

LOGANTENNA

Anna Nicolucci

L'antenna a larga banda per eccellenza, che suscita un crescente interesse a causa del proliferare delle stazioni sia broadcast che civili.

Un'antenna a larga banda è quella le cui caratteristiche radioelettriche, come impedenza di ingresso, forma del diagramma di radiazione, rapporto avanti/indietro, sono indipendenti dalla frequenza di funzionamento.

Un dipolo semplice, invece, è un dispositivo le cui caratteristiche radioelettriche sono funzione delle sue dimensioni fisiche, per cui, variando la frequenza di funzionamento, a parità di dimensioni, esse variano in modo non tollerabile.

Se si vogliono raggiungere dei risultati ottimali, l'impedenza di ingresso di un dipolo generico deve essere uguale ad una resistenza pura, e ciò si ottiene per un rapporto l/λ pari a:

$$l/\lambda = (2n + 1) / 2 \quad (n = 0, 1, 2, 3, \dots n)$$

(l = lunghezza del dipolo; λ = lunghezza d'onda relativa alla frequenza di funzionamento).

Un dipolo generico per essere risonante, e quindi per avere una impedenza di ingresso che sia una resistenza pura e di valore basso e quindi facilmente adattabile ad un cavo coassiale, deve avere una lunghezza pari a $1/2 \lambda$ o suo multiplo dispari.

Per lunghezze diverse da $1/2 \lambda$ o suoi multipli dispari, l'impedenza di ingresso di un dipolo non è più una resistenza pura, ma risulta formata da una parte resistiva e da una parte reattiva.

La banda di frequenze entro la quale si può trascurare la parte reattiva è funzione del rapporto l/d , dove l è la lunghezza e d il diametro del conduttore che forma il dipolo.

Per definizione, questa banda di frequenze, o larghezza di banda, è data dalla differenza tra le frequenze per le quali la reattanza di ingresso eguaglia la resistenza a risonanza, diviso la somma geometrica di tali frequenze:

$$B = (f_2 - f_1) / \sqrt{f_1 \cdot f_2}$$

In pratica anche se il diametro d del conduttore che costituisce un dipolo è molto grande, ovvero anche se il rapporto l/d è molto piccolo, la larghezza di banda è sempre una percentuale molto bassa della frequenza di funzionamento.

Per esempio, per un rapporto l/d pari a 100, la larghezza di banda è di circa il 18%, mentre per un rapporto l/d pari a 300 la larghezza di banda scende al 15%.

Anche la forma del diagramma di radiazione di un dipolo semplice è funzione del rapporto l/λ .

Quando la sua lunghezza è minore di $\lambda/2$, ossia per $l/\lambda < 0,5$, il diagramma di radiazione assume la forma di un otto, e non varia molto per piccole variazioni della frequenza di funzionamento.

Se però il rapporto l/λ aumenta di molto, la forma del diagramma di radiazione diventa frastagliata, e ciò incide negativamente sulla direttività.

Per ovviare a questi inconvenienti D. E. Isbell, nel 1959, pensò di connettere ad una linea di alimentazione un certo numero di dipoli, facendo in modo che le loro dimensioni variassero secondo un fattore di scalamento, tale da consentire che le caratteristiche radioelettriche risultassero indipendenti dalla frequenza di funzionamento.

Più esattamente, le caratteristiche di questa antenna sono funzioni periodiche del logaritmo della frequenza di funzionamento, essendo il periodo, a sua volta, uguale al logaritmo del fattore di scalamento.

Chiamando con τ il fattore di scalamento, quanto più esso ha un valore vicino all'unità, tanto più il periodo di variazione delle caratteristiche dell'antenna è piccolo, e quindi tanto più esse si mantengono costanti al variare della frequenza.

In formule, chiamando:

f_1 = frequenza più bassa; f_n = frequenza più alta, avremo:

$$f_2 = f_1/\tau$$

$$f_3 = f_1/\tau^2$$

$$f_4 = f_1/\tau^3$$

.....

.....

$$f_n = f_1/\tau^{n-1}$$

essendo $n = 1, 2, 3, \dots n$.

Calcolando il logaritmo del primo e del secondo membro dell'ultima uguaglianza, possiamo scrivere infine:

$$\text{Log}(f_n) = \text{Log}(f_1) - (n-1) \cdot \text{Log}(\tau)$$

Si raggiunge così l'obiettivo di avere, sia una impedenza di alimentazione relativamente costante, sia una forma del diagramma di radiazione e un rapporto avanti/indietro che non si modificano di molto al variare della frequenza di funzionamento.

La logantenna, ossia antenna logaritmico-periodica a dipoli, funziona sfruttando il principio ora descritto.

Essa si può pensare costituita da un certo numero di circuiti risonanti a frequenze diverse, comprese in una banda di frequenze scelta a piacere.

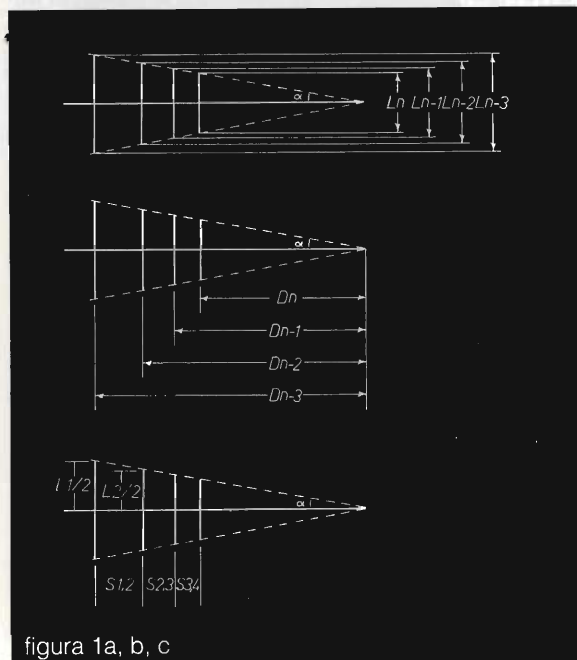


figura 1a, b, c

Se il rapporto tra la lunghezza di due dipoli adiacenti è costante, come pure se è costante il rapporto tra la distanza di due dipoli adiacenti rispetto al vertice della logantenna, come è mostrato nella figura 1a, b, c, allora si realizzano le condizioni teoriche di funzionamento ideale.

In tal caso avremo, chiamando con L_n il dipolo più corto:

$$L_2 = \tau L_1;$$

$$L_3 = \tau L_2;$$

$$L_4 = \tau L_3;$$

.....

.....

$$L_n = \tau L(n-1)$$

quindi:

$$L_n/L(n-1) = \tau$$

Ed ancora, chiamando con D_n la distanza tra il vertice della logantenna e il dipolo più corto, avremo:

$$D_2 = \tau D_1$$

$$D_3 = \tau D_2$$

.....

.....

$$D_n = \tau D(n-1)$$

quindi:

$$D_n/D(n-1) = \tau$$

Ed infine, chiamando con $S_{1,2}; S_{2,3}; S_{3,4}; \dots S(n-1), n$; lo spazio (la distanza) tra i dipoli adiacenti 1,2;2,3;3,4; ecc., avremo:

$$S_{1,2} = D_1 - D_2 = D_1 - (\tau D_1) = (1 - \tau) D_1$$

$$S_{2,3} = D_2 - D_3 = D_2 - (\tau D_2) = (1 - \tau) D_2 = (1 - \tau) \tau D_1$$

$$S_{3,4} = D_3 - D_4 = D_3 - (\tau D_3) = (1 - \tau) D_3 = (1 - \tau) \tau D_2 = (1 - \tau) \tau^2 D_1$$

.....

.....

quindi:

$$S_{2,3}/S_{1,2} = \tau$$

$$S_{3,4}/S_{2,3} = \tau$$

.....

.....

$$S(n-2), (n-1) / S(n-1), n = \tau \text{ (figura 1c)}$$

ovvero riassumendo:

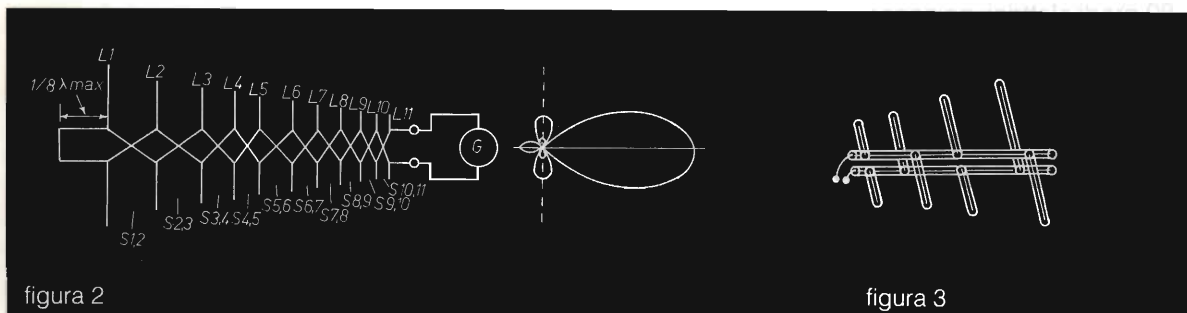


figura 2

figura 3

$$\begin{aligned} L_n/L(n-1) &= D_n/(D_n-1) = S(n-2), (n-1)/S(n-1), n = \\ &= \tau = \text{Costante.} \end{aligned}$$

Per descrivere il funzionamento della logantenna, e per giustificare perché, sia l'impedenza di ingresso che la forma del diagramma di radiazione, rimangono relativamente costanti al variare della frequenza di funzionamento, consideriamo la logantenna come antenna trasmittente.

(Ricordiamo che le caratteristiche di un'antenna sono le stesse sia se usata in ricezione che in trasmissione - principio di reciprocità -).

In questo caso il generatore è collegato come è mostrato nella figura 2.

Supponiamo che la frequenza di funzionamento sia tale per cui $L5/\lambda = 0,5$, dove $L5$ è la lunghezza del dipolo situato al centro della logantenna.

Man mano che prendiamo in considerazione dipoli sempre più vicini al generatore, l'impedenza di questi dipoli avrà una componente reattiva sempre più grande.

Perciò essi assorbiranno un'energia trascurabile in corrispondenza del dipolo più corto, assorbimento che aumenterà man a mano che ci avviciniamo al dipolo lungo $1/2\lambda$.

La linea di alimentazione dei dipoli sarà quindi percorsa da un'onda di energia che verrà irradiata con rendimento sempre crescente, e che diventerà massimo quando vengono presi in considerazione i dipoli di lunghezza prossima a $1/2\lambda$ relativa alla frequenza di funzionamento.

Un rendimento di radiazione ottimale si ha quando tutta l'energia disponibile viene irradiata prima che essa raggiunga la fine della linea di alimentazione dei dipoli. A tal riguardo, specialmente nel caso di logantenne con pochi elementi, è bene prolungare la linea di alimentazione oltre l'ultimo dipolo, di un ammontare pari a $1/8$ la lunghezza d'onda massima.

L'insieme dei dipoli che assorbono (e che

irradiano) la maggior parte dell'energia disponibile, prende il nome di "regione attiva" della logantenna. Variando la frequenza di funzionamento, la regione attiva si sposta sui dipoli la cui lunghezza si avvicina alla corrispondente semi lunghezza d'onda, mentre, sia l'impedenza di ingresso che la forma del diagramma di radiazione, che il rapporto avanti/indietro rimangono relativamente invariati.

Ciò però è vero solo se la scelta del fattore di scalamento t è ottimale in rapporto alla larghezza di banda di un singolo dipolo, in modo da non creare "buchi" tra le larghezze di banda di due dipoli adiacenti.

Per dipoli con un rapporto l/d uguale o minore di 300, il fattore t deve essere intorno a 0,9 in modo che la regione attiva si sposti lentamente da un dipolo all'altro, assicurando così la massima costanza del valore dell'impedenza di ingresso e della forma del diagramma di radiazione.

Considerando la logantenna come una linea di trasmissione caricata ad intervalli legati al fattore τ da una serie di dipoli collegati in modo alternato, come è mostrato nella figura 2, si avrà che a partire dal generatore, lungo la stessa, sarà presente un'onda di tensione.

La tensione presente in corrispondenza di ogni coppia di semidipoli subirà un ritardo di fase rispetto alla tensione presente ai capi del generatore, ritardo che aumenterà man mano che si allontana da esso.

Questo ritardo di fase è maggiore di quello che si avrebbe se non fossero presenti i dipoli e, complessivamente, tra due dipoli adiacenti, appartenenti alla regione attiva, esiste uno sfasamento molto vicino a 90 gradi elettrici.

Siccome ogni coppia di semidipoli è collegata alla linea di alimentazione in modo alternato rispetto alle coppie di semidipoli adiacenti, introducendo così un ulteriore sfasamento alternato di

180 gradi elettrici, ne consegue che la fase totale della tensione tra due dipoli adiacenti assume, nella direzione del vertice della logantenna, un valore intorno a 360 gradi elettrici.

Ciò vuol dire che l'energia irradiata dalla regione attiva della logantenna è diretta verso il suo vertice, in quanto in questa direzione il contributo dei dipoli interessati risulta in fase (360 gradi, ovvero 0 gradi).

Siccome, al contrario di quanto avviene in una antenna yagi, il generatore è collegato al vertice della logantenna, questo tipo di irradiazione "all'indietro" è chiamato back-fire, mentre nel caso della yagi si ha un tipo di irradiazione che è diretta dal generatore verso il vertice, ovvero "dal di dietro" o end-fire.

Facendo ancora un paragone con l'antenna yagi, possiamo affermare che i dipoli situati tra la regione attiva e il generatore, aventi quindi un rapporto l/λ che diminuisce sempre più rispetto al valore ottimale, presentano una reattanza capacitiva, per cui si comportano come "direttori".

Al contrario, i dipoli situati tra la regione attiva e l'elemento più lungo, aventi un rapporto l/λ che aumenta sempre più rispetto al valore ottimale, presentano una reattanza induttiva, per cui si comportano come "riflettori".

Nel listato in Basic che segue, ridotto all'essenziale sia per non occupare molto spazio, sia per non annoiare chi lo deve digitare, è stato impostato un tentativo di calcolo computerizzato di una logantenna.

```

10 CLS:REM pulisci lo schermo
20 PRINT " ***** PROCEDURA DI CALCOLO DELLE LOGANTENNE *****"
30 PRINT :INPUT " Immetti la frequenza piu' bassa (f1 in Mhz):";F1
40 INPUT " Immetti la frequenza piu' alta (f2 in Mhz):";F2
50 PRINT " f1 (Mhz) = ";F1;"*****";" f2 (Mhz) = ";F2
60 INPUT " Vuoi cambiare le frequenze (s/n) ";A#
70 IF A# = "s" OR A# = "S" THEN 10
80 B=F2/F1
90 PRINT " Rapporto tra frequenza max e min., B = f2/f1:";B
100 L1=150/F1
110 PRINT " Calcola 1/2 lambda max.: L1 = 150/f1 (metri):";L1
120 INPUT " Immetti il guadagno da ottenere (6, 7, 8, 9 dBd):";G
130 IF G<6 OR G>9 THEN PRINT " RIPROVA!":GOTO 120
140 PRINT " Guadagno previsto rispetto al dipolo semplice (dBd):";G
150 TAU=0:REM fattore di scalamento
160 IF G=6 THEN TAU=.81
170 IF G=7 THEN TAU=.89
180 IF G=8 THEN TAU=.925
190 IF G=9 THEN TAU=.955
200 PRINT " Fattore di scalamento, tau =";TAU
210 SIG=.258*TAU-.066:PRINT " Fattore di spaziatura, sigma =";SIG
220 TG=(.25*(1-TAU))/SIG:REM tangente semiangolo al vertice
230 ALFA=ATN(TG):PRINT " Semiangolo al vertice, alfa =";ALFA*180/3.14159
240 BAR=1.1+(30.8*(1-TAU)*SIG)
250 BS=B*BAR
260 PRINT " Larghezza di banda della struttura, bs =";BS
270 PRINT " Larghezza di banda della regione attiva, bar =";BAR
280 L=((1-1/BS)*((4*SIG)/(1-TAU)))*L1/2
290 N=1+((LOG(BS)/LOG(10))/(LOG(1/TAU)/LOG(10)))
300 PRINT " Numero di elementi N =";N
310 N1=CINT(N)
320 PRINT " NUMERO DI ELEMENTI ARROTONDATO, N1 =";N1
330 LO=(CINT(N)/N)*L
340 PRINT " LUNGHEZZA ANTENNA (metri) =";LO
350 INPUT " Immetti l'impedenza di ingresso prevista, RO=";RO
360 INPUT " Immetti il diametro di un dipolo, d-dip. (cm.)=";R
370 LM=(7500/F1+7500/F2)/2
380 RZ=2*LM/R:PRINT " Rapporto lunghezza dipolo medio/diametro, l/d =";RZ
390 ZA=120*(LOG(RZ)-2.55)
400 PRINT" Impedenza media dei dipoli, Za =";ZA
410 RO1=SIG/(TAU^.5)
420 RX=ZA/RO
430 RY=1/(8*RO1*RX)+((1/(8*RO1*RX)^2)+1)^.5
440 ZO=RO*RY
450 PRINT" Impedenza della linea di alimentazione dei dipoli, ZO =";ZO

```



```

460 INPUT " Immetti diam. condutt. linea alimentaz. dipoli, d-lin. (cm) =";D
470 E=Z0/276
480 F=LOG(D)
490 G1=(E+F*.43429)/.43429
500 F=EXP(G1)
510 D1=F/2;PRINT " Distanza D tra i centri dei conduttori (cm) =";D1
520 PRINT " Spazio tra le due linee (cm):";D1-D
530 PRINT " Spazio max previsto (cm): ";L1*5
540 IF (D1-D)>(L1*5)THEN PRINT " ATTENZIONE, VARIARE Z0, d-dip, d-lin":GOTO 350
550 IF D1<=D THEN PRINT " Linea non realizzabile: AUMENTARE R0":GOTO 350
560 INPUT " Vuoi variare d-dip e (o) d-lin (s/n) ";A$
570 IF A$="n" OR A$="N" THEN 590
580 GOTO 360
590 INPUT " 1 per continuare - CTRL/C per finire: ";B$
600 IF B$="1"THEN CLS:GOTO 50

```

Il programma richiede, come input, il guadagno che si vuol ottenere rispetto ad un dipolo semplice, e l'impedenza prevista ai terminali di alimentazione (bibliografia 1).

In output fornisce, oltre a molti dati che consentono di ottimizzare il progetto, il numero di dipoli che formano la logantenna, la sua lunghezza e la distanza a cui bisogna porre i conduttori della linea di alimentazione dei dipoli stessi.

Nella bibliografia che è stato possibile consultare, la procedura di progetto di una logantenna si basa invece sull'uso di svariati diagrammi e tabelle, a volte anche contraddittori e comunque di consultazione alquanto tediosa.

In un prossimo articolo provvederemo a rende-

re più completa e semplice possibile la procedura di progetto, in modo che sia alla portata di tutti, nonché a dare tutti i consigli pratici del caso, che in questa sede vengono omessi per non appesantire troppo queste note.

Per ora, come spesso accade (!) la procedura è riservata ai più volenterosi ed esperti, che non avranno difficoltà a passare alla fase di realizzazione.

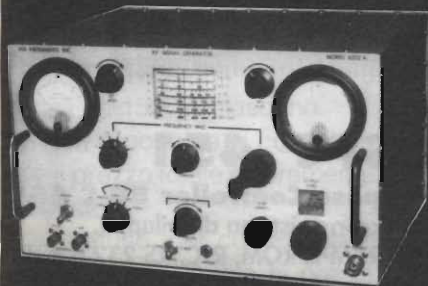
Bibliografia

- 1) Ham Radio 12/79 pag. 342
- 2) QST 11/73 pag. 16

GENERATORI DI SEGNALI

SE VOLETE UN APPARATO AFFIDABILE
ECCEZIONALE, SOLIDO:

AN/USM44C - 7.5 ÷ 500 MC
in sei gamme L. 980.000 + IVA



Come da relazione apparsa su
"Elettronica Flash" n. 7/8 1990.

- Uscita calibrata
- Modulato AM 400-1000 Hz
- Marker interno
- Presa per counter
- Stato solido - compatto
- Ricalibrato, tarato
- Rete 220 V
- H.P. 606A 50 kHz ÷ 65 MHz
- H.P. 608E 10 MHz ÷ 480 MHz
- H.P. 612A 450 MHz ÷ 1230 MHz
- H.P. 8614B 800 MHz ÷ 2400 MHz
- H.P. 8616A 1800 MHz ÷ 4500 MHz
- H.P. 8640M 500 kHz ÷ 512 MHz
- con duplicatore fino a 1 GHz
- H.P. 620A 7 GHz ÷ 11 GHz
- POLARAD 1108M4 7 ÷ 11 GHz
- MI SANDERS 6058B 8 GHz ÷ 12.5 GHz
- uscita RF 20 mW ÷ 40 mW
- MI SANDERS 6059A12 GHz ÷ 18 GHz
- uscita RF 5 mW ÷ 20 mW
- MARCONI TF2002B 10 kHz ÷ 88 MHz
- MARCONI TF2008 10 MHz ÷ 510 MHz
- MARCONI TF2016 10 kHz ÷ 120 MHz

Valvolari e stato solido, AM-AM/FM-rete 220V,
attenuatore calibrato, presa counter, ecc.

MAGGIORI DETTAGLI A RICHIESTA

MOLTI ALTRI STRUMENTI A MAGAZZINO

DOLEATTO snc

**Componenti
Elettronici**

V.S. Quintino 40 - 10121 TORINO
TEL. 011/511.271 - 543.952 - TELEFAX 011/534877
Via M. Macchi, 70 - 20124 MILANO Tel. 02-669.33.88