

Esame di abilitazione alla professione di Ingegnere

30 Novembre 1998

Prova n. 2 per Elettronici

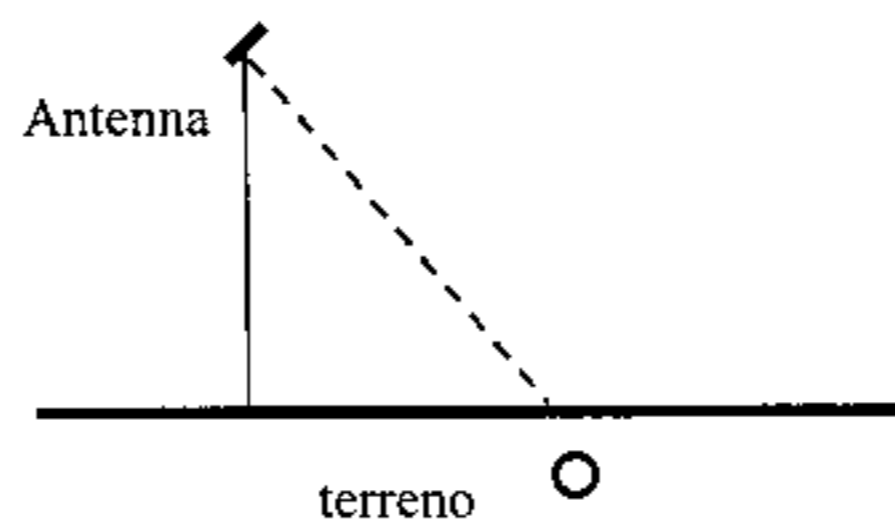
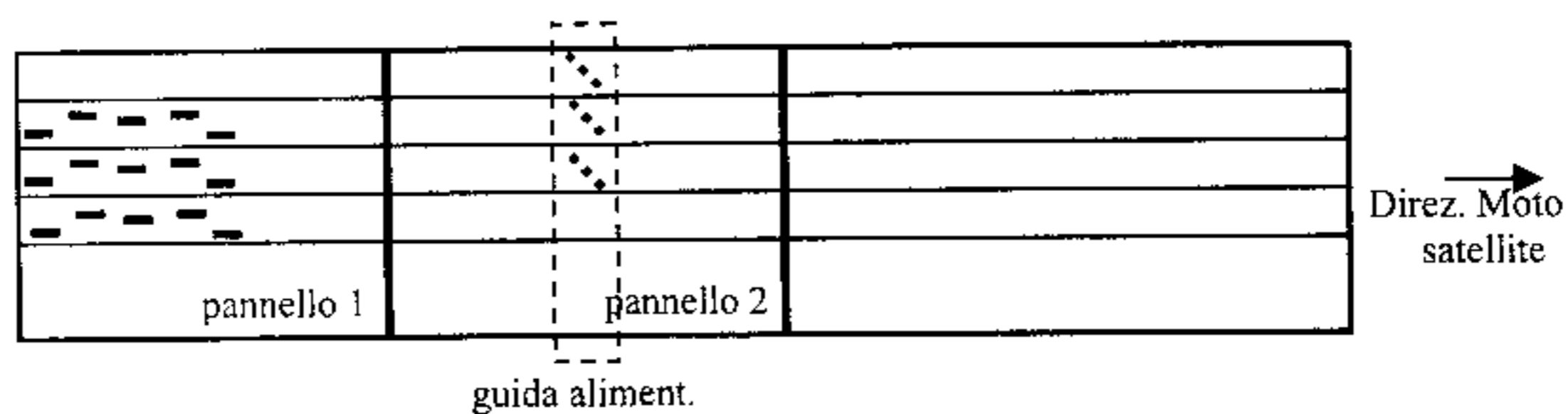
Un'antenna per un SAR (radar ad apertura sintetica) a bordo di un satellite alla frequenza di 5 GHz è costituita da una schiera bidimensionale di fessure in guida d'onda di dimensioni 10 m (lunghezza) x 1 m (larghezza). Tale antenna è equivalente ad un'apertura delle medesime dimensioni. La polarizzazione è verticale (perpendicolare all'asse della guida).

1) Nell'ipotesi che l'antenna sia orbitante alla quota di 100 km, ed irradi impulsi con una potenza di picco di 500 kW, si calcoli il rapporto S/N del segnale di picco ricevuto dalla reirradiazione di una sfera metallica dal diametro di 1 m posta a terra a 6m di profondità in terreno sabbioso secco ($\gamma=0.0001$ S/m; $\epsilon_{rel}=4$), in condizioni di puntamento ottimale dell'antenna, in una banda di 0.5 MHz. L'onda irradiata dall'antenna incide sul terreno con un angolo di 20 gradi.

(Nota: per il calcolo della sezione radar della sfera si può utilizzare l'approssimazione ottica, e legare il raggio di curvatura dell'onda riflessa R_r , della superficie riflettente R e dell'onda incidente R_i tramite la relazione (per incidenza normale alla superficie metallica) $1/R_r = 1/R_i + 2/R$.)

2) La schiera è di tipo risonante, con le fessure risonanti distanziate di mezza lunghezza d'onda in guida. L'eccitazione degli elementi è uniforme. L'antenna è pieghevole, ed è costituita da 5 pannelli di 2x1 m collegati tra loro tramite apposite giunzioni. Ciascun tratto di guida di ciascun pannello è alimentato da una guida trasversale posta a metà del pannello tramite fessure oblique. In tale sezione il circuito equivalente della fessura di eccitazione equivale a un generatore tipo parallelo, di ammettenza normalizzata interna unitaria, che dovrà vedere un carico totale adattato.

Si progetti il singolo pannello, in modo da minimizzare il numero degli elementi irradianti, indicando:
a) dimensione e numero delle singole guide affiancate (che non sono necessariamente guide standard, essendo realizzate appositamente in materiali speciali, ma sono comunque monomodali);
b) numero, dimensioni e posizione delle fessure su ciascuna guida.



legato al tema 2
Elettromagn.

1.5.1 Fessure in guida d'onda

Le fessure, costituenti gli elementi irradianti della schiera, sono praticate su una parete di una guida d'onda, di solito rettangolare. La distribuzione di corrente superficiale per una guida rettangolare in cui il modo dominante è il TE_{10} è riportata in fig. (1.58-a).

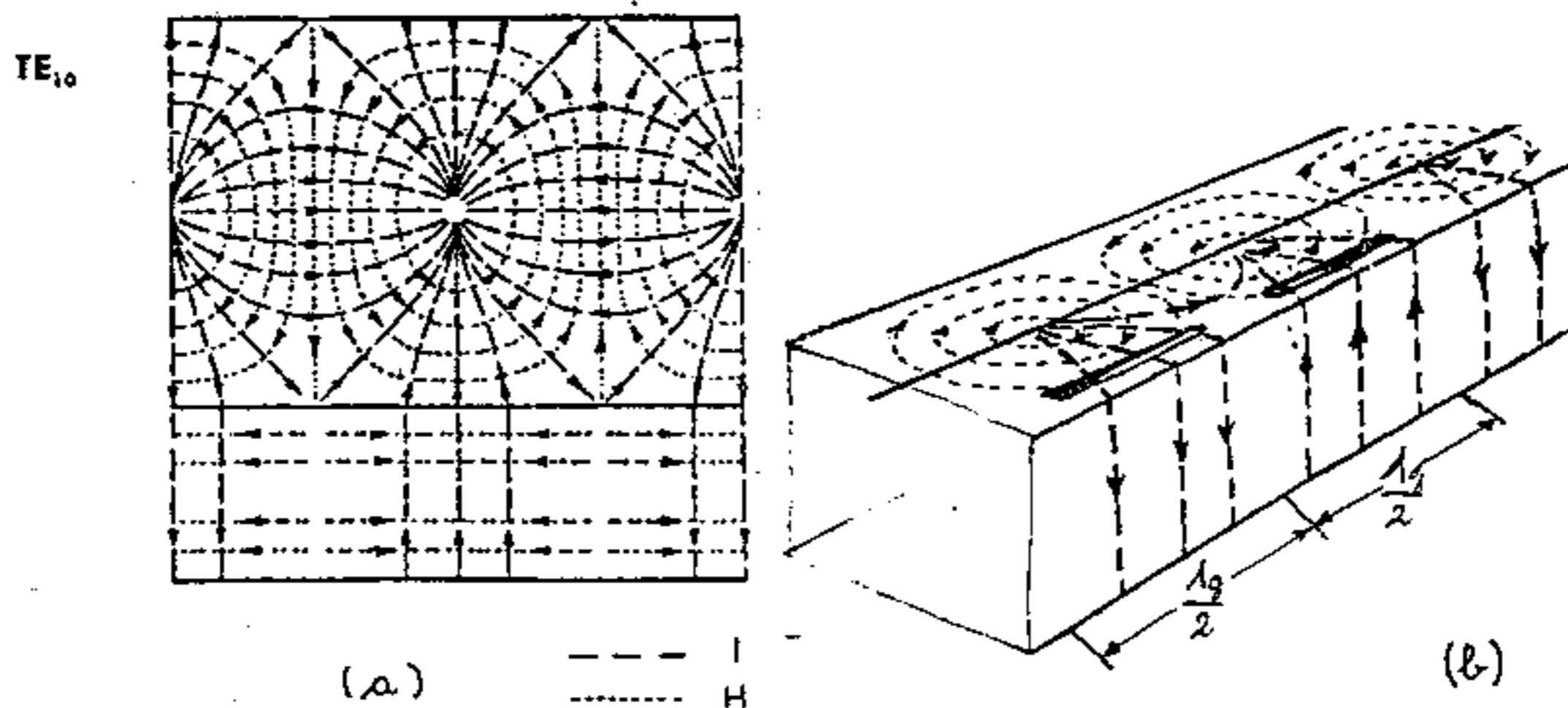


Figura 1.58 - Distribuzione di corrente sulla guida rettangolare ed esempio di fessure irradianti.

Se ad esempio si praticano delle fessure longitudinali sulla della faccia più larga e *non* sulla mezzera, interrompo le linee di corrente e quindi provo irradiazione (fig.1.58-b). La fessura a sua volta può essere considerata come un breve tratto di guida, di altezza (la larghezza della fessura) e di lunghezza (lo spessore della guida) molto ridotte: la distribuzione di campo elettrico nella fessura è quindi ancora quella di fig.(1.57-a). Pertanto la fessura è assimilabile ad una bocca irradiente il cui diagramma d'irradiazione è calcolabile, essendo nota la distribuzione di campo sulla bocca stessa.

La distribuzione di campo elettrico sulla fessura, per il Teorema di Equivalenza, è assimilabile ad un dipolo magnetico della medesima lunghezza ed orientazione.

L'entità della perturbazione del campo nella guida dovuta alla discontinuità rappresentata dalla fessura può essere calcolata riconducendosi ad un circuito equiva-

lente, che per la fessura longitudinale sulla faccia larga è di tipo parallelo, come indicato in fig.(1.59), dove g e b sono valori normalizzati.

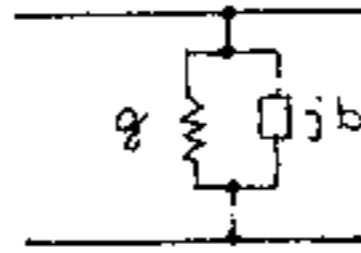


Figura 1.59 – Circuito equivalente per la fessura longitudinale sulla faccia larga.

La conduttanza normalizzata g dipende dalla lunghezza ℓ della fessura e dalla sua posizione x_0 rispetto alla mezzeria (fig.1.58); alla risonanza della fessura, che si ha per $\ell \cong \lambda/2$ in base, p.es., al principio di Babinet, la conduttanza normalizzata g vale:

$$g = \frac{480a\lambda_g}{73\pi b\lambda} \cos^2\left(\frac{\pi\lambda}{2\lambda_g}\right) \sin^2\left(\frac{\pi x_0}{a}\right) = g_1 \sin^2\left(\frac{\pi x_0}{a}\right) \quad (1.92)$$

Il valore sperimentale di g_1 è circa del 5% maggiore di quello teorico che compare nella (1.92).

Alla risonanza, la conduttanza normalizzata g ha un massimo, mentre la suscettanza b è nulla. La dipendenza dalla frequenza è indicata in fig.(1.60).

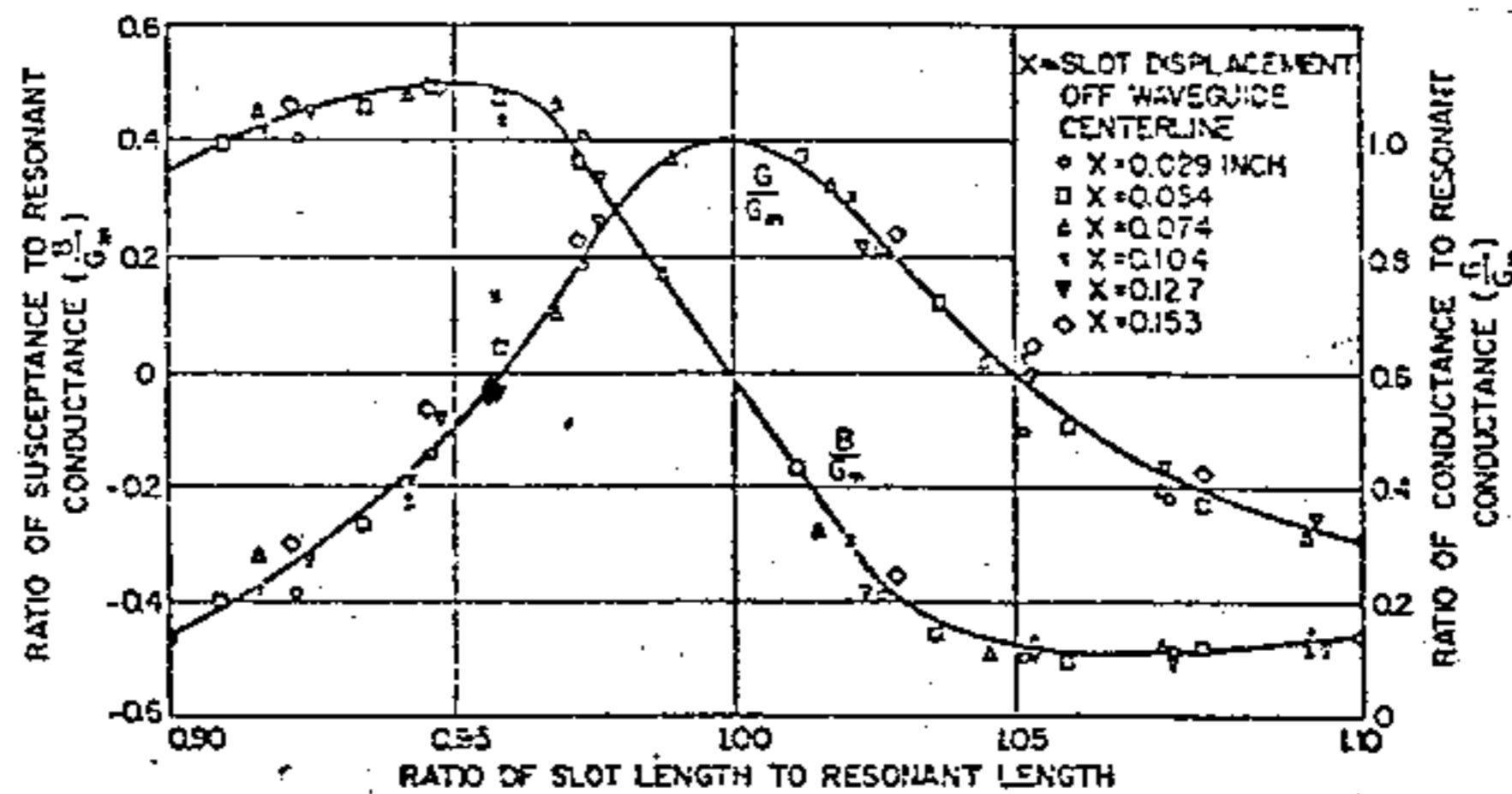


Figura 1.60 – Conduttanza e suscettanza normalizzate di una fessura longitudinale nell'intorno della risonanza.

Le schiere in guida d'onda si distinguono in *risonanti* e *non risonanti*.

Le schiere risonanti sono costituite da una successione di elementi spazati tra loro di $\lambda_g/2$; a valle dell'ultimo elemento si ha un corto circuito, ad una distanza multipla dispari di $\lambda_g/4$. Applicando la teoria delle linee si trova che la distribuzione di tensione in tale circuito ha dei massimi eguali tra loro in corrispondenza delle fessure, con uno sfasamento di π tra ciascun elemento.

Il circuito equivalente per una schiera risonante è riportato in fig.(1.61), dove g_1, g_2, \dots, g_M rappresentano, in condizioni di risonanza, le conduttanze delle fessure

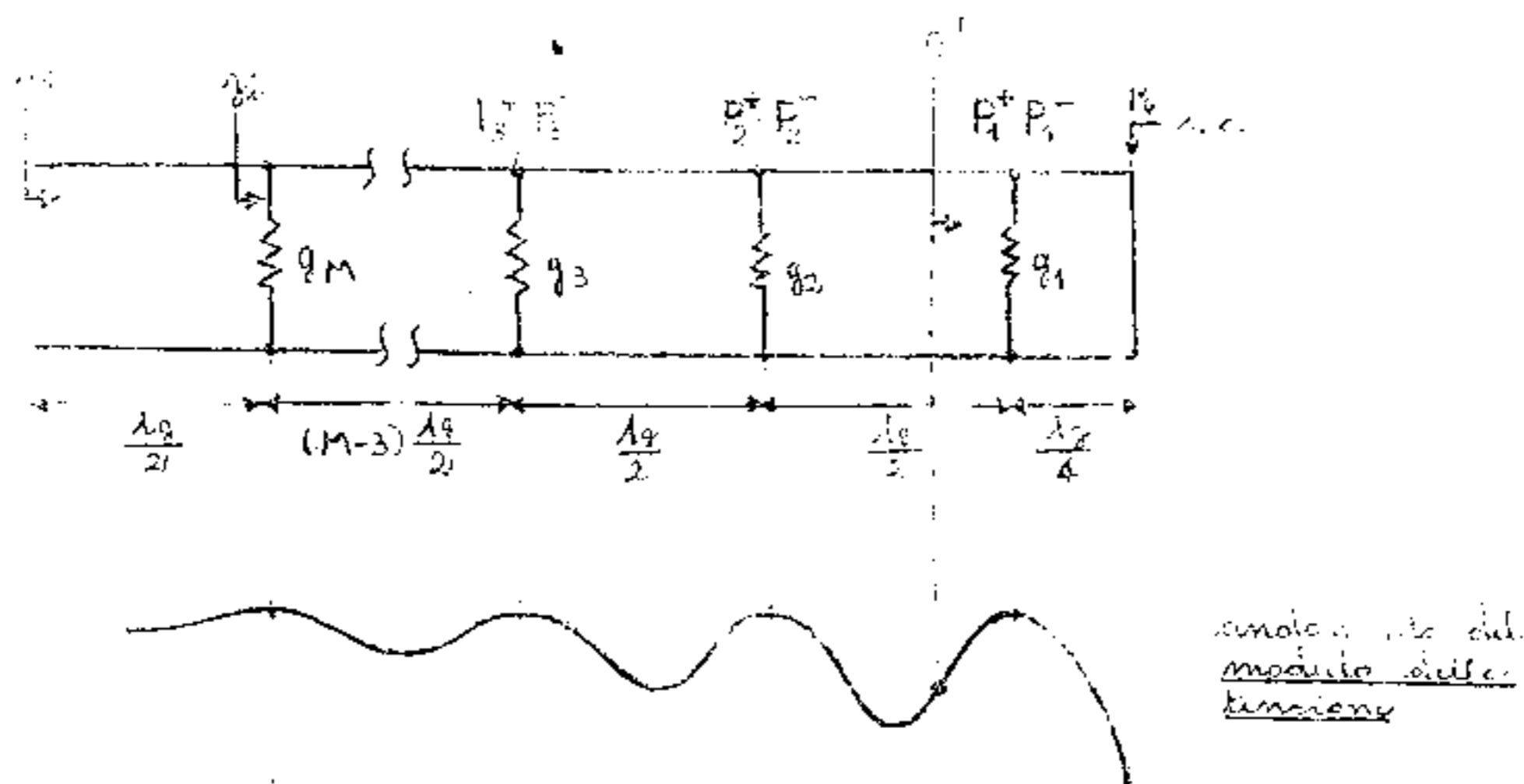


Figura 1.61 - Circuito equivalente e diagramma di onda stazionaria in una schiera riso-
nante.

praticate lungo la guida; inoltre la conduttanza d'ingresso g_i è data da:

$$g_i = \sum_{m=1}^M g_m \quad (1.93)$$

Dal circuito equivalente si ricava che la tensione ai capi delle conduttanze è costante, e pertanto l'eccitazione è controllabile solamente tramite la conduttanza. Poichè il campo irradiato da ciascun elemento è proporzionale alla radice della conduttanza (la potenza lo è alla prima potenza), per ottenere una data distribuzione di eccitazione della schiera le conduttanze dovranno stare tra loro come i quadrati delle eccitazioni.

Quindi, detto A_m il coefficiente di alimentazione prescritto per l' m -esimo elemento della schiera, vale la seguente relazione generale:

$$g_m = g_i \frac{A_m^2}{\sum_{n=1}^M A_n^2} \quad (1.94)$$

dove g_i è l'impedenza d'ingresso desiderata, e M è il numero totale di elementi irradianti.

Esempio: Si desidera una schiera triangolare di 5 elementi; poichè la distribuzione dei coefficienti di alimentazione è del tipo (1:2:3:2:1), le conduttanze staranno tra loro nei rapporti 1:4:9:4:1, per cui, se si vuole adattamento all'ingresso, deve essere:

$$\begin{aligned} g_1 &= g_5 = 1/19 = 0.0526 \\ g_2 &= g_4 = 4/19 = 0.2105 \\ g_3 &= 9/19 = 0.4737 \end{aligned} \quad (1.95)$$

