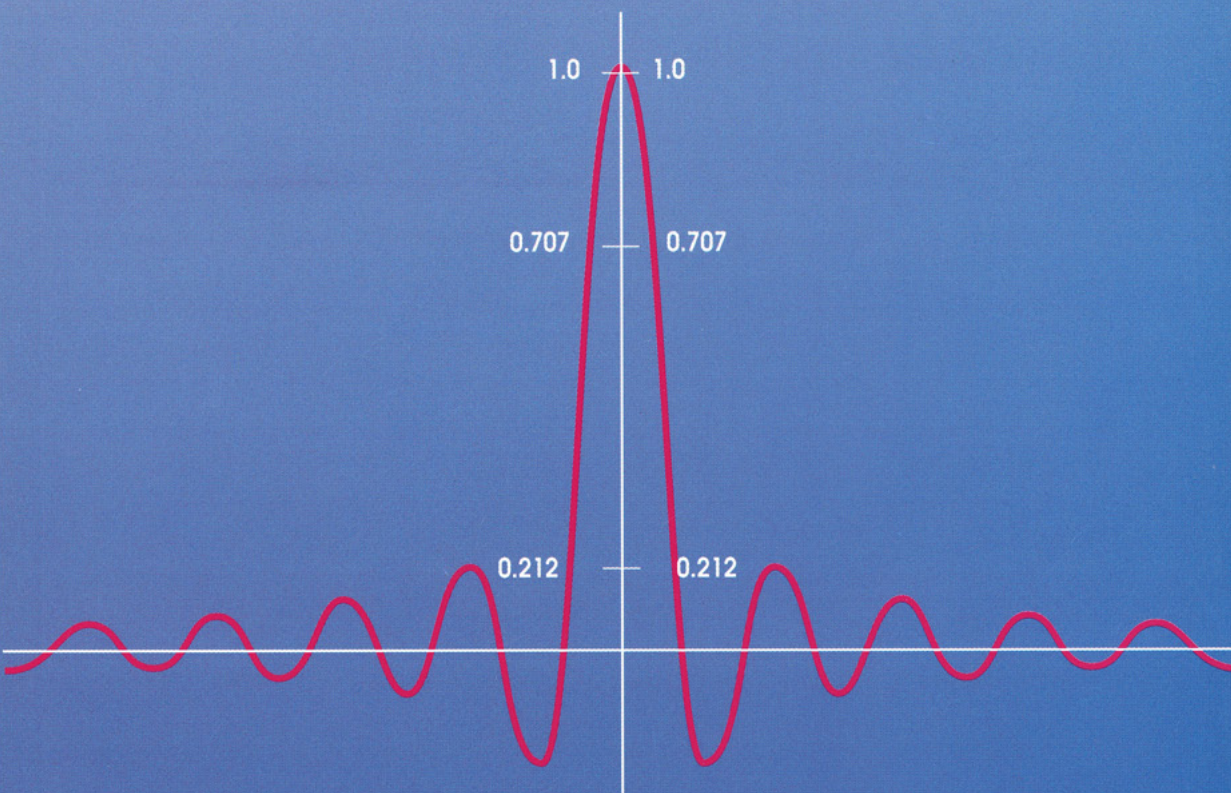


ΣΤΑΜΑΤΗ Σ. ΚΟΥΡΗ
ΚΑΘΗΓΗΤΗ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΩΡΙΑΣ ΚΕΡΑΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΕΩΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ



ΕΚΔΟΣΕΙΣ
ΖΗΤΗ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 1996

Πρόλογος

Προορισμός του βιβλίου αυτού είναι να χρησιμεύσει ως διδακτικό βοήθημα για τους φοιτητές του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, αλλά συγχρόνως να μπορεί να χρησιμεύσει και ως βοήθημα για τον επαγγελματία μηχανικό τηλεπικοινωνιών.

Ο κύριος σκοπός του βιβλίου είναι να εισάγει, με όσο το δυνατό ομοιόμορφο τρόπο, τις βασικές αρχές της θεωρίας των κεραιών και της διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, έτσι που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση και στον σχεδιασμό ασυρματικών τηλεπικοινωνιακών ζεύξεων. Είναι φανερό ότι δεν μπορούν να αναφερθούν εδώ όλες οι μέθοδοι αναλύσεως και συνθέσεως κεραιών ή να μελετηθούν όλοι οι τύποι κεραιών που υπάρχουν στην πράξη, καθώς και τα διάφορα προβλήματα διαδόσεως που υφίστανται στις διαφόρων μορφών ασυρματικές ζεύξεις. Δόθηκε λοιπόν το βάρος στις βασικές κεραιές και σε μερικές από εκείνες που χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην πράξη. Το ίδιο κριτήριο επικράτησε και στην παρουσίαση και τη μελέτη των μηχανισμών διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Στη θεμελίωση των βασικών αρχών χρησιμοποιήθηκε σε όσο βαθμό ήταν δυνατό η απαραίτητη μαθηματική αυστηρότητα.

Η ανάπτυξη της ύλης γίνεται σε δέκα κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο είναι μια εισαγωγή στα κυριότερα τηλεπικοινωνιακά συστήματα και στον τρόπο εκλογής ενός τύπου συστήματος. Στο δεύτερο κεφάλαιο δίνονται βασικά στοιχεία ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας επί των οποίων θεμελιώνεται η θεωρία των κεραιών και της διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Στο τρίτο κεφάλαιο εξετάζονται το δίπολο του Hertz και διάφορες απλές γραμμικές κεραιές. Δίνονται οι βασικοί ορισμοί και έννοιες που χαρακτηρίζουν τη συμπεριφορά των κεραιών, όπως πεδίο ακτινοβολίας, διαγράμματα ακτινοβολίας, κατευθυντικότητα, κέρδος κεραιών και άλλα συναφή μεγέθη. Ακολουθούν απλά παραδείγματα που αποσκοπούν στο να δείξουν τον τρόπο εφαρμογής της θεωρίας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο μελετάται η βασική θεωρία των στοιχειοκεραιών και εισάγεται η τεχνική των ειδώλων. Έμφαση δίνεται κυρίως στην ανάλυση των ομοιομόρφων στοιχειοκεραιών με μικρή μόνο αναφορά στις ανομοιόμορφες στοιχειοκεραίες. Μια πλήρης ανάπτυξη των μεθόδων αναλύσεως και συνθέσεως των ανομοιομόρφων κεραιών, καθώς και η θεώρηση ορισμένων ειδικών κεραιών που χρησιμοποιούνται σε πολλές πρακτικές εφαρμογές θα αποτελέσουν το περιεχόμενο ενός δεύτερου τόμου.

Στο πέμπτο κεφάλαιο εξετάζονται οι κεραιές επιφανείας, όπως χοανοκεραίες, κεραιές ανακλαστήρα, κεραιές φακών και παθητικά κάτοπτρα. Η μαθηματική ανάπτυξη της θεωρίας των κεραιών αυτών έγινε κυρίως για τα στόμια ορθογωνίας διατομής, χωρίς όμως τούτο να μειώνει τη γενικότερη θεώρησή τους. Εξετάζονται ακόμη ορισμένα πρακτικά προβλήματα και σημειώνονται δυσκολίες της πρακτικής χρήσεως των κεραιών αυτών.

Στο έκτο κεφάλαιο εισάγεται η έννοια της αμοιβαίας σύνθετης αντίστασης και της σύνθετης αυτοαντίστασης των κεραιών και στο έβδομο κεφάλαιο εξετάζεται η κεραία σαν δέκτης. Στο κεφάλαιο αυτό εισάγεται το θεώρημα της αμοιβαιότητας και μέσω αυτού δείχνονται οι αντιστοιχίες μεταξύ των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων της κεραιάς εκπομπής και της κεραιάς λήψεως. Δίνεται η έννοια της ενεργούς επιφάνειας και δείχνεται η σχέση μεταξύ του κέρδους της κεραιάς και της ενεργούς επιφάνειας της. Τέλος δίνονται τα ισοδύναμα κυκλώματα της κεραιάς εκπομπής και της κεραιάς λήψεως.

Το όγδοο κεφάλαιο πραγματεύεται τη μετάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στον ελεύθερο χώρο και το ένατο κεφάλαιο πραγματεύεται τη μετάδοση τους στον γήινο χώρο. Στο κεφάλαιο αυτό αναπτύσσεται η θεωρία του κύματος χώρου και του κύματος επιφανείας και εξετάζονται ειδικά θέματα, όπως η καμπυλότητα της γης και η παρουσία εμποδίων. Στη συνέχεια μελετάται ο μηχανισμός διαδόσεως του τροποσφαιρικού κύματος που φθάνει στον δέκτη κατόπιν διαθλάσεως ή σκεδάσεως ή ανακλάσεως, καθώς και το φαινόμενο των διαλείψεων. Τέλος εξετάζεται ο μηχανισμός της ιονοσφαιρικής διαδόσεως και σκεδάσεως.

Στο δέκατο κεφάλαιο δίνονται οι κατευθυντήριες γραμμές για τον υπολογισμό μιας ραδιοζεύξεως, δηλαδή τον σχεδιασμό από την έξοδο του πομπού μέχρι την είσοδο του δέκτη ενός ασύρματου τηλεπικοινωνιακού συστήματος.

Στο τέλος κάθε κεφαλαίου δίνονται χαρακτηριστικά παραδείγματα εφαρμογής και στο τέλος του βιβλίου παραθέτονται αρκετά προβλήματα που αποσκοπούν στο να δώσουν τη δυνατότητα καλύτερης κατανόησης της θεωρίας και ειδικών θεμάτων της.

Θεωρώ υποχρέωση μου και από τη θέση αυτή να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Διπλωματούχο Μηχανικό κ. Θ. Ξένο για τις παρατηρήσεις του και τη βοήθεια του σε ορισμένα σχήματα του βιβλίου, καθώς και τις

κύριες Β. Καλτσίκη και Μ. Σουπιώνη για την πολύτιμη συμβολή τους στη δακτυλογράφηση του αρχικού κειμένου. Επιθυμώ ακόμη να ευχαριστήσω τους φοιτητές μου που με τις παρατηρήσεις τους συνέβαλαν στη βελτίωση των αρχικών σημειώσεων μου.

Θεσσαλονίκη, Οκτώβριος 1984

Σ. Σ. Κουρής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	vii
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ	1
1.1. Ηλεκτρικά Σήματα και Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα .	1
1.2. Χαρακτηριστικό Τηλεπικοινωνιακό Σύστημα	3
1.3. Εκλογή του Τηλεπικοινωνιακού Συστήματος	4
1.4. Ασύρματος Τηλεπικοινωνία	7
1.5. Φάσμα Συχνοτήτων	10
1.6. Αντικείμενο της Ασύρματης Τηλεπικοινωνίας	12
2. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ	15
2.1. Εξισώσεις Maxwell	15
2.2. Καθυστερημένα Δυναμικά	18
2.3. Ηλεκτρομαγνητική Ισχύς	24
2.4. Ανάκλαση και Διάθλαση Επίπεδου Κύματος επί Τέ- λειου Διηλεκτρικού. Πλάγια Πρόσπτωση	27
2.5. Παραδείγματα Εφαρμογής	33
3. ΔΙΠΟΛΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΙΚΕΣ ΚΕΡΑΙΕΣ	37
3.1. Εισαγωγή	37
3.2. Στοιχειώδες Δίπολο	37
3.3. Κατευθυντικότητα και Κέρδος Κεραιών	43
3.4. Γραμμική Διπολική Κεραία	48
3.5. Κεραία Οδεύοντος Κύματος	59
3.6. Κεραία Κυκλικού Πλαισίου	65
3.7. Παραδείγματα Εφαρμογής	68

4. ΣΤΟΙΧΕΙΟΚΕΡΑΙΕΣ	77
4.1. Γενικά	77
4.2. Παράγοντας Διατάξεως Στοιχειοκεραίας	78
4.3. Στοιχειοκεραίες Δύο Ακτινοβολούντων Στοιχείων	80
4.4. Ομοιόμορφες Γραμμικές Στοιχειοκεραίες	90
4.5. Ομοιόμορφες Διδιάστατες Στοιχειοκεραίες	97
4.6. Ανομοιόμορφες Στοιχειοκεραίες	101
4.7. Στοιχειοκεραία Yagi-Uda	104
4.8. Τεχνική Ειδώλων. Επίπεδος και Διέδρος Ανακλαστή- ρας	106
4.9. Παραδείγματα Εφαρμογής	109
5. ΚΕΡΑΙΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	119
5.1. Γενικά	119
5.2. Ακτινοβολία από Επίπεδη Επιφάνεια	120
5.3. Ακτινοβολία από Ορθογώνια Επιφάνεια	126
5.4. Κεραίες Χοάνης	132
5.5. Κεραίες Παραβολικού Ανακλαστήρα	135
5.6. Κεραία Χοάνης-ανακλαστήρα	145
5.7. Κεραίες Φακών	148
5.8. Επίπεδα Παθητικά Κάτοπτρα	153
5.9. Παραδείγματα Εφαρμογής	157
6. ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΕΡΑΙΑΣ	163
6.1. Γενικά	163
6.2. Συνθήκες Προσαρμογής και Μέγιστης Μεταφερόμενης Ισχύος. Εύρος Ζώνης Συχνοτήτων της Αντίστασης Ει- σόδου	164
6.3. Αμοιβαία Σύνθετη Αντίσταση	167
6.4. Παραδείγματα Εφαρμογής	169
7. ΚΕΡΑΙΕΣ ΛΗΨΕΩΣ	173
7.1. Γενικά	173
7.2. Το Θεώρημα της Αμοιβαιότητας	174
7.3. Η Κεραία σαν Δέκτης. Ισοδύναμο Κύκλωμα	179
7.4. Ενεργός Επιφάνεια Κεραίας	182
7.5. Παραδείγματα Εφαρμογής	187

8. ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΜΕΤΑΔΟΣΕΩΣ ΣΤΟΝ ΕΛΕΥΘΕΡΟ ΧΩΡΟ	190
8.1. Γενικά	190
8.2. Εξίσωση του Friis. Απώλεια Μεταδόσεως	190
8.3. Μέγιστη Απόσταση Μεταδόσεως	192
8.4. Εξίσωση RADAR	192
8.5. Θερμοκρασία Κεραίας	195
8.6. Παραδείγματα Εφαρμογής	196
9. ΔΙΑΔΟΣΗ ΣΤΟΝ ΓΗΙΝΟ ΧΩΡΟ	198
9.1. Εισαγωγή	198
9.2. Κύμα Εδάφους	202
9.3. Κύμα Χώρου	203
9.4. Κύμα Επιφάνειας	210
9.5. Σφαιρική Γη. Συντελεστής Αποκλίσεως	213
9.6. Συνθήκη Οπτικής Επαφής	215
9.7. Επίδραση των Εμποδίων επί της Διαδόσεως. Ζεύξεις δια Περιθλάσεως	218
9.8. Τροποσφαιρική Διάδοση	222
9.9. Δείκτης Διαθλάσεως της Τροπόσφαιρας	223
9.10. Τροποσφαιρική Διάθλαση	225
9.11. Ραδιοηλεκτρικός Ορίζοντας. Πολλαπλές Οδεύσεις	231
9.12. Τροποσφαιρικός Κυματοδηγός	234
9.13. Τροποσφαιρική Σκέδαση	237
9.14. Φαινόμενα Διαλείψεων. Συστήματα Διαφορικής Λή- ψεως	243
9.15. Εξασθένηση των Ηλεκτρομαγνητικών Κυμάτων από την Ατμόσφαιρα	245
9.16. Ιονοσφαιρική Διάδοση	248
9.17. Συχνότητα Πλάσματος και Κρίσιμη Συχνότητα	250
9.18. Ιονοσφαιρική Διάθλαση και Ανάκλαση	254
9.19. Ιονοσφαιρικές Μεταβολές	259
9.20. Επιδράσεις του Μαγνητικού Πεδίου	262
9.21. Ιονοσφαιρική Σκέδαση	263
9.22. Παραδείγματα Εφαρμογής	264
10. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΑΔΙΟΖΕΥΞΕΩΝ	272
10.1. Γενικά	272
10.2. Ασυρματική Ζεύξη Υπεράνω Αιχμηρού Εμποδίου	272

10.3. Ζεύξη Οπτικής Επαφής	276
10.4. Ζεύξη Υπεράνω Καλής Γης	280
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	289
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	290
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	293
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ	297
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε	299
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ	300
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η	301
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	303
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	319

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

1.1. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Σκοπός των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων είναι η μεταβίβαση από ένα δεδομένο σημείο Α σε ένα άλλο σημείο Β μίας καθορισμένης **πληροφορίας**, εκμεταλλευόμενοι για τον σκοπό αυτό το φαινόμενο της διαδόσεως της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας.

Οι **πληροφορίες** προς μετάδοση είναι ακουστικά σήματα (ομιλία, μουσική), ηλεκτρομηχανικά σήματα (σύμβολα) ή οπτικά σήματα (σχήματα, εικόνες). Αναλυτικότερα, οι πληροφορίες μπορούν να ανήκουν σε μία από τις ακόλουθες κατηγορίες, οι οποίες προσδιορίζουν και τον τύπο του τηλεπικοινωνιακού συστήματος:

1. Τιμές φυσικών μεγεθών.
Τηλεπικοινωνιακό σύστημα τηλεμετρήσεων.
2. Σήματα για τον έλεγχο μίας επεξεργασίας ή ενός συστήματος.
Τηλεπικοινωνιακά συστήματα ελέγχου.
3. Σύμβολα, δηλαδή γράμματα ή αριθμοί.
Τηλεγραφικές επικοινωνίες.
4. Ομιλία.
Τηλεφωνικές επικοινωνίες.
5. Μουσική.
Συστήματα μεταδόσεως μουσικής, ραδιοφωνικές επικοινωνίες κλπ.
6. Εικόνες μη εν κινήσει.
Συστήματα μεταδόσεως εικόνων (Facsimile systems).
7. Εικόνες εν κινήσει άσπρου-μαύρου.
Τηλεοπτικές επικοινωνίες άσπρου-μαύρου.
8. Εικόνες εν κινήσει έγχρωμες.
Τηλεοπτικές επικοινωνίες έγχρωμες.

Η μετάδοση μίας από τις παραπάνω πληροφορίες, μέσω ενός τηλε-

πικοινωνιακού συστήματος, είναι δυνατή εφ' όσον η καθορισμένη πληροφορία μετατραπεί στην εκπομπή σε ηλεκτρική τάση ή ένταση χρονικά μεταβαλλόμενη, δηλαδή αφού προηγουμένως μετατραπεί σε ηλεκτρικό σήμα. Είναι προφανές ότι στο σημείο λήψεως η πληροφορία πρέπει να επαναφερθεί στην αρχική-της μορφή.

Οι διαδοχικές τιμές της τάσεως και εντάσεως του ρεύματος, στις οποίες έχουν μετατραπεί οι πληροφορίες, μπορούν να παρασταθούν ή με συναρτήσεις του χρόνου ή με φάσματα εύρους και φάσεως συναρτήσει της συχνότητας, σύμφωνα με τις μεθόδους της αρμονικής ανάλυσης.

Η αιτία για την οποίαν αντικαθιστούμε τις χρονικά διαδοχικές τιμές της τάσεως με τα διαγράμματα εύρους και φάσεως-τους, είναι ότι όλα τα σήματα της αυτής φύσεως, όπως π.χ. τα τηλεφωνικά σήματα, αν και έχουν διαφορετικές τιμές παρουσιάζουν όμως ομοιομορφίες και αναλογίες εύκολα διακρινόμενες όταν παρίστανται με τα διαγράμματα εύρους και φάσεως των ημιτονοειδών συνιστωσών από το άθροισμα των οποίων προκύπτουν. Π.χ. τα τηλεφωνικά σήματα αναλύονται σε ημιτονοειδείς συνιστώσες, οι οποίες έχουν αξιόλογο εύρος σε μία περιοχή συχνοτήτων, η οποία είναι περίπου η ίδια για όλα τα σήματα της κατηγορίας αυτής.

Το εύρος της ζώνης συχνοτήτων των αρμονικών συνιστωσών των προς μετάδοση σημάτων, που απαιτείται για την πιστή αναπαραγωγή τους σύμφωνα με τον επιδιωκόμενο βαθμό ακρίβειας, είναι χαρακτηριστικό του τηλεπικοινωνιακού συστήματος και ονομάζεται **βασική ζώνη διελεύσεως** (bandwidth). Οι βασικές ζώνες διελεύσεως των ηλεκτρικών σημάτων των προαναφερθέντων κατηγοριών είναι οι ακόλουθες:

- Τηλεμετρήσεις και τηλεγραφία: από συχνότητα μηδέν (συνεχής συνιστώσα) μέχρι μερικές δεκάδες ή μέχρι περίπου 100 Hz.
- Τηλεφωνία: συνήθως από 300 Hz μέχρι 3400 Hz.
- Μουσική: από 30-50 Hz μέχρι 15-18 KHz.
- Μετάδοση εικόνων: από μηδέν μέχρι 550 Hz.
- Τηλεόραση: από μερικά Hz μέχρι 5-10 MHz.

Συνήθως τα προαναφερθέντα ηλεκτρικά σήματα στέλνονται στο μέσο διαδόσεως, το οποίο μπορεί να είναι μία γραμμή μεταφοράς ή ένα καλώδιο ή ένας κυματοδηγός ή ο ελεύθερος χώρος, αφού υποστούν σε κατάλληλες συσκευές ένα μετασχηματισμό. Δηλαδή μετατρέπονται οι συχνότητες της βασικής ζώνης διελεύσεως σε συχνότητες κατάλληλες για το μέσο μεταδόσεως. Είναι προφανές ότι στον δέκτη το σήμα θα υποστεί τον αντίθετο μετασχηματισμό για να επαναφερθεί στην αρχική μορφή-του. Η εργασία αυτή του μετασχηματισμού των συχνοτήτων στον

πομπό ονομάζεται **διαμόρφωση** και εκείνη στον δέκτη **αποδιαμόρφωση**.

Η διαμόρφωση πραγματοποιείται για να επιτύχουμε χωριστά ή ταυτόχρονα τους ακόλουθους σκοπούς:

α) Για να καταστεί το ηλεκτρικό σήμα κατάλληλο προς μετάδοση από ορισμένα μέσα διαδόσεως, τα οποία δεν μπορούν να μεταβιβάσουν το ηλεκτρικό σήμα υπό την αρχική μορφή-του.

β) Για να αυξηθεί η **ικανότητα** ή πολλαπλότητα του συστήματος, δηλαδή ο αριθμός διόδευσεων. Με άλλα λόγια για να αυξηθεί η ταυτόχρονη μετάδοση περισσοτέρων πληροφοριών μέσω του αυτού τηλεπικοινωνιακού συστήματος. Είναι προφανές ότι ο λόγος για τον οποίον πραγματοποιείται η πολλαπλή μετάδοση πληροφοριών είναι οικονομικός.

γ) Για να ελαττωθεί η επίδραση εξωτερικών ηλεκτρικών τάσεων, οι οποίες προστίθενται στο σήμα κατά τη διαδρομή-του στο μέσο διαδόσεως. Στην πράξη μία σχετική παραμόρφωση του λαμβανόμενου σήματος ως προς το μεταδιδόμενο είναι ανεκτή. Ο μηχανικός υπολογίζει το τηλεπικοινωνιακό σύστημα κατά τρόπο τέτοιο ώστε η διαφορά μεταξύ πραγματικών και ιδεωδών χαρακτηριστικών του κυκλώματος να μην παράγει στο σήμα παραμορφώσεις μεγαλύτερες από τις παραδεκτές. Οι παραμορφώσεις του σήματος στη λήψη οφείλονται εν μέρει στην εισαγωγή στο κύκλωμα ανεπιθυμητών τάσεων, οι οποίες παράγονται από πηγές θορύβου και εν μέρει στην παραμόρφωση (distortion) των μεταδιδόμενων σημάτων κατά μήκος του τηλεπικοινωνιακού κυκλώματος.

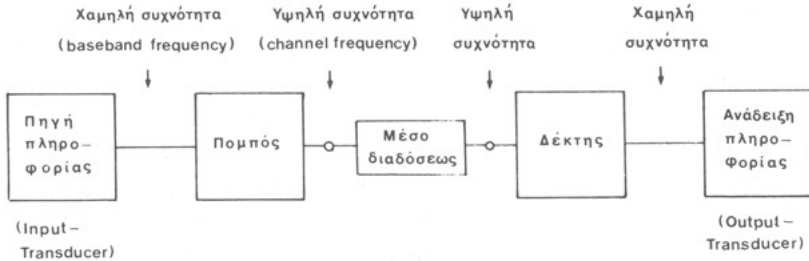
1.2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Από τα πλέον γνωστά μέσα επικοινωνίας είναι η τηλεγραφία, η τηλεφωνία, η ραδιοφωνία και η τηλεόραση. Τα βασικά στοιχεία αυτών των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων απεικονίζονται στο Σχ. 1.1, το οποίο συνεπώς δείχνει τα βασικά στοιχεία ενός χαρακτηριστικού τηλεπικοινωνιακού συστήματος.

Η πηγή πληροφορίας μπορεί να είναι το ακουστικό κύμα ομιλίας, ένα ηλεκτρομηχανικό σήμα, μία εικόνα ή διάτρητες κάρτες και περιλαμβάνει τον μετατροπέα (transducer), τη συσκευή δηλαδή που μετατρέπει την αρχική πληροφορία σε ηλεκτρικό σήμα κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί σ' ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα (μικρόφωνο, χειριστήριο, φωτοηλεκτρική κυψέλη κλπ.).

Ο πομπός εκτελεί τις διαδοχικές λειτουργίες ενισχύσεως του σήμα-

τος και φωράσεως, δηλαδή επιθέσεως του αρχικού ηλεκτρικού σήματος που παριστά την πληροφορία επί ενός φέροντος κύματος (carrier) υψηλής συχνότητας. Το στοιχείο ζεύξεως του πομπού με το μέσο διαδόσεως, π.χ. η κεραία εκπομπής, μπορεί να θεωρηθεί μέρος του πομπού ή του μέσου διαδόσεως.



Σχήμα 1.1. Χαρακτηριστικό τηλεπικοινωνιακό σύστημα.

Το μέσο διαδόσεως (transmission channel), εντός του οποίου πραγματοποιείται η μεταβίβαση του φέροντος την πληροφορία ηλεκτρομαγνητικού κύματος από τον πομπό στον δέκτη, μπορεί να είναι μία γραμμή μεταφοράς ή ένα ομοαξονικό καλώδιο ή ένας κυματοδηγός ή ο ελεύθερος χώρος υπεράνω της επιφάνειας της γης (ασυρματική διάδοση).

Ο δέκτης εκτελεί τις λειτουργίες ενισχύσεως και φωράσεως με τη χρήση κατάλληλων φίλτρων, ενισχυτών, συσκευών αλλαγής συχνότητας και αποδιαμορφωτών. Τέλος, έχουμε τη λειτουργία αναδείξεως της πληροφορίας στην έξοδο κατάλληλης συσκευής (output transducer), όπως π.χ. το ακουστικό τηλεφωνικής συσκευής, ένα megάφωνο, μία τηλετυπωτική μηχανή (teleprinter), μία συσκευή τηλεόρασης κλπ.

Είναι προφανές ότι ο τρόπος με τον οποίο θα πραγματοποιηθεί η μεταβίβαση του φέροντος την πληροφορία ηλεκτρομαγνητικού κύματος απαιτεί τη θεώρηση ορισμένων τεχνοοικονομικών παραγόντων.

1.3. ΕΚΛΟΓΗ ΤΟΥ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η ηλεκτρική επικοινωνία μεταξύ δύο δεδομένων σταθερών θέσεων υπάρχει η δυνατότητα εκλογής μεταξύ

δυσύρματης γραμμής μεταφοράς, καλωδίου και διαφόρων τύπων ασυρματικής διαδόσεως. Μεταξύ κινητών σημείων, όπως επίσης μεταξύ σταθερού και κινητού σημείου, η εκλογή περιορίζεται στην ασύρματη μετάδοση, έχοντας υπόψη φυσικά ότι υπάρχουν διάφορες μορφές ραδιοζεύξεων.

Όσον αφορά τις επικοινωνίες μεταξύ σταθερών σημείων, οι παράγοντες που πρέπει να εξετασθούν είναι η απόσταση μεταξύ των εν λόγω σημείων, η μεταξύ-τους μορφολογία του εδάφους, το εύρος ζώνης συχνοτήτων και ο λόγος σήματος προς θόρυβο της βασικής ζώνης διελεύσεως (baseband) και του μέσου διαδόσεως. Πρέπει επίσης να εξετασθεί η αξιοπιστία του συστήματος σε σχέση με το κόστος-του.

Γενικά οι γραμμές μεταφοράς περιορίζονται σε τηλεφωνικές επικοινωνίες μεταξύ αραιοκατοικημένων περιοχών. Η ικανότητα του συστήματος είναι μέχρι δώδεκα τηλεφωνικές διοδεύσεις και η απόσταση μεταξύ σταθμών εξαρτάται από τους χρησιμοποιούμενους αγωγούς. Μία χαρακτηριστική απόσταση είναι εκείνη των 150 χιλιομέτρων περίπου.

Για τον ίδιο σκοπό μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία ασυρματική ζεύξη στην περιοχή των VHF ή UHF συχνοτήτων. Προκειμένου περί πεδινής περιοχής, η απόσταση μεταξύ των κεραιών πομπού και δέκτη είναι περίπου 45 Km και στην περίπτωση ορεινής περιοχής προσεγγίζει τα 80 Km. Η ικανότητα του συστήματος είναι της τάξεως των 12, 24 ή 48 συγχρόνων τηλεφωνικών διοδεύσεων και η απαιτούμενη ισχύς εκπομπής είναι της τάξεως των 10 Watt μόνο.

Ένας μηχανισμός διάδοσης, κυρίως στην περιοχή UHF, με τον οποίο δύνανται να καλυφθούν μεγαλύτερες αποστάσεις, της τάξεως των 150 μέχρι 300 Km περίπου, είναι γνωστός σαν τροποσφαιρική σκέδαση. Το σύστημα αυτό απαιτεί υψηλή ισχύ εκπομπής, περίπου 10 KW, κεραιές μεγάλων διαστάσεων με διάμετρο 9 έως 18 m και δέκτες με χαμηλό συντελεστή θορύβου. Η ικανότητα του συστήματος εξαρτάται από την απαιτούμενη αξιοπιστία. Η μελέτη και η έρευνα κατά μήκος της ζεύξεως των συνθηκών διαδόσεως της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι αναγκαία για τη γνώση της στατιστικής συμπεριφοράς τους. Ζεύξεις τροποσφαιρικής σκέδασης είναι οικονομικά συμφέρουσες υπεράνω θάλασσης.

Για ζεύξεις υπεράνω εδάφους αρκετών εκατοντάδων τηλεφωνικών διοδεύσεων, της τάξεως περίπου των δύο-τριών χιλιάδων, χρησιμοποιούνται συστήματα καλωδίων πολλαπλών ζευγών στα οποία κάθε ζεύγος έχει ικανότητα 12, 24, ή 48 τηλεφωνικών διοδεύσεων, συστήματα ομοαξονικών καλωδίων και τηλεπικοινωνιακά συστήματα μικροκυμάτων. Η μετάδοση μιάς τηλεοπτικής διοδεύσεως δεσμεύει την εκλογή-μας μεταξύ ομοαξονικού καλωδίου και μικροκυμάτων, δηλαδή ασύρματης

μετάδοσης οπτικής επαφής. Η εκλογή μεταξύ των δύο αυτών συστημάτων δεν είναι εύκολη και βασίζεται συνήθως επί της εξετάσεως λεπτομερών τοπικών συνθηκών.

Η επικοινωνία μεταξύ ηπείρων πραγματοποιείται μέσω υποβρυχίων καλωδίων ικανών να μεταδίδουν 36 τηλεφωνικές διαδεύσεις. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται υποβρύχιοι ενισχυτές. Μία άλλη μέθοδος χρησιμοποιεί σαν μέσο διαδόσεως την ιονόσφαιρα. Όμως το μέγεθος της φέρουσας συχνότητας και τα μη γραμμικά στοιχεία της ιονόσφαιρας περιορίζουν τον αριθμό ταυτόχρονων τηλεφωνικών διαδεύσεων σε περίπου τέσσερις διαδεύσεις. Ζεύξεις του τύπου αυτού υπόκεινται σε διαλείψεις (fading) και παρεμβολές (interference). Τέλος, τηλεπικοινωνιακά δορυφορικά συστήματα με ικανότητα της τάξεως χιλιάδων τηλεφωνικών διαδεύσεων καλύπτουν σήμερα σχεδόν όλη την επιφάνεια της γης. Ένα πλεονέκτημα των συστημάτων αυτών είναι η ικανότητα της απ' ευθείας συνδέσεως ενός σημείου με πολλαπλά σημεία επί της επιφάνειας της γης, καλύπτοντας ταυτόχρονα μεγάλες αποστάσεις.

Όσον αφορά τις τηλεπικοινωνίες μεταξύ σταθερών και κινητών σημείων, αυτές είναι συνήθως περιορισμένες σε μία τηλεφωνική διάδοση, αν και σε μερικές περιπτώσεις μία τηλεγραφική διάδοση είναι προτιμητέα. Χαρακτηριστικά συστήματα του είδους αυτού είναι: επικοινωνία με αεροσκάφη, πλοία, αστυνομικά και στρατιωτικά οχήματα κλπ. Για συστήματα οπτικής επαφής ή αποστάσεις κατά 10-20% πέραν του γεωμετρικού ορίζοντα, χρησιμοποιούνται VHF ή UHF συχνότητες και διαμόρφωση πλάτους (AM) ή συχνότητας (FM). Διαμόρφωση πλάτους χρησιμοποιείται κατά προτίμηση όπου η τροχιά του ραδιοηλεκτρικού κύματος υφίσταται πολλαπλές ανακλάσεις. Όταν η απόσταση είναι πολύ πέραν του γεωμετρικού ορίζοντα είναι αναγκαία η χρησιμοποίηση συχνοτήτων HF και για μεν τις σχετικά μικρές αποστάσεις ο μηχανισμός διαδόσεως είναι εκείνος του κύματος εδάφους, για δε τις μεγαλύτερες αποστάσεις η ιονοσφαιρική ανάκλαση. Όταν ο ένας σταθμός είναι σταθερός είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί πομπός μεγάλης ισχύος, αλλά η κεραία επάνω στο όχημα είναι δυνατό να περιορίσει την απόδοση του συστήματος. Η τροχιά επιστροφής από το όχημα προς τον σταθμό είναι σε μειονεκτική θέση, επειδή η ισχύς εκπομπής είναι περιορισμένη.

Ένας βασικός παράγοντας που παίζει σημαντικό ρόλο στην εκλογή ενός συστήματος ασυρμάτου τηλεπικοινωνίας, είναι εκείνος της περιοχής της χρησιμοποιούμενης συχνότητας. Το μέσο διαδόσεως, η ατμόσφαιρα, είναι κοινή σ' όλα τα συστήματα και συνεπώς μπορούν να προκύψουν φαινόμενα διαφωνίας (crosstalk) και παρεμβολών (interference), εκτός εάν αυστηρός έλεγχος και προκαθορισμένος σχεδιασμός έχει γίνει