

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΗΜΕΙΩΜΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ .....	xvii
ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	xix
<b>1 Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΗΠΑ .....</b>	<b>1</b>
1.1 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ: Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΙΣΩ ΑΠΟ ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....	1
1.2 Η ΠΡΩΙΜΗ ΜΑΧΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥ EDISON ΚΑΙ ΤΟΥ WESTINGHOUSE .....	3
1.3 Η ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΠΛΕΥΡΑ ΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΚΟΙΝΗΣ ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ .....	4
1.3.1 Ο Νόμος του 1935 για τις Δημόσιες Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας (The Public Utility Holding Company Act of 1935) .....	5
1.3.2 Ο Νόμος του 1978 για τη Ρυθμιστική Πολιτική των Δημόσιων Επιχειρήσεων (The Public Utility Regulatory Policies Act of 1978) .....	6
1.3.3 Οι Επιχειρήσεις Κοινής Ωφέλειας και οι Επιχειρήσεις μη Κοινής Ωφέλειας .....	7
1.3.4 Ανοίγοντας το Δίκτυο σε Επιχειρήσεις μη Κοινής Ωφέλειας (NUG) .....	8
1.3.5 Η Ανάδυση Ανταγωνιστικών Αγορών .....	9
1.4 ΥΠΟΔΟΜΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ: ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ .....	13
1.4.1 Το Ηλεκτρικό Δίκτυο της Βόρειας Αμερικής .....	13
1.4.2 Εξισορρόπηση Προσφοράς και Ζήτησης Ηλεκτρισμού .....	16
1.4.3 Σταθερότητα Δικτύου .....	19
1.4.4 Στατιστικά Βιομηχανίας .....	21
1.5 ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	24
1.5.1 Βασικοί Ατμοηλεκτρικοί Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας .....	25
1.5.2 Ατμοηλεκτρικοί Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας με Καύση Άνθρακα .....	26
1.5.3 Αεριοστρόβιλοι .....	29
1.5.4 Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας Συνδυασμένου Κύκλου .....	31
1.5.5 Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας Συνδυασμένου Κύκλου, Ολοκληρωμένης Αεριοποίησης .....	32
1.5.6 Πυρηνική Ενέργεια .....	33
1.6 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΩΝ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ .....	36
1.6.1 Ετήσια Πάγια Έξοδα .....	36
1.6.2 Σταθμισμένο Κόστος Ενέργειας (LCOE) .....	38
1.6.3 Καμπύλες Διαλογής .....	41
1.6.4 Καμπύλες Διάρκειας Φορτίου .....	41
1.6.5 Επίδραση του Κόστους Άνθρακα και Άλλων Εξωτερικών Παραγόντων .....	45



1.7	ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	46
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	47
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ .....	47
<b>2</b>	<b>ΒΑΣΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ .....</b>	<b>53</b>
2.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ .....	53
2.2	ΟΡΙΣΜΟΙ ΘΕΜΕΛΙΩΔΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ .....	54
2.2.1	Φορτίο .....	54
2.2.2	Ρεύμα .....	54
2.2.3	Νόμος του Kirchhoff για το Ρεύμα .....	56
2.2.4	Τάση .....	58
2.2.5	Νόμος του Kirchhoff για την Τάση .....	59
2.2.6	Ισχύς .....	59
2.2.7	Ενέργεια .....	60
2.2.8	Σύνοψη των Κύριων Ηλεκτρικών Μεγεθών .....	60
2.3	ΙΔΑΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΡΕΥΜΑΤΟΣ .....	61
2.3.1	Ιδανική Πηγή Τάσης .....	61
2.3.2	Ιδανική Πηγή Ρεύματος .....	61
2.4	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ .....	62
2.4.1	Νόμος του Ohm .....	62
2.4.2	Σύνδεση Αντιστατών σε Σειρά .....	63
2.4.3	Παράλληλη Σύνδεση Αντιστατών .....	64
2.4.4	Ο Διαρέτης Τάσης .....	66
2.4.5	Αντίσταση Καλωδίου .....	67
2.5	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ .....	72
2.6	ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ .....	74
2.6.1	Ηλεκτρομαγνητισμός .....	74
2.6.2	Μαγνητικά Κυκλώματα .....	75
2.7	ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗ .....	78
2.7.1	Φυσική των Επαγωγικών Στοιχείων .....	78
2.7.2	Σχέσεις Κυκλωμάτων για Πηνία .....	81
2.8	ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ .....	84
2.8.1	Ιδανικοί Μετασχηματιστές .....	84
2.8.2	Απώλειες Μαγνήτισης .....	87
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ .....	91
<b>3</b>	<b>ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....</b>	<b>99</b>
3.1	ΕΝΕΡΓΟΙ ΤΙΜΕΣ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΡΕΥΜΑΤΟΣ .....	99
3.2	ΙΔΑΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΥΠΟΚΕΙΝΤΑΙ ΣΕ ΗΜΙΤΟΝΟΕΙΔΕΙΣ ΤΑΣΕΙΣ 103	
3.2.1	Ιδανικοί Αντιστάτες .....	103
3.2.2	Ιδανικοί Πυκνωτές .....	104
3.2.3	Ιδανικά Πηνία .....	107
3.2.4	Σύνθετη Αντίσταση .....	109
3.3	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ .....	113
3.3.1	Το Τρίγωνο της Ισχύος .....	114
3.3.2	Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος .....	116



3.4	ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΗ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ ΜΕ ΤΡΙΑ ΚΑΛΩΔΙΑ .....	118
3.5	ΤΡΙΦΑΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	121
3.5.1	Συμμετρικά Συστήματα με Σύνδεση κατά Αστέρα .....	121
3.5.2	Τριφασικά Συστήματα με Σύνδεση κατά Τρίγωνο .....	127
3.6	ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΓΡΝΝΗΤΡΙΕΣ .....	129
3.6.1	Το Περιστρεφόμενο Μαγνητικό Πεδίο .....	130
3.6.2	Διανυσματικό Μοντέλο μιας Σύγχρονης Γεννήτριας .....	131
3.7	ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗ .....	133
3.7.1	Απώλειες Αντίστασης στο Σύστημα T&D .....	133
3.7.2	Σημασία της Αέργου Ισχύος $Q$ σε Συστήματα T&D .....	136
3.7.3	Επιπτώσεις των $P$ και $Q$ στην Πτώση Τάσης των Γραμμών .....	138
3.8	ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΙΣΧΥΟΣ .....	141
3.8.1	Εισαγωγή στις Αρμονικές .....	142
3.8.2	Ολική Αρμονική Παραμόρφωση .....	145
3.8.3	Αρμονικές και Υπερφορτωμένοι Ουδέτεροι .....	145
3.8.4	Αρμονικές στους Μετασχηματιστές .....	148
3.9	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΙΣΧΥΟΣ .....	148
3.9.1	Μετατροπή AC σε DC .....	149
3.9.2	Μετατροπές DC σε DC .....	152
3.9.3	Αντιστροφείς DC σε AC .....	156
3.10	BACK-TO-BACK ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΠΗΓΗΣ ΤΑΣΗΣ .....	158
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	159
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ .....	159
<b>4</b>	<b>Η ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....</b>	<b>167</b>
4.1	ΤΟ ΗΛΙΑΚΟ ΦΑΣΜΑ .....	167
4.2	Η ΤΡΟΧΙΑ ΤΗΣ ΓΗΣ .....	171
4.3	ΓΩΝΙΑ ΥΨΟΥΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ ΤΟ ΗΛΙΑΚΟ ΜΕΣΗΜΕΡΙ .....	173
4.4	Η ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ ΚΑΘΕ ΣΤΙΓΜΗ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ .....	176
4.5	ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΚΙΑΣΗΣ ΜΕ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΟΡΕΙΑΣ ΗΛΙΟΥ .....	179
4.6	ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΚΙΑΣΗΣ ΜΕ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΚΙΑΣΗΣ .....	182
4.7	ΗΛΙΑΚΗ ΩΡΑ ΚΑΙ ΩΡΟΛΟΓΙΑΚΗ ΩΡΑ .....	185
4.8	ΑΝΑΤΟΛΗ ΚΑΙ ΔΥΣΗ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ .....	187
4.9	ΑΜΕΣΗ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΘΑΡΟΥ ΟΥΡΑΝΟΥ .....	190
4.10	ΟΛΙΚΗ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΘΑΡΟΥ ΟΥΡΑΝΟΥ ΠΑΝΩ ΣΕ ΜΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ .....	193
4.10.1	Άμεση Ακτινοβολία .....	194
4.10.2	Διάχυτη Ακτινοβολία .....	195
4.10.3	Ανακλώμενη Ακτινοβολία .....	197
4.10.4	Συστήματα Ιχνηλάτησης-Ανίχνευσης (Tracking) .....	199
4.11	ΜΗΝΙΑΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΘΑΡΟΥ ΟΥΡΑΝΟΥ .....	206
4.12	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ .....	209
4.13	ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΥΠΟ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΟΥΡΑΝΟ .....	211
4.13.1	Ηλιακή Ακτινοβολία σε Ηλιακό Συλλέκτη ενός Τυπικού Μετεωρολογικού Έτους .....	212
4.14	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ .....	214
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	221
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ .....	221



<b>5</b>	<b>ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ</b> .....	227
5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	227
5.2	ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΩΝ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ .....	229
5.2.1	Το Ενεργειακό Διάκενο .....	230
5.2.2	Επίδραση του Ενεργειακού Διάκενου στην Απόδοση των Φ/Β .....	233
5.2.3	Η Επαφή p-n .....	236
5.2.4	Η Δίοδος Επαφής p-n .....	238
5.2.5	Ένα Τυπικό Φ/Β Στοιχείο .....	240
5.3	ΥΛΙΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ .....	241
5.3.1	Κρυσταλλικό Πυρίτιο .....	241
5.3.2	Άμορφο Πυρίτιο .....	244
5.3.3	Αρσενικούχο Γάλλιο .....	246
5.3.4	Τελλουριούχο Κάδμιο .....	247
5.3.5	Δισεληνοϊνδιούχος Χαλκός με Προσθήκη Γαλλίου .....	248
5.4	ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΓΙΑ Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....	249
5.4.1	Το πιο Απλό Ισοδύναμο Κύκλωμα .....	249
5.4.2	Ένα πιο Ακριβές Ισοδύναμο Κύκλωμα για ένα Φ/Β Στοιχείο .....	251
5.5	ΑΠΟ ΤΑ Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΑ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΟΙΧΙΕΣ .....	255
5.5.1	Από το Φ/Β Στοιχείο στο Φ/Β Πλαίσιο .....	256
5.5.2	Από το Φ/Β Πλαίσιο στη Φ/Β Συστοιχία .....	258
5.6	Η ΚΑΜΠΥΛΗ $I-V$ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΝΟΝΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ .....	259
5.7	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΙΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ $I-V$ .....	262
5.8	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΣΤΙΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ $I-V$ .....	264
5.8.1	Η Φυσική της Σκίασης .....	264
5.8.2	Δίοδοι Παράκαμψης και Δίοδοι Αντεπιστροφής για την Αντιμετώπιση της Σκίασης ...	268
5.9	ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΣΗΜΕΙΟΥ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ (MPPT) .....	271
5.9.1	Μετατροπέας Ανόρθωσης-Υποβιβασμού .....	271
5.9.2	Ελεγκτές MPPT .....	274
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	277
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ .....	278
<b>6</b>	<b>ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ</b> .....	285
6.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	285
6.2	ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΛΕΥΡΑ ΤΟΥ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ .....	285
6.2.1	Φυσικά Μέρη ενός Διασυνδεδεμένου Συστήματος .....	286
6.2.2	Μικροαντιστροφείς .....	288
6.2.3	Συστήματα Συμψηφισμού Ενέργειας και Τιμολόγια Διάθεσης Ενέργειας .....	289
6.3	ΠΡΟΒΛΕΠΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ Φ/Β .....	291
6.3.1	Μείωση Ενεργειακής Απόδοσης Φωτοβολταϊκών μη Σχετιζόμενη με τη Θερμοκρασία .....	291
6.3.2	Μείωση Απόδοσης Φωτοβολταϊκών Σχετιζόμενη με τη Θερμοκρασία .....	295
6.3.3	Η Προσέγγιση των «Ωρών Κορυφής» για την Εκτίμηση της Απόδοσης των Φ/Β .....	298
6.3.4	Κανονικοποιημένες Εκτιμήσεις Παραγωγής Ενέργειας .....	301
6.3.5	Συντελεστές Ισχύος για Διασυνδεδεμένα Φωτοβολταϊκά Συστήματα .....	303
6.3.6	Μερικά Πρακτικά Ζητήματα Σχεδιασμού .....	304



6.4	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ .....	306
6.4.1	Κόστος Φωτοβολταϊκών Συστημάτων .....	306
6.4.2	Απόσβεση Κόστους .....	309
6.4.3	Ταμειακές Ροές (Cash Flow) .....	313
6.4.4	Πολιτική Τιμολόγησης Οικιακών Καταναλώσεων .....	314
6.4.5	Πολιτική Τιμολόγησης Εμπορικών και Βιομηχανικών Καταναλώσεων .....	317
6.4.6	Οικονομικά Φωτοβολταϊκών Συστημάτων Εμπορικών Κτιρίων .....	318
6.4.7	Συμβάσεις Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας .....	320
6.4.8	Μεγάλα Διασυνδεδεμένα Φωτοβολταϊκά Συστήματα .....	320
6.5	ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	323
6.5.1	Εξαρτήματα Αυτόνομων Συστημάτων .....	323
6.5.2	Αυτορρυθμιζόμενα Φ/Β Πλαίσια .....	325
6.5.3	Εκτίμηση Φορτίου .....	327
6.5.4	Αρχική Διαστασιολόγηση Συστοιχίας με MPPT .....	330
6.5.5	Συσσωρευτές .....	332
6.5.6	Βασικά Χαρακτηριστικά Συσσωρευτών Μολύβδου-Οξέος .....	332
6.5.7	Χωρητικότητα Συσσωρευτή .....	336
6.5.8	Απόδοση Coulomb αντί για Ενεργειακή Απόδοση .....	339
6.5.9	Διαστασιολόγηση Συσσωρευτή .....	341
6.5.10	Διαστασιολόγηση Συστοιχίας χωρίς MPPT .....	344
6.5.11	Ένα Απλό Πρότυπο Σχεδιασμού .....	347
6.5.12	Κοστολόγηση Αυτόνομου Φ/Β .....	349
6.6	ΑΝΤΛΗΣΗ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ .....	352
6.6.1	Η Ηλεκτρική Πλευρά του Συστήματος .....	353
6.6.2	Χαρακτηριστική Καμπύλη Αντλίας .....	354
6.6.3	Χαρακτηριστικές Καμπύλες Υδραυλικού Συστήματος .....	358
6.6.4	Συνεκτιμώντας Όλες τις Παραμέτρους για την Πρόβλεψη Απόδοσης Συστήματος .....	360
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	363
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ .....	363
<b>7</b>	<b>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....</b>	<b>373</b>
7.1	ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	373
7.2	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ: ΔΡΟΜΕΙΣ .....	378
7.3	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ: ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ .....	381
7.3.1	Σύγχρονες Γεννήτριες Σταθερής Ταχύτητας .....	382
7.3.2	Επαγωγική Γεννήτρια Βραχυκυκλωμένου Κλωβού .....	382
7.3.3	Επαγωγική Γεννήτρια Διπλής Τροφοδοσίας .....	384
7.3.4	Σύγχρονες Γεννήτριες Μεταβλητής Ταχύτητας .....	386
7.4	ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ .....	387
7.4.1	Θερμοκρασία και Ύψόμετρο για τη Διόρθωση της Πυκνότητας Αέρα .....	389
7.4.2	Επίδραση του Ύψους του Πύργου .....	391
7.5	ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ .....	395
7.5.1	Το Όριο του Betz .....	395
7.5.2	Ιδεατή Καμπύλη Ισχύος Ανεμογεννήτριας .....	398
7.5.3	Καμπύλες Πραγματικής Ισχύος .....	399
7.5.4	Ταξινομήσεις Ανεμογεννητριών IEC .....	403
7.5.5	Μέτρηση του Ανέμου .....	404



7.6	ΜΕΣΗ ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ .....	405
7.6.1	Διακριτά Ιστογράμματα Ανέμου .....	405
7.6.2	Συνάρτηση Πυκνότητας Πιθανότητας Αιολικής Ισχύος .....	408
7.6.3	Στατιστική Ανάλυση του Ανέμου κατά Weibull και Rayleigh .....	409
7.6.4	Μέση Ισχύς Ανέμου με Στατιστική Rayleigh .....	411
7.6.5	Ταξινομήσεις Αιολικού Δυναμικού .....	413
7.7	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ .....	415
7.7.1	Αθροιστική Συνάρτηση Κατανομής Ταχύτητας Ανέμου .....	415
7.7.2	Χρησιμοποιώντας Πραγματικές Καμπύλες Ισχύος με Στατιστική Κατανομή Weibull .....	418
7.7.3	Ένας Απλός Τρόπος για την Εκτίμηση των Συντελεστών Χωρητικότητας .....	422
7.8	ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ .....	427
7.8.1	Χερσαίο Αιολικό Δυναμικό .....	427
7.8.2	Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα .....	433
7.9	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ .....	439
7.9.1	Ετήσιο Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανεμογεννήτριες .....	440
7.9.2	LCOE με MACRS και PTC .....	443
7.9.3	Χρηματοδότηση Αιολικών Συστημάτων .....	446
7.10	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ .....	448
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	449
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ .....	449
<b>8</b>	<b>ΆΛΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....</b>	<b>455</b>
8.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	455
8.2	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (CSP) .....	455
8.2.1	Απόδοση Carnot για Θερμικές Μηχανές .....	456
8.2.2	Συγκέντρωση Άμεσης Ηλιακής Ακτινοβολίας .....	459
8.2.3	Ψύξη με Συμπυκνωτή για Συστήματα CSP .....	460
8.2.4	Αποθήκευση Θερμικής Ενέργειας για Συστήματα CSP .....	462
8.2.5	Γραμμικά Συστήματα Παραβολικών Κοίλων Κατόπτρων .....	465
8.2.6	Ηλιακά Συστήματα Κεντρικού Δέκτη (Πύργοι Ισχύος) .....	467
8.2.7	Γραμμικοί Ανακλαστήρες Fresnel (LFR) .....	469
8.2.8	Ηλιακά Συστήματα Ενέργειας Dish Stirling .....	470
8.2.9	Συνοψίζοντας τις Τεχνολογίες CSP .....	474
8.3	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (WEC) .....	476
8.3.1	Πόροι Κυματικής Ενέργειας .....	477
8.3.2	Τεχνολογία Μετατροπής Κυματικής Ενέργειας .....	481
8.3.3	Πρόβλεψη Απόδοσης WEC .....	482
8.3.4	Το Μέλλον της Κυματικής Ενέργειας .....	484
8.4	ΠΑΛΙΡΡΟΪΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....	485
8.4.1	Παραγωγή Ηλεκτρικής από Παλιρροϊκή Ενέργεια .....	485
8.4.2	Προέλευση των Παλιρροϊών .....	487
8.4.3	Υπολογισμός Ισχύος Παλιρροϊκού Ρεύματος .....	488
8.4.4	Υπολογισμός Παραγόμενης Παλιρροϊκής Ενέργειας .....	492
8.5	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....	493
8.5.1	Διαμόρφωση Συστημάτων Υδροηλεκτρικής Ενέργειας .....	494
8.5.2	Βασικές Αρχές .....	495



8.5.3	Υδροστρόβιλοι .....	498
8.5.4	Υπολογισμός Απωλειών .....	500
8.5.5	Μέτρηση Ροής για Μικρό Υδροηλεκτρικό Σύστημα .....	502
8.5.6	Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός Υδροηλεκτρικών Συστημάτων Μικρής Κλίμακας .....	503
8.6	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗΣ .....	504
8.7	ΒΙΟΜΑΖΑ ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟ .....	507
8.8	ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....	509
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	512
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ .....	513
<b>9</b>	<b>ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....</b>	<b>517</b>
9.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	517
9.2	ΕΞΥΠΝΟ ΔΙΚΤΥΟ .....	518
9.2.1	Αυτοματοποίηση Συστημάτων Διανομής .....	518
9.2.2	Βελτιστοποίηση Volt/VAR .....	520
9.2.3	Καλύτερος Έλεγχος του Δικτύου .....	521
9.2.4	Προηγμένες Υποδομές Μέτρησης .....	522
9.2.5	Αναπόκριση στη Ζήτηση .....	524
9.2.6	Δυναμική Ζήτηση .....	525
9.3	ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	527
9.3.1	Σταθερή Αποθήκευση σε Συσσωρευτές .....	527
9.3.2	Ηλεκτρικά Οχήματα και Αποθήκευση σε Κινούμενους Συσσωρευτές .....	529
9.4	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΛΕΥΡΑ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ .....	532
9.4.1	Αντικίνητρα Παραδοσιακής Διαμόρφωσης Τιμών .....	533
9.4.2	Απαραίτητες Συνθήκες για Επιτυχημένα Προγράμματα DSM .....	534
9.4.3	Μέτρα Κόστους-Αποτελεσματικότητας του Προγράμματος DSM .....	536
9.5	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ .....	538
9.5.1	Καμπύλες Εξοικονομούμενης Ενέργειας .....	538
9.5.2	Καμπύλες Μείωσης Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου .....	541
9.6	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ .....	543
9.6.1	Μέτρα Απόδοσης CHP .....	543
9.6.2	Οικονομικά Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας .....	544
9.7	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ .....	548
9.7.1	HHV και LHV .....	548
9.7.2	Μικροστρόβιλοι .....	549
9.7.3	Εμβολοφόροι Κινητήρες Εσωτερικής Καύσης .....	551
9.8	ΚΥΨΕΛΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ .....	554
9.8.1	Ιστορική Ανάπτυξη .....	554
9.8.2	Βασική Λειτουργία Κυψελών Καυσίμου .....	555
9.8.3	Θερμοδυναμική Κυψελών Καυσίμου: Ενθαλπία .....	556
9.8.4	Εντροπία και Θεωρητική Απόδοση Κυψελών Καυσίμου .....	559
9.8.5	Ελεύθερη Ενέργεια Gibbs και Απόδοση Κυψέλης Καυσίμου .....	562
9.8.6	Ηλεκτρική Έξοδος μιας Ιδανικής Κυψέλης .....	563
9.8.7	Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά Πραγματικών Κυψελών Καυσίμου .....	564
9.8.8	Τύποι Κυψελών Καυσίμου .....	566
9.8.9	Παραγωγή Υδρογόνου .....	570
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	572
	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ .....	573



<b>10 ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ</b> .....	579
10.1 ΑΠΛΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ .....	579
10.2 ΑΡΧΙΚΟΣ (ΑΠΛΟΣ) ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ .....	580
10.3 Η ΧΡΟΝΙΚΗ ΑΞΙΑ ΤΩΝ ΧΡΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ Η ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ .....	580
10.4 ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ .....	582
10.5 ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (NET PRESENT VALUE – NPV) ΜΕ ΚΛΙΜΑΚΩΣΗ ΤΙΜΩΝ ΤΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ .....	584
10.6 IRR ΜΕ ΚΛΙΜΑΚΩΣΗ ΤΙΜΩΝ ΤΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ (ΑΝΑΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΙΜΩΝ ΤΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ) .....	585
10.7 ΕΤΗΣΙΑ ΑΝΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ .....	586
10.8 ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΑ ΚΟΣΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	588
10.9 ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΗΜΑΤΟΡΟΩΝ .....	591
ΕΝΟΤΗΤΑ Α ΧΡΗΣΙΜΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ .....	593
ΕΝΟΤΗΤΑ Β ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΡΟΧΙΑΣ ΗΛΙΟΥ (ΗΛΙΑΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ) .....	597
ΕΝΟΤΗΤΑ Γ ΩΡΙΑΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΘΑΡΟΥ ΟΥΡΑΝΟΥ .....	601
ΕΝΟΤΗΤΑ Δ ΜΗΝΙΑΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΘΑΡΟΥ ΟΥΡΑΝΟΥ .....	611
ΕΝΟΤΗΤΑ Ε ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΚΙΑΣΗΣ .....	615
ΕΝΟΤΗΤΑ ΣΤ ΠΙΝΑΚΕΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΑΝΑ ΠΟΛΗ .....	619
<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ</b> .....	631