

DUE ROSMETRI DI DIVERSA CONCEZIONE (IK0BDO)

(uno assomiglia al famoso Bird 43, ma costa molto, ma molto meno ...)

In vista dei prossimi contest c'era ora da sistemare il nostro sistema di antenne – la 4 x 5HJN2 – da noi utilizzata in occasione delle gare primaverili del 2008.



Il sistema è costituito da quattro Yagi a cinque elementi sovrapposte, costruite da Gaetano IOHJN su un progetto da noi attentamente studiato allo scopo di ottenerne un lobo di radiazione sufficientemente largo nel senso orizzontale, ma stretto in quello verticale. Questo avrebbe costituito uno dei due sistemi di antenne commutabili, di cui uno sarebbe stato lasciato preferibilmente nella direzione di massima presenza di radioamatori in aria, mentre il secondo dotato della famosa 16JXX2, ottima antenna caratterizzata da un elevato guadagno ma di lobo orizzontale ovviamente stretto, sarebbe stata adibita alla ricerca dei segnalini provenienti dalle zone più “rare” .

Entrambi questi, durante le due gare, dettero risultati paragonabili per quanto riguarda il loro guadagno, malgrado la 4 x 5HJN2 presentasse un ROS piuttosto elevato, intorno all' 1:1.7.

Imputammo il problema al sistema di adattamento di impedenza. Avevamo infatti ipotizzato, in fase di progetto, che ogni singola 5HJN2 presentasse (con Yagi Optimyzer) una Z pari a 28 ohm per cui, non potendola poi misurarla singolarmente con i pochi strumenti a nostra disposizione, costruimmo il cavo ed i suoi adattatori di impedenza in funzione di questo valore teorico (28 ohm).

Vedi a tal proposito l'articolo su: [Autocostruzione](#) , [Antenne](#) 4x5HJN2 accoppiamento di antenne.

Da allora non avemmo più modo di utilizzare queste antenne, riproponendoci però di modificarle in modo che esse presentassero un'impedenza di 52 ohm, in modo di verificarne l'impedenza singolarmente. Fu scelta per il dipolo la soluzione “Hairpin” e mi fu affidato l'incarico di modificarne i soli dipoli.

Che lungo preambolo, qualcuno dirà ... cosa c'entrano queste antenne con i ROSmetri ?

Ebbene, per portare a buon fine il mio compito mi occorreva qualcosa che io non possedevo.

Tanto per cominciare un analizzatore MFJ 269, ma questo mi è stato gentilmente poi dato in prestito dal nostro socio Piero IK0ZRH, che me lo ha reso disponibile per tutto il tempo necessario per tale operazione.

Ma tale insperata disponibilità mi ha subito invogliato, visto anche il pessimo WX che stava caratterizzando questo inverno, ad utilizzarlo proficuamente per misurare, innanzi tutto, le mie antenne di casa, e poi per confrontare i loro valori di ROS con quelli misurati dai miei tre ROSmetri autocostruiti.

Valori fra loro discordanti, anche se non in maniera sensibile.

C'è da dire che c'era da parte un altro progetto giacente da anni: quello di un accoppiatore direzionale che diversi anni addietro avevo iniziato, prendendone spunto dall' ARRL Antenna Book del 1990.

Questo era basato sull'impiego di un giunto di rame a T, del tipo per impianti idraulici, del diametro di un pollice, con inserito al suo interno un tubo di rame di adatto diametro, allo scopo di creare un tratto di linea coassiale con dielettrico aria, di diametro tale da avere una impedenza caratteristica di 52 ohm.

Ai suoi estremi sarebbero stati saldati due connettori e la parte ortogonale del "T" avrebbe dovuto alloggiare la "sonda". Assemblai il tutto e, come spesso accade, tutto rimase incompiuto.

Se avessi completato questo utile accessorio, il mio compito di modificare le antenne sarebbe stato certamente più agevole.

Infatti, disponendo l'accoppiatore direzionale assai vicino all'antenna, praticamente a pochi centimetri dal dipolo, questa volta modificato con l' "hairpin", avrei potuto ottenere una misura più convincente veritiera.

Di questo progetto ancora giacente parlerò nella seconda parte dell'articolo, anche perché entrambi sono teoricamente basati sullo stesso principio.

Iniziamo ora ad analizzare proprio tale principio. E' bene rispolverarlo specialmente a beneficio dei neopentati, anche se dovrebbe costituire materia arcinota.

Il ROSmetro, è uno strumento il cui scopo è quello di misurare il Rapporto di Onde Stazionarie in una linea di trasmissione, che è definito come il rapporto tra il massimo ed il minimo delle tensioni presenti lungo la linea stessa. Per comprenderne il funzionamento dobbiamo innanzitutto ricordare che in una linea di trasmissione chiusa su un carico disadattato, si genera un'onda riflessa di ampiezza tale da bilanciare esattamente le tensioni e le correnti nella linea e nel carico.

Per tale ragione le tensioni dell'onda incidente e riflessa si sommano in ogni punto della linea, mentre le correnti, che hanno verso opposto, si sottraggono. Particolarità dell'onda diretta e di quella riflessa è che la tensione misurata in un punto della linea è proporzionale alla somma delle onde dirette e riflessa, mentre la corrente è proporzionale alla loro differenza.

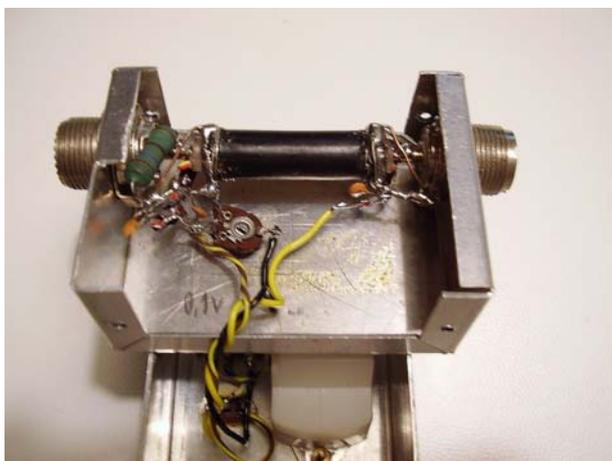
Su tale principio sono basati entrambi gli strumenti che sto per descrivere. Ma ora iniziamo dal primo.

Esso è stato realizzato praticando due fori nella mezzeria nell'isolante interno del cavo, RG8 nel mio caso, con una punta da 2 mm, ed inserendovi due tratti di conduttore, in modo che essi, strettamente accoppiati a quella principale che collega i due connettori di ingresso e uscita dello strumento, ne traggano l'energia che verrà poi rilevata con un microamperometro. Questa soluzione, che rende molto più sensibile la sonda dato che essa diminuisce la capacità parassita del conduttore captatore, proprio perché esso è più distante dalla schermatura, è stata resa possibile perché il tratto di linea è lungo solo 4 cm.

Per illustrarne meglio il principio di funzionamento approfitto della gentile concessione fattami dall'amico Francesco, IK0RKS, che conobbi ad una nostra mostra radioamatoriale a Cecchina, anni addietro.

Francesco ha realizzato un suo esemplare di ROSmetro per le VHF e le UHF prendendo spunto dal mio articolo che pubblicai su RadioRivista n. 11 del 1998. Il suo esemplare è decisamente più bello del mio, e consiglio di andare a leggere il suo articolo all'indirizzo http://www.ariroma.it/docs/projects/vhf_ros.pdf

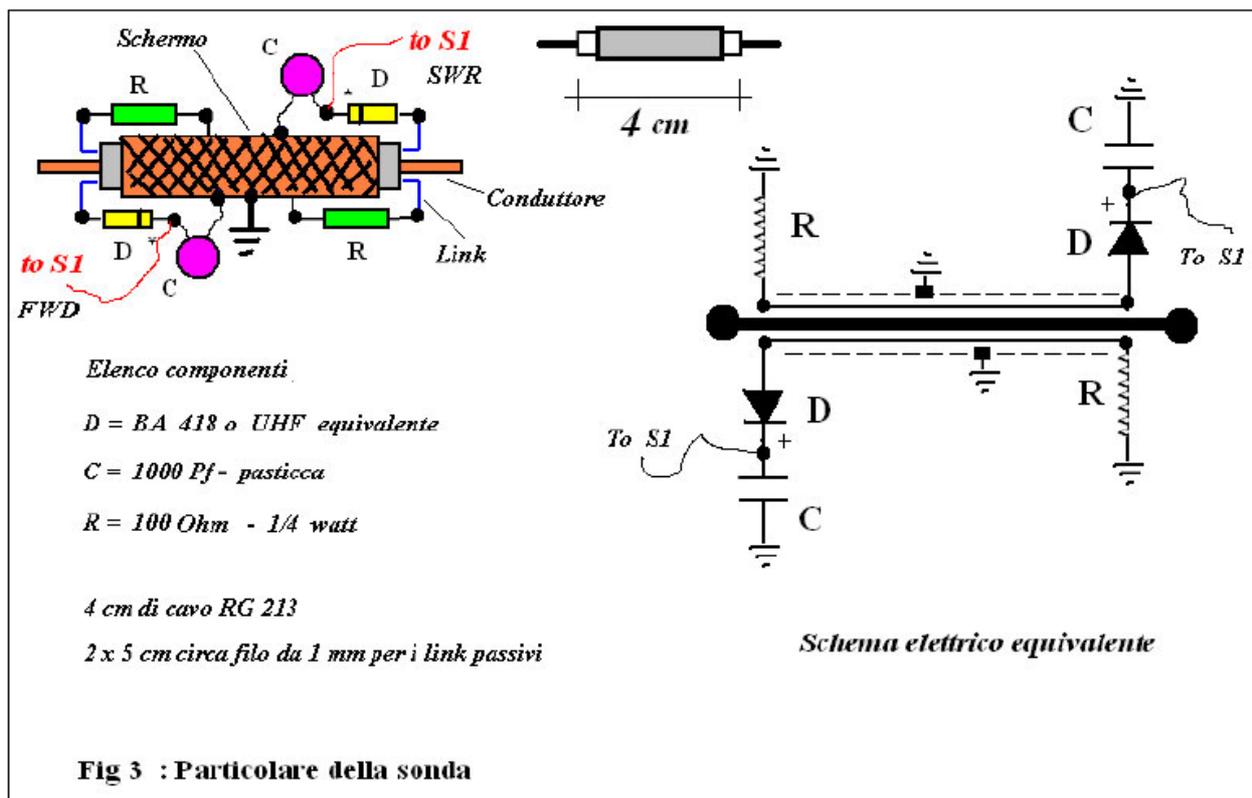
C'è da dire che l'esemplare che costruii io fu realizzato appositamente di dimensioni estremamente ridotte (7 x 5 x 3 cm) e del peso di soli 120 grammi proprio per essere aggiunto nello zaino nelle mie peregrinazioni SOTA.



Nell'immagine di destra, alla pagina precedente, si può notare un trimmer che, se si ingrandisce a sufficienza l'immagine, lo si vede ad uno estremo della sua regolazione. Altro non è che un tentativo fatto a posteriori di aggiungere al circuito base un qualcosa che creasse una polarizzazione negativa ai diodi rivelatori in modo che essi potessero così rilevare tensioni infinitesime, ma la cosa non andò poi a buon fine e tutto rimase lì, ma con il circuito inutilizzato tramite il trimmer "a zero".

Anche la resistenza da due watt all'estremo sinistro fa parte di questo circuito aggiuntivo ed è ininfluente. L'esemplare costruito da Francesco IKORKS è stato invece realizzato con una diversa finalità.

Nella figura che segue è rappresentato il suo accoppiatore direzionale o riflettometro, qui chiamato "sonda". L'energia presente sul conduttore centrale induce per accoppiamento induttivo una tensione su entrambi i conduttori posti all'interno del cavo schermato.

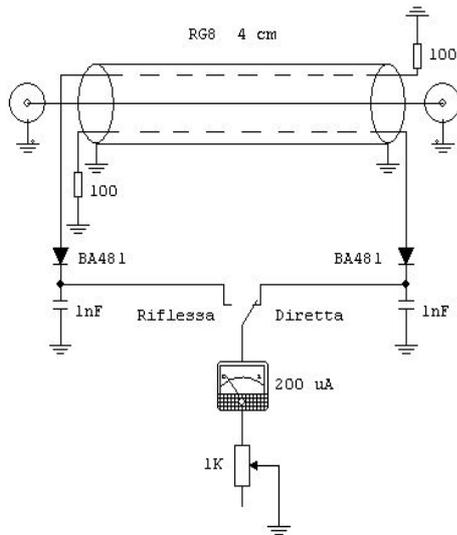


Questa tensione, come si è detto, dipende fisicamente dalla spaziatura fra il conduttore induttore e quello indotto, dalla loro lunghezza, dalla corrente che scorre e soprattutto dalla frequenza: più essa è alta e maggiore è la tensione indotta. Contemporaneamente esiste anche un accoppiamento capacitivo fra il conduttore interno e il filo captatore, che determina lo scorrere di una certa corrente attraverso la resistenza di terminazione della linea: anch'essa è tanto maggiore quanto più alta è la frequenza. Ciò è facilmente spiegato dal fatto che la reattanza capacitiva fra conduttore interno e linea captatrice diminuisce con l'aumentare della frequenza. Questa è la ragione per la quale i due strumenti che sto descrivendo sono utilizzabili, se alimentati con basse potenze, solo nell'ambito delle V e UHF, in quanto l'indicazione che essi forniscono nelle bande basse è troppo scarsa, e questo proprio per la dimensione fisica delle loro linee interne.

All'inizio si è detto che le correnti indotte dovute alle onde dirette e riflesse sono di segno opposto e pertanto anche le tensioni ai capi delle linee captatrici. Ne risulta che, nel caso dell'onda diretta, la tensione ai capi della resistenza si sommerà alla tensione ai capi della linea captatrice, mentre per l'onda riflessa avverrà il contrario. Giostrando fra distanza fra conduttore centrale e valore della resistenza si farà sì che quando l'accoppiatore è terminato su un carico esattamente uguale all'impedenza caratteristica del dispositivo, l'onda riflessa sarà nulla ed il diodo raddrizzatore collegato alla sua linea non rivelerà nulla, mentre quello opposto, ovvero quello dell'onda diretta, segnerà il doppio.

L'utilizzo di questo tipo di ROSmetro è quello classico, ed è stato descritto innumerevoli volte. Una volta immessa in ingresso una modesta potenza RF, avendo cura di terminarlo sulla presa di uscita con un affidabile carico ohmico di 52 ohm, va regolato il potenziometro in serie al misuratore per ottenerne un fondo scala con l'onda diretta. A questo punto, invertendo il punto di prelievo del microamperometro, si può leggere sullo strumento l'entità del segnale riflesso.

Resta inteso che per una lettura immediata occorrerà aver tracciato sul quadrante dello strumento medesimo la scala relativa al ROS (logaritmica) In alternativa, il ROS, [o SWR , Standing Wave Ratio] può anche essere ottenuto tramite appositi grafici o abachi di trasformazione.



Questo è il semplicissimo schema elettrico del ROSmetro che io utilizzo solitamente per le bande alte. C'è da ribadire che l'indicazione rilevabile da questo tipo di ROSmetri cresce con il crescere della frequenza. Oltre un certo valore di frequenza, quando la lunghezza fisica della loro linea coassiale non è più trascurabile rispetto alla lunghezza d'onda del segnale incidente, detta indicazione non è più affidabile. Non credo che ci sia altro da aggiungere per questo mio primo esemplare di ROSmetro, per cui inizio a descrivere il secondo.

Dicevo all'inizio che anni or sono, leggendo l'ARRL Antenna Book, avevo notato il progetto di un tipo di Accoppiatore Direzionale basato sull'utilizzo di un giunto di rame a T da un pollice, del tipo di quelli usati in termoidraulica che avrebbe dovuto costituire sia la struttura portante che quella conduttrice esterna; chiamerò d'ora in avanti questo giunto "pipe".

Questo, peraltro si presentava abbastanza piccolo da poter essere montato direttamente sull'antenna durante le misure.

Acquistai quindi detto materiale, ma mancava ora cosa utilizzare per il conduttore interno. Usando l'ottimo programma di I4JHG, "Radioutilitario", stabilii che il conduttore interno, per una linea in aria di diametro esterno di 25 mm, doveva avere le dimensioni di circa 10 mm, se si voleva ottenere una impedenza di 50 ohm. Ricordai che in garage avevo uno spezzone di cavo professionale trovato abbandonato accanto ad un ripetitore in cima ad una montagna e verificai che come diametro dello schermo c'ero quasi, se io lo volevo utilizzare come conduttore interno del "pipe". Ne tagliai la giusta lunghezza, gli tolsi la guaina isolante, unii centrale e schermo (per farne conduttore unico ed ottenere quindi il corretto rapporto fra i due diametri) e lo saldaì in testa ad un connettore PL259, fissato a sua volta ad una rondella di rame del diametro interno del "pipe".

All'estremo opposto del tratto di coax utilizzato come linea centrale saldaì un altro connettore, fissato alla sua rondella di rame allo stesso modo del primo, , facendo in modo che la lunghezza totale fosse la stessa del "pipe", meno un millimetro.

Infilai il tutto nel "pipe" e saldaì il tutto con un saldatore da 150 watt, che io uso per questi lavori grossolani.

Ecco come si presentava l'opera iniziale privo di sonda captatrice.....



Fatto ciò, tutto finì nel dimenticatoio, fino a poche settimane or sono.

Il fatto che io dovessi iniziare la modifica dei dipoli delle nostre antenna 5HJN2 da contest, oltre alla non disponibilità (allora) di un MFJ 269, mi fece aguzzare l'ingegno. " Perché non portare a termine quel progetto da troppo tempo rimasto addormentato ? " A quel punto avrei dovuto costruire un altro "pipe" e con essi il sistema delle due sonde captatrici ... Sì, perché il dispositivo essendo esso monodirezionale, occorre che l'accoppiatore che venga materialmente invertito a seconda che si voglia leggere il segnale diretto o quello riflesso. Perciò, per evitare questa fastidiosa manovra, se ne richiederebbero due, in serie, ma disposti in senso opposto.

Allora mi venne in mente il famoso "Bird". Perché anziché costruirne un altro non sfruttare la soluzione "Bird" e costruire una sonda infilata nel "T", e renderla rotante di 180 gradi ? In tal modo, letto il valore relativo al segnale incidente, si sarebbe potuto avere quello riflesso semplicemente ruotando il "tappo".

Presi un pezzo di "cannetta" di ottone cromato, del tipo che in passato veniva utilizzata per gli scarichi dei sanitari del bagno e ne tagliai un paio di pezzi: uno lo utilizzai per costruire la sonda ed il secondo lo segai longitudinalmente per poi dividerlo ed inserirlo all'interno del "pipe", allo scopo di adattarne meglio il diametro e rendere il contatto elettrico più affidabile; lo inserii nel "pipe" ed iniziai ora a lavorare il secondo pezzo, che sarebbe stato il corpo della sonda rotante.

Saldai su un lato, in prossimità del bordo, una resistenza da 100 ohm e ad essa collegai un diodo BA481, in modo che esso sporgesse dall'estremità del tubo circa 5 mm. in modo che esso si avvicinasse poi, una volta infilato nel "pipe", il più possibile al conduttore interno, senza però toccarlo.



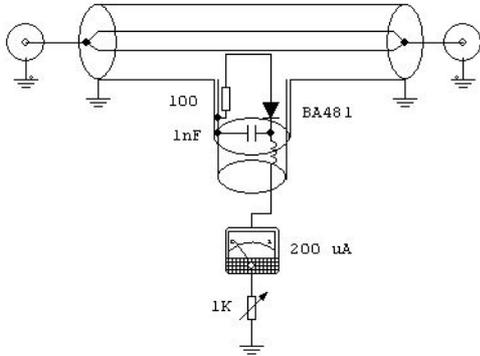
In queste foto, ahimé, abbastanza sfuocate si nota che il diodo è ancora posizionato in posizione centrale, rispetto al tubo.

Il montaggio del diodo così come dalle foto di cui sopra non risulterà poi, alla prova dei fatti, corretto.

Iniziai a fare delle prove comparative sia con il mio precedente ROSmetro che con l'MFJ 269 che Piero ZRH continuava a rendermi disponibile. Ruotando di 180 gradi la sonda, infilata totalmente all'interno del "pipe", per rilevare l'onda riflessa, riuscivo a rivelare dei valori talmente piccoli da farmi gridare al miracolo. Ma questa era solo un'illusione, perché tali valori non si discostavano poi tanto da quelli dell'onda diretta.

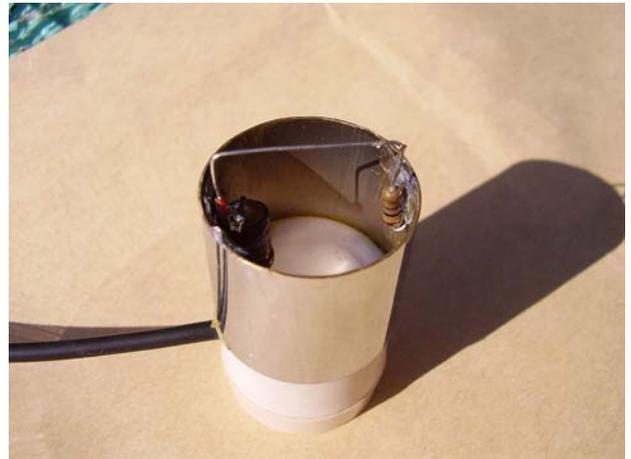
Ragionandoci su mi resi conto che il tratto di conduttore, costituito dal diodo, su cui doveva indursi l'energia riflessa non poteva essere interrotto al suo centro dall'elemento semiconduttore e quindi spostai la sua posizione in modo che un suo reoforo, cortissimo, venisse saldato al condensatore di by-pass, mentre l'altro capo, questa volta della sua totale lunghezza di fabbrica, alla resistenza da 100 ohm. Solo così la tensione prodotta per effetto capacitivo avrebbe avuto valore intero, in quanto il comportamento del diodo, come elemento semiconduttore posto in un'area sottoposta ad energia a radiofrequenza è imprevedibile. A me occorreva, in definitiva, raddrizzare l'intera grandezza, ottenuta globalmente dagli effetti capacitivi ed induttivi.

La fase finale si conclude col chiudere il tubo con una strisciolina di rame, in modo che la continuità interna del “pipe” fosse compromessa il meno possibile, oltre a schermare il diodo dalla radiofrequenza.



Il circuito è esattamente lo stesso del ROSmetro precedente, solo che è dimezzato, e che al posto del microamperometro si può usare anche un Voltmetro Digitale da bancarella, col vantaggio indiscutibile di una maggiore sensibilità e facilità di lettura.

Quelle che seguono sono alcune foto effettuate durante l’evoluzione della sonda.



Nell’ultima immagine qui sopra i due ROSmetri sono collegati uno dietro l’altro, durante le prove comparative.

Come si usa poi questo ROSmetro ?

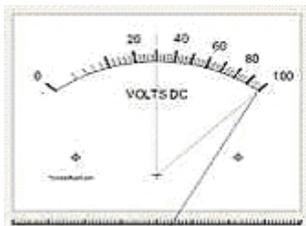
Semplicemente come si usa il famoso Bird e i suoi simili: lo si collega sulla linea di alimentazione dell'antenna e se questa è in fase di costruzione e taratura, lo si sistema il più vicino possibile al suo punto di alimentazione.

Si immette in linea la minor potenza possibile, tale però da far lavorare il diodo rivelatore abbastanza fuori del "ginocchio" della sua curva caratteristica e, con la sonda ("tappo" nel Bird) in posizione "Forward" si prende nota dell'indicazione dello strumento.

Si ruota quindi la sonda di 180 gradi e si prende la nuova rilevazione, si fa il rapporto fra i due valori e o attraverso uno dei tanti abachi a disposizione , ad esempio su

<http://www.minicircuits.com/pages/pdfs/dg03-111.pdf> , oppure tramite la tabella riportata nella pagina seguente, si ricava il valore di ROS.

Se avete intenzione di utilizzare uno strumento analogico per disegnare la scala, sappiate che la scala relativa al ROS è logaritmica e quindi potete prendere queste come esempio:



Come si può notare, in tutte le immagini il valore "3" è circa a metà scala.

Se invece preferite tracciare i valori esatti, ovvero molto più rispondenti ai teorici, vi occorre innanzi tutto un ottimo carico da 52 ohm di riferimento per verificare che il valore di onda riflessa si avvicini il più possibile al valore teorico di 1:1 . Questo sarà alquanto raro, considerato che le nostre costruzioni difficilmente raggiungono un valore di reiezione, per quanto attiene la direzionalità, di 30 dB. A questo punto, usando i riferimenti sugli abachi su citati del SWR rispetto alla potenza diretta e riflessa, potete anche qui tracciare una scala teorica.

Assai più utile, specie se si usa un Voltmetro Digitale, è questo particolarissimo Regolo Calcolatore circolare che ho scoperto su uno dei siti più visitati dagli appassionati di autocostruzione : Pianeta Radio.

<http://www.pianetaradio.it/tecnica/regolo.htm>



Lo strumento è un regolo progettato da [Patrick TKSEP](#) e da lui disegnato con il software Galva. Consente di calcolare rapidamente e con sufficiente precisione diverse grandezze utilizzate quando si lavora con i circuiti a RF o con le antenne. Sulla parte esterna presenta due scale logaritmiche per la potenza, con un range totale di 40dB da 0.1 a 1000 Watt.

Tuttavia queste possono essere opportunamente scalate a mente per misurazioni in un range differente. Il gain e return loss sono indicati nella scala disegnata nella parte superiore della finestrella, nella parte inferiore vi è la scala dell'SWR. Vi invito a visitare questo sito per scaricare l'articolo per capire come costruirlo ed utilizzarlo.

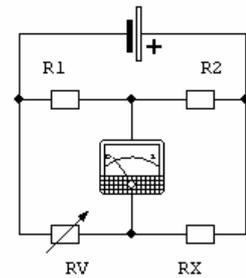
Qui di fianco è disponibile una tabella che mostra il ROS (VSWR) in funzione del rapporto fra le potenze diretta e riflessa sulla linea di trasmissione. Questa permette inoltre di ottenere direttamente il valore di ROS se si regola il potenziometro per un fondo scala di valore unitario quando si misura l'onda diretta.

VSWR	P
1	0.000
1.1	0.048
1.2	0.091
1.3	0.130
1.4	0.167
1.5	0.200
1.6	0.231
1.7	0.259
1.8	0.286
1.9	0.310
2	0.333
2.1	0.355
2.2	0.375
2.3	0.394
2.4	0.412
2.5	0.429
2.6	0.444
2.7	0.459
2.8	0.474
2.9	0.487
3	0.500
4	0.600
5	0.667
6	0.714
7	0.750
8	0.778
9	0.800
10	0.818

A questo punto quasi tutti gli strumenti che mi sono costruito per il collaudo delle antenne ve li ho descritti: rimane solo un ultimo, al momento: il Ponte di misura.

Tutti conosceranno il Ponte di Wheatstone, perché questo è uno delle basi di molti strumenti di misura: io ne ho applicato il principio, e molti altri lo hanno fatto come me, sostituendo ad uno dei quattro bracci, l'antenna.

Si parte dallo schema di base: R1 e R2 sono rigorosamente uguali; RV è costituita da una resistenza variabile con scala graduata in ohm, mentre RX rappresenta la nostra incognita.

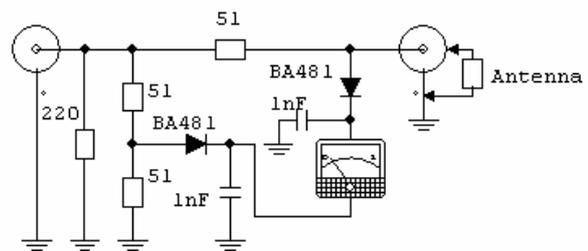


Se si ragiona sullo schema, si intuisce che quando RV è di valore uguale a RX, la tensione ai capi dello strumento è zero. Ciò evidenzia che il ponte è in condizione di bilanciamento.

Normalmente il Ponte di Wheatstone è disegnato in modo diverso, con le resistenze inclinate a 45 gradi, a formare un rombo, ma il circuito è lo stesso.

Immaginiamo ora di doverlo utilizzare in radiofrequenza: la sorgente (batteria) verrà sostituita dal nostro generatore, mentre occorrerà rettificare la radiofrequenza per poterla misurare.

Ecco quindi lo schema:



Questa volta la resistenza RX è rappresentata dalla nostra antenna e lo strumento è possibilmente a zero centrale: esso evidenzierà un valore < zero se l'impedenza dell'antenna è inferiore a 50 ohm, mentre > zero se superiore.

Purtroppo questo circuito non è in grado di stabilire il valore complesso della Z_x , se essa è capacitiva o induttiva: solo quindi il valore complessivo della impedenza.

Una verifica di tale concetto l'ho effettuata collegando questo ponte ad un dipolo aperto per i 144 MHz tramite un cavo lungo lambda mezzi elettrici, ovvero 68 cm. Questo allo scopo di far vedere al ponte esattamente l'impedenza del dipolo. Variando la frequenza in più o in meno rispetto alla frequenza di risonanza, la misurazione si è discostata dallo zero, anche se questa indicazione iniziale è alquanto approssimativa, salendo rapidamente verso valori positivi.

Per la realizzazione di questo semplicissimo ponte di misura, allo scopo di ridurre al minimo l'induttanza dei collegamenti, per la connessione fra connettore di ingresso e quello di uscita, ho usato una bandella di rame piegata in modo tale che all'interno di essa fosse alloggiata la resistenza da 51 ohm, ad impasto, quasi a rappresentare una continuità del cavo coassiale. Ai suoi due estremi sono saldati, con collegamenti cortissimi, gli altri elementi del circuito.

E' bene ricordare che molte delle misure effettuate con gli strumenti sopra descritti possono risultare falsate dalla presenza di una lunghezza non indifferente di cavo coassiale. Tanto più corta è essa e tanto più veritiera è la misura.

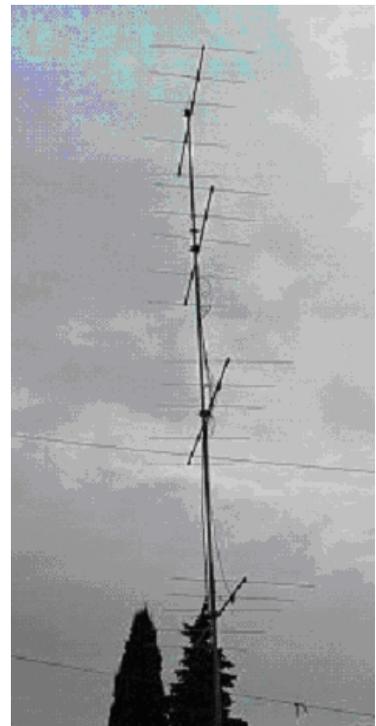


Il ROS effettivo, quindi le perdite, lungo la linea non cambia, ma l'indicazione si. Queste possono essere possibili cause di false indicazioni:

- a) Il cavo è collegato ad una antenna dall'alimentazione bilanciata: in questo caso anche la calza sta irradiando, anch'essa, energia
- b) si sta analizzando un antenna ad elementi multipli come una Yagi oppure una multibanda
- c) il cavo ha delle perdite sensibili

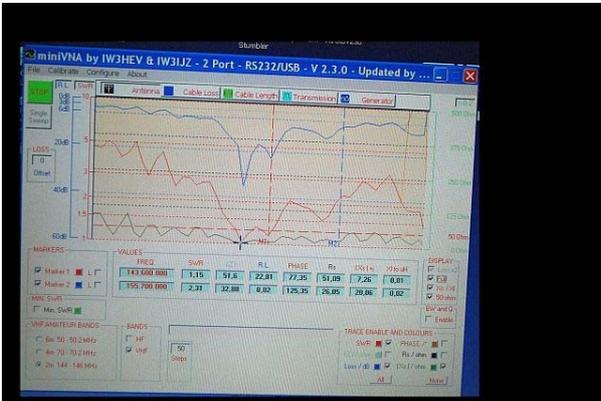
La modifica del sistema delle antenne è andato poi a buon fine, ma utilizzando per i dipoli l'accoppiamento a Gamma Match in luogo dell'Hairpin. Il sistema, composto da quattro antenne sovrapposte a 1,80 m di distanza l'una dall'altra, è stato utilizzato nel Contest delle Sezioni VHF 2010, con risultati paragonabili a quelli ottenuti da una Yagi a 17 elementi, ma con il vantaggio di avere un lobo orizzontale decisamente più ampio.

La propagazione, tipicamente invernale, e la postazione scelta per le prove non ci ha permesso niente di più significativo, ma a noi interessava essenzialmente il test comparativo dell'antenna.



Soddisfatto di questi risultati, verificati con strumenti ufficiali, vi ringrazio per l'attenzione, dandovi appuntamento alla mia prossima realizzazione.

73, Roberto IK0BDO.



Utilissimi riferimenti:

<http://www.arrl.org/tis/info/pdf/0705057.pdf>

<http://www.smeter.net/feeding/swr-meter-design.php>

<http://digilander.libero.it/hamweb/risorse/rosmetri.pdf>

<http://digilander.libero.it/hamweb/risorse/rosmetri.pdf>

<http://pe2er.nl/swrbridge/NLindex.htm>

<http://www.arrl.org/tis/info/pdf/0705057.pdf>