

Στην μνήμη του πατέρα μου Παύλου
και στην μάνα μου Ελένη,
με αγάπη και ευγνωμοσύνη

Πρόλογος

Το παρόν βιβλίο προορίζεται να αποτελέσει ένα ουσιαστικό βοήθημα για τους φοιτητές των Πολυτεχνικών Σχολών και των Τεχνολογικών Ιδρυμάτων γενικότερα, όσον αφορά στην κατανόηση των βασικών εννοιών και τεχνικών που έχουν σχέση με την **Ανάλυση των Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων**.

Ιδιαίτερη έμφαση έχει δοθεί, ώστε η ανάπτυξη της ύλης του βιβλίου, να γίνεται με τρόπο απλό, διαυγή και κατανοητό, έτσι ώστε ο αναγνώστης του βιβλίου να κατανοήσει σε βάθος τις αντίστοιχες έννοιες και τεχνικές και να τις εφαρμόσει με επιτυχία στην επίλυση διαφόρων Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων.

Η ύλη του παρόντος βιβλίου (τόμος Α'), αναπτύσσεται σε πέντε κεφάλαια.

Στο **πρώτο κεφάλαιο**, γίνεται μια εισαγωγή στους βασικούς ορισμούς και τις βασικές έννοιες των Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων όπως π.χ. Ηλεκτρική Τάση, Ηλεκτρικό Ρεύμα, Ισχύς, Αντιστάσεις, Πηγία, Πυκνωτές, Νόμος του Ohm, Νόμοι του Kirchhoff, κ.λπ.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** αναπτύσσονται οι βασικές τεχνικές και τα θεωρήματα σε Κυκλώματα Συνεχούς Ρεύματος (DC Analysis), όπως π.χ. η μέθοδος των Βρόγχων, η μέθοδος των Κόμβων, η αρχή της Επαλληλίας, το Θεώρημα Thevenin, το Θεώρημα Norton, το Θεώρημα Kennelly, κ.λπ.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** γίνεται μια λεπτομερής εισαγωγή στις γενικευμένες συναρτήσεις ή κατανομές, της οποίας κύριος αντιπρόσωπος είναι η συνάρτηση Delta ή η συνάρτηση του Dirac $\delta(t)$, κ.λπ., στις σειρές Fourier καθώς και στον μετασχηματισμό Fourier.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** αναπτύσσεται η Θεωρία των μεταβατικών φαινομένων (Transients), σε κυκλώματα R – L ή R – C, ενώ στο **πέμπτο κεφάλαιο** αναπτύσσεται η Θεωρία των μεταβατικών φαινομένων σε κυκλώματα R – L – C.

Σε κάθε κεφάλαιο επιλύεται ικανός αριθμός ασκήσεων, για την κατανόηση της αντίστοιχης θεωρίας, ενώ στο τέλος κάθε κεφαλαίου υπάρχουν ασκήσεις προς επίλυση, οι οποίες συνοδεύονται από τις απαντήσεις τους, για να δύναται έτσι ο αναγνώστης να ελέγξει την ορθότητα των υπολογισμών του.

Η ανάλυση Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων, σε Ημιτονοειδείς Διεγέρσεις (κυκλώματα Εναλλασσομένου Ρεύματος), σε Περιοδικές Διεγέρσεις καθώς και σε Διεγέρσεις σε Σήματα οποιασδήποτε μορφής π.χ. με τη βοήθεια του Μετασχηματισμού Laplace, θα αποτελέσει αντικείμενο ενός Δεύτερου Τόμου στο εγγύς μέλλον.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην κ. Κυριακή Βογιατζή του γραφείου ERMISgraphics, της οποίας η βοήθεια υπήρξε πολύτιμη, τόσο στο επίπεδο της δακτυλογράφησης όσο και στις γενικότερες υποδείξεις της, οι οποίες συνέβαλαν στην άρτια παρουσίαση του βιβλίου.

Αθήνα, Ιούλιος 2013
Δημήτριος Παύλου Κανούσης

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΣΤΟΥΣ ΟΡΙΣΜΟΥΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ	11
1.1 Βασικοί Ορισμοί	11
1.2 Ιδανικά στοιχεία εις τα ηλεκτρικά κυκλώματα	13
1.3 Πηγές ηλεκτρικής ενέργειας.....	22
1.4 Οι νόμοι του Kirchhoff (Οι δύο Θεμελιώδεις Νόμοι εις την Θεωρία των Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων).....	28
1) Νόμος Ρευμάτων του Kirchhoff (N.P.K.).....	30
2) Νόμος Τάσεων του Kirchhoff (N.T.K.).....	32
1.5. Ισοδύναμα κυκλώματα.....	50
1) Σύνδεση Ωμικών Αντιστάσεων.	50
2) Σύνδεση Πηνίων	52
3) Σύνδεση Πυκνωτών	53
4) Διαιρέτης τάσεως	54
5) Διαιρέτης ρεύματος.....	55
6) Μετασχηματισμός πηγής τάσεως εν σειρά με εσωτερική αντίσταση σε ισοδύναμη πηγή ρεύματος εν παραλλήλω με εσωτερική αντίσταση.....	56
1.6 Η έννοια της γραμμικότητας (Linearity).....	66
1.7 Ανακεφαλαίωση	72
1.8 Γενικά Παραδείγματα.....	73
ΑΣΚΗΣΕΙΣ.....	82
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (DC ΑΝΑΛΥΣΗ). ΒΑΣΙΚΑ ΘΕΩΡΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ	93
2.1 Εισαγωγή	93
2.2 Θεμελιώδεις έννοιες και αλγεβρικές πράξεις μεταξύ Πινάκων.....	93
2.3. Ορίζουσες πινάκων – Αντιστροφή πινάκων	98
2.4. Επίλυση γραμμικών συστημάτων αλγεβρικών εξισώσεων με την βοήθεια της θεωρίας των πινάκων.....	103
2.5. Μέθοδος βρόγχων (Mesh or Loop Analysis)	108
2-6. Μέθοδος κόμβων (Nodal Analysis)	117
2.7. Μετασχηματισμός πηγών ηλεκτρικής ενέργειας.....	127
2-8. Η αρχή της επαλληλίας (Superposition Principle).....	131

2.9. Το Θεώρημα Millman	138
2.10 Το θεώρημα Thevenin	141
2.11. Το Θεώρημα Norton	145
2.12 Σχέση μεταξύ V_{TH}, R_{TH}, I_N, R_N	147
2.13 Μετασχηματισμός τριγώνου σε αστέρα (Θεώρημα Kennelly)	148
2.14 Ανακεφαλαίωση	152
2.15 Γενικά παραδείγματα	153
ΑΣΚΗΣΕΙΣ	180

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ (ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΕΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ - ΣΕΙΡΕΣ FOURIER - ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ FOURIER)	191
3.1 Βασικές Έννοιες και Ορισμοί	191
3.2 Η μοναδιαία βηματική συνάρτηση (Unit Step Function) $u(t)$	195
3.3 Η μοναδιαία συνάρτηση αναρρίχησης (Unit Ramp Function), $r(t)$	197
3.4 Η μοναδιαία παραβολή (Unit Parabola), $p(t)$	198
3.5 Η μοναδιαία κρουστική συνάρτηση (Unit Impulse Function), $\delta(t)$ ή η συνάρτηση "DELTA" ή η συνάρτηση του Dirac	199
3.6 Γενικευμένες συναρτήσεις ή κατανομές (Generalized Functions or Distributions)	210
3.7 Παράγωγοι της συναρτήσεως $\delta(t)$	214
3.8 Αναπαράσταση σημάτων συναρτήσεων των στοιχειωδών συναρτήσεων $\delta(t)$, $u(t)$, $r(t)$ και $p(t)$	218
3.9 Η κρουστική απόκριση $h(t)$, γραμμικών συστημάτων	223
3.10 Ορθογώνια σήματα (Orthogonal Signals)	233
3.11 Ανάπτυξη σημάτων σε σειρές ορθογωνίων σημάτων	243
3.12 Ανάπτυξη σημάτων σε τριγωνομετρικές σειρές Fourier (Αρμονική Ανάλυση)	251
3.13 Οι τριγωνομετρικές σειρές Fourier σε μιγαδική μορφή	256
3.14 Ανάλυση περιοδικών σημάτων σε σειρές Fourier	258
3.15 Αρμονική ανάλυση μη περιοδικών σημάτων (Μετασχηματισμός FOURIER) ..	272
3.16 Βασικές ιδιότητες του Μετασχηματισμού FOURIER	289
3.17 Γενικά Παραδείγματα	297
ΑΣΚΗΣΕΙΣ	325

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΕ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ R-L Ή R-C	339
4.1 Εισαγωγικές έννοιες	339
4.2 Γραμμικές Διαφορικές Εξισώσεις 1ης τάξεως	341
4.3 Κυκλώματα R – L	348
a) Κυκλώματα R – L ελεύθερα πηγών	349
b) Κυκλώματα R – L με πηγές Ηλεκτρικής Ενέργειας	351

4.4	Κυκλώματα R – C	359
	a) Κυκλώματα R – C ελεύθερα πηγών	359
	b) Κυκλώματα R – C με πηγές Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	362
4.5	Γενικά παραδείγματα	366
	ΑΣΚΗΣΕΙΣ	373
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΕ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ R-L-C.....		381
5.1	Εισαγωγικές έννοιες	381
5.2	Γραμμικές Διαφορικές Εξισώσεις 2ας τάξεως.....	387
5.3	Η Μέθοδος των Phasor για τον υπολογισμό της μερικής λύσεως $y_p(t)$, όταν οι πηγές ηλεκτρικής ενέργειας είναι ημιτονοειδείς συναρτήσεις του χρόνου.	398
5.4	Κυκλώματα L-C	411
5.5	Κυκλώματα R-L-C ελεύθερα πηγών.....	414
5.6	Κυκλώματα R-L-C με πηγές ηλεκτρικής ενέργειας.....	420
5.7	Γενικά Παραδείγματα.....	424
	ΑΣΚΗΣΕΙΣ	429