

Πανεπιστήμιο Πατρών  
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής

## Συστήματα Μετάδοσης Πληροφορίας

### Α΄ Μέρος

### Φροντιστηριακές Ασκήσεις

Εργαστήριο Σημάτων & Τηλεπικοινωνιών

Συγγραφείς: Φώτιος Γκιουλέκας, Διδάσκων Π.Δ. 407/80 ΤΜΗΥΠ  
Βασίλειος Κεκάτος, Διδάσκων Π.Δ. 407/80 ΤΜΗΥΠ  
Γεώργιος Ρουμελιώτης, Μεταπτυχιακός Φοιτητής ΤΜΗΥΠ  
Δάφνη-Σταυρούλα Ζώη, Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια ΤΜΗΥΠ  
Κωνσταντίνος Μπερμπερίδης, Καθηγητής ΤΜΗΥΠ

Πάτρα, Απρίλιος 2009

# ΔΙΑΔΟΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

**Άσκηση 1:** Νόμος αντίστροφου τετραγώνου.

(a). Τι προβλέπει ο νόμος του αντίστροφου τετραγώνου για την ισχύ λήψης σε απόσταση  $r$  από σημειακή πηγή;

(b). Αν σε απόσταση 20km από σημειακή πηγή σε ελεύθερο χώρο η πυκνότητα ισχύος είναι  $200\mu\text{W}/\text{m}^2$ , πόση είναι η πυκνότητα ισχύος σε απόσταση 25km;

**Άσκηση 2:** Πότε μια πηγή και ένας χώρος διάδοσης ονομάζονται ιστροπικά; Μπορούμε να υλοποιήσουμε μια ιστροπική κεραία;

**Άσκηση 3:** Τι εννοούμε όταν λέμε ότι η χαρακτηριστική αντίσταση του κενού είναι  $Z=377\Omega$ ;

**Άσκηση 4:** Αν η ισχύς εκπομπής ενός ιστροπικού πομπού είναι 1MW, πόση είναι η ισχύς λήψης και η ένταση ( $E$ ) σε απόσταση 20km από αυτόν;  
(Απ:  $P_r=P_t/(4\pi r^2)=200\mu\text{W}/\text{m}^2$ ,  $E=\sqrt{30P_t}/r=0.27\sqrt{V}/\text{m}$ )

**Άσκηση 5:** Ποιες είναι οι συνιστώσες ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος; Τι είναι πόλωση; Πώς χρησιμοποιείται ο κανόνας του δεξιού χεριού για να βρεθεί η κατεύθυνση διάδοσης ενός ΗΜ κύματος;

**Άσκηση 6:** Τι προβλέπει ο νόμος της ανάκλασης για τη διάδοση ενός ΗΜ κύματος; Ποιες επιφάνειες αποτελούν καλούς ανακλαστές;

**Άσκηση 7:** Πότε ένα ΗΜ κύμα διαθλάται; Τι προβλέπει ο νόμος της ανάκλασης και πώς αποδεικνύεται ο νόμος του Snell;

**Άσκηση 8:** Πότε μπορεί να συμβεί περίθλαση ενός ΗΜ κύματος; Πώς βοηθά η περίθλαση κατά τη διάδοση ΗΜ κυμάτων;

**Άσκηση 9:** Περιγράψτε το φαινόμενο της σκέδασης των ΗΜ κυμάτων.

**Άσκηση 10:** Πότε εμφανίζεται το φαινόμενο Doppler και τι αποτελέσματα έχει στη διάδοση των ΗΜ κυμάτων; Έστω ότι ένας χρήστης GSM 900MHz βρίσκεται σε αυτοκίνητο και κινείται με ταχύτητα 100Km/h. Πόση είναι η μέγιστη μετατόπιση Doppler; (Απ: 83.3Hz)

**Άσκηση 11:** Ποια είναι τα τρία βασικά στρώματα της ατμόσφαιρας; Πώς επηρεάζουν τη μετάδοση των ραδιοσυχνοτήτων;

**Άσκηση 12:** Τι είναι ο ιονισμός και η επανασύνδεση; Σε ποιο στρώμα εμφανίζονται και ποιο είναι το αποτέλεσμα τους;

**Άσκηση 13:** Γιατί το F υπόστρωμα της ιονόσφαιρας είναι το περισσότερο ιονισμένο;

**Άσκηση 14:** Περιγράψτε συνοπτικά τους τρεις τρόπους μετάδοσης των ΗΜ κυμάτων, τις μπάντες συχνοτήτων που χρησιμοποιούν τον καθένα, και την πόλωση της κεραίας λήψης που πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε κάθε περίπτωση.

**Άσκηση 15:** Γιατί ο ραδιοηλεκτρικός ορίζοντας είναι μεγαλύτερος από τον οπτικό;

**Άσκηση 16:** Πώς πραγματοποιείται η διάθλαση στην ιονόσφαιρα;

**Άσκηση 17:** Πώς σχετίζεται η διάθλαση στην ιονόσφαιρα με το μήκος του ΗΜ κύματος; Τι είναι η κρίσιμη συχνότητα;

**Άσκηση 18:** Πώς επιδρά η γωνία εκπομπής κατά τη διάθλαση των ΗΜ κυμάτων στην ιονόσφαιρα; Τι είναι η απόσταση υπερπήδησης;

**Άσκηση 19:** Τι είναι η πολυοδική μετάδοση και πώς οδηγεί σε διαλείψεις;

**Άσκηση 20:** Ποιες είναι οι βασικές μεταβολές της ιονόσφαιρας;

**Άσκηση 21:** Ποιες είναι οι βασικές αιτίες παρεμβολής στη διάδοση ΗΜ κυμάτων;

**Άσκηση 22:** Πώς επιδρούν οι καιρικές συνθήκες στη διάδοση των ΗΜ κυμάτων;

**Άσκηση 23:** Ένα κύμα διαδίδεται στον ελεύθερο χώρο και υφίσταται διάθλαση καθώς μπαίνει σε ένα πυκνότερο μέσο. Λόγω της διάθλασης, η γωνία πρόσπτωσης στο οριακό επίπεδο των δύο μέσων αλλάζει από  $30^\circ$  σε  $20^\circ$ . Ποια είναι η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων στο δεύτερο μέσο; (Απ:  $0.64 \cdot c = 2 \cdot 10^8 \text{m/sec}$ )

## ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

**Άσκηση 1:** Τμήμα ομοαξονικού καλωδίου RG-59B/U έχει χαρακτηριστική αντίσταση  $75\Omega$  και χωρητικότητα  $69\text{pF/m}$ .

(a). Ποια είναι η επαγωγή του καλωδίου;

(b). Αν η διάμετρος του εσωτερικού αγωγού είναι  $0.584\text{mm}$  και η διηλεκτρική σταθερά του μονωτικού υλικού είναι  $2.23$ , ποια είναι η διάμετρος του εξωτερικού αγωγού;

**Άσκηση 2:** Ποια είναι η ελάχιστη τιμή της χαρακτηριστικής αντίστασης μιας παράλληλης γραμμής μεταφοράς αν υποθέσουμε ότι χρησιμοποιεί τον αέρα ως διηλεκτρικό υλικό;

**Άσκηση 3:** Ένα ομοαξονικό καλώδιο έχει εσωτερική διάμετρο  $0.025\text{mm}$  και χρησιμοποιεί μονωτικό υλικό με διηλεκτρική σταθερά  $k=2.56$ . Αν το καλώδιο προορίζεται να έχει χαρακτηριστική εμπέδηση  $2\text{k}\Omega$ , ποια θα πρέπει να είναι η διάμετρος του εξωτερικού αγωγού;

**Άσκηση 4:** Θέλουμε να συνδέσουμε φορτίο  $200\Omega$  σε γραμμή μεταφοράς με χαρακτηριστική αντίσταση  $300\Omega$  και να πετύχουμε λόγο στάσιμου κύματος  $\text{SWR}=1$  (καθόλου ανάκλαση, πλήρης προσαρμογή) κατά μήκος της γραμμής. Αν χρησιμοποιήσουμε ένα μετασχηματιστή  $\lambda/4$ , ποια θα πρέπει να είναι η χαρακτηριστική του αντίσταση;

**Άσκηση 5:** Έστω φορτίο με σύνθετη αντίσταση  $Z_L$  στα άκρα του οποίου συνδέεται γραμμή μεταφοράς μήκους  $\lambda/2$ . Ποια είναι η σύνθετη αντίσταση που εμφανίζεται στα ελεύθερα άκρα της γραμμής μεταφοράς;

**Άσκηση 6:** Δίνεται φορτίο  $(200+j75)\Omega$  που θα πρέπει να προσαρμοστεί σε γραμμή μεταφοράς  $300\Omega$  ώστε να δώσει  $\text{SWR}=1$  (καθόλου ανάκλαση, πλήρης προσαρμογή). Προκειμένου να επιτευχθεί η προσαρμογή χρησιμοποιείται (1) τμήμα γραμμής μεταφοράς κατάλληλου μήκους σε παράλληλη σύνδεση για να λειτουργήσει ως πυκνωτής, και (2)

μετασχηματιστής  $\lambda/4$  για να προσαρμόσει την εναπομείνασα ωμική αντίσταση.

(c). Υπολογίστε τη χωρητική αντίσταση που πρέπει να συνδεθεί παράλληλα με το φορτίο  $Z_L$ . (Απ:  $X = -j610\Omega$ )

(d). Υπολογίστε την ωμική αντίσταση του μετασχηματιστή  $\lambda/4$ . (Απ:  $Z_0' = \sqrt{Z_0 Z_L} = \sqrt{300\Omega \cdot 228\Omega} = 262\Omega$ )

**Άσκηση 7:** Μια γραμμή μεταφοράς χωρίς απώλειες έχει χωρητικότητα  $100\text{pF/m}$  και επαγωγή  $4\mu\text{H/m}$ . Ποια είναι η χαρακτηριστική της αντίσταση;

**Άσκηση 8:** Μια ομοαξονική γραμμή μεταφοράς έχει εξωτερική διάμετρο  $6\text{mm}$  και εμπέδηση  $50\Omega$ . Αν το μονωτικό υλικό έχει διηλεκτρική σταθερά  $1.6$ , υπολογίστε την εσωτερική της διάμετρο.

**Άσκηση 9:** Γραμμή μεταφοράς με χαρακτηριστική εμπέδηση  $300\Omega$  τερματίζεται σε καθαρά ωμικό φορτίο. Από μετρήσεις, υπολογίζεται ότι η ελάχιστη τιμή τάσης πάνω στη γραμμή είναι  $5\mu\text{V}$  και η μέγιστη  $7.5\mu\text{V}$ . Ποια είναι η τιμή του φορτίου;

**Άσκηση 10:** Ένας μετασχηματιστής  $\lambda/4$  συνδέεται απευθείας με φορτίο  $50\Omega$  προκειμένου να προσαρμόσει το φορτίο σε γραμμή μεταφοράς με  $Z_0 = 75\Omega$ . Ποια θα πρέπει να είναι η χαρακτηριστική αντίσταση του μετασχηματιστή;

**Άσκηση 11:** Σχεδιάστε το ισοδύναμο κύκλωμα μιας γραμμής μεταφοράς, περιγράψτε τα επιμέρους στοιχεία του και εξηγήστε πώς προκύπτουν. Στη συνέχεια σχεδιάστε την απλοποιημένη έκδοσή του εξηγήστε τι επιτρέπει την απλοποίηση και ποια είναι τα αποτελέσματα αυτής.

**Άσκηση 12:** Απώλειες σε γραμμές μεταφοράς.

(a). Τι είδους απώλειες μπορούν να συμβούν σε ραδιογραμμές μεταφοράς;

(b). Πώς ορίζεται το επιδερμικό φαινόμενο και ποια η επίδρασή του στη λειτουργία μιας γραμμής μεταφοράς;

**Άσκηση 13:** Χρησιμοποιώντας και ένα απλό σχέδιο εξηγήστε ποια είναι η διαφορά μεταξύ στάσιμων και οδευόντων κυμάτων. Πώς παράγονται τα στάσιμα κύματα σε μια μη προσαρμοσμένη γραμμή μεταφοράς;

**Άσκηση 14:** Πώς ορίζεται ο λόγος στάσιμου κύματος και τι εκφράζει; Πώς συνδέεται με το συντελεστή ανάκλασης και ποιες είναι οι δυνατές τιμές του; Ποιος είναι ο τύπος του SWR για τερματισμό σε τυχαία ωμική αντίσταση; Γιατί οι υψηλές τιμές του SWR είναι ανεπιθύμητες;

**Άσκηση 15:** Εξηγήστε τη λειτουργία και τις εφαρμογές ενός μετασχηματιστή  $\lambda/4$ .

**Άσκηση 16:** Μπορώ να χρησιμοποιήσω ένα μικρό τμήμα μιας γραμμής μεταφοράς για να υλοποιήσω ένα κύκλωμα με χωρητική συμπεριφορά; Πώς υλοποιείται στην περίπτωση της ανοιχτοκυκλωμένης και της βραχυκυκλωμένης γραμμής;

**Άσκηση 17:** Στις παράλληλες γραμμές μεταφοράς, η χαρακτηριστική αντίσταση δίνεται ως  $Z_0 = \frac{276}{\sqrt{k}} \log_{10} \frac{2s}{d}$ .

- Περιγράψτε τον παραπάνω τύπο χρησιμοποιώντας ένα σχήμα.
- Τι συνέπειες έχει η αυξομείωση των φυσικών διαστάσεων της γραμμής στο  $Z_0$  και πώς εξηγούνται διαισθητικά;
- Πώς επηρεάζεται η χαρακτηριστική αντίσταση από το διηλεκτρικό;
- Ποια είναι η ελάχιστη τιμή  $Z_0$  που μπορεί να επιτευχθεί με διηλεκτρικό υλικό τον αέρα;

**Άσκηση 18:** Στις ομοαξονικές γραμμές μεταφοράς, η χαρακτηριστική αντίσταση δίνεται ως  $Z_0 = \frac{138}{\sqrt{k}} \log_{10} \frac{D}{d}$ .

- Περιγράψτε τον παραπάνω τύπο χρησιμοποιώντας ένα σχήμα.
- Τι συνέπειες έχει η αυξομείωση των φυσικών διαστάσεων της γραμμής στο  $Z_0$  και πώς εξηγούνται διαισθητικά;
- Πώς επηρεάζεται η χαρακτηριστική αντίσταση από το διηλεκτρικό;

(d). Η γραμμή RG-211A/U έχει εσωτερική διάμετρο 0,52cm, εξωτερική διάμετρο 1.85cm και χρησιμοποιείται πολυαιθυλένιο με  $k=2.3$ . Ποια είναι η χαρακτηριστική της αντίσταση;

**Άσκηση 19:** Καθυστέρηση διάδοσης.

(a). Έστω γραμμή μεταφοράς η οποία είναι αρχικά αφόρτιστη. Αν εφαρμοστεί στιγμιαία εναλλασσόμενη τάση στο ένα άκρο της, πόσο γρήγορα αυτή θα μεταδοθεί στο ελεύθερο άκρο της;

(b). Κατασκευάζω ομοαξονική γραμμή μεταφοράς με τον αέρα ως διηλεκτρικό. Στη συνέχεια, τροποποιώ την παραπάνω κατασκευή και φτιάχνω μια νέα έκδοση της γραμμής που αντί για αέρα έχει πολυαιθυλένιο. Ποιες είναι οι τεχνικές διαφορές των δύο γραμμών;

**Άσκηση 20:** Δίνεται γραμμή μεταφοράς μήκους 1m που χρησιμοποιείται για τη σύνδεση ραδιοφωνικού πομπού AM με την κεραία του. Αν ο πομπός λειτουργεί στις συχνότητες γύρω από το 1MHz, υπάρχει περίπτωση να εμφανιστούν στάσιμα κύματα πάνω στη γραμμή;

**Άσκηση 21:** Δίνεται παράλληλη γραμμή μεταφοράς μήκους 1m και τρία τηλεπικοινωνιακά συστήματα που λειτουργούν στις μπάντες (α) 1MHz, (β) 100MHz, και (γ) 18GHz. Για κάθε σύστημα εξηγήστε αν μπορεί να χρησιμοποιηθεί η συγκεκριμένη γραμμή μεταφοράς και τι φαινόμενα μπορεί να εμφανιστούν.

**Άσκηση 22:** Πεδία γύρω από γραμμές μεταφοράς.

(a). Τι είδους πεδία εμφανίζονται γύρω από μια παράλληλη γραμμή μεταφοράς; Εξηγήστε τα χρησιμοποιώντας ένα σχήμα.

(b). Τι είδους πεδία εμφανίζονται γύρω από μια ομοαξονική γραμμή μεταφοράς; Εξηγήστε τα χρησιμοποιώντας ένα σχήμα.

**Άσκηση 23:** Χαρακτηριστική αντίσταση γραμμής μεταφοράς.

(a). Πώς ορίζεται η χαρακτηριστική αντίσταση μιας γραμμής μεταφοράς και ποια είναι η διαισθητική της σημασία;

(b). Πώς εκφράζεται βάσει των κατανεμημένων χαρακτηριστικών της γραμμής;



- (c). Αν πάρω μια ανοιχτοκυκλωμένη γραμμή μεταφοράς και τη συνδέσω σε ένα ωμόμετρο μπορώ να μετρήσω τη χαρακτηριστική της αντίσταση;
- (d). Αν στα άκρα της συνδέσω φορτίο με μεταβαλλόμενη ωμική αντίσταση, πώς μπορώ να μετρήσω την  $Z_0$  παρατηρώντας τα στάσιμα κύματα σε ένα παλμογράφο;

**Άσκηση 24:** Έστω βραχυκυκλωμένη γραμμή μεταφοράς με χαρακτηριστική αντίσταση  $Z_0=50\Omega$  που συνδέεται σε πηγή τάσης AC. Ποια είναι η τιμή της αντίστασης της γραμμής σε απόσταση:

- (a).  $\lambda/8$   
(b).  $\lambda/4$   
(c).  $3\lambda/8$   
(d).  $\lambda/2$

από το σημείο του βραχυκυκλώματος όπου  $\lambda$  το μήκος κύματος της συχνότητας λειτουργίας; (Απ: (a)  $+j50\Omega$ , (b) άπειρο, (c)  $-j50\Omega$ , (d) 0)

**Άσκηση 25:** Έστω ανοιχτοκυκλωμένη γραμμή μεταφοράς με χαρακτηριστική αντίσταση  $Z_0=50\Omega$  που συνδέεται σε πηγή τάσης AC. Ποια είναι η τιμή της αντίστασης της γραμμής σε απόσταση:

- (a).  $\lambda/8$   
(b).  $\lambda/4$   
(c).  $3\lambda/8$   
(d).  $\lambda/2$

από το σημείο ανοιχτού κυκλώματος όπου  $\lambda$  το μήκος κύματος της συχνότητας λειτουργίας; (Απ: (a)  $-j50\Omega$ , (b) 0, (c)  $+j50\Omega$ , (d) άπειρο)

**Άσκηση 26:** Έστω γραμμή μεταφοράς με χαρακτηριστική αντίσταση  $Z_0=50\Omega$  και μήκος 2m που συνδέεται σε πηγή τάσης 300MHz. Αν η γραμμή αφευθεί ανοιχτοκυκλωμένη, ποια είναι η τιμή της αντίστασής της σε απόσταση:

- (a). 0,125m  
(b). 0,25m  
(c). 0,175m  
(d). 0,5m

από το σημείο ανοιχτού κυκλώματος αν θεωρήσουμε ότι το διηλεκτρικό της γραμμής είναι ο αέρας και ότι δεν υπάρχουν απώλειες; (Απ: (a)  $-j50\Omega$ , (b) 0, (c)  $+j50\Omega$ , (d) άπειρο)

**Άσκηση 27:** Έστω γραμμή μεταφοράς με χαρακτηριστική αντίσταση  $Z_0=50\Omega$  και μήκος 2m που συνδέεται σε πηγή τάσης 300MHz. Αν βραχυκυκλώσουμε τα ελεύθερα άκρα της, ποια είναι η τιμή της αντίστασής της σε απόσταση:

- (a). 0,125m
- (b). 0,25m
- (c). 0,175m
- (d). 0,5m

από το σημείο του βραχυκυκλώματος (θεωρούμε ότι το διηλεκτρικό της γραμμής είναι ο αέρας και ότι δεν υπάρχουν απώλειες); (Απ: (a)  $+j50\Omega$ , (b) άπειρο, (c)  $-j50\Omega$ , (d) 0)

**Άσκηση 28:** Έστω γραμμή μεταφοράς μήκους 0.8m που συνδέεται σε πηγή τάσης 300MHz. Αν η γραμμή αφεθεί ανοιχτοκυκλώμενη και θεωρήσουμε ότι δεν υπάρχουν απώλειες, σε ποιες αποστάσεις από το ανοιχτό κύκλωμα θα μετράμε πάντοτε μηδενική αντίσταση πάνω στη γραμμή; Υπολογίστε τις αποστάσεις για δύο περιπτώσεις:

- (a). Η γραμμή χρησιμοποιεί ως μονωτικό τον αέρα. (Απ: 0.165, 0.33, 0.495, 0.66m)
- (b). Η γραμμή χρησιμοποιεί ως μονωτικό το πολυαιθυλένιο για το οποίο γνωρίζουμε ότι έχει διηλεκτρική σταθερά  $k=2.3$ . (Απ: 0.25, 0.50, και 0.75m από το σημείο του ανοιχτού κυκλώματος)

**Άσκηση 29:** Ανάκλαση σε γραμμή μεταφοράς.

- (a). Τι είναι ο συντελεστής ανάκλασης τάσης; Πώς μπορεί να προσδιοριστεί από την προσπίπτουσα και την ανακλώμενη τάση, και πώς από τις σύνθετες αντιστάσεις των δύο μέσων;
- (b). Τι σχέση έχει με το λόγο στάσιμου κύματος;
- (c). Πώς μπορώ να μετρήσω πρακτικά το συντελεστή ανάκλασης;
- (d). Τι συμβαίνει όταν παίρνει μηδενική τιμή και μοναδιαία τιμή;

**Άσκηση 30:** Δίνεται ανοιχτοκυκλωμένη γραμμή μήκους 1.5λ.

(a). Σχεδιάστε την προσπίπτουσα, την ανακλώμενη και τη συνολική κυματομορφή τάσης κατά μήκος της γραμμής τη στιγμή που η πηγή είναι στη μέγιστη θετική της τιμή.

(b). Επαναλάβετε το (a) για τις κυματομορφές ρεύματος.

**Άσκηση 31:** Δίνεται γραμμή μεταφοράς με χαρακτηριστική αντίσταση  $100\Omega$ , συνδεδεμένη σε ωμικό φορτίο  $Z_L$ . Παρατηρώντας το στάσιμο κύμα πάνω στη γραμμή, μετράμε  $SWR=2$ , ενώ στο σημείο τερματισμού εντοπίζεται μέγιστο τάσης.

(a). Ποια είναι η αντίσταση του φορτίου;

(b). Τι ποσοστό της προσπίπτουσας ισχύος ανακλάται και τι ποσοστό μεταφέρεται στο φορτίο;

(c). Τι προβλήματα δημιουργεί η έλλειψη προσαρμογής της γραμμής; Πώς μπορούμε να την προσαρμόσουμε στο φορτίο;

**Άσκηση 32:** Γραμμή μεταφοράς με χαρακτηριστική αντίσταση  $200\Omega$  συνδέεται με ωμικό φορτίο. Αν ο λόγος στάσιμου κύματος είναι  $SWR=1$ , τι μπορούμε να πούμε για την προσαρμογή της γραμμής; Μπορούμε να υπολογίσουμε το ωμικό φορτίο;

**Άσκηση 33:** Μια γραμμή μεταφοράς συνδέεται σε φορτίο και με τη βοήθεια ενός παλμογράφου μετράμε λόγο στάσιμου κύματος

(a).  $SWR=1$

(b).  $SWR=10$

(c).  $SWR=10^{10}$

Σε κάθε περίπτωση κάντε ένα πρόχειρο σχέδιο του στάσιμου κύματος τάσης και έντασης πάνω στη γραμμή.

**Άσκηση 34:** Το καλώδιο RG-8A/U χρησιμοποιεί ως μονωτικό το πολυαιθυλένιο για το οποίο γνωρίζουμε ότι έχει διηλεκτρική σταθερά  $k=2.3$ . Σε μια εφαρμογή, θέλουμε η καθυστέρηση του καλωδίου να είναι μικρότερη από 5nsec. Ποιο είναι το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος καλωδίου;

**Άσκηση 35:** Ένας πομπός SSB λειτουργεί στα 2.27MHz με ισχύ 200W. Η έξοδος του συνδέεται με κεραία αντίστασης εισόδου  $R_{in}=150\Omega$  μέσω 22.86m ομοαξονικού καλωδίου RG-8A/U ( $Z_0=50\Omega$ , velocity factor  $v_f=0.66$ ). Υπολογίστε

- (a). το συντελεστή ανάκλασης
- (b). το ηλεκτρικό μήκος του καλωδίου σε  $\lambda$
- (c). το λόγο στάσιμου κύματος
- (d). το ποσό ενέργειας που απορροφάται από την κεραία. (Απ: (a)  $\rho=0.5$ , (b) 3.8 $\lambda$ , (c) SWR=3, (d) ανακλάται το  $(0.5)^2=25\%$  της ισχύος και απορροφάται το 75%, δηλαδή 150W)

## ΚΕΡΑΙΕΣ

**Άσκηση 1:** Θέλουμε να κατασκευάσουμε μια κεραία ημίσεως κύματος με συχνότητα λειτουργίας 300MHz.

- (a). Ποιο είναι το μήκος της κεραίας;
- (b). Αν το σύρμα που θα χρησιμοποιήσουμε έχει παράγοντα ταχύτητας 0.95, πώς διορθώνεται το μήκος της κεραίας;

**Άσκηση 2:** Τι είναι η αρχή της αμοιβαιότητας για τις κεραίες;

**Άσκηση 3:** Τι είναι το διάγραμμα ακτινοβολίας; Σχεδιάστε το διάγραμμα ακτινοβολίας ενός διπόλου ημίσεως κύματος.

**Άσκηση 4:** Πότε μια κεραία είναι ιστροπική; Πώς ορίζεται το κατευθυντικό κέρδος μιας κεραίας;

**Άσκηση 5:** Πώς ορίζεται η αντίσταση εισόδου και η αντίσταση ακτινοβολίας μιας κεραίας;

**Άσκηση 6:** Πώς ορίζεται το εύρος ζώνης μιας κεραίας; Ποιο είναι το εύρος δέσμης μιας κεραίας και πώς σχετίζεται με το διάγραμμα ακτινοβολίας της;

**Άσκηση 7:** Τι είναι ο συζευκτής μιας κεραίας; Ποιες λειτουργίες επιτελεί;

**Άσκηση 8:** Ποιοι είναι οι δύο τρόποι τροφοδοσίας μια κεραίας ημίσεως κύματος; Ποιους παράγοντες θα πρέπει να λάβω υπόψη κατά την επιλογή του τρόπου τροφοδοσίας;

**Άσκηση 9:** Σε τι διαφέρει μια διάταξη κεραιών από μία κεραία; Σε ποιες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται οι διατάξεις;

**Άσκηση 10:** Πώς ορίζεται το ενεργό και το παρασιτικό στοιχείο σε μια διάταξη κεραιών; Ποια είναι η διαφορά ενός ανακλαστήρα από έναν κατευθυντήρα;

**Άσκηση 11:** Δώστε μια σύντομη περιγραφή της κεραίας Yagi-Uda. Σε ποιες εφαρμογές χρησιμοποιείται;

**Άσκηση 12:** Σε ποια σημεία διαφέρει μια ρομβική κεραία από μια ακροपुरοδοτική συστοιχία και από μια ευρύπλευρη συστοιχία; Ποια είναι τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα;

**Άσκηση 13:** Ποιες είναι οι βασικές διαφορές ανάμεσα στο επαγωγικό πεδίο και το πεδίο ακτινοβολίας μιας κεραίας; Πού εξασθενεί και πού εμφανίζεται ισχυρότερο το καθένα;

**Άσκηση 14:** Περιγράψτε με δύο λόγια γιατί ακτινοβολεί μια κεραία Hertz.

**Άσκηση 15:** Τι είναι η πόλωση μιας κεραίας; Σε μια εφαρμογή σχετικά χαμηλών συχνοτήτων που χρησιμοποιείται κυρίως μετάδοση κυμάτων επιφανείας και θέλω να χρησιμοποιήσω ως κεραία ένα ηλεκτρικό δίπολο, τι είναι προτιμότερο η κάθετη ή οριζόντια τοποθέτηση του διπόλου και γιατί;

**Άσκηση 16:** Εξηγήστε και σχεδιάστε (1) την κατανομή ρεύματος και (2) το διάγραμμα ακτινοβολίας σε μια κεραία Hertz ( $l=\lambda/16$ ), και σε ένα ηλεκτρικό δίπολο μήκους  $3\lambda/2$ . Συγκρίνεται τα δύο διαγράμματα ακτινοβολίας και την αντίσταση ακτινοβολίας των δύο κεραίων.

**Άσκηση 17:** Πώς επιδρά το μήκος ενός ηλεκτρικού διπόλου στο διάγραμμα ακτινοβολίας του;

**Άσκηση 18:** Τι είναι ο βαθμός απόδοσης μιας κεραίας; Αν μια κεραία έχει μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης σημαίνει ότι ακτινοβολεί και με μεγαλύτερη ισχύ;

**Άσκηση 19:** Θέλω να κατασκευάσω γειωμένη κεραία  $5\lambda/8$  για ασύρματη ραδιοφωνική λήψη FM στα 100MHz. Αν το σύρμα που χρησιμοποιώ έχει παράγοντας ταχύτητας 95%,

(a). Ποιο είναι το μήκος της κεραίας;

(b). Αν η ίδια κεραία πρέπει να συντονιστεί σε ένα σταθμό στα 101MHz, τι μπορώ να κάνω για να διατηρηθεί η ιδιότητα των  $5\lambda/8$ ; (Απ: (a) 1.78m, (b) Σε υψηλότερη συχνότητα έχω μικρότερο μήκος κύματος, άρα αυτή η κεραία είναι μακρύτερη. Αυτό διορθώνεται με εισαγωγή επαγωγικής αντίστασης - πηνίου)

**Άσκηση 20:** Σε τι διαφέρει το δίπολο Hertz από το δίπολο ημίσεως κύματος;

**Άσκηση 21:** Τι είναι το αναδιπλωμένο δίπολο; Σχεδιάστε ένα αναδιπλωμένο δίπολο μήκους  $\lambda/2$  και εξηγήστε τα βασικά του χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα έναντι του απλού διπόλου. Αν έχω γραμμή μεταφοράς με χαρακτηριστική αντίσταση  $290\Omega$  και θέλω να τη συνδέσω στο κέντρο ενός αναδιπλωμένου διπόλου, πόσα δίπολα θα πρέπει να έχει το αναδιπλωμένο δίπολο για να αποφύγω τις ανακλάσεις;

**Άσκηση 22:** Πώς μια κεραία Marconi  $\lambda/4$  μπορεί και ακτινοβολεί σαν ένα ηλεκτρικό δίπολο  $\lambda/2$ ; Τι ισχύει για την αντίσταση εισόδου της και κατά επέκταση για την ακτινοβολία της;

**Άσκηση 23:** Γιατί κάτω από τις κάθετες κεραιές συχνά τοποθετούνται ακτινικά σύρματα;

**Άσκηση 24:** Έστω κεραία Marconi  $\lambda/8$ . Περιγράψτε ποιοτικά την αντίσταση εισόδου της και το αποτέλεσμα ως προς την ακτινοβολία της; Τι μπορώ να κάνω για να ενισχύσω την ακτινοβολία της και για να την προσαρμόσω σε γραμμή μεταφοράς;

**Άσκηση 25:** Πώς προκύπτει το μαγνητικό δίπολο από μια παράλληλη γραμμή μεταφοράς; Τι επίδραση έχει η περιφέρειά του στο διάγραμμα ακτινοβολίας του;

**Άσκηση 26:** Εξηγήστε τη βασική αρχή λειτουργίας των διατάξεων κεραιών χρησιμοποιώντας μια διάταξη 2 ηλεκτρικών διπόλων.

**Άσκηση 27:** Ποια είναι η διάταξη μιας ομοαξονικής συστοιχίας; Σχεδιάστε και περιγράψτε με δυο λόγια το διάγραμμα ακτινοβολίας της.

**Άσκηση 28:** Ποια είναι η διάταξη μιας ευρύπλευρης συστοιχίας; Σχεδιάστε και περιγράψτε με δυο λόγια το διάγραμμα ακτινοβολίας της.

**Άσκηση 29:** Ποια είναι η διάταξη μιας ακροπυροδοτικής συστοιχίας; Σχεδιάστε και περιγράψτε με δυο λόγια το διάγραμμα ακτινοβολίας της.

**Άσκηση 30:** Τι είναι η μη συντονισμένες κεραίες; Ποια είναι τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους;

**Άσκηση 31:** Σχεδιάστε την κατανομή ρεύματος σε μια κεραία σύρματος μεγάλου μήκους και το αντίστοιχο διάγραμμα ακτινοβολίας. Σε ποια περίπτωση το διάγραμμα γίνεται μονοκατευθυντικό και πότε δικάτευθυντικό;

**Άσκηση 32:** Περιγράψτε μια κεραία V και εξηγήστε τη λειτουργία της. Ποιο είναι το διάγραμμα ακτινοβολίας της; Πώς αυτό μπορεί να γίνει μονοκατευθυντικό;

**Άσκηση 33:** Περιγράψτε μια ρομβοειδή κεραία και εξηγήστε τη λειτουργία της. Ποιο είναι το διάγραμμα ακτινοβολίας της;

**Άσκηση 34:** Γιατί ένα δίπολο ημίσεως κύματος που τροφοδοτείται στη μέση λέμε ότι έχει τροφοδοσία ρεύματος (current-fed); Θέλουμε να συνδέσουμε το δίπολο απευθείας σε μια γραμμή μεταφοράς. Ποια θα προτιμήσετε, (1) μια ομοαξονική γραμμή των  $300\Omega$ , ή (2) μια παράλληλη γραμμή των  $75\Omega$ ;

**Άσκηση 35:** Μια κεραία έχει αντίσταση ακτινοβολίας  $73\Omega$  και αντίσταση απωλειών  $5\Omega$ . Ποια είναι η απόδοση της κεραίας; Ποιοι παράγοντες υπεισέρχονται στην αντίσταση απωλειών; (Απ: 93.6%)



**Άσκηση 36:** Παράλληλη γραμμή μεταφοράς  $300\Omega$  τροφοδοτεί ένα ηλεκτρικό δίπολο στο κέντρο (αντίσταση εισόδου  $75\Omega$ ). Αν για τη σύνδεση χρησιμοποιηθεί μετασχηματιστής  $\lambda/4$ , ποια θα πρέπει να είναι η χαρακτηριστική του αντίσταση;

**Άσκηση 37:** Αν συνδέσω μια κεραία σε σειρά με έναν πυκνωτή, τι επίδραση θα έχω στη συχνότητα συντονισμού της κεραίας;

**Άσκηση 38:** Δίνεται ηλεκτρικό δίπολο μήκους  $5\lambda/4$ . Ξεκινώντας από την αντίστοιχη ανοιχτοκυκλωμένη γραμμή μεταφοράς,

- (a). Σχεδιάστε την κατανομή ρεύματος και τάσης κατά μήκος του διπόλου.
- (b). Κάντε μια πρόχειρη εκτίμηση του διαγράμματος ακτινοβολίας του.
- (c). Σχολιάστε την αντίσταση εισόδου στο μέσο του διπόλου (ωμική/χωρητική/επαγωγική, μικρή/μεγάλη).
- (d). Πώς μπορεί να αντισταθμιστεί το μη ωμικό της κομμάτι;

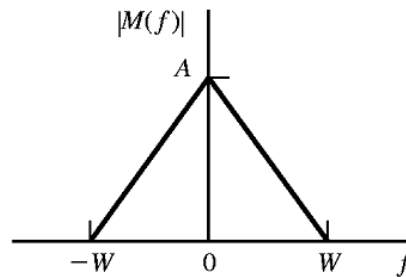
## ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

**Άσκηση 1:** Μία από τις βασικές λειτουργίες της διαμόρφωσης είναι η μεταφορά του σήματος πληροφορίας από τη βασική ζώνη που συνήθως βρίσκεται σε κάποια περιοχή υψηλότερων συχνοτήτων. Αναφέρετε δύο λόγους για τους οποίους γίνεται η συχνοτική αυτή μετατόπιση.

**Άσκηση 2:** Ο διαμορφωτής συνήθως πολλαπλασιάζει το σήμα πληροφορίας με ένα υψίσυχο ημιτονοειδές σήμα. Αναφέρατε δύο λόγους γιατί επιλέχθηκε η ημιτονοειδής κυματομορφή και όχι μια τριγωνική.

**Άσκηση 3:** Ποια είναι η βασική κατηγοριοποίηση της αναλογικής διαμόρφωσης; Δώστε μια σύντομη περιγραφή κάθε κατηγορίας.

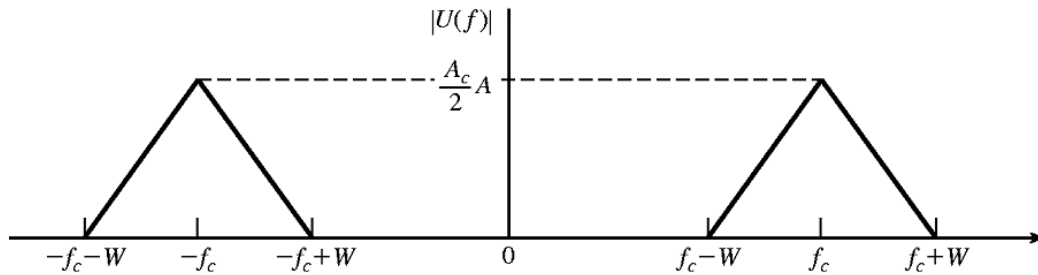
**Άσκηση 4:** Έστω χαμηλοπερατό σήμα πληροφορίας του οποίου το μέτρο του συχνοτικού περιεχομένου δίνεται στο επόμενο σχήμα. Το σήμα υφίσταται διαμόρφωση DSB-SC AM από το σήμα φέρουσας  $c(t) = 2 \cos(40000\pi t)$ .



- Περιγράψτε μαθηματικά στο πεδίο του χρόνου και της συχνότητας το αποτέλεσμα της διαμόρφωσης.
- Σχεδιάστε το φάσμα του σήματος φέρουσας και του διαμορφωμένου σήματος.
- Εντοπίστε την άνω και την κάτω πλευρική ζώνη του σήματος.

**Άσκηση 5:** Γιατί η διαμόρφωση DSB-SC AM ονομάζεται διαμόρφωση με κατηγορημένο φέρον; Πώς επιδρά αυτό το χαρακτηριστικό με τη λειτουργία της αποδιαμόρφωσης και την ανάγκη για γνώση της φάσης του φέροντος; Πώς μπορεί να αντιμετωπιστεί;

**Άσκηση 6:** Στο σχήμα δίνεται το φάσμα ενός διαμορφωμένου DSB-SC AM σήματος.



- (a). Περιγράψτε μαθηματικά τη διαδικασία της αποδιαμόρφωσης στην περίπτωση του σύγχρονου αποδιαμορφωτή.
- (b). Δώστε μια γραφική περιγραφή του αποδιαμορφωτή στο πεδίο της συχνότητας.

**Άσκηση 7:** Πώς λειτουργεί ένα σύστημα DSB-SC AM με τόνο πιλότο; Γιατί χρησιμοποιείται ο τόνος πιλότος; Δώστε το δομικό διάγραμμα του διαμορφωτή και του αποδιαμορφωτή. Ποιο είναι το μειονέκτημα της μεθόδου;

**Άσκηση 8:** Περιγράψτε τη διαμόρφωση συμβατικού AM. Δώστε τη διαδικασία μαθηματικά στο πεδίο του χρόνου και γραφικά στο πεδίο της συχνότητας. Πόσο εύρος ζώνης καταλαμβάνει το διαμορφωμένο σήμα συμβατικού AM;

**Άσκηση 9:** Σχολιάστε τη μέθοδο του συμβατικού AM ως προς

- το εύρος ζώνης
- την ευκολία υλοποίησης
- την ανάγκη σύγχρονης αποδιαμόρφωσης
- την ισχύ.

**Άσκηση 10:** Τι είναι ο διαμορφωτής περιβάλλουσας; Περιγράψτε το σχετικό κύκλωμα και εξηγήστε τη λειτουργία του; Πώς επιλέγονται οι τιμές των στοιχείων του κυκλώματος RC;

**Άσκηση 11:** Περιγράψτε τη διαμόρφωση SSB AM. Με ποιους δύο τρόπους μπορεί να υλοποιηθεί; Ποιες είναι οι δυσκολίες της υλοποίησης; Σχεδιάστε

το φάσμα του διαμορφωμένου σήματος στο πεδίο της συχνότητας αν χρησιμοποιείται η άνω πλευρική ζώνη.

**Άσκηση 12:** Σχεδιάστε έναν διαμορφωτή SSB με χρήση φίλτρου. Τι χαρακτηριστικά πρέπει να έχει το φίλτρο αυτό και τι δυσκολίες εισαγάγει η υλοποίησή του;

**Άσκηση 13:** Περιγράψτε μαθηματικά στο πεδίο του χρόνου και γραφικά στο πεδίο της συχνότητας την αποδιαμόρφωση ενός SSB σήματος της μορφής  $u(t) = m(t)A_c \cos(2\pi f_c t) \mp \hat{m}(t)A_c \sin(2\pi f_c t)$ .

**Άσκηση 14:** Περιγράψτε τη βασική ιδέα της διαμόρφωσης AM με κατάλοιπο πλευρικής ζώνης.

**Άσκηση 15:** Πώς λειτουργεί ο διαμορφωτής νόμου τετραγώνου; Εξηγήστε μαθηματικά στο πεδίο του χρόνου και γραφικά στο πεδίο της συχνότητας τη λειτουργία του.

**Άσκηση 16:** Το σήμα μηνύματος  $m(t) = 2 \cos(400t) + 4 \sin(500t)$  διαμορφώνει το φέρον σήμα  $c(t) = A \cos(8000\pi t)$  χρησιμοποιώντας διαμόρφωση DSB-SC. Βρείτε την αναπαράσταση του διαμορφωμένου σήματος στο χρόνο και τη συχνότητα και σχεδιάστε το φάσμα του. Πόση είναι η ισχύς του διαμορφωμένου σήματος;

**Άσκηση 17:** Σε ένα σύστημα DSB το φέρον είναι  $c(t) = A \cos(2\pi f_0 t)$  και το σήμα μηνύματος δίνεται από την  $m(t) = \text{sinc}(t) + \text{sinc}^2(t)$ . Βρείτε την αναπαράσταση στο πεδίο των συχνοτήτων και το εύρος ζώνης του διαμορφωμένου σήματος.

**Άσκηση 18:** Υποθέστε ότι το σήμα  $x(t) = m(t) + \cos(2\pi f_c t)$  εφαρμόζεται στην είσοδο μη γραμμικού συστήματος του οποίου η έξοδος είναι

$y(t) = x(t) + 0.5x^2(t)$ . Προσδιορίστε και σχεδιάστε το φάσμα του  $y(t)$ , όταν το  $M(f)$  έχει εύρος ζώνης  $W \ll f_c$  και τη μορφή του επόμενου σχήματος.

