

2°

Esercitazione

Antenne Filiformi

Antenne Corte

Antenne Corte

Abbiamo visto che la dimensione ottimale perché un'antenna isolata irradia è che sia lunga circa $\lambda/2$, ossia in risonanza.

A bassa frequenza tale valore può diventare troppo elevato ed è necessario utilizzare antenne corte.

Tali antenne hanno lo svantaggio di avere piccola altezza efficace e dunque una piccola resistenza di irradiazione

$$R_{irr} = 800 \left(\frac{h_M}{\lambda} \right)^2 \text{ piccola} \longrightarrow$$

Ciò richiede spesso correnti di alimentazione elevate e con conseguente incremento delle perdite e riduzione dell'efficienza.

Antenne Corte

Inoltre le antenne corte hanno un'elevata reattanza capacitiva in ingresso

con l lunghezza totale dell'antenna e

impedenza caratteristica dell'antenna e ω coefficiente di snellezza.

e una forma della corrente triangolare e questo è il motivo per il quale l'altezza efficace di un'antenna corta è pari alla metà della sua lunghezza.

$$X_{in} = -jZ_c \cot g\left(\frac{k_0 l}{2}\right)$$

$$Z_c = \frac{\zeta}{2\pi}(\Omega - 3.4)$$

Antenne Corte

Dati

$f=30$ MHz

λ (cm)= $30/0.03= 1000$ cm=10 m

Lant=1 m

Diametro=1 cm

Segmanti = 40

Antenna in Free Space

Frequency : 30.000 MHz

Wave Length : 9.993 m (32.787 ft)

IMPEDANCE = 1.68 - j 1273.62 Ohms at Source 1

SWR = Infinite

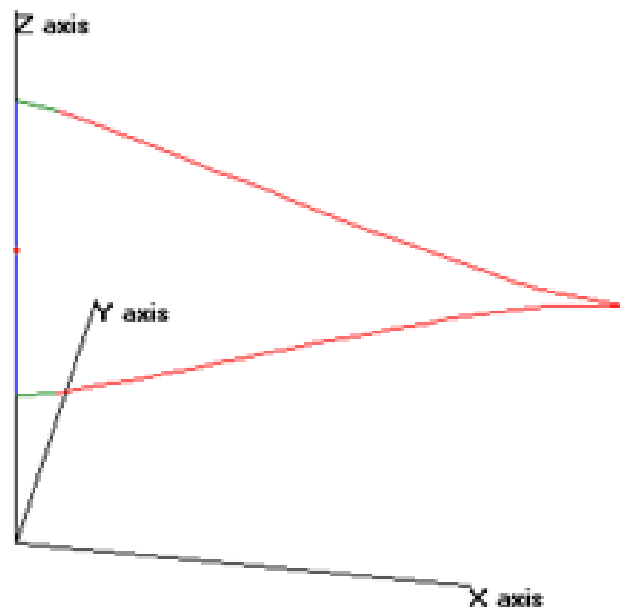
Voltage = 100.00 + j 0.00 at Pulse 20

Current = 0.00 + j 0.08 Amps

Power = 0.01 WATTS

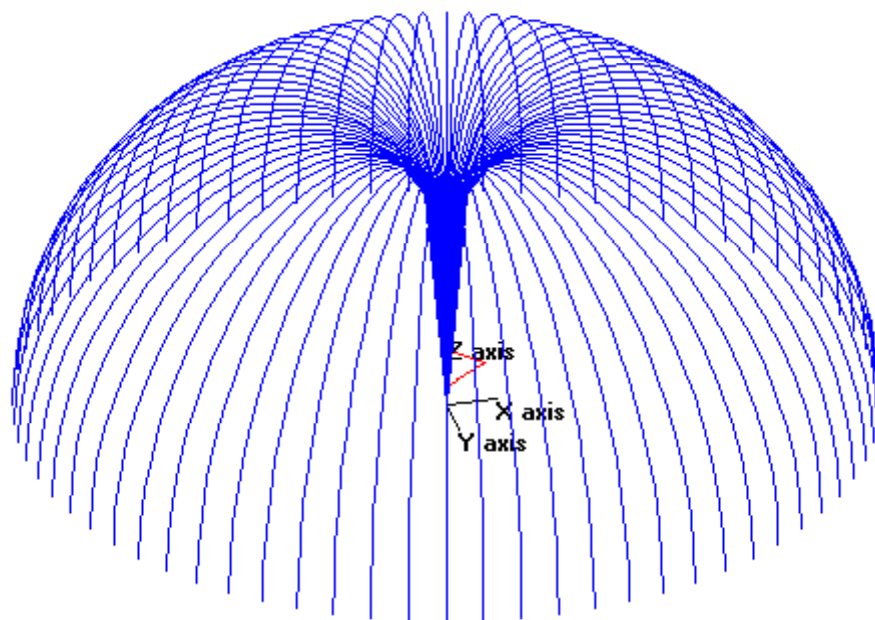
Corrente antenna

eserc_2_ant_corte.n4w



campo antenna

eserc_2_ant_corte.n4w



Antenne Corte

Compensiamo l'elevata reattanza capacitiva in ingresso ponendo un'induttanza in un punto opportuno dell'antenna.

Come conseguenza otteniamo una corrente con andamento costante nella parte centrale dell'antenna e dunque un incremento della resistenza di irradiazione.

Dalla teoria sappiamo che ponendo due induttanze pari ad $L/2$ in corrispondenza del centro di ogni braccio dell'antenna ($L/4$) si ottiene

Antenne Corte

$$X_{in} = 0 \quad \rightarrow \quad L = \frac{Z_c}{\omega} \left(\frac{1}{\tan\left(\frac{k_0 l}{4}\right)} - \tan\left(\frac{k_0 l}{4}\right) \right)$$

$$k_0 = \frac{2\pi}{\lambda} = 0.628319$$

$$\Omega = \ln\left(\frac{l}{a}\right)^2 = \ln\left(\frac{1}{0.005}\right)^2 = 10.5966$$

$$Z_c = \frac{\zeta}{2\pi}(\Omega - 3.4) = \frac{377}{2\pi}(10.5966 - 3.4) = 431.808 \text{ Ohm}$$

Antenne Corte

$$L = \frac{431.808}{2\pi * f} \left(\frac{1}{\tan\left(\frac{0.628319 * 1}{4}\right)} - \tan\left(\frac{0.628319 * 1}{4}\right) \right) =$$
$$= \frac{2.6579 * 10^3}{2 * \pi * f} = 1.41 * 10^{-5}$$

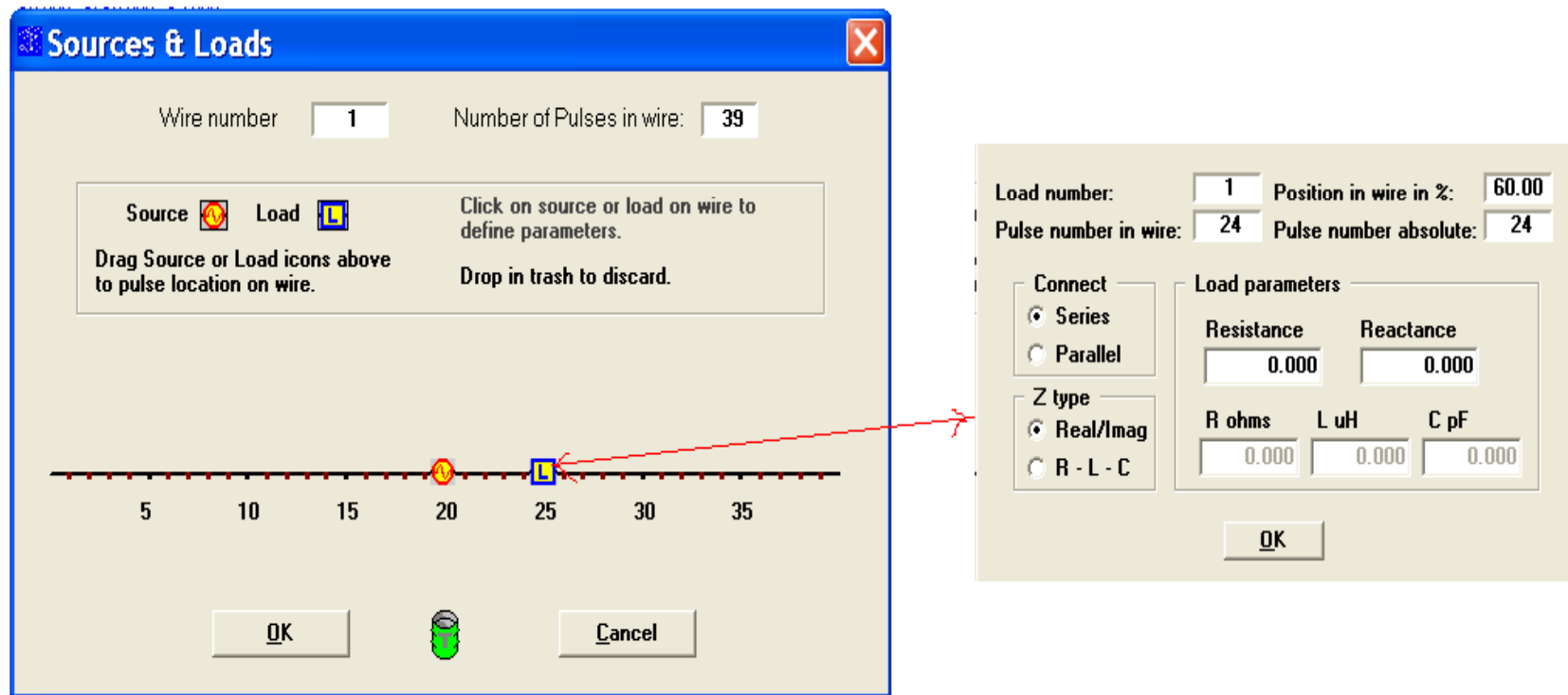
$$\frac{L}{2} = \frac{1.41 * 10^{-5}}{2} = 7.0504 * 10^{-6}$$

la reattanza induttiva necessaria per compensare è quindi:

$$X_L = j2 * \pi * f * \frac{L}{2} = j2 * \pi * 30 * 10^6 * 7.0504 * 10^{-6} = 1328.97 j$$

Quindi ci vorrebbero due induttanze in serie al centro dei bracci pari ad impedenze di circa 1329 Ohm

- Ora Posizioniamo il carico "L" ed una volta posizionato andiamo a fare un doppio click comparirà una nuova maschera dove possiamo settare il valore del carico



Antenne Corte

Free Space

UNITS cm

Height 0.000

Boundary Circular

F 30.000

GW 0 40 0.000 0.000 50.000 0.000 0.000

150.000 1.000

S 1 20 100 0

L 1 10 0 1329

L 2 30 0 1329

Coax 50

Il risultato ottenuto mostra che il valore ottenuto è solo indicativo, perciò per ottenere una buona compensazione è necessario fare qualche tentativo.

Antenna in Free Space

Frequency : 30.000 MHz

Wave Length : 9.993 m (32.787 ft)

Load # 1 = 0.000E+00 +j 1.329E+03 at Pulse 10

Load # 2 = 0.000E+00 +j 1.329E+03 at Pulse 30

IMPEDANCE = 6.23 + j 360.44 Ohms at Source 1

SWR = 425.28

Voltage = 100.00 + j 0.00 at Pulse 20

Current = 0.00 - j 0.28 Amps

Power = 0.24 WATTS

Antenne Corte

Antenna in Free Space

Frequency : 30.000 MHz

Wave Length : 9.993 m (32.787 ft)

Load # 1 = 0.000E+00 +j **1.214E+03** at Pulse 10

Load # 2 = 0.000E+00 +j **1.214E+03** at Pulse 30

IMPEDANCE = 4.98 + j 0.14 Ohms at Source 1

SWR = 10.05

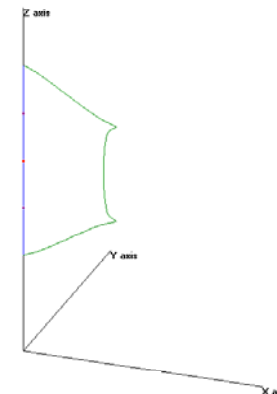
Voltage = 100.00 + j 0.00 at Pulse 20

Current = 20.07 - j 0.57 Amps

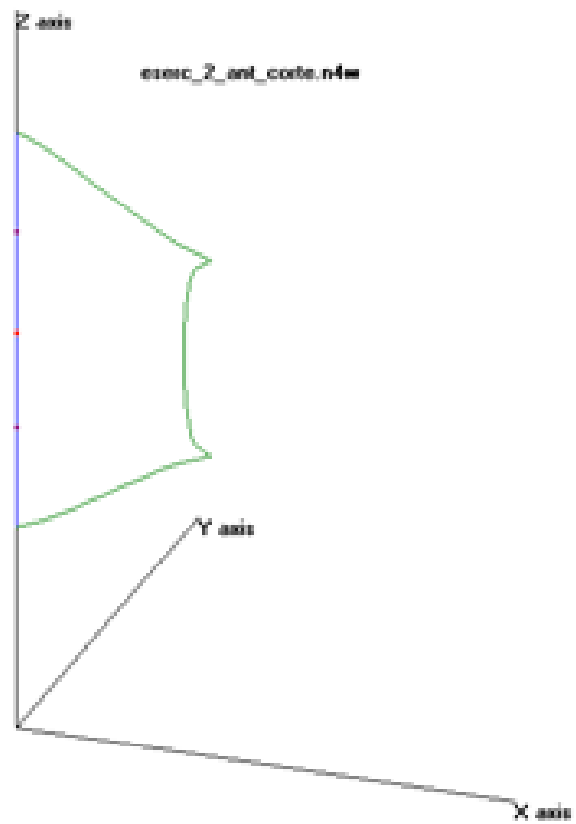
Power = 1003.7 WATTS

Il valore alto di SWR mostra la difficoltà di adattare l'antenna corta.

eserc_2_ant_corte.n4w



correnti antenne



Antenne Dual Band

⦿ Antenna dual-band

Antenna corta

$F_1 = 30 \text{ MHz}$, $\lambda_1 = 10 \text{ m}$

$L_1 = \lambda_1 / 10 = 1 \text{ m}$

Antenna a mezz'onda

$F_2 = 1 \text{ GHz}$, $\lambda_2 = 0.30 \text{ m}$

$L_2 = \lambda_2 / 2 = 0.15 \text{ m}$

● Scelgo 40 segmenti di discretizzazione per l'antenna corta

Ciò significa che ciascun segmento è di $100/40=2.5$ cm

Perciò l'antenna a semionda deve essere di 6 segmenti $6*2.5=15$ cm

Cerco la risonanza dell'antenna con il tool di ottimizzazione e ottengo

$L2_{ris}=13.9689$ cm

Con questo valore posso calcolare

L_{comp} , L_{LC} e C_{LC}

Lcomp = 4.083845016804182e-006

L_LC =4.080169556289058e-006

C_LC = 6.208147862762479e-015

Free Space

UNITS cm

Height 0.000

Boundary Circular

F 1000.000

GW 0 40 0.000 0.000 3.5478 0.000 0.000 103.5478 1.000

S 1 20 100 0

LP 1 17 0 4.080169 6.208147E-03

LP 2 23 0 4.080169 6.208147E-03

Coax 50

Antenna in Free Space

Frequency : 1000.000 MHz

Wave Length : 0.300 m (0.984 ft)

Load # 1 = 0.000E+00 +j 1.947E+11 at Pulse 17

Load # 2 = 0.000E+00 +j 1.947E+11 at Pulse 23

IMPEDANCE = 74.84 - j 8.21 Ohms at Source 1

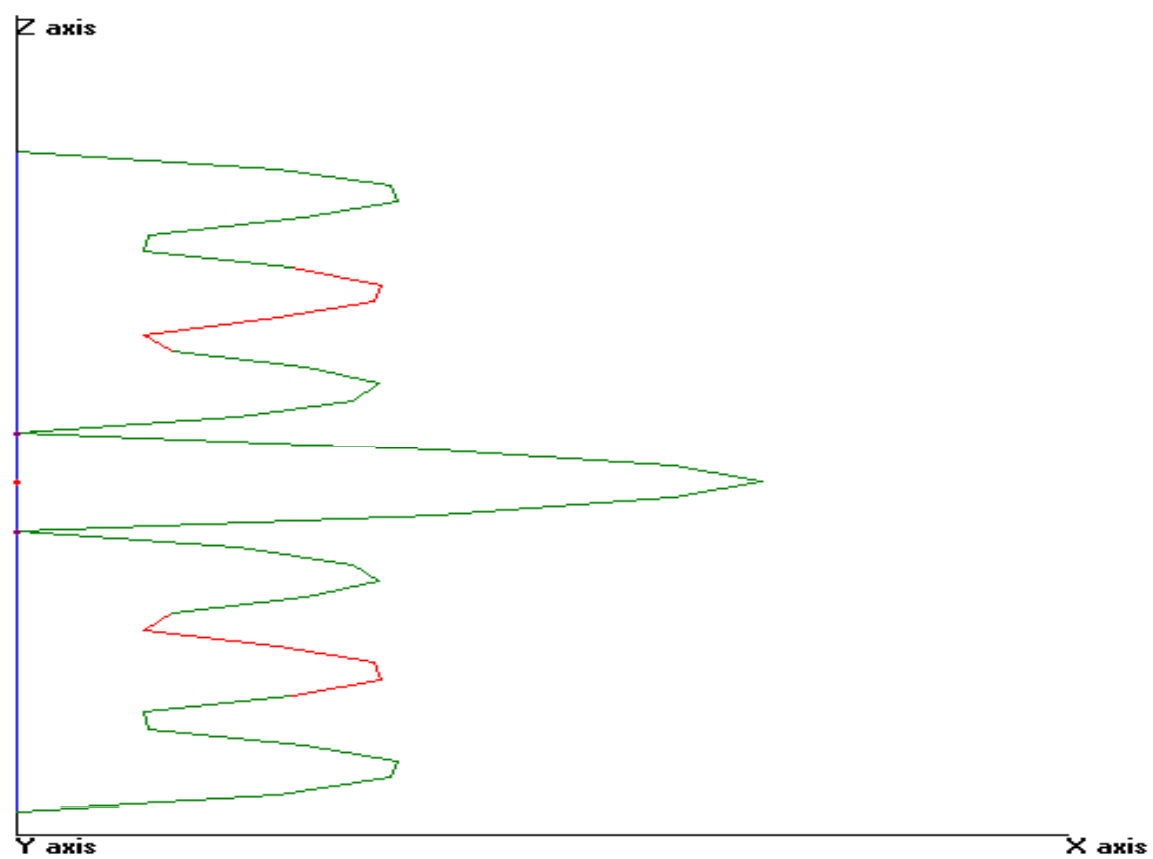
SWR = 1.53

Voltage = 100.00 + j 0.00 at Pulse 20

Current = 1.32 + j 0.14 Amps

Power = 66.01 WATTS

eserc_2_ant_dual_band_hf_risonanza_opt_40segm.n4w



Frequency = 1000.000 MHz

Antenna in Free Space

$Z_1 = 74.84 - j8.21 (1.53)$

Max = 2.07 dBi

Lobe at : 180° (BW: 5°)

Lobe at : 163° (BW: 16°)

Lobe at : 142° (BW: 10°)

Lobe at : 117° (BW: 25°)

Lobe at : 63° (BW: 25°)

Lobe at : 38° (BW: 10°)

Lobe at : 17° (BW: 16°)

Lobe at : 0° (BW: 9°)

Lobe at : 17° (BW: 32°)

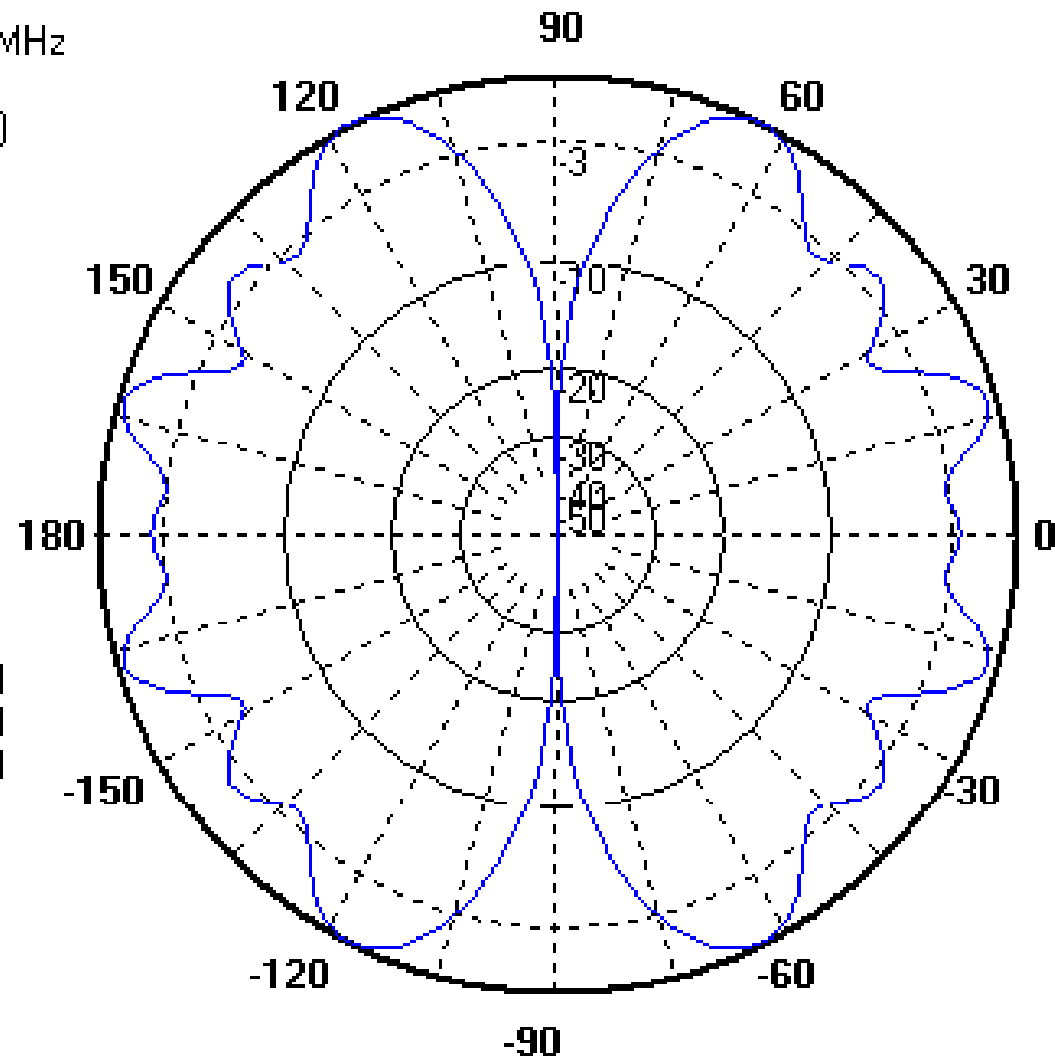
Lobe at : 38° (BW: 78°)

Lobe at : 63° (BW: 127°)

Lobe at : 117° (BW: 235°)

Lobe at : 142° (BW: 284°)

Lobe at : 163° (BW: 330°)



Free Space

UNITS cm

Height 0.000

Boundary Circular

F 30.000

GW 0 40 0.000 0.000 3.5478 0.000 0.000 103.5478 1.000

S 1 20 100 0

LP 1 17 0 4.080169 6.208147E-03

LP 2 23 0 4.080169 6.208147E-03

Coax 50

Antenna in Free Space

Frequency : 30.000 MHz

Wave Length : 9.993 m (32.787 ft)

Load # 1 = 0.000E+00 +j 7.698E+02 at Pulse 17

Load # 2 = 0.000E+00 +j 7.698E+02 at Pulse 23

IMPEDANCE = 2.73 - j 32.73 Ohms at Source 1

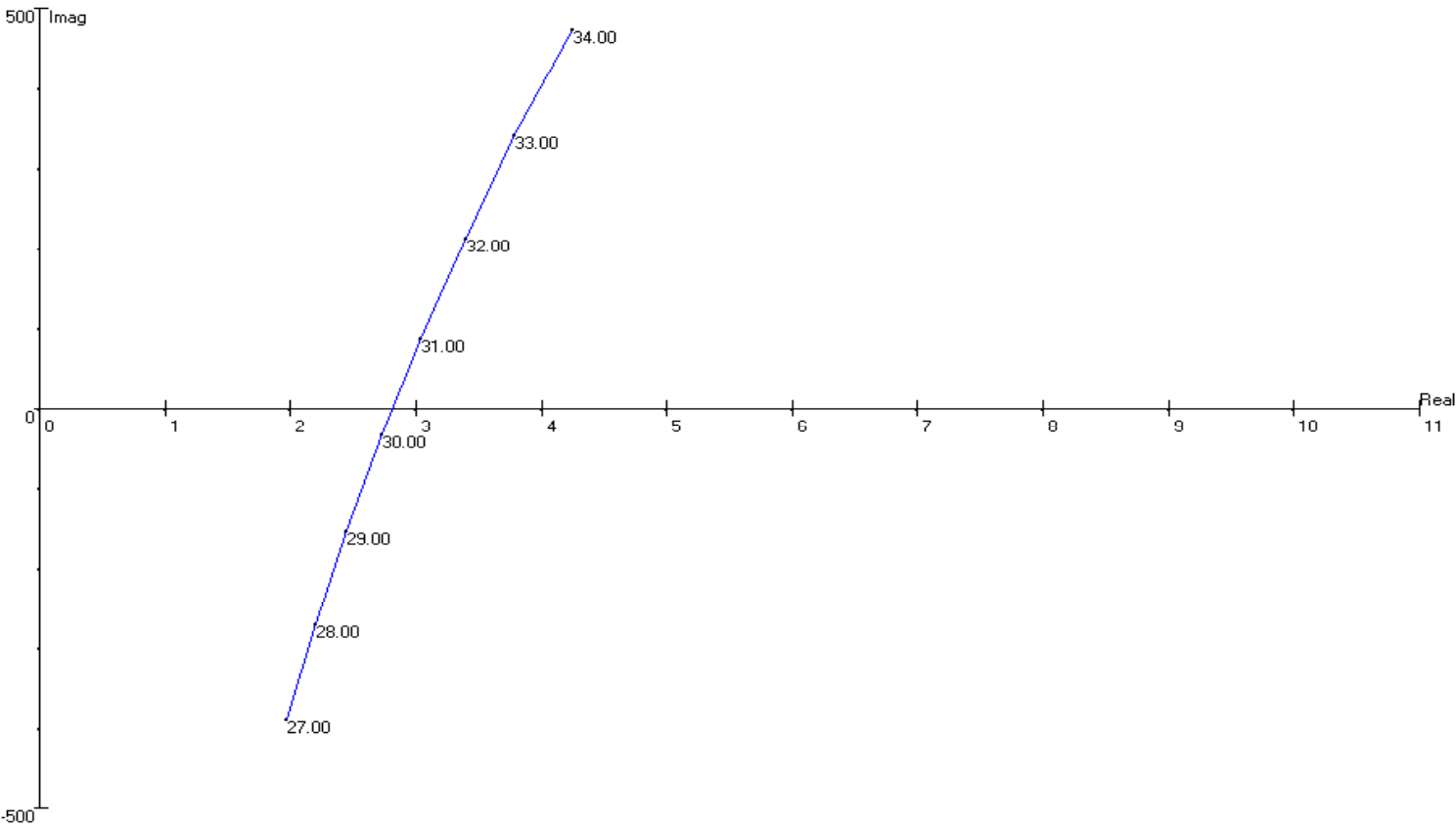
SWR = 26.21

Voltage = 100.00 + j 0.00 at Pulse 20

Current = 0.25 + j 3.03 Amps

Power = 12.64 WATTS

eserc_2_ant_dual_band_lf_risonanza_opt_40segm.n4w



- ◉ OTTIMIZZAZIONE DELLA RISONANZA RISPETTO AL PARAMETRO L_{comp}
agendo per tentativi (il tool di ottimizzazione non funziona bene
quando i parametri da ottimizzare sono più di uno)

Free Space

UNITS cm

Height 0.000

Boundary Circular

F 30.000

GW 0 40 0.000 0.000 3.5478 0.000 0.000 103.5478 1.000

S 1 20 100 0

LP 1 17 0 4.157754 6.092301E-03

LP 2 23 0 4.157754 6.092301E-03

Coax 50

Antenna in Free Space

Frequency : 30.000 MHz

Wave Length : 9.993 m (32.787 ft)

Load # 1 = 0.000E+00 +j 7.844E+02 at Pulse 17

Load # 2 = 0.000E+00 +j 7.844E+02 at Pulse 23

IMPEDANCE = 2.76 + j 0.05 Ohms at Source 1

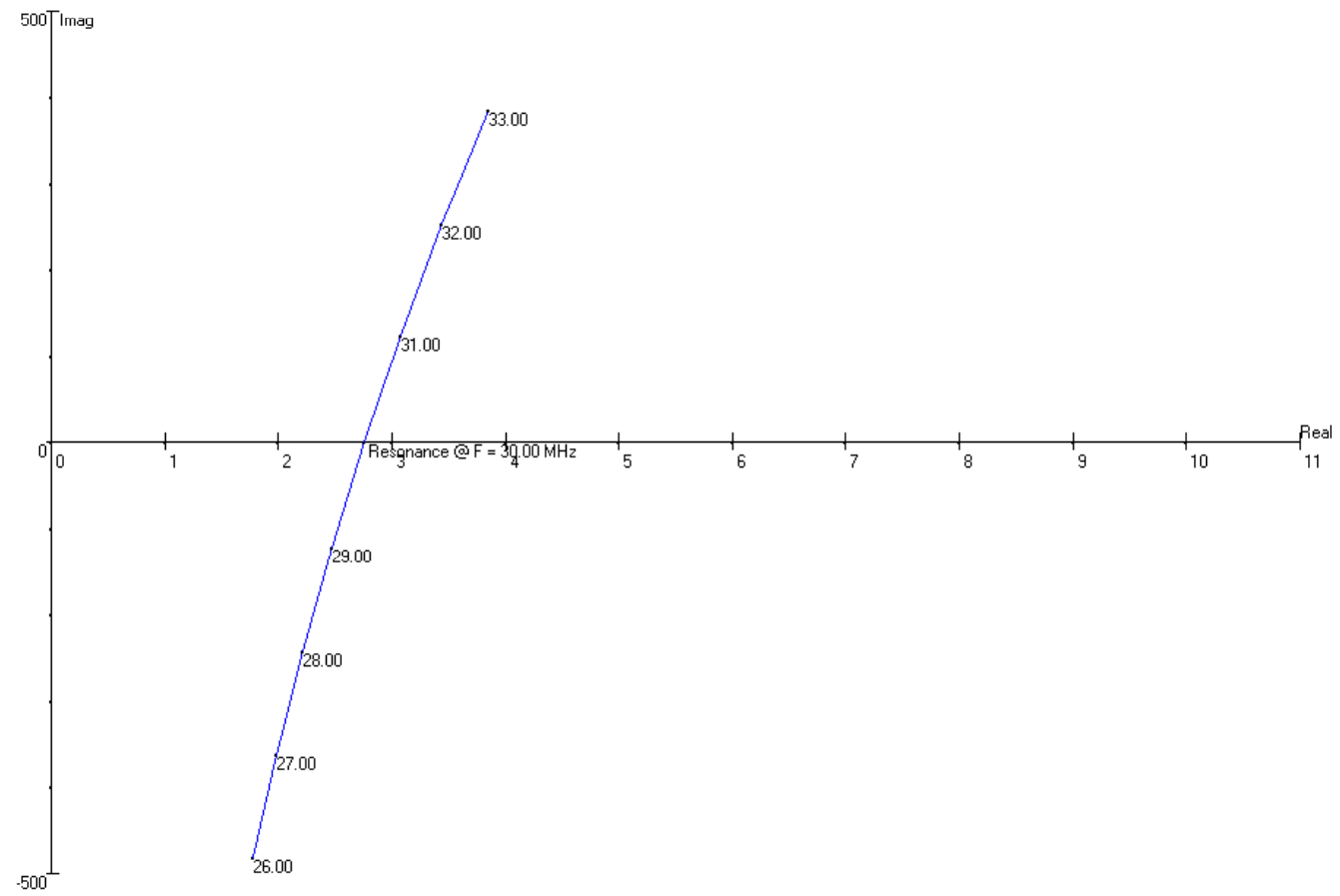
SWR = 18.13

Voltage = 100.00 + j 0.00 at Pulse 20

Current = 36.25 - j 0.60 Amps

Power = 1812.29 WATTS

eserc_2_ant_dual_band_rf_risonanza_opt_40segm_9.n4w



Due induttanze di compensazione pari a $L_{comp}/2$

$L_{comp} = 4.161500000000000e-006$

reattanza di compensazione

$XL_{comp} = 0 + 7.844242696748354e+002i$

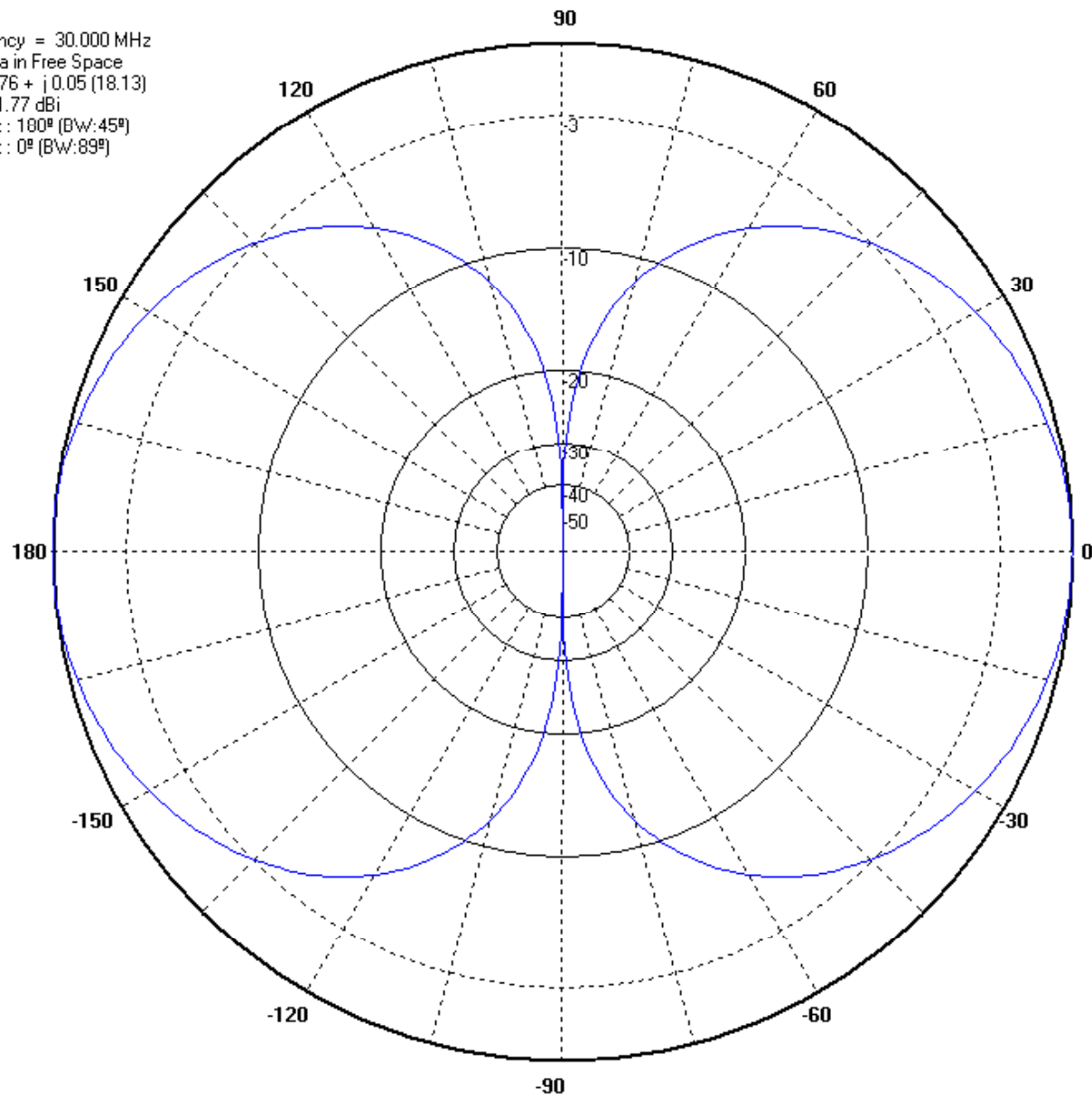
induttanza del circuito LC

$L_{LC} = 4.157754650000000e-006$

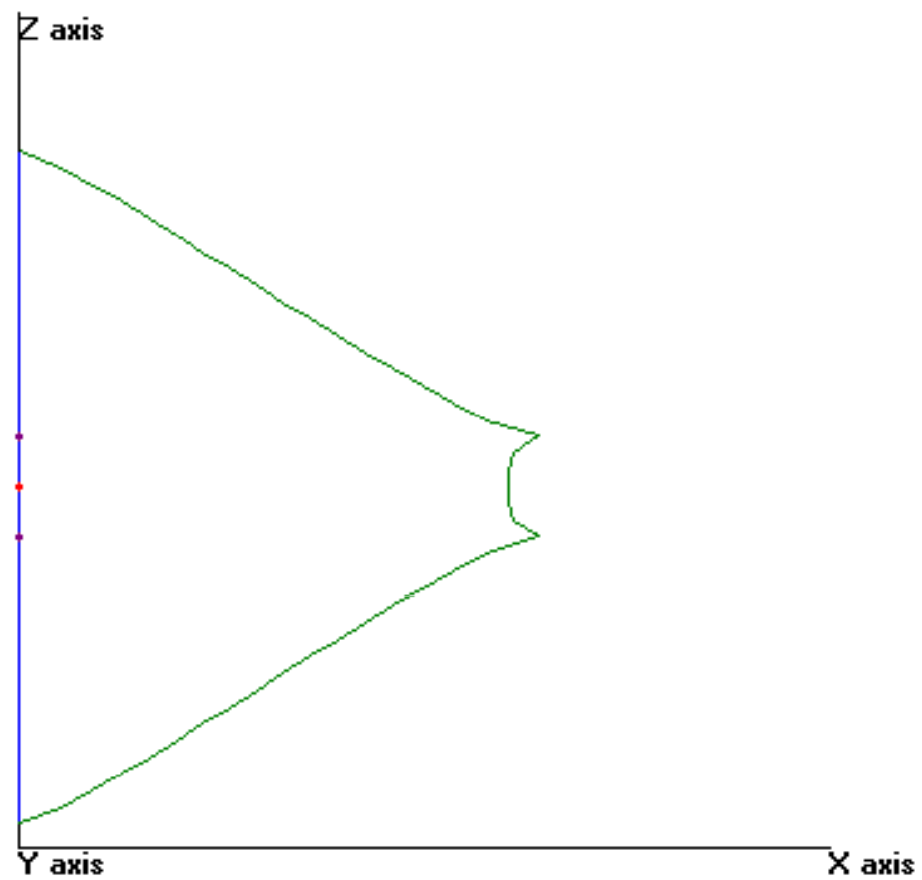
capacità del circuito LC

$C_{LC} = 6.092301745266389e-015$

Frequency = 30.000 MHz
Antenna in Free Space
 $Z_1 = 2.76 + j0.05$ (18.13)
Max = 1.77 dBi
Lobe at : 180° (B/w:45°)
Lobe at : 0° (B/w:89°)



correnti antenne



Free Space

UNITS cm

Height 0.000

Boundary Circular

F 1000.000

GW 0 40 0.000 0.000 3.5478 0.000 0.000 103.5478 1.000

S 1 20 100 0

LP 1 17 0 4.157754 6.092301E-03

LP 2 23 0 4.157754 6.092301E-03

Coax 50

Antenna in Free Space

Frequency : 1000.000 MHz

Wave Length : 0.300 m (0.984 ft)

Load # 1 = 0.000E+00 +j 1.306E+11 at Pulse 17

Load # 2 = 0.000E+00 +j 1.306E+11 at Pulse 23

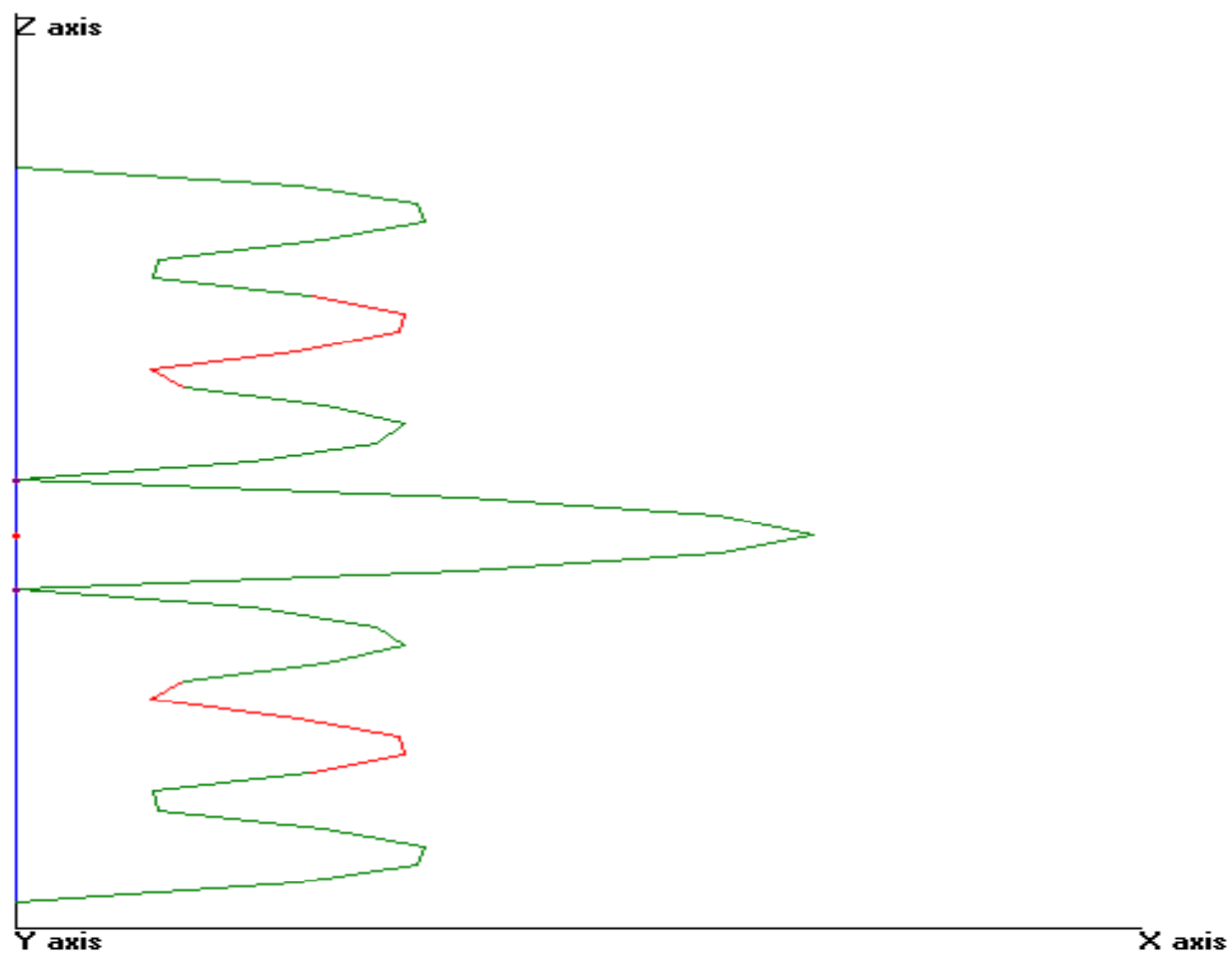
IMPEDANCE = 74.84 - j 8.21 Ohms at Source 1

SWR = 1.53

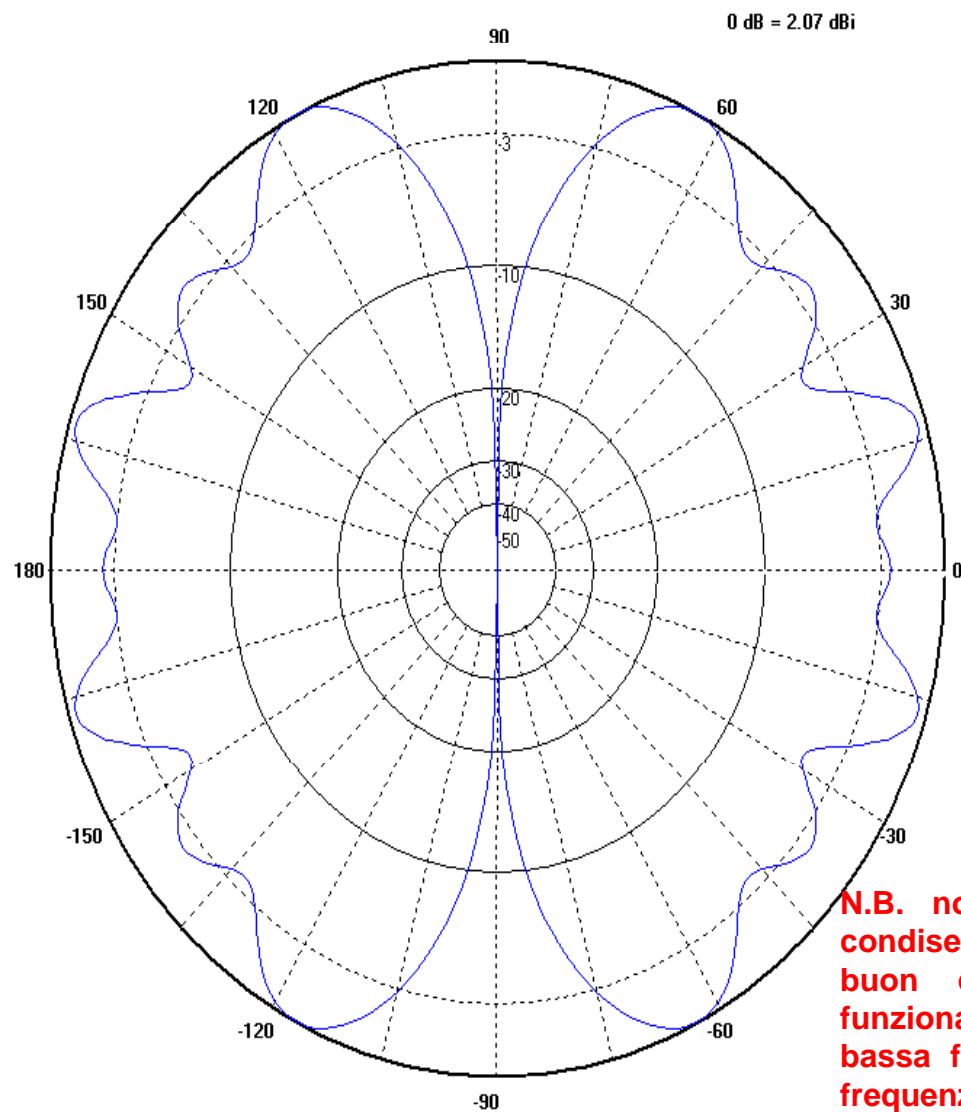
Voltage = 100.00 + j 0.00 at Pulse 20

Current = 1.32 + j 0.14 Amps

Power = 66.01 WATTS



Frequency = 1000.000 MHz
 Antenna in Free Space
 $Z_1 = 74.84 - j8.21 (1.53)$
 Max = 2.07 dBi
 Lobe at : 180° (BW:5°)
 Lobe at : 163° (BW:16°)
 Lobe at : 142° (BW:10°)
 Lobe at : 117° (BW:25°)
 Lobe at : 63° (BW:25°)
 Lobe at : 38° (BW:10°)
 Lobe at : 17° (BW:16°)
 Lobe at : 0° (BW:9°)
 Lobe at : 17° (BW:32°)
 Lobe at : 38° (BW:78°)
 Lobe at : 63° (BW:127°)
 Lobe at : 117° (BW:235°)
 Lobe at : 142° (BW:284°)
 Lobe at : 163° (BW:330°)



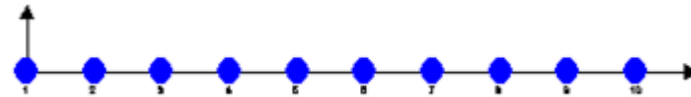
**N.B. non ho risonanza ma posso
 condiserare l'impedenza ottenuta un
 buon compromesso tra il buon
 funzionamento dell'antenna corta a
 bassa frequenza e l'antenna ad alta
 frequenza.**

Fattore di Array

A) - Fattore di Array software utilizzato (ENSSYN)

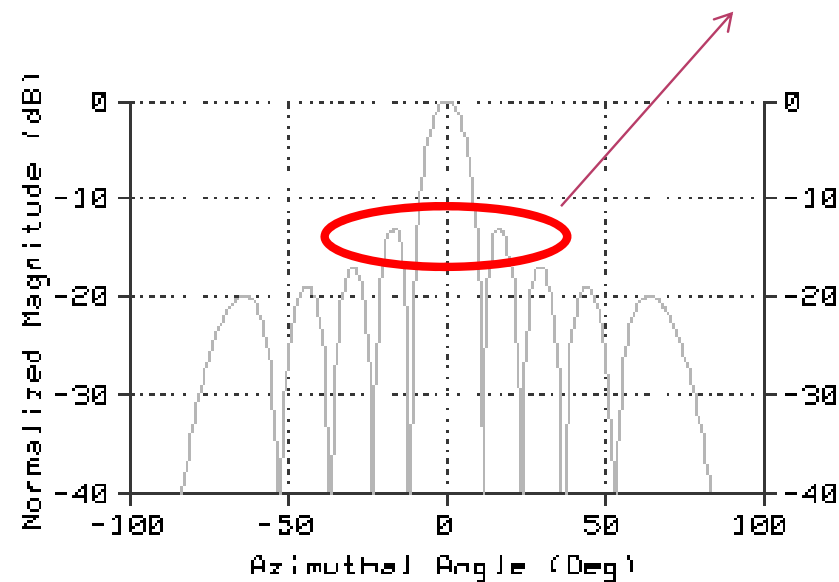
Prove del fattore di Array (spaziatura, endfire, ecc.)

10 antenne spaziate di $\lambda/2$



Array Uniforme

Tutte le eccitazioni uguali e pari ad (1.,0.) SLL a -13 dB

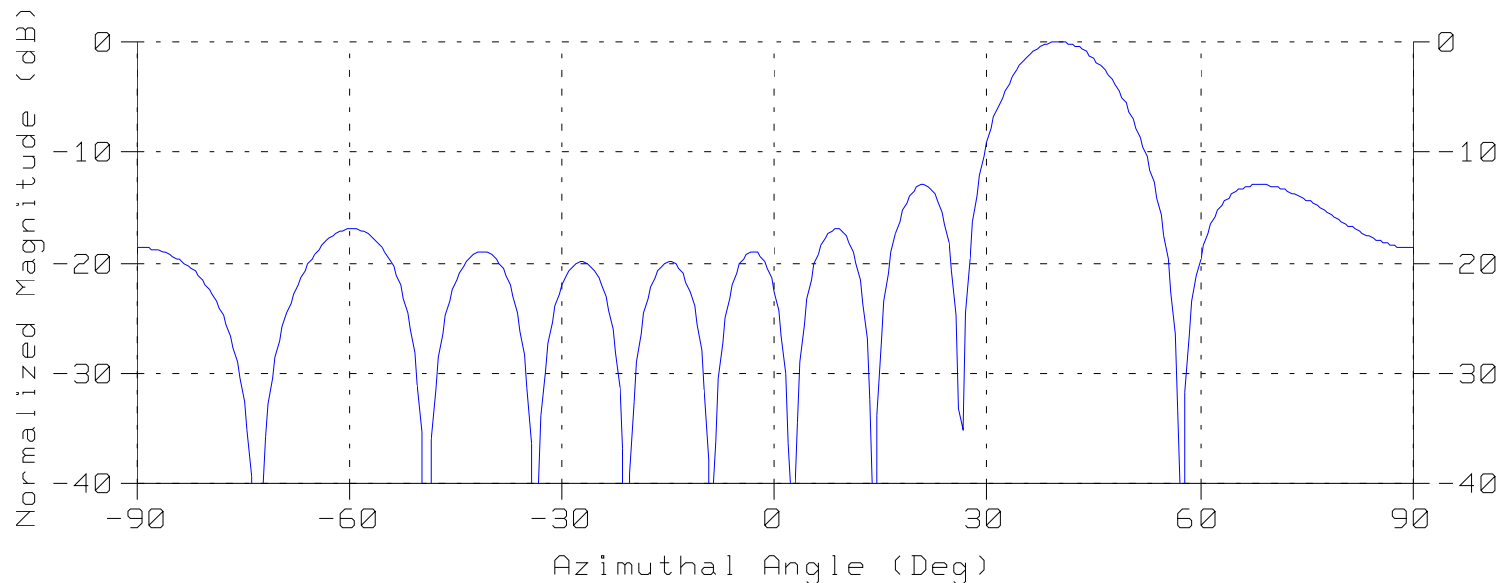


Non si hanno grating lobes, periodi in U e Teta coincidenti.

Array Broadside, fascio centrato.

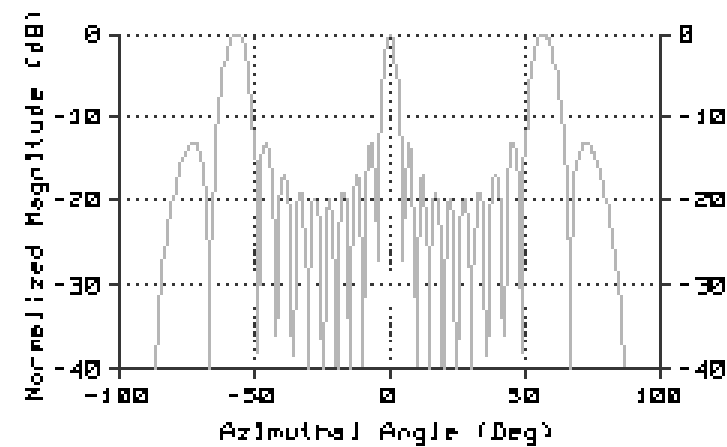
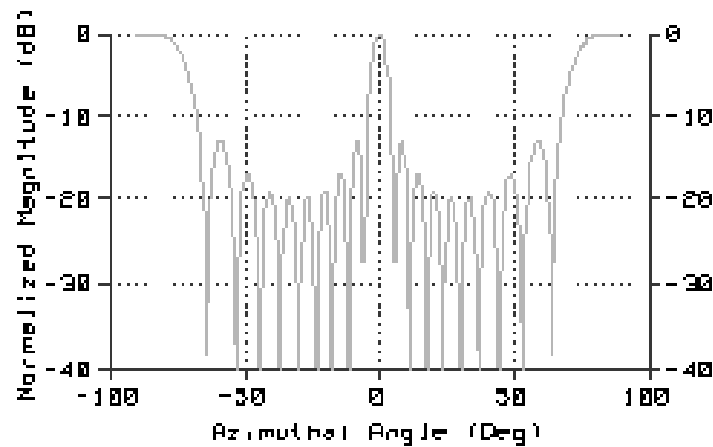
Supponiamo voglio Teta=40° di massimo. Mi serve

$$\Psi = \beta \cdot d \cdot \sin(\theta_M) = 2 \cdot \pi / \lambda \cdot \lambda / 2 \cdot \sin(40^\circ) = \pi \cdot \sin(40^\circ) = 115.7^\circ$$



NOTA: Al variare dell'angolo di scansione alla fine compare il grating lobe che abbassa il guadagno.

Vediamo spaziatura uguale e maggiore di Λ per array uniforme con 10 antenne centrato: compaiono grating lobes.



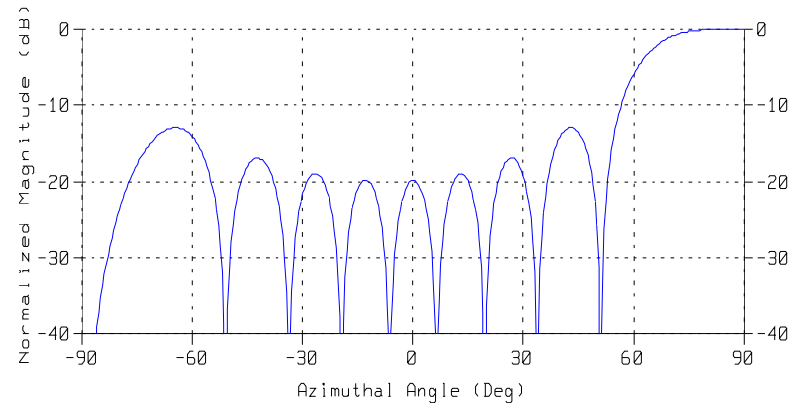
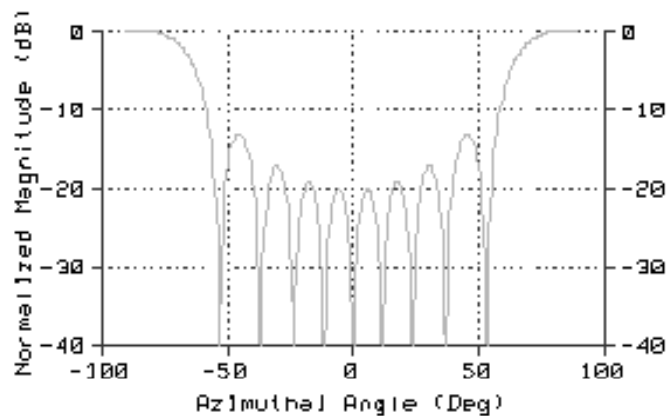
Vediamo infine spaziatura esattamente pari a $\lambda/2$ e poi minore di $\lambda/2$ (0.45λ) per array uniforme con 10 antenne e lo vogliamo endfire: (Max per $\text{TETA} = 90^\circ$)

Nel primo caso si ha:

$$\Psi = \beta d \sin(\theta) = 2\pi / \lambda * \lambda / 2 * \sin(90^\circ) = \underline{\pi = 180^\circ}$$

Nel secondo caso si ha:

$$\Psi = \beta d \sin(\theta) = 2\pi / \lambda * (0.45 * \lambda * \sin(90^\circ)) = \underline{\pi * 0.45 = 162^\circ}$$



Distribuzione di Chebycheff:

10 antenne spaziate di $\lambda/2$
LOBI LATERALI: -30 dB

Distribuzioni delle eccitazioni :

Posiz. x,y (Re, Im)

-14.1372 0.0 (0.257532, 0)

-10.9956 0.0 (0.429951, 0)

-7.85398 0.0 (0.669219, 0)

-4.71239 0.0 (0.878047, 0)

-1.5708 0.0 (1, 0)

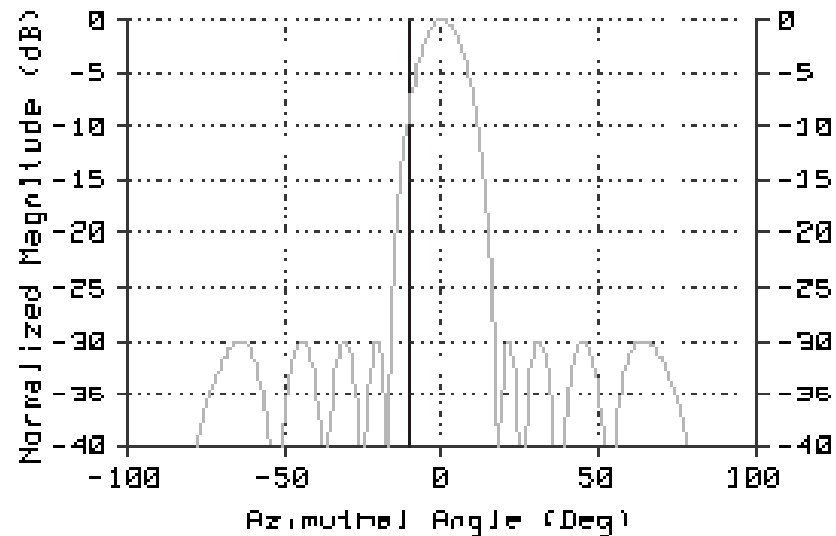
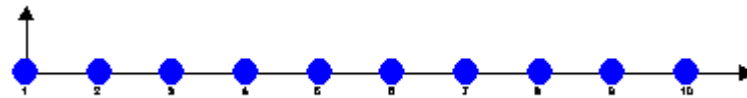
1.5708 0.0 (1, 0)

4.71239 0.0 (0.878047, 0)

7.85398 0.0 (0.669219, 0)

10.9956 0.0 (0.429951, 0)

14.1372 0.0 (0.257532, 0)



Distribuzione di Chebycheff:

Vediamo cosa accade se cambio anche di poco le distribuzioni di ampiezza (ad es. del 5%):

Distribuzioni delle eccitazioni :

Posiz. x,y (Re, Im)

-14.1372 0.0 (0.245, 0)

-10.9956 0.0 (0.4085, 0)

-7.85398 0.0 (0.636, 0)

-4.71239 0.0 (0.834, 0)

-1.5708 0.0 (1, 0)

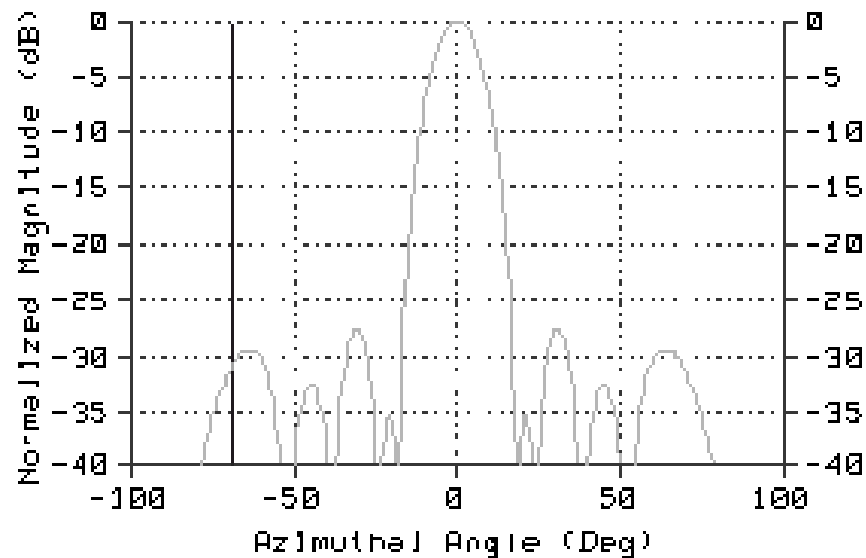
1.5708 0.0 (1, 0)

4.71239 0.0 (0.834, 0)

7.85398 0.0 (0.636, 0)

10.9956 0.0 (0.4085, 0)

14.1372 0.0 (0.245, 0)

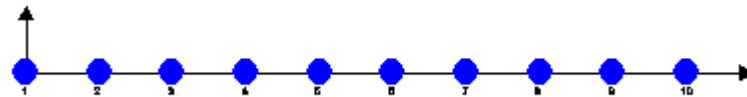


Perdo completamente la specifica sui lobi con solo il 5% di errore.

Distribuzione di Taylor:

10 antenne spaziate di $\lambda/2$

LOBI LATERALI: -30 dB



Distribuzioni delle eccitazioni :

Posiz. x,y (Re, Im)

-14.1372 0.0 (0.0896782, 0)

-10.9956 0.0 (0.299575, 0)

-7.85398 0.0 (0.575682, 0)

-4.71239 0.0 (0.838958, 0)

-1.5708 0.0 (1, 0)

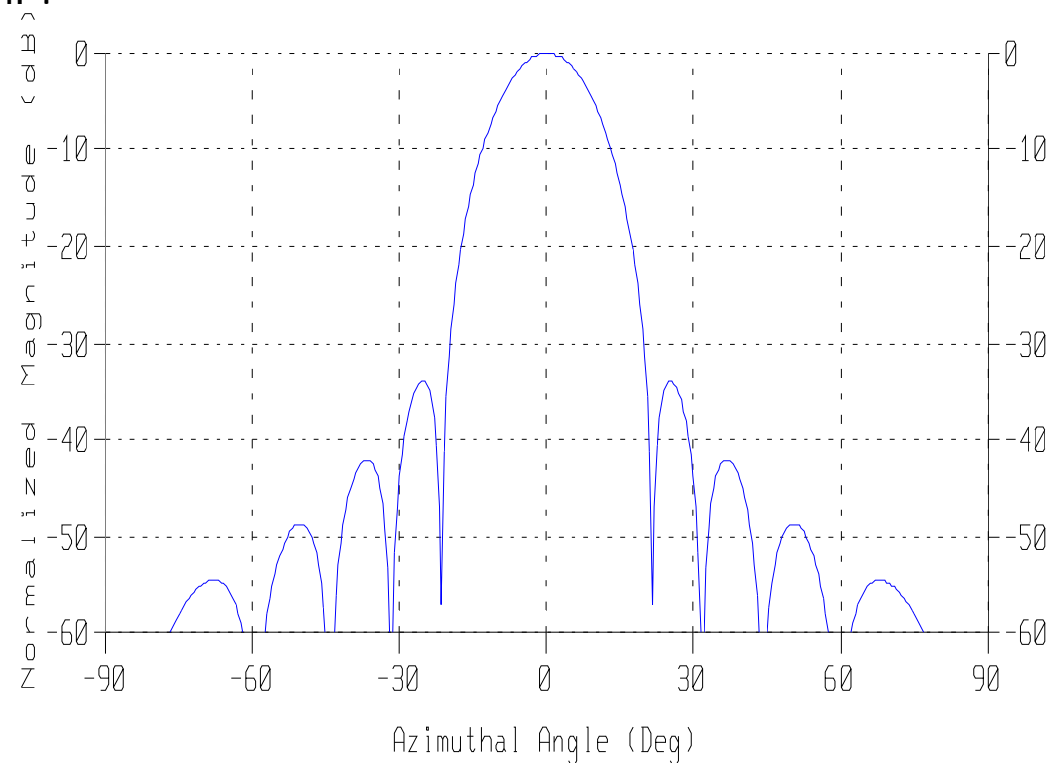
1.5708 0.0 (1, 0)

4.71239 0.0 (0.838958, 0)

7.85398 0.0 (0.575682, 0)

10.9956 0.0 (0.299575, 0)

14.1372 0.0 (0.0896782, 0)



Distribuzione di Taylor :

Vediamo cosa accade se cambio anche di poco le distribuzioni di ampiezza (ad es. del 5%):

Distribuzioni delle eccitazioni :

Posiz. x,y (Re, Im)

-14.1372 0.0 (0.0852, 0)

-10.9956 0.0 (0.285, 0)

-7.85398 0.0 (0.547, 0)

-4.71239 0.0 (0.797, 0)

-1.5708 0.0 (1, 0)

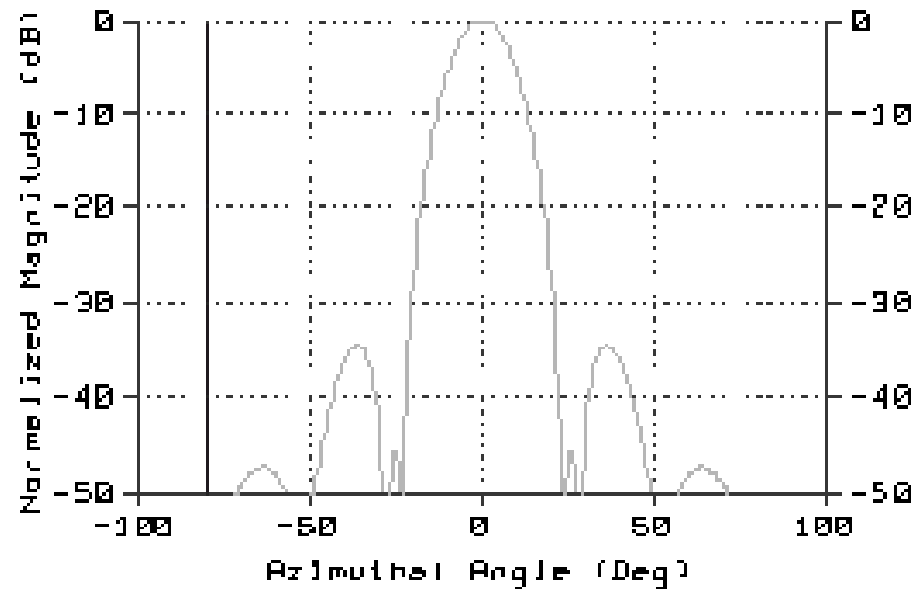
1.5708 0.0 (1, 0)

4.71239 0.0 (0.797, 0)

7.85398 0.0 (0.547, 0)

10.9956 0.0 (0.285, 0)

14.1372 0.0 (0.0852, 0)



Taylor è più robusto agli errori di ampiezza e realizzativi in genere.

Sintesi di un
Allineamento di 2
antenne mediante
Fattore di Array

Sintesi mediante matrice Z e fattore di array.

Voglio il max dell'irradiazione per 90° e irradiazione nulla per -90° .

L'espressione del campo di un allineamento vale:

$$\underline{E} = \sum_{n=1..N} \underline{E}_n = \sum_{n=1..N} \frac{j\zeta \underline{h}_n I_n}{2\lambda R_n} e^{-j\beta R_n} \cong \sum_{n=1..N} \frac{j\zeta \underline{h}_n I_n}{2\lambda r} e^{-j\beta(r - \underline{i}_r \cdot \underline{r}_n)} = \frac{j\zeta I_0}{2\lambda r} e^{-j\beta r} \sum_{n=1..N} \frac{I_n}{I_0} \underline{h}_n e^{j\beta(\underline{i}_r \cdot \underline{r}_n)}$$

Se le antenne sono monomodali e uguali, e disposte allo stesso modo nello spazio, allora le h efficaci sono tutte uguali e ho:

$$\underline{E} = \frac{j\zeta \underline{h} I_0 e^{-j\beta r}}{2\lambda r} \sum_{n=1..N} a_n e^{j\beta \underline{i}_r \cdot \underline{r}_n}$$

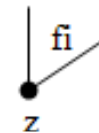
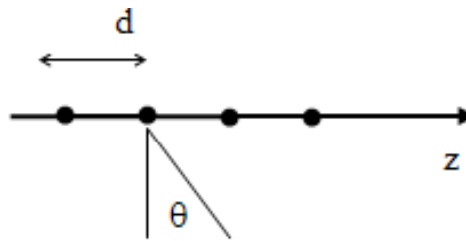
Sintesi mediante matrice Z e fattore di array.

Voglio il max dell'irradiazione per 90° e irradiazione nulla per -90° .

Quindi le proprietà di irradiazione del campo sono date dal fattore di array.

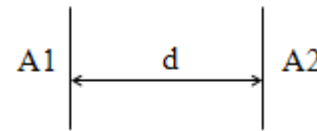
Nel caso di array lineare, si ha per il fattore di array:

$$AF = \sum_{n=1..N} a_n e^{j\beta nd \sin \theta}$$



Il fattore di array per due antenne è:

$$AF(2) = a_1 + a_2 e^{j\beta d \sin \theta}$$



Io voglio che per $\theta = \pi/2$ abbia il max dell'irradiazione, e che per $\theta = -\pi/2$ si abbia irradiazione nulla. Quindi:

$$\begin{aligned} |a_1| e^{j\psi_1} + |a_2| e^{j\psi_2} e^{j\beta d \sin 90} &= Max \\ |a_1| e^{j\psi_1} + |a_2| e^{j\psi_2} e^{j\beta d \sin(-90)} &= 0 \end{aligned} \quad \longrightarrow \quad \begin{aligned} 1 + |a| e^{j\psi} e^{j\beta d} &= Max \\ 1 + |a| e^{j\psi} e^{-j\beta d} &= 0 \end{aligned}$$

Dato che voglio il massimo per $\theta = \pi/2$, allora affinché sia massimo:

$$\psi + \beta d = 2n\pi \rightarrow$$

se scelgo $n=0$ si ha

$$\psi = -\beta d$$

La spaziatura tra le antenne la ricaviamo dall'altra condizione, dato che voglio il minimo per $\theta = -\pi/2$.

Affinchè:

$$1 + |a| e^{j\psi} e^{-j\beta d} = 0$$

Basta che i 2 numeri siano in opposizione di fase e che l'ampiezza $|a|$ sia unitaria.

Quindi la condizione da imporre è la seguente: $|a| = 1$

$$\psi - \beta d = \pi + 2n\pi \rightarrow -\beta d - \beta d = \pi + 2n\pi \rightarrow -2\beta d = \pi + 2n\pi \rightarrow d = \pi / 2\beta d = \lambda / 4$$

In corrispondenza, ψ varrà: $\psi = -\beta d = -2\pi / \lambda * \lambda / 4 = -\pi / 2$

Quindi la soluzione del problema è la seguente:

$$d = \lambda / 4$$

$$\psi = -\pi / 2$$

$$|a| = 1$$

(Si ricordi di alimentare le antenne IN CORRENTE).

Le antenne sono disposte nel piano xz.

CM

CM NEC4WIN95 File

CM

CE

Free Space

UNITS mm

Height 0.000

Boundary Circular

F 300.000

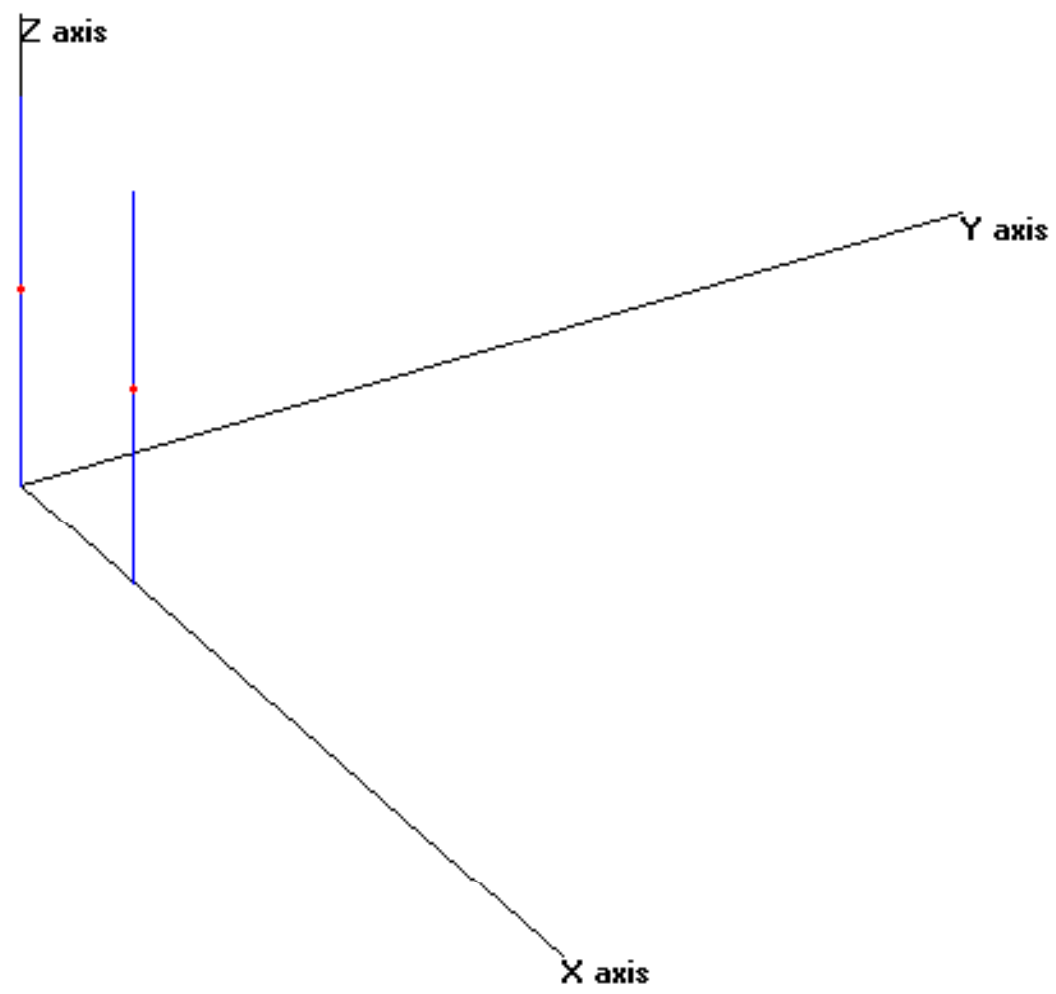
GW 0 40 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 500.000 2.000

GW 1 40 250.000 0.000 0.000 250.000 0.000 500.000 2.000

S 1 20 1 90 I

S 2 59 1 0 I

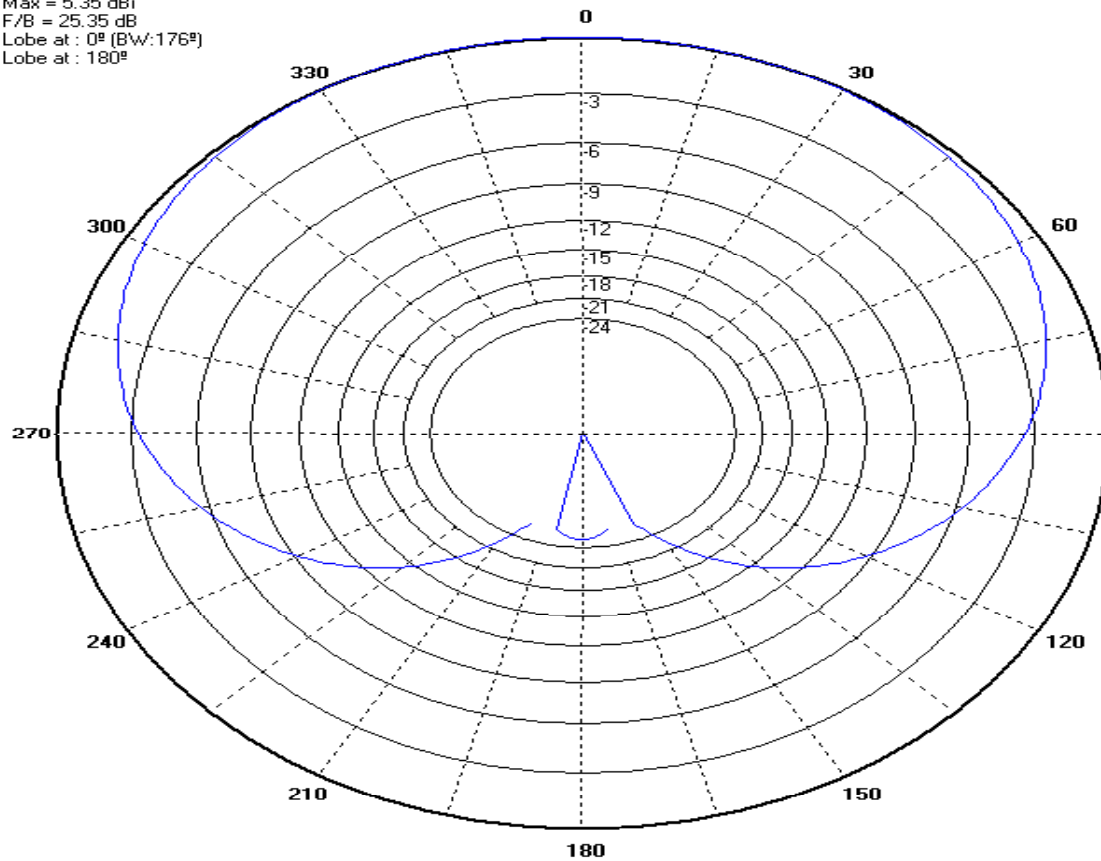
Coax 50



Azimuth Total Field

Frequency = 300.000 MHz
Antenna in Free Space
 $Z1 = 42.45 + j2.29$ (1.19)
 $Z2 = 121.32 + j85.86$ (3.79)
Zenith Angle = 0 deg.
Max = 5.35 dBi
F/B = 25.35 dB
Lobe at : 0° (B/W:176°)
Lobe at : 180°

0 dB = 5.35 dBi



Qualunque sia la
frequenza e la
lunghezza delle
antenne, questo
funziona!!!

E' ovvio che più sono
risonanti, e più il
valore dello zero è
piccolo in dB!!

Progettazione di un Array di 3 elementi

Antenne Filiformi

Progettare un allineamento di 3 dipoli a $\lambda/2$ paralleli e verticali con diametro di 0.2 cm e con centri a 40 cm dal suolo, alla frequenza di 1 GHz.

Usando tensioni equifase con modulo variabile si richiede:

- $\text{Im}(Z_{in}) < 5 \text{ Ohm}$ (ad ogni porta)**
- $G > 14 \text{ dB}$**
- $\text{SLL} < -15 \text{ dB}$ sul piano orizzontale**

Soluzione

La lunghezza d'onda alla frequenza di progetto è pari a 30 cm.

Inizialmente scegliamo tutte le antenne di una lunghezza pari a $\lambda/2$, ossia 15 cm.

Tale lunghezza dovrà poi essere aggiustata per tenere conto della specifica sull'impedenza di ingresso.

Fisso prima la distanza che mi rispetta il guadagno, con inizialmente lunghezze delle antenne tutte uguali a $\lambda/2$.

Poi trovo la risonanza del sistema complessivo

Soluzione

La distanza fra le antenne deve essere scelta opportunamente per rispettare la specifica sul guadagno.

Scegliamola in questo passo iniziale pari a $\lambda/4$, ossia poniamo le antenne ad una distanza di 7.5 cm.

In tal caso, trovo che il guadagno è troppo basso (11 dB)

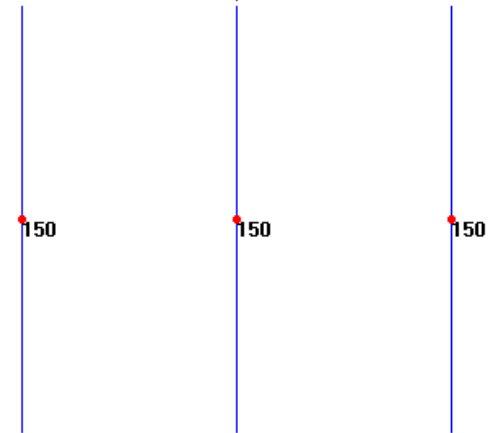
Uso 40 segmenti per discretizzare ogni antenna

```
CM
CM NEC4WIN95 File
CM
CE
GND Reference
UNITS mm
Height 0.000
Over Perfect Ground
Boundary Circular
F 1000.000
GW 1 40 0.000 0.000 325.000 0.000 0.000 475.000 2.000
GW 2 40 0.000 -75.000 325.000 0.000 -75.000 475.000 2.000
GW 3 40 0.000 75.000 325.000 0.000 75.000 475.000 2.000
S 1 20 100 0
S 2 59 100 0
S 3 98 100 0
Coax 75
```

Progetto 3 dipoli lamda2_esercitaz_3_singola.n4w

units : mm

Z axis



ANTENNA CENTRALE:

Antenna Height is : 0 m (0ft)

Perfect Ground

Frequency : 1000.000 MHz

Wave Length : 0.300 m (0.984 ft)

IMPEDANCE = $90.93 - j 70.84$ Ohms at Source 1

SWR = 2.35

Voltage = $100.00 + j 0.00$ at Pulse 20

Current = $0.68 + j 0.53$ Amps

Power = 34.22 WATTS

ANTENNE ESTERNE:

Antenna Height is : 0 m (0ft)

Perfect Ground

Frequency : 1000.000 MHz

Wave Length : 0.300 m (0.984 ft)

IMPEDANCE = $121.11 + j 0.41$ Ohms at Source 2

SWR = 1.61

Voltage = $100.00 + j 0.00$ at Pulse 59

Current = $0.83 - j 0.00$ Amps

Power = 41.28 WATTS

PROGETTO 3 DIPOLI LAMDA2_SPAZ_LAMD4.N4W Azimuth Total Field

Frequency = 1000.000 MHz

Antenna Height is : 0 m (0ft)

Perfect Ground

Z1 = 90.93 - j 70.84 (2.35)

Z2 = 121.11 + j 0.41 (1.61)

Z3 = 121.11 + j 0.42 (1.61)

Zenith Angle = 0 deg.

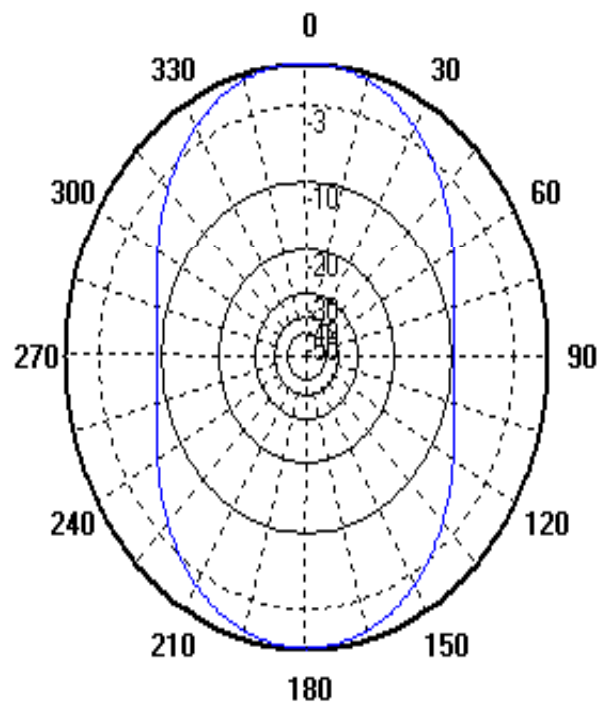
Max = 10.91 dBi

F/B = 0.00 dB

Lobe at : 0° (B'w:76°)

Lobe at : 180° (B'w:76°)

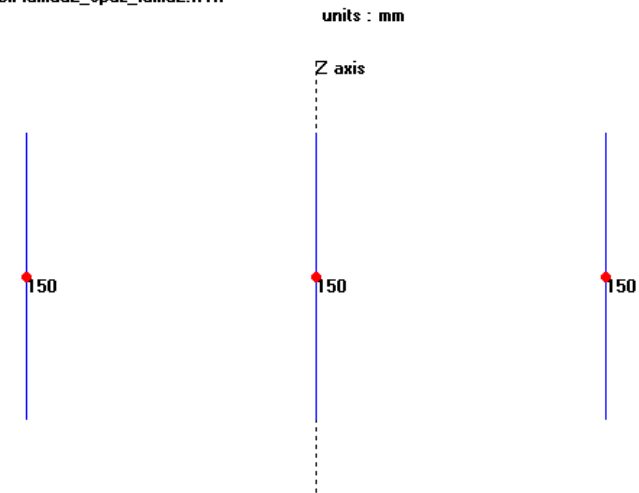
0 dB = 10.91 dBi



Aumento la spaziatura a $\lambda/2$. Il guadagno è ora di poco inferiore a 14 dB.

```
CM
CM NEC4WIN95 File
CM
CE
GND Reference
UNITS mm
Height 0.000
Over Perfect Ground
Boundary Circular
F 1000.000
GW 1 40 0.000 0.000 325.000 0.000 0
GW 2 40 0.000 -150.000 325.000 0.000 -150.000 475.000 2.000
GW 3 40 0.000 150.000 325.000 0.000 150.000 475.000 2.000
S 1 20 100 0
S 2 59 100 0
S 3 98 100 0
Coax 75
```

Progetto 3 dipoli lamda2_spaz_lamd2.n4w



PROGETTO 3 DIPOLI LAMDA2_SPAZ_LAMD2.N4W Azimuth Total Field

Frequency = 1000.000 MHz

Antenna Height is : 0 m (0ft)

Perfect Ground

Z1 = 53.97 + j 2.85 (1.39)

Z2 = 75.83 + j 13.49 (1.20)

Z3 = 75.83 + j 13.50 (1.20)

Zenith Angle = 0 deg.

Max = 13.87 dBi

F/B = 0.00 dB

Lobe at : 0° (Bw:40°)

Lobe at : 88°

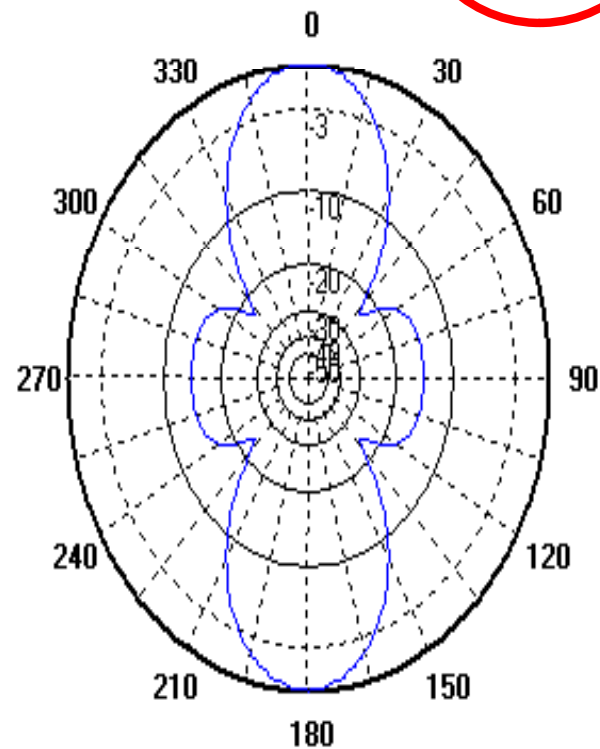
Lobe at : 92°

Lobe at : 180° (Bw:40°)

Lobe at : 268°

Lobe at : 272°

0 dB = 13.87 dBi



Allora aumento la spaziatura fino a 200 mm (circa 0.66 Lamda).

CM

CM NEC4WIN95 File

CM

CE

GND Reference

UNITS mm

Height 0.000

Over Perfect Ground

Boundary Circular

F 1000.000

GW 1 40 0.000 0.000 325.000 0.00

GW 2 40 0.000 -200.000 325.000 0.000 -200.000 475.000 2.000

GW 3 40 0.000 200.000 325.000 0.000 200.000 475.000 2.000

S 1 20 100 0

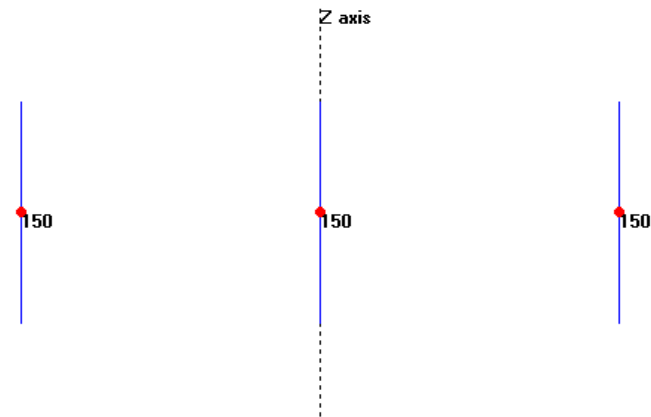
S 2 59 100 0

S 3 98 100 0

Coax 75

Progetto 3 dipoli lamda2_spaz_lamd2.n4w

units : mm



PROGETTO 3 DIPOLI LAMDA2_SPAZ_LAMD2.N4W Azimuth Total Field

Frequency = 1000.000 MHz

Antenna Height is : 0 m (0ft)

Perfect Ground

Z1 = 42.49 + j 35.05 (2.28)

Z2 = 61.12 + j 35.76 (1.75)

Z3 = 61.11 + j 35.76 (1.75)

Zenith Angle = 0 deg.

Max = 15.18 dBi

F/B = 0.00 dB

Lobe at : 0° (Bw:30°)

Lobe at : 49°

Lobe at : 90°

Lobe at : 131°

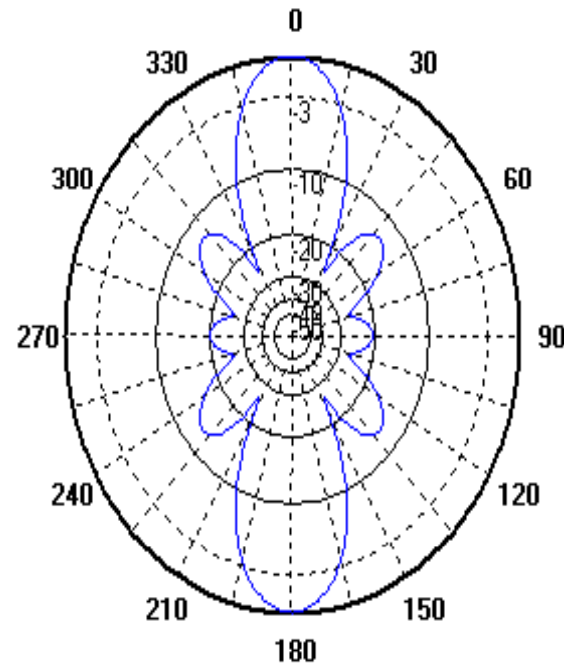
Lobe at : 180° (Bw:30°)

Lobe at : 229°

Lobe at : 270°

Lobe at : 311°

0 dB = 15.18 dBi



Ora il guadagno è oltre i 15 dB, quindi ho un margine di 1 dB rispetto alla specifica di 14 dB. Dovrebbe essere sufficiente

Fissiamo quindi come distanza fra le antenne 200 mm (circa 0.66 λ), che corrisponde ad un guadagno di 15 dB.

Con questa distanza, ed antenne tutte lunghe esattamente $\lambda/2$ l'impedenza di ingresso complessiva è fuori risonanza e vale:

ANTENNA CENTRALE:

Antenna Height is : 0 m (0ft)
Perfect Ground
Frequency : 1000.000 MHz
Wave Length : 0.300 m (0.984 ft)
IMPEDANCE = 42.49 + j 35.05 Ohms at Source 1
SWR = 2.28
Voltage = 100.00 + j 0.00 at Pulse 20
Current = 1.40 - j 1.16 Amps
Power = 70.03 WATTS

ANTENNE ESTERNE:

Antenna Height is : 0 m (0ft)
Perfect Ground
Frequency : 1000.000 MHz
Wave Length : 0.300 m (0.984 ft)
IMPEDANCE = 61.12 + j 35.76 Ohms at Source 2
SWR = 1.75
Voltage = 100.00 + j 0.00 at Pulse 59
Current = 1.22 - j 0.71 Amps
Power = 60.94 WATTS

La risposta in frequenza dell'array è:

At 950.000 MHz $Z = 51.81 - j 7.25$ SWR = 1.473

At 960.000 MHz $Z = 53.18 + j 1.20$ SWR = 1.411 Resonance

At 970.000 MHz $Z = 54.81 + j 9.74$ SWR = 1.416

At 980.000 MHz $Z = 56.68 + j 18.35$ SWR = 1.484

At 990.000 MHz $Z = 58.79 + j 27.02$ SWR = 1.600

At 1000.000 MHz $Z = 61.11 + j 35.76$ SWR = 1.749

At 1010.000 MHz $Z = 63.66 + j 44.53$ SWR = 1.922

At 1020.000 MHz $Z = 66.41 + j 53.39$ SWR = 2.114

At 1030.000 MHz $Z = 69.38 + j 62.31$ SWR = 2.321

At 1040.000 MHz $Z = 72.55 + j 71.28$ SWR = 2.541

At 1050.000 MHz $Z = 75.92 + j 80.35$ SWR = 2.773

E lo zero si ha per frequenze inferiori al GHz.

Devo quindi accorciare le antenne per ottenere risonanza e rispettare la specifica sulla $\text{Im}(Z_{in})$.

La risposta in frequenza dell'array è:

At 950.000 MHz $Z = 51.81 - j 7.25$ SWR = 1.473

At 960.000 MHz $Z = 53.18 + j 1.20$ SWR = 1.411 Resonance

At 970.000 MHz $Z = 54.81 + j 9.74$ SWR = 1.416

At 980.000 MHz $Z = 56.68 + j 18.35$ SWR = 1.484

At 990.000 MHz $Z = 58.79 + j 27.02$ SWR = 1.600

At 1000.000 MHz $Z = 61.11 + j 35.76$ SWR = 1.749

At 1010.000 MHz $Z = 63.66 + j 44.53$ SWR = 1.922

At 1020.000 MHz $Z = 66.41 + j 53.39$ SWR = 2.114

At 1030.000 MHz $Z = 69.38 + j 62.31$ SWR = 2.321

At 1040.000 MHz $Z = 72.55 + j 71.28$ SWR = 2.541

At 1050.000 MHz $Z = 75.92 + j 80.35$ SWR = 2.773

E lo zero si ha per frequenze inferiori al GHz.

Devo quindi accorciare le antenne per ottenere risonanza e rispettare la specifica sulla $\text{Im}(Z_{in})$.

PRIMA di adattare l'array, però, agiamo sui lobi laterali per rispettare la specifica imposta su di essi:

PROGETTO 3 DIPOLI LAMDA2_SPAZ_0.66LAMDA.N4W Azimuth Total Field

0 dB = 15.18 dBi

Frequency = 1000.000 MHz

Antenna Height is : 0 m (0ft)

Perfect Ground

Z1 = 42.49 + j35.05 (2.28)

Z2 = 61.12 + j35.76 (1.75)

Z3 = 61.11 + j35.76 (1.75)

Zenith Angle = 0 deg.

Max = 15.18 dBi

F/B = 0.00 dB

Lobe at : 0° (Bw:30°)

Lobe at : 49°

Lobe at : 90°

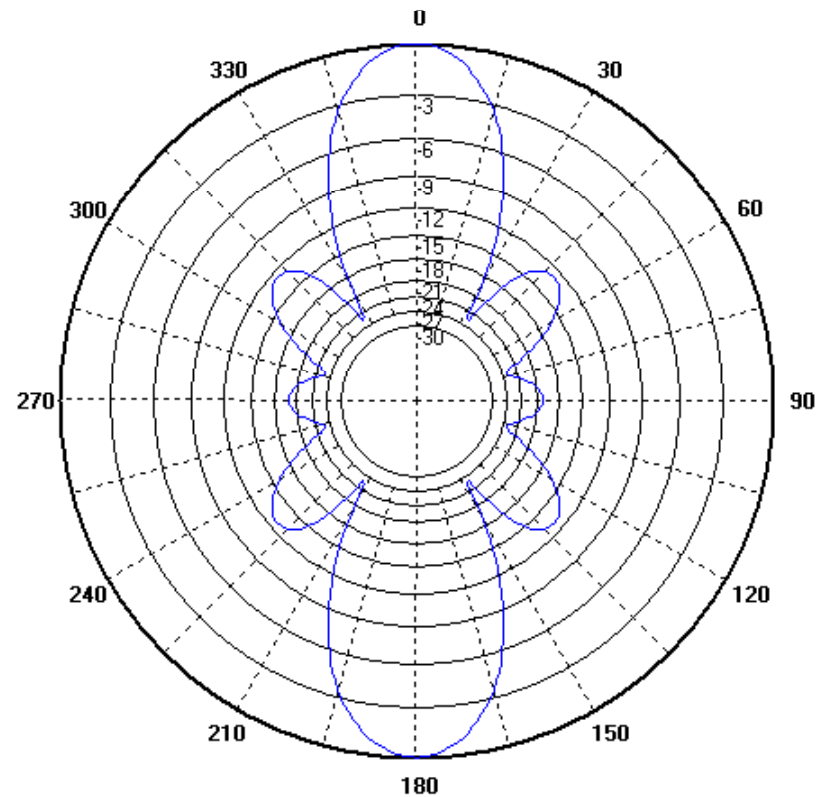
Lobe at : 131°

Lobe at : 180° (Bw:30°)

Lobe at : 229°

Lobe at : 270°

Lobe at : 311°



PRIMA di adattare l'array, però, agiamo sui lobi laterali per rispettare la specifica imposta su di essi:

PROGETTO 3 DIPOLI LAMDA2_SPAZ_0.66LAMDA.N4W Azimuth Total Field

0 dB = 15.18 dBi

Frequency = 1000.000 MHz

Antenna Height is : 0 m (0ft)

Perfect Ground

Z1 = 42.49 + j35.05 (2.28)

Z2 = 61.12 + j35.76 (1.75)

Z3 = 61.11 + j35.76 (1.75)

Zenith Angle = 0 deg.

Max = 15.18 dBi

F/B = 0.00 dB

Lobe at : 0° (Bw:30°)

Lobe at : 49°

Lobe at : 90°

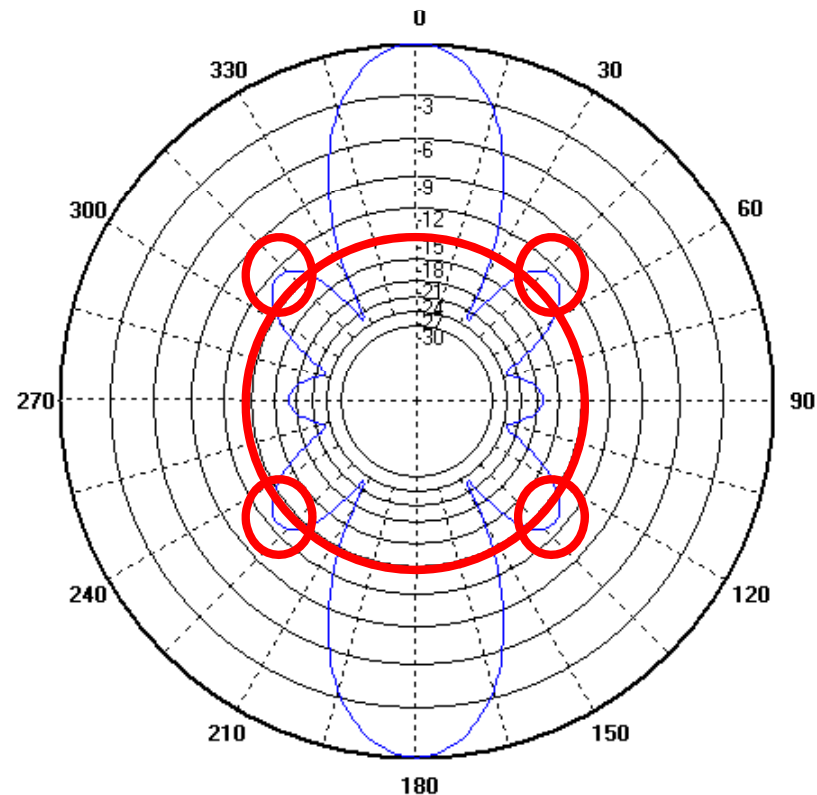
Lobe at : 131°

Lobe at : 180° (Bw:30°)

Lobe at : 229°

Lobe at : 270°

Lobe at : 311°

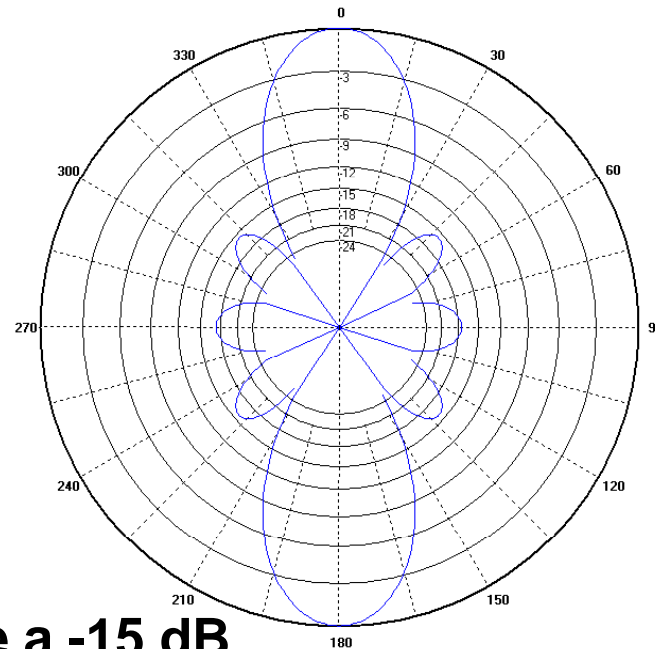


Ho un SLL di -12 dB, è richiesto inferiore a -15 dB

Per abbassare i lobi laterali è necessario lavorare sulle tensioni di alimentazione.

Scegliendo le tensioni delle antenne laterali pari a 80 V in modulo, più basse di quelle del' antenna centrale, pari a 100 V, si ottiene:

PROGETTO 3 DIPOLI LAMDA2_ESERCITAZ_3_TRE_ANTENNE_RISONANTI_MA_NO_LOBIN4W.N4W Azimuth Tot0dBd15.15 dBi
Frequency = 1000.000 MHz
Antenna Height is : 0 m (0K)
Perfect Ground
Z1 = 39.88 + j 4.23 (1.28)
Z2 = 46.38 + j 0.65 (1.08)
Z3 = 46.37 + j 0.65 (1.08)
Zenith Angle = 0 deg.
Max = 15.15 dBi
F/B = 0.00 dB
Lobe at : 0° (BW:30°)
Lobe at : 49°
Lobe at : 90°
Lobe at : 131°
Lobe at : 180° (BW:30°)
Lobe at : 229°
Lobe at : 270°
Lobe at : 311°



Ora il SLL è inferiore a -15 dB

PROGETTO 3 DIPOLI LAMDA2_ESERCITAZ_3_TRE_ANTENNE_RISONANTI_MA_NO_LOBIN4W.N4W Azimuth TotaldBd15.15 dBi

Frequency = 1000.000 MHz

Antenna Height is : 0 m (0ft)

Perfect Ground

Z1 = 39.88 + j 4.23 (1.28)

Z2 = 46.38 + j 0.65 (1.08)

Z3 = 46.37 + j 0.65 (1.08)

Zenith Angle = 0 deg.

Max = 15.15 dBi

F/B = 0.00 dB

Lobe at : 0° (BW:30°)

Lobe at : 49°

Lobe at : 90°

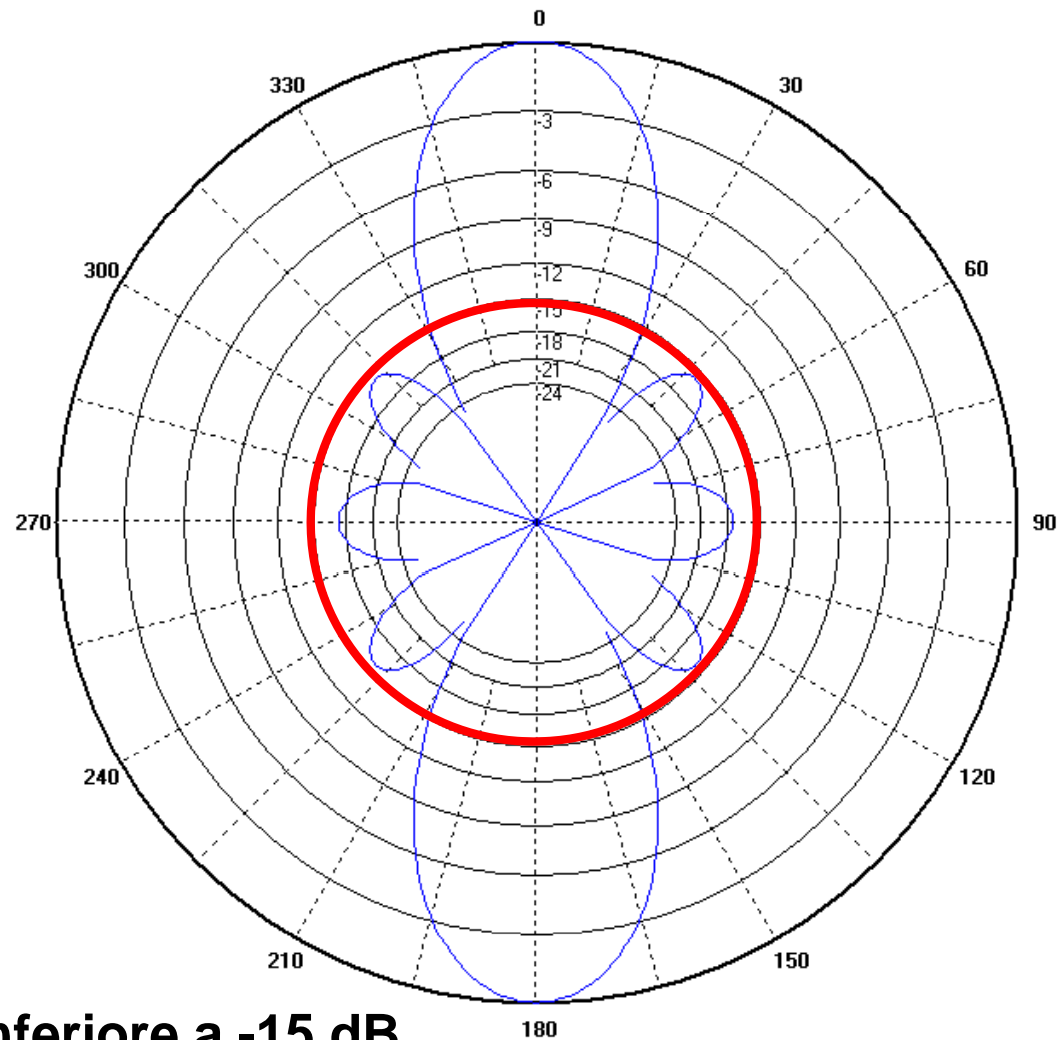
Lobe at : 131°

Lobe at : 180° (BW:30°)

Lobe at : 229°

Lobe at : 270°

Lobe at : 311°



Ora il SLL è inferiore a -15 dB

Devo infine adattare l'array pe rispettare l'ultima specifica sulla Zin.

Accorciamo le antenne per ottenere risonanza.

Dopo qualche tentativo si ottiene che con una lunghezza pari a 143 mm l'array è adattato.

At 980.000 MHz $Z = 43.75 - j 15.40$ SWR = 1.424

At 990.000 MHz $Z = 44.97 - j 7.42$ SWR = 1.208

At 1000.000 MHz $Z = 46.37 + j 0.65$ SWR = 1.079 Resonance

At 1010.000 MHz $Z = 47.96 + j 8.78$ SWR = 1.202

At 1020.000 MHz $Z = 49.73 + j 16.99$ SWR = 1.404

Devo infine adattare l'array pe rispettare l'ultima specifica sulla Zin.

Accorciamo le antenne per ottenere risonanza.

Dopo qualche tentativo si ottiene che con una lunghezza pari a 142.8 mm l'array è adattato.

GND Reference

UNITS mm

Height 0.000

Over Perfect Ground

Boundary Circular

F 1000.000

GW 0 40 0.000 0.000 328.600 0.000 0.000 471.400 2.000

GW 1 40 0.000 -200.000 328.600 0.000 -200.000 471.400 2.000

GW 2 40 0.000 200.000 328.600 0.000 200.000 471.400 2.000

S 1 20 100 0

S 2 59 80 0

S 3 98 80 0

Coax 75

Con una impedenza di ingresso ad ogni antenna pari ad:

ANTENNA CENTRALE:

Antenna Height is : 0 m (0ft)

Perfect Ground

Frequency : 1000.000 MHz

Wave Length : 0.300 m (0.984 ft)

IMPEDANCE = 39.88 + j 4.23 Ohms at Source 1

SWR = 1.28

Voltage = 100.00 + j 0.00 at Pulse 20

Current = 2.48 - j 0.26 Amps

Power = 123.99 WATTS

ANTENNE ESTERNE:

Antenna Height is : 0 m (0ft)

Perfect Ground

Frequency : 1000.000 MHz

Wave Length : 0.300 m (0.984 ft)

IMPEDANCE = 46.38 + j 0.65 Ohms at Source 2

SWR = 1.08

Voltage = 80.00 + j 0.00 at Pulse 59

Current = 1.72 - j 0.02 Amps

Power = 68.99 WATTS

TMP.N4W Azimuth Total Field

Frequency = 1000.000 MHz

Antenna Height is : 0 m (0ft)

Perfect Ground

Z1 = 39.88 + j 4.23 (1.28)

Z2 = 46.38 + j 0.65 (1.08)

Z3 = 46.37 + j 0.65 (1.08)

Zenith Angle = 0 deg.

Max = 15.15 dBi

F/B = 0.00 dB

Lobe at : 0° (BW:30°)

Lobe at : 49°

Lobe at : 90°

Lobe at : 131°

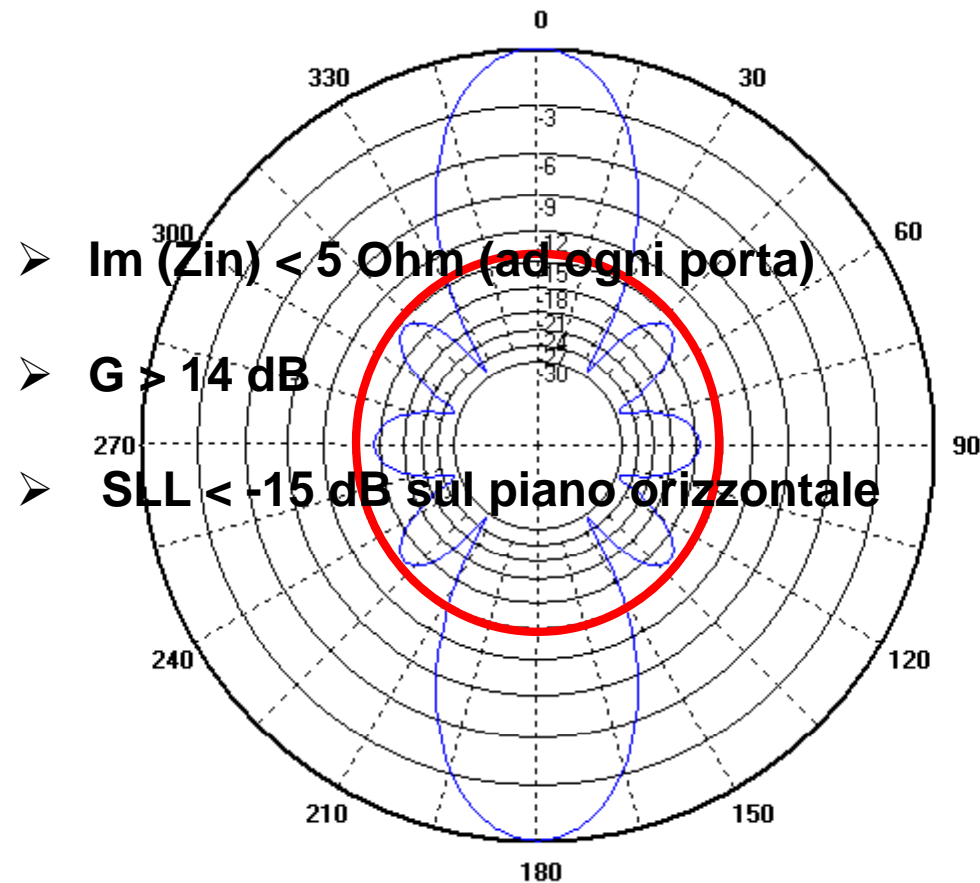
Lobe at : 180° (BW:30°)

Lobe at : 229°

Lobe at : 270°

Lobe at : 311°

0 dB = 15.15 dBi



Il campo ovviamente ha sempre SLL è inferiore a -15 dB

TUTTE LE SPECIFICHE SONO RISPETTATE

- **$\text{Im}(Z_{in}) < 5 \text{ Ohm}$ (ad ogni porta)**
- **$G > 14 \text{ dB}$**
- **$\text{SLL} < -15 \text{ dB}$ sul piano orizzontale**