

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΒΙΒΛΙΑ ΤΟΥ ΙΔΙΟΥ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ .....</b>	<b>I</b>
<b>ΣΥΝΤΟΜΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ .....</b>	<b>V</b>
<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....</b>	<b>VII</b>
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....</b>	<b>IX</b>
<b>ΣΥΜΒΟΛΑ / ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ.....</b>	<b>XXI</b>
<b>A. ΘΕΩΡΙΑ .....</b>	<b>1</b>
<b>1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>3</b>
1.1 Ταξινόμηση Ρευστοδυναμικών Μηχανών .....	3
1.2 Στοιχεία Θερμοδυναμικής και Μηχανικής Ρευστών .....	6
1.2.1 Θερμοδυναμικά Συστήματα .....	6
1.2.2 Θερμοδυναμικές Ιδιότητες και Καταστάσεις .....	7
1.2.3 Ενέργεια .....	8
1.2.4 Μηδενικός Θερμοδυναμικός Νόμος .....	10
1.2.5 Έργο .....	10
1.2.6 Πρώτος Θερμοδυναμικός Νόμος για Κλειστά Συστήματα .....	12
1.2.7 Ιδανικό (Τέλειο) Αέριο .....	13
1.2.8 Ενθαλπία .....	13
1.2.9 Ειδικές Θερμότητες Ιδανικών Αερίων .....	14
1.2.10 Αρχή Διατήρησης της Μάζας.....	16
1.2.11 Ολική Θερμοδυναμική Ενέργεια Ρέοντος Ρευστού .....	19
1.2.12 Πρώτος Θερμοδυναμικός Νόμος για Ανοικτά Συστήματα Σταθεροποιημένης Ροής .....	19
1.2.13 Εξίσωση Bernoulli .....	21
1.2.14 Θεωρία του Newton .....	27
1.2.15 Δυνάμεις σε Ρέοντα Ρευστά .....	27
1.2.16 Εξίσωση της Γραμμικής Ορμής.....	29
1.2.17 Περιστροφική Κίνηση και Εξίσωση της Στροφορμής .....	31
1.2.18 Μεταβολές Μόνιμης Ροής.....	35
1.2.19 Έργο Ογκομεταβολής και Τεχνικό Έργο .....	38
1.2.20 Δεύτερος Θερμοδυναμικός Νόμος.....	38
1.2.21 Ιδανικός Κύκλος Παραγωγής Ψύξης με Συμπύεση .....	38
1.2.22 Εντροπία – Τρίτος Θερμοδυναμικός Νόμος.....	40
1.2.23 Ρευστά σε Υψηλές Ταχύτητες ( $M > 0.3$ ) .....	41
1.2.24 Φαινόμενα Συμπιεστότητας.....	43
1.2.25 Σχέσεις Μεταξύ Στατικών και Ολικών Μεγεθών Συναρτήσει του Αριθμού Mach.....	45
1.2.26 Υδροστατική.....	45
1.2.27 Ταξινόμηση Ροών .....	49
1.2.28 Ιξώδες.....	51
1.2.29 Οριακό ή Υδροδυναμικό Στρώμα Ταχύτητας .....	53
1.2.29.1 Οριακό Στρώμα Ταχύτητας Εξωτερικής Ροής .....	53

1.2.29.2 Οριακό Στρώμα Ταχύτητας Εσωτερικής Ροής.....	56
1.2.30 Στρωτή Ροή στο Εσωτερικό Σωλήνων.....	60
1.2.30.1 Πτώση Πίεσης.....	62
1.2.30.2 Ταχύτητα και Ρυθμός Ροής στην Στρωτή Ροή σε Κεκλιμένους Σωλήνες.....	63
1.2.30.3 Ροή σε μη Κυκλικούς Σωλήνες.....	64
1.2.31 Τυρβώδης Ροή στο Εσωτερικό Σωλήνων.....	64
1.2.31.1 Απώλειες Ενέργειας σε Κλειστούς Αγωγούς.....	65
1.2.32 Σχεδίαση και την Ανάλυση Συστημάτων Σωληνώσεων.....	72
1.2.33 Εξωτερική Ροή.....	72
1.2.33.1 Οπισθέλκουσα και Άνωση.....	73
1.2.33.2 Οπισθέλκουσα Τριβής και Πίεσης.....	76
1.2.33.3 Συντελεστές Οπισθέλκουσας Συνήθων Γεωμετριών.....	78
1.2.33.4 Μείωση της Οπισθέλκουσας Δύναμης.....	79
1.2.33.5 Αποκόλληση Ροής.....	80
1.2.33.6 Ροή Παράλληλα από Επίπεδη Πλάκα.....	82
1.2.33.7 Ροή Γύρω από Κυλίνδρους και Σφαίρες.....	84
1.2.33.8 Φαινόμενο Magnus.....	89
1.2.33.9 Αεροδυναμική Άνωση & Οπισθέλκουσα σε Αεροτομές.....	89
1.2.33.10 Οπισθέλκουσα σε Υψηλές Ταχύτητες.....	96
1.2.33.11 Οπισθέλκουσα Οχημάτων, Πλοίων και Αεροσκαφών.....	97

## **2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΞΟΝΙΚΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΚΑΙ ΣΤΡΟΒΙΛΟΙ..... 102**

2.1 Διαστατική και Ομοιοματική Ανάλυση.....	102
2.1.1 Γενικά.....	102
2.1.2 Διαστατική Ανάλυση.....	102
2.1.3 Ομοιοματική Ανάλυση.....	105
2.1.4 Διαστατική Ανάλυση και Θεωρητική Περιγραφή της Συμπεριφοράς Αεριοστρόβιλου.....	107
2.2 Γενικά Χαρακτηριστικά Αξονικού Συμπιεστή.....	109
2.3 Το Πρόβλημα της Συμπίεσης.....	111
2.4 Η Βαθμίδα του Αξονικού Συμπιεστή - Τρίγωνα Ταχυτήτων.....	118
2.5 Παράγοντες που Επηρεάζουν το Λόγο Πίεσης Βαθμίδας του Συμπιεστή.....	129
2.6 Αριθμητικό Παράδειγμα.....	131
2.7 Πρακτικά Όρια Φόρτισης Πτερυγίων και Βαθμίδας.....	132
2.8 Ιδανική Λειτουργία Βαθμίδας Αξονικού Συμπιεστή.....	135
2.9 Πραγματική Λειτουργία Βαθμίδας Αξονικού Συμπιεστή.....	137
2.10 Χαρακτηριστική Συμπιεστή μίας Βαθμίδας.....	139
2.11 Χαρακτηριστικές Πολυβάθμιων Αξονικών Συμπιεστών.....	142
2.12 Γενικά Χαρακτηριστικά Αξονικού Στροβίλου.....	146
2.13 Προκαταρκτικός Σχεδιασμός Αξονικού Στροβίλου.....	146
2.14 Η Βαθμίδα του Αξονικού Στροβίλου - Τρίγωνα Ταχυτήτων.....	152
2.15 Ιδανική Λειτουργία Βαθμίδας Αξονικού Στροβίλου.....	160
2.16 Πραγματική Βαθμίδα Αξονικού Στροβίλου.....	161
2.17 Χαρακτηριστικές Πολυβάθμιων Αξονικών Στροβίλων.....	163
2.18 Παράγοντες που Επηρεάζουν το Λόγο Πίεσης Βαθμίδας του Στροβίλου.....	165
2.19 Τρισδιάστατη Ροή Σε Αξονικές Στροβιλομηχανές.....	167
2.19.1 Θεωρία Ακτινικής Ισορροπίας.....	168
2.19.2 Το Έμμεσο Πρόβλημα.....	170
2.19.3 Το Άμεσο Πρόβλημα.....	174
2.19.4 Προβλήματα Συμπιεστότητας.....	175
2.19.5 Θεωρία Ενεργοποιητικού Δίσκου.....	177

2.19.6 Περιγραφή Άλλων Μεθόδων Επίλυσης Τρισδιάστατης Ροής.....	179
2.19.7 Δευτερογενής Ροή.....	180

**3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ.....181**

3.1 Γενικά .....	181
3.2 Αεριοστρόβιλος, μια Πολλά Υποσχόμενη Μηχανή Εσωτερικής Καύσης.....	181
3.3 Αρχή Λειτουργίας.....	184
3.4 Τα Κύρια Εξαρτήματα των Αεριοστρόβιλων.....	187
3.4.1 Συμπιεστής .....	188
3.4.2 Στρόβιλος .....	190
3.4.3 Θάλαμος Καύσης.....	191
3.4.4 Σύστημα Εισαγωγής.....	193
3.4.5 Σύστημα Εξαγωγής.....	195
3.5 Η Τεχνολογική Πρόκληση .....	197
3.6 Ταξινόμηση Αεριοστρόβιλων και Βασικά Χαρακτηριστικά τους.....	201
3.7 Ιδανικοί Κύκλοι.....	205
3.8 Απλός Κύκλος Λειτουργίας Αεριοστρόβιλων.....	206
3.9 Κύκλος με Εναλλάκτη Θερμότητας ή Αναγεννητική Προθέρμανση .....	209
3.10 Κύκλος με Ενδιάμεση Ψύξη.....	211
3.11 Κύκλος με Αναθέρμανση.....	213
3.12 Κύκλος με Ενδιάμεση Ψύξη και Εναλλάκτη Θερμότητας.....	216
3.13 Κύκλος με Εναλλάκτη Θερμότητας και Αναθέρμανση .....	218
3.14 Κύκλος με Ενδιάμεση Ψύξη, Εναλλάκτη Θερμότητας και Αναθέρμανση .....	218
3.15 Αιτίες Διαφοροποίησης του Πραγματικού από τον Ιδανικό Κύκλο .....	219
3.16 Απόδοση Ισεντροπικής Συμπίεσης.....	220
3.17 Απόδοση Ισεντροπικής Εκτόνωσης.....	222
3.18 Απώλειες Πίεσης .....	224
3.19 Αποτελεσματικότητα Θερμικού Εναλλάκτη .....	225
3.20 Μηχανικές Απώλειες .....	226
3.21 Μεταβολή της Ειδικής Θερμότητας.....	226
3.22 Μεταβολή της Υγρασίας.....	227
3.23 Απόδοση Καύσης.....	229
3.24 Απόδοση του Πραγματικού Κύκλου Αξονοστροβιλοκινητήρα .....	230
3.25 Πραγματικός Κύκλος Αξονοστροβιλοκινητήρα.....	230
3.26 Πραγματική Λειτουργία Αεριοστρόβιλων .....	232
3.27 Διαδικασία Υπολογισμού της Λειτουργίας στο Σημείο Σχεδιασμού.....	232
3.28 Υπολογισμός του Σημείου Σχεδιασμού Αξονοστροβιλοκινητήρων (Turboshafts) .....	235
3.28.1 Απλός Κύκλος Brayton, Μονού Άξονα .....	235
3.28.2 Απλός Κύκλος Brayton, Διπλού Άξονα .....	241
3.29 Λειτουργία Εκτός του Σημείου Σχεδιασμού .....	243
3.30 Φαινόμενα Ασταθούς Λειτουργίας Αξονικών Συμπιεστών .....	244
3.31 Χάρτες Συνιστωσών.....	249
3.31.1 Χάρτης Αξονικού Συμπιεστή .....	250
3.31.2 Χάρτης Αξονικού Στροβίλου.....	259
3.31.3 Χάρτης Θαλάμου Καύσης.....	260
3.31.4 Χάρτης Προωθητικού Ακροφυσίου.....	261
3.32 Βιομηχανικοί Αεριοστρόβιλοι.....	263

3.33 Απαιτήσεις Αεριοστρόβιλων για Μονάδες Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας .....	263
3.34 Εφαρμογές στη Βιομηχανία .....	264
3.35 Μετασκευασμένοι Αεροπορικοί Αεριοστρόβιλοι.....	267

#### **4<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ ..... 270**

4.1 Καθαρή Ουσία.....	270
4.2 Διεργασίες Αλλαγής Φάσης.....	270
4.3 Διαγραμματική Απεικόνιση Διεργασιών Αλλαγής Φάσης .....	273
4.4 Διεργασίες Έργου .....	274
4.5 Ιδανικό Υγρό και Ατμός .....	276
4.6 Ενθαλπία και Εντροπία Μίγματος Νερού/Ατμού.....	278
4.7 Κύκλοι Παραγωγής Ισχύος με Ατμό .....	280
4.7.1 Κύκλος Ατμού Carnot.....	280
4.7.2 Κύκλος Rankine.....	281
4.7.3 Διαμορφώσεις του Κύκλου Rankine.....	282
4.8 Βασικά Στοιχεία Λειτουργίας Συμβατικού Ατμοηλεκτρικού Εργοστασίου .....	289
4.9 Ατμοστρόβιλοι .....	293
4.9.1 Δομή και Χαρακτηριστικά Μεγέθη Ατμοστρόβιλων .....	294
4.9.2 Τύποι Ατμοστρόβιλων .....	295
4.9.3 Τρίγωνα Ταχυτήτων Διαφόρων Τύπων Ατμοστρόβιλων .....	296
4.9.4 Σύγκριση Ισόθλιπτων και Υπέρθλιπτων Ατμοστρόβιλων.....	299
4.9.5 Εφαρμογές Ατμοστρόβιλων .....	301
4.9.6 Λειτουργία Ατμοστρόβιλου στο Σημείο Σχεδιασμού .....	302
4.9.7 Σχεδίαση Ατμοστρόβιλων .....	307
4.9.8 Λειτουργία Ατμοστρόβιλου Εκτός του Σημείου Σχεδιασμού .....	307
4.9.9 Βαθμίδες Ατμοστρόβιλων .....	310
4.9.10 Επιλογή Ατμοστρόβιλου .....	313

#### **5<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΙΣΧΥΟΣ/ΠΡΩΩΣΗΣ ΠΛΟΙΩΝ ..... 314**

5.1 Τύποι Πλοίων .....	314
5.2 Τύποι Γάστρας.....	317
5.3 Ορισμοί Χαρακτηριστικών Μεγεθών Πλοίων .....	319
5.4 Δυνάμεις Αντίστασης σε Πλοίο .....	322
5.5 Επιλογή Συστήματος Ισχύος/Πρόωσης .....	325
5.6 Μονάδες Ισχύος Πλοίων.....	327
5.6.1 Πετρελαιομηχανές και Βενζινοκινητήρες.....	331
5.6.2 Ηλεκτροπαραγωγή ζεύγη .....	336
5.6.3 Ναυτικοί Αξονοστροβιλοκινητήρες.....	337
5.6.4 Ατμοπαραγωγοί/Ατμοστρόβιλοι.....	341
5.6.5 Συνδυασμένες Μονάδες Ισχύος/Πρόωσης .....	342
5.6.5.1 COmbined Diesel And Gas turbine, CODAD.....	343
5.6.5.2 COmbined Diesel And Gas turbine, CODAG.....	344
5.6.5.3 COmbined Diesel Or Gas turbine, CODOG .....	345
5.6.5.4 CODOGX και CODAGX .....	346
5.6.5.5 COGAGX-DX.....	346
5.6.5.6 COmbined Gas And Gas turbine, COGAG .....	347
5.6.5.7 COGAGX .....	347
5.6.5.8 COmbined Gas Or Gas turbine, COGOG .....	348

5.6.5.9 COmbined Steam And Gas turbine, (COSAG) .....	349
5.6.5.10 COmbined Gas turbine and steam turbine integrated Electric drive System, COGES .....	349
5.6.5.11 COmbined Diesel eLEctric And Gas turbine, CODLAG .....	350
5.6.5.12 Intergrated Full Electric Drive, IFED .....	350
5.6.5.13 Καινοτόμα Συστήματα Ισχύος /Πρόωσης.....	351
5.7 Συστήματα Πρόωσης.....	359
5.7.1 Τρόποι Μετάδοσης της Κίνησης στην Προπέλα .....	359
5.7.2 Προπέλες.....	359
5.7.2.1 Κατασκευαστικά Χαρακτηριστικά Προπελών.....	361
5.7.2.2 Παρελκόμενα Εξαρτήματα Πρόωσης με Προπέλα .....	365
5.7.2.3 Χαρακτηριστικά και Επιδόσεις Προπέλας.....	367
5.7.2.4 Λειτουργία Προπέλας στο Σημείο Σχεδιασμού.....	373
5.7.2.5 Λειτουργία Προπέλας Εκτός του Σημείου Σχεδιασμού.....	374
5.7.2.6 Πεδίο Ρύθμισης Λειτουργίας 2-χρονης Μηχανής .....	381
5.7.2.7 Χρήση του Διαγράμματος Φόρτισης .....	382
5.7.2.8 Λειτουργία Κινητήρα σε Διάφορες Καταστάσεις .....	386
5.7.2.9 Συνεργασία Συστήματος Κινητήρα-Προπέλας .....	388
5.7.3 Λοβοί Πρόωσης.....	393
5.7.4 Υδροωθητές.....	395
5.7.5 Πρωραία Προπέλα Χειρισμών .....	397
5.7.6 Προπέλες Σταθερού Βήματος Υψηλής Απόδοσης .....	397
5.7.7 Προπέλες τύπου Voith – Schneider .....	400
5.7.8 Προπέλες Επιφανείας (Surfaces Propelles).....	400
5.8 Παραδείγματα Συστημάτων Ισχύος Πρόωσης .....	401
5.8.1 Σκάφη Παράκτιας Μάχης.....	401
5.8.2 Φρεγάτες και Καταδρομικά.....	405
5.8.3 Αερόστρομνα .....	411
5.8.4 Αεροπλανοφόρα.....	413
5.8.5 Υποβρύχια .....	418

## 6<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ, ΦΥΣΗΤΗΡΕΣ,

### ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ (ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟΙ, ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΙ, ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΙ)

<b>ΚΑΙ ΑΝΤΛΙΕΣ ΚΕΝΟΥ.....</b>	<b>426</b>
6.1 Εισαγωγή.....	426
6.2 Αξονικοί Ανεμιστήρες .....	427
6.3 Φυγοκεντρικοί Συμπιεστές.....	431
6.3.1 Λειτουργία Φυγοκεντρικών Συμπιεστών .....	433
6.3.2 Φυγοκεντρικοί Συμπιεστές Αεριοστροβίλων .....	437
6.3.2.1 Φαινόμενα Ασταθούς Λειτουργίας Φυγοκεντρικών Συμπιεστών .....	439
6.3.2.2 Χάρτης Φυγοκεντρικού Συμπιεστή .....	440
6.4 Εμβολοφόροι Συμπιεστές.....	441
6.4.1 Λειτουργία Εμβολοφόρων Συμπιεστών .....	442
6.4.2 Χαρακτηριστικά Μεγέθη Εμβολοφόρων Συμπιεστών.....	444
6.4.3 Πολυβάθμιοι Εμβολοφόροι Συμπιεστές.....	446
6.5 Περιστροφικοί Συμπιεστές.....	448
6.5.1 Περιστροφικοί Συμπιεστές με Σύρτες.....	449
6.5.2 Κοχλιωτοί Περιστροφικοί Συμπιεστές.....	449
6.5.3 Γρανάζωτοί Περιστροφικοί Συμπιεστές.....	450

6.5.4 Συμπιεστές Υγρού Δακτυλίου .....	451
6.6 Αντλίες Κενού .....	451
<b>7<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΝΕΜΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ .....</b>	<b>455</b>
7.1 Εισαγωγή.....	455
7.2 Αιολικό Δυναμικό.....	456
7.2.1 Κίνηση του Ανέμου .....	456
7.2.2 Χαρακτηριστικά Ανέμου.....	457
7.2.3 Κατανομή Ανέμου Weibull.....	459
7.2.4 Κατανομή του Ανέμου καθ' Ύψος.....	462
7.2.5 Ενέργεια και Ισχύς του Ανέμου.....	462
7.3 Ταξινόμηση Ανεμογεννητριών.....	468
7.3.1 Ανεμογεννήτρια Οριζόντιου Άξονα.....	472
7.3.2 Ανεμογεννήτρια Κατακόρυφου Άξονα.....	475
7.4 Αεροδυναμική Πτερυγίου .....	475
7.5 Επιδόσεις Ανεμογεννητριών Τύπου Άνωσης.....	477
7.5.1 Υπολογισμός του συντελεστής εκμετάλλευσης .....	482
7.6 Επιδόσεις Ανεμογεννητριών Οριζόντιου Άξονα.....	483
7.7 Συστήματα Ανεμογεννητριών .....	485
7.7.1 Αιολικά Πάρκα .....	485
7.7.2 Θέση Εγκατάστασης Συστήματος Ανεμογεννητριών.....	486
7.7.3 Χωροθέτηση Ανεμογεννητριών Εντός του Αιολικού Πάρκου .....	490
7.7.4 Ηλεκτρική Ενέργεια από Αιολικό Πάρκο .....	493
7.7.5 Ηλεκτρική Διασύνδεση Αιολικού Πάρκου .....	495
7.7.6 Περιβάλλον και Συστήματα Ανεμογεννητριών.....	495
<b>8<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΝΤΛΙΕΣ.....</b>	<b>497</b>
8.1 Εισαγωγή.....	497
8.2 Είδη Αντλιών.....	497
8.2.1 Ταξινόμηση Αντλιών με Βάση την Αρχή Λειτουργίας.....	498
8.2.2 Ταξινόμηση Αντλιών με Βάση τα Χαρακτηριστικά της Κατασκευής.....	505
8.2.3 Ταξινόμηση Αντλιών με Βάση τον Αριθμό των Βαθμίδων .....	509
8.2.4 Ταξινόμηση Αντλιών με Βάση τη Δυνατότητα Αυτόματης Αναρρόφησης.....	510
8.2.5 Ταξινόμηση Αντλιών με Βάση τον Τρόπο Εγκατάστασης .....	512
8.2.6 Σύνοψη Χαρακτηριστικών Αντλιών .....	514
8.3 Χαρακτηριστικά Μεγέθη Αντλιών .....	515
8.3.1 Λειτουργικά Μεγέθη Αντλιών και Αντλητικού Συστήματος.....	515
8.3.2 Χαρακτηριστικές Καμπύλες Αντλιών και Αντλητικού Συστήματος.....	518
8.3.3 Σχεδιασμός Φυγοκεντρικών Αντλιών .....	520
8.4 Λειτουργία Δυναμικών Αντλιών .....	522
8.4.1 Ομοιότητα .....	522
8.4.2 Ειδική Ταχύτητα.....	524
8.4.3 Σπηλαιώση .....	527
8.4.3.1 Ο Μηχανισμός της Σπηλαιώσης.....	527
8.4.3.2 Συνθήκες Εμφάνισης Σπηλαιώσης .....	530
8.4.3.3 Τρόποι Αποφυγής της Σπηλαιώσης.....	534
8.4.4 Επιδράσεις του Ιξώδους.....	537

8.4.5 Χαρακτηριστικές Καμπύλες Λειτουργίας Δυναμικών Αντλιών .....	537
8.4.6 Σημείο λειτουργίας .....	540
8.4.7 Τρόποι Ρύθμισης των Αντλιών .....	542
8.5 Λειτουργία Αξονικών Αντλιών .....	543
8.6 Λειτουργία Παλινδρομικών Αντλιών .....	544
8.7 Λειτουργία Περιστροφικών Αντλιών .....	549
8.8 Αντλητικές Εγκαταστάσεις Δυναμικών Αντλιών .....	552
8.8.1 Δυναμικές Αντλίες σε Παραλληλία .....	552
8.8.2 Δυναμικές Αντλίες σε Σειρά.....	556
8.8.3 Επιλογή Τρόπου Σύνδεσης.....	557
8.9 Αντλητικό Σύστημα .....	558
8.9.1 Επιλογή Αντλίας .....	559
8.9.2 Επιλογή Κινητήρα .....	561
8.9.3 Επιλογή Αριθμού Αντλιών .....	562
8.9.4 Πρακτικές Οδηγίες Εγκατάστασης Αντλητικού Συστήματος .....	562
8.9.5 Κυκλοφορητές .....	566
8.9.6 Πιεστικά Συγκροτήματα.....	572
8.10 Πρακτικές Οδηγίες Λειτουργίας Αντλιών.....	576
8.10.1 Εκκίνηση και Τερματισμός Λειτουργίας.....	577
8.10.2 Δοκιμές.....	577
8.10.3 Αιτίες Προβλημάτων.....	578
8.10.4 Συντήρηση.....	579
<b>9<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ.....</b>	<b>580</b>
9.1 Εισαγωγή.....	580
9.2 Υδάτινο Δυναμικό .....	580
9.3 Υδροηλεκτρικά Συστήματα.....	582
9.3.1 Φράγματα .....	582
9.3.3.1 Τύποι φραγμάτων .....	582
9.3.2 Βοηθητικά Τεχνικά Έργα.....	586
9.4 Ενεργειακός Υπολογισμός Υδροηλεκτρικών Συστημάτων .....	592
9.5 Ταξινόμηση Υδροστρόβιλον .....	598
9.5.1 Υδροστρόβιλοι Δράσης (τύπου Pelton) .....	599
9.5.2 Υδροστρόβιλοι Αντίδρασης (τύπου Francis) .....	604
9.5.3 Υδροστρόβιλοι Αντίδρασης (τύπου Kaplan).....	608
9.6 Χαρακτηριστικά Μεγέθη Λειτουργίας Υδροστρόβιλων.....	611
9.7 Σπηλαίωση στους Υδροστρόβιλους Αντίδρασης .....	613
9.8 Σύγκριση Τύπων Υδροστρόβιλων .....	616
9.9 Σχεδιασμός, Επιλογή Τύπου και Αριθμού Υδροστρόβιλων .....	617
9.10 Υδροηλεκτρικά Αμφίδρομης Λειτουργίας.....	619
<b>B. ΑΣΚΗΣΕΙΣ .....</b>	<b>622</b>
<b>1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>624</b>
A. Λυμένες Ασκήσεις .....	624
1.1 Μηχανική Ενέργεια .....	624

Άσκηση 1.1.1 **	624
Άσκηση 1.1.2 *	625
Άσκηση 1.1.3 *	625
Άσκηση 1.1.4 *	626
Άσκηση 1.1.5 *	626
Άσκηση 1.1.6 **	627
Άσκηση 1.1.7 *	628
Άσκηση 1.1.8 *	629
Άσκηση 1.1.9 **	630
Άσκηση 1.1.10 **	630
1.2 Εξίσωση Bernoulli	631
Άσκηση 1.2.1 *	631
Άσκηση 1.2.2 **	631
1.3 Γενική Εξίσωση Ενέργειας	632
Άσκηση 1.3.1 *	632
Άσκηση 1.3.2 *	633
Άσκηση 1.3.3 **	634
Άσκηση 1.3.4 **	635
Άσκηση 1.3.5 *	635
Άσκηση 1.3.6 **	636
1.4 Δυνάμεις σε Ρέοντα Ρευστά	637
Άσκηση 1.4.1 *	637
Άσκηση 1.4.2 ***	638
Άσκηση 1.4.3 *	639
Άσκηση 1.4.4 ***	640
Άσκηση 1.4.5 ***	641
1.5 Απώλειες Ενέργειας σε Κλειστούς Αγωγούς	642
Άσκηση 1.5.1 *	642
Άσκηση 1.5.2 *	643
Άσκηση 1.5.3 *	643
1.6 Εξωτερική Ροή	644
Άσκηση 1.6.1 **	644
1.7 Οπισθέλκουσα και άνωση	645
Άσκηση 1.7.1 *	645
Άσκηση 1.7.2 **	645
B. Άλυτες Ασκήσεις	646
Άσκηση 1.1 **	646
Άσκηση 1.2 **	646
Άσκηση 1.3 *	647
Άσκηση 1.4 *	647
Άσκηση 1.5 ***	647
Άσκηση 1.6 **	647
Άσκηση 1.7 ***	647
Εργαστηριακές Ασκήσεις	647
Άσκηση 1	647
Άσκηση 2	648
<b>2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΞΟΝΙΚΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΚΑΙ ΣΤΡΟΒΙΛΟΙ</b>	<b>651</b>
A. Λυμένες Ασκήσεις	651
2.1 Θερμοδυναμική Ανάλυση	651
Άσκηση 2.1.1 *	651
Άσκηση 2.1.2 **	651
2.2 Τρίγωνα Ταχυτήτων	652
Άσκηση 2.2.1 **	652
Άσκηση 2.2.2 *	653



Άσκηση 2.2.3 *	653
2.3 Θεωρία Ακτινικής Ισοροπίας	655
Άσκηση 2.3.1***	655
B. Άλυτες Ασκήσεις	657
Άσκηση 2.1 *	657
Άσκηση 2.2 ***	657
<b>3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ</b>	<b>658</b>
A. Λυμένες Ασκήσεις	658
3.1 Θεωρητικός Κύκλος Brayton	658
Άσκηση 3.1.1 ***	658
Άσκηση 3.1.2 *	659
Άσκηση 3.1.3 **	660
3.2 Ανάλυση Πραγματικής Λειτουργίας Αεριοστρόβιλων	661
Άσκηση 3.2.1 ***	661
Άσκηση 3.2.2 **	663
Άσκηση 3.2.3 ***	664
Άσκηση 3.2.4 ***	665
B. Άλυτες Ασκήσεις	667
Άσκηση 3.1	667
<b>4<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ</b>	<b>668</b>
A. Λυμένες Ασκήσεις	668
4.1 Θερμοδυναμική Ανάλυση	668
Άσκηση 1.4.1 ***	668
Άσκηση 1.4.2 **	669
Άσκηση 1.4.3 **	671
Άσκηση 1.4.4 **	674
Άσκηση 1.4.5 ***	675
4.2 Ρευστομηχανική ανάλυση	677
Άσκηση 4.2.1 ***	677
B. Άλυτες Ασκήσεις	679
Άσκηση 4.1 ***	679
Άσκηση 4.2 ***	680
Άσκηση 4.3 **	680
<b>6<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ, ΦΥΣΗΤΗΡΕΣ,</b>	
<b>ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ (ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟΙ, ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΙ, ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΙ)</b>	
<b>ΚΑΙ ΑΝΤΛΙΕΣ ΚΕΝΟΥ</b>	<b>681</b>
A. Λυμένες Ασκήσεις	681
6.1 Αξονικοί Ανεμιστήρες	681
Άσκηση 6.1.1 ***	681
Άσκηση 6.1.2 *	683
Άσκηση 6.1.3 ***	683
6.2 Φυγοκεντρικοί Συμπιεστές	685
Άσκηση 6.2.1 **	685
Άσκηση 6.2.2 **	686
6.3 Εμβολοφόροι Συμπιεστές	686
Άσκηση 6.3.1 **	686

B. Άλυτες Ασκήσεις .....	688
Άσκηση 6.1 * .....	688
Άσκηση 6.2 *** .....	688
Άσκηση 6.3 ** .....	688
Άσκηση 6.4 ** .....	688
Εργαστηριακές Ασκήσεις .....	688
Άσκηση 1 .....	688

## 7<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΝΕΜΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ..... 690

A. Λυμένες Ασκήσεις .....	690
7.1 Αιολικό Δυναμικό .....	690
Άσκηση 7.1.1 ** .....	690
Άσκηση 7.1.2 * .....	690
Άσκηση 7.1.3 * .....	691
7.2 Επιδόσεις Ανεμογεννητριών Τύπου Άωσης .....	691
Άσκηση 7.2.1 * .....	691
Άσκηση 7.2.2 ** .....	692
Άσκηση 7.2.3 * .....	692
Άσκηση 7.2.4 ** .....	693
Άσκηση 7.2.5 ** .....	694
7.3 Αιολικά Πάρκα .....	694
Άσκηση 7.3.1 * .....	694
B. Άλυτες Ασκήσεις .....	695
Άσκηση 7.1 ** .....	695
Άσκηση 7.2 * .....	695
Άσκηση 7.3 ** .....	695
Άσκηση 7.4 ** .....	695
Άσκηση 7.5 ** .....	695
Άσκηση 7.6 * .....	695
Άσκηση 7.7 ** .....	696

## 8<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΝΤΛΙΕΣ ..... 697

A. Λυμένες Ασκήσεις .....	697
8.1 Λειτουργικά Μεγέθη Αντλιών και Αντλητικού Συστήματος .....	697
Άσκηση 8.1.1 ** .....	697
Άσκηση 8.1.2 * .....	698
8.2 Σχεδιασμός Φυγοκεντρικών Αντλιών .....	698
Άσκηση 8.2.1 ** .....	698
8.3 Ειδική Ταχύτητα .....	700
Άσκηση 8.3.1 * .....	700
8.4 Σπηλαιώση .....	700
Άσκηση 8.4.1 *** .....	700
Άσκηση 8.4.2 *** .....	701
8.5 Χαρακτηριστικές Καμπύλες Λειτουργίας Δυναμικών Αντλιών και Αντλητικού Συστήματος .....	701
Άσκηση 8.5.1 * .....	701
Άσκηση 8.5.2 * .....	702
Άσκηση 8.5.3 * .....	702
Άσκηση 8.5.4 * .....	703
Άσκηση 8.5.5 * .....	704
Άσκηση 8.5.6 * .....	704
8.6 Δυναμικές Αντλίες σε Σειρά .....	705
Άσκηση 8.6.1 ** .....	705
8.7 Δυναμικές Αντλίες σε Παραλληλία .....	706

Άσκηση 8.7.1 **	706
8.8 Πιεστικά Συγκροτήματα	707
Άσκηση 8.8.1 ***	707
Άσκηση 8.8.2 **	708
B. Άλυτες Ασκήσεις	708
Άσκηση 8.1 ***	708
Άσκηση 8.2 ***	708
Άσκηση 8.3 ***	709
Εργαστηριακές Ασκήσεις	709
Άσκηση 1	709
Άσκηση 2	713
Άσκηση 3	714

**9<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΟΙ .....717**

A. Λυμένες Ασκήσεις	717
9.1 Υδάτινο Δυναμικό	717
Άσκηση 9.1.1 *	717
Άσκηση 9.1.2 *	717
9.2 Θερμο-ρευστομηχανική Ανάλυση	718
Άσκηση 9.2.1 *	718
Άσκηση 9.2.2 *	718
Άσκηση 9.2.3 ***	718
Άσκηση 9.2.4 ***	720
Άσκηση 9.2.5 ***	720
9.3 Χαρακτηριστικά Μεγέθη Λειτουργίας Υδροστροβίλων	722
Άσκηση 9.3.1 **	722
B. Άλυτες Ασκήσεις	722
Άσκηση 9.1 **	722
Άσκηση 9.2 *	723
Άσκηση 9.3 ***	723
Άσκηση 9.4 **	723
Εργαστηριακές Ασκήσεις	723
Άσκηση 1	723
Άσκηση 2	726
Άσκηση 3	729

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....733**

A. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Πίνακες Νερού/Ατμού	733
B. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Συνοπτικοί Πίνακες Μεταβολών	741
B.1 Ισόθερμη Μεταβολή-Διεργασία	741
B.2 Ισοβαρής Μεταβολή-Διεργασία	741
B.3 Ισόχωρη Μεταβολή-Διεργασία	742
B.4 Ισεντροπική (=Αδιαβατική + Αντιστρεπτή) Μεταβολή-Διεργασία	742
B.5 Πολυτροπική Μεταβολή-Διεργασία	743
Γ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Ιδιότητες Αέρα (ιδανικό αέριο)	744
Δ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Μονάδες	746
Δ.1 Μονάδες Μέτρησης Μεγεθών - Μετατροπές	746
Δ.2 Πολλαπλάσια και Υποπολλαπλάσια Προθέματα Μονάδων	749

<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>750</b>
Α. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ.....	750
Β. ΕΛΛΗΝΙΚΗ.....	753
<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΟΡΩΝ.....</b>	<b>755</b>