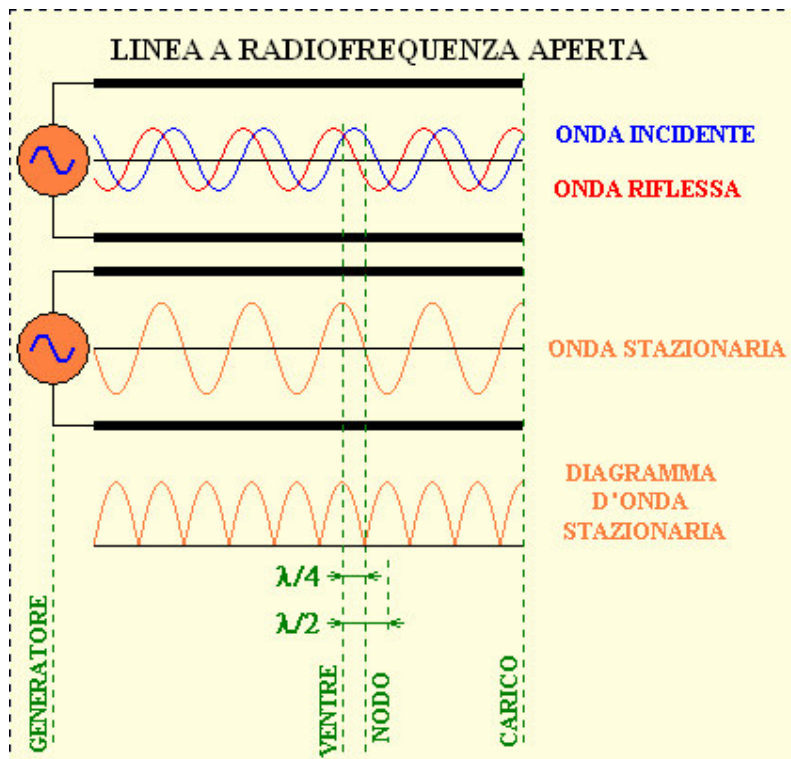


ROS



L' **onda progressiva**, nelle linee senza perdite è una sinusoidale, mentre nelle linee con perdite è una sinusoidale smorzata che si propaga a velocità prossima a quella della luce dal generatore verso il carico.

L' **onda stazionaria** invece non si propaga, ma è una curva che fornisce i valori massimi della tensione nei vari punti della linea, e quindi è fissa come posizione, ma pulsa in ampiezza nel tempo fra un massimo positivo e un minimo negativo.

Ambedue hanno esattamente la stessa forma, solo che sono sfasate fra loro di $1/4$, cioè ad un **ventre** di tensione dell'una corrisponde un **nodo** di corrente dell'altra e viceversa.

Nel caso di linea senza perdite adattata, il diagramma d'onda stazionaria è costituito da un segmento rettilineo, in quanto, mancando la riflessione, si ha solo l'onda incidente, che in ogni punto della linea ha lo stesso valore massimo.

Nel caso di linea con terminazione aperta o in corto circuito, il coefficiente di riflessione assume il valore di **1** in quanto l'onda riflessa coincide con tutta l'onda incidente e, se la linea è senza perdite, i ventri di tensione hanno valore doppio della tensione massima incidente, mentre i nodi di tensione sono uguali a **0**.

La distanza fra due nodi o fra due ventri in ogni onda stazionaria è sempre uguale a $\lambda/2$, mentre la distanza fra un ventre ed un nodo è sempre $\lambda/4$

ROS: Il rapporto fra il valore massimo ed il valore minimo della tensione di un'onda stazionaria si chiama ROS (Rapporto d'Onda Stazionaria) ovvero SWR (in inglese: Standing Wave Ratio):

$$ROS = \frac{V_{MAX}}{V_{MIN}}$$

Il valore del **ROS** può variare fra **1** e ∞ al variare di Γ tra **0** e **1**.

Per una linea adattata, il **ROS** è uguale a **1**, mentre nel caso di una linea chiusa in corto circuito od aperta o con carico puramente reattivo, è ∞ .

Il R.O.S. o Rapporto di Onde Stazionarie si calcola in ragione del logaritmo del rapporto tra la potenza inviata in antenna e la potenza restituita al trasmettitore.

In caso di "disaccoppiamento" dell'antenna, ovvero quando l'impedenza si discosta dai 50 Ohm della linea, la potenza inviata dal trasmettitore all'antenna non viene irradiata completamente. In condizioni ideali, con l'antenna perfettamente accordata, tutta la potenza emessa dal trasmettitore viene irradiata, con un rapporto di onde stazionarie pari ad 1.

Man mano che il disaccoppiamento aumenta, ovvero l'antenna non è più accordata per la frequenza in uso, il rapporto di onde stazionarie cresce a 2, 3 fino ad infinito.

Un ROS infinito si riscontra quando l'antenna è fisicamente sconnessa dalla linea, tutta la potenza emessa viene restituita al trasmettitore e si corre il rischio di "bruciare" l'amplificatore finale di potenza.

Con ROS di circa 3 si osserva un progressivo riscaldamento dello stadio finale del trasmettitore, che può portare alla rottura in pochi minuti.

Di norma, è considerato accettabile per la trasmissione un ROS tra 1 ed 1.5, anche se raramente si riscontra un ROS minore di 1.2.

Se il ROS supera il 2 occorre tarare (o accordare) l'antenna o, alternativamente, acquistare un accordatore automatico o manuale di antenna.

Un accordatore introduce una perdita di potenza e qualità del segnale osservabile ed è, quindi, consigliato solo nel caso in cui si debba trasmettere a larga banda.

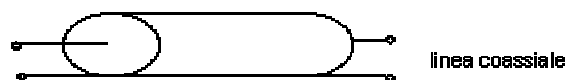
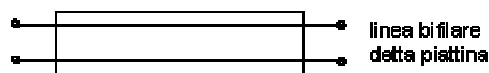
Le onde stazionarie si formano quando una linea non è adattata e di conseguenza parte o tutta la potenza diretta verso il carico, dipendentemente dall'entità del disadattamento, è riflessa verso il generatore. In questa situazione la potenza dissipata dal carico è minore di quella che potrebbe dissipare se la linea fosse adattata cioè se fosse presente lungo la linea solo l'onda progressiva, detta anche onda incidente.

Per poter quantificare la potenza persa per disadattamento ed allargare l'interesse della risposta ai non specialisti occorre rispondere alle seguenti domande:

- Che cos'è una linea di trasmissione?
- Quando una linea si dice adattata?
- Come si quantifica il disadattamento?

Che cos'è una linea di trasmissione?

Una linea di trasmissione appare come un oggetto con due coppie di morsetti:



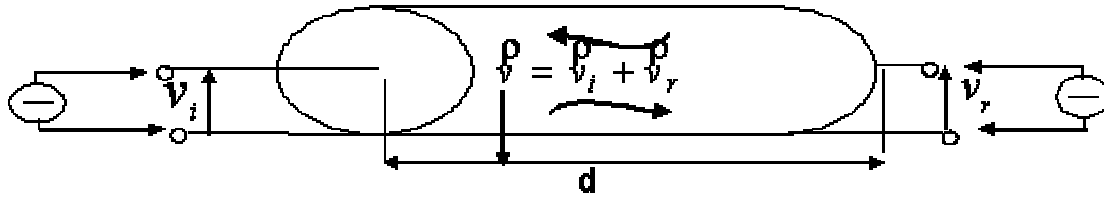
Questi oggetti sono diversi dai classici doppi bipoli: amplificatori, trasformatori, impianti elettrici, eccetera. In questi quadripoli l'uscita dipende istante per istante dall'ingresso, ed in condizioni di linearità la dipendenza è di proporzionalità. Ciò significa che nei classici doppi bipoli il tempo di propagazione è considerato nullo.

Quando l'oggetto con una o due coppie di morsetti ha dimensioni geometriche comparabili con la lunghezza d'onda dei segnali considerati non è più possibile ritenerlo né bipolo né doppio bipolo, ma rientra nella disciplina delle linee di trasmissione perché diventa determinante il tempo di propagazione del segnale. Nelle linee di trasmissione il tempo di propagazione è essenziale.

Come per ogni oggetto vi sono due modi per ricavare le caratteristiche: rilievo sperimentale o calcolo matematico a partire dalla sua costituzione interna. Ricavate le caratteristiche in un modo qualsiasi si può studiare come l'oggetto si comporta inserito in un sistema. Comunque ci si arrivi il risultato non cambia. Per rendere l'argomento più gradevole diamo le conclusioni dei seguenti esperimenti:

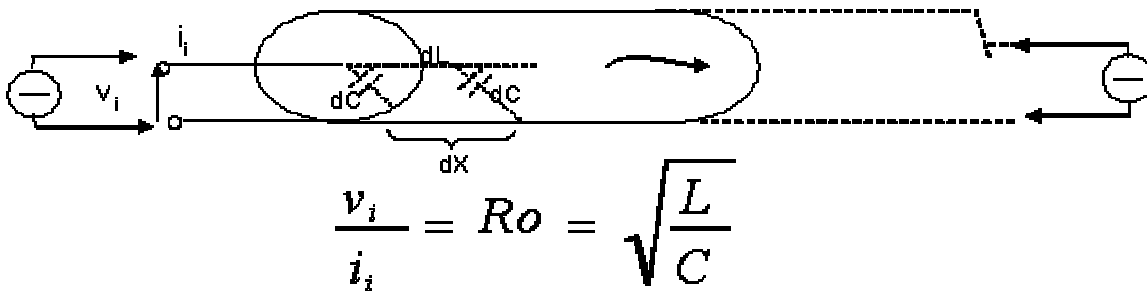
1. L'onda elettromagnetica si propaga lungo la linea con una certa velocità u . Quindi ad esempio se applicata all'ingresso non è presente istantaneamente anche all'uscita.¹

2. Il segnale può transitare in entrambi i sensi.²



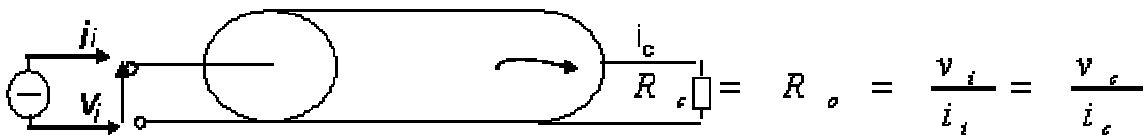
Ne segue che in una sezione il segnale è la somma vettoriale delle tensioni. La linea è particolarmente semplice da studiare quando è presente un solo segnale, detto onda incidente verso il carico.

3. In una linea infinitamente lunga o molto lunga è pensabile di avere un solo segnale. Infatti il segnale di un eventuale generatore alla fine della linea non ci arriva mai o arriva dopo un tempo così lungo che l'esperimento è già finito ed era presente solo il segnale trasmesso al generatore all'inizio della linea.
4. Nella linea infinitamente lunga, trascurando le perdite, si osserva che il rapporto tra tensione v_i e corrente i_i è costante.



In pratica è come se il generatore fosse terminato con una resistenza apparente che non si vede, non è dissipativa, il cui valore (in Ohm) è indipendente dalla frequenza, ma dipende esclusivamente dalle caratteristiche geometriche della linea e dalla costante dielettrica dell'isolante, che determinano i valori di induttanza L e di capacità C per unità di lunghezza dx . La radice quadrata del rapporto (L/C) ha la dimensione di una pura resistenza che prende il nome di resistenza caratteristica della linea R_o .³

5. Poiché la linea infinitamente lunga si comporta come se fosse una resistenza R_o , si potrà sostituire il tratto di linea con un Resistore di carico R_c uguale al valore di R_o , senza che nulla cambi.



Quando una linea si dice adattata?

Quando è terminata con un resistore R_c , uguale al valore di R_o .

La linea si comporta come se fosse infinitamente lunga, abbiamo un'unica onda elettromagnetica che si propaga, con velocità u , dal generatore al carico e si manifestano lungo i fili tensioni e correnti. Ciò si esprime dicendo che la linea è adattata. La tensione e la corrente sul carico sono uguali alla tensione e corrente lungo la linea.

Come si quantifica il disadattamento.

Tutte le volte che R_c è diversa da R_o le cose si complicano perché abbiamo riflessione, cioè oltre al segnale che si propaga dal generatore al carico si ha anche un segnale che si propaga dal carico al generatore, tensione e corrente riflessa v_r , i_r . Le entità dei valori riflessi dipendono da quanto R_c è diversa da R_o .

La tensione lungo la linea non è più costante, ma è uguale alla somma vettoriale $\mathbf{V}_s = \mathbf{V}_i + \mathbf{V}_r$ (legge delle tensioni) mentre la corrente è uguale alla differenza vettoriale tra le correnti $\mathbf{i}_s = \mathbf{i}_i - \mathbf{i}_r$ (legge delle correnti). Si formano lungo la linea onde stazionarie di tensione e di corrente. La tensione stazionaria \mathbf{v}_s è massima quando il vettore della tensione incidente e in fase con il vettore della tensione riflessa ed è minima quando v_i e v_r sono in opposizione. Lo stesso vale per le correnti.

Chiamasi **SWR** (Standing Wave Ratio) il rapporto tra il valore massimo e minimo dell'onda stazionaria. In italiano si indica con **ROS** (Rapporto Onda Stazionaria).

$$SWR = \frac{|V_i| + |V_r|}{|V_i| - |V_r|}$$

è sempre un numero reale compreso tra 1 e infinito.

Potenza persa per onde stazionarie in funzione del disadattamento

Un altro modo per quantificare quanto la linea è disadattata o adattata è il coefficiente di riflessione Γ cioè il rapporto tra la tensione riflessa e la tensione incidente.

$$\Gamma = \frac{\vec{V}_r}{\vec{V}_i} = \frac{\vec{i}_r}{\vec{i}_i}$$

è reale o complesso a seconda che la linea sia terminata con una resistenza R_c o con una impedenza Z_c .

$$|\Gamma|^2 = \frac{P_{riflessa}}{P_{incidente}}$$

Il quadrato del coefficiente di riflessione $|\Gamma|^2$ indica il rapporto tra la potenza riflessa e quella incidente, esprime quindi la frazione della potenza massima che la linea potrebbe erogare se adattata e che non è utilizzata dal carico poiché riflessa⁴

Appare evidente che SWR e Γ sono legati e sono due modi diversi per dire la stessa cosa. È facilmente verificabile che:

$$SWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad \text{e che} \quad \Gamma = \frac{Z_c - R_o}{Z_c + R_o}$$

Dalla relazione si nota che la riflessione è dipendente dal carico ed è indipendente dal generatore.

Note

1) Data la presenza del dielettrico la velocità di propagazione dell'onda lungo la linea è minore rispetto allo spazio libero. $u = c/(\epsilon_r)^{0.5}$. In pratica nei cavi il tempo di propagazione è circa 5-7 nS per metro.

2) Nei sistemi lineari i singoli segnali si comportano come se fossero indipendenti l'uno dall'altro. Tutti circuiti formati da resistenze, condensatori ed induttanze senza nucleo ferromagnetico, sono lineari.

Siccome i fili sono formati da questi oggetti, le linee si comportano linearmente. Cioè i segnali possono percorrere in senso opposto senza interferire fra loro. La linearità è un fenomeno abbastanza comune nei circuiti elettrici, ma non è per nulla un fenomeno naturale generale: due treni non possono viaggiare in senso opposto sullo stesso binario senza interferire.

3) È anche detta impedenza caratteristica **Z_o** forse perché sulle linee reali, cioè con perdite dissipative, abbiamo in serie all'induttanza la resistenza **r** del filo e la conduttanza **g** in parallelo alla capacità tra i fili dovute al non perfetto isolamento del dielettrico. Sembrerebbe quindi che l'impedenza caratteristica del cavo reale sia:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{r + j\omega l}{g + j\omega c}}$$

ma poiché alle radiofrequenze $r \ll \omega l$ e $g \ll \omega c$ anche per linee reali l'impedenza

$$R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

caratteristica del cavo si riduce alla sola resistenza caratteristica.

I cavi coassiali sono venduti con due valori di resistenza caratteristica: 50 e 75 Ohm.

4) Per i valori estremi di R_c , 0 Ohm linea in corto circuito e linea aperta $R_c = \infty$, tutta la potenza incidente ritorna verso il generatore, $P_i = P_r$.

Nel caso di trasmettitori che, tramite linee alimentano le antenne, per evitare che si danneggiano in caso di sconnessioni del carico, sono dotati di protezioni contro valori di potenza riflessa superiore al 10% di quella incidente. La norma europea ETSI 300-384 richiede per le linee di trasmissione che la potenza nominale sia erogata su un carico che presenti un disadattamento massimo $\tau = 0.16$, corrispondente ad una potenza riflessa pari ad un quarantesimo della potenza incidente, ovvero 2.5%.

Termino con un concetto noto ma poco diffuso. L'immediatezza dell'accensione del lampadario di casa, dopo aver chiuso l'interruttore, è data dalla velocità dell'onda e non certo dalla migrazione degli elettroni lungo filo. Se potessimo colorare gli elettroni in prossimità dell'interruttore, noteremmo che impiegherebbero ore per raggiungere la lampadina. Le cariche elettriche, hanno tante cose da fare, sono sottoposte ad una forza e quindi ad un'accelerazione dovute alla presenza del campo elettrico. Si muovono in un reticolo cristallino urtano e rallentano disperdendo l'energia accumulata e riaccelerano nuovamente in direzione nel campo esterno. È l'onda del campo elettrico che nella sua propagazione mette in fibrillazione, se ci sono, i successivi elettroni che man mano incontra lungo la linea a velocità prossima a quella della luce.

Fonti: vialattea.net
 IlmondodelleTelecomunicazioni.it
 Archivio **ateR**group
 Appunti universitari