



Il R.O.S. questo sconosciuto.

di **IZ3MEG, Andrea Furlanis** (IZ3MEG@furel.it)

Ver.1.4 -19.12.2009

Non ha importanza da quanto tempo tu sia radioamatore o da quanto tempo ti occupi di radiotrasmissioni, prima o poi sarai stato sicuramente coinvolto in qualche discussione relativa al R.O.S. (Ritorno di Onde Stazionarie) di un sistema d'antenna.

Si trovano molte informazioni sul ROS, anche su internet, così come molte idee sbagliate su che cosa sia che cosa significhi.

Cercherò brevemente di fare un po' di chiarezza.

Il più comune malinteso probabilmente è che il ROS debba essere il più vicino possibile a 1,0:1, altrimenti "non si esce bene". Se da una parte è vero che un ROS di 1,0:1 implica una perfetta corrispondenza tra le impedenze di tutti gli elementi del sistema di antenna e quindi fa presumere un ottimo funzionamento dell'impianto d'aereo, dall'altra è altresì vero che è possibile leggere un ROS bassissimo, ma avere ugualmente dei gravi problemi nel sistema d'antenna.

Se, per assurdo, colleghiamo un carico fittizio al rosmetro, oppure se riduciamo a zero la potenza del trasmettitore otteniamo comunque un ROS 1,0:1 ma in entrambi i casi non riusciremo a trasmettere.

Un altro luogo comune, in linea di principio sbagliato, è che il ROS troppo alto possa causare interferenze alla televisione (effetto TVI), o altri problemi indesiderati. La correlazione tra i due eventi non è né così diretta né tanto meno così probabile. Il concetto di "ritorno di onde stazionarie" è abbastanza semplice da capire, e la sua importanza in un sistema di antenne è fondamentale.

Perché esiste il ROS?

Già sappiamo che per poter trasferire la massima potenza da un generatore ad un carico, è richiesto che il carico stesso abbia una impedenza pari a quella del generatore. L'eventuale differenza o i disadattamenti di questa impedenza, fanno sì che non si riesca ad ottenere il miglior trasferimento di energia.

Ciò è vero per le antenne e per i trasmettitori, eccezion fatta per alcuni palmari, in cui, l'antenna non è collegata direttamente al trasmettitore ma disaccoppiata.

L'antenna si trova di solito ad una certa distanza dal trasmettitore e richiede quindi una linea di alimentazione per il trasferimento del segnale fino ad essa. Se la linea di alimentazione, detta anche conduttore di discesa o calata, non ha alcuna perdita ed ha impedenza uguale sia a quella d'uscita del trasmettitore che a quella d'ingresso dell'antenna, allora, e solo allora, tutta la potenza giungerà all'antenna. In questo caso il ROS sarà di 1,0:1 e quindi l'andamento della tensione e della corrente saranno costanti per tutta la lunghezza del cavo di alimentazione. Qualunque scostamento da questa situazione provocherà un aumento delle onde stazionarie, e quindi della tensione e della corrente riflesse presenti sulla linea.

Ci sono vari metodi per descrivere e misurare gli effetti del ROS, iniziamo dicendo che le terminologie tecniche come: coefficiente di riflessione (reflection coefficient), potenza riflessa (reflected power), perdita di potenza (power loss), ed altre, possono a prima vista trarre in inganno, ma non sono concetti difficili da capire, dato che spesso sono solo modi diversi per indicare una stessa cosa.

La percentuale di potenza in uscita dallo stadio finale che viene riflessa indietro verso il trasmettitore da un'antenna disadattata è chiamata "potenza riflessa" ed è determinata dal coefficiente di riflessione all'antenna. Il coefficiente di riflessione "**p**" (questo simbolo è la lettera greca "r" e si pronuncia "ro") è semplicemente la misura di questo disadattamento d'impedenza rilevato tra l'antenna ed il conduttore che la alimenta, ed è pari a:

$$p = (Z_1 - Z_0) / (Z_1 + Z_0)$$

dove **Z₁** è l'impedenza dell'antenna e **Z₀** è l'impedenza della linea di alimentazione. Entrambi, **Z₁** e **Z₀** sono numeri complessi, quindi anche **p** sarà un numero complesso.

Ricordiamo che in matematica, un numero complesso dispone di un "angolo di fase" ad esso associato. Applicato al nostro caso quindi, la fase del segnale riflesso sarà anticipata oppure ritardata a seconda se l'antenna verrà vista dalla linea di alimentazione come un carico induttivo o capacitivo. Se l'antenna apparirà induttiva, la fase della tensione sarà anticipata, e se l'antenna apparirà come capacitiva, la



Il R.O.S. questo sconosciuto.

di **IZ3MEG, Andrea Furlanis** (IZ3MEG@furel.it)

Ver.1.4 -19.12.2009

fase della tensione sarà ritardata. Il segnale riflesso dall'antenna che ritorna al trasmettitore si sommerà comunque al segnale incidente.

Pertanto, qualsiasi squilibrio esistente tra linea e antenna, genera un'onda riflessa che viaggia nel conduttore in direzione opposta a quella incidente. Quando $Z_1 = Z_0$, il coefficiente di riflessione ρ è pari a zero e non vi è quindi alcun segnale riflesso. In questo caso, tutta la potenza viene irradiata dall'antenna, questa è la situazione ideale in cui il ROS è al minimo, 1,0:1. Il problema è che questa condizione avviene molto raramente e quindi il nostro " ρ " avrà quasi sempre un valore diverso da zero. Si noti che " ρ " può avere anche valori negativi, ma nel calcolo del ROS il coefficiente di riflessione ρ viene usato il solo valore assoluto, verrà quindi indicato come modulo $|\rho|$ e cioè un valore positivo compreso tra 0 e 1.

Le due onde che viaggiano nel conduttore, transitano una in direzione opposta all'altra, generando un modello di interferenza chiamato "onda stazionaria" (standing wave). In alcuni punti sulla linea di alimentazione si sommeranno le tensioni delle onde opposte producendo una tensione più alta, in altri casi, la loro differenza di fase provocherà un abbassamento della tensione sul cavo. Questi punti di aumento e di diminuzione si verificheranno a $\frac{1}{4}$ d'onda di distanza gli uni dagli altri.

Agli albori della radiotecnica, quando le linee di alimentazione erano dei conduttori singoli, aperti, non schermati, questi punti sarebbero stati facilmente misurabili con semplici indicatori. Il cavo coassiale quindi, ha introdotto un nuovo problema, in quanto il conduttore centrale non è immediatamente disponibile per effettuare le misurazioni. Ne viene di conseguenza che le misurazioni di ROS su conduttori coassiali sono di solito effettuate all'uscita del trasmettitore, si presenterà pertanto allo strumento il ROS di tutta la linea, che comprende quindi tutte le perdite connesse con l'intero sistema.

Come interpretare al meglio quanto letto fin qui:

Molti rosmetri sono tarati per leggere tanto la potenza diretta così come quella riflessa. Misurano in parole povere la tensione, e la visualizzano semplicemente su di una scala tarata in potenza. La cosa fondamentale è capire che cosa in realtà ci indica lo strumento.

Se assumiamo per il momento che il rosmetro non contribuisca ad inserire errori nella misura, la lettura relativa all'onda diretta (ForWard) sarà il risultato di somma tra la potenza inviata all'antenna e la potenza da essa riflessa, sfasata, ma con lo stesso segno di quella diretta.

Il risultato evidenziato dalla lancetta sarà quindi la somma tra potenza diretta e potenza riflessa ma con la stessa polarità, in un preciso istante determinato dalla lunghezza del cavo tra l'antenna ed il rosmetro.

La lettura della potenza riflessa (REFlected) invece ci dirà la quantità di potenza non irradiata dall'antenna, che ritorna attraverso la linea di alimentazione verso il trasmettitore. Sul connettore di uscita del generatore, l'onda riflessa dall'antenna incontra il circuito di uscita dell'apparato trasmittente e viene nuovamente riflessa verso l'antenna. Ciò accade poiché anche qui vi è un disadattamento di impedenza e quindi un ROS superiore a 1,0:1 verso il trasmettitore. Quando la re-riflessione di ritorno incontra nuovamente l'antenna, una parte di essa viene assorbita e l'intero ciclo inizia di nuovo fino allo smorzamento completo del segnale.

In definitiva quindi, la maggior parte del segnale viene comunque assorbito dall'antenna.

Si potrebbe essere tentati di pensare che tutto questo rimbalzare avanti e indietro sul conduttore di alimentazione provochi effetti di evanescenza o di offuscamento del segnale, ma non è così. La media del segnale trasmesso appare come uno "stato stazionario" del segnale alla linea di alimentazione ed all'antenna ad essa collegata.

Bisogna tener ben presente che il segnale si muove nel conduttore ad una velocità significativa. Ad esempio, la velocità di propagazione del segnale nel cavo RG-8 / A è di 0,66 ovvero $\frac{2}{3}$ della velocità della luce. La velocità della luce, sappiamo, è circa 300.000km/s. Se la velocità della luce fosse di 20km/h la situazione sarebbe completamente diversa e, probabilmente, tra echi e rimbalzi non avremmo del tutto le radio trasmissioni!



Il R.O.S. questo sconosciuto.

di **IZ3MEG, Andrea Furlanis** (IZ3MEG@furel.it)

Ver.1.4 -19.12.2009

Dato che nella realtà, quasi tutta la potenza che viene immessa nella linea di alimentazione raggiunge e viene assorbita dall'antenna, sorge spontaneo chiedersi: ma perché allora il ROS è così importante?

L'importanza è dovuta al fatto che linee di alimentazione hanno delle perdite e le antenne hanno una loro efficienza di radiazione. Questi parametri, sono ciò che rende l'interpretazione corretta del ROS, molto importante. Un po' di potenza viene persa a causa dell'attenuazione del cavo, questa perdita cresce parallelamente man mano che il ROS sale.

L'efficienza di una antenna è determinata dal rapporto tra la sua resistenza all'irradiazione e la sua resistenza delle perdite. L'efficienza di un'antenna può semplicemente essere descritta dalla seguente equazione:

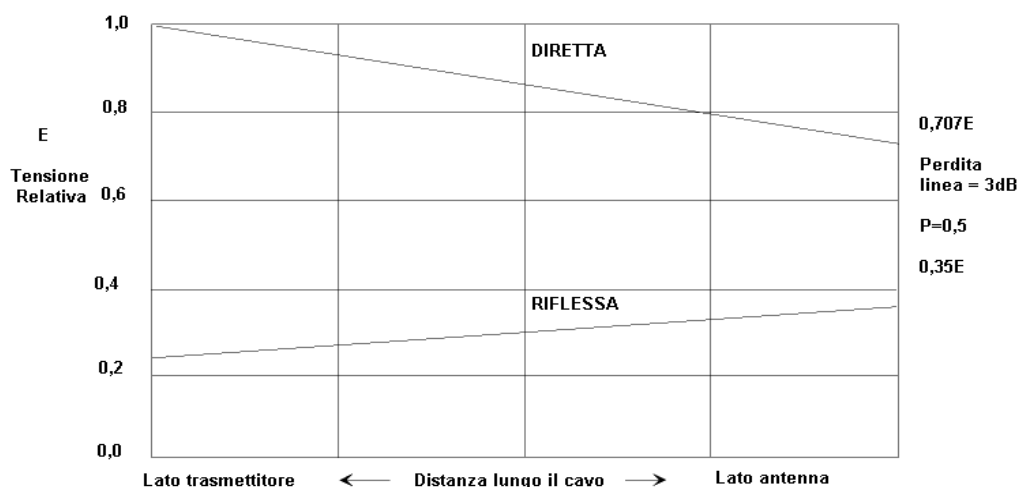
$$\% \text{ di Efficienza} = [R_i / (R_i + R_p)] \times 100$$

dove la R_i è la resistenza all'irradiazione mentre R_p è la resistenza delle perdite che è costituita da eventuali perdite d'antenna come bobine di carico e sistemi di terra. Il risolvere al meglio questi problemi è legato quindi al limitare il più possibile le perdite sulle antenne, ed usare antenne più efficienti che migliorino il ROS come mostra il seguente esempio:

Gli effetti delle attenuazioni sul ROS:

All'inizio di queste pagine ho scritto che il ROS può sembrare molto basso, ma ci potrebbero essere comunque gravi problemi con l'antenna e con tutto il sistema. La Figura 1 mostra come ciò possa accadere.

Le curve in figura rappresentano la tensione del segnale diretto e di quello riflesso su una antenna che ha una linea di alimentazione con una perdita di 3dB ed un coefficiente di riflessione $\rho=0,5$. In questo esempio, il valore reale di tensione è inventato e può essere considerato **E**. In ogni caso noi siamo interessati solo a valori relativi di **E**. La lunghezza del conduttore di alimentazione è anch'essa arbitraria, in quanto noi siamo interessati solo alla sua perdita totale, fra il trasmettitore e l'antenna.





Il R.O.S. questo sconosciuto.

di **IZ3MEG, Andrea Furlanis** (IZ3MEG@furel.it)

Ver.1.4 -19.12.2009

Figura 1 - Gli effetti della perdita di linea sull'ampiezza del segnale

La tensione del segnale **E** inizia a pieno valore (**1,0E**) sulla linea di alimentazione ed è attenuato di 3dB. Ciò significa che la tensione diventerà il 71% ovvero **0,707E** quando si raggiunge il terminale dell'antenna. Bisogna ricordare che, mentre 3dB è un fattore di due per le considerazioni sulla potenza, la potenza è proporzionale a **E²**, di conseguenza **E** sarà solo **0,71E** quando arriverà all'ingresso dell'antenna. La parte superiore della curva in Figura 1 mostra la tensione diretta in calo mentre viaggia verso l'ingresso dell'antenna.

Dal momento che l'antenna in questo esempio, ha un coefficiente di riflessione **p** di 0,5, ciò significa che ½ della tensione diretta sarà riflessa indietro nel cavo. Questo valore è di (**0,5 x 0,71E**) **0,35E** Volt. Il conduttore di alimentazione non fa distinzioni sulla direzione dei segnali in transito, quindi il valore di tensione riscontrato subirà la stessa attenuazione di 3dB come nel viaggio di andata, anche nel ritorno nel conduttore. Quando arriverà di nuovo al trasmettitore, all'altro lato del cavo, il suo valore sarà (**0,71 x 0,35E**) **0,25** Volt. Il rosmetro legge questo valore e lo darà come risultato indicato dalla lancetta:

$$ROS = (E_{dir} + E_{rif}) / (E_{dir} - E_{rif}) = 1,67:1$$

Tale valore di ROS farebbe felici tutti i radioamatori, ma la vostra antenna però, non sarebbe certo un buon sistema radiante, poiché i 3dB di perdita della linea di alimentazione significano che solo metà della potenza di uscita del vostro trasmettitore raggiungerà l'antenna e se, come ipotizzato, l'antenna ha ulteriori perdite significative, la potenza irradiata sarà ancora inferiore, a seconda di quanto gravi sono le perdite.

Se ipotizziamo che la perdita dovuta al ritorno di onde stazionarie è pari alla resistenza di irradiazione, l'antenna ha una efficienza del 50%, il che significa che solo ¼ della potenza d'uscita del trasmettitore sarà effettivamente irradiata dall'antenna. Eppure, la lettura di 1,67:1 era buona! Una riflessione: **p=0,5**, significa che l'impedenza dell'antenna non è ben adattata alla linea di alimentazione, ma il ROS può essere calcolato anche partendo dal coefficiente di riflessione come nella seguente equazione:

$$ROS = (1 + p) / (1 - p) \text{ da cui } (1 + 0,5) / (1 - 0,5) = 1,5 : 0,5 = 3 : 1$$

Utilizzando questa formula vediamo che il ROS in antenna è invece 3,0:1, ed è un valore molto diverso dal 1,67:1 rilevato dal rosmetro! Notiamo quindi come la differenza di valori di ROS tra l'onda diretta e l'onda riflessa, è dovuta alle perdite introdotte dalla linea di alimentazione. La Figura 2 ci mostra come questo può causare una lettura di ROS falsata a seconda se viene effettuata la misura direttamente all'antenna o in una linea di alimentazione. È quindi molto meglio misurare il ROS direttamente sotto l'antenna, ma di solito è poco pratico da realizzare.

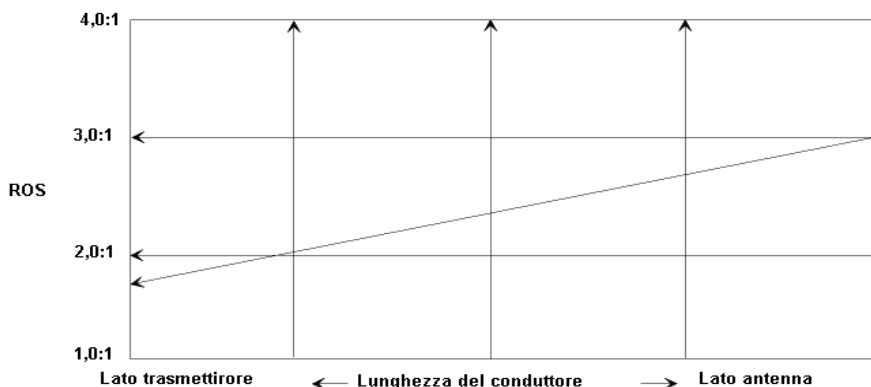


Figura 2 - Gli effetti delle perdite di linea sul ROS



Il R.O.S. questo sconosciuto.

di **IZ3MEG, Andrea Furlanis** (IZ3MEG@furel.it)

Ver.1.4 -19.12.2009

E' anche possibile usare un conduttore lungo esattamente $\frac{1}{2}$ lunghezza d'onda o un multiplo di essa per la linea coassiale tra il vostro rosmetro e l'antenna, poiché con una lunghezza pari a $\frac{1}{2}$ onda o a un suo multiplo, il cavo ripete esattamente la stessa impedenza che vede sull'altro capo. L'unico problema è che stiamo introducendo altri possibili elementi spuri nelle misurazioni. Supponiamo che il ROS misurato sul cavo di alimentazione d'antenna sia ragionevolmente vicino a quello che è effettivamente presente sulla linea di alimentazione, e che le perdite del cavo non siano significative. L'interrogativo che ancora rimane è: "E' giusta o sbagliata la lettura del ROS? ".

ROS e potenza trasmessa.

Supponiamo di avere un'antenna efficiente, alimentata con una linea a bassa perdita, in modo che il rosmetro collegato al trasmettitore dia una lettura di 1,65:1. Se le cose stanno così, non c'è alcun motivo reale per cercare di ridurre il ROS, in pratica, le stesse ragioni varrebbero se la lettura fosse stata di 2,0:1.

La Figura 3 è una tabella che mostra la comparazione della perdita di ritorno (dB), della potenza riflessa (%), e della perdita di potenza (dB) a vari valori di ROS. La perdita di ritorno (return loss) è legata al coefficiente di riflessione con l'equazione:

$$\text{Perdita di ritorno (Return Loss)} = -20\log_{10}(\rho)$$

Questo è semplicemente un altro modo di misurare il ROS. Vediamo come ad esempio, con un ROS perfetto di 1,0:1 non ci sarebbe nessuna potenza riflessa e di conseguenza la perdita di ritorno sulla linea di alimentazione (in dB) sarebbe infinita. Un corto circuito o un circuito aperto in antenna sono le peggiori ipotesi verificabili, in questi casi, il coefficiente di riflessione sarebbe $\rho=1.0$ cioè tutta la potenza incidente viene riflessa e nulla viene irradiato, con una perdita sulla linea di alimentazione di 0dB. Questo è ciò a cui si riferisce la colonna "perdita di ritorno" (Return Loss dB).

Le colonne più significative della Figura 3 sono la percentuale di potenza riflessa (Reflected Power %) e la perdita di trasmissione (Transmission loss dB) in quanto forniscono una risposta alla nostra precedente domanda, cioè se valeva la pena di tentare un'ulteriore riduzione del ROS.

La figura 3 mostra che, per un ROS di 1,65:1 la potenza riflessa e quindi non irradiata, è solo il 6,2% della potenza incidente e la perdita di potenza in trasmissione è di soli 0,27dB. In termini più familiari, se si tiene conto che una tacca di S-unit sullo S-meter equivale a 6dB, avremo che il valore di 0,27dB di perdita è solo $\frac{1}{22}^{\circ}$ di una S-unit. Un ROS di 1,5:1 costituisce una riduzione di solo 0,09dB di perdita di potenza in trasmissione. Come si intuisce, tutto questo non vale lo sforzo necessario per conseguire tale minuscolo aumento di potenza.



Il R.O.S. questo sconosciuto.

di *IZ3MEG, Andrea Furlanis* (IZ3MEG@furel.it)

Ver.1.4 -19.12.2009

Figura 3

ROS	Perdita di ritorno dB	% Potenza riflessa	Perdita di trasm. dB	ROS	Perdita di ritorno dB	% Potenza riflessa	Perdita di trasm. dB
1.00	∞	0.000	0.000	1.38	15.9	2.55	0.112
1.01	46.1	0.005	0.0002	1.39	15.7	2.67	0.118
1.02	40.1	0.010	0.0005	1.40	15.55	2.78	0.122
1.03	36.6	0.022	0.0011	1.41	15.38	2.90	0.126
1.04	34.1	0.040	0.0018	1.42	15.2	3.03	0.132
1.05	32.3	0.060	0.0028	1.43	15.03	3.14	0.137
1.06	30.7	0.082	0.0039	1.44	14.88	3.28	0.142
1.07	29.4	0.116	0.0051	1.45	14.7	3.38	0.147
1.08	28.3	0.144	0.0066	1.46	14.6	3.50	0.152
1.09	27.3	0.184	0.0083	1.47	14.45	3.62	0.157
1.10	26.4	0.228	0.0100	1.48	14.3	3.74	0.164
1.11	25.6	0.276	0.0118	1.49	14.16	3.87	0.172
1.12	24.9	0.324	0.0139	1.50	14.0	4.00	0.18
1.13	24.3	0.375	0.0160	1.55	13.3	4.8	0.21
1.14	23.7	0.426	0.0185	1.60	12.6	5.5	0.24
1.15	23.1	0.488	0.0205	1.65	12.2	6.2	0.27
1.16	22.6	0.550	0.0235	1.70	11.7	6.8	0.31
1.17	22.1	0.615	0.0260	1.75	11.3	7.4	0.34
1.18	21.6	0.682	0.0285	1.80	10.9	8.2	0.37
1.19	21.2	0.750	0.0318	1.85	10.5	8.9	0.40
1.20	20.8	0.816	0.0353	1.90	10.2	9.6	0.44
1.21	20.4	0.90	0.0391	1.95	09.8	10.2	0.47
1.22	20.1	0.98	0.0426	2.00	09.5	11.0	0.50
1.23	19.7	1.08	0.0455	2.10	09.0	12.4	0.57
1.24	19.4	1.15	0.049	2.20	08.6	13.8	0.65
1.25	19.1	1.23	0.053	2.30	08.2	15.3	0.73
1.26	18.8	1.34	0.056	2.40	07.7	16.6	0.80
1.27	18.5	1.43	0.060	2.50	07.3	18.0	0.88
1.28	18.2	1.52	0.064	2.60	07.0	19.5	0.95
1.29	17.9	1.62	0.068	2.70	06.7	20.8	1.03
1.30	17.68	1.71	0.073	2.80	06.5	22.3	1.10
1.31	17.4	1.81	0.078	2.90	06.2	23.7	1.17
1.32	17.2	1.91	0.083	3.00	06.0	24.9	1.25
1.33	17.0	2.02	0.087	3.50	05.1	31.0	1.61
1.34	16.8	2.13	0.092	4.00	04.4	36.0	1.93
1.35	16.53	2.23	0.096	4.50	03.9	40.6	2.27
1.36	16.3	2.33	0.101	5.00	03.5	44.4	2.56
1.37	16.1	2.44	0.106	6.00	02.9	50.8	3.08

Un ulteriore e più approfondito esame della tabella, mostra che un ROS di 2,6:1 comporta solo 1dB circa di perdita di potenza in trasmissione. Ad un ROS molto alto, di 6,0:1 ad esempio, equivale una perdita di soli 3dB in potenza, che corrisponde a ½ tacca di S-unit sullo strumento del ricevitore. Sarà comunque



Il R.O.S. questo sconosciuto.

di **IZ3MEG, Andrea Furlanis** (IZ3MEG@furel.it)

Ver.1.4 -19.12.2009

ancora utilizzabile il trasmettitore, anche se questa è pur sempre una perdita significativa.

In queste pagine avrai notato l'uso del termine "sistema di antenna". La parola "sistema" deve far prestare attenzione ad altre cose oltre al ROS e alla potenza di uscita. Ogni componente del sistema di antenne deve essere ottimizzato per ottenere i migliori risultati. Molti fattori devono essere considerati come le frequenze operative, la richiesta di larghezza di banda del sistema di antenne, l'altezza, la direttività, che possono pregiudicare la sua efficienza. Dal momento che l'altezza dell'antenna, e la frequenza di lavoro determinano sia la lunghezza della linea di alimentazione che le perdite delle interfacce di collegamento, diventano molto importanti.

È possibile autocostruire od acquistare il proprio rosmetro, ma assicuratevi di aver capito quello che misura e che valenza hanno i risultati così ottenuti. Poi, una volta che si è soddisfatti di aver installato un'antenna veramente efficace, alimentata con un conduttore a bassa perdita, si possono dormire sonni tranquilli sapendo che cercare di raggiungere il massimo, 1,0:1 di ROS è solo un surplus. Come regola generale, qualsiasi lettura inferiore a 2,0:1 è sufficiente e probabilmente non vale la pena sforzarsi per raggiungere valori migliori se gli altri elementi del vostro sistema di antenna sono già il meglio che si può avere.

Infine, ma non ultima un'altra osservazione, il rosmetro, come il wattmetro, sono strumenti che misurano il valore di una entità su una linea, ma questo senza tener conto di altri parametri importanti.

Se noi abbiamo un trasmettitore che eroga 10W in fondamentale, 8W in terza armonica e 5W in quinta armonica, il wattmetro misurerà 23W di uscita, ma la potenza utile è solo di 10W, a questo punto però avremo letture sballate anche sul ROS poiché la linea di alimentazione che noi abbiamo calcolato con tanta cura per una lunghezza di $\frac{1}{2}$ onda sulla nostra frequenza "X" sarà invece di lunghezza sbagliata per quella parte di potenza che viene immessa sulla terza armonica, e anche sulla quinta, che produrranno quindi un aumento nella lettura del ROS ma non intaccheranno la quantità di segnale trasmesso.

Per ovviare a questi inconvenienti è utile collegare subito all'uscita del trasmettitore prima di ogni altra cosa, una cavità passa banda tarata sul canale che andremo ad usare con l'antenna in questione, magari solo nel momento del controllo della taratura dell'antenna, questo accorgimento ci eviterà letture errate e perdite di tempo a cercar problemi in antenna che non esistono.

Spero queste mie pagine possano essere d'aiuto a qualcuno, e magari di aver risolto qualche problema che da tempo intaccava la vostra stazione! Come al solito vi indico il mio e-mail a cui inviare le vostre correzioni nel caso aveste trovato errori e i vostri commenti che sono come sempre molto graditi.

73 de IZ3MEG, Andrea Furlanis

Scrivere a: IZ3MEG@furel.it