
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1

Γενικότητες επί των δικτυωμάτων

1.1. Εισαγωγή	21
1.2. Τοπολογικές έννοιες	23
1.2.1. Ορισμός του διπόλου	24
1.2.2. Ορισμός του δικτυώματος	24
1.2.3. Ρεύμα και τάση σε έναν κλάδο δικτυώματος	27
1.2.4. Κανόνες του Kirchhoff	27
1.3. Στοιχειώδη δίπολα	28
1.3.1. Δίπολα πηγές ή γεννήτριες	28
1.3.1.1. Ιδανική πηγή τάσης	29
1.3.1.2. Ιδανική πηγή ρεύματος	29
1.3.1.3. Ανεξάρτητες και εξαρτημένες πηγές	30
1.3.2. Ιδανικά παθητικά δίπολα	32
1.3.2.1. Αντίσταση (Ω μική)	32
1.3.2.2. Ιδανικός πυκνωτής	32
1.3.2.3. Ιδανικό πηνίο ή επαγωγή	33
1.3.2.4. Ορισμός του συντελεστή αμοιβαίας αυτεπαγωγής	34
1.4. Συνδυασμός των διπόλων	36

1.4.1. Σχέσεις ρεύματος και τάσης συνδυασμών διπόλων ...	37
1.4.2. Εφαρμογές με ενεργά δίπολα	37
1.4.3. Εφαρμογές με παθητικά δίπολα	38
1.5. Ενεργειακές σχέσεις στα δίπολα	41
1.6. Χρήση ανηγμένων τιμών και λογαριθμικών τιμών	43
1.6.1. Ανηγμένες ή σχετικές τιμές R-L-C	43
1.6.2. Λογαριθμική κλίμακα	43
Εφαρμογές και Ασκήσεις	45

Κεφάλαιο 2

ΗΜΙΤΟΝΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

2.1. Γενικότητες	51
2.1.1. Ορισμοί	51
2.1.2. Γεωμετρική παρουσίαση FRESNEL ημιτονικού σήματος	54
2.1.3. Μιγαδική παρουσίαση ημιτονικού σήματος	55
2.1.4. Σύνθετες αντιστάσεις και αγωγιμότητες	56
2.2. Εφαρμογές της ημιτονικής διέγερσης στα κλασικά δίπολα R-L-C ...	58
2.2.1 Απλά δίπολα	58
2.2.2. Συνδυασμοί διπόλων R-L-C σε ημιτονική διέγερση ...	61
2.3. Μελέτη της σύνθετης αντίστασης και αγωγιμότητας συναρτήσει της συχνότητας	66
2.3.1. Γραφική παράσταση σαν συνάρτηση της συχνότητας για τα απλά δίπολα	66
2.3.2. Περίπτωση σύνθετων διπόλων	67
2.3.2.1. Παρουσίαση των μεγεθών R, X, G και B σαν συναρτήσεις της συχνότητας	68
2.3.2.2. Μεταβολές του μέτρου και των φάσεων Z(ω) και Y(ω)	69
2.3.3. Παραμετρική παρουσίαση των Z(ω) και Y(ω)	71
2.3.4. Παρουσίαση με κανονικοποιημένες ή σχετικές τιμές, διάγραμμα Smith	73

2.3.4.1. Ορισμοί	73
2.3.4.2. Κατασκευή διαγράμματος Smith	75
2.4. Ενεργειακές σχέσεις σε ημιτονική λειτουργία	80
2.4.1. Ορισμοί των ενεργειακών μεγεθών	81
2.4.1.1. Δραστική ή ενεργός και αναδραστική ή ανενεργός (ή άεργος) ισχύς	81
2.4.1.2. Μέση ισχύς και ανταλλασσόμενη ισχύς	82
2.4.1.3. Ορισμός των ενεργών τιμών	83
2.4.2. Υπολογισμός των ισχύων με μιγαδικές παραστάσεις ...	84
2.4.3. Θεώρημα του Boucherot	85
Εφαρμογές και Ασκήσεις	88

Κεφάλαιο 3

ΜΗ ΙΔΑΝΙΚΑ ΔΙΠΟΛΑ

3.1. Μη ιδανική πηγή συνεχούς ενέργειας	101
3.1.1. Ισοδύναμα κυκλώματα πραγματικής πηγής συνεχούς κατά Thevenin και Norton	103
3.2. Μη ιδανικές πηγές ημιτονικών συστημάτων	105
3.3. Χορηγούμενη ισχύς στο φόρτο από πραγματική πηγή. Προσαρμογή φόρτου	106
3.3.1. Για πηγή συνεχούς ενέργειας	106
3.3.2. Για πηγή εναλλασσόμενου σήματος	108
3.4. Μη ιδανική παθητικά δίπολα	109
3.4.1. Μη ιδανική αντίσταση R	110
3.4.2. Μη ιδανικός πυκνωτής	112
3.4.3. Μη ιδανική (πραγματική) επαγωγή	117
Εφαρμογές και Ασκήσεις	123

Κεφάλαιο 4

ΓΕΝΙΚΑ ΘΕΩΡΗΜΑΤΑ

4.1. Αρχή υπέρθεσης ή θεώρημα του Helmholtz	129
4.2. Κανόνας της αντικατάστασης	131
4.3. Θεώρημα του Thevenin	132
4.4. Αντίστροφο θεώρημα Thevenin	136
4.5. Θεώρημα αμφιδρομίας ή θεώρημα του Maxwell	136
4.6. Αρχή δυαδικότητας	137
4.7. Θεώρημα του Norton	140
4.8. Θεώρημα του Millman	141
4.9. Δυναμικό το θεώρημα του Millman	143
4.10. Θεώρημα του Kennelly	144
Εφαρμογές και Ασκήσεις	147

Κεφάλαιο 5

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΥΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

5.1. Τοποθέτηση του προβλήματος	155
5.2. Γεωμετρική συγκρότηση ενός κυκλώματος. Ανεξάρτητα ρεύματα και ανεξάρτητες τάσεις	156
5.3. Εφαρμογή με την μέθοδο των ρευμάτων ή ανεξάρτητων βρόχων ...	158
5.4. Επίλυση με τη μέθοδο των τάσεων ή μέθοδο των κόμβων	163
5.5. Επίλυση του κυκλώματος στην περίπτωση συνύπαρξης πηγών τάσης και ρεύματος	166
5.6. Περίπτωση με εξαρτημένες πηγές	167
5.7. Σύγκριση των δύο προηγούμενων μεθόδων	167
5.8. Συνθήκες λειτουργίας	169
Εφαρμογές και Ασκήσεις	170

Κεφάλαιο 6

ΕΙΔΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

6.1. Ορισμός της συνάρτησης μεταφοράς	179
6.2. Μέθοδος των γενικών διαγραμμάτων	181
6.2.1. Ορισμός γενικού διαγράμματος	181
6.2.2. Δόμηση του γενικού διαγράμματος	183
6.2.3. Κανόνες μετασχηματισμού ή απλοποίησης διαγράμματος ..	184
6.2.4. Απλοποίηση του γενικού διαγράμματος	188
6.3. Προσδιορισμός της συνάρτησης μεταφοράς μέσω των διαγραμμάτων ροής	190
6.3.1. Εισαγωγή	190
6.3.2. Ορισμοί και τοπολογικοί κανόνες των διαγραμμάτων ροής	191
6.3.3. Προσδιορισμός του διαγράμματος ροής	195
6.3.4. Κανόνας απλοποίησης του Mason	196
Εφαρμογές και Ασκήσεις	200

Κεφάλαιο 7

ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

7.1. Εισαγωγή	209
7.2. Φυσική απόκριση ενός συστήματος. Μιγαδική ιδιοσυχνότητα ..	211
7.3. Εξαναγκασμένη απόκριση γραμμικού συστήματος	218
7.4. Οικογένεια παλμικών διεγέρσεων	219
7.4.1. Ορισμοί βασικών συναρτήσεων	219
7.4.2. Σύνθεση σύνθετων ασυνεχών (παλμικών) διεγέρσεων	221
7.4.3. Απόκριση συστήματος σε παλμικές διεγέρσεις	225
7.5. Η οικογένεια εκθετικών διεγέρσεων	228
7.5.1. Ορισμοί	228
7.5.2. Απόκριση σε εκθετική διέγερση	231
Εφαρμογές και Ασκήσεις	237

Κεφάλαιο 8

Ο ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ LAPLACE. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΩΝ

8.1. Εισαγωγή	245
8.2. Ο μετασχηματισμός Laplace	246
8.2.1. Ορισμός	246
8.2.2. Μετασχηματισμός Laplace αθροίσματος συναρτήσεων ...	249
8.2.3. Μετασχηματισμός παραγώγου μιας συνάρτησης $f(t)$...	249
8.2.4. Μετασχηματισμός ολοκληρώματος μιας συνάρτησης $f(t)$...	250
8.2.5. Αλλαγή κλίμακας του χρόνου	251
8.2.6. Θεώρημα της καθυστέρησης	251
8.2.7. Θεώρημα μετατόπισης της μεταβλητής p	252
8.2.8. Θεώρημα διαφορίσης στο χώρο των συχνοτήτων	253
8.2.9. Θεώρημα αρχικής και τελικής τιμής	253
8.2.10. Εφαρμογή του μετασχηματισμού Laplace σε επανα- λαμβανόμενη χρονική συνάρτηση	254
8.3. Αξιοσημείωτοι μετασχηματισμοί Laplace	256
8.3.1. Μετασχηματισμός Laplace της συνάρτησης $f(t) = \alpha$ για $t > 0$	256
8.3.2. Μετασχηματισμός Laplace της συνάρτησης $f(t) = \alpha$, για $t > \tau$ (ή θεώρημα της καθυστέρησης)	257
8.3.3. Μετασχηματισμός Laplace της συνάρτησης $f(t) = \alpha \cdot t$ ($t > 0$)	257
8.3.4. Μετασχηματισμός Laplace της παλμικής συνάρτησης Dirac $h_0(t)$	258
8.3.5. Μετασχηματισμός Laplace των συναρτήσεων $f(t) = e^{-\alpha t}$ και $f(t) = e^{\alpha t}$, α πραγματικός αριθμός	259
8.3.6. Μετασχηματισμός Laplace των συναρτήσεων ημιτόνου και συνημιτόνου ($t > 0$)	260
8.3.7. Μετασχηματισμός Laplace των συναρτήσεων $\sinh t$ και $\cosh t$ (υπερβολικό ημίτονο και συνημίτονο) ($t > 0$)	260

8.3.8. Μετασχηματισμός Laplace των συναρτήσεων $f_1(t) = e^{-\alpha t} \cdot \sin \omega t$ και $f_2(t) = e^{-\alpha t} \cdot \cos \omega t$ ($t > 0$)	261
8.3.9. Μετασχηματισμός Laplace των συναρτήσεων $e^{-\alpha t} \cdot \sinh \omega t$ και $e^{-\alpha t} \cdot \cosh \omega t$ ($t > 0$, α πραγματικός αριθμός)	262
8.4. Γενική εφαρμογή του μετασχηματισμού Laplace σε γραμμικό τελεστή ή σύστημα	262
8.5. Υπολογισμός του αντιστρόφου μετασχηματισμού	263
Εφαρμογές και Ασκήσεις	265

Κεφάλαιο 9

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

9.1. Εφαρμογή του μετασχηματισμού Laplace στα δίπολα	273
9.1.1. Ισόμορφες ισοδύναμες αντιστάσεις	273
9.1.2. Συναρτήσεις μεταφοράς σε τετράπολη διάταξη	275
9.2. Προσδιορισμός της φυσικής και εξαναγκασμένης απόκρισης ενός κυκλώματος μέσω του μετασχηματισμού Laplace	277
9.3. Ανάλυση των συναρτήσεων μεταφοράς	278
9.3.1. Γενική μορφή της συνάρτησης μεταφοράς $F(p)$. Βασικές ιδιότητες	278
9.3.2. Παρουσίαση της συνάρτησης μεταφοράς στο μιγαδικό επίπεδο ρίζες και πόλοι	279
9.4. Παρουσίαση της συνάρτησης μεταφοράς σε τρεις διαστάσεις ...	283
9.5. Υπολογισμός του αντιστρόφου μετασχηματισμού συνάρτησης μεταφοράς: $\mathcal{L}^{-1}F(p)$	285
9.5.1. Εισαγωγή	285
9.5.2. Ανάλυση της $F(p)$	286
9.5.3. Υπολογισμός του αντιστρόφου	287
9.5.3.1. Πόλοι απλοί πραγματικοί	287
9.5.3.2. Συζυγείς πόλοι της μορφής $p = \alpha \pm j\omega$	289
9.5.3.3. Περίπτωση πολλαπλού πόλου	292
9.6. Ευσταθή συστήματα	294
9.6.1. Απλά κριτήρια ευστάθειας	294

9.6.2. Αλγεβρικά κριτήρια ευστάθειας	298
9.6.3. Παραδείγματα εφαρμογής των κριτηρίων ευστάθειας ...	301
9.6.4. Συνάρτηση εισόδου ενός ευσταθούς κυκλώματος	304
Εφαρμογές και Ασκήσεις	306

Κεφάλαιο 10

ΗΜΙΤΟΝΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ, ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ BODE, NYQUIST ΚΑΙ BLACK

10.1. Εισαγωγή	321
10.2. Ασυμπτωτικά διαγράμματα Bode	323
10.2.1. Ορισμός	323
10.2.2. Γραφικές παραστάσεις Bode συναρτήσεων πρώτου βαθμού	327
10.2.2.1. Παρουσίαση της $F_1(j\omega)$	327
10.2.2.2. Παρουσίαση της $F_2(j\omega)$	330
10.2.3. Περίπτωση πολλαπλής πραγματικής ρίζας ή πολλαπλού πραγματικού πόλου	331
10.2.4. Γραφική παράσταση Bode των συναρτήσεων 2 ^{ου} βαθμού ...	332
10.2.4.1. Παρουσίαση της $F_3(j\omega)$	333
10.2.4.2. Παρουσίαση της $F_4(j\omega)$	335
10.2.5. Περίπτωση μηδενικής ρίζας ή μηδενικού πόλου	337
10.2.6. Γενίκευση	339
10.2.7. Παραδείγματα	340
10.3. Διαγράμματα Nyquist	343
10.3.1. Γενική παρουσίαση	343
10.3.2. Όρια γεωμετρικού τόπου Nyquist για $\omega \rightarrow \infty$	344
10.3.3. Γεωμετρικός τόπος Nyquist μιας πραγματικής σταθεράς K	347
10.3.4. Γεωμετρικός τόπος Nyquist μιας συνάρτησης της μορφής $(j\omega)^N$	348

10.3.5. Γεωμετρικός τόπος Nyquist μιας συνάρτησης μεταφοράς $F(\omega)$ της μορφής $(j\omega + \alpha')$ ή της μορφής $\frac{1}{j\omega + \alpha'}$, $\alpha' > 0$	348
10.3.6. Γεωμετρικός τόπος Nyquist της συνάρτησης $F(j\omega) = \omega_0^2 - \omega^2 + 2\alpha'(j\omega)$ και $F(j\omega) = \frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2 + 2\alpha'(j\omega)}$, $\alpha' > 0$	350
10.3.7. Γενίκευση των διαγραμμάτων Nyquist	352
10.4. Διαγράμματα Black	355
10.4.1. Γενική παρουσίαση	355
10.4.2. Συνάρτηση $F_1(j\omega) = \frac{K}{j\omega + \alpha}$	356
10.4.3. Συνάρτηση δευτέρου βαθμού	357
Εφαρμογές και Ασκήσεις	360

Κεφάλαιο 11

ΔΙΚΤΥΩΜΑΤΑ R - C

11.1. Γενικά - Ισόμορφη αντίσταση δικτύωματος R - C	377
11.2. Απόκριση σε τάση βαθμίδας	379
11.2.1. Ορισμός της τάσης βαθμίδας	379
11.2.2. Απόκριση ρεύματος και τάσης	380
11.2.3. Ενεργειακές σχέσεις	381
11.2.4. Εκφόρτιση πυκνωτή	382
11.3. Κύκλωμα μετάδοσης - κύκλωμα διαφόρισης	384
11.4. Κύκλωμα ολοκλήρωσης	386
11.5. Συμπεριφορά του κυκλώματος R-C σε ημιτονική λειτουργία	387
11.5.1. Ισοδύναμη μιγαδική αντίσταση	387
11.5.2. Μεταβατική κατάσταση κατά την εφαρμογή ημιτονικής τάσης	389
11.6. Κυκλώματα διαφοροποίησης φάσης	392
Εφαρμογές και Ασκήσεις	396

Κεφάλαιο 12

ΔΙΚΤΥΩΜΑΤΑ R - L

12.1. Γενικά - Ισομόρφη αντίσταση δικτύωματος R - L	403
12.2. Απόκριση σε τάση βαθμίδας	404
12.3. Συμπεριφορά του δικτύωματος R-L σε ημιτονική λειτουργία ...	405
12.3.1. Ισοδύναμη αντίσταση	406
12.3.2. Μεταβατική κατάσταση κατά την εφαρμογή ημιτονικής διέγερσης	407
Εφαρμογές και Ασκήσεις	410

Κεφάλαιο 13

ΔΙΚΤΥΩΜΑΤΑ R - L - C

13.1. Γενικά - Ισομόρφη αντίσταση	415
13.2. Απόκριση σε τάση βαθμίδας	418
13.2.1. Υπολογισμοί των $i(t)$, $U_C(t)$ και $U_L(t)$	418
13.2.2. Διερεύνηση των σχέσεων συναρτήσεως της τιμής του p_o^2 ...	421
13.3. Συμπεριφορά σε ημιτονική λειτουργία.....	425
13.3.1. Σύνθετη αντίσταση και αγωγιμότητα	425
13.3.2. Μελέτη του συντονισμού ρεύματος	426
13.3.3. Μελέτη των τάσεων. Φαινόμενο υπέρτασης	430
13.4. Συντελεστής υπερέντασης - Παράλληλο δίκτυωμα	432
Εφαρμογές και Ασκήσεις	433

Κεφάλαιο 14

ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΤΕΤΡΑΠΟΛΩΝ

14.1. Γενικότητες	443
14.1.1. Ορισμοί	443
14.1.2. Τύποι των τετραπόλων	444
14.1.3. Ρεύματα και τάσεις σ' ένα τετράπολο	446
14.2. Παράμετροι ενός τετραπόλου	446
14.2.1. Παράμετροι αλυσίδας ή μεταφοράς	447

14.2.2. Παράμετροι αντιστάσεις και αγωγιμότητες	448
14.2.3. Υβριδικοί παράμετροι h	449
14.2.4. Υβριδικοί παράμετροι g	450
14.2.5. Φυσική σημασία και προσδιορισμός των παραμέτρων	450
14.2.5.1. Φυσική σημασία και προσδιορισμός των Παραμέτρων αλυσίδας	451
14.2.5.2. Φυσική σημασία και υπολογισμός των παραμέτρων αντίστασης και αγωγιμότητας ...	453
14.2.5.3. Φυσική σημασία και προσδιορισμός των υβριδικών παραμέτρων h και g	455
14.2.6. Αντιστοιχία μεταξύ των διαφόρων παραμέτρων	456
14.2.7. Ισοδύναμη παρουσίαση των τετραπόλων	462
14.3. Ιδιαιτερότητες των παθητικών τετραπόλων	464
14.3.1. Αμοιβαιότητα (Αμφιδρομία) των παθητικών τετραπόλων ..	464
14.3.2. Συμμετρικά τετράπολα	468
14.4. Σύνθετες αντιστάσεις εισόδου και εξόδου - Συναρτήσεις μεταφοράς τετραπόλων σε πλήρες κύκλωμα	469
14.4.1. Υπολογισμός της σύνθετης αντίστασης εισόδου	470
14.4.2. Υπολογισμός της σύνθετης αντίστασης εξόδου	471
14.4.3. Συναρτήσεις μεταφοράς ρεύματος και τάσης	473
14.4.4. Σύνθετο κέρδος ή συνολική συνάρτηση μεταφοράς ...	474
14.4.5. Ισοδύναμες αντιστάσεις προσαρμογής (iteratives)	476
14.4.5.1. Ορισμοί	476
14.4.5.2. Χαρακτηριστική αντίσταση συμμετρικών τετραπόλων	477
14.4.6. Σύνθετες αντιστάσεις εικόνες (images)	478
14.4.6.1. Ορισμός	478
14.4.6.2. Προσδιορισμός των σύνθετων αντιστάσεων Z_{i_1} και Z_{i_2}	479
14.4.6.3. Συμμετρικά τετράπολα	481
14.5. Συνδυασμοί τετραπόλων	481
14.5.1. Συνδυασμός αλληλουχίας (αλυσίδας) τετραπόλων ...	482
14.5.2. Συνδυασμός τετραπόλων σε σειρά	483
14.5.3. Παράλληλος συνδυασμός τετραπόλων	484

14.5.4. Συνδεσμολογία σειράς - παραλλήλου και παραλλήλου - σειράς	485
Εφαρμογές και Ασκήσεις	488

Κεφάλαιο 15

ΦΙΛΤΡΑ

15.1. Μεταφορά σήματος μέσω συστήματος	505
15.1.1. Εφαρμογή σε περιοδικά και μή περιοδικά σήματα	505
15.1.2. Μεταφορά σήματος χωρίς παραμόρφωση	508
15.2. Ιδανικό φίλτρο	510
15.3. Μη ιδανικό - πραγματικό - φίλτρο	512
15.4. Διάφοροι τύποι φίλτρων	513
15.5. Παθητικά συμμετρικά φίλτρα με στοιχεία L - C	515
15.5.1. Δομή των συμμετρικών φίλτρων L-C	515
15.5.2. Χαρακτηριστική αντίσταση	515
15.5.3. Συναρτήσεις μεταφοράς ρεύματος και τάσης	516
15.5.4. Περίπτωση αλληλουχίας συμμετρικών φίλτρων	518
15.5.5. Φίλτρο τύπου T	519
15.5.6. Ανακεφαλαίωση τυπολογίου της δομής T. Γενική συνθήκη ορισμού της ζώνης διέλευσης	522
15.5.7. Φίλτρο L - C τύπου Π	524
15.6. Παθητικά μη συμμετρικά φίλτρα L - C	526
15.6.1. Συναρτήσεις μεταφοράς ρεύματος και τάσης	526
15.6.2. Εφαρμογή σε μη συμμετρικό φίλτρο L - C	527
15.6.3. Δομές μη συμμετρικών φίλτρων L, C	528
15.6.4. Αλληλουχία μη συμμετρικών φίλτρων L - C	529
15.7. Ειδικοί τύποι φίλτρων L - C	532
15.7.1. Συμμετρικά φίλτρα L - C σταθερού K	532
15.7.2. Συμμετρικά φίλτρα παράγωγα συντελεστού m	534
Εφαρμογές και Ασκήσεις	537
Παράρτημα Α	547
Παράρτημα Β	549
Βιβλιογραφία	551