Department of Electrical and Computer Engineering

Wireless Telecommunications Laboratory

Rion GR-265 00 Patras Greece
Tel: +30 61 997301, +30 61 997300, +30 61 997289,
Fax: +30 61 997302, E-mail: Kotsop@ee.upatras.gr



Τηλ: (061) 997301, (061) 997300, (061) 997289, Fax: (061) 997302, E-mail: Kotsop@ee.upatras.gr

## Παράδειγμα 15

Θεματική ενότητα: Παράμετροι κεραιών

## Εκφώνηση

Για τις επικοινωνιακές ανάγκες, χρησιμοποιείται γραμμική ευθύγραμμη κεραία. Σε κατεύθυνση κάθετη προς τον άξονα της κεραίας και σε απόσταση 2 Km από το μέσον αυτού, πραγματοποιούνται πεδιομετρήσεις, όπου μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η συνάρτηση που δίδει την ένταση του ηλεκτρικού

πεδίου, έχει την έκφραση  $E_{\theta}=j imes \frac{I_0 imes Z_0}{2 imes \pi imes r} imes e^{-j imes \frac{2\pi}{\lambda} imes r} imes \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} imes \cos \theta\right)}{\sin \theta}$ . Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου

εκφράζεται σε μονάδες  $\binom{V}{m}$ . Θεωρούμε ότι το μέσον διάδοσης είναι ο ελεύθερος χώρος και ότι η κεραία τροφοδοτείται με ρεύμα, μεγίστου πλάτους  $I_0$  . Να προσδιορισθεί:

- α) η τιμή του ρεύματος της κεραίας,  $I_0$  σε μονάδες mA, ώστε στην ανωτέρω κατεύθυνση και απόσταση, η απόλυτη τιμή της πυκνότητας του ηλεκτρομαγνητικού κύματος να είναι  $16.98 \times 10^{-4} \, \mu W / m^2$  .
- β) σε κατεύθυνση  $\theta = 30^{0}$  και στην ίδια απόσταση, η απόλυτη τιμή της πυκνότητας ακτινοβολίας είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη από την τιμή της πυκνότητας ακτινοβολίας που ετέθη στην  $1^{0}$  ερώτηση και κατά τι ποσοστό (%)?
- γ) να προσδιορίσετε το μήκος της γραμμικής κεραίας (σε cm), για χρήση αυτής στην περιοχή των συχνοτήτων από 90 MHz έως 101 MHz.

### <u>Λύση</u>

α) Το μέγεθος  $\frac{\left(\mathbf{E}\, v \tau \alpha \sigma \eta..\Pi \epsilon \delta iov\right)^2}{\mathbf{A}\, v \pi i \sigma \tau \alpha \sigma \eta}$  από πλευράς μονάδων, έχει διαστάσεις πυκνότητας ισχύος (S). Δηλαδή, μονάδες  $\left(\frac{W}{m^2}\right)$ . Επομένως:

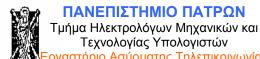
Η πυκνότητα ακτινοβολίας είναι: 
$$S = \frac{\left|E_{\theta}\right|^2}{Z_0}$$
 (1)

Προσδιορίζουμε την έκφραση του  $\left|E_{\theta}\right|$ . Από την σχέση που μας δίδεται στην εκφώνηση της άσκησης, έχουμε:

# Department of Electrical and Computer Engineering

# Wireless Telecommunications Laboratory

Rion GR-265 00 Patras Greece Tel: +30 61 997301, +30 61 997300, +30 61 997289, Fax: +30 61 997302, E-mail: Kotsop@ee.upatras.gr



Píov 265 00, Πάτρα Τηλ: (061) 997301, (061) 997300, (061) 997289, Fax: (061) 997302, E-mail: Kotsop@ee.upatras.gr

$$(E_{\theta})_{\theta=\pi/2} = j \times \frac{I_0 \times Z_0}{2 \times \pi \times r} \times e^{-j \times \frac{2\pi}{\lambda} \times r}$$
 (2)

και

$$\left| \left( E_{\theta} \right)_{\theta = \frac{\pi}{2}} \right| = \frac{I_0 \times Z_0}{2 \times \pi \times r} \tag{3}$$

Από την (1) και (3), έχουμε:

$$S = \frac{\left|E_{\theta}\right|^2}{Z_0} = \frac{\left(\frac{I_0 \times Z_0}{2 \times \pi \times r}\right)^2}{Z_0} = \frac{Z_0 \times I_0^2}{\left(2 \times \pi \times r\right)^2}$$
(4)

Τα δεδομένα της άσκησης είναι:

$$S = 16.98 \times 10^{-4} \frac{\mu W}{m^2} = 16.98 \times 10^{-10} \frac{W}{m^2}$$

$$r = 2Km = 2000m$$

$$Z_0 = 120 \times \pi$$
(5)

Από τις σχέσεις (4) και (5), έχουμε:

$$I_0 = 2.66 \times 10^{-2} A = 26.6 mA \tag{6}$$

β) Στην περίπτωση αυτή έχουμε:

$$\left| \left( E_{\theta} \right)_{\theta=30^{\circ}} \right| = \frac{I_0 \times Z_0}{2 \times \pi \times r} \times \frac{0.2}{0.5} \tag{7}$$

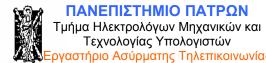
Άρα:

$$S = \frac{|E_{\theta}|^2}{Z_0} = \frac{\left(\frac{I_0 \times Z_0}{2 \times \pi \times r}\right)^2 \times \frac{4}{5}}{Z_0} = \frac{Z_0 \times I_0^2}{(\pi \times r)^2 \times 25}$$
(8)

Department of Electrical and Computer Engineering

# Wireless Telecommunications Laboratory

Rion GR-265 00 Patras Greece Tel: +30 61 997301, +30 61 997300, +30 61 997289, Fax: +30 61 997302, E-mail: Kotsop@ee.upatras.gr



Píov 265 00, Πάτρα Τηλ: (061) 997301, (061) 997300, (061) 997289, Fax: (061) 997302, E-mail: Kotsop@ee.upatras.gr

Αντικαθιστώντας στην (8) τα δεδομένα, λαμβάνουμε:

$$S = 2.7 \times 10^{-4} \frac{\mu W}{m^2} \tag{9}$$

και

100% 16.98x10<sup>-4</sup> μW/m<sup>2</sup> X? 2.7x10<sup>-4</sup> μW/m<sup>2</sup>

$$x = 100 \times \frac{2.7 \times 10^{-4}}{16.98 \times 10^{-4}} \approx 16 \%$$

## Συμπέρασμα:

Η πυκνότητα ακτινοβολίας μειώνεται κατά ποσοστό περίπου 16%.

γ) Με βάση την έκφραση της έντασης του πεδίου, που μας δίδεται στην εκφώνηση της άσκησης και λαμβάνοντας υπόψη την γενική έκφραση της πυκνότητας ακτινοβολίας για τις γραμμικές κεραίες, δηλαδή:

$$S_r = \frac{\Lambda}{r^2} \times \left[ \frac{\cos(K \times l \times \cos \theta) - \cos(K \times l)}{\sin \theta} \right]^2$$
 (10)

προκύπτει εύκολα, ότι η κεραία είναι δίπολο μήκος  $\frac{\lambda}{4}$ , διότι με την τιμή αυτή λαμβάνουμε την έκφραση της  $S_r$  που αντιστοιχεί στην δοθείσα ένταση πεδίου:

$$E_{\theta} = j \times \frac{I_0 \times Z_0}{2 \times \pi \times r} \times e^{-j \times \frac{2\pi}{\lambda} \times r} \times \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \times \cos\theta\right)}{\sin\theta}$$

$$f = \sqrt{f_1 \times f_2} = \sqrt{90 \times 101} = 95.34MHz$$

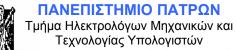
Επομένως:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{95.34 \times 10^6} = 3.14m$$

Department of Electrical and Computer Engineering

Wireless Telecommunications Laboratory

Rion GR-265 00 Patras Greece Tel: +30 61 997301, +30 61 997300, +30 61 997289, Fax: +30 61 997302, E-mail: Kotsop@ee.upatras.gr



Γεχνολογίας Υπολογιστών <mark>ργαστήριο Ασύρματης Τηλεπικοινωνίας</mark> Píov 265 00, Πάτρα

Τηλ: (061) 997301, (061) 997300, (061) 997289, Fax: (061) 997302, E-mail: Kotsop@ee.upatras.gr

Άρα, η κεραία, θα έχει μήκος:

$$l = \frac{\lambda}{4} = \frac{3.14}{4} = 0.785m$$

ή

l = 78.5cm