

IL FOLDED DIPOLE

a cura di i 1 AHR

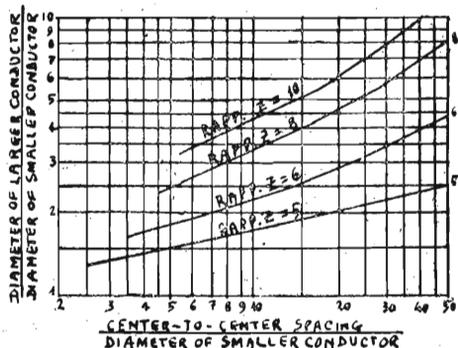
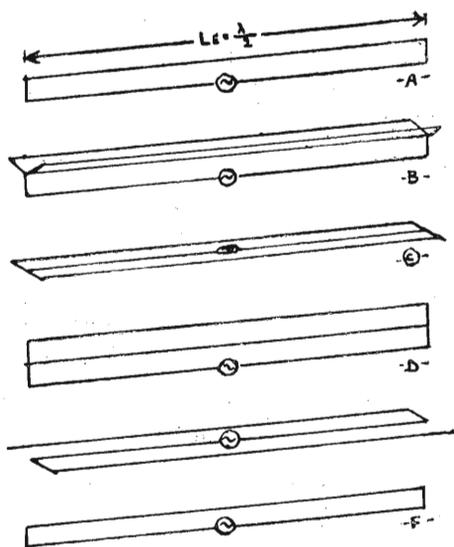
E' di turno, questa volta, il "folded",. Quanto segue è tratto sulla falsariga dell'" Antenna Handbook ", e di esperienze personali.

Si abbia un radiatore lungo $1/2 \lambda$, costituito da due conduttori identici, paralleli e poco spazati, cortocircuitati alle estremità, eccitati in tensione ad una estremità come se si trattasse di un semplice filo: in ognuno dei conduttori scorrerà uguale corrente; il sistema considerato equivarrà, per quanto riguarda il Q e la resistenza di ra-

diazione, ad un semplice conduttore avente un diametro un po' più grande. I due conduttori connessi insieme alle estremità costituiscono due unità accoppiate e in tale fase che, anche quando l'alimentazione è fatta come in fig. 1A, si deduce che nei due identici conduttori scorra nella stessa direzione una uguale corrente. Considerando il radiatore così (fig. 1A) alimentato, la corrente al punto di alimentazione per una data potenza è soltanto la metà di quella che scorrerebbe in un radiatore costituito da un filo singolo: ciò significa che l'impedenza di alimentazione è quattro volte maggiore. Parlando a rigor di termini, l'impedenza del punto di alimentazione è leggermente minore di quella teorica, perchè il rapporto $1/d$, e quindi la resistenza di radiazione, è apprezzabilmente diminuito dalla presenza del secondo conduttore.

Il valore medio di impedenza del punto di alimentazione ottenuto praticamente con tale sistema si aggira su 240 Ohm per una altezza effettiva maggiore di $1/8$ di λ considerando orizzontale lo sviluppo del radiatore. Si possono pertanto usare linee di alimentazione a 300 Ohm (Twin Lead) per l'alimentazione di dette antenne in maniera diretta, cioè senza sistemi di adattamento di impedenza, ottenendo ugualmente un basso rapporto di onde stazionarie.

Allorchè l'altezza effettiva dell'antenna è minore di $\lambda/8$, e la conduttività del suolo è elevata, un rapporto di onde stazionarie più basso potrà essere ottenuto con Twin Lead di 150 Ohm.



L'impedenza del punto di alimentazione può venire elevato ad un valore conforme al diretto collegamento di una linea di due fili spaziatì di 450-600 Ohm ad ambedue i tratti radianti.

Qualora vengano usati tre fili identici alla medesima distanza dei due fili summenzionati, (fig. 1B) la effettiva trasformazione di impedenza - nei confronti di ogni filo solo - invece di circa 4 è circa 9. Questo aumenta l'impedenza del punto di alimentazione in installazioni pratiche nelle quali la effettiva altezza del radiatore orizzontale eccede $1/8$ di λ a circa 550 Ohm.

Se i tre fili sono sistemati non più intorno ad un comune asse, ma sul medesimo piano orizzontale o verticale (fig. 1C-1D), la corrente del filo centrale tenderà ad essere minore di quella di ognuno dei fili esterni, ma l'effetto che ne risulta sulla trasformazione di impedenze è praticamente trascurabile.

Quando 3 conduttori invece che 2 sono posti come in fig. 1E, il sistema viene chiamato "multi-wire doublet", : la struttura di detto sistema è praticamente quella di fig. 1C, però è meno conosciuta.

Se nella sistemazione della bifilare (figura 1F) si pone un diametro del filo principale (quello alimentato) minore di quello dell'altro, pur mantenendo i fili del medesimo metallo, avremo che la corrente risulterà maggiore nell'elemento più grosso.

Il rapporto tuttavia non è una semplice funzione dei diametri o delle sezioni dei due fili: segue una complicata legge che coinvolge la frequenza, la dimensione relativa e la dimensione assoluta del filo, il materiale di cui è costituito il conduttore, lo spazio fra i due fili, etc. Una formula empirica che dà una regola approssimativa per

la maggior parte delle applicazioni, presupposto che lo spazio fra i centri dei due conduttori sia almeno tre volte il diametro del conduttore più grosso, è la seguente:

Impedenza del punto di alimentazione =

$$R_o \left(1 + \frac{Z'_o}{Z_o}\right)^2, \text{ dove } R_o = \text{resistenza di radiazione del sistema};$$

Z'_o = impedenza di una linea avente il medesimo spazio fra centro e centro come i due elementi radianti, ma con ambedue i conduttori di diametro pari a quello del radiante più sottile;

Z_o = Z'_o , eccettuato conduttori di diametro pari a quello del radiatore più grosso.

Su detta formula si basa il grafico di fig. 1.

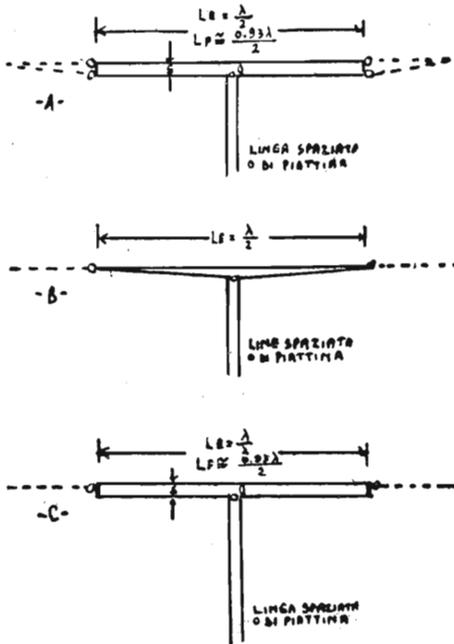
Esso mostra immediatamente quale rapporto di diametri e di spazi produrranno differenti rapporti di trasformazione di impedenza. Altri rapporti di trasformazione di impedenza fra 5 e 10 possono essere ottenuti per interpolazione con sufficiente precisione per applicazioni pratiche.

Questo metodo di aumentare il rapporto di trasformazione di impedenza non è raccomandato per trasformazioni maggiori di 10. Volendo raggiungere rapporti più elevati, è bene ottenerli crescendo il numero dei conduttori.

Lo spazio fra gli elementi di un folded dipole (dipolo ripiegato, fig. 1F) o di uno multi-wire doublet non è critico: ma il rapporto fra la frequenza di risonanza e la lunghezza dell'elemento verrà influenzato dallo spazio. A frequenze alte il Twin Lead 300 Ohm è usato comunemente nelle due funzioni di antenna e di linea di alimentazione in un folded dipole: un conduttore è interrotto al centro per

la saldatura della linea di alimentazione.

L'uso del Twin Lead tuttavia, eccetto per applicazioni portatili o di emergenza, per il tratto radiante può essere eliminato, nel campo delle onde corte. Vi sono soluzioni più robuste, più stabili, meno costose e meno inclini a dilatazioni ed allungamenti. Si



vedono in fig. 2 vari sistemi usabili. Il Twin Lead potrà essere usato per ragioni di estetica o di convenienza nella linea di alimentazione in luogo dei fili spazati, ammesso che si voglia considerare trascurabile l'effetto della umidità sulla piattina stessa, la quale per altro si può rendere impermeabile mediante cere speciali o Siliconi.

Il dipolo ripiegato è molto meno critico alla frequenza di lavoro di un dipolo semplice alimentato con una linea a bassa impedenza o ad una linea spazata con adattamento a sezione Q . Per questa ragione un folded a terminali quadri, come in fig. 2A, cioè con lo spazio "s", costante per

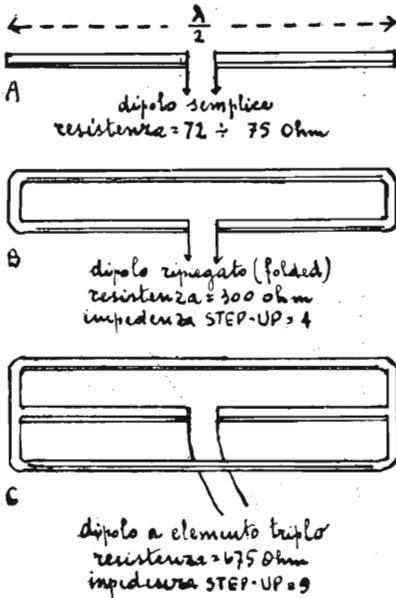
tutta la sua lunghezza e uguale a circa l'uno $\frac{0}{10}$ della lunghezza stessa, potrà essere montato con l'assicurazione che, eccetto in insolite circostanze dipendenti dagli oggetti che lo attorniano, funzionerà in maniera soddisfacente, naturalmente nella banda di frequenza per la quale è stato calcolato.

Qualora il montaggio richieda una certa curvatura al punto di alimentazione (fig. 2B), curva che in fig. 2A è ostacolata dall'isolatore al centro degli elementi, occorrerà regolare la lunghezza degli elementi alla frequenza di risonanza desiderata: infatti non è prevedibile quale possa risultare la frequenza di risonanza, dipendendo essa anche da questo spazio "s", non più costante: si trova sperimentalmente, e solitamente si deve ricorrere ad un allungamento degli elementi. Il sistema fig. 2B semplifica comunque la costruzione del folded, che però risulterà meno critico per quanto concerne a larghezza di banda.

Se lo spazio "s", fra i radiatori è piccolissimo, cioè pari ad una insignificante frazione di lunghezza d'onda, il folded può venire considerato un convenzionale radiatore a mezza onda.

Ma torniamo all'aumento del rapporto di impedenza del folded dipole.

In fig. 3 è mostrata qualche configurazione di dipoli lunghi elettricamente mezza lunghezza d'onda. Il semplice dipolo è mostrato in fig. 3A: la resistenza di radiazione di detta antenna è circa $72 \cdot 73$ Ohm. La resistenza di radiazione dell'antenna è la reale resistenza che essa presenta ai suoi terminali alla sua frequenza di risonanza, trascurando le perdite dovute ai materiali che costituiscono l'antenna stessa, perdite del resto quasi trascurabili in un sistema ben progettato. Useremo il valore di 75 Ohm,

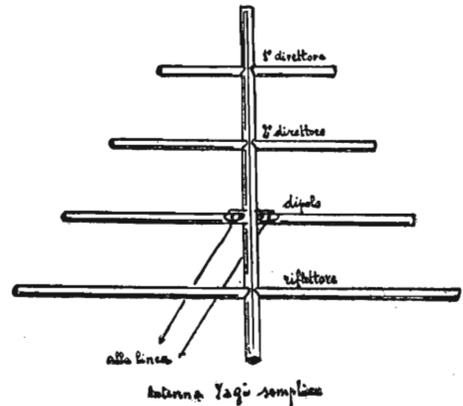


per comodità di calcolo. In fig. 3B è mostrato il folded: si può dimostrare sia teoricamente che praticamente, come più sopra abbiamo detto, che questo sistema, avente elementi di uguale diametro, ha una impedenza di alimentazione 4 volte maggiore del semplice dipolo, e cioè il suo valore si avvicina ai 300 Ohm. Se poi si usano tre elementi, come in fig. 3C, si ottiene, come abbiamo più sopra detto, un aumento di 9 volte, ossia un valore di 675 Ohm; similmente 4 elementi di uguale diametro ne avranno uno 16 volte maggiore, e così via. Come abbiamo detto, l'uso di un dipolo multi-wire è forse il sistema più semplice per ottenere grandi variazioni di impedenza.

Riferendoci al semplice dipolo di fig. 3A, se noi aggiungiamo un riflettore circa a $1/4$ d'onda dietro il dipolo, la resistenza del dipolo stesso risulterà diminuita. Se mettiamo il riflettore più vicino, la resistenza diminuirà ulteriormente, e se aggiungiamo dei direttori, come in una Yagi di fig. 4, essa risulterà ancor più bassa. Molti volumi sono stati scritti sul cal-

colo delle antenne e molti grafici ed abachi sono stati pubblicati, ma non conosciamo un semplice metodo di calcolo per trarre il valore della resistenza con la guida dei grafici e degli abachi, nei quali siano prese in considerazione tutte le componenti variabili, quali la spaziatura e lunghezza del direttore e del riflettore, il numero dei direttori, etc.

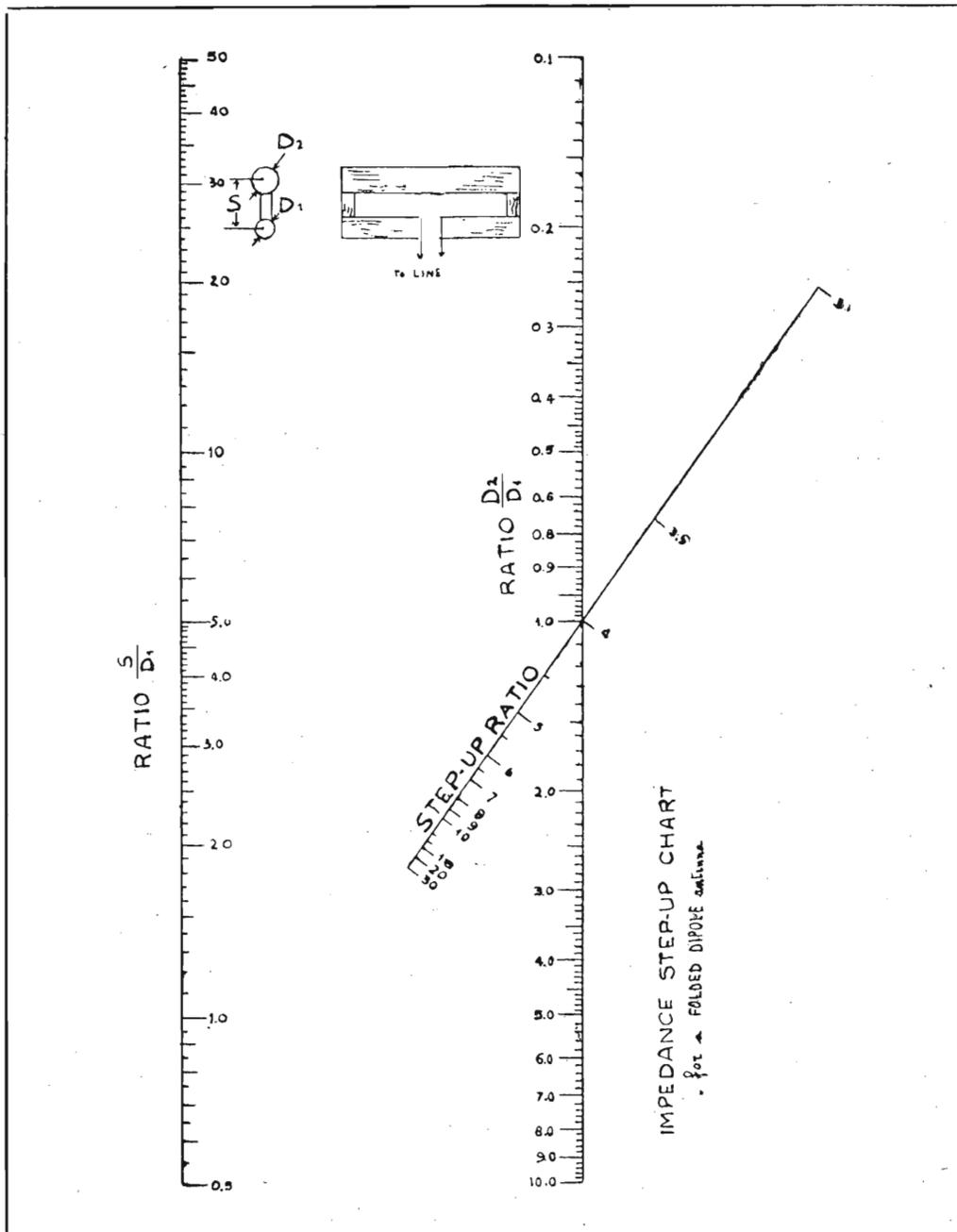
Si desidera sempre ottenere l'adattamento dell'uscita alla linea di trasmissione soprattutto per due ragioni: per ottenere il massimo di potenza, e per prevenire immagini se il ricevitore non è esattamente adattato alla linea di alimentazione.



Fortunatamente qualche disadattamento fra antenna e linea di alimentazione è molto meno serio che un disadattamento all'altra estremità.

Con l'antenna Yagi la resistenza sarebbe di circa 25 ohm se si usasse un semplice dipolo. Usando un folded dipole con appropriato diametro e spaziatura dei conduttori vien portata sui 300 ohm.

Poichè il reale valore di resistenza del dipolo dipende dal tipo di allineamento nel quale è usato, conviene sapere progettare dipoli per qualunque rapporto di impedenza. Se elementi di diametro disuguale sono usati nel folded, la spaziatura può essere aggiustata in modo tale da dare sempre qualunque desiderata impedenza. Il nomogramma accluso (fig. 5) permette di



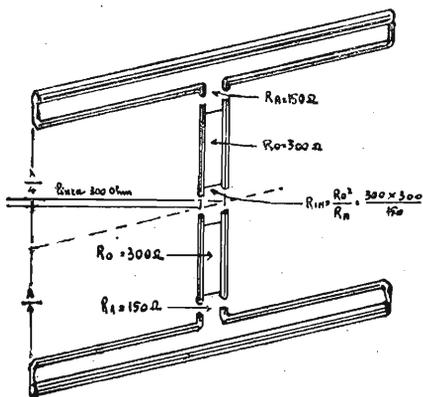
determinare la spaziatura "S", col minimo sforzo. Tre scale sono riportate nel nomogramma: una mostra il rapporto dei diametri dei conduttori usati nel folded; un'altra il rapporto della spaziatura S a D_1 ($\frac{S}{D_1}$ dove D_1 è il diametro del conduttore al quale

è connessa la linea di trasmissione); la terza dà l'aumento di impedenza oltre il semplice dipolo. Per servirsi del nomogramma si usa una riga e si connettono i punti che indicano i rapporti dei diametri $\frac{D_2}{D_1}$ ed il desiderato aumento di impedenza, e la inter-

sezione con la terza scala darà il giusto valore $\frac{S_1}{D_1}$.

Notare che D_1 è il diametro dell'elemento al quale è connessa la linea di alimentazione: se $\frac{D_2}{D_1}$ è minore di 1, l'incremento è minore di 4; e se invece $\frac{D_2}{D_1}$ è maggiore di 1, l'incremento è maggiore di 4.

La maniera di adattare la impedenza di due dipoli accoppiati alla linea di trasmissione è mostrato in fig. 4.



La resistenza del dipolo superiore fu elevata a 150 Ohm usando tubi del diam. 3/4" e 3,8" spazati 1 e 3,4". Connettendo il dipolo ad un tratto di linea di trasmissione di 300 Ohm lunga $\lambda/4$, i 150 Ohm furono cambiati in $300 \times 300 / 150 = 600$ Ohm: questa è una applicazione della ben conosciuta formula di adattamento di imp. della linea di trasmissione $\lambda/4$, riportata in molti manuali Radio. Cioè: $Z_{in} = Z_0^2 / Z_{out}$, dove Z_0 è l'impedenza della linea $\lambda/4$. Tale impedenza è quella che potrebbe essere misurata a una estremità di una linea infinitamente lunga e dipende solo dalla induttanza e capacità per unità di lunghezza se le perdite sono trascurabili.

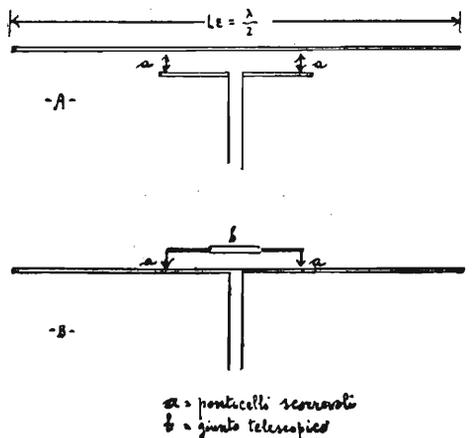
La sezione più bassa (dipolo infe-

riore) è similmente convertita a 600 Ohm. Se la linea superiore e inferiore sono collegate insieme, risultano 300 ohm, che si adattano alla linea di 300 Ohm per il ricevitore (fig. 6).

Se viene usata linea 300 Ohm a fili spazati nelle sezioni $\lambda/4$, la lunghezza fisica (LF, contrapposta alla lunghezza elettrica LE), è di circa 0,475. Se invece viene usato Twin Lead da 300 ohm, la lunghezza dovrà essere di solo 0,4 λ : ciò è dovuto al fatto che la velocità di propagazione di questa linea è minore.

T-matched a mezz'onda

Si sarà osservato che i due conduttori di un folded dipole possono essere ritorti per qualche distanza dalla estremità senza influire notevolmente sulla trasformazione di resistenza; i due conduttori paralleli della sezione di scissione saranno ancora effettivamente uniti a coppia e porteranno sostanzialmente eguali correnti se i conduttori sono dello stesso diametro. Ma allor-



chè la riduzione nella lunghezza della parte sezionata venga portata oltre un certo punto, gli elementi superiori ed inferiori della sezione di scissione non sono più effettivamente uniti a coppia,

e notevole diverrà la differenza della intensità della corrente che scorre nei due conduttori paralleli.

Così, per mezzo di variazione di lunghezza della sezione di scissione, è possibile controllare la trasformazione di impedenza.

Questo effetto è utilizzato nel "T-match,, , due variazioni del quale sono visibili in fig. 7. Essi sono elettricamente paragonabili, e la scelta è solo questione di considerazioni meccaniche. Il "T match,, non è largamente usato per alimentare una semplice antenna dipolo, ma lo si usa in frequenze alte, per le quali l'antenna è costituita da tubi e non da un filo conduttore sospeso fra due isolanti.

E' tuttavia particolarmente indicato

in antenne VHF ad elementi parassiti, permettendo esso, per la sua costruzione meccanica, un adattamento di impedenza di abbastanza vasta portata. E' quindi ideale per antenne sperimentalmente.

Un dipolo "T-match,, è molto più critico alla frequenza di lavoro di quanto lo sia un folded, ed ha una lunghezza fisica leggermente più lunga del folded. La trasformazione di impedenza ottenibile con questo sistema dipende particolarmente dalla estensione e distanza dell'elemento "T,, , e dal rapporto fra i diametri del conduttore del "T,, e quello principale. Variando questi parametri è possibile, come si è detto, un largo impiego di trasformazione di impedenza.

LIBRERIA INTERNAZIONALE

Sperling & Kupfer

MILANO

Piazza San Babila n. 1

Telefono Numero 70-14-95

BRANS RADIOTUBE VADEMECUM 1950	L. 2.500
RADIO HANDBOOK (ediz. francese)	L. 4.000
RADIO AMATEUR HANDBOOK 1950	L. 2.200
WIESEMAN, TRAITÉ DE RADIOPRATIQUE	L. 1.800

Tutte le
pubblicazioni tecniche
di tutti i Paesi

Abbonamenti a Riviste e Periodici
Italiani ed Esteri