

Quale è il vostro vero ROS?

In tanti articoli si è parlato dei vantaggi di un basso rapporto di onde stazionarie (ROS).

Anche se si possono ottenere eccellenti risultati con un sistema di trasmissione disadattato, è un fatto accettato che il metodo più semplice per avere buone prestazioni è quello di regolare per il minimo ROS i vari comandi di adattamento.

Ciò è vero specialmente per chi non ha dimestichezza con le sottigliezze della teoria delle linee di trasmissione, poiché molti effetti complessi avvengono nelle linee disadattate e nelle linee risonanti.

*IODP, Corradino Di Pietro**

Una ragione della popolarità del ROS per la misura del rendimento di un sistema di trasmissione è la relativa facilità con cui esso può essere misurato.

Altre ragioni sono la reperibilità e il basso costo dovuto alla enorme produzione di « ROSmetri » per gli amici della CB.

La figura 1 mostra la tipica sistemazione del rosmetro, cioè esso è inserito all'inizio della linea di trasmissione (uscita del TX).

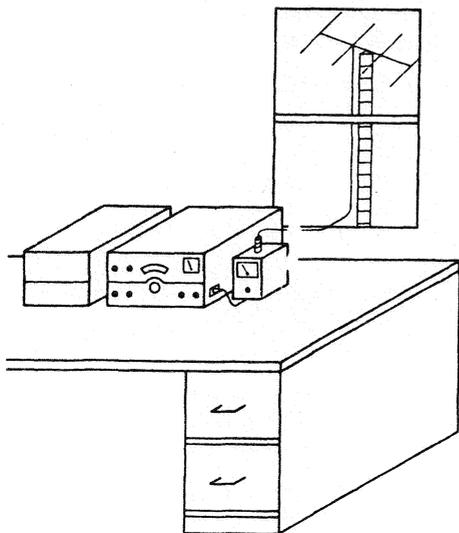


figura 1

Il rosmetro è generalmente collegato all'uscita del TX in serie con la linea di trasmissione.

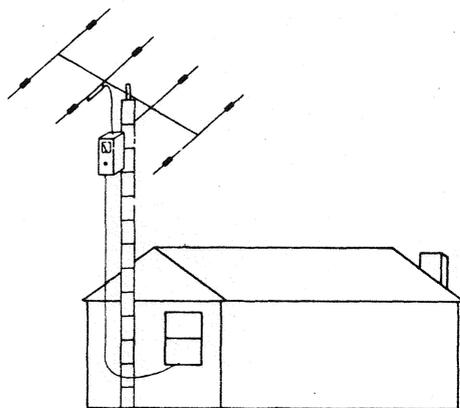


figura 2

Un rosmetro collegato sull'antenna dà indicazioni molto differenti se il cavo di trasmissione ha sensibili perdite.

Quale è il vostro vero ROS?

In questa posizione esso misura il ROS **all'input della linea di trasmissione**. Se la linea fosse perfetta (senza perdita), il ROS misurato in questo punto sarebbe uguale al ROS misurato all'altra estremità della linea, ossia sull'antenna. Le perdite sulla linea, non solo impediscono a tutta la radiofrequenza di raggiungere l'antenna, ma introducono anche un sensibile errore nella misurazione del ROS.

Come vedremo, **il ROS sull'antenna non è necessariamente uguale a quello misurato all'uscita del TX quando la linea di trasmissione ha perdite**.

PERDITE NELLA LINEA DI TRASMISSIONE

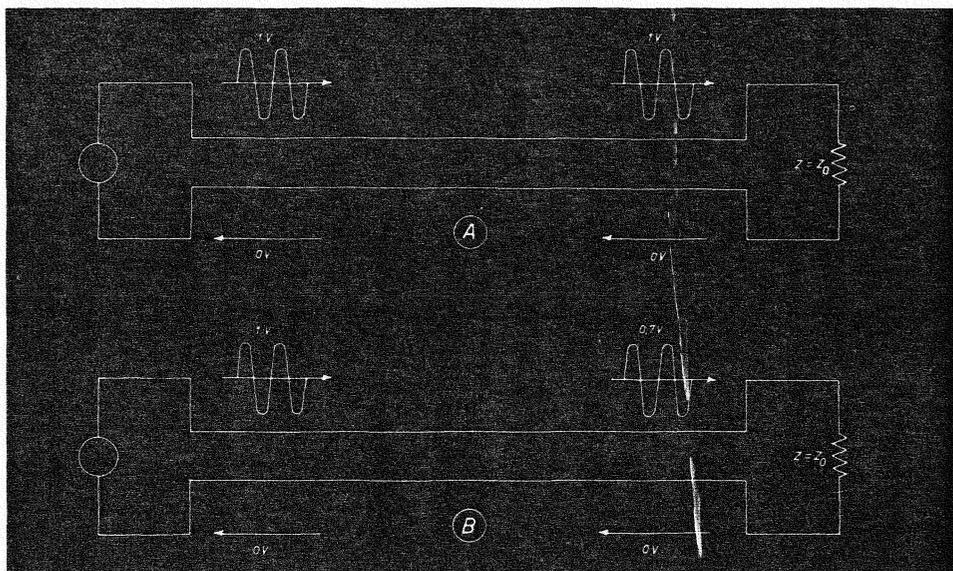


figura 3

Effetti della propagazione dell'onda in una linea di trasmissione adattata.

La linea di trasmissione senza perdite è mostrata in A, mentre B mostra la linea con perdite.

Notare che in entrambi i casi l'impulso incidente è completamente assorbito dal carico, e non si ha tensione riflessa.

La figura 3 chiarisce l'effetto sugli impulsi di tensione in una linea con perdite e in una senza perdite. Entrambe le linee sono chiuse su carico adattato.

$$Z = Z_0$$

Z = impedenza del carico

Z_0 = impedenza caratteristica della linea.

Notare che in entrambi i casi l'impulso incidente è completamente assorbito dal carico e non si ha riflessione.

Il ROS si calcola in ambedue i casi:

V_i = tensione incidente
 V_r = tensione riflessa

$$\text{ROS} = \frac{V_i + V_r}{V_i - V_r}$$

Nell'esempio:

$$\text{ROS} = \frac{1 + 0}{1 - 0} = 1 \text{ oppure } 1 : 1.$$

Per la linea senza perdite la situazione resta invariata all'estremità dove si trova il carico.

Invece per la linea con perdite la tensione incidente sul carico è solo 0,707. Il ROS è:

$$\text{ROS} = \frac{0,707 + 0}{0,707 - 0} = 1.$$

In altre parole **il ROS per una linea adattata è 1 : 1, indipendentemente dal punto della linea dove si fa la misura e dal valore delle perdite della linea.**

CARICO NON ADATTATO

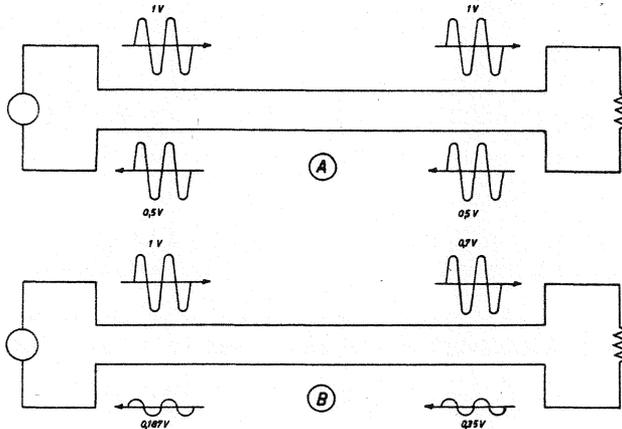


figura 4

Propagazione dell'onda in linee con carico disadattato.

La linea di trasmissione con perdite è mostrata in B.

Per la linea senza perdite il ROS è sempre lo stesso, non importa dove è misurato.

Per la linea con perdite il ROS sembra essere più basso quando è misurato sul TX.

Consideriamo il caso della figura 4 dove il ROS misurato sull'antenna è dato, per la linea con perdite e per quella senza perdite, da:

$$\text{ROS} = \frac{1 + 0,5}{1 - 0,5} = 3 : 1 \quad (\text{senza perdite})$$

$$\text{ROS} = \frac{0,7 + 0,35}{0,7 - 0,35} = 3 : 1 \quad (\text{con perdite}).$$

Quale è il vostro vero ROS?

Il ROS misurato alla sorgente (TX) è molto diverso per la linea con perdita. Rispettivamente si ha:

$$\text{ROS} = \frac{1 + 0,5}{1 - 0,5} = 3 : 1 \quad (\text{senza perdite})$$

$$\text{ROS} = \frac{1 + 0,25}{1 - 0,25} = 1,67 : 1 \quad (\text{con perdite}).$$

Quindi, per la linea senza perdita il ROS è sempre lo stesso e non importa **dove** è misurato. Invece, per la linea con perdite il ROS sembra più basso quando è misurato sul TX. Questo effetto è causato dall'attenuazione addizionale che subisce l'onda riflessa nel suo viaggio di ritorno verso il TX, mentre l'onda incidente è misurata **direttamente alla sorgente**.

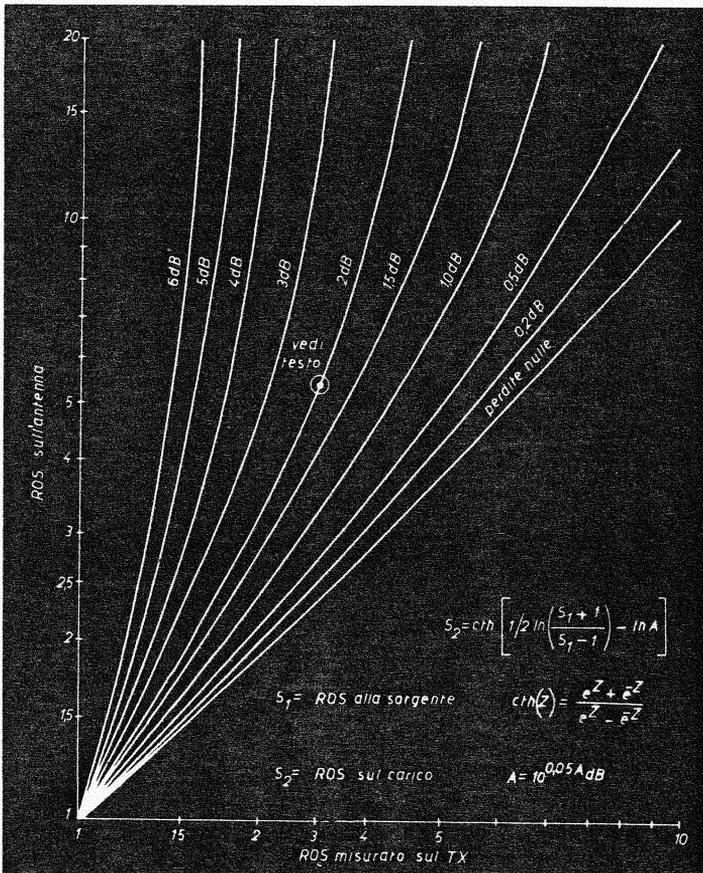


figura 5

ROS sull'antenna in funzione del ROS misurato sul TX, per vari valori di perdita di linea.

La figura 5 mostra il « vero » ROS (segnato sull'asse verticale), rispetto al ROS misurato sul TX, per vari valori di perdita della linea.

In figura 6 si vedono le perdite della linea al variare della frequenza.

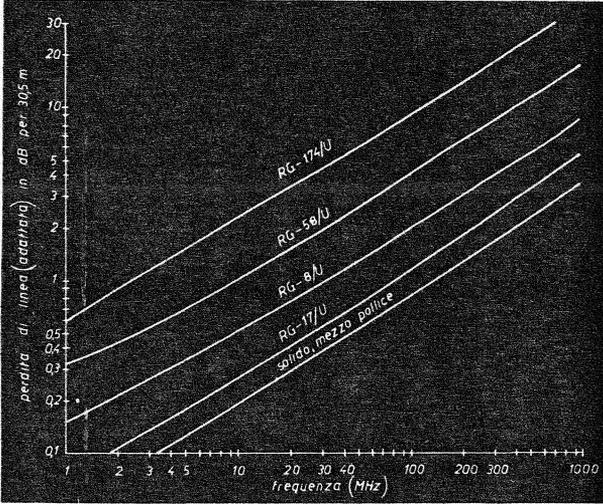


figura 6

Perdita in una linea di trasmissione adattata in funzione della frequenza, per vari tipi di cavo coassiale.

Usando i due grafici si può calcolare il vero ROS sull'antenna basandosi sul ROS misurato sul TX.

ESEMPIO

Consideriamo un'antenna collegata al TX con 61 metri di cavo coassiale RG-8/U. Supponiamo che il ROS « misurato » sia 2,5 a 28 MHz. Dalla figura 6 si desume la perdita di questo cavo (in condizioni adattate) che a questa frequenza è circa 1 dB ogni 30,5 metri. Essendo la lunghezza del cavo dell'esempio 61 metri, la perdita totale sarà 2 dB. Osservando la figura 5, si deduce che il ROS « effettivo » è circa 5,5 dB (vedi cerchietto sulla curva corrispondente a 2 dB di perdita).

CONSEGUENZE

Quali sono le conseguenze dell'errore di misura del ROS?

La prima conseguenza è la diminuzione della potenza massima in watt che il cavo può sopportare (figura 7 a pagina seguente).

Nell'esempio precedente il cavo RG-8/U può sopportare 1.600 W a 28 MHz quando il ROS è 1 : 1, come si può vedere in figura 7. Con il ROS calcolato, cioè quello sull'antenna, la potenza sopportabile del cavo diminuisce a:

$$P_{\max} = \frac{1.600 \text{ W}}{4,2} = 381 \text{ W.}$$

Se invece avessimo fatto il calcolo con il ROS misurato all'input della linea la potenza massima sarebbe apparsa:

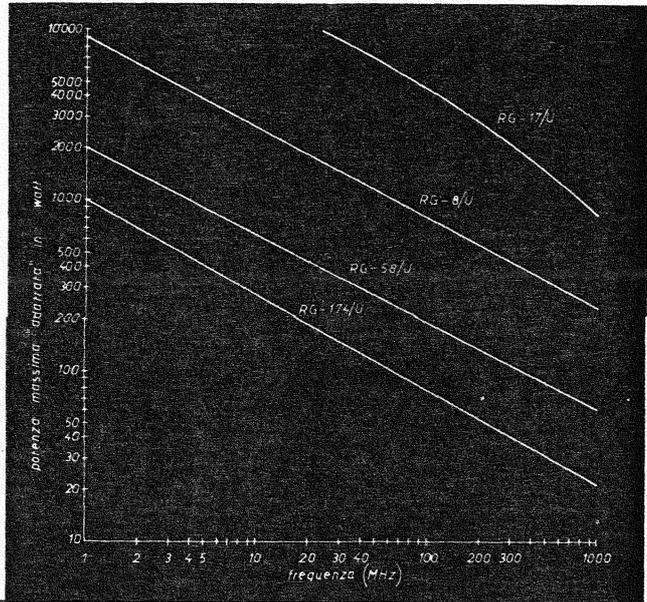
$$P_{\max} = \frac{1.600 \text{ W}}{2,5} = 640 \text{ W.}$$

Come si vede, si sarebbe superato del 60 % la potenza massima sopportabile dal cavo.

Quale è il vostro vero ROS?

figura 7

Potenza in watt massima sopportabile dai vari tipi di cavo coassiale in funzione della frequenza.



PROVE SU ANTENNE

Un altro problema si presenta quando si provano le antenne. Molti OM provano le loro antenne misurando il ROS sul TX, e non sull'antenna. Il risultato è che l'antenna sembra dare prestazioni superiori alla realtà. Sarebbe meglio misurare il ROS sull'antenna o almeno apportare le correzioni, come si è fatto nell'esempio.

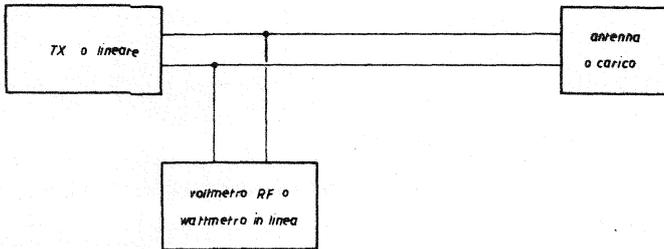


figura 8

Regolando il TX per la massima tensione d'uscita si ha l'«adattamento coniugato», ossia la condizione in cui l'impedenza d'uscita del TX è il «coniugato complesso» dell'impedenza all'input del cavo coassiale.

Si presume questa condizione nelle figure 9 10 11 12

La perdita nella linea di trasmissione è in relazione con il ROS. Consideriamo il caso di un trasmettitore con i comandi Tune e Load regolati per la massima tensione all'ingresso della linea di trasmissione (figura 8).

Abbiamo quello che si chiama « adattamento coniugato », cioè l'impedenza d'uscita del TX è il « complesso coniugato » dell'impedenza input della linea (si veda l'ultimo paragrafo « NOTA FISICO-MATEMATICA »).

LINEA SENZA PERDITE

Nel caso della linea senza perdite, l'onda riflessa viene completamente riflessa di nuovo alla sorgente (al TX) e quindi arriva di nuovo all'antenna. Ogni volta che l'onda arriva all'antenna, una parte viene assorbita e una parte viene riflessa. La parte riflessa viene di nuovo riflessa dalla sorgente, e così via finché l'intera onda viene completamente assorbita dall'antenna.

Poiché la linea non ha perdite, e supponendo una riflessione completa e senza perdita alla sorgente, l'energia viene trasferita all'antenna con un rendimento del 100 % indipendentemente dal fatto che l'antenna sia adattata o no alla linea di trasmissione.

LINEA CON PERDITE

Consideriamo il caso della linea con perdite. Nel caso di carico adattato la perdita è soltanto quella dovuta alla linea di trasmissione. Nel caso di carico non adattato, la situazione è differente. Ogni volta che l'onda è riflessa e viaggia lungo la linea, essa diventa più piccola in ampiezza di un valore corrispondente alla perdita della linea di trasmissione. Così, anche con il TX in condizioni di adattamento coniugato, soltanto una parte dell'onda « riflessa di nuovo » giunge all'antenna, e diventa sempre più piccola per ogni viaggio. In altre parole, oltre alle perdite di linea della « prima volta » (primo viaggio dal TX all'antenna), si hanno perdite addizionali dovute alle riflessioni.

La figura 9 mostra l'effettiva perdita di linea per vari valori di ROS misurati all'antenna.

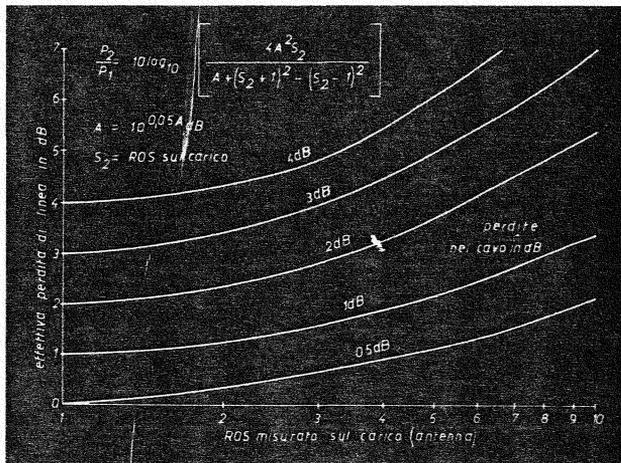


figura 9

Effettiva perdita di linea in funzione del ROS misurato sull'antenna, per varie perdite del cavo.

Quale è il vostro vero ROS?

La figura 10 mostra la stessa cosa ma per valori di ROS misurati al TX.

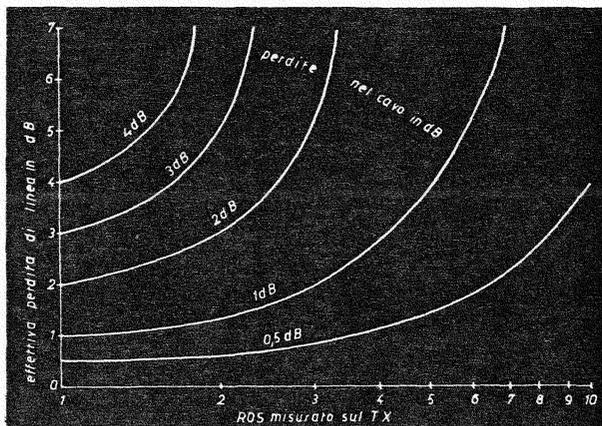


figura 10

Effettiva perdita sulla linea in funzione del ROS misurato sul TX per varie perdite del cavo.

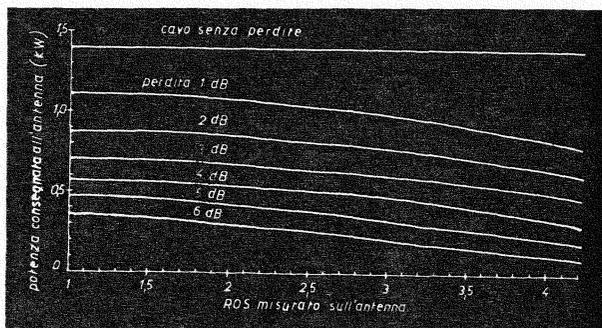


figura 11

Potenza consegnata all'antenna in funzione del ROS misurato sull'antenna per varie perdite del cavo.

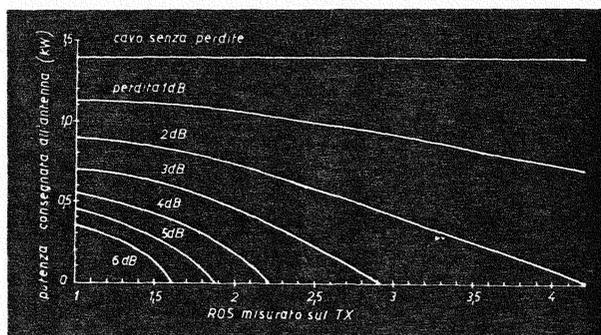


figura 12

Potenza consegnata all'antenna in funzione del ROS misurato sul TX per varie perdite del cavo.

Le figure 11 e 12 indicano la potenza consegnata all'antenna da un lineare da 2 kW sintonizzato per la massima tensione all'input della linea. La fi-

gura 11 si riferisce al ROS in antenna per varie perdite di linea, mentre la figura 12 si riferisce al ROS sul TX. Per esempio, con una perdita di linea di 2 dB, soltanto 450 W sono consegnati all'antenna con un ROS di 3 : 1 misurato all'uscita del lineare.

PERDITA DI DISADATTAMENTO

Un ultimo commento sulle perdite di linea.

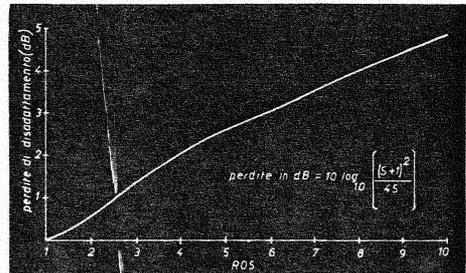
Molti OM hanno oggi giorno trasmettitori Solid-State con gli stadi finali a banda larga.

Siccome non ci sono regolazioni su questo tipo di TX, in generale non è possibile raggiungere un adattamento coniugato, come detto prima. Come conseguenza, c'è un'altra perdita da calcolare nella determinazione della potenza consegnata all'antenna. La perdita di disadattamento è la perdita dovuta al fatto che la sorgente (TX) assorbe parte della potenza riflessa, invece di rimandarla in antenna.

La figura 13 indica questa perdita addizionale di disadattamento per ROS misurato alla sorgente.

figura 13

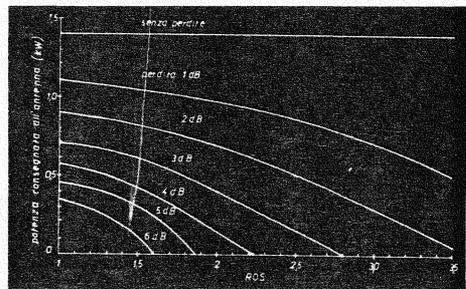
Perdita di disadattamento in funzione del ROS.



La figura 14 mostra la potenza consegnata all'antenna (inclusa la perdita di disadattamento) per un TX a banda larga con impedenza d'uscita uguale all'impedenza caratteristica della linea di trasmissione.

figura 14

Potenza consegnata all'antenna (inclusa la perdita di disadattamento) per un TX da 2 kW in funzione del ROS. L'impedenza d'uscita del TX è uguale all'impedenza caratteristica del cavo.



MISURAZIONE DELLA PERDITA DI LINEA

Osservazione finale.

E' a volte difficile, se non impossibile, misurare in pratica la perdita della linea. Un esempio potrebbe essere un ripetitore dove si vuole misurare la perdita della linea dal TX all'antenna. Un metodo sarebbe di portare in cima al traliccio un wattmetro o un generatore di segnali da collegarsi sull'antenna. Un metodo alternativo è di cortocircuitare o « aprire » la linea di trasmissione all'antenna, e misurare il ROS risultante sul TX.

Quale è il vostro vero ROS?

Si usa la figura 15 per calcolare la perdita della linea di trasmissione. Per esempio, un ROS di 4 : 1, in condizioni di cortocircuito, corrisponde a una perdita di linea di circa 2,3 dB.

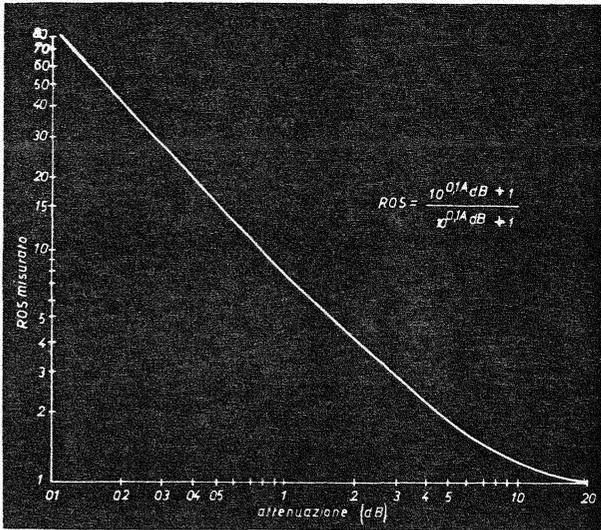


figura 15

ROS « misurato » in funzione dell'attenuazione di linea per linee aperte o in corto circuito.

NOTA MATEMATICO-FISICA

Due numeri complessi si dicono coniugati se differiscono soltanto per il segno della parte immaginaria.

Per esempio il numero $40 + j9$ e il numero $40 - j9$ sono complessi coniugati.

In elettronica $j9$ rappresenta una reattanza induttiva mentre $-j9$ rappresenta una reattanza capacitiva.

Si ha un adattamento coniugato quando la resistenza interna della sorgente (TX) è fatta uguale alla componente resistiva dell'impedenza input della linea, e tutte le residue componenti reattive nella sorgente e nell'input della linea sono annullate.

* adattamento da un articolo di John Battle, N4OE, 2350 East Hill Way, Norcross, Georgia 30071, su ham radio, novembre 1979