LEZIONE 10

ANTENNE FILARI

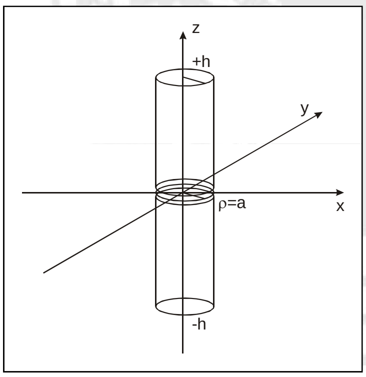
Giuseppe Pelosi
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni
Università di Firenze
E-mail: *giuseppe.pelosi@unifi.it*
URL: http://ingfi9.det.unifi.it/

EQUAZIONI INTEGRALI PER ANTENNE FILARI

Equazione di Hallén – EFIE (Electric Field Integral Equation)

Antenna in trasmissione

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



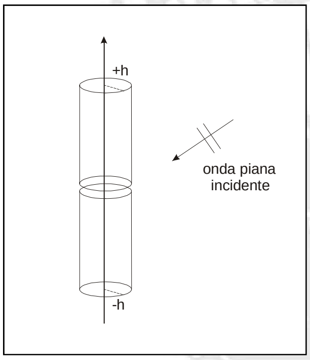
$$K(z,z') = G(z,z') = \frac{e^{-jk|\mathbf{r}-\mathbf{r}'|}}{4\pi|\mathbf{r}-\mathbf{r}'|}$$

Modello di generatore a δ - *gap*

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

EQUAZIONI INTEGRALI PER ANTENNE FILARI

Equazione di Pocklington - – EFIE (Electric Field Integral Equation)



Antenna in ricezione
Onda piana incidente sull'antenna filare

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

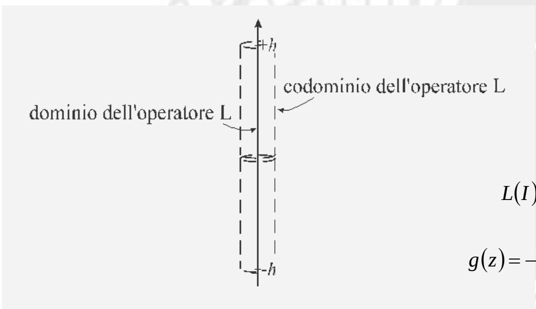
(equazione di Pocklington)

$$K(z,z') = \frac{1}{j\omega\varepsilon_0}\left[\frac{\partial^2 G(z,z')}{\partial^2 z} + \mathrm{k}^2 G(z,z')\right]$$

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

SOLUZIONE DELL'EQUAZIONE INTEGRALE MEDIANTE IL METODO DEI RESIDUI PESATI (METODO DEI MOMENTI)

ANTENNE I - ANTENNE PER SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni – Università di Firenze



$$L(I) = g$$

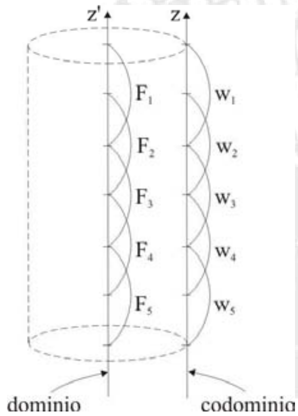
$$g(z) = -\mathbf{E}^i(z)\cdot\hat{z}$$

$$L(\cdot) = \int_{-h}^{+h} K(z,z')(\cdot)dz'$$

equazione di Pocklington

SOLUZIONE DELL'EQUAZIONE INTEGRALE MEDIANTE IL METODO DEI RESIDUI PESATI (METODO DEI MOMENTI)

funzioni di base e di peso sulla struttura



$$I(z') \cong \sum_{n=1}^{N} I_n F_n(z')$$

$$Z_{mn} = \langle w_m, L(F_n) \rangle = \int_{-h}^{+h} w_m(z) \int_{-h}^{+h} K(z,z') F_n dz' dz$$

$$V_m = \langle w_m, g \rangle = -\int_{-h}^{+h} w_m(z) E_z^i(z) dz$$

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

$$[I_n] = [Z_{mn}]^{-1}[V_m]$$

se si usa il metodo di Galerkin la matrice delle impedenze generalizzate è di Toeplitz

- Antenna a dipolo
- Antenna Yagi-Uda
- Antenna a dipolo ripiegato
- Dipolo a V
- Antenna log-periodica ad array di dipoli
- Antenna a telaio

- Antenna a dipolo
- Antenna Yagi-Uda
- Antenna a dipolo ripiegato
- Dipolo a V
- Antenna log-periodica ad array di dipoli
- Antenna a telaio

ANTENNE I - ANTENNE PER SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni – Università di Firenze
Lezione 10 – Antenne filari

ANTENNA A DIPOLO – L=λ/2: distribuzione di corrente

f = 300 MHz

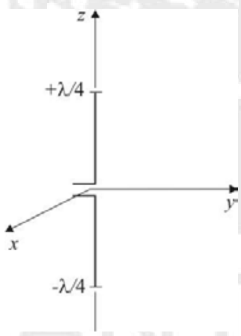
λ = 1 m

$L = \lambda/2$

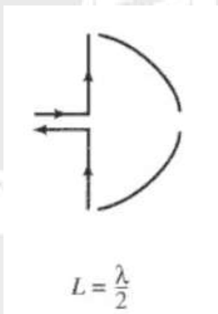
spessore filo: a = 0.0005 m

funzioni di base: 51(combinazione di un seno un coseno e una funzione costante)

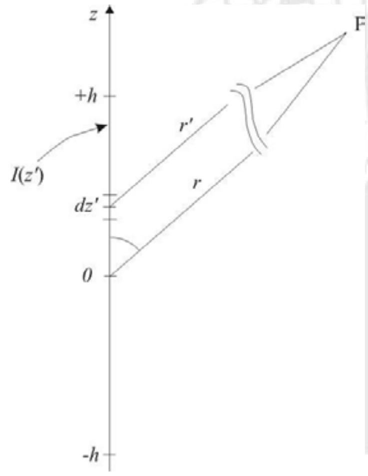
software utilizzato: FEKO
http://www.feko.info/



modulo della corrente sul filo



ANTENNA A DIPOLO – L=λ/2: diagramma di radiazione



$$\mathbf{E} = E_\vartheta\,\hat{\vartheta} = \int_{-h}^{+h} \frac{jk\zeta\, I(z')\sin\vartheta}{4\pi}\frac{e^{-jkr'}}{r'}dz'\,\hat{\vartheta}$$

al denominatore $\quad \dfrac{1}{r} \approx \dfrac{1}{r'}$

all'esponente $\quad r \approx r' + z'\cos\vartheta$

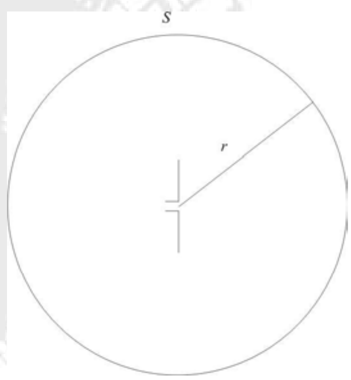
$$\mathbf{E} = E_\vartheta\,\hat{\vartheta} = \frac{jk\zeta\, I_0 \sin\vartheta}{4\pi r}e^{-jkr}\int_{-h}^{+h}\frac{I(z')}{I_0}e^{jkz'\cos\vartheta}dz'\hat{\vartheta}$$

ANTENNA A DIPOLO – L=λ/2: diagramma di radiazione

$|\mathbf{E}|/|\mathbf{E}|_{\max}$ $\qquad \dfrac{|\mathbf{E}|}{|\mathbf{E}|_{\max}}(\mathrm{dB}) = 20\log_{10}\dfrac{|\mathbf{E}|}{|\mathbf{E}|_{\max}}$

$$D = \frac{\frac{1}{2}\frac{|\mathbf{E}|^2}{\zeta}4\pi r^2}{P_r} \qquad D_{\max} = \frac{\frac{1}{2}\frac{|\mathbf{E}|^2_{\max}}{\zeta}4\pi r^2}{P_r}$$

$$D_{\max}(\mathrm{dB}) = 10\log_{10} D_{\max}$$



$$|\mathbf{E}|^2 / |\mathbf{E}|^2_{\max} = D/D_{\max}$$

$$10\log_{10}\frac{D}{D_{\max}} = 10\log_{10}\frac{|\mathbf{E}|^2}{|\mathbf{E}|^2_{\max}} = 20\log_{10}\frac{|\mathbf{E}|}{|\mathbf{E}|_{\max}}$$

ANTENNA A DIPOLO – L=λ/2: diagramma di radiazione

Ampiezza del fascio a metà potenza
(*Half Power Beam Width*, HPBW):

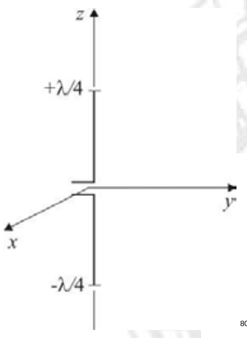
angolo fra le due direzioni in cui il
modulo del campo elettrico è

$$|\mathbf{E}|/|\mathbf{E}|_{\max} = 1/\sqrt{2} \qquad |D|/|D|_{\max} = |\mathbf{E}|^2/|\mathbf{E}|^2_{\max} = 1/2$$

$$10\log_{10}\left(|D|/|D|_{\max}\right) = 20\log_{10}\left(|\mathbf{E}|/|\mathbf{E}|_{\max}\right) \approx -3\,\text{dB}$$

Lezione 10 – Antenne filari

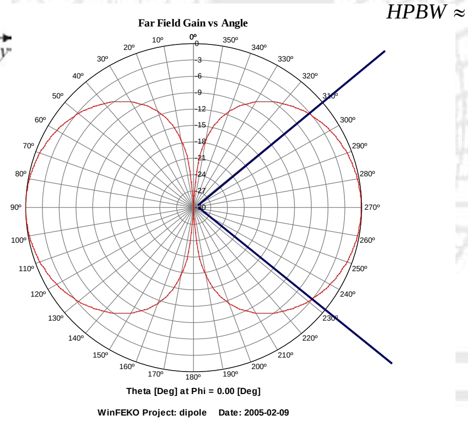
ANTENNA A DIPOLO – L=λ/2: diagramma di radiazione



$$D_{\max}(dB) = G_{\max}(dB) = 2.17\ \text{dB}$$

$$10\log_{10}\left(|D|/|D|_{\max}\right) = 20\log_{10}\left(|\mathbf{E}|/|\mathbf{E}|_{\max}\right) \approx -3\,\text{dB}$$

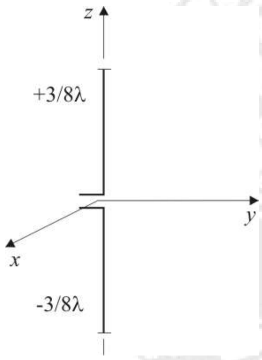
$$HPBW \approx 80^\circ$$



piano xz [dB]

ANTENNE I - ANTENNE PER SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni – Università di Firenze

ANTENNA A DIPOLO – L=3/4 λ: distribuzione di corrente



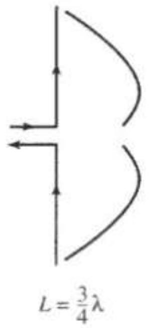
f = 300 MHz

λ = 1 m

$L=3/4\ \lambda$

spessore filo: a = 0.0005 m

funzioni di base: 51



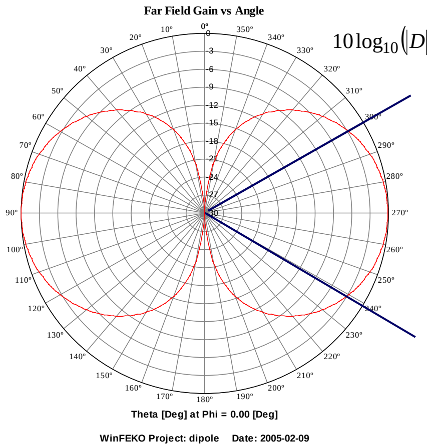
ANTENNE I - ANTENNE PER SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni – Università di Firenze

ANTENNA A DIPOLO – L=3/4 λ: diagramma di radiazione

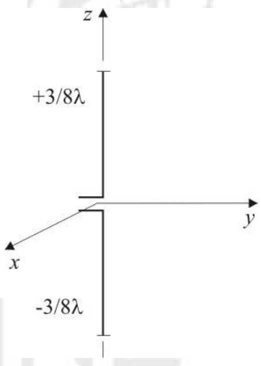
$$D_{\max}(dB) = G_{\max}(dB) = 2.81\,\text{dB}$$

$$10\log_{10}\left(|D|/|D|_{\max}\right) = 20\log_{10}\left(|\mathbf{E}|/|\mathbf{E}|_{\max}\right) \approx -3\,\text{dB}$$

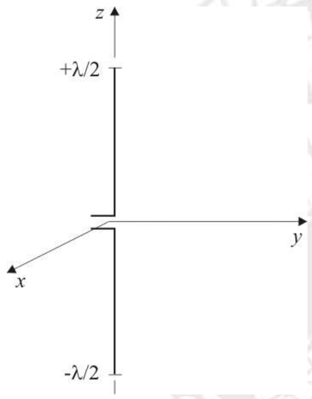
$$HPBW \approx 64^{\circ}$$



piano xz [dB]



ANTENNA A DIPOLO – L=λ: distribuzione di corrente



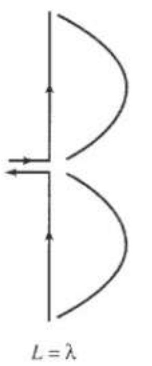
f = 300 MHz

λ = 1 m

$L = \lambda$

spessore filo: a = 0.0005 m

funzioni di base: 51

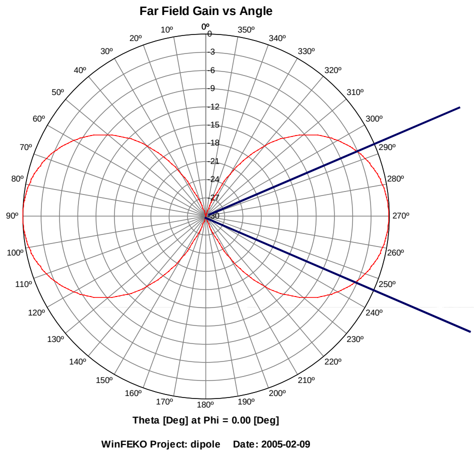


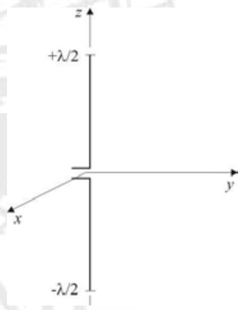
ANTENNE I - ANTENNE PER SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni – Università di Firenze

ANTENNA A DIPOLO – L=λ: diagramma di radiazione

$$10\log_{10}\left(|D|/|D|_{\max}\right) = 20\log_{10}\left(|\mathbf{E}|/|\mathbf{E}|_{\max}\right) \approx -3\,\text{dB}$$

$HPBW \approx 47^\circ$

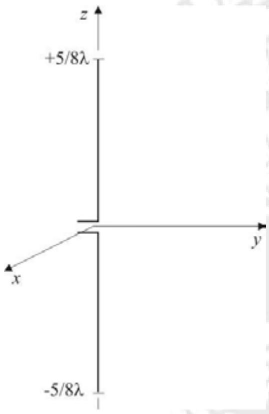




piano xz [dB]

ANTENNE I - ANTENNE PER SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni – Università di Firenze

ANTENNA A DIPOLO – L=5/4 λ: distribuzione di corrente



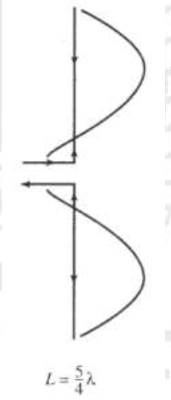
f = 300 MHz

λ = 1 m

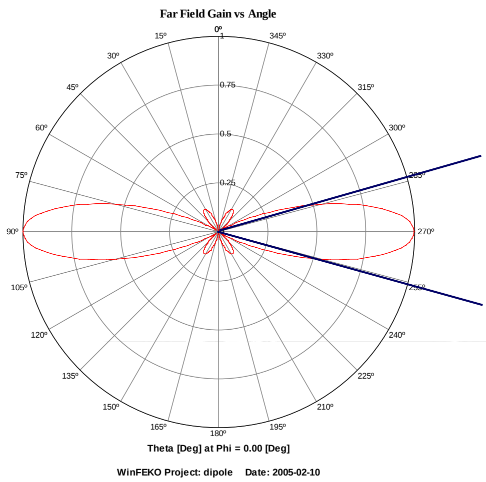
L = 5/4 λ

spessore filo: a = 0.0005 m

funzioni di base: 51

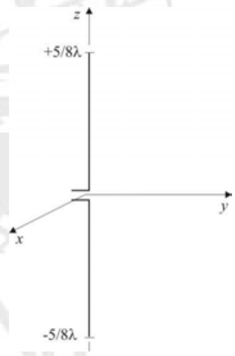


ANTENNA A DIPOLO – L=5/4 λ: diagramma di radiazione



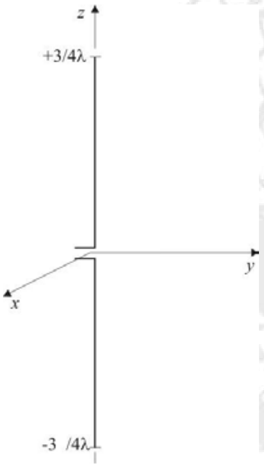
$$|D|/|D|_{\max} = |\mathbf{E}|^2 / |\mathbf{E}|^2_{\max} = 1/2$$

$$HPBW \approx 32^\circ$$



piano xz [scala lineare]

ANTENNA A DIPOLO – L=3/2 λ: distribuzione di corrente



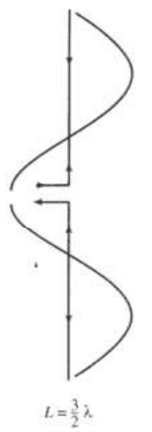
f = 300 MHz

λ = 1 m

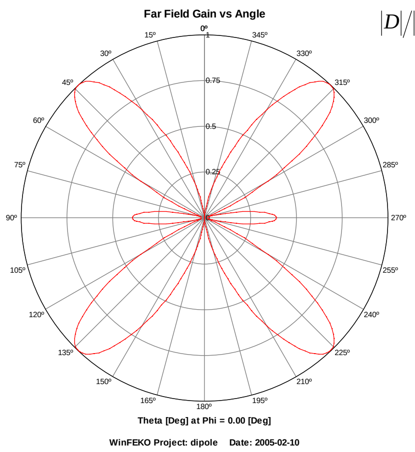
L = 3/2 λ

spessore filo: a = 0.0005 m

funzioni di base: 51



ANTENNA A DIPOLO – L=3/2 λ: diagramma di radiazione



$$|D|/|D|_{\max} = |\mathbf{E}|^2 / |\mathbf{E}|^2_{\max} = 1/2$$

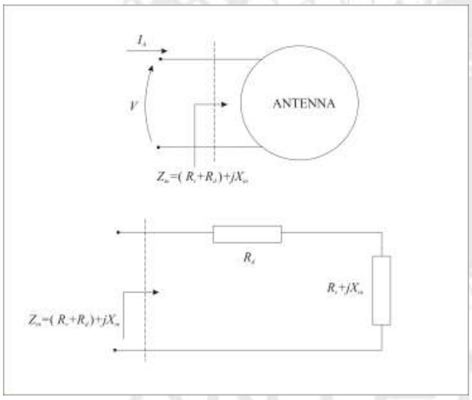
piano di elevazione (scala lineare)

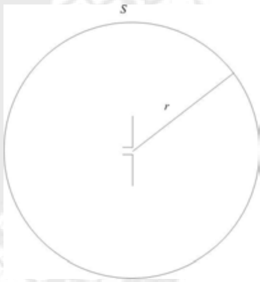
ANTENNA A DIPOLO – Impedenza d’ingresso

in assenza di perdite

I_A corrente di alimentazione

$$P_r = \frac{1}{2}\left|I_A\right|^2 R_{in}$$





P_r è la potenza irradiata

$$P_r = \frac{1}{2\zeta}\iint_S \left(\left|E_\vartheta\right|^2 + \left|E_\phi\right|^2 \right) dS$$

ANTENNA A DIPOLO – Impedenza d’ingresso

Se per un dipolo a λ/2 infinitamente sottile si ipotizza una distribuzione di corrente sinusoidale

$$I(z) = I_0 \cos(kz) \ ; \quad |z| \le \frac{\lambda}{4}$$

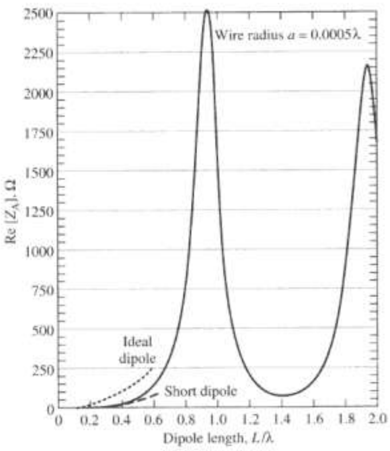
il calcolo della resistenza d’ingresso mediante la potenza radiata fornisce:

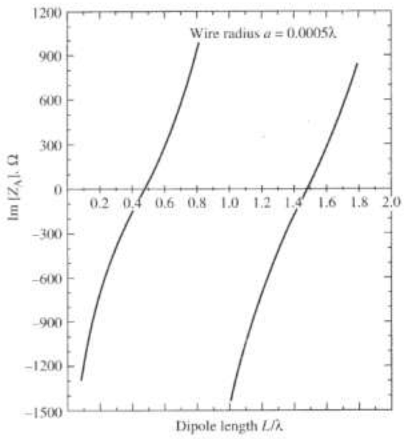
$$R_{in(\lambda/2)} = 73\,\Omega$$

Per dipoli di spessore finito il calcolo richiede l’ausilio di tecniche numeriche che non assumono una distribuzione di corrente assegnata sul filo

ANTENNA A DIPOLO – Impedenza d'ingresso

Impedenza calcolata con l'ausilio di tecniche numeriche





Lezione 10 – Antenne filari

ANTENNE I - ANTENNE PER SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni – Università di Firenze

ANTENNA A DIPOLO – Impedenza d'ingresso

Formule pratiche per il calcolo della resistenza d'ingresso (L: lunghezza totale del filo)

Length L	Input Resistance (R_{in}), Ω
$0 < L < \frac{\lambda}{4}$	$20\pi^2\left(\frac{L}{\lambda}\right)^2$
$\frac{\lambda}{4} < L < \frac{\lambda}{2}$	$24.7\left(\pi\frac{L}{\lambda}\right)^{2.4}$
$\frac{\lambda}{2} < L < 0.637\lambda$	$11.14\left(\pi\frac{L}{\lambda}\right)^{4.17}$

Nei dipoli reali la lunghezza di risonanza diminuisce all'aumentare dello spessore (a=raggio)

Length to Diameter Ratio, $L/2a$	Percent Shortening Required	Resonant Length L	Dipole Thickness Class
5000	2	0.49λ	Very thin
50	5	0.475λ	Thin
10	9	0.455λ	Thick

Al diminuire della lunghezza di risonanza la resistenza d'ingresso alla risonanza diminuisce

ANTENNE I - ANTENNE PER SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni – Università di Firenze

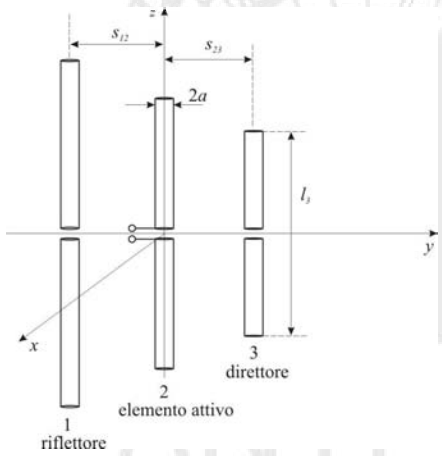
- Antenna a dipolo
- **Antenna Yagi-Uda**
- Antenna a dipolo ripiegato
- Dipolo a V
- Antenna log-periodica ad array di dipoli
- Antenna a telaio

ANTENNE I - ANTENNE PER SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni – Università di Firenze

ANTENNA YAGI-UDA

Configurazione base: tre elementi di cui uno attivo e due passivi

L’elemento attivo è un dipolo risonante a $\lambda/2$ (0.45-0.49 λ)



L’elemento parassita nella direzione del fascio di radiazione (direttore) è più corto dell’elemento attivo (0.4-0.45 λ)

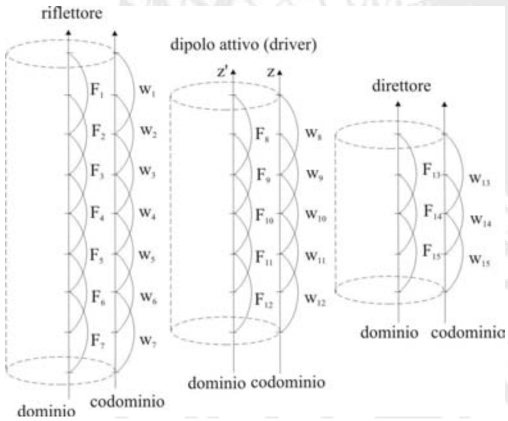
L’elemento parassita nella direzione opposta al fascio di radiazione funziona da riflettore

ANTENNA YAGI-UDA

$$I(z') \cong \sum_{n=1}^{N} I_n F_n(z') \qquad Z_{mn} = \langle w_m, L(F_n) \rangle = \int_{-h}^{+h} w_m(z) \int_{-h}^{+h} K(z,z') F_n \, dz' dz$$

funzioni di base e di peso sulla struttura

$$V_m = \langle w_m, g \rangle$$



$$\begin{bmatrix} [\tilde{Z}_{11}] & [\tilde{Z}_{12}] & [\tilde{Z}_{13}] \\ [\tilde{Z}_{21}] & [\tilde{Z}_{22}] & [\tilde{Z}_{23}] \\ [\tilde{Z}_{31}] & [\tilde{Z}_{32}] & [\tilde{Z}_{33}] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ \vdots \\ I_{15} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \\ \vdots \\ V_{15} \end{bmatrix}$$

ANTENNA YAGI-UDA

$$\tilde{Z}_{11} = \begin{bmatrix} Z_{1,1} & \cdots & Z_{1,7} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{7,1} & \cdots & Z_{7,7} \end{bmatrix} \quad \tilde{Z}_{22} = \begin{bmatrix} Z_{8,8} & \cdots & Z_{8,12} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{12,8} & \cdots & Z_{12,12} \end{bmatrix} \quad \tilde{Z}_{33} = \begin{bmatrix} Z_{13,13} & \cdots & Z_{13,15} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{15,13} & \cdots & Z_{15,15} \end{bmatrix}$$

auto impedenze

$$\tilde{Z}_{12} = \begin{bmatrix} Z_{1,8} & \cdots & Z_{1,12} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{7,8} & \cdots & Z_{7,12} \end{bmatrix} \quad \tilde{Z}_{21} = \begin{bmatrix} Z_{8,1} & \cdots & Z_{8,7} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{12,1} & \cdots & Z_{12,7} \end{bmatrix}$$

impedenze mutue riflettore-driver

$$\tilde{Z}_{13} = \begin{bmatrix} Z_{1,13} & \cdots & Z_{1,15} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{7,13} & \cdots & Z_{7,15} \end{bmatrix} \quad \tilde{Z}_{31} = \begin{bmatrix} Z_{13,1} & \cdots & Z_{13,7} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{15,1} & \cdots & Z_{15,7} \end{bmatrix}$$

impedenze mutue riflettore-direttore

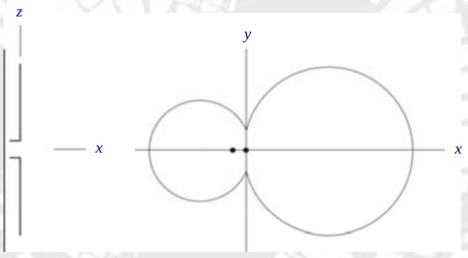
$$\tilde{Z}_{23} = \begin{bmatrix} Z_{8,13} & \cdots & Z_{8,15} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{12,13} & \cdots & Z_{12,15} \end{bmatrix} \quad \tilde{Z}_{32} = \begin{bmatrix} Z_{13,8} & \cdots & Z_{13,12} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{15,8} & \cdots & Z_{15,12} \end{bmatrix}$$

impedenze mutue driver-direttore

ANTENNA YAGI-UDA

il parassita è più lungo del dipolo attivo

il parassita è posto nelle vicinanze del dipolo attivo $d = 0.15 \div 0.3\,\lambda$



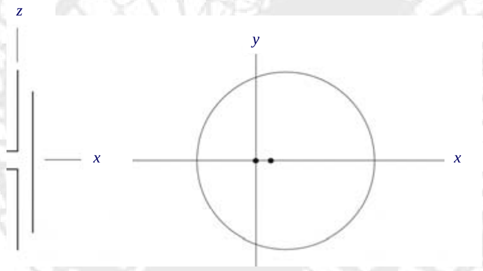
piano H

Il parassita si comporta da riflettore: massimo di radiazione in direzione opposta al parassita

ANTENNA YAGI-UDA

il parassita è più corto del dipolo attivo

il parassita è posto nelle vicinanze del dipolo attivo $d = 0.15 \div 0.3\,\lambda$

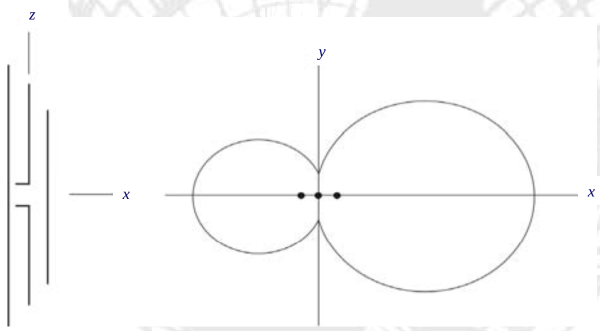


piano H

Il parassita si comporta da direttore: massimo di radiazione nella direzione del parassita

ANTENNA YAGI-UDA

Gli effetti del direttore e del riflettore si combinano



piano H

ANTENNA YAGI-UDA

La struttura può essere complicata introducendo dei dipoli aggiuntivi

non è vantaggioso introdurre nuovi riflettori perché già il primo abbassa il livello del campo dietro di sé $\Rightarrow$ basso accoppiamento di un eventuale riflettore aggiuntivo

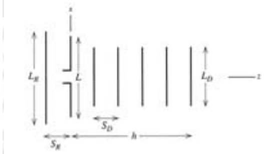
l'aggiunta di nuovi direttori aumenta la direttività ma oltre un certo numero questo effetto tende a diminuire $\Rightarrow$ basso accoppiamento di un eventuale direttore aggiuntivo

ANTENNA YAGI-UDA

Table 5-4 Optimized Lengths of Parasitic Dipoles for Yagi–Uda Array Antennas of Six Different Boom Lengths

$d/\lambda = 0.0085$, $S_R = 0.2\lambda$	Boom length of Yagi–Uda Array, λ					
	0.4	0.8	1.20	2.2	3.2	4.2
Length of reflector, L_R/λ	0.482	0.482	0.482	0.482	0.482	0.475
Length of director D_n, (L_{D_n}/λ): D_1	0.442	0.428	0.428	0.432	0.428	0.424
D_2		0.424	0.420	0.415	0.420	0.424
D_3		0.428	0.420	0.407	0.407	0.420
D_4			0.428	0.398	0.398	0.407
D_5				0.390	0.394	0.403
D_6				0.390	0.390	0.398
D_7				0.390	0.386	0.394
D_8				0.390	0.386	0.390
D_9				0.398	0.386	0.390
D_{10}				0.407	0.386	0.390
D_{11}					0.386	0.390
D_{12}					0.386	0.390
D_{13}					0.386	0.390
D_{14}					0.386	
D_{15}					0.386	
Spacing between directors (S_D/λ)	0.20	0.20	0.25	0.20	0.20	0.308
Gain relative to half-wave dipole, dBd	7.1	9.2	10.2	12.25	13.4	14.2
Design curve (Fig. 5-37)	(*A*)	(*C*)	(*C*)	(*B*)	(*C*)	(*D*)
Front-to-back ratio, dB	8	15	19	23	22	20

Source: P. P. Viezbicke, "Yagi Antenna Design," NBS Tech. Note 688, National Bureau of Standards, Washington, DC, Dec. 1968.



ANTENNA YAGI-UDA: tipo di alimentazione

Per una comune linea bifilare utilizzata per TV l'impedenza caratteristica è Zc ≈ 300 Ω

Un cavo coassiale standard per TV ha Zc ≈ 50 Ω oppure Zc ≈ 75 Ω

Collegamento antenna-ricevitore

Linea bifilare → non c'è bisogno di balun

Cavo coassiale → occorre un balun → l'impedenza del coassiale diventa Zc ≈ 288 Ω

Il dipolo risonante ha una resistenza d'ingresso pari a Zc ≈ 72 Ω
e quindi se si usa una linea bifilare non si ha adattamento di impedenza tra linea e dipolo

- Antenna a dipolo
- Antenna Yagi-Uda
- Antenna a dipolo ripiegato
- Dipolo a V
- Antenna log-periodica ad array di dipoli
- Antenna a telaio

DIPOLO RIPIEGATO

Il dipolo attivo è tipicamente un dipolo ripiegato

$\Downarrow$

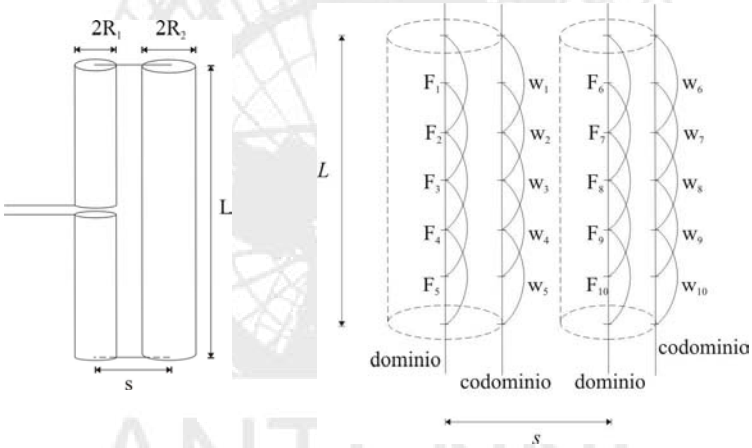
Impedenza d’ingresso pari a circa 300 Ω

$\Downarrow$

Buon adattamento di impedenza se si usa un linea bifilare

DIPOLO RIPIEGATO

funzioni di base e di peso sulla struttura



Tipicamente $s \ll \lambda$ ($s < 0.05\,\lambda$)

ANTENNE I - ANTENNE PER SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni – Università di Firenze

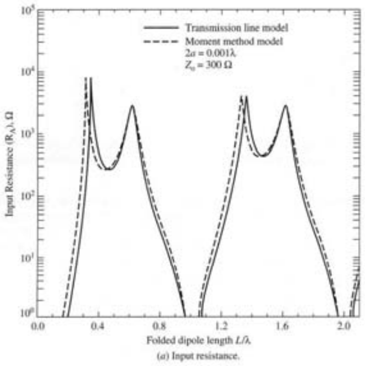
DIPOLO RIPIEGATO

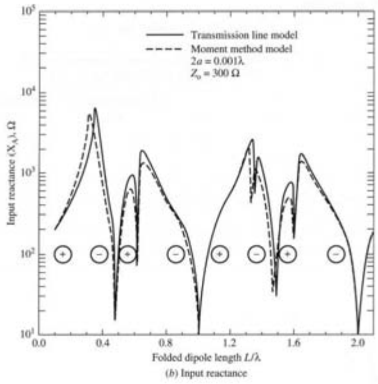
Un esempio di applicazione del MoM per
un dipolo ripiegato

```
THIS PROGRAM DOES A MOMENT METHOD SOLUTION FOR A
FOLDED DIPOLE ANTENNA.

WHAT IS THE FREQUENCY(MHz)? 300
WHAT IS THE DIPOLE LENGTH(meters)? .5
WHAT ARE THE TWO CONDUCTOR RADII(meters)? .0005,.0005
WHAT IS THE CONDUCTOR SEPARATION(meters)? .00613
HOW MANY PWS EXPANSION MODES(ODD) ON DIPOLE? 3

EQUIVALENT RADIUS=0.001751 meters
 1            1            13.42881      -382.4493
 1            2            12.66675       272.0548
 1            3            10.44662       37.29157
MODE #    CURRENT(RE,IM)
    1   0.0072   -0.0046
    2   0.0097   -0.0048
    3   0.0072   -0.0046

ISOLATED DIPOLE IMPEDANCE=  82.64     40.70 ohms
T-LINE CHARACTERISTIC IMPEDANCE= 300.0 ohms
TRANSFORMATION RATIO=  4.000
FOLDED DIPOLE INPUT IMPEDANCE= 330.5   162.8 ohms

CONTINUE(Y,N)? N
```

DIPOLO RIPIEGATO

Impedenza d'ingresso al variare del parametro L/λ

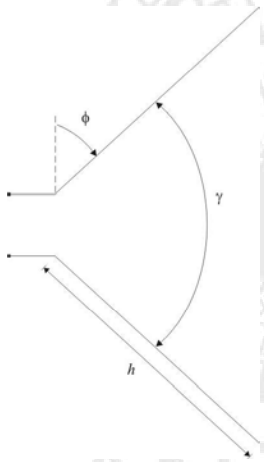


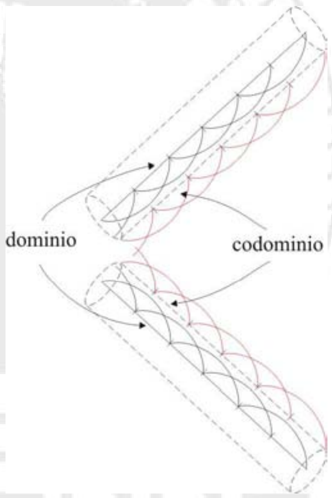


- Antenna a dipolo
- Antenna Yagi-Uda
- Antenna a dipolo ripiegato
- **Dipolo a V**
- Antenna log-periodica ad array di dipoli
- Antenna a telaio

DIPOLO A V

funzioni di base e di peso sulla struttura





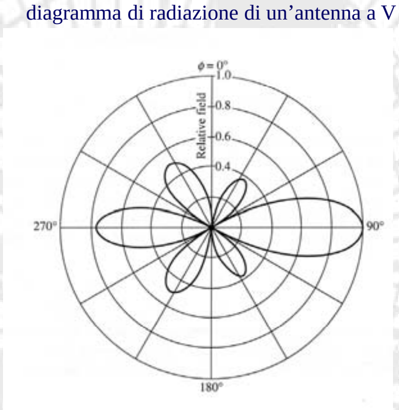
DIPOLO A V

$h = 0.75\ \lambda$

$\gamma = 118.5°$

$a = 0.0005\ \lambda$

diagramma di radiazione di un'antenna a V



$D = 5.26$ dB

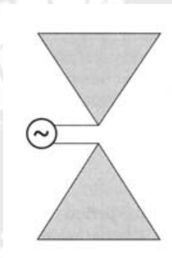
$Z_{in} = 106 + j\ 17\ \Omega$

il dipolo a V è più direttivo di un dipolo standard della medesima lunghezza
(la direttività di un dipolo di lunghezza $L = 1.5\ \lambda$ è $D = 3.4$ dB)

- Antenna a dipolo
- Antenna Yagi-Uda
- Antenna a dipolo ripiegato
- Dipolo a V
- **Antenna log-periodica ad array di dipoli**
- Antenna a telaio

ANTENNA LOGARITMO-PERIODICA AD ARRAY DI DIPOLI (LPDA, Log-Periodic Dipole Array)

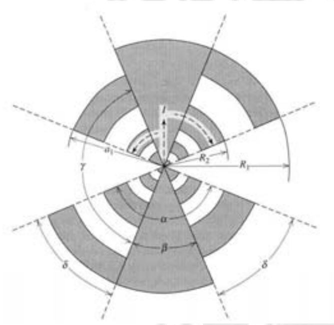
Antenna a farfalla



- banda limitata a causa del brusco troncamento della struttura
- polarizzazione lineare
- pattern bi-direzionale con lobi principali normali rispetto al piano dell’antenna

ANTENNA LOGARITMO-PERIODICA AD ARRAY DI DIPOLI (LPDA, Log-Periodic Dipole Array)

antenna log-periodica a farfalla dentata



fattore di scala (periodo della struttura) $\tau = \dfrac{R_{n+1}}{R_n}$

larghezza delle slot $\sigma = \dfrac{a_n}{R_n} < 1$

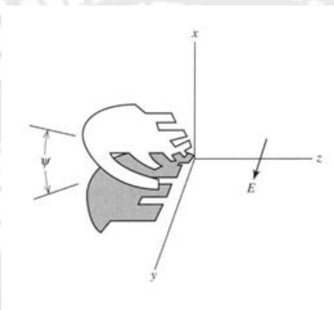
$$\tau = \frac{f_n}{f_{n+1}} \qquad f_n < f_{n+1}$$

$$\log f_{n+1} = \log f_n + \log \frac{1}{\tau}$$

- la corrente trasversa (sui denti) è predominante
- regione attiva: dente lungo $\lambda/4$
- polarizzazione lineare parallela ai denti
- pattern bi-direzionale con lobi principali normali rispetto al piano dell'antenna

ANTENNA LOGARITMO-PERIODICA AD ARRAY DI DIPOLI (LPDA, Log-Periodic Dipole Array)

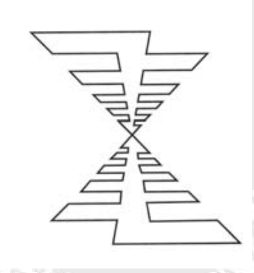
antenna log-periodica a farfalla dentata nella versione a wedge



- il lobo in direzione $-z$ viene attenuato
- il lobo in direzione $+z$ viene enfatizzato

ANTENNA LOGARITMO-PERIODICA AD ARRAY DI DIPOLI (LPDA, Log-Periodic Dipole Array)

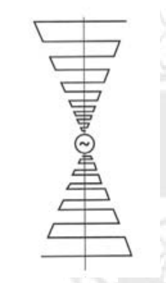
antenna log-periodica
trapezoidale dentata



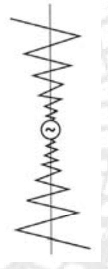
- semplificazione della geometria
- performance simili alla versione con denti curvi
- si può realizzare nella versione a wedge per aumentare la direttività

ANTENNA LOGARITMO-PERIODICA AD ARRAY DI DIPOLI (LPDA, Log-Periodic Dipole Array)

antenna log-periodica
trapezoidale dentata in
versione filare



antenna log-periodica
filare a zig-zag

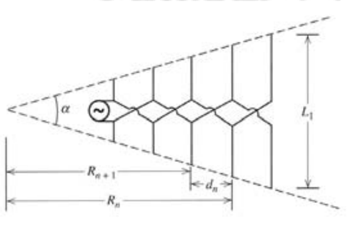


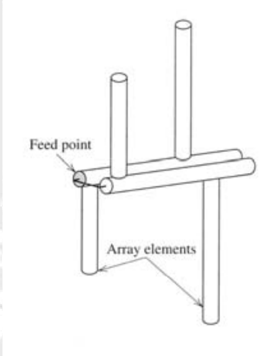
- strutture filari più leggere
- performance simili alla versione trapezoidale piena
- si possono realizzare nella versione a wedge per aumentare la direttività

ANTENNA LOGARITMO-PERIODICA AD ARRAY DI DIPOLI (LPDA, Log-Periodic Dipole Array)

antenna log-periodica ad array di dipoli

$$\tau = \frac{R_{n+1}}{R_n} = \frac{L_{n+1}}{L_n} < 1$$





LPDA: dettaglio dell'alimentazione

- regione attiva: dipolo lungo $\lambda/2$
- polarizzazione lineare parallela ai dipoli
- pattern direttivo con lobo principale nella direzione del vertice

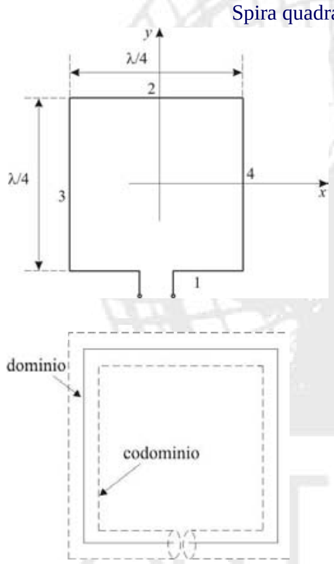
ANTENNE I - ANTENNE PER SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni – Università di Firenze

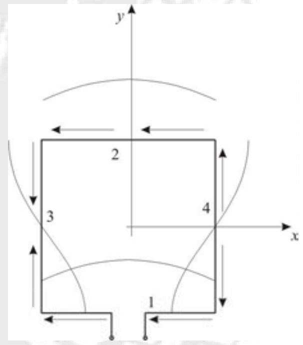
- Antenna Yagi-Uda
- Antenna a dipolo ripiegato
- Dipolo a V
- Antenna log-periodica ad array di dipoli
- **Antenna a telaio**

ANTENNE I - ANTENNE PER SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni – Università di Firenze

ANTENNA A TELAIO

Spira quadrata di perimetro p=λ





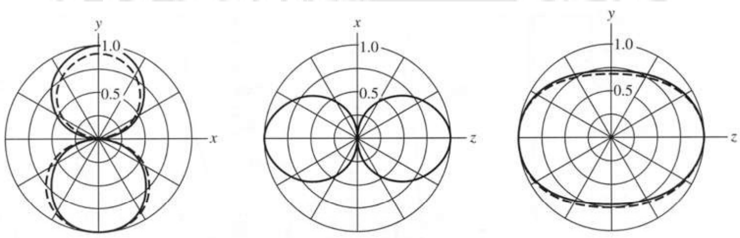
distribuzione di corrente sulla struttura valutata col metodo dei momenti

l'andamento della corrente sulla struttura non differisce molto da una sinusoide

ANTENNA A TELAIO

Diagrammi di radiazione

la linea continua si riferisce all'ipotesi che la distribuzione di corrente sulla struttura sia sinusoidale; le curve a tratteggio sono calcolate col metodo dei momenti



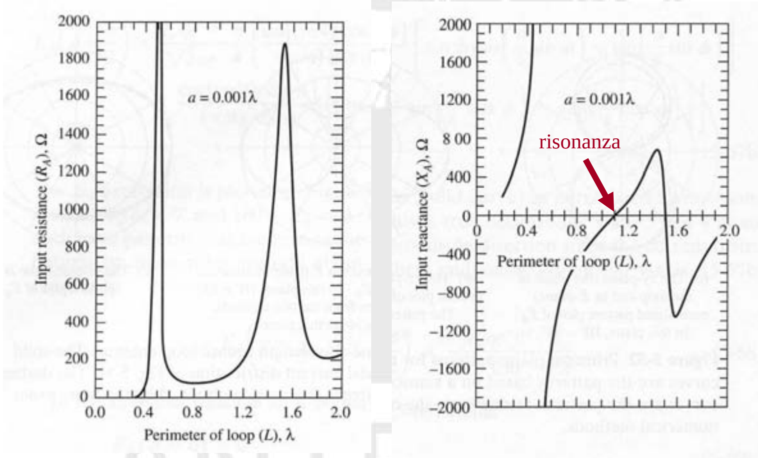
(*a*) The *xy*-plane (the plane of the loop and an *E*-plane) normalized pattern plot of E_ϕ. In this plane, HP = 94°.

(*b*) The *xz*-plane (an *E*-plane) normalized pattern plot of E_θ. In this plane, HP = 85°. The patterns from the two methods coincide in this plane.

(*c*) The *yz*-plane (the *H*-plane) pattern plot of E_ϕ.

ANTENNA A TELAIO

Impedenza di ingresso (metodo dei momenti)



resistenza d'ingresso   reattanza d'ingresso