40 PERDITE SUI CONDUTTORI

Valutiamo l'effetto delle perdite sui conduttori, se questi non sono perfetti, ovvero se la conducibilià σ_c è finita. Assumiamo comunque che il materiale sia un *buon conduttore*, ovvero che

$$\frac{\sigma_c}{\omega\varepsilon_0\varepsilon_c} \gg 1$$

dove ε_c è la costante dielettrica relativa del conduttore stesso. In tal caso possiamo includere le perdite nel modello delle linee di trasmissione aggiungendo una resistenza R per unità di lunghezza nel modello circuitale di linea, oppure una attenuazione $-j\alpha_c$ alla costante di propagazione della linea con conducibilità infinita. Si noti comunque che la disuguaglianza precedente può essere verificata, alle frequenze di nostro interesse, solo da conduttori metallici, con conducibilità superiori a qualche kS/m. Conseguenza della ipotesi di buon conduttore è che la attenuazione è piccola: $\alpha_c \ll \beta$.

Per un cavo coassiale la resistenza per unità di lunghezza è data da

$$R = \frac{R_s}{2\pi}\left(\frac{1}{r_e} + \frac{1}{r_i}\right) \tag{187}$$

dove R_s, detta resistenza superficiale del conduttore vale

$$R_s = \frac{1}{\sigma_c\delta}$$

e δ è la profondità di penetrazione (o *skin depth*), data da

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu_0\sigma_c}}$$

e che misura lo spessore della zona superficiale del conduttore effettivamente interessata dal campo, e dalla corrente. Per i conduttori e le frequenze di interesse δ è tipicamente dell'ordine dei micron, e di conseguenza R_s è dell'ordine dei $m\Omega$.

Per una guida d'onda, stante la particolare forma della costante di propagazione, risulta più semplice calcolare direttamente α_c.

Risulta

$$\alpha_c = \frac{R_s}{\zeta b}\sqrt{\varepsilon_r}\,\frac{1 + 2\dfrac{b}{a}\left(\dfrac{f_c}{f}\right)^2}{\sqrt{1 - \left(\dfrac{f_c}{f}\right)^2}} \tag{188}$$

essendo f_c la frequenza di taglio, data da

$$f_c = \frac{c}{2a\sqrt{\varepsilon_r}}$$

e ε_r la costante dielettrica del materiale che riempie la guida.

L'andamento in frequenza di α_c è quello riportato in Fig. 9 *., per vari valori del rapporto a/b.

---

* Si tenga conto che anche R_s dipende da f, ed è anzi proporzionale a $\sqrt{f}$

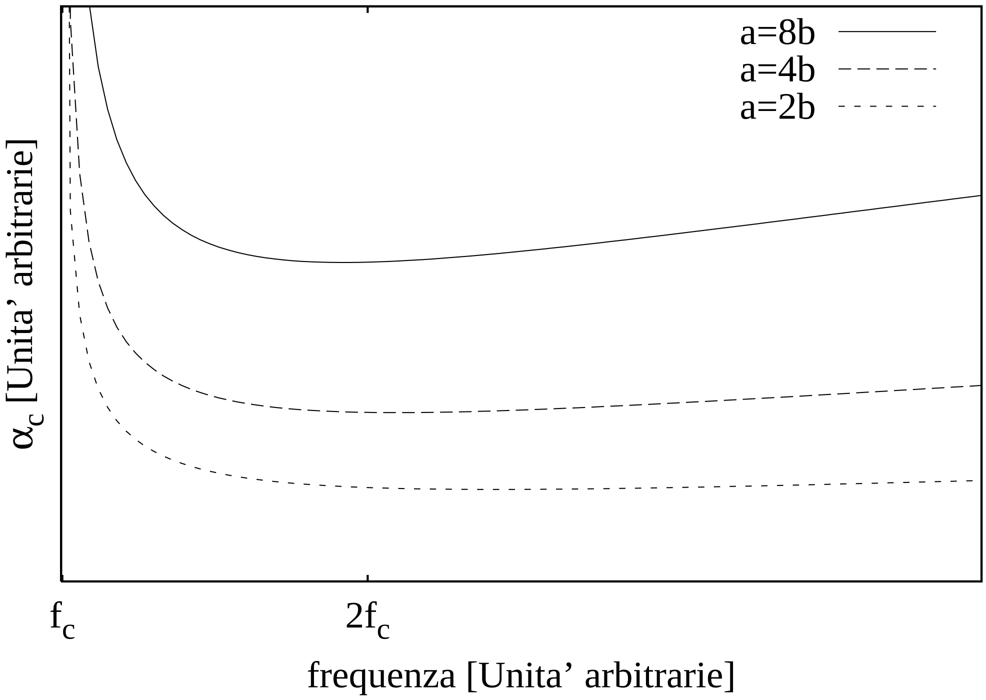

Fig.9: Andamento della attenuazione in una guida al variare della frequenza.

Dalla Fig. 9 si vede che l'attenuazione aumenta al diminuire di b a causa del fattore $1/b$ a denominatore della (188). Per il resto la dipendenza da b è soprattutto a basse frequenze. Tutte le curve riportate hanno un minimo, per una frequenza dipendente da b, ma per b non troppo piccolo, l'attenuazione è costante in tutta la banda utile $(1.15f_c, 0.85(2f_c)$. La Fig. 9 mostra però anche chiaramente perchè le guide non si usano per f prossima a f_c: in tale regione le perdite dovute al conduttore diventano molto grandi. Per $b = a/8$ la regione utilizzabile inizia intorno a $f = 1.4f_c$ e non intorno al valore di $f = 1.15f_c$ come negli altri casi.