



LEZIONE 8

PARAMETRI FONDAMENTALI DELLE ANTENNE (continuazione)

Giuseppe Pelosi
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni
Università di Firenze
E-mail: giuseppe.pelosi@unifi.it
URL: <http://ingfi9.det.unifi.it/>

1/14



LEZIONE 8

PARAMETRI FONDAMENTALI DELLE ANTENNE

- Diagrammi di radiazione
- Direttività e guadagno
- Circuiti equivalenti e impedenza d'ingresso



ANTENNE

2/14



LEZIONE 8

PARAMETRI FONDAMENTALI DELLE ANTENNE

- Diagrammi di radiazione
- Direttività e guadagno
- Circuiti equivalenti e impedenza d'ingresso

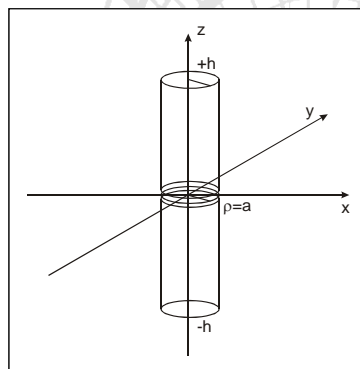
3/14



ANTENNA IN TRASMISSIONE

Antenne filari – Equazione di Hallén

$$\int_{-h}^h K(z, z') I(z') dz' = \frac{B}{\mu} \cos(kz) - \frac{j}{2\zeta} V_g \sin(k|z|) \quad (\text{equazione di Hallén})$$



$$K(z, z') = G(z, z') = \frac{e^{-jk|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|}}{4\pi|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|}$$

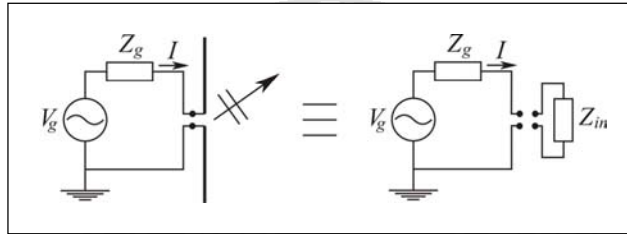
Modello di generatore a δ -gap

$$\mathbf{E}^i(z) = -V_g \delta(z) \hat{z}, \quad \rho = a$$

4/14

**ANTENNA IN TRASMISSIONE**

Circuito equivalente di antenna trasmittente

 V_g : tensione del generatore Z_g : impedenza interna del generatore I : corrente ai morsetti dell'antenna Z_{in} : impedenza d'ingresso (caratterizza interamente l'antenna)

Se non è possibile individuare dei morsetti è comunque possibile includere nell'antenna un tratto della linea di alimentazione, definendo le grandezze di interesse ad una sezione della linea in cui sia presente il solo modo TEM (linee bifilari o coassiali). Le grandezze misurate a questa sezione vengono riportate a una sezione di riferimento, che per definizione si assume come quella di ingresso, con le usuali formule di trasporto delle linee.

5/14

**ANTENNA IN TRASMISSIONE – IMPEDENZA D'INGRESSO**

L'impedenza d'ingresso Z_{in} di un'antenna è il rapporto tra tensione e corrente ai morsetti di alimentazione della medesima.

$$Z_{in} = R_{in} + j X_{in} = (R_r + R_p) + j X_{in}$$

 R_{in} → resistenza di ingresso X_{in} → reattanza di ingresso (energia reattiva immagazzinata in prossimità dell'antenna) R_r → resistenza di radiazione R_p → resistenza di perdita $Y_{in} = 0$ → antenna risonante o accordata $Z_{in} = Z_0^*$ → massimo trasferimento di potenza tra la linea di alimentazione e l'antenna

Z_0^* è il complesso coniugato dell'impedenza caratteristica della linea (che è in pratica reale)

6/14



ANTENNA IN TRASMISSIONE – RESISTENZA DI RADIAZIONE

- P_r \Rightarrow potenza totale irradiata da un' antenna
- I \Rightarrow corrente arbitraria di riferimento (valore massimo della corrente, I_M ,
o valore della corrente di alimentazione, I_0)

La resistenza di radiazione R_r è la resistenza che, percorsa dalla corrente I , dissipa la potenza P_r

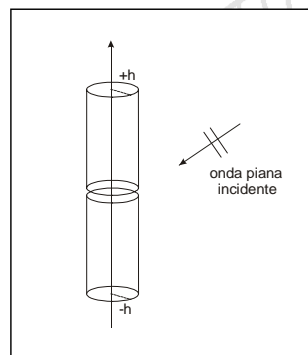
$$P_r = \frac{1}{2} R_r |I|^2$$

7/14



ANTENNA IN RICEZIONE

Antenne filari – Equazione di Pocklington



Antenna in ricezione
Onda piana incidente sull' antenna filare

$$\int_{-h}^h K(z, z') I(z') dz' = -\mathbf{E}^i(z) \cdot \hat{z}$$

(equazione di Pocklington)

$$K(z, z') = \frac{1}{j\omega\epsilon_0} \left[\frac{\partial^2 G(z, z')}{\partial^2 z} + k^2 G(z, z') \right]$$

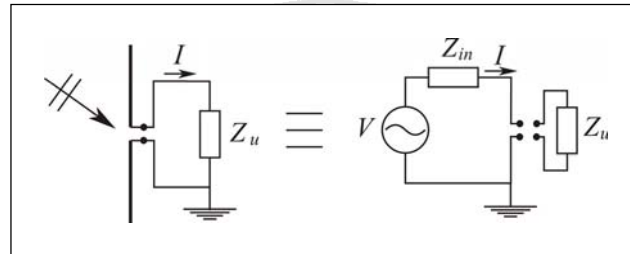
$$G(z, z') = \frac{e^{-jk\sqrt{(z-z')^2 + a^2}}}{4\pi\sqrt{(z-z')^2 + a^2}}$$

8/14



ANTENNA IN RICEZIONE

Circuito equivalente di antenna ricevente



V : tensione generatore di tensione equivalente

Z_{in} : impedenza interna del generatore equivalente (coincide con l'impedenza d'ingresso in tx)

I : corrente ai morsetti dell'antenna

Z_u : impedenza di carico

9/14



METODO DEI RESIDUI PESATI (METODO DEI MOMENTI) PER STRUTTURE FILARI

$$[Z_{mn}][I_n] = [V_m]$$

$Z_{mn} = \langle w_m, L(F_n) \rangle$ elemento della matrice delle impedenze generalizzate

$V_m = \langle w_m, g \rangle$ elemento del vettore dei termini noti

I_n elemento del vettore delle incognite

Risolviendo il sistema si ricavano i coefficienti I_n $[I_n] = [Z_{mn}]^{-1}[V_m]$

e quindi un'approssimazione della funzione incognita

$$I \approx \sum_{n=1}^N I_n F_n$$

da cui si deducono poi le caratteristiche dell'antenna

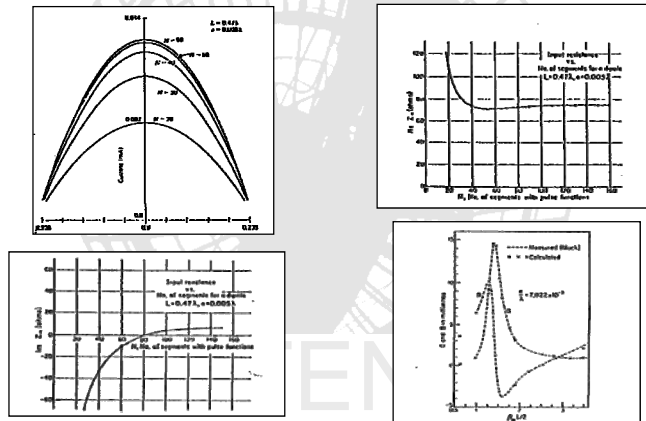
10/14



METODO DEI RESIDUI PESATI (METODO DEI MOMENTI) PER STRUTTURE FILARI

Un esempio: soluzione per un'antenna filare irradiante nello spazio libero

Funzioni di base di tipo pulse function



11/14



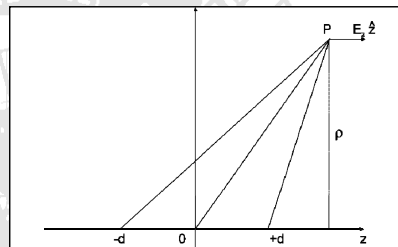
METODO DEI RESIDUI PESATI (METODO DEI MOMENTI) PER STRUTTURE FILARI

Un esempio: soluzione per un'antenna filare irradiante nello spazio libero

Funzioni di base di tipo PWS (piecewise sinusoidal functions) – Metodo di Galerkin

$$I(z') = \frac{\sin[k(d - |z'|)]}{\sin(kd)}$$

$$-d \leq z' \leq +d$$



$$E_z(x, y, z) = \frac{j\zeta}{4\sin(kd)} \left[\frac{e^{-jkR_1}}{R_1} - 2\cos(kd) \frac{e^{-jkR_0}}{R_0} + \frac{e^{-jkR_2}}{R_2} \right]$$

$$R_1 = \sqrt{\rho^2 + (z+d)^2}, R_2 = \sqrt{\rho^2 + (z-d)^2}, R_0 = \sqrt{\rho^2 + d^2}, \rho^2 = x^2 + y^2$$

12/14





METODO DEI RESIDUI PESATI (METODO DEI MOMENTI) PER STRUTTURE FILARI

Un esempio: soluzione per un'antenna filare irradiante nello spazio libero

Funzioni di base di tipo PWS – Metodo di Galerkin

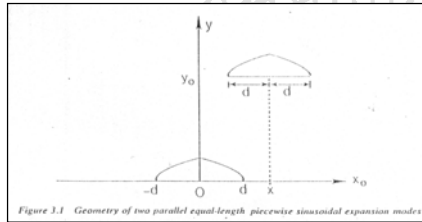


Figure 3.1 Geometry of two parallel equal-length piecewise sinusoidal expansion modes

la matrice delle impedenze generalizzate è di Toeplitz

$$Z_{mn} = Z_{1,|m-n|+1} \quad m \geq 1$$

$$A(1) = A(5) = 1$$

$$A(2) = A(4) = -4 \cos kd$$

$$A(3) = 2 + 4 \cos^2 kd$$

$$E(k\beta) = C_i(x) - jS_i(x)s$$

$$Z_{ij} = \frac{15}{\sin^2 kd} \sum_{m=-2}^2 \sum_{n=-1}^1 A(m+3) e^{-jkn(x_0+md)} E(k\beta)$$

$$\beta = \sqrt{y_0^2 + (x_0 + md)^2} - n(x_0 + md)$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

13/14



METODO DEI RESIDUI PESATI (METODO DEI MOMENTI) PER STRUTTURE FILARI

Un esempio: soluzione per un'antenna filare irradiante nello spazio libero

```

THIS PROGRAM DOES A MOMENT METHOD SOLUTION FOR A
WIRE DIPOLE IN FREE-SPACE.

WHAT IS THE FREQUENCY(MHz)? 300
WHAT IS THE DIPOLE LENGTH(meters)? .5
WHAT IS THE DIPOLE RADIUS(meters)? .001
HOW MANY PWS EXPANSION MODES? 3
MODE # CO-ORD
1 -0.125
2 0.000
3 0.125
AT WHAT MODE IS THE FEED POINT? 2
ARE THERE LUMPED LOADS(Y,N)? N

1 1 13.42096 -448.5261
1 2 12.66705 318.7791
1 3 10.44671 37.57219
MODE # CURRENT (RE,IM)
1 0.0072 -0.0046
2 0.0098 -0.0050
3 0.0072 -0.0046

INPUT IMPEDANCE= 81.19 41.31 ohms
RADIATION EFFICIENCY=100.0%
BROADSIDE GAIN= 2.16 dB

CONTINUE (Y,N)? N

```

Antenna Design Using Personal Computers
is compared with Richmond's code run on a VAX
11/780.

N	Z _{in} for L = 0.5λ, a = .001λ	
	PC	Richmond
1	73.1+j42.2	73.2+j42.6
3	81.2+j41.3	81.3+j41.7
5	82.8+j42.0	82.8+j42.4
7	83.6+j42.7	83.7+j43.1

Sample output for N=3 is shown below.

Example of DIPOLE Usage

The convergence of the input impedance of a center-fed, unloaded λ/2 dipole with a radius of 0.001λ

14/14

