

Domenico Marini • I8CVS
Via A. de Gasperi 89 - Parco Merola
80059 Torre del Greco (NA)

Parte 4^a
(da RR 4/99)

Illuminatore a polarizzazione circolare per 10,5 GHz

Premessa

La verifica più importante su un'antenna a polarizzazione circolare è la misura della circolarità e della determinazione della sua eventuale ellitticità.

Nel caso specifico, con riferimento a Fig. 3 di RR 4/99, pag. 3, il campo elettrico E_0 dell'onda irradiata dal lanciatore, che è polarizzata linearmente, incide a 45 gradi col setto in dielettrico inserito nella guida circolare.

Nel dominio della frequenza e del tempo, l'ampiezza del campo elettrico E_0 varia tante volte al secondo per quanto è la frequenza (f) di alimentazione e la sua "ampiezza" è proporzionale fra 1 e 0 ossia al valore naturale del coseno dell'angolo che durante ciascun periodo varia da 0 a 360 gradi.

Quindi possiamo dire che nel tempo (t) il campo elettrico E_0 irradiato dal lanciatore varia secondo il coseno della pulsazione ω e il suo valore istantaneo è $E_0 \cos \omega t$.

Abbiamo visto però che in una guida circolare l'onda irradiata dal lanciatore è costituita da due componenti del campo elettrico che sono lineari, ortogonali, complanari, di pari ampiezza, in fase fra loro, e ciascuna di valore pari a $E_0/1,41$ perché ciascuna componente trasporta con sé metà della potenza fornita dal generatore.

La componente perpendicolare al dielettrico si propaga nell'aria della guida d'onda circolare mentre la componente parallela al dielettrico, propagandosi nell'interno della lamina, subisce un ritardo di 90 gradi e quindi all'uscita del setto dielettrico si troveranno due campi elettrici componenti, di uguale ampiezza, ma in quadratura di fase fra loro.

Durante un ciclo della radiofrequenza di alimentazione, la componente del campo elettrico che si è propagata in aria, pulsa nel tempo con una tensione il cui valore è proporzionale fra 1 e 0, ossia al valore naturale del coseno dell'angolo che ad ogni ciclo della pulsazione RF varia da 0 a 360 gradi e quindi il campo elettrico pulsa secondo $E_0/1,41 (\cos \omega t)$.

Negli stessi istanti però, la componente del campo elettrico che si è propagata attraverso il dielettrico, all'uscita del setto pulsa con una tensione il cui valore è proporzionale fra 0 e 1, ossia al valore naturale del seno dell'angolo che durante il ciclo varia contemporaneamente da 0 a 360 gradi e quindi il campo elettrico pulsa secondo $E_0/1,41 (\sin \omega t)$.

Se all'uscita del setto dielettrico le ampiezze delle due componenti in quadratura di fase sono effettivamente uguali, la loro

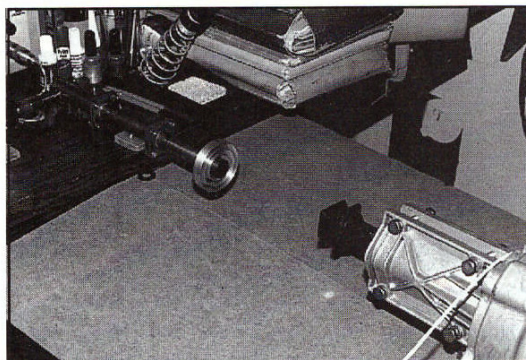


Foto 1 - Banco per la misura di circolarità: l'illuminatore a polarizzazione circolare è tenuto fisso sul banco e viene alimentato a 10451 MHz mentre la trombetta a polarizzazione lineare, solidale con l'albero del motore KR-400, ruota assialmente di 360 gradi e invia il segnale ricevuto, in sincronismo col motore, all'analizzatore di spettro che traccia il diagramma rettangolare di circolarità.

risultante è un vettore E di ampiezza costante che ruota di 360 gradi ad ogni ciclo dell'onda componente e che genera un'onda polarizzata circolarmente come descritto più dettagliatamente a pag. 73 di RR 10/85 o come si vede in Fig. 1, dove la rotazione del vettore E è limitata ai primi 90 gradi del periodo.

La misura della circolarità del campo irradiato dall'illuminatore ha lo scopo di verificare in che misura quanto sopra teorizzato si è verificato in pratica.

Se la polarizzazione del campo irradiato dall'illuminatore è perfettamente circolare, disponendo davanti a questo, un'antenna ricevente a polarizzazione lineare, e facendola ruotare di 360 gradi intorno al suo asse X , come nelle Foto 1 e 2, l'ampiezza del segnale ricevuto deve rimanere costante.

Se invece, il campo irradiato dall'illuminatore non è perfettamente circolare, il segnale ricevuto dall'antenna polarizzata linearmente, durante la rotazione di 360 gradi intorno al suo asse X , subisce delle variazioni cicliche di ampiezza, com'è rilevabile in Foto 3 e 4.

Tenendo fisso l'illuminatore trasmettente in polarizzazione circolare e facendo ruotare assialmente l'antenna lineare ricevente, o viceversa, il rapporto fra i segnali massimi e minimi misurati sull'antenna ricevente polarizzata linearmente e durante la sua intera rotazione assiale di 360 gradi, rappresenta la circolarità dell'antenna, com'è rilevabile appunto dal suo dia-

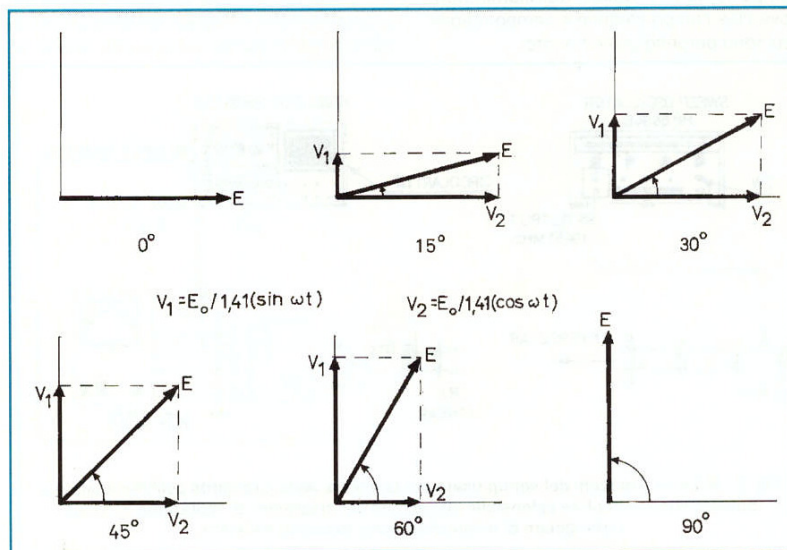


Fig. 1 - All'uscita del setto dielettrico i due vettori del campo elettrico V_1 e V_2 sono in quadratura di fase di 90 gradi e danno luogo a una risultante E di ampiezza costante, che nel tempo (t), ruota di 360 gradi tante volte al secondo, per quanto è il valore della frequenza dei vettori componenti.

Antenne

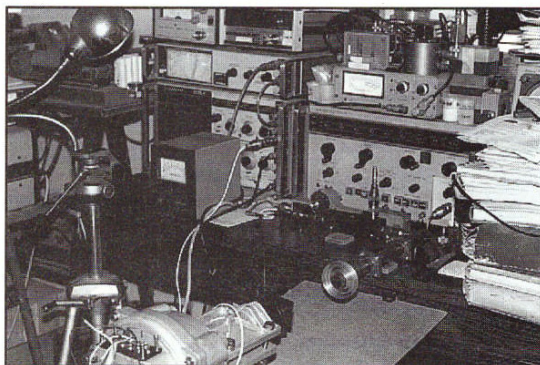


Foto 2 - Banco per la misura di circolarità: sul tavolo si vede l'illuminatore a polarizzazione circolare in prova che, tenuto fisso, viene alimentato a 10451 MHz dal generatore sweep HP 8690B in modo CW. Il segnale ricevuto dalla trombetta, che ruota assialmente di 360 gradi fra le ganasce del motore, viene inviato all'analizzatore di spettro HP 8555A in sincronismo con la tensione prelevata ai capi del potenziometro di posizione del rotore KR-400 in modo da tracciare il diagramma rettangolare di circolarità.

gramma di circolarità in coordinate rettangolari nelle **Foto 3 e 4**.

La misura della circolarità

La tecnica usata per misurare la circolarità dell'illuminatore, com'è visibile nelle **Foto 3 e 4** è la seguente:

Lo schema a blocchi di **Fig. 2** mostra che l'illuminatore circolare in prova è tenuto fisso ed è collegato al generatore sweep HP 8690 A che però lo alimenta in CW, cioè su frequenza fissa di 10451 MHz e ne deriva che si potrebbe usare un qualunque generatore a 10451 MHz, come ad esempio un transverter.

L'antenna ricevente di **Foto 5**, è una piccola trombetta con guadagno di 10,6 dBi, progettata col programma per antenne ad apertura HDLANT21 di Paul Wade, all'epoca N1BWT e oggi W1GHZ.

La polarizzazione della trombetta è ovviamente lineare, e il suo sviluppo o "template" è stato ricavato da QEX Dicembre 1995, pag. 18, e riportato in **Fig. 3**.

Questa trombetta ricevente, è collegata all'ingresso di un analizzatore di spettro HP 141T con cassetto 8555 A, con funzione di ricevitore.

Per fare questa misura si potrebbe anche usare un più economico power meter serie HP 432 A o più semplicemente un portadiodi con diodo rivelatore quadrato da 0 a -30dBm, se disponibile, e tracciare per punti il diagramma polare o rettangolare di circolarità.

Come si vede nelle **Foto 1 e 2**, la trombetta è montata col suo asse di radiazione X parallelo all'asse longitudinale di un comunis-

simo rotore azimutale per antenne direttive come il KR-400.

La **Foto 1** mostra che il motore è disposto davanti all'illuminatore in polarizzazione circolare in modo che il suo asse X sia parallelo e coincidente con l'asse X della trombetta lineare.

La trombetta riceve un campo polarizzato orizzontalmente quando i lati lunghi della bocca e della guida d'onda rettangolare che la alimenta sono verticali mentre

riceve un campo polarizzato verticalmente quando i lati lunghi della tromba e della guida d'onda rettangolare sono orizzontali.

Durante la rotazione di 360 gradi, il motore disporrà la trombetta in modo che, sempre ricevendo il massimo campo, il lato lungo passi dalla posizione iniziale orizzontale di 0 gradi, a quella verticale a 90 gradi, per tornare orizzontale a 180 gradi e poi di nuovo verticale a 270 gradi, tornando infine orizzontale dopo un giro completo di 360 gradi.

E' evidente che, mentre la trombetta lineare riceve un campo polarizzato circolarmente, la sua polarizzazione, rispetto all'illuminatore circolare in prova, varia da VERTICALE-ORIZZONTALE-VERTICALE-ORIZZONTALE-VERTICALE e se durante la rotazione, l'ampiezza del segnale ricevuto resta costante, la polarizzazione dell'illuminatore in prova è perfettamente circolare.

Come si vede nelle **Foto 1 e 2**, la distanza fra la bocca dell'illuminatore in prova e quella della trombetta è circa 30 cm, pari a circa 10 lunghezze d'onda.

Questa distanza, è già nella zona del campo lontano irradiato dall'illuminatore, dove cioè campo elettrico e campo magnetico sono perpendicolari fra loro.

La distanza Rff a cui termina il campo vicino e inizia il campo lontano, a partire dalla bocca della guida circolare, è nel caso specifico di 2,78 cm ed è calcolabile con la formula:

$$Rff = 2D^2 / \lambda$$

dove:

D = diametro della bocca in metri

λ = lunghezza d'onda in metri

Inoltre, la distanza di 30 cm è circa quella a cui si troverà l'illuminatore dal fondo della parabola ed è anche una distanza abbastanza ragionevole per fare misure sul banco in un laboratorio, a patto di non mettere l'occhio davanti alla guida quando viene alimentata.

Come si vede dallo schema a blocchi di **Fig. 2**, la frequenza del generatore che alimenta l'illuminatore in prova viene tenuta costante su 10451 MHz mentre il segnale ricevuto dalla trombetta, viene inviato all'ingresso dell'analizzatore di spettro.

Per fare in modo che le variazioni di ampiezza ricevute dalla trombetta durante la rotazione di 360 gradi siano visualizzate sulla traccia orizzontale dell'analizzatore di spettro, bisogna fare in modo che lo spot del tubo catodico si sposti da sinistra a destra o viceversa, in sincronismo con la rotazione del motore.

In altri termini, occorre che l'analizzatore di spettro funzioni da ricevitore e che l'ampiezza del segnale sintonizzato e ricevuto faccia variare solo verticalmente la posizione dello spot sul reticolo tarato linearmente in dB.

Occorre inoltre che tutta la scansione orizzontale del tubo, o meglio detto CRT (Cathode Ray Tube), avvenga in sincronismo con la posizione verticale dello spot durante la rotazione di 360 gradi della trombetta.

Il motore KR-400, usato per ottenere la rotazione assiale della trombetta, compie un giro completo di 360 gradi nel tempo di circa 60 secondi e quindi occorre che anche lo

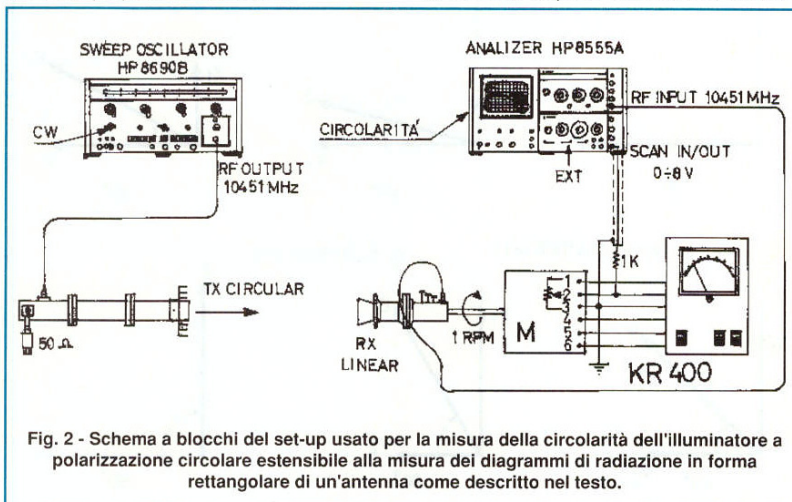


Fig. 2 - Schema a blocchi del set-up usato per la misura della circolarità dell'illuminatore a polarizzazione circolare estensibile alla misura dei diagrammi di radiazione in forma rettangolare di un'antenna come descritto nel testo.

Antenne

spot luminoso del CRT si sposti linearmente da sinistra a destra in sincronismo con la posizione angolare della trombeta.

Questa scansione orizzontale deve permettere lo spostamento dello spot su tutta la larghezza orizzontale del CRT, il cui reticolo è formato da 10 divisioni, e deve avvenire durante i 60 secondi effettivi e non nominali di rotazione del motore, ossia nel tempo di circa 6 secondi per divisione.

Nessun analizzatore di spettro standard ha scansione interna orizzontale di 6 secondi per divisione bensì di 5 oppure 10 secondi per divisione.

Siccome il reticolo del tubo catodico ha 10 divisioni orizzontali, usando i tempi di scansione interna dell'analizzatore, si otterrebbe una scansione orizzontale completa in 50 o 100 secondi che, purtroppo, non è sincronizzata col tempo di rotazione di 360 gradi del motore e della trombeta.

Fortunatamente per chi usa l'analizzatore HP 141T, la scansione orizzontale avviene con una tensione interna di dente di sega che aumenta linearmente di 0,8 V per divisione.

Ne deriva che, applicando all'ingresso orizzontale SCAN IN/OUT dell'analizzatore una tensione continua esterna, la cui rampa salga linearmente da 0 a 8 V, si ottiene la deviazione completa dello spot da sinistra a destra del tubo sui 10 quadratini esatti del reticolo.

Come si vede dallo schema a blocchi di Fig. 2, la tensione di rampa variabile linearmente da 0 a 8 volt, viene prelevata sui morsetti 2 e 3 del control box del motore KR-400 di Fig. 4 il cui potenziometro per l'indicazione di posizione fornisce proprio questi valori di tensione.

Il morsetto 2 è il cursore del potenziometro da 500 Ω che ruota insieme al motore e fornisce l'indicazione di posizione mentre il morsetto 3 è l'estremo del potenziometro collegato "floating" al suo alimentatore stabilizzato.

Durante la rotazione di 360 gradi del motore, la tensione prelevata fra i morsetti 2 e 3 varia, appunto, da 0 a 8 V circa.

Per ottenere la scansione orizzontale esterna dell'analizzatore HP 141T con cas-

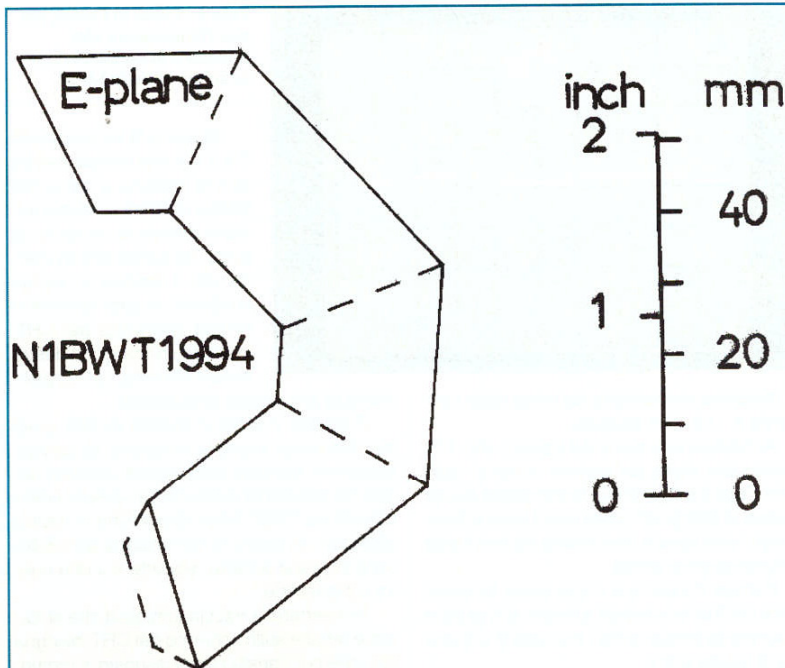


Fig. 3 - Sviluppo o "template" di una trombeta per 10 GHz con $G=10$, 6 dBi realizzata in lamierino di rame da 0,5 mm e ricavata da QEX dicembre 1995, pag. 18. Il calcolo è stato fatto col programma HDLANT21 di Paul Wade, N1BWT che è specifico per antenne ad apertura. La profondità spaziale della trombeta, fino alla bocca della guida d'onda rettangolare WR-90 che la alimenta, è di 19 mm e si autodetermina ripiegando il profilo del lamierino di rame su se stesso.

setto FI 8552 B, il morsetto 2 va collegato al pin centrale del connettore BNC SCAN IN/OUT tramite un resistore da 1000 Ω mentre il morsetto 3 va collegato contemporaneamente alla carcassa del motore e alla massa dell'analizzatore, come si vede nelle Fig. 2 e 4.

Per fare la misura di circolarità l'analizzatore HP 141T, ormai popolare fra gli OM col cassetto HP8555A ed FI 8552 B, va predisposto nel seguente modo:

SCAN WIDTH: (posizionare su ZERO la freccia bianca della manopola rossa e su 50 MHz la manopola nera dello SCAN WIDTH)

SCAN MODE: Predisporre la levetta orizzontale dello SCAN MODE su EXT così da inviare all'amplificatore della deviazione orizzontale la tensione esterna variabile da 0 a 8 V applicata sul connettore BNC SCAN IN/OUT

Posizionare:

VIDEO FILTER su 10 kHz; BANDWIDTH su 300 MHz; LOG REF LEVEL su +10 dBm; INPUT ATTENUATOR su 40 dB

Selezionare la banda 8.23 - 14.35 GHz e collegare la trombeta al connettore di ingresso N mediante un cavetto coassiale molto sottile e piuttosto flessibile tipo RG-178 o similare lungo circa 2 metri e intestato SMA M/M.

Per questa misura, l'attenuazione del cavo ha importanza relativa in quanto la potenza ricevuta dalla trombeta che guadagna 10,6 dBi è molto elevata e la sua distanza dall'illuminatore in prova collegato al generatore è nell'ordine dei 30 cm che a 10451 MHz nel libero spazio, rappresentano un'attenuazione di soli 42 dB.

In queste condizioni, e in funzione della potenza del generatore che può essere anche elevata, è sempre prudentiale inserire sull'ingresso INPUT dell'analizzatore un attenuatore fisso esterno da 10 dB, ed evitare di commutare l'attenuatore interno INPUT ATTENUATION su 0 dB in quanto la poten-

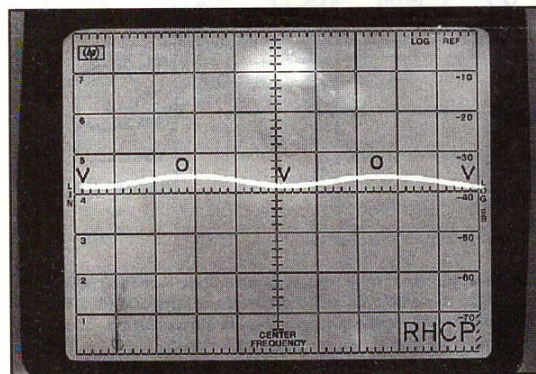


Foto 3 - Diagramma di circolarità del segnale in polarizzazione circolare destra RHCP trasmessa dall'illuminatore in cui si vede che le variazioni del segnale ricevuto dalla trombeta in polarizzazione lineare sono contenute entro circa 3 dB. Vertical=10 dB/div Scan Time=60 secondi, pari a 360 gradi di rotazione del motore e 36 gradi/divorizzontale. La polarizzazione ciclica verticale V od orizzontale O della trombeta ricevente in polarizzazione lineare, è riportata sulla traccia.

Antenne

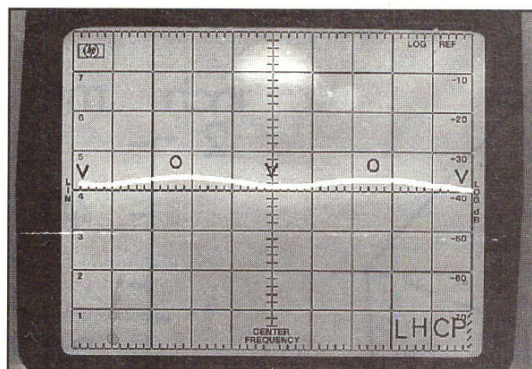


Foto 4 - Come in Foto-3, ma con l'illuminatore che trasmette in polarizzazione circolare sinistra LHCP.

Siccome la variazione da 0 a 8 V è una rampa lineare senza caduta a zero nel tempo di ritraccia, come avviene invece in un dente di sega, ne deriva che avviando ora il motore in senso contrario, lo spot ripercorre l'intera larghezza del CRT, in senso contrario, da destra verso sinistra, sovrappo-

nodosi alla traccia precedente.

Facendo ruotare il motore di 360 gradi nei due sensi, orario e antiorario, la sovrapposizione perfetta delle tracce avviene finché l'analizzatore resta perfettamente sintonizzato su 10451 MHz, dopodiché lo spot si abbassa, le tracce si cominciano ad affiancare troppo e occorre procedere a una nuova sintonia fine.

Per vedere la traccia luminosa che si forma e rimane sullo schermo del CRT, bisogna lavorare con l'analizzatore disposto in memoria standard STD oppure FAST e tenendo il comando PERSISTENCE al massimo.

Per fotografare gli spettrogrammi come nelle Foto 1 e 2, con mezzi casalinghi, uso una macchina fotografica NIKON FE con obiettivo Micro-NICCOR 55 mm 1 : 2.8 montata su cavalletto in modo da inquadrare il solo campo del CRT.

La pellicola è da 100 ASA, mentre l'apertura del diaframma è 5,6 con tempo di esposizione manuale di 4, pari a 250 millisecondi, oppure di 8, pari a 125 millisecondi, e que-

sto a seconda della luminosità del CRT che è controllabile con l'esposimetro interno della macchina.

Per poter fotografare anche il reticolo del CRT, il che è importante e indispensabile bisogna illuminare il tubo dall'esterno mediante una lampada da 100 W, di quelle comunemente dette a luce solare che hanno il vetro blu e si usano per illuminare i tavoli da disegno per non stancare la vista.

La lampada va disposta proprio sopra la macchina fotografica in posizione leggermente arretrata rispetto all'obiettivo come si vede in Foto 2, regolando la sua altezza in modo da eliminare i riverberi che si formano sul vetro del CRT, che se ci sono, si vedono bene attraverso l'oculare della macchina durante la messa a fuoco del reticolo.

Ovviamente la distanza angolare di ogni quadratino del reticolo rappresenta $360/10 = 36$ gradi e quindi 90 gradi si trovano a 2, 5 quadratini dall'inizio della traccia mentre 180 gradi sono al centro del reticolo e così via.

Come si vede nelle Foto 3 e 4, in corrispondenza di 90 gradi e 270 gradi, quando la trombeta riceve in polarizzazione orizzontale, ci sono due picchi che superano di circa 3 dB il livello del segnale ricevuto nelle posizioni angolari di 0-180-360 gradi, quando la trombeta girando, riceve invece in polarizzazione verticale.

La variazione di circa 3 dB si ripete circa uguale alimentando l'illuminatore sia in RHCP che LHCP e quindi, come si vede nelle Foto 3 e 4, la circolarità ottenuta è di 3 dB, che secondo "ANTENNAS" di Kraus, è da considerarsi soddisfacente, anche se migliorabile, ritoccando con pazienza la lunghez-

za massima sopportabile dal mixer dello strumento è +10 dBm soltanto.

Arrotolare una spira del cavetto RG 178 intorno alle staffe del motore come si vede nelle Foto 1 e 2, affinché la trombeta possa ruotare di 360 gradi senza che il cavo si frapponga nello spazio circostante fra trombeta e illuminatore in prova.

Portare il motore a inizio corsa in modo che il control-box indichi azimuth di 0 gradi e misurare la tensione fra i morsetti 2 e 3 che dovrà risultare 0 V.

In queste condizioni lo spot del CRT si troverà all'estrema sinistra del reticolo e in una posizione verticale che dipende da come si trovano impostati i comandi correlati dell'INPUT ATTENUATION e LOG REF LEVEL.

Afferrare le flange della trombeta di Fig. 3 fra le staffe del motore e stringere leggermente i bulloni come si vede in Foto 1, in modo che però il lato lungo della tromba risulti perfettamente orizzontale, complanare e in asse con la bocca dell'illuminatore in prova.

In questa posizione la polarizzazione di partenza della trombeta è VERTICALE.

Alimentare l'illuminatore a 10451 MHz e sintonizzare l'analizzatore di spettro in modo che lo spot si sposti per il massimo verso l'alto.

Lasciare che analizzatore e generatore si scaldino almeno per un'ora in modalità da stabilizzarli e mantenere lo spot sintonizzato nella posizione più alta del reticolo senza bisogno di ritoccare spesso la manopola rossa del FINE TUNE.

Regolare l'INPUT ATTENUATOR, il LOG REF LEVEL e il suo verniero in modo da portare lo spot sintonizzato in corrispondenza della riga centrale orizzontale del reticolo come si vede nelle Foto 1 e 2.

Se ora facciamo partire il motore, si vedrà che, mentre la trombeta ruota sul suo asse, lo spot cammina lentamente da sinistra verso destra percorrendo la larghezza di 10 quadratini di reticolo in circa 60 secondi, dopo un giro intero del motore mentre la tensione sui morsetti 2 e 3 aumenta linearmente arrivando ad 8 V, dopo una rotazione completa di 360 gradi.

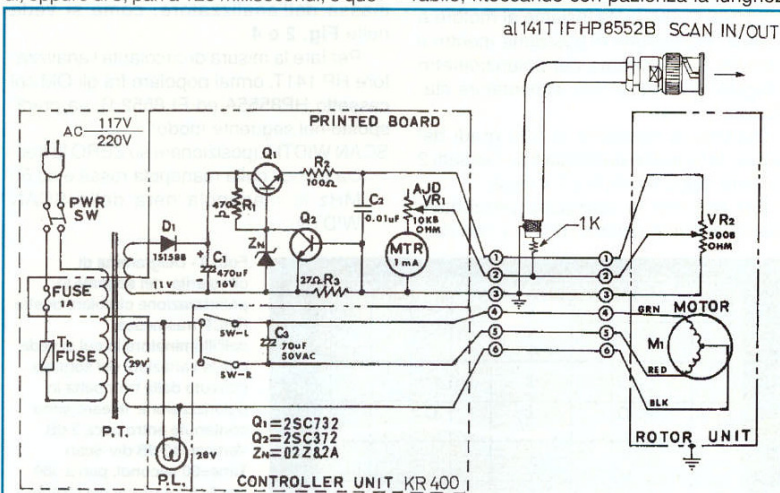


Fig. 4 - Schema elettrico del control box per motore di rotazione azimutale KENPRO KR-400 dal cui morsetti 2 e 3 del potenziometro di posizione, viene prelevata la tensione di rampa lineare da 0 a 8 volt DC per ottenere la scansione orizzontale sincronizzata dell'analizzatore di spettro HP 8555A, come descritto nel testo.

Antenne

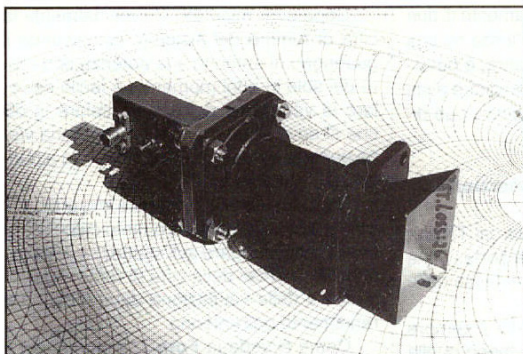


Foto 5 - Trombetta per 10 GHz di Fig. 3 in cui si vede che l'alimentazione viene fatta mediante una transizione guida cavo del tipo descritto su RR 4/99, pag. 6 Fig. 8 e il return loss ottenuto, è 26 dB

Qualora la tensione ai capi del potenziometro del rotore non arrivasse a 8 V, e quindi la scansione orizzontale non coprisse esattamente i 10 quadratini del reticolo, si deve sostituire il diodo zener Zn da 8, 2 V

sul printed board del control-box KR-400 in Fig. 4, montandone uno da 9, 1 V.

In tale caso, è necessario sostituire il resistore fisso R2 con un trimmer potenziometrico da 100 Ω e regolarlo in modo tale da avere 8 V precisi sui morsetti 2-3, valore questo che consente una deflessione completa dello spot alla destra del reticolo.

E' evidente che occorrerà ritoccare anche la taratura del reostato VR1 da 10K8 Ω di Fig. 4, in modo da riportare il milliamperometro MTR in corrispondenza della posizione azimutale effettiva dell'antenna.

Qualora la misura del diagramma di radiazione dovesse essere fatta una volta per tutte, un metodo più spicciativo per portare la tensione a 8 V precisi, consiste nell'aggiungere una o due pile da 1, 5 V collegate in serie fra loro che saranno inserite col (+) sul morsetto positivo 1 del control-box e col (-) al conduttore che sale in antenna e viene collegato al numero 1 della morsettiera sul motore.

Se la tensione fosse superiore a 8 V, basta inserire fra le due pile un reostato da 100 Ω per fare la calibrazione.

Usando l'analizzatore HP 141T, disponibile oggi a prezzi abbastanza OM, i diagrammi di radiazione in forma rettangolare di un'antenna si possono fare con 10 dB per divisione verticale in quanto inserendo il VIDEO FILTER a 100 Hz, oppure 10 Hz, e lavorando con la memoria, l'analizzatore risulta calibrato e la dinamica di 70 dB consente di vedere comodamente anche i lobi secondari più attenuati sotto forma di una traccia sottile priva di rumore.

Isolamento fra le porte

La misura dell'isolamento fra le porte RHCP ed LHCP è molto semplice, e con riferimento a Fig. 3A di pag. 35, RR 1/99, si vede che i due lanciatori sono inseriti prima del setto depolarizzatore e quindi, essendo ortogonali, i due lanciatori si vedono fra loro con polarizzazione lineare e non circolare.

Un buon isolamento fra le due porte RHCP ed LHCP consente di eliminare il relay coassiale TX/RX e di usare l'illuminatore

in trasmissione collegando il TX su una porta e di usarlo in ricezione collegando direttamente il preamplificatore RX sull'altra porta.

Se l'isolamento intrinseco fra le due porte, o "cross insulation" è sufficientemente elevato e nell'ordine di 43 dB, pari a 20.000 volte, usando potenza di 25 watt si può trasmettere e ricevere facendo a meno di un relay di protezione fra porta RX e preamplificatore, come dice giustamente i6ZAU nel suo articolo "Il Feeder del record in 10 GHz", pubblicato su RR 12/91, pag. 86.

Ciò è evidente, se si pensa che la potenza che raggiungerebbe l'ingresso del preamplificatore sarebbe di $25/20.000 = 0,00125$ W, pari a 1, 25 mW, potenza questa del tutto accettabile sul gate di un GaAsFET.

Eliminare il relay rappresenta sempre un vantaggio perché la sua inserzione comporta comunque un aumento di cifra di rumore in dB, pari alla somma delle attenuazioni in dB del relay più connettori e cavetti associati necessari a metterlo in opera.

Se il relay è di ottima qualità, come un SR2 della RLC Electronic, si può contare su una perdita di inserzione di 0, 2 dB a 10 GHz, che sommata a quella dei connettori e cavetti semirigidi UT 141, può arrivare a 0, 5 dB che francamente per certe applicazioni EME o via satellite è un po' troppo.

Bisogna considerare infatti che la cifra di rumore totale di un sistema a 10 GHz che sia per esempio NF=1, 3 dB e che aumenti a 1, 8 dB per via dell'inserimento di un relay, non provoca un peggioramento del rapporto S/N di 0, 5 dB, ma molto di più, ossia di 1, 6 dB, com'è rilevabile dai criteri di calcolo spiegati da i5TDJ a pag. 145 di RR 2/79.

Col presente illuminatore siamo lontani da ottenere un isolamento di ben 43 dB e se ne ottengono solo 27 dB, il che obbliga all'uso del relay.

Il relay è comunque necessario anche sull'illuminatore di i6ZAU di RR 12/91 sul quale Vico raggiunge una "cross insulation" intrinseca di 33 dB mediante opportuna regolazione delle viti o "posts-screw" che nel presente illuminatore in prova mancano del tutto.

Nell'articolo di cui sopra, i6ZAU si propone di regolare le posts-screw del suo illuminatore, e di aggiungerne altre, con l'obiettivo di ottenere un'isolamento di 43 dB.

Sarebbe bene realizzare anche la sua versione di illuminatore che deriva da un modello professionale, e su cui i6ZAU ha molto sperimentato in un'epoca piuttosto remota, e quando l'illuminatore di Chaparral era del tutto sconosciuto nel mondo radiantistico dello scorso decennio.

La misura dell'isolamento fra le porte è stata eseguita nel seguente modo:

la porta LHCP è stata chiusa su una terminazione SMA da 50 Ω 4112P della EMC

za e lo spessore del setto in teflon col sistema del "CUT AND TRY".

"Per apprezzare facilmente piccole variazioni del segnale durante l'ottimizzazione, è bene predisporre l'analizzatore per 2 dB/DIV LOG o meglio ancora in LINEAR."

E' evidente che questo semplice sistema di misura può essere esteso facilmente alla tracciatura del diagramma di radiazione in forma rettangolare di un'antenna qualsiasi, il che permette di ricavare valori precisi di attenuazione e distanza angolare dei lobi secondari rispetto a quello principale, senza usare mezzi macchinosi e costosi.

Per ricavare il diagramma di radiazione in coordinate rettangolari di un'antenna, basta sintonizzare una portante non modulata di ampiezza costante, senza QSB e piuttosto forte.

L'unica operazione da fare è quella di collegare i morsetti 2 e 3 del control-box anche al connettore BNC femmina SCAN IN/OUT dell'analizzatore di spettro mediante un cavetto RG-58 intestato BNC maschio usando però le seguenti precauzioni.

Il morsetto 3 deve essere collegato in modo equipotenziale alla calza del cavo RG-58 e a terra sia alla massa dell'analizzatore che alla carcassa del motore.

Quando si collega un'antenna all'analizzatore di spettro, oltre al segnale desiderato, si ricevono molti altri segnali fuori banda, che sono in antenna ma non si vedono, e la cui potenza potrebbe superare abbondantemente il limite massimo di sicurezza del mixer di ingresso, che nel caso del cassetto HP 8555A non deve superare +10 dBm, pena la sua distruzione.

Per fare queste misure, con sicurezza per il mixer, bisogna almeno interporre fra antenna e analizzatore un buon filtro passabanda, il più stretto possibile, inserendo il massimo di attenuazione in ingresso che sia compatibile con l'esecuzione della misura.

Ne deriva che occorre ricevere un segnale sufficientemente forte da consentire che i nulli dei lobi secondari non siano di livello inferiore al noise-floor dell'analizzatore così drasticamente attenuato sull'ingresso RF.

Antenne

mentre la porta RHCP è stata alimentata dal transverter alla frequenza di 10451 MHz tramite un accoppiatore direzionale NARDA Modello 3096 che disaccoppia 9 dB esatti a 10 GHz.

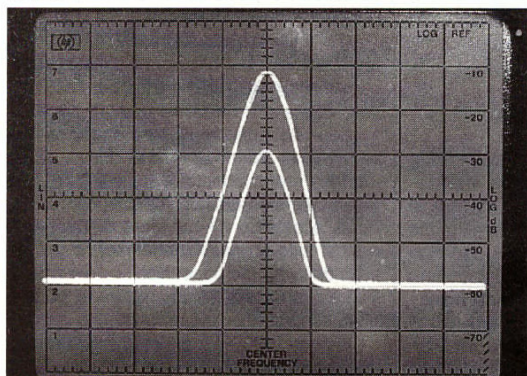
La potenza incidente prelevata dall'accoppiatore direzionale è stata inviata all'analizzatore di spettro dove è stata memorizzata ed è rappresentata dal segnale più alto di **Foto 6**.

Ciò fatto, la terminazione SMA è stata tolta dal lanciatore LHCP e montata sull'uscita a -9 dB dell'accoppiatore direzionale mentre la potenza emergente dalla porta LHCP non alimentata, è stata inviata direttamente all'analizzatore mediante lo stesso cavetto coassiale ed è rappresentata dal segnale più basso di **Foto 6**.

La differenza di livello fra il segnale alimentante la porta RHCP e quello emergente dalla porta LHCP di **Foto 6** è 18 dB a cui vanno sommati i 9 dB di disaccoppiamento della potenza incidente inviata sulla porta RHCP tramite l'accoppiatore direzionale tarato e quindi l'isolamento effettivo fra le due porte è circa 27 dB.

Dovendo rifare la taratura per il massimo return loss su ciascuna porta, col senno di poi, anziché chiudere la porta non interessata su una terminazione da 50 Ω , è preferibile chiuderla su un power-meter tipo 432 A o 435 A con adatta testina per potenza da +20 dBm a -25 dBm e ciò perché le regolazioni per il massimo return loss su una porta riducono l'isolamento con l'altra e viceversa.

Foto 6 - Isolamento fra le porte RHCP ed LHCP misurato come descritto nel testo. Il segnale più alto è quello relativo alla potenza incidente sulla porta alimentata e prelevato tramite un accoppiatore direzionale che disaccoppia 9 dB a 10 GHz. Il segnale più basso è quello emergente direttamente dalla porta non alimentata. La differenza fra i due segnali è 18 dB che sommati ai 9 dB di disaccoppiamento dell'accoppiatore direzionale, danno un isolamento di 27 dB fra le due porte. Vertical=10 dB/div.



Disponendo contemporaneamente di due misure, quella della potenza riflessa su una porta e quella emergente sull'altra, è possibile scegliere il compromesso migliore e chi possiede due analizzatori di spettro può divertirsi di più.

Misura della perdita di inserzione

Non tutta la potenza erogata dal TX che arriva al connettore SMA di una porta, viene irradiata dall'illuminatore e ciò a causa delle sue perdite intrinseche.

La potenza RF erogata dal TX è sempre uguale alla potenza incidente, meno quella riflessa.

Se colleghiamo un accoppiatore direzionale all'uscita del TX mediante un circolatore e mettiamo in corto la sua uscita, la potenza riflessa misurata è totale a meno delle perdite nello stesso accoppiatore direzionale.

La potenza riflessa dal corto messo all'uscita dell'accoppiatore, viene assorbita dalla terminazione del circolatore.

Misuriamo la potenza riflessa, moltiplichiamo per il fattore di disaccoppiamento e prendiamone nota.

Togliamo ora il corto sull'uscita dell'accoppiatore direzionale, colleghiamo l'illuminatore in prova e chiudiamo la sua bocca di uscita con un lamierino di rame argentato e colleghiamo l'analizzatore all'altra porta non alimentata e di polarizzazione contraria.

Anche in questo caso, la potenza riflessa sarà totale ma sarà di polarizzazione contraria a causa della riflessione sulla parete che chiude la bocca e anche inferiore al caso precedente giacché una parte di potenza riflessa si dissipa nell'interno dell'illuminatore.

La differenza fra la potenza riflessa nei due casi divisa per due rappresenta con buona approssimazione la perdita di inserzione dell'illuminatore, che nel caso specifico, è stata misurata in qualche frazione di dB.

Risultati ottenuti

Questo illuminatore è stato montato su una parabola in primo fuoco di diametro 60 cm, che fissata su un cavalletto, è servita per ora a fare misure di rumore del sole, come descritto su RR 2/96, pag. 24 e ciò in attesa del montaggio definitivo quando il satellite PHASE-3D andrà in orbita.

Le misure del rumore del sole o di "sun noise" sono le uniche che permettono una valutazione semplice, economica, sicura e globale del sistema ricevitore più antenna.

Dopo aver misurato strumentalmente la cifra di rumore del sistema, conoscendo il guadagno di antenna e la potenza di rumore del sole in quel momento, è facile calcolare la variazione del rumore solare in dB che si deve ottenere quando l'antenna viene puntata sul sole rispetto a quando è puntata sul "cielo freddo".

Se la variazione di rumore misurato sul sole si discosta molto da quanto calcolato, è necessario indagare sull'esattezza delle misure strumentali della cifra di rumore del sistema e della valutazione del guadagno e rendimento dell'antenna.

Come si vede in **Foto 7**, il montaggio è molto provvisorio e il cavalletto è stato sistemato sul balcone, in una zona da cui è possibile puntare la parabola sul cielo "freddo" e poi sul "sole" senza che vi si frappongano ostacoli naturali di alcun genere.

La valutazione dei risultati ottenuti a 10451 MHz con questo illuminatore è stata fatta il giorno 8 giugno 1996 alle ore 09:00 UTC, col seguente procedimento di misure e calcolo, usando un generatore perfettamente calibrato e completamente gratuito, il SOLE:

1) la cifra di rumore totale del sistema composto da preamplificatore iOLVA più convertitore DB6NT e misurata col PANFI di DJ9BV con testina calibrata ad un Symposium di Orvieto è:

- NF= 1, 3 dB corrispondente a temperatura equivalente di rumore $T_e=101$ kelvin
2) il guadagno a 10451 MHz della parabola da 60 cm in primo fuoco con rapporto $F/D=0,38$ e rendimento 50% è:

$$G=33 \text{ dBi pari a } 2000 \text{ volte circa in potenza}$$

3) La temperatura equivalente di rumore del cielo "freddo" T_{sky} a 10450 MHz ricavata da UHF/Microwave Experimenter's Manual, ARRL, pag. 10-19 è:

$$T_{sky} = < 5 \text{ kelvin}$$

4) la temperatura equivalente del sistema collegato all'antenna quando è puntata sul cielo "freddo" $T_{sis-cold-sky}$ ad AZ=0 gradi ed EL=41 gradi circa, intorno alla stella Polare che è la zona meno ricca di sorgenti di rumore galattico ed extragalattico risulta:

$$T_{sis-cold-sky} = T_e + T_{sky} = 101 + 5 = 106 \text{ kelvin}$$

5) la temperatura equivalente di rumore di antenna T_a , quando è puntata sul sole, si calcola con la seguente formula:

$$T_a = \frac{F \times G \times \lambda^2}{3,468} = \frac{269 \times 2000 \times 0,0287^2}{3,468} = 128 \text{ kelvin}$$

dove:

Radio Rivista 5-99

Antenne

F = 73 sfu (solar flux units) a 2800 MHz, valore misurato e diramato il giorno 8 giugno 96 alle 09:00 UTC dal Radio Observatory di Penticton in British Columbia Canada, e convertito in 269 sfu a 10368 MHz col diagramma di W8MIF, pubblicato su RR 2/96, pag. 25, **Fig. 1**

G = guadagno isotropico di antenna da 33 dBi, pari in fattore a 2000 volte in potenza.

λ = lunghezza d'onda espressa in metri, pari a 0,0287 m a 10451 MHz

3,468 = costante

6) la temperatura equivalente di rumore del sistema Tsis-sun con l'antenna collegata e puntata sul sole, il giorno 8 giugno 1996 alle ore 09:00 UTC, risulta:

$$T_{\text{sis-sun}} = T_e + T_{\text{sky}} + T_a = 101 + 5 + 128 = 234 \text{ kelvin}$$

La variazione teorica fra la temperatura equivalente di rumore con l'antenna puntata sul sole e con l'antenna puntata sul cielo è:

$$234/106 = 2,2 \text{ e } 10 \log_{10} 2,2 = 3,44 \text{ dB}$$

Le misure di sun-noise effettuate con i metodi descritti su RR 2/96, pag. 24 e negli articoli citati nella bibliografia associata, hanno fornito una variazione di 3 dB, che è molto prossima al valore calcolato.

Se ora puntiamo l'antenna verso la terra che si trova a temperatura ambiente di 290 kelvin, la temperatura Tsis-ground del sistema diventa:

$$T_{\text{sis-ground}} = T_e + 290 = 101 + 290 = 391 \text{ kelvin}$$

Il rapporto teorico fra questa temperatura e quella del sistema quando l'antenna è puntata sul cielo freddo è $391/106 = 3,68$ pari a 5,6 dB, ma le misure pratiche, hanno fornito solo 4,5 dB.

Per giustificare queste differenze bisogna pensare che il rapporto $391/106$ venga peggiorato in quanto, in realtà, il denominatore del rapporto è maggiore di 106 kelvin.

La temperatura dell'antenna puntata sul cielo freddo può essere maggiore di 106 kelvin per due motivi:

la cifra di rumore totale del sistema è maggiore di quanto misurato col PANFI, oppure l'illuminatore raccoglie direttamente una parte di rumore dalla terra a causa dello spillover.

Giacché la temperatura di rumore T_e del sistema è stata misurata con buona affidabilità in 101 kelvin, bisogna pensare che la temperatura del cielo T_{sky} , vista dall'antenna, sia effettivamente superiore a 5 kelvin.

Affinché il calcolo teorico collimi con le misure strumentali, occorre che T_{sky} sia peggiorato a circa 30 kelvin a causa dello spillover.

A questo punto, va precisato che il rapporto fra rumore del cielo e quello della terra è solo indice della temperatura di rumore T_e del ricevitore, in quanto, il rumore della terra e del cielo riempiono tutto il lobo dell'antenna e quindi, il rapporto non cambia sostanzialmente, se questa misura viene fatta con tutta la parabola o col solo illuminatore.

Queste misure, effettuate con mezzi minimi come un tester ICE 680 R collegato all'uscita BF del ricevitore, consentono di vedere le variazioni di rumore raccolto dall'antenna quando questa viene puntata da una zona silenziosa del cielo con 5 kelvin a una zona a temperatura media ambiente di 290 kelvin come il muro della casa di fronte, o la soletta in calcestruzzo del terrazzo al piano di sopra, oppure il corpo di una persona a 309 kelvin.

L'antenna diventa così un termometro che misura la temperatura equivalente di rumore della zona verso cui è puntata il suo fascio, a prescindere dalla temperatura fisica a cui si trovi essa stessa, e le misure non cambiano sostanzialmente se queste vengono fatte al freddo del Polo Nord o al caldo dei tropici.

Ciò è dovuto al fatto che la resistenza di radiazione di un'antenna non è un resistore dissipativo il cui rumore generato dipende dalla temperatura a cui si trova, bensì è il rapporto fra tensione e corrente nel punto di alimentazione che non cambia al variare della temperatura.

I calcoli di cui sopra, anche se è bene farli a mano, si possono velocizzare enormemente per tutte le bande radiantistiche usando il programma SOLAR NOISE CALCULATOR Ver.3.1 by Melvin B.Graves, WR01, che si può ottenere inviando una donazione alla North Texas Microwave Society C/O WA5TKU, Rt.4 BOX 565 SANGER, Texas 76266 U.S.A.

Conclusioni

Con questa puntata, termina la descrizione della stazione per il downlink in banda X del futuro satellite PHASE-3D.

Per completare la stazione, in modo da operare su tutti i possibili modi combinabili sui transponder, mancano ancora le apparecchiature e le antenne per 5, 6 e 24 GHz su cui però altri OM italiani hanno già molto sperimentato e sul cui contributo divulgativo si spera.

Al momento non è ipotizzabile una data di lancio per PHASE-3D, e in mancanza di un contratto con ARIANSPACE l'unica cosa da fare, è sperare continuando a lavorare con la certezza che lamentarsi senza fare nulla è molto peggio che preparare qualcosa.

Il progetto di PHASE-3D, come idea, è nato nel 1992 ed è proseguito fino ad oggi

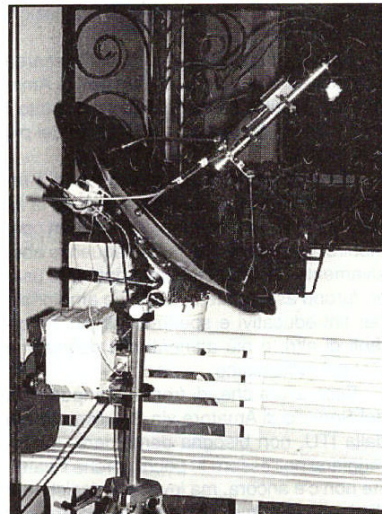


Foto 7 - La parabola da 60 cm con l'illuminatore in prova, è montata sul cavalletto per le misure di sun-noise dal balcone di casa, come descritto nel testo. Il transverter per 10451 MHz e il relativo oscillatore locale sono montati su una staffa fissata al cavalletto mentre il preamplificatore è collegato direttamente a una porta dell'illuminatore.

attraverso alternate vicende funestate più che altro dall'insuccesso del vettore ARIANE-5 e dalla necessità rischiosa di volare per forza sul filo del rasoio dei lanci sperimentali a basso costo.

Così è sempre stato finora per chi, come i radioamatori, devono meritarsi un "passaggio" economico e a grosso rischio per entrare nello spazio, con l'aggravio odierno della crescente domanda commerciale di lanci per la TV via satellite e della futura telefonia cellulare che rende problematiche e costose le possibilità per lanci amatoriali.

Non bisogna dimenticare che nonostante il Servizio di Amatore via Satellite sia stato istituito dalla ITU durante la SPACE CONFERENCE di Ginevra nel 1971 che ne fornì la definizione e le assegnazioni nelle bande da 7 MHz a 24 GHz, i radioamatori attivi via satellite in tutto il mondo sono stati sempre una minoranza.

Purtroppo, nonostante l'elevata qualità tecnica, che spesso gioca un ruolo meno importante di quella numerica, la minoranza satellitare non è riuscita e non poteva riuscire a dare voce sufficiente a garantire una continuità regolare nello spazio senza l'aiuto di tutti.

E' proprio però su questa qualità tecnica di pochi, che si regge la difesa delle bande radiantistiche di molti, e ciò avviene durante le conferenze mondiali triennali WARC della ITU, in cui il satellitare gioca un ruolo determinante, per giustificare la conservazione delle bande radiantistiche per la globalità amatoriale, e soprattutto delle microonde,

Antenne

contro le mire precise delle giustificazioni commerciali.

Purtroppo però, a causa della scarsa maggioranza numerica, il Servizio di Amatore via Satellite ha sempre rappresentato il mito usato dello Spazio a vantaggio dei più numerosi.

Sul mito usato dello Spazio infatti, i radioamatori tutti, hanno sempre basato la sicurezza delle loro bande senza magari contribuire, o pensare, che tante frequenze abusivamente occupate o impropriamente usate, furono assegnate allo Spazio amatoriale per fini educativi e sperimentali più importanti di altri, e più attinenti alla definizione ITU del radiantismo.

Ecco allora che, di fronte all'importanza del Servizio di Amatore via Satellite sancito dalla ITU, non bisogna demordere, o scoraggiarsi nell'essere in pochi perché il satellite non c'è ancora, ma invece di desistere e diminuire di numero bisogna prepararsi per aumentare in quantità e qualità.

Se ci fossero scoramenti, occorre reagire e pensare che il satellite ci dovrà essere per forza, in quanto il satellite rappresenta il punto di leva politico, su cui, le Associazioni radiantistiche membre della IARU, possono spingere per dimostrare alle Amministrazioni postali dei paesi appartenenti alla ITU, che le bande assegnate non possono esserci ristrette perché un nostro satellite in orbita le occupa già, come se i radioamatori avessero piantato con pieno diritto la loro bandiera nello spazio, e questa bandiera è il vessillo di tutti e non solo di pochi.

Fortunatamente per noi, la definizione ITU del radiantismo come sperimentazione a scopo di istruzione individuale non è mai cambiata finora, e questo è il vero motivo per cui i satelliti dei radioamatori hanno trovato sempre un concreto e ragionevole consenso presso gli organi di Stato di quei Paesi, che vedono in questa sperimentazione a costo zero, un patrimonio tecnologico che si sviluppa soprattutto nei giovani OM a vantaggio sociale di tutti.

Questo è il vero motivo per cui, al di là di altri aspetti nei quali l'attività radiantistica si esplica, il vero volto del radiantismo visto come scuola di addestramento

professionale, per operai, studenti, tecnici, ingegneri e ricercatori ha sempre riscosso la credibilità delle agenzie spaziali come l'ESA e la NASA.

Ma è anche vero che se vogliamo che questa credibilità continui ad offrirci i lanci nello spazio, nonostante la forza preponderante dello scientifico e del commerciale, dobbiamo lavorare affinché la nostra attività venga essenzialmente e concretamente vista come una spinta educativa di cui generalmente gli Stati sono carenti, e che i satelliti dei radioamatori, una volta in orbita, ripagano tanta generosità e lungimiranza, con il bagaglio tecnico e tecnologico che decine e centinaia di giovani radioamatori riveriranno domani nell'industria elettronica e aerospaziale.

Dove agire, operare e crescere di più in tutti i modi operativi se non nelle VHF e superiori che rappresentano la fetta dello spettro di radiofrequenze a rischio maggiore in quanto lo sviluppo del satellitare non amatoriale ha già avuto una vertiginosa espansione verso frequenze sempre più elevate fino all'attuale confine della banda Ka a 40 GHz?

E' già sorprendente come fino ad ora, in oltre quarant'anni di attività spaziale, i radioamatori di tutto il mondo siano stati protagonisti capaci di concepire, studiare, realizzare e farsi lanciare tre dozzine di satelliti artificiali per telecomunicazioni ad uso scientifico, quasi uno all'anno, che oggi sembra quasi innaturale scoraggiarsi per questo momentaneo e giustificato set-back e lasciarsi andare o cambiare.

Purtroppo le idee di molti radioamatori a questo proposito sono spesso contrastanti e contraddittorie perché non viene compreso che il satellite in orbita rappresenta un'arma formidabile con cui le Associazioni radiantistiche possono difendere il loro futuro, e se il satellite non c'è ancora, significa che un razzo non si può improvvisamente inventare e che per meritare un satellite in orbita a costi OM, le Associazioni devono dimostrare che il satellite serve per addestrare soprattutto i giovani OM per farli progredire, e non soltanto, per farli parlare.

Chi ha veramente voglia di sperare in PHASE-3D, nel periodo odierno di carestia,

e in previsione di vacche magre, deve contentarsi per forza dei pochi satelliti che oggi offre ancora il convento e fino a quando dureranno, ma deve continuare a lavorare bene e di più, per prepararsi ad oltranza, per dimostrare che esiste, senza aspettare passivamente un felice lancio guardando dalla finestra, quando, per operare, gli mancherà poi il tempo per costruire.

Nell'attesa, occorre meditare se veramente ci siamo meritati o meno il periodo delle vacche grasse con OSCAR-10 e OSCAR-13 e se questi satelliti li abbiamo usati o meno, bene e in modo completo, se li abbiamo utilizzati per imparare e tramandare, spezzando il pane quotidiano per tutti, e su tutti i modi possibili, B-J-L-S, sulla telemetria PSK, oppure, li abbiamo usati soltanto per parlare nel Modo-B, tanto per dire.

Chi ha veramente il coraggio di continuare a sperare, deve crescere in fede e aspettare studiando, e in questo studio il radioamatore ha sempre avuto a disposizione, e tuttora ha, una prestigiosa scuola satellitare di scorta che si chiama scuola APT dei satelliti meteorologici, scuola che ci ha sempre nutrito per anni, nei momenti di crisi, e che forse abbiamo dimenticato.

La scuola APT ha sempre funzionato da sostituto ed elemento catalizzatore nei momenti grigi durante le lunghe parentesi di attesa e di vuoto dei programmi spaziali radiantistici OSCAR.

La scuola APT ha sempre offerto ai radioamatori volenterosi il challenge e il trilling del nuovo tecnologico, dove tutto è da scoprire, specie ora con l'uso dell'alta definizione e su frequenze elevate.

Nel preparare gli OM per PHASE-3D, a partire dal 1994, l'ARI, ha dedicato ai radioamatori oltre 300 pagine di Radio Rivista finora, con la fiducia di aver assolto a un dovere di divulgazione in anticipo sui tempi, e con la certezza morale di aver sostenuto chi crede, almeno nella speranza.

Bibliografia:

Riferirsi a quella citata nel testo e nelle puntate precedenti.

Dedicato a IOOJ

Giuseppe Palumbo

"Radioamatori"
soleva dire IOOJ

"Negli infiniti spazi vi cullate su invisibili onde, per modular frequenze con sogni di fanciulli, alla ricerca di molti altri come voi nel mondo, oltre un cielo variegato di messaggi e tratteggiato da antenne, per un celeste universale accordo di una magica arpa futura."

Peppino ci ha lasciati, se n'è andato in silenzio senza salutare, in una gelida mattina di gennaio. IOOJ era un radioamatore con la "R" maiuscola, era una persona intelligente, onesta, sincera, sempre pronto ad aiutare gli altri, era l'amico che tutti sognavamo di avere.

Ciao Peppino.

Claudio Gentili, IK0ZSP

