

Naturalmente, affinché tale processo non si esaurisca in breve tempo, è necessario reintegrare il flusso di aria secca mediante un opportuno generatore, denominato *pressurizzatore*.

Nella figura 2 è mostrato un esempio di un cavo a quarte ad alta potenzialità.



FIGURA 2
Cavo a quarte.

2.1

Parametri caratteristici di un cavo a coppie o a quarte in rame

Una coppia in rame può essere considerata come una linea di trasmissione bifilare e quindi è caratterizzata da quattro parametri fondamentali, denominati costanti primarie, rappresentate dalla *resistenza* R , dall'*induttanza* L , dalla *capacità* C e dalla *dispersione* G , per unità di lunghezza.

Per una singola coppia, la **resistenza** del conduttore viene determinata mediante la relazione:

$$R = 2\rho \cdot \frac{l}{S} \quad [1]$$

in cui ρ è la resistività del materiale impiegato che, nel caso del rame elettrolitico a 20 °C, vale $17,4 \Omega \text{ mm}^2/\text{km}$, mentre S ed l rappresentano rispettivamente la sezione e la lunghezza di ogni singolo conduttore della coppia.

L'andamento della resistenza chilometrica di ogni singola coppia è pressoché costante al variare della frequenza sino a circa 15 kHz, per poi subire un aumento dipendente approssimativamente da \sqrt{f} , come indicato nella figura 3 per i valori di diametro più utilizzati (in decimi di mm).

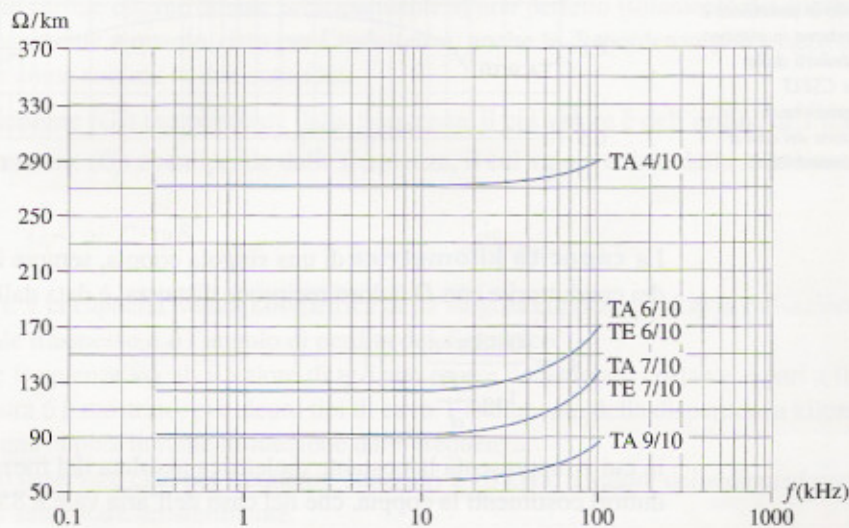


FIGURA 3
Resistenza chilometrica in funzione della frequenza per una coppia in rame. TA: cavo sotterraneo con isolamento in carta e aria e guaina esterna in piombo. TE: cavo aereo con isolamento in polietilene e guaina esterna in plastica. Grafici dedotti dalla relazione CSELT "Caratteristiche di trasmissione dei cavi a coppie simmetriche".

L' **induttanza** è dovuta al contributo di due fattori:

- l' *induttanza intrinseca*, prodotta dal flusso magnetico generato da ogni conduttore, che è indipendente sia dal suo diametro sia dalla distanza dagli altri conduttori ed è data dalla seguente relazione:

$$L_i = \frac{\mu}{4\pi} \quad [2]$$

dove μ rappresenta la permeabilità magnetica assoluta del materiale di cui sono costituiti i conduttori;

- l' *induttanza esterna*, dovuta all'azione del flusso magnetico generato da un conduttore della coppia sull'altro, che dipende sia dal diametro d dei conduttori sia dalla loro distanza reciproca D , secondo la seguente relazione:

$$L_e = \frac{\mu}{0,43\pi} \log \frac{2D}{d} \quad [3]$$

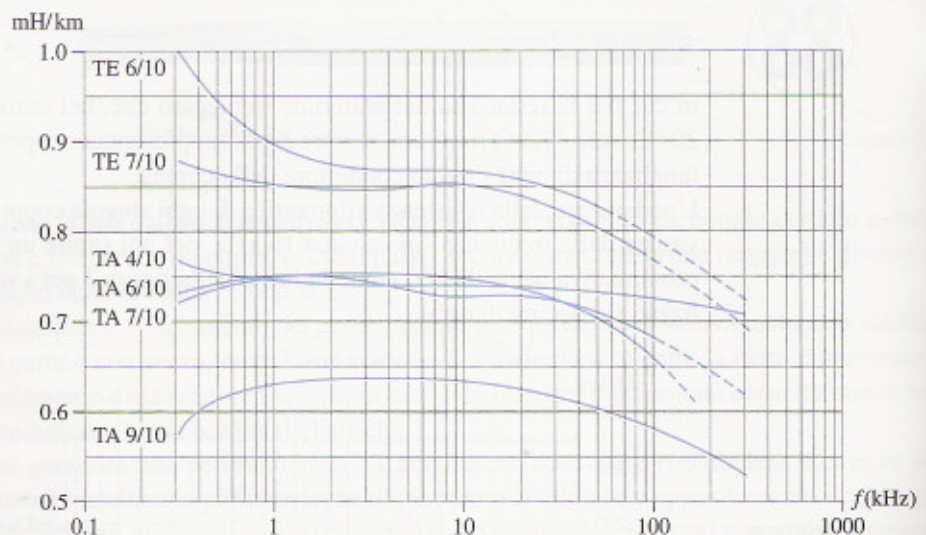
Pertanto l'induttanza complessiva di ogni singola coppia risulta:

$$L_{tot} = L_i + L_e = \frac{\mu}{4\pi} + \frac{\mu}{0,43\pi} \log \frac{2D}{d} \quad [4]$$

In figura 4 è mostrato, per alcuni tipi di cavo, l'andamento in funzione dalla frequenza dell'induttanza kilomtrica di una coppia in rame.

FIGURA 4

Induttanza kilomtrica in funzione della frequenza per una coppia in rame. TA: cavo sotterraneo con isolamento in carta e aria e guaina esterna in piombo. TE: cavo aereo con isolamento in polietilene e guaina esterna in plastica. Grafici dedotti dalla relazione CSELT "Caratteristiche di trasmissione dei cavi a coppie simmetriche".



La **capacità kilomtrica** di una singola coppia, sempre indicando con d il diametro dei conduttori e con D la loro reciproca distanza, è data dalla seguente relazione:

$$C = \frac{0,43\pi \cdot \epsilon}{\log \frac{2D}{d}} \quad [5]$$

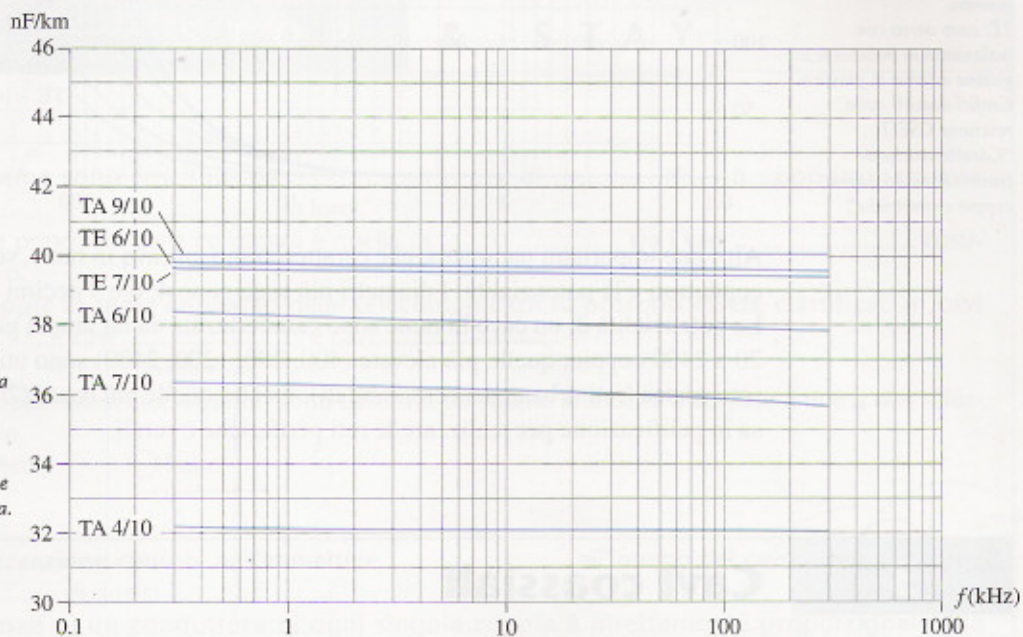
in cui ϵ rappresenta la costante dielettrica assoluta del mezzo interposto tra i due conduttori costituenti la coppia, che nel caso dell'aria vale $8,85 \cdot 10^{-6}$ F/m.

In realtà l'eq. [5] tiene conto solo della capacità tra i due conduttori della coppia in esame, trascurando l'effetto delle altre coppie che costituiscono l'intero cavo. Per tener conto di ciò è stata definita la **capacità mutua** della coppia, cioè la capacità che caratterizza una singola coppia all'interno del cavo, il cui valore è ovviamente maggiore di quello determinato con l'eq. [5].

La capacità mutua rappresenta pertanto un dato caratteristico di ogni cavo, tanto che i costruttori ne forniscono il relativo valore.

In figura 5 è riportato, per alcuni tipi di cavo, l'andamento in funzione dalla frequenza della capacità mutua chilometrica: si può osservare che è praticamente indipendente dalla frequenza.

FIGURA 5
Capacità mutua chilometrica in funzione della frequenza per una coppia in rame.
TA: cavo sotterraneo con isolamento in carta e aria e guaina esterna in piombo.
TE: cavo aereo con isolamento in polietilene e guaina esterna in plastica.
Grafici dedotti dalla relazione CSELT "Caratteristiche di trasmissione dei cavi a coppie simmetriche".



Infine la **disperdenza**, che essendo come la resistenza un parametro dissipativo, tiene conto delle perdite esterne dovute principalmente al non perfetto isolamento dei conduttori. Analogamente a quanto visto per l'induttanza, anche la disperdenza può essere considerata come somma di due contributi:

- un termine (G_0) indipendente dalla frequenza, il cui valore è dell'ordine di $1 \mu\text{S}/\text{km}$;
- un termine (G_f) che dipende dalla frequenza, il cui valore è dato dalla relazione:

$$G_f = \omega \cdot C \cdot \text{tg} \delta \quad [6]$$

dove C è la capacità mutua chilometrica della singola coppia, $\omega = 2\pi f$ la pulsazione del segnale trasmesso e δ l'angolo di perdita del dielettrico.

Per le frequenze vocali il valore di $\text{tg} \delta$ può essere considerato costante e pari a 0,004. In figura 6 è mostrato, per alcuni tipi di cavo, l'andamento della disperdenza chilometrica di una coppia in rame in funzione dalla frequenza.

Si può osservare che, per frequenze superiori a 10 kHz, il valore della disperdenza inizia ad aumentare sensibilmente.

...in dipendenza della
...per
...la capacità che co
...maggiore

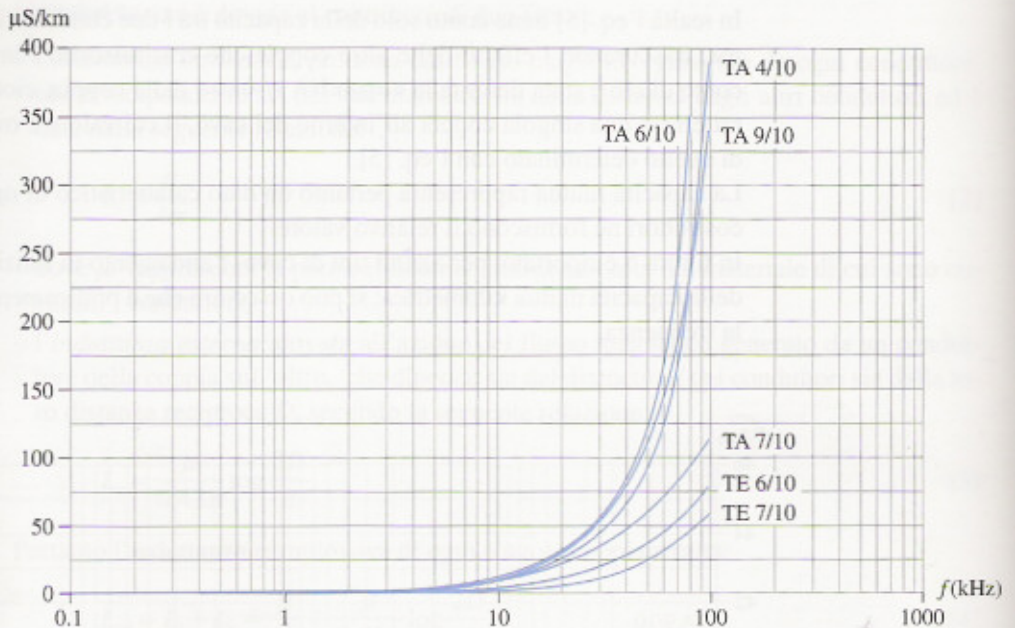
FIGURA 6

Disperdenza chilometrica in funzione della frequenza, relativa ad alcuni tipi di cavo.

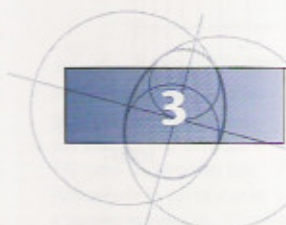
TA: cavo sotterraneo con isolamento in carta e aria e guaina esterna in piombo.

TE: cavo aereo con isolamento in polietilene e guaina esterna in plastica.

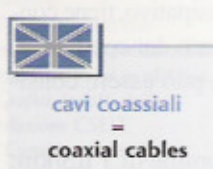
Grafici dedotti dalla relazione CSELT "Caratteristiche di trasmissione dei cavi a coppie simmetriche".



Altri due importanti parametri, che caratterizzano un cavo in rame, sono il diametro dei conduttori e la potenzialità. I diametri più usati sono 4, 6 e 9 decimi di millimetro. Le potenzialità di un cavo in rame sono caratterizzate da un'ampia gamma e variano da 20 a 2400 coppie; quelle più elevate (400, 800, 1200, 2400) sono utilizzate per la posa sotterranea (reti urbane dei centri abitati), mentre quelle più basse (20, 30, 50) nella posa in palificazione per realizzare le reti periferiche e rurali.



Cavi coassiali



I **cavi coassiali** impiegati nelle telecomunicazioni sono costituiti da un insieme di *coppie coassiali*, opportunamente affasciate tra loro e costituite da due conduttori posizionati sullo stesso asse (fig. 7), dove il conduttore interno è di solito costituito da un filo di rame, mentre quello esterno da un cilindro realizzato con un nastro sempre di rame. Per isolare e mantenere i due conduttori concentrici viene interposto tra di essi un materiale isolante protettivo (continuo o formato da dischetti posizionati a distanze costanti) mentre il conduttore esterno è ricoperto da uno o più nastri di materiale metallico (in genere acciaio), la cui funzione è di proteggere la coppia coassiale dall'influenza di eventuali campi magnetici esterni, nonché di ridurre la diafonia tra le coppie adiacenti che costituiscono il cavo. Inoltre, per evitare infiltrazioni di umidità in caso di rottura delle protezioni esterne, tali cavi sono in genere pressurizzati.

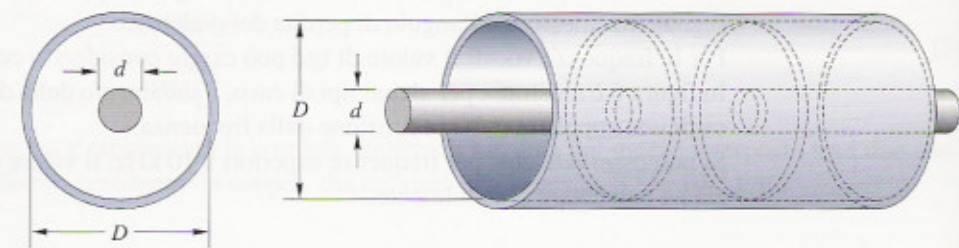


FIGURA 7
Struttura di una coppia coassiale.