

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

1.1	Εισαγωγή	1.1
1.2	Συμβολισμοί και μονάδες	1.3
1.3	Φορτίο, τάση και ενέργεια	1.5
	Φορτίο και ρεύμα	1.5
	Τάση	1.6
	Ισχύς και Ενέργεια	1.6
1.4	Γραμμικότητα	1.7
	Πρόσθεση	1.8
	Πολλαπλασιασμός	1.9
1.5	Χρονική αμεταβλητότητα	1.11
1.6	Αιτιότητα	1.12
1.7	Συγκεντρωμένα κυκλώματα	1.13
1.8	Σήματα και κυματομορφές	1.13
	Βηματική συνάρτηση	1.14
	Μοναδιαία συνάρτηση αναρρίχησης	1.16
	Ορθογωνικός παλμός	1.16
	Τριγωνικός παλμός	1.17
	Μοναδιαία κρουστική συνάρτηση	1.19
1.9	Περιοδικά Σήματα	1.23
	Ασκήσεις	1.30

## 2. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

2.1	Εισαγωγή	2.1
2.2	Ο Νόμος του Ohm	2.1
2.3	Η ιδανική αντίσταση	2.2
2.4	Ιδανικές πηγές	2.4
2.5	Ιδανική πηγή τάσης	2.4

2.6	Ιδανική πηγή ρεύματος	2.5
2.7	Εξαρτημένες πηγές	2.6
2.8	Ισχύς και ενέργεια στα κυκλώματα	2.7
2.9	Ο πυκνωτής	2.12
2.10	Αποθήκευση ενέργειας σε πυκνωτή	2.15
2.11	Απόκριση πυκνωτή σε απλές κυματομορφές	2.18
2.12	Το πηνίο	2.23
2.13	Αποθήκευση ενέργειας σε πηνίο	2.27
2.14	Απόκριση πηνίου σε απλές κυματομορφές	2.29
2.15	Αλληλεπαγωγή	2.32
2.16	Ιδανικός γραμμικός μετασχηματιστής	2.39
2.17	Ο Νόμος των ρευμάτων του Kirchhoff	2.43
2.18	Ο Νόμος των τάσεων του Kirchhoff	2.45
2.19	Σύνδεση αντιστάσεων σε σειρά και παράλληλα	2.48
2.20	Σύνδεση πηνίων σε σειρά και παράλληλα	2.53
2.21	Σύνδεση πυκνωτών σε σειρά και παράλληλα	2.54
2.22	Εφαρμογή μεθόδων αριθμητικής ολοκλήρωσης στην επίλυση απλών κυκλωμάτων	2.56
2.23	Μέθοδος Τραπεζίου	2.57
2.24	Μέθοδος Simpson	2.58
2.25	Γραφική ολοκλήρωση	2.60
2.26	Πρόγραμμα integration.m	2.61
	Ασκήσεις	2.70

### **3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΟΜΒΩΝ ΚΑΙ ΒΡΟΧΩΝ**

3.1	Εισαγωγή	3.1
3.2	Τάσεις κόμβων	3.1
3.3	Η μέθοδος των κόμβων	3.3
3.3.1	Συστηματική γραφή των εξισώσεων κόμβων	3.9
3.3.2	Η μέθοδος των κόμβων σε κυκλώματα με προφανείς εξισώσεις	3.12

3.3.3	Η έννοια του υπερκόμβου	3.16
3.3.4	Η μέθοδος των κόμβων σε κυκλώματα με εξαρτημένες πηγές	3.21
3.4	Ρεύματα βρόχων	3.25
3.5	Η μέθοδος των βρόχων	3.27
3.5.1	Συστηματική γραφή των εξισώσεων βρόχων	3.31
3.5.2	Η μέθοδος των βρόχων σε κυκλώματα με προφανείς εξισώσεις	3.33
3.5.3	Η έννοια του υπερβρόχου	3.35
3.5.4	Η μέθοδος των βρόχων σε κυκλώματα με εξαρτημένες πηγές	3.38
3.6	Το θεώρημα του Millman	3.40
3.7	Επιλογή μεθόδου ανάλυσης	3.42
	Ασκήσεις	3.43

#### **4. ΙΣΟΔΥΝΑΜΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ**

4.1	Εισαγωγή	4.1
4.2	Διαίρετης τάσης και ρεύματος	4.1
	Διαίρετης τάσης	4.1
	Διαίρετης ρεύματος	4.2
4.3	Μετασχηματισμός τριγώνου - αστέρα.	4.3
4.4	Το θεώρημα της υπέρθεσης	4.7
4.5	Τα θεωρήματα Thevenin και Norton	4.11
4.6	Υπολογισμός των ισοδυνάμων κυκλωμάτων κατά Thevenin και Norton.	4.14
4.7	Μετασχηματισμός πηγών.	4.32
4.8	Διαχωρισμός πηγών	4.39
4.9	Το θεώρημα του Miller	4.46
4.10	Το θεώρημα της αντικατάστασης	4.49
4.10	Συμμετρικά κυκλώματα	4.50
4.11	Συμμετρικά κυκλώματα με δύο άξονες συμμετρίας.	4.56
	Ασκήσεις	4.62

## **5. ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΠΡΩΤΗΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΤΑΞΗΣ**

5.1	Εισαγωγή	5.1
5.2	Στοιχεία στη σταθερή μόνιμη κατάσταση	5.2
5.3	Απόκριση στοιχείων σε στιγμιαίες μεταβολές - Αρχικές συνθήκες	5.8
5.4	Κυκλώματα πρώτης τάξης	5.16
5.5	Απόκριση μηδενικής εισόδου	5.17
5.6	Απόκριση μηδενικής κατάστασης	5.27
5.7	Ολική απόκριση	5.36
5.8	Κυκλώματα δεύτερης τάξης	5.51
5.9	Απόκριση μηδενικής εισόδου κυκλωμάτων δεύτερης τάξης	5.53
5.10	Απόκριση μηδενικής κατάστασης κυκλωμάτων δεύτερης τάξης	5.68
5.11	Ολική απόκριση κυκλωμάτων δεύτερης τάξης	5.75
5.12	Κρουστική απόκριση	5.85
5.13	Το συνελεκτικό ολοκλήρωμα	5.93
5.14	Η μέθοδος των μεταβλητών κατάστασης	5.99
5.15	Αριθμητική επίλυση των εξισώσεων κατάστασης	5.104
5.16	Πρόγραμμα υλοποίησης της μεθόδου Runge-Kutta	5.106
	Ασκήσεις	5.113

## **6. ΓΕΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΩΜΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ**

6.1	Εισαγωγή	6.1
6.2	Τοπολογία δικτύων	6.2
6.3	Πίνακας συνδέσεων	6.6
6.4	Πίνακας βρόχων	6.7
6.5	Γενικευμένη μέθοδος κόμβων	6.8
6.6	Γραφή των εξισώσεων κόμβων με επισκόπηση	6.18
6.7	Υπολογιστικό πρόγραμμα υλοποίησης της γενικευμένης μεθόδου των κόμβων	6.20
6.8	Γενικευμένη μέθοδος των βρόχων	6.24
6.9	Γραφή των εξισώσεων βρόχων με επισκόπηση	6.31

## 7. ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΣ ΕΝΙΧΤΥΤΗΣ

7.1	Εισαγωγή	7.1
7.2	Ψαλιδισμός	7.3
7.3	Εισαγωγικές έννοιες στους ενισχυτές	7.5
7.4	Ο ιδανικός τελεστικός ενισχυτής	7.8
7.5	Ο αναστρέφων ενισχυτής	7.10
7.6	Ο μη-αναστρέφων ενισχυτής	7.18
7.6.1	Μη-αναστρέφων ενισχυτής με μη ιδανικό τελεστικό ενισχυτή	7.19
7.7	Ακόλουθος τάσης	7.24
7.8	Ο Αθροιστής τάσεων	7.26
7.9	Μη αναστρέφων αθροιστής τάσεων	7.28
7.10	Μετατροπή D/A	7.29
7.11	Μετατροπή D/A τύπου R-2R	7.31
7.12	Ο διαφορικός ενισχυτής	7.33
7.13	Λόγος απόρριψης κοινού σήματος στο διαφορικό ενισχυτή	7.35
7.13.1	Υπολογισμός του CMRR διαφορικού ενισχυτή	7.36
7.14	Ενισχυτής οργάνων μέτρησης	7.40
7.15	Κύκλωμα μετατροπής ρεύματος σε τάσης (εξαρτημένη πηγή τάσης από ρεύμα)	7.42
7.16	Κύκλωμα μετατροπής τάσης σε ρεύμα (εξαρτημένη πηγή ρεύματος από τάση)	7.43
7.17	Διαδοχική σύνδεση κυκλωμάτων τελεστικών ενισχυτών	7.45
7.18	Ολοκληρωτής	7.47
7.19	Διαφοριστής	7.55
7.20	Επίλυση διαφορικών εξισώσεων με τελεστικούς ενισχυτές - Ο αναλογικός υπολογιστής	7.58
	Ασκήσεις	7.65

## 8. ΗΜΙΤΟΝΟΕΙΔΗΣ ΜΟΝΙΜΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

8.1	Εισαγωγή	8.1
8.2	Ημιτονοειδείς πηγές και σήματα	8.2
8.2.1	Ενεργός Τιμή	8.5
8.3	Σύντομη ανασκόπηση των μιγαδικών αριθμών	8.7
8.3.1	Η ταυτότητα του Euler	8.9
8.3.2	Βασικές ιδιότητες των μιγαδικών αριθμών	8.10
8.4	Στρεφόμενα διανύσματα (phasors)	18.11
8.5	Μέθοδος ανάλυσης κυκλωμάτων στην Η.Μ.Κ.	8.13
8.6	Συνάρτηση μεταφοράς	8.19
8.7	Υπέρθωση πηγών στην Η.Μ.Κ.	8.22
8.8	Σύνθετες αντιστάσεις	8.23
8.8.1	Η Αντίσταση	8.24
8.8.2	Το Πηνίο	8.25
8.8.3	Ο Πυκνωτής	8.27
8.8.4	Γενική θεώρηση για τη σύνθετη αντίσταση	8.29
8.8.5	Σύνθετη αγωγιμότητα	8.30
8.8.6	Διασύνδεση σύνθετων αντιστάσεων και αγωγιμοτήτων	8.31
8.8.7	Διασύνδεση σύνθετων αντιστάσεων σε τρίγωνο και αστέρα.	8.33
8.9	Εφαρμογή των μεθόδων κόμβων και βρόχων στην Η.Μ.Κ.	8.36
8.10	Ισοδύναμα κυκλώματα Thevenin και Norton	8.50
8.11	Μαγνητικά συζευγμένα κυκλώματα	8.60
8.8.3	Αλληλεπαγωγή	8.60
8.8.3.1	Κυκλώματα αλληλεπαγωγή στη Η.Μ.Κ.	8.63
8.8.3.2	Ανάλυση της ενέργειας – Συντελεστής σύζευξης	8.64
8.8.4	Γραμμικός μετασχηματιστής	8.70
8.8.4.1	Ισοδύναμα κυκλώματα μετασχηματιστή	8.73
8.8.5	Ιδανικός μετασχηματιστής	8.74
8.8.5.1	Ισοδύναμα κυκλώματα ιδανικού μετασχηματιστή	8.76
	Ασκήσεις	8.82

## 9 ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

9.1	Εισαγωγή	9.1
9.1.1	Πόλοι και μηδενικά	9.5
9.2	Βασικά διαγράμματα στην απόκριση συχνότητας	9.6
9.2.1	Διαγράμματα Nyquist	9.10
9.2.2	Διαγράμματα Bode	9.12
9.2.2.1	Το decibel	9.13
9.2.2.2	Κατασκευή των διαγραμμάτων Bode	9.14
9.2.2.3	Σύνθεση των διαγραμμάτων	9.25
9.3	Κατηγορίες φίλτρων	9.30
9.3.1	Χαμηλοπερατά φίλτρα (Low-pass filters)	9.31
9.3.2	Υψηπερατά φίλτρα (High-pass filters)	9.33
9.3.3	Ζωνοδιαβατά φίλτρα (Band-pass filters)	9.34
9.3.4	Φίλτρα αποκοπής ζώνης (Band stop ή band reject filters)	9.36
9.4	Απόκριση συχνότητας RLC κυκλωμάτων	9.38
9.4.1	RC χαμηλοπερατό φίλτρο	9.38
9.4.2	RL Χαμηλοπερατό φίλτρο	9.40
9.4.3	RC υψηπερατό φίλτρο	9.44
9.4.4	RL υψηπερατό φίλτρο	9.46
9.4.5	RC ζωνοδιαβατό φίλτρο	9.51
9.4.6	RL ζωνοδιαβατό φίλτρο	9.55
9.4.7	RLC φίλτρα αποκοπής ζώνης	9.59
9.5	Κυκλώματα συντονισμού	9.68
9.5.1	RLC κύκλωμα συντονισμού εν σειρά	9.70
9.5.2	Το εν σειρά RLC κύκλωμα ως ζωνοδιαβατό φίλτρο	9.76
9.5.3	Σχετικά με τον συντελεστή ποιότητας	9.78
9.5.4	Παράλληλο RLC κύκλωμα συντονισμού	9.82
	Συντελεστής υπερέντασης	9.87
	Ασκήσεις	9.99

## **10 ΙΣΧΥΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΗΜΙΤΟΝΟΕΙΔΗ ΜΟΝΙΜΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ**

10.1	Εισαγωγή	10.1
10.2	Μιγαδική ισχύς	10.4
10.2.1	Υπολογισμός της ισχύος στα στοιχεία ενός κυκλώματος	10.6
10.2.1.1	Ισχύς σε ωμικό φορτίο	10.6
10.2.1.2	Ισχύς σε επαγωγικό φορτίο	10.7
10.2.1.3	Ισχύς σε χωρητικό φορτίο	10.8
10.3	Θεώρημα διατήρησης της μιγαδικής ισχύος	10.10
10.4	Συντελεστής ισχύος	10.12
10.5	Γιατί η ισχύς των ηλεκτρικών συσκευών καθορίζεται σε VA	10.14
10.6	Διόρθωση του συντελεστή ισχύος	10.16
10.7	Μέγιστη μεταφορά πραγματικής ισχύος	10.21
10.8	Προσαρμογή σύνθετης αντίστασης	10.29
10.9	Ισχύς σε κυκλώματα με πηγές διαφορετικών συχνοτήτων	10.32
	Ασκήσεις	10.45

## **11 ΤΡΙΦΑΣΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ**

11.1	Εισαγωγή	11.1
11.2	Παραγωγή τριφασικής τάσης-Τριφασικές γεννήτριες	11.2
11.2.1	Τριφασική πηγή σε τρίγωνο	11.6
11.2.2	Ισοδύναμες Υ-Δ τριφασικές γεννήτριες	11.7
11.2.3	Ισοδύναμες Υ-Δ τριφασικές γεννήτριες με απώλειες τυλιγμάτων	11.8
11.3	Τριφασικά φορτία	11.11
11.4	Συμμετρικά τριφασικά κυκλώματα	11.12
11.4.1	Συμμετρικό τριφασικό κύκλωμα αστέρα – αστέρα	11.12
11.4.2	Συμμετρικό τριφασικό κύκλωμα αστέρα – αστέρα χωρίς ουδέτερο	11.14
11.4.3	Ισοδύναμα μονοφασικά κυκλώματα	11.15
11.4.4	Συμμετρικό τριφασικό κύκλωμα τριγώνου – τριγώνου	11.18
11.5	Η ισχύς σε συμμετρικά τριφασικά κυκλώματα	11.24
11.5.1	Στιγμιαία ισχύς σε συμμετρικά τριφασικά κυκλώματα	11.26
11.6	Ασύμμετρα τριφασικά κυκλώματα	11.39
11.6.1	Το θεώρημα του Millman	11.40



11.6.2	Ασύμμετρο τριφασικό κύκλωμα τύπου αστέρα-αστέρα	11.41
11.6.3	Ασύμμετρο τριφασικό κύκλωμα τύπου τριγώνου – τριγώνου	11.47
11.7	Ανάλυση ασύμμετρων τριφασικών συστημάτων με τη μέθοδο των συμμετρικών συνιστωσών	11.58
11.8	Μέτρηση ισχύος σε τριφασικά συστήματα	11.65
11.8.1	Η μέθοδος των δύο βαττομέτρων	11.69
11.8.1	Η μέθοδος του ενός βαττομέτρου	11.74
	Ασκήσεις	11.84

## **12 ΣΕΙΡΕΣ FOURIER**

12.1	Εισαγωγή	12.1
12.2	Σειρές Fourier	12.2
12.2.1	Υπολογισμός των συντελεστών Fourier.	12.6
12.3	Ιδιότητες των σειρών Fourier	12.14
12.3.1	Χρονική μετατόπιση	12.14
12.3.2	Παραγωγή των σειρών Fourier	12.16
12.3.3	Υπέρθωση των σειρών Fourier	12.21
12.4	Συμμετρίες	12.24
12.4.1	Άρτια συμμετρία	12.24
12.4.2	Περιττή συμμετρία	12.27
12.4.3	Συμμετρία ημικύματος	12.30
12.4.4	Άλλα είδη συμμετριών	12.34
12.5	Εφαρμογές των σειρών Fourier στα ηλεκτρικά κυκλώματα	12.39
12.5.1	Εύρεση της απόκρισης στη μόνιμη κατάσταση	12.39
12.6	Σύγκλιση των σειρών Fourier και το φαινόμενο του Gibb's	12.53
12.7	Ισχύς περιοδικού σήματος – Το θεώρημα του Parseval	12.55
12.7.1	Ενεργός τιμή περιοδικής κυματομορφής	12.57
12.7.2	Πραγματική ισχύς	12.57
12.7.3	Φαινόμενη ισχύς	12.58
12.7.4	Άεργος ισχύς, ισχύς παραμόρφωσης και συντελεστής ισχύος	12.58
	Ασκήσεις	12.66

## **13 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ FOURIER**

13.1	Εισαγωγή	13.1
13.2	Μετασχηματισμός Fourier	13.1
13.2.1	Το φάσμα	13.6
13.2.2	MF χαρακτηριστικών συναρτήσεων	13.7
13.2.3	Ιδιότητες του MF	13.14
13.2.4	Το θεώρημα του Parseval	13.22
13.2.5	Εφαρμογές του MF στα ηλεκτρικά κυκλώματα	13.27
	Ασκήσεις	13.40

## **14 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ LAPLACE**

14.1	Εισαγωγή	14.1
14.2	Ορισμοί	14.3
14.3	Μετασχηματισμός Laplace χαρακτηριστικών συναρτήσεων	14.7
14.4	Ιδιότητες του μετασχηματισμού Laplace	14.13
14.5	Τα θεωρήματα της αρχικής και της τελικής τιμής	14.26
14.5.1	Θεώρημα αρχικής τιμής	14.26
14.5.2	Θεώρημα τελικής τιμής	14.28
14.5.3	Το θεώρημα της συνέλιξης	14.29
14.5.4	Μετασχηματισμός Laplace περιοδικών συναρτήσεων	14.32
14.6	Εύρεση του αντίστροφου μετασχηματισμού Laplace	14.34
14.6.1	Ανάλυση σε μερικά κλάσματα	14.35
14.6.2	Ανάλυση σε μερικά κλάσματα με τη μέθοδο του Heaviside	14.36
14.7	Χρήση του μετασχηματισμού Laplace στην ανάλυση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων	14.43
14.7.1	Στοιχεία ηλεκτρικών κυκλωμάτων στο πεδίο Laplace	14.44
14.7.2	Κυκλώματα μηδενικής κατάστασης	14.50
14.7.3	Κυκλώματα μηδενικής εισόδου	14.58
14.7.4	Ολική απόκριση	14.61
14.7.5	Ευστάθεια των κυκλωμάτων.	14.69
14.7.6	Η χρήση των ισοδύναμων κυκλωμάτων κατά Thevenin-Norton στο πεδίο Laplace	14.70

14.7.7	Εύρεση της κρουστικής απόκρισης	14.75
14.7.8	Απόκριση κυκλωμάτων σε ημιτονοειδείς διεγέρσεις	14.78
14.7.9	Επίλυση κυκλωμάτων με αλληλεπαγωγές στο πεδίο Laplace	14.79
14.7.10	Κυκλώματα με περιοδικές διεγέρσεις	14.84
14.7.11	Επίλυση Εξισώσεων Κατάστασης	14.89
	Ασκήσεις	14.94

## **15 ΔΙΘΥΡΑ ΔΙΚΤΥΑ**

15.1	Εισαγωγή	15.1
15.2	<b>z</b> - παράμετροι	15.4
15.2.1	Αμοιβαιότητα και συμμετρία	15.9
15.2.2	Υλοποίηση διθύρων με <b>z</b> -παραμέτρους	15.10
15.2.3	Διασύνδεση διθύρων σε σειρά	15.14
15.3	<b>y</b> -παράμετροι	15.18
15.3.1	Υλοποίηση διθύρων με <b>y</b> -παραμέτρους	15.24
15.3.2	Παράλληλη σύνδεση διθύρων	15.27
15.3.3	Δίθυρο τύπου X	15.30
15.4	Υβριδικοί Παράμετροι	15.33
15.4.1	<b>g</b> -παράμετροι	15.34
15.4.2	Υλοποίηση διθύρων με χρήση <b>g</b> -παραμέτρων	15.39
15.5.3	<b>h</b> -παράμετροι	15.41
15.5	<b>T</b> -παράμετροι	15.48
15.5.1	Διαδοχική σύνδεση διθύρων	15.54
15.6	Εφαρμογές των διθύρων	15.61
15.7	Ανακλώμενες σύνθετες αντιστάσεις	15.63
15.2.1	Σύνθετες αντιστάσεις εικόνες	15.64
15.2.2	Επαναλαμβανόμενες σύνθετες αντιστάσεις διθύρου	15.65
15.8	Λυμένα παραδείγματα	15.66
	Ασκήσεις	15.85

## **Βιβλιογραφία**

### **Ευρετήριο**

### **Παράρτημα - Μαθηματικό Τυπολόγιο**

