

# PARLIAMO DI CAVI COASSIALI

*ARI- Sezione di Roma- Serate tecniche - 14-09-2011*

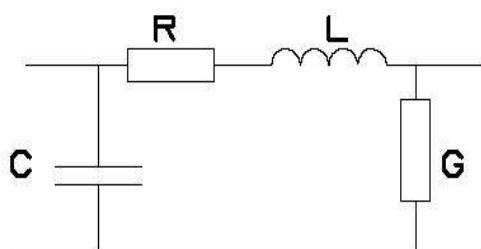
*presentazione di Giovanni Paternostro – IØXJ*

*impaginazione e grafica a cura di Claudio Primerano - IZØHHH*

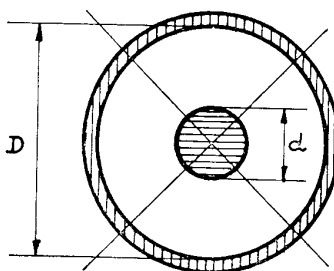


## Parte 2 – Caratteristiche elettriche/trasmissive (e relative formule)

Si puo' fare riferimento ad un modello in cui il cavo sia composto di varie sezioni elementari come in figura, dove C è la capacità tra i conduttori, R la resistenza longitudinale, L l'induttanza longitudinale e G rappresenta le perdite tra i conduttori.



Per comprendere meglio le caratteristiche suddette, consideriamo alcune formule riferite alle dimensioni e alla costante dielettrica dell'isolante. Esistono anche dei semplici Software che consentono di risparmiare i calcoli manuali e fare velocemente le verifiche.



Definiti quindi:

- d diametro del conduttore interno
- D diametro interno del conduttore esterno (cioè il diametro sopra l'isolamento)
- $\epsilon$  costante dielettrica relativa (vedi anche riferimenti nella 1° parte)

## Capacità (in pF/m) [1]

$$C=24,15 \varepsilon / \log D/d$$

dalla formula della capacità e dell'induttanza (che non riporto perché poco utile) si ricava quella dell'impedenza che invece è utilissima. Si parla di impedenza caratteristica o "all'infinito", immaginando un numero infinito di celle elementari (ma che alle fine potrebbero essere chiuse su una terminazione avente il valore dell'impedenza caratteristica).

## Impedenza (in $\Omega$ ) [2]

$$Z = \frac{138}{\sqrt{\varepsilon}} \log \frac{D}{d}$$

*Le formule suddette derivano da considerazioni geometriche e fisiche, quindi contengono delle approssimazioni solo sui decimali delle costanti  $\pi$  ed i passaggio dai logaritmi naturali (in base e) a quelli in base 10 usati nelle formule. Nei coassiali con schermo a treccia occorre maggiorare leggermente D, per tener conto degli spazi vuoti sotto la treccia (in prima approssimazione si puo' considerare il diametro dei fili della treccia) circa 0,18 mm per RG8-RG11-RG213, 0,13 per RG58-RG223 e 0,16 per RG59 e genericamente tipi TV).*

Come si vede le caratteristiche dipendono dal rapporto diametri, per cui si usa identificare i coassiali anche con i loro diametri (es. 2,6/9.5- 2,3/7,3- 1,3/4,5 etc.).

E' utile conoscere la formula di di passaggio da conduttore esterno a sezione circolare a quella **quadrata** (ad es. per costruire una linea coax partendo da profilati disponibili).

- Detto W il lato interno del quadrato nella formula [2] dell'impedenza occorre sostituire:

$$D' = 1,08 W$$

Oltre alla costruzione di linee coassiali "custom" a partire da tubi e fili disponibili, vediamo altre possibili applicazioni delle formule (e del SW descritto nel seguito):

- *disponiamo di alcuni spezzoni di coassiale non marcato e desideriamo conoscerne le caratteristiche:*

si misurano D e d con un calibro o un micrometro. Per conoscere  $\varepsilon$  si puo' ricavarla dalla [1] misurando la capacità, oppure fare una stima visiva sul tipo di dielettrico : il PE solido si presenta bianco-translucido e relativamente "duro (non si scalfisce con l'unghia) – Anche il PTFE è "duro" ma di colore bianco. Il PE espanso è invece più cedevole (a causa della costruzione "foam") e si presenta bianco.

Per la costante dielettrica dei vari materiali vedi la prima parte di questa presentazione. Per il PE espanso in prima approssimazione la costante dielettrica può essere posta pari a 1,5.

- *realizzazione di condensatori di piccola capacità:*

conoscendo o calcolando la capacità in pF/m (es. 100 pF/m), si taglia a misura per ottenere il condensatore della capacità voluta (es. 5 cm per 5 pF) – la misura va presa sulla treccia e non sull'isolante.

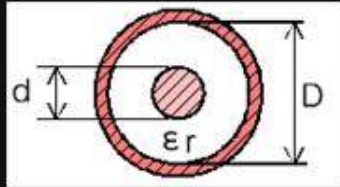


Un'interessante osservazione può essere fatta misurando le dimensioni del connettore UHF (SO238) – anche utilizzando PTFE per il dielettrico, l'impedenza risulta circa 29  $\Omega$ , contro i normali 50  $\Omega$ , pertanto la gamma UHF (70 cm) può essere veramente un limite per l'uso di questo connettore (alle frequenze superiori la lunghezza fisica del connettore diventa significativa, comparata con la lunghezza d'onda di lavoro).

Esistono dei "calculator" sul web, che consentono di risparmiare i calcoli in particolare:

[http://sphere.ne.jp/ilab/ilab/tool/cx\\_line\\_e.htm](http://sphere.ne.jp/ilab/ilab/tool/cx_line_e.htm)

**Coaxial Line Calculator**



er

d  [mm]

D  [mm]

Analyze >>> Zo  [ohm]

Zo  [ohm]

**Input d >>> Synthesis D:**

**Input D >>> Synthesis d:**

**C**  [pF/m]

**Vp**  [km/s]

**L**  [nH/m]

**td**  [ns/m]

(secondo la modalità americana , i dati vanno inseriti con il punto decimale e non la virgola)

Oltre ad impedenza e capacità, il calcolatore fornisce anche altri parametri tra cui la velocità di propagazione in km/s – Se consideriamo che la velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche nel vuoto è pari a 300000 km/s, dividendo per questo valore il valore di velocità trovato nel coassiale, si ottiene il **Fattore di velocità**. nel caso in esempio  $F_v=0,85$  . Più semplicemente, se si conosce la costante dielettrica, si calcola

$$F_v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon}}$$

cioè  $F_v$  è l'inverso della radice di  $\epsilon$

Se invece il  $F_v$  è dichiarato nel data-sheet del produttore del cavo, si può risalire al valore della **costante dielettrica, calcolando l'inverso del  $F_v$  e poi il quadrato**.

Valori comuni per il  $F_v$  sono 0,66 per l'isolamento in PE solido e 0,82 per il PE espanso.

*Come vedremo nella terza parte, il fattore di velocità è utile per calcolare la lunghezza effettiva di spezzoni di cavo, in funzione della lunghezza d'onda.*

## **Attenuazione**

Questo parametro è uno dei più interessanti per la rice-trasmissione, ma anche uno dei più complicati da calcolare.

Si può pensare composto dalla somma di due termini:

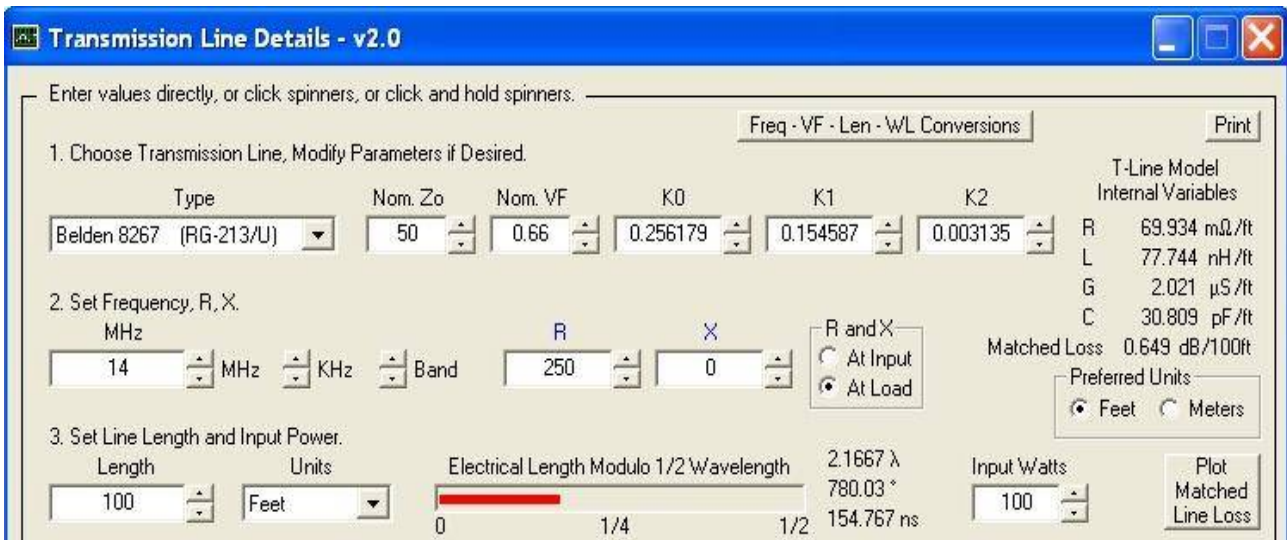
$$A = K_1\sqrt{F} + K_2F$$

di cui il primo: funzione delle dimensioni e della radice della frequenza  $F$ , a causa dell'effetto pelle, il secondo rappresenta le perdite con la frequenza , e diventa significativo dalle VHF in su.

*Le formule in questione sono state illustrate da P.H. Smith, 1ANB (da cui prende il nome la famosa "carta") nel suo articolo del 01/ 1939 su Electronics .*

*Sull'ARRL antenna Handbook (capitolo Transmission lines) si possono trovare le formule complete, con i cui coefficienti si ottiene il risultato in dB per 30,5 m (100 ft ) - mancano tuttavia i coefficienti dovuti alla trecciatura (braid factor), che fa aumentare l'attenuazione e alla eventuale cordatura del conduttore centrale (strand factor).*

Sullo stesso Antenna Handbook e sull'ARRI Handbook (consultabili in sezione) ci sono i grafici per i più comuni cavi RG, mentre un interessante programma: **tl details** si può trovare sul sito di AC6LA: [www.ac6la.com/tldetails.html](http://www.ac6la.com/tldetails.html)



nel programma occorre inserire la frequenza e l'impedenza d'antenna (normalmente R=50, di default è previsto 250 e va cambiato). Per il grafico cliccare "plot matched loss"  
 Per il classico cavo RG 213 si vede che l'attenuazione a 28 MHz è minore di 1dB per 30m di cavo, (e quindi questo tipo è accettabile per le HF) mentre a 432 è circa 4,6 dB quindi con 30 m di cavo uscirà sul carico circa un terzo della potenza in ingresso al cavo.

Il programma consente anche di vedere l'attenuazione dovuta al ROS (SWR) ad es. proviamo a mettere X=80 (con R=50) - il ROS all'input passa a 3 e l'attenuazione a 28 MHz raddoppia.

La limitazione di questo programma è che contiene solo i dati dei cavi piu' diffusi in USA

Per i cavi con conduttori in rame e schermo a nastro, avevo a suo tempo preparato un programmino in DOS (ma che funziona anche sotto Windows) che calcola l'attenuazione (anche se approssimata e con alcune semplificazioni) alle varie frequenze e puo' essere utile per comparare le prestazioni non tabulate di vari tipi . Lo rendo disponibile "as is" per la comunità radiantistica, per usi non commerciali.

```

C:\D:\COAX2.EXE
COAX2 by G. PATERNOSTRO
CALCOLO ATTENUAZIONE COAX IN RAME
DIA. IS. (mm)? 7.2
DIA. COND. (mm)? 2.7
IMP. inf. (Ohm)? 50
FREQ. (MHz)? 432.3
76.4376 3.19902
ATT. a 432.3 MHz = 79.63662 dB / km
ALTRA FREQ. (S/ret)? s
FREQ. (MHz)? 1296.3
132.3632 9.59262
ATT. a 1296.3 MHz = 141.9558 dB / km
ALTRA FREQ. (S/ret)? _
  
```

I dati vanno inseriti con il punto decimale al posto della virgola.

Dopo aver inserito i dati richiesti occorre premere ENTER –

Successivamente viene richiesto se si desidera il calcolo ad un'altra frequenza. se "SI" premere "s" e poi ENTER, altrimenti premere solo ENTER per uscire dal programma.

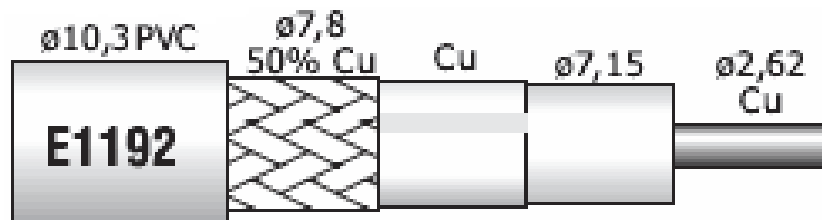
Il programma fornisce (approssimata) l'attenuazione in dB/km, per avere il dato per 100 m, occorre dividere per 10., (oppure dividere per 33 per avere l'attenuazione in dB/30 m). In alto vengono anche presentati valori dei due termini che compongono l'attenuazione.

L'esempio si riferisce al cavo Aircom plus che ha un conduttore solido con diametro 2,7 mm e dielettrico in PE semi-aerato con una particolare struttura (vedi figura).



Rispetto ai dati pubblicati c'è una differenza (in meglio per il calcolo) di 0,4 db su 100 m a 432 MHz e superiore a 1296 MHz, non saprei dire se a causa delle semplificazioni, o se i dati sono "conservativi".

- Allo stesso modo si può verificare per il cavo Belden H1000 con dimensioni 2,62 / 7,15 mm e dielettrico in PE espanso



A= 8,15 dB/100 m a 432 e 14,5 dB/100 m a 1296 MHz

L'attenuazione a 432 MHz dei tipi suddetti su 30 m è circa 2,4 dB, con il risultato che circa il 60 % della potenza applicata all'ingresso arriverà al carico..

- Altri tipi simili di cui si possono reperire i dati sul web (sempre a titolo di esempio e non esaustivo) sono : Belden H500, Aircell 7, Ecoflex 10. Questi cavi hanno ancora dimensioni comparabili con il tipo RG 213/ Rg 8 ma occorre prestare attenzione alla compatibilità con i connettori e al raggio di piegatura (in particolare per l'Aircom plus)

- Applicando il programma COAX2 ad un'ipotetico cavo con le stesse dimensioni del tipo RG213 (2,25/7,3) ma con conduttore centrale solido ed esterno a nastro e dielettrico in PE solido si ottiene a 432 MHz A= 9 dB/ 100 m e circa 3 dB su 30m, contro 4,6 dB/30m trovati per l'RG213 con il programma di AC6LA. Questo può dare un'idea di quanto influisce il fattore di trecciatura alle UHF. Per altro a 28 MHz su 30 m si ottiene 0,7 dB contro 0,9 dell'RG213 trovato in precedenza.

- *Cavi professionali con schermo saldato e corrugato*: considerando ad esempio il tipo da ½ pollice ed i dati dei due principali produttori Andrew Heliax e RFS Cellflex si ottiene con il calcolo :4,75 dB/100 m a 432 MHz e 8,68 dB/100 m a 1296 MHz.

L'uso di questi cavi è adatto per chi voglia dedicarsi alle V/UHF, per contro vanno considerati i problemi d'installazione e la necessità di connettori speciali, abbastanza costosi, nonché quella di adottare "code" in cavo flessibile.

#### - CAVI a 75 Ω

Il valore migliore del rapporto diametri D/d è stato calcolato pari a 3,6 ai fini dell'attenuazione- Con questo rapporto, se il dielettrico fosse in aria verrebbe un'impedenza di circa 77 Ω. Nei cavi con dielettrico a bassa ε come quelli per trasmissioni telefoniche menzionati nella prima parte, l'impedenza risulta 75 Ω.

Questo valore è stato poi adottato per la ricezione TV, mentre il valore 50 Ω era stato scelto a suo tempo per la trasmissione radio, come compromesso considerando la massima potenza trasferibile e la massima tensione applicabile al cavo, valori sempre legati al rapporto diametri.



- Applicando il programma COAX2 ad esempio al cavo 1,63/7,3 (tipo INT SAT170 della Messi & Paoloni) troviamo 7,83 dB/100 m a 432 MHz e 13,96 dB/100 m a 1296 MHz.

*(Dati leggermente migliori rispetto al tipo Aircom plus illustrato in precedenza)*

L'uso di cavi TV normali da 75 Ω. anche di dimensioni minori può risultare conveniente in unione ad antenne già concepite per 300 /75 Ω. d'impedenza quali quelle TV per 50 MHz (banda I ) e vecchie antenne Fracarro per 144 MHz che avevano appunto questa impedenza. Nella 3° parte verrà illustrata un'applicazione.

Per cavi "d'occasione" è opportuno controllare le caratteristiche della treccia.

Se ci sono degli spazi liberi, ci dovrebbe essere almeno un nastro metallico (anche d'alluminio) sottostante. Se invece si vede l'isolante attraverso la treccia, si tratta di un cavo molto economico che è meglio evitare.

*Nota finale: per chiarezza preciso che per tutti i cavi citati come esempio non esiste alcuna preferenza o "sponsorizzazione" da parte mia- Preciso inoltre che, pur avendo lavorato per gruppi multinazionali che avevano anche la produzione di coassiali, da più di 10 anni lavoro per un organismo indipendente.*

*Continua nella 3a parte – Applicazioni pratiche: autocostruzione adattatori d'impedenza*