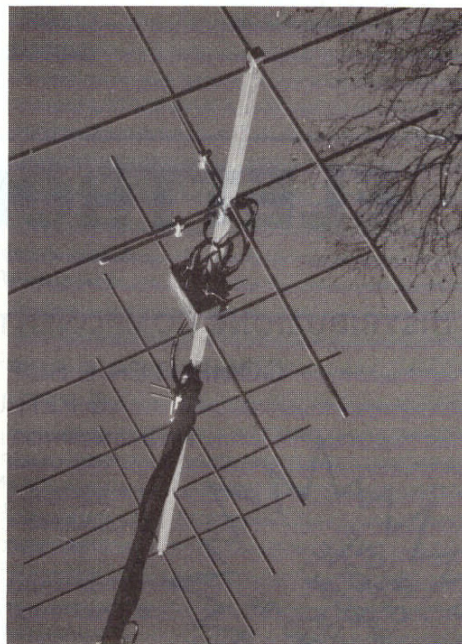
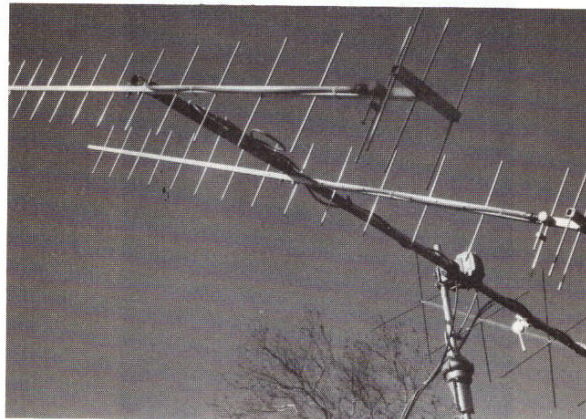


Foto 2 - Antenna 6-6 elementi a polarizzazione circolare destra per 145 MHz di I2EF. Dettagli dei gamma match e montaggio del pre-amplificatore a basso rumore.



# Spazio Nuova Frontiera

Foto 3 - Le 15 elementi per 435 MHz autocostruite di I2EF per per-link di Oscar-10. Sono visibili i particolari del gamma match.



QSB è tollerabile e anche se l'antenna è lunga 4600 mm ciò non comporta difficoltà meccaniche con l'elevazione. La 20RA Fracarro si è dimostrata soddisfacente in pol. orizzontale purchè le venga eliminato il balun bifilare in dotazione, scatola compresa, che verrà sostituito con uno in cavo coassiale da 50 ohm lungo mezz'onda elettrica.

La pol. orizzontale in uplink risulta efficace quando Oscar-10 è basso sull'orizzonte e si trova in prossimità del perigeo. In queste condizioni la pol. orizzontale permette segnali traslati più forti che non usando la pol. circolare destra ma i segnali, pur avendo picchi notevoli, sono affetti da QSB rapido e periodico.

Molte stazioni usano una yagi da 19 più 19 el. a dipoli incrociati in pol. circ. destra. La pol. circ. destra si dimostra poco efficace col satellite vicino al perigeo oppure basso sull'orizzonte. In queste condizioni, per essere traslati efficacemente occorre molta potenza, anche 250 W di RF, ma in compenso si ha, per così dire, un appiattimento dei picchi e un riempimento dei vuoti e l'effetto sgradevole del QSB e della spin modulation è estremamente ridotto. La pol. circ. destra è veramente efficace quando Oscar-10 è in una posizione dell'orbita (che varia con le stagioni) tale che le sue antenne siano rivolte verso la terra. In questo caso la potenza richiesta è la minima e 100 W ERP bastano per traslare segnali senza QSB e spin-modulation che non si avvertono più. In questa posizione dell'orbita, chi usa la pol. lineare orizzontale o verticale, noterà sempre un residuo di QSB sul proprio segnale accompagnato dal classico Whum-Whum della spin modulation. Aumentare la potenza non serve a niente perchè la variazione del segnale durante il QSB è nell'ordine di 10 dB e la maggior potenza in uplink ridurrebbe la sensibilità del transponder a svantaggio di tutti.

Una percentuale ristretta di OM impiega da due a quattro 19 più 19 el. a dipoli incrociati collegate ciascuna in pol. circ. destra e poi in fase fra loro. Questa soluzione è un po' esagerata in uplink, ma come vedremo tornerà utile nel downlink in 70 cm del modo-L.

Pochissime stazioni lavorano con antenne elicoidali a 10 - 15 spire destrorse che in 70 cm hanno dimensioni ragionevoli e forniscono una polarizzazione veramente circola-

Foto 4 - Altra vista delle antenne di I2EF. Si noti l'esilità del palo che funge da mast. I2EF è assai attivo su Oscar-10.



re. I motivi risiedono nella mancanza di mercato, nella necessità di autocostruirle e nel loro peso abbastanza elevato.

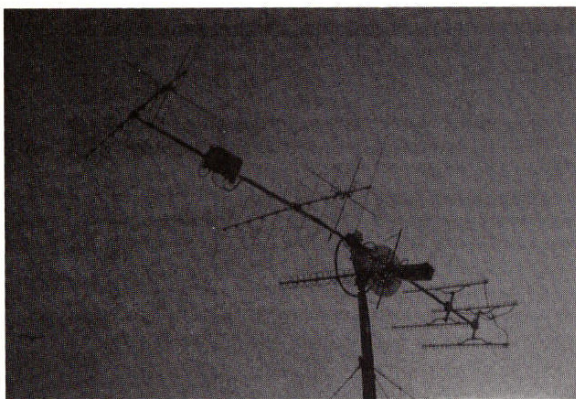
Le stazioni che possono commutare la polarizzazione in 70 cm sono rare e si limitano alla pol. circ. destra e sinistra con due antenne separate commutabili sulla stessa linea di trasmissione via un relè coassiale di ottima qualità.

## Antenne singole a guadagno elevato

Il pensiero cade istintivamente su yagi a guadagno elevato. Purtroppo guadagni di 15 - 17 dBi si ottengono con long yagi che hanno un numero elevatissimo di elementi a spaziatura larga. In 2 metri il boom diventa talmente lungo che insorgono problemi meccanici per l'elevazione dell'antenna. Le nostre antenne non devono essere eccessivamente alte, bensì facilmente raggiungibili per esperimenti e manutenzione (vedi foto nel titolo). Quando l'elevazione è 90°, la distanza del riflettore dal piano di montaggio dovrebbe essere almeno una lunghezza d'onda. A distanze inferiori l'antenna risente maggiormente di variazioni di VSWR al cambiare l'elevazione e raccoglie più rumore a 290°K, ma l'antenna di I2JZ dimostra che si può fare bene anche a distanze minori almeno a giudicare dagli innumerevoli QSO fatti insieme con segnali in arrivo molto bassi. Una long yagi per 2 metri è lunga circa 9 metri e l'altezza dei motori dal suolo diverrebbe di 7 metri. Quest'altezza rende il sistema poco accessibile e quindi meno ottimizzabile. Per ottimizzare il guadagno, le long yagi hanno tolleranze costruttive ristrettissime e quelle del commercio sono ottimizzate nella parte bassa dei 2 metri su 144.300 MHz.

Il guadagno in banda satelliti su 145.900 MHz scende perciò di quel tanto che non giustifica più il suo impiego perchè bisognerebbe ritrarre l'antenna. Le difficoltà immaginabili fanno preferire antenne più corte, a banda più larga e meno critiche. Quando si fanno allineamenti di più yagi risulta più facile ottenere un aumento di 2.5 dB (3 dB teorici) ogni qualvolta si raddoppia il numero di antenne se queste sono di modesto guadagno anzichè super ottimizzate. Molti allineamenti realizzati con long yagi hanno in realtà guadagni parecchio inferiori a quello teorico





ottenibile. Nel nostro caso, su 145 MHz è preferibile realizzare allineamenti di più yagi a 10 - 13 el. con guadagno modesto e boom relativamente corto anziché usare una sola yagi lunga circa 10 metri.

#### Antenne per il transponder modo-L 23 cm / 70 cm

L'antenna che ultimamente ha riscontrato un notevole successo in uplink 1270 MHz è la yagi 4 x 23 el. Tonna. Quest'antenna montata in pol. orizzontale e alimentata con 50 W di RF al connettore del divisore di potenza consente ottimi QSO in modo-L.

Le antenne per modo-L meritano un discorso a parte. Questo transponder, inizialmente poco efficiente per riduzione di guadagno dovuto a un guasto di natura poco chiara, era utilizzato solo da stazioni QRO di tipo EME in OE-DL-G che impiegavano in uplink parabole da 4 o 5 metri e potenze variabili da 50 a 100 kW ERP.

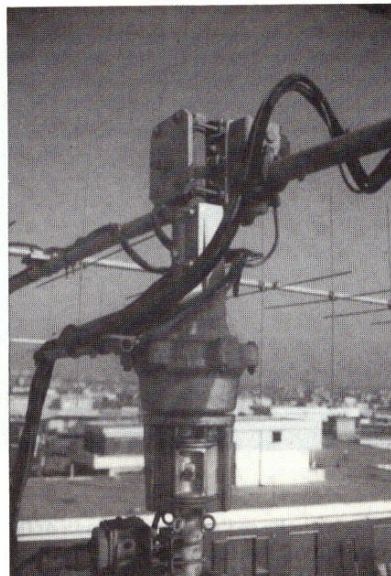
Successivamente il transponder ha migliorato le sue prestazioni cosicché allineamenti da 4 x 27 loop yagi in 1270 MHz hanno permesso buoni QSO con potenze di alimentazione comprese tra 50 e 100 W ai morsetti. I meriti di questa sperimentazione in Italia vanno attribuiti a I7UGO che è riuscito a trascinare dietro di sé una decina di stazioni italiane, che operano con antenne di ingombro modesto come 4 x 23 yagi o 4 x 27 loop yagi.

Ciò è molto importante perché attualmente Oscar-10, per motivi legati alla sua meccanica orbitale, non si presenta più nel nostro emisfero ad elevazioni superiori a 35/40°.

Se il modo-L viene commutato "ON" quando il satellite è molto basso sull'orizzonte, parecchie stazioni EME non lo possono più acquisire e per questo motivo non si sentono più. Qual'è la causa? Le antenne EME, salvo rare eccezioni, sorgono in zone boschive o in campagna su radure circondate d'alberi che proteggono le parabole dai forti venti ma in conseguenza limitano l'orizzonte al disotto dei 15/20°.

Per questo motivo, attualmente, le yagi 4 x 23 o loop yagi 4 x 27 el. sono le preferite in quanto sono leggere e possono essere montate ovunque e in alto, anche in area urbana.

Per il downlink modo-L in 70 cm si impiega efficacemente lo stesso sistema di antenne usato in uplink 70 cm del modo-B. In modo-L purtroppo i segnali sono molto deboli e le antenne in 70 cm dovrebbero avere il massimo



guadagno possibile. Si è visto che un allineamento 4 x 21 el. Tonna orizzontale dotato di preamp. a GaAsFET permette di ascoltare i segnali mediamente più deboli in SSB con 5/6 dB sul rumore. Tale allineamento permette di fare buoni QSO con un corrispondente che trasmette verso Oscar 10 con una potenza di circa 5 kW ERP (50 W su antenna da 20 dBi).

Le prove fatte con una elicoidale da 15 spire destrorse e preampl. GaAsFET montato proprio sul piano del riflettore hanno permesso di ricevere gli stessi segnali che altre stazioni ricevono con 4 x 21 el. Tonna, anche se risulta impossibile stabilire la differenza in modo assoluto.

La ricezione del modo-L in 70 cm con pol. destra è così assente da QSB e spin modulation da rendere l'ascolto di qualità telefonica. Purtroppo il transponder ha una potenza che non raggiunge 1 W contro i 35 previsti. Se il segnale non fosse così debole e se il rapporto segnale/rumore fosse stato quello atteso, lo sviluppo del modo-L sarebbe stato eccezionale. Le promesse del modo-JL del prossimo Amsat-Phase III-C sono lusinghiere.

#### Disposizione delle antenne sulla culla

Una stazione che voglia usare i due transponder di Oscar-10 deve installare diverse antenne in 2 metri, 70 cm e 23 cm.

Anche qui nasce il dilemma di come disporre le antenne sulla culla. Esistono moltissime soluzioni, ognuna col proprio compromesso. L'elemento che normalmente limita la grandezza e il peso dell'antenna è sempre il motore per l'elevazione. A meno di non usare motoriduttori auto-costruiti tipo EME, oppure quelli robusti di una ditta nazionale specializzata, il motore che gode la massima popolarità nel nostro ambiente è il KR500.

Questo motore apparentemente piccolo, è in grado di sopportare notevoli sollecitazioni meccaniche con una oculata distribuzione dei carichi. Il punto debole risiede nel piccolo pignone di acciaio che impegna un grosso ingranaggio secondario a denti dritti. Questo pignone non può sopportare sforzi a torsione. Se le antenne sono montate



# Spazio Nuova Frontiera

su un supporto ad H alle cui estremità siano fissate quattro antenne di notevole sviluppo e peso e se il sistema è installato in zone molto ventose si avrà la probabile rottura dei denti del pignone sotto raffiche di vento che lo sollecitano a torsione. Se al contrario, il carico viene tutto distribuito sullo stesso asse che passa attraverso il KR500, il braccio di leva diventa minimo; il momento torcente è notevolmente ridotto e il pignone resiste meglio agli sforzi. Questa soluzione (foto 6) non interessa gli OM che, per loro fortuna, ignorano cosa significhi sopportare tre giorni di vento continuo con raffiche di 100 km/h. Il KR500 può essere utilizzato tranquillamente in zone ventose montando le antenne su un tubo passante leggero in lega anticorodal o paralluman diametro 40 mm commerciale, lungo sei metri e spesso ben 5 mm, quindi molto robusto (diametro int. 30 mm).

Tre metri di tubo sporgono da un lato del motore e tre metri dal lato opposto. Con questa disposizione si ottiene il notevole vantaggio di montare tutte le antenne dei 2 metri, 70 cm e 23 cm a distanza tale una dall'altra che le rispettive aree di cattura non si sovrappongano fra loro e si possano evitare anche pericoli di rientri da una banda all'altra.

Con questo montaggio i punti deboli del motore diventano i due esili collari che lo fissano al mast mediante i quattro robusti prigionieri di acciaio inox diametro 8 mm che lavorano a torsione. Il rinforzo è molto semplice. I quattro prigionieri del KR500 sono molto lunghi e se il motore viene infilato su un tubo da 1-1/4 pollice (diametro est 48 mm) la lunghezza dei prigionieri che avanza dietro i collari è di circa 30 mm. Il rinforzo consiste nel preparare una piastra quadrata di ferro (foto 7), spessore 8 mm, oppure di anticorodal, spessore 10 mm, forata a misura di passo dei quattro prigionieri. La piastra viene infilata nei quattro prigionieri fino a toccare i collari già montati sul tubo e bloccata con ulteriori dadi e controdadi.

Per evitare che il KR500 possa ancora slittare e ruotare a torsione sul mast, bisogna praticare un foro passante di diametro 10 mm che attraversa la piastra di rinforzo e il tubo del mast da 1-1/2 pollice.

Un bullone di acciaio, passante, diametro 10 mm con dado e controdado, rende il KR500 inamovibile. Il motore per l'elevazione è un organo molto importante ed è bene convincersi che un buon traffico via satellite è impossibile senza l'uso del movimento zenitale. Un OM del Texas, via Oscar-10, con la classica voce del vecchietto del west mi disse un giorno: "20 dollari per le antenne e 200 per il motore...! dear Dom!".

## Un'esperienza disastrosa in zona ventosa

Prima del lancio di Oscar-10 fu realizzata una culla di alluminio ad H con tratto orizzontale lungo tre metri e bracci verticali 2800 mm. Alle estremità della culla furono montate 4 antenne 144-20T Cush-Craft a dipoli incrociati per i 145 MHz. Nell'interno della culla, sul traversone orizzontale, furono montate due elicoidali da 10 spire destrorse, spaziate simmetricamente rispetto al KR500 e distanziate fra loro 750 mm. Le raffiche di vento nel golfo di Napoli ruppero due volte il pignone del KR500.

Il motivo è questo: in presenza di vento la culla oscilla e sbataccia fra i denti del pignone assoggettandolo a continuo logorio. Se la culla ha i pesi delle antenne equilibrati, il tintinnio fra i denti è maggiore. Il KR500 non ha freno e così le antenne si dispongono a un'elevazione qualsiasi

perché il vento, facendo leva sulla culla, fa ruotare il riduttore al contrario. Se per rimediare si carica tutto il peso in avanti, fino al limite di coppia del motore, le forti raffiche sollevano le antenne che ricadono poi a tratti con violenza sui denti degli ingranaggi e così il pignone si rompe ugualmente.

Gli OM che risiedono in zone poco ventose possono usare questa disposizione con tutta tranquillità perché il KR500 è in grado di ruotare carichi equilibrati molto superiori a quelli citati.

## L'impianto definitivo resistente al vento

Per minimizzare la torsione sul pignone del KR500, tutte le antenne sono state disposte sullo stesso asse del motore che così ha già resistito ai venti di due inverni (foto 6). Il tubo orizzontale che sostiene le antenne è lungo 6000 mm. Ad un lato sono montate due 144-20T Cush-Craft per 2 metri. La distanza fra i boom è limitata a 2300 mm per evitare lobi secondari indesiderati che si manifestano sempre quando le aree di cattura delle antenne sono troppo distanti fra loro. Ciò dipende dal guadagno e le 144-20T non vanno distanziate oltre 2600 mm. Distanze maggiori provocano un lobo principale strettissimo con due lobi secondari simmetrici, distanti circa  $\pm 20^\circ$  dal principale e attenuati di appena 5 dB. Un vero disastro che si verifica anche usando le consorelle 9 + 9 el. Tonna, che spesso si vedono in allineamenti di 4 spaziate più di 3 metri!

Le 144-20T sono collegate singolarmente in pol. circolare destra e poi in fase tra loro mediante un anello ibrido in cavo coassiale già descritto da I4BER su Radio Rivista 2/1973. Per la messa in fase si poteva usare qualunque altro sistema, ma l'anello ibrido provvede all'adattamento di impedenza delle due antenne verso la discesa da 50 ohm isolando le antenne una dall'altra dal punto di vista delle impedenze. Se un'antenna si guasta, l'altra continua a funzionare perfettamente adattata. L'anello ibrido isola effettivamente le due antenne e queste non si vedono solo dal punto di vista delle impedenze ma continuano a vedersi perfettamente dal punto di vista delle aree di cattura.

La scatola stagna al centro delle 144-20T contiene l'anello ibrido, il preamplificatore a basso rumore con BF981 e un relè coassiale (foto 8).

Per effettuare misure di rumore intrinseco ed estrinseco del sistema ricevente, l'ingresso del preamplificatore è collegato al comune del relè coassiale. In condizioni di riposo, a relè disattivato, l'ingresso del preamplificatore è collegato costantemente su una terminazione da 50 ohm avvitata direttamente sul connettore N del contatto normalmente chiuso del relè. Questo accorgimento protegge a riposo il preamplificatore da eventuali scariche atmosferiche. In ricezione il relè coassiale viene eccitato dalla stazione e l'ingresso del preamplificatore viene commutato sull'antenna che è collegata al contatto normalmente aperto del relè (fig. 1). L'uscita del preamplificatore è portata alla stazione mediante RG-213 e le due antenne per ora sono usate soltanto in ricezione.

L'antenna dei 70 cm (foto 9) è una elicoidale destrorsa autocostruita da 15 spire, il cui guadagno è circa 15 dBdc (dB sul dipolo incrociato) e pesa 10 kg. L'antenna, già descritta su Radio Rivista 9/1979, è montata dalla parte opposta di quelle per i 2 metri, molto vicina al KR500. Il fissaggio meccanico sul tubo orizzontale è fatto subito dietro il piano del riflettore.

Per minimizzare il contrappeso di bilanciamento si è preferito sostituire la zavorra in piombo con le scatole



# Spazio Nuova Frontiera

Foto 8

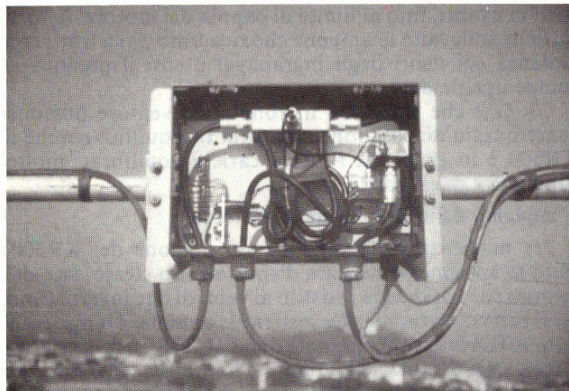
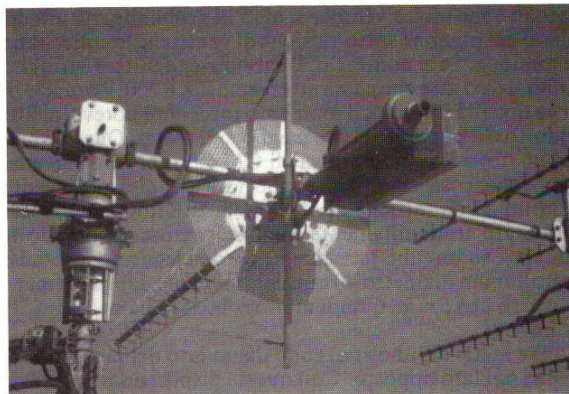


Foto 9



stagne in plastica Kloekner (foto 10) che contengono un preamplificatore a GaAsFET MGF-1400 preceduto da un filtro passa banda K3PGP già descritto su Radio Rivista 4/79. Un relè coassiale Transco commuta l'antenna fra RX e TX. Detta elicoidale serve in uplink Modo-B e downlink Modo-L.

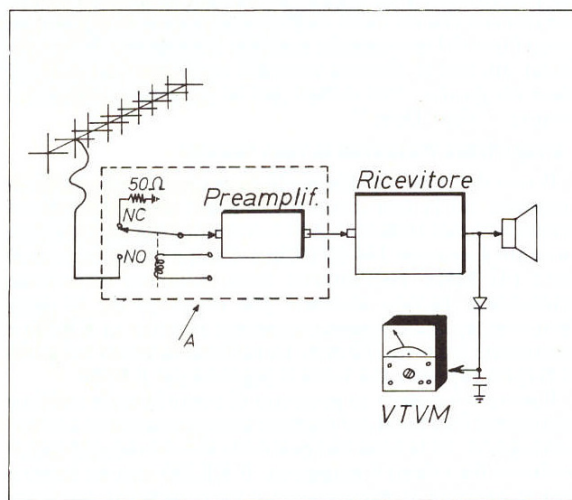
L'allineamento 4 x 23 Yagi Tonna per 1270 MHz del modo-L è montato alla estremità del tubo di sostegno orizzontale. Questa disposizione è essenziale in quanto permette di allontanare efficacemente le 4 x 23 el. dalle aree di cattura delle altre antenne. La distanza netta rispetto alla elicoidale 70 cm è oltre 1000 mm, mentre dal lato opposto c'è il libero spazio. Gli allineamenti a frequenze così alte funzionano male se vengono montati al centro di altri allineamenti per 70 cm e 2 metri. Se l'area di cattura internamente all'allineamento viene occupata dai motori e se esternamente esiste l'intrusione di un altro allineamento per 70 cm, le 4 x 23 non sono più nel libero spazio e il rendimento, almeno per quanto riguarda il modo-L, è

insufficiente. Le 4 x 23 per 1270 MHz vanno montate con cura una per una usando il kit fornito dalla Tonna per la modifica da 1296 a 1270 MHz.

Tutti gli elementi vanno esattamente centrati sugli isolatori in plastica che li sostengono al boom. I quattro boom vanno montati su una culla ad H che garantisce il perfetto parallelismo degli stessi. Dopo il montaggio misurare le distanze fra le punte dei boom lungo le diagonali e regolare i collari fino a ottenere misure uguali entro  $\pm 5$  mm. Per mantenere nel tempo il parallelismo dei boom, usare rondelle zigrinate che mordono l'alluminio della culla e le piastre metalliche troppo levigate fornite con le antenne.

La disposizione di queste antenne per 2 metri, 70 cm e 24 cm è solo un esempio di quanto si può fare per non creare sovrapposizione nelle aree di cattura usando un KR500 del commercio in zona battuta da forti venti. Esistono molte altre disposizioni che ognuno potrà adottare senza perdere di vista i principi di cui si è trattato. ○

Fig. 1 - Circuito elettrico del preamplificatore per 144 MHz contenuto nella scatola stagna. A riposo l'ingresso è collegato alla terminazione da 50 ohm attraverso il contatto NC. In ricezione il relè viene eccitato e l'antenna viene collegata al preamplificatore via NO. A riposo il preamplificatore è così protetto dalle cariche elettrostatiche. Quando la terminazione da 50 ohm è collegata all'ingresso del preamplificatore il voltmetro VTVM misura un livello di rumore intrinseco del ricevitore dato dalla somma del rumore della resistenza a temperatura di 290 gradi Kelvin, più la temperatura equivalente di rumore del ricevitore. Quando l'antenna è collegata all'ingresso del preamplificatore, il VTVM misura un livello di rumore dato dalla temperatura equivalente di rumore esterno raccolto dall'antenna, più quello del ricevitore. Se il rumore misurato con antenna inserita è superiore a quello misurato con la sola terminazione, il sistema è limitato dal rumore esterno e ci si può accontentare. Se le due misure danno valori uguali, può darsi che la stazione risieda in campagna e raccolga rumore a 290 gradi Kelvin oppure che il rumore intrinseco del ricevitore sia molto più alto del rumore esterno. Il rapporto, espresso in dB,  $(S+N)/N$  è dato da  $20 \log V_1/V_2$  dove  $V_1$  e  $V_2$  sono le tensioni misurate con RX ad AGC disinserito ed in SSB. Le misure si fanno misurando il rumore "soffio" del ricevitore e non dei segnali. E' stato ommesso il disegno dell'anello ibrido per semplicità (vedi R.R. 2/73).





## *I satelliti dei radioamatori*

parte decima

# Le antenne

### Il traliccio e l'altezza dal suolo

Le nostre antenne devono essere facilmente accessibili. Chi traffica con i satelliti è uso alzarle ed abbassarle molto di frequente ed in certi periodi questo "alzabandiera" è quotidiano. Il sistema radiante è in verità abbastanza complesso, non tanto per i suoi organi componenti, quanto per il numero degli stessi: abbiamo un motore in più, tutti i preamplificatori sono montati sulle antenne, ci sono diversi relé coassiali, accoppiatori, antenne per i 2 metri, per i 70 e per i 23 cm. Un sistema del genere non può essere abbandonato a se stesso per anni, come invece succede ad un'antenna HF o peggio ad un'antenna VHF montata sopra una tre elementi HF.

Il nostro sistema richiede una manutenzione preventiva e periodica, oltre ad una manutenzione per interventi a motivo di guasti accidentali, modifiche, miglioramenti od altro.

Queste operazioni sarebbero impossibili se l'operatore dovesse arrampicarsi tutto solo ad altezze eccessive, con il rischio di infortuni e con gran dispendio di energie. Se così fosse, la nostra antenna subirebbe la sorte di quelle yagi per i 2 metri che si vedono di frequente posate sbilenche sulla cima di un palo, sopra la beam HF, e destinate a essere ritoccate quando non vanno più.

Per questi motivi, la soluzione maggiormente adottata consiste in un piccolo traliccio alto tanto quanto è sufficiente a tenere il riflettore dell'antenna dei 145 MHz a circa 2 metri da terra quando l'elevazione della stessa è di 90 gradi. Nella maggioranza dei casi, l'altezza del traliccio, motori compresi, non supera i quattro metri e mezzo e le antenne sono facilmente raggiungibili da uno scafo di adatte dimensioni, come usano gli imbianchini. Se l'operatore non ha dimestichezza a lavorare in equilibrio, può ricorrere ai pali telescopici estensibili a mano mediante verricello.

Qui occorre fare attenzione: di pali telescopici ve ne sono di vari tipi in commercio, costituiti da più sezioni infilate una nell'altra ed estensibili; per ottenere una facile estensione le guide interne hanno tolleranze costruttive piuttosto grandi, tali che le sezioni del palo ruotano e sbattacchiano di alcuni gradi intorno all'asse longitudinale e ciò a tutto svantaggio del guadagno delle antenne se l'angolo solido di radiazione delle stesse è molto stretto.

Finché l'antenna da orientare è una yagi per i 2 metri a dipoli incrociati a 10 più 10 elementi, affiancata da una 20 o 21 elementi per i 70 cm, l'oscillazione del palo telescopico rientra ampiamente nell'ampiezza di detto angolo solido (o "fascio"); se invece il sistema ospita

anche un allineamento da 4 per 23 elementi per i 24 cm, allora le cose diventano drammatiche: il fascio di questa antenna è talmente stretto, che l'oscillazione assiale dei tronchi di palo, associata al gioco degli ingranaggi del motore azimutale, rendono l'orientamento assai critico ed impreciso; con una buona dose di pazienza, si riesce a trovare il massimo segnale, ma basta che ci sia un pò di vento che il QSB lo provoca la stessa antenna: è allora opportuno che il palo telescopico venga abolito e sostituito da una struttura molto rigida.

### Il motore per l'orientamento azimutale

Generalmente, qualunque rotore azimutale ha caratteristiche adeguate ai nostri scopi, purché sia proporzionato al peso ed all'estensione del sistema da ruotare. Se le antenne sono le solite due, a dipoli incrociati una per i due metri e l'altra per i 70 centimetri, il motore ideale è il KR600 perché offre uniformità con il gemello KR500 per l'orientamento zenitale, sia per l'aspetto meccanico che per l'aspetto estetico del control-box. In generale bisogna considerare che il gioco fra gli ingranaggi deve essere ridotto al minimo, per evitare imprecisione di orientamento con allineamenti molto direttivi, come è necessario in up-link Modo-L in 24 cm.

La manovra di rotazione deve essere eseguibile dall'operatore mediante due comodi pulsanti di rotazione destra e sinistra.

I control-box con preselezione automatica dell'azimuth sono da evitare, perché solo l'udito e l'osservazione dell'S-meter devono guidare le dita dell'operatore che decide se l'orientamento è stato eseguito sul massimo segnale o se invece occorre qualche rapido ritocco.

I rotori usati nell'emisfero settentrionale hanno il finecorsa sulla posizione di Sud, finecorsa che può essere meccanico od elettrico. Con quello meccanico la rotazione azimutale complessiva è leggermente inferiore a 360 gradi, poiché essa dipende dallo spessore del battente del finecorsa.

Se invece il finecorsa è elettrico, nell'interno del rotore esistono due microswitch montati con una sovrapposizione angolare di 30 gradi e così il motore esegue una rotazione superiore all'angolo giro. A Sud la sovrapposizione angolare è di più o meno 15 gradi ed è possibile ottenere orientamenti azimutali di 195 oppure di 165 gradi senza dover rifare tutto il giro ripassando dalla posizione di Nord. Ciò è molto utile con i satelliti a bassa orbita, quando la maggior parte dell'acquisizione avviene verso Ovest ma il satellite sorge a Sud-Est, oppure con Oscar-10, quando esso si trova esattamente a Sud per molte ore del giorno. In questo caso l'escursione di una quindicina di gradi in più o in meno permette un orientamento preciso quando le antenne sono molto direttive, come lo sono quelle per il Modo-L.

Se l'allineamento è molto pesante ed esteso e si risiede in zona ventosa, si richiede un rotore con freno. I rotori in commercio, e solo quelli più grossi, hanno freni costituiti da un cuneo che viene attratto o rilasciato a mezzo di un elettromagnete. In condizioni di riposo il motore è frenato ed il cuneo di acciaio si impegna in canali fresati nel corpo interno del rotore, uno ogni sei



---

# Spazio Nuova Frontiera

---

gradi. Questo sistema offre ampie garanzie di frenatura, ma purtroppo il rotore si blocca a distanze angolari a passi di sei gradi: quando si usano allineamenti molto direttivi come la 4 per 23 elementi per i 1270 MHz occorre tenere in considerazione tale limitazione di precisione sul puntamento azimutale e rivolgere l'attenzione su altri tipi di rotori.

Indubbiamente, il motore azimutale che offre garanzia di frenatura, precisione ed assenza di giochi, è quello a vite senza fine e corona elicoidale irreversibile. Il commercio offre alcuni rotori di questo tipo, ma i vantaggi che essi offrono sarebbero vanificati se venissero montati su un palo telescopico sbattacchiante e con parecchio gioco assiale nelle varie sezioni. Non bisogna mai lesinare nella robustezza dei rotori azimutali, i quali vanno invece sovradimensionati rispetto alle specifiche dei costruttori, specialmente se dotati di campana e vengono montati fuori dal traliccio.

Non è raro il caso di qualcuno che si è trovato mezzo rotore a terra con le antenne; così, per evitare che la campana rotante in fusione di alluminio si possa spezzare sotto raffiche di vento, esistono molti accorgimenti come l'introduzione del rotore nel traliccio ed il suo ingabbiamento, se fuori traliccio. Se il rotore è montato così com'è, alla cima del palo, occorre ridurre al minimo la distanza fra la campana ed il rotore per l'orientamento zenitale. Distanze superiori a qualche centimetro sottopongono la campana a flessione. Un sistema con un CDE T2X Tailwister ed un KR500 immediatamente sopra, si è dimostrato molto robusto durante i forti venti che soffiano di continuo per molti giorni all'anno nel Golfo di Napoli. Il T2X, dopo tre anni di lavoro, ha richiesto unicamente la sostituzione del pignone a motivo di un danno occorso in fase di manovra a freno sbloccato, con vento assai forte, nel tentativo che le antenne trovassero da sole la posizione nella quale offrissero la minima resistenza alle raffiche: è bene evitare questa manovra, che fa ruotare il riduttore al contrario, provoca l'usura degli ingranaggi più deboli e piega la leva del fincorsa elettrico; se il vento è forte, è meglio lasciare il motore sempre frenato, dopodiché... si prega!

La configurazione che offre la minor superficie al vento e che si presta a danneggiare di meno i motori varia con il montaggio delle antenne sulla culla.

Tali considerazioni valgono nelle peggiori condizioni che non pochi OM devono sperimentare ogni inverno, sotto raffiche di 120 km/h e per tempi lunghi. Il mio buon amico e maestro I8CAQ, non più tra noi, aveva addirittura individuato nell'OM una "nevrosi da vento" e gli devo dare ampia ragione.

Di recente è apparso sul mercato USA un rotore speciale, il DR-10 della Dynetic System, il quale comprende in uno sia il movimento azimutale che quello zenitale. Le caratteristiche meccaniche si possono ricavare da "Ham Radio Magazine". La stessa ditta che produce il KR500 ha in catalogo una vasta serie di rotori azimutali le cui caratteristiche superlative figurano su "VHF Communications". Sfortunatamente i tipi più robusti rispetto al KR600 (KR2000; MX1000; ART8000) sembra che non siano disponibili attualmente sul nostro mercato e vanno richiesti specificamente con i rispettivi ricambi.

## Commutazione di polarizzazione

Nella parte ottava della presente serie di articoli (R.R. 10/85) abbiamo esaminato in dettaglio i rapporti intercorrenti fra la polarizzazione dei segnali provenienti da un satellite e la polarizzazione dell'antenna alla stazione terrena e viceversa. Dall'analisi è risultato che un solo tipo di polarizzazione, qualunque esso sia, non soddisfa completamente le esigenze del traffico sull'intera orbita acquisibile. Per Oscar-10 la polarizzazione circolare destra è quella nominale, ma varia rapidamente passando per circolare sinistra, ellittica e lineare.

Tutte queste difficoltà, che rendono la ricezione faticosa, possono essere superate in modo soddisfacente con l'uso di un adatto commutatore di polarizzazione, detto anche "polarizer" o "polarphaser", sul quale tratteremo in dettaglio prossimamente.

L'antenna yagi a dipoli incrociati è senza dubbio la più adatta per ottenere facilmente polarizzazioni variabili. Il modo più semplice di farlo è quello di montare due normalissime yagi uguali fra loro, affiancate e separate fra i boom di una lunghezza d'onda. Gli elementi di un'antenna saranno inclinati di 45 gradi da un lato e quelli dell'altra antenna saranno girati di 45 gradi dal lato opposto. In questo modo gli elementi delle due antenne risulteranno perpendicolari fra loro e sarà come se li avessimo incrociati sul medesimo boom.

L'unica cosa che occorre curare è l'attacco dei due boom, che deve risultare esattamente lo stesso per le due antenne, in modo che gli elementi di entrambe siano complanari onde evitare l'introduzione di sfasamenti sul fronte d'onda in arrivo.

Le antenne commerciali a dipoli incrociati consistono di un singolo boom con doppia foratura a 90 gradi che porti montati gli elementi incrociati di entrambe le antenne.

Queste antenne sono già dotate di linee di adattamento e sfasamento che consentono di ottenere tutte le polarizzazioni mediante operazioni manuali di interconnessione delle linee stesse, chiamate anche "phasing harness". Quando l'OM si ritrova in mano una di queste antenne deve operare delle scelte e valutare tutti gli elementi che favoriscono o limitano le prestazioni e la configurazione del proprio impianto.

Se la distanza fra i dipoli incrociati e la stazione è inferiore alla decina di metri, si possono tagliare due linee di alimentazione di lunghezza rigorosamente uguale che arrivano alla stazione. In 145 MHz è bene usare cavo RG-213. Le due linee vanno tagliate uguali con estrema precisione, connettori compresi, e devono provenire dalla stessa matassa di cavo, in modo che il fattore di velocità del cavo sia sicuramente uguale in entrambe le linee; a questo proposito occorre ricordare che il fattore di velocità del cavo in politene solido è 0,66 nominale e che linee provenienti da matasse diverse possono avere fattori di velocità che, pur discostandosi di qualche centesimo, vanificano i tentativi di tagliarle di lunghezza uguale. Linee disuguali introducono errori di fase, in quanto un segnale arriva prima e l'altro dopo.

Con linee così corte è possibile installare presso la stazione il "phasing harness", oppure un commutatore di



polarizzazione ad azionamento manuale seguito da un preamplificatore a basso rumore. L'attenuazione introdotta dalle due linee a 145 MHz è trascurabile ed è pari a quella introdotta da una linea sola. Per convincersi di ciò basta porsi nel punto di giunzione delle due linee che arrivano in stazione: se per ipotesi l'attenuazione di una linea fosse di 3 dB (metà potenza) e la potenza del TX fosse di 100 W, quest'ultima si ripartirebbe in parti uguali sulle due linee di trasmissione per essere irradiata dalle antenne adatte: sul primo cavo la potenza applicata di 50 W arriverebbe sul rispettivo dipolo dimezzata dall'attenuazione di 3 dB, e cioè 25 W; altrettanto avverrebbe per il secondo cavo ed in conclusione la potenza irradiata dai due dipoli sarebbe sempre di 50 W, ossia la metà dei 100 W resi dal trasmettitore: cioè 3 dB.

Una linea così corta favorisce l'installazione del commutatore di polarizzazione manuale presso la stazione perché il preamplificatore deve seguire il commutatore. Se il preamplificatore è a GaAsFET e la cifra di rumore (NF) è 0,8 dB, l'attenuazione della linea si ritroverà sommata alla cifra di rumore stessa. Dieci metri di cavo RG-213, connettori compresi, attenuano circa 1 dB a 145 MHz e così è come se la NF del nostro preamplificatore fosse corrispondente a 1,8 dB. Questo valore va considerato molto buono perché corrisponde ad una temperatura di rumore di circa 200 unità Kelvin, che non limita affatto la sensibilità del ricevitore perché mediamente il rumore esterno, raccolto dalle nostre antenne, è circa 400 unità Kelvin in 145 MHz.

Quando la distanza fra antenna e la stazione è di pochi metri, non è conveniente (anzi è deleterio) trasportare sino a questa due cavi di lunghezza identica.

I motivi sono diversi: più i cavi sono lunghi, migliore deve essere la loro qualità; buona qualità e bassa attenuazione si ottiene con cavi grossi e semirigidi, difficili da stendere e da tagliare in tratte uguali con tolleranze di 5 mm al massimo. In questo modo non è possibile ottenere concordanza di fase.

A ciò si aggiunge un costo doppio della linea in cavo pregiato e la necessità di dover montare un preamplificatore d'antenna a valle della stessa, nella stazione, subito dopo il "phasing harness". In quest'ultima situazione, l'attenuazione di tutta la linea si ritrova applicata all'ingresso del preamplificatore e si somma alla sua cifra di rumore NF.

In 145 MHz, trenta metri di cavo RG-213, connettori compresi, attenuano circa 3 dB e la cifra di rumore totale del sistema, anche se dotato di preamplificatore a GaAsFET da NF di 0,6 dB, diventa circa 4 dB: un vero peccato, che corrisponde ad una temperatura di rumore di circa 450 unità Kelvin, superiore alla media del rumore esterno raccolto da una comune antenna situata in zona suburbana.

Chi lavora con 25 - 30 m di cavo e vuole usare la polarizzazione circolare senza menomare drasticamente la NF del sistema, deve montare il preamplificatore proprio sull'antenna e scendere con una sola linea; ma così facendo è obbligato anche a montare sui dipoli incrociati le linee di adattamento e di ritardo.

Questa necessità impone di fissare la scelta del tipo di polarizzazione, per esempio la circolare destra, che necessariamente resterà sempre fissa ed invariabile. Se, come è auspicabile, la polarizzazione deve essere

commutabile, è necessario montare un "polarizer" fra i dipoli ed il preamplificatore e quindi il polarizer dovrà essere telecomandato dalla stazione.

In questo caso il polarizer deve essere costituito da quattro relé coassiali "professionali" (non i soliti relé a T con connettori PL) che commutano alcune linee di ritardo su telecomando da parte dell'operatore.

Il polarizer va protetto in una cassetta stagna a bordo dell'antenna, cassetta che ospita anche il preamplificatore a basso rumore. Fino a 145 MHz il polarizer è facilmente realizzabile perché è possibile tagliare le linee di sfasamento a misura precisa, senza introdurre apprezzabili errori di fase. Il mercato surplus USA offre relé coassiali professionali fino a 6 GHz a prezzi ragionevoli (MHz Electronics su Ham Radio Magazine).

Quando il problema si trasferisce sui 70 cm, il polarizer si complica perché risulta difficile tagliare e misurare esattamente, con mezzi casalinghi, la risonanza delle linee di adattamento e ritardo, tenendo conto dei connettori, presenza di relé e tutto in modo tale da garantire un corretto adattamento di impedenza e le esatte differenze di fase necessarie alla commutazione di polarizzazione.

In 70 cm è possibile ottenere risultati migliori limitando la commutazione a due sole polarizzazioni con due antenne separate. La manovra si effettua con un solo relé coassiale che commuta la linea di trasmissione a scelta su un'antenna a polarizzazione circolare destra o sull'altra a polarizzazione circolare sinistra.

Il relé deve essere montato in protezione stagna a bordo dell'antenna. Ciò consente di utilizzare una sola linea di trasmissione in cavo coassiale di qualità, come richiesto in 70 cm; i più consigliati sono: Inflex 5/8"; H 100; Cellflex 1/2". In 70 cm i cavi RG-8 e RG-213 vanno banditi a priori, mentre si possono usare i tipi RG-17 o RG-218U a politene solido, abbastanza reperibili fra il Surplus.

## Elementi incrociati sullo stesso boom

Se il centro di ciascun elemento, dipolo compreso, viene fissato meccanicamente nello stesso punto del boom, l'accoppiamento mutuo fra gli elementi ortogonali è molto piccolo e non si introducono differenze di fase perché il fronte d'onda in arrivo eccita contemporaneamente i dipoli orizzontali e verticali collocati sul medesimo piano.

Siccome questa disposizione indebolisce il boom e rende la costruzione meccanica piuttosto complicata, viene usata soltanto in antenne professionali.

Nelle antenne amatoriali gli elementi incrociati sul boom vengono sfalsati di qualche centimetro e ciò introduce fisicamente un ritardo di fase fra gli elementi che dovrebbe essere compensato correggendo la lunghezza della linea di ritardo da 1/4 d'onda.

Il problema si complica commutando le polarizzazioni da circolare destra a circolare sinistra, perché la linea di ritardo dovrebbe essere una volta più lunga ed una volta più corta della quantità di sfasamento introdotta dai dipoli. Tale quantità non è poca perché normalmente la distanza fra gli assi dei fori ortogonali è tenuta sui 30 mm, che equivale ad un pezzo di cavo



lungo 19,8 mm (cioè 30 mm x 0,66).

Se dunque l'antenna deve essere usata per una sola polarizzazione circolare, è bene tenere conto di questo criterio: fare le misure precise e compensare la linea di ritardo. Se invece si usa la commutazione di polarizzazione, è necessario accontentarsi di ciò che si ottiene.

Uno sfasamento che non sia di 90 gradi produce delle intrusioni o dei "buchi" nel campo irradiato circolarmente, in funzione diretta all'errore di fase. Se si decide di costruirsi la propria antenna, è bene usare elementi di piccolo diametro e ridurre le forature ortogonali alla minima distanza.

Ed ora qualche raccomandazione su un tipo di antenna del commercio, assai buona, ma le cui caratteristiche sono poco definite. Trattasi di un'antenna a dipoli incrociati. Il primo modello ha gli elementi orizzontali più lunghi di quelli verticali con lo scopo di coprire l'intera banda concessa negli USA e cioè da 144 a 148 MHz.

Il costruttore, molto correttamente, vende l'antenna solo per la polarizzazione orizzontale, verticale, oppure lineare-assiale. La polarizzazione circolare non è contemplata ed infatti vengono fornite solo le linee di adattamento in cavo da 75 ohm (RG59), ma non la linea di ritardo in quarto d'onda da 50 ohm (RG58).

Se si mette la linea di ritardo a questa antenna, non si ottiene una buona polarizzazione circolare: gli elementi collocati, orizzontali e verticali, sono di lunghezza identica, ma l'antenna viene fornita in due versioni apparentemente uguali. Fare attenzione alla lunghezza degli elementi, i quali in un tipo sono tagliati per 144-146 MHz ed in un altro per 146-148 MHz.

Sfortunatamente il modello dell'antenna risulta sempre lo stesso e le lunghezze effettive degli elementi sono riportate soltanto nei fogli di istruzione, nella scatola.

Se occorre montare più antenne in fase fra loro, queste devono essere dello stesso modello, da 144 a 146. Le linee di adattamento e ritardo fornite con l'antenna sono dotate di connettori PL259 aggraffati e purtroppo il contatto fra il corpo esterno del connettore maschio con quello femmina risulta incerto e soggetto a falsi contatti. Se bisogna montare le linee all'esterno, proprio sui dipoli, è necessario sostituirle con altre lunghe 33,9 mm, in cavo RG59 e RG58, che verranno saldate direttamente fra di loro su pezzetti di vetronite con i terminali più corti possibile. Le saldature vanno poi protette con gomma ai siliconi.

Le estremità da collegare ai dipoli devono essere dotate di connettori maschio tipo N, mentre il connettore originale di alluminio posto sul dipolo va sostituito con un connettore N femmina, da pannello.

In questa maniera si otterrà un notevole miglioramento nel tempo delle prestazioni e perdite inferiori nel phasing harness, avendo eliminato ben sette connettori PL259, due doppie femmine ed un T, il che non è poco. A coloro che fossero scettici sul criterio di saldare i cavi, ricordiamo che i connettori UHF non offrono una impedenza costante e che il sistema di saldare i cavi viene usato perfino sul duplexer del radar UPX-6, che lavora a 1100MHz. Provare per credere...

## Dipolo ripiegato e dipolo con gamma match

Le antenne yagi hanno dipoli che frequentemente fanno uso di adattatore a gamma match. Tale dispositivo serve appunto per adattare l'impedenza del cavo con quella del dipolo, e viceversa. Il braccio del 'gamma' collega fisicamente il cavo in un punto del dipolo in cui le due impedenze sono uguali.

Questo dispositivo comporta l'uso di una capacità in serie al braccio del gamma per annullare la sua reattanza induttiva.

Anche se i dipoli incrociati hanno i due "gamma" regolati per il minimo rapporto di onde stazionarie (VSWR) resta pur sempre un certo angolo di sfasamento intrinseco fra un dipolo e l'altro, difficilmente valutabile con i mezzi casalinghi.

La linea di sfasamento esterna da 1/4 d'onda per la polarizzazione circolare non tiene conto di questi errori di fase sconosciuti e così la polarizzazione potrebbe non essere perfettamente circolare.

Il gamma match può anche introdurre una certa deformazione del lobo di radiazione. Per rendersi conto di questa evenienza o meno, basta alimentare l'antenna con potenza sufficiente ad accendere una piccola lampadina al neon da pochi volt (come la GE NE51). La lampada va tenuta in mano per il bulbo e toccata con lo zoccolo ad un estremo del dipolo e poi all'altro: se la luminosità agli estremi non è uguale, il lobo di radiazione risulta asimmetrico.

Le antenne che usano dipoli ripiegati e balun in cavo a mezza onda risentono meno di tale inconveniente. Il balun non introduce sfasamenti fra dipoli incrociati e, almeno per i nostri scopi, il dipolo ripiegato è preferibile.

Spesso si va alla ricerca di antenne a dipoli incrociati di produzione estera il cui costo è piuttosto elevato. Tutti gli OM che hanno usato le 11RA Fracarro ed hanno incrociato gli elementi di due antenne sullo stesso boom hanno ottenuto sempre risultati eccellenti, anche se questa soluzione risulta poco resistente ai forti venti, pur usando culle di rinforzo.

Quando i dipoli sono provvisti di gamma match, è bene rispettare la seguente procedura di messa a punto. Disporre le antenne in posizione verticale con elevazione di 90 gradi. Il riflettore deve risultare alla distanza minima di una lunghezza d'onda dal piano del tetto. Regolare il VSWR per il minimo, singolarmente, prima su di una antenna e poi sull'altra. Tenere il misuratore di onde stazionarie il più possibile vicino al dipolo dell'antenna sotto misura. Evitare di tenere scale metalliche sotto le antenne.

Ciò fatto su 145,9 MHz, collegare il phasing harness per la polarizzazione circolare e rimisurare il VSWR, che dovrà risultare sempre soddisfacente, anche se superiore di poco a quello di una singola antenna.

Non tentare mai di migliorare il VSWR con il phasing harness attaccato, perché in ogni caso si otterrebbe un peggioramento della situazione.

Se le linee di adattamento e quella di ritardo sono tagliate giuste, il lobo di radiazione in polarizzazione circolare sarà il migliore ottenibile.

Nella prossima puntata sarà trattato l'adattamento di impedenza degli allineamenti di più yagi e la commutazione della polarizzazione.