



ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ
ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ
ΑΚΑΔΗΜΙΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΨΥΚΤΙΚΕΣ - ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ - ΑΕΡΙΣΜΟΣ

ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ Γ. ΚΑΝΑΚΑΚΗ

Β' ΕΚΔΟΣΗ



ΑΘΗΝΑ 2017

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

Κεφάλαιο Πρώτο Βασικές αρχές ψύξεως

1.1	Εισαγωγή στην ψύξη – Ιστορικά στοιχεία	2
1.2	Μέθοδοι παραγωγής ψύχους.	5
1.2.1	Ψύξη χωρίς τη χρησιμοποίηση μηχανικού έργου ή θερμικής ενέργειας.	5
1.2.2	Ψύξη με κλειστό θερμοδυναμικό κύκλο.	7
1.3	Εφαρμογές ψύξεως.	11
1.3.1	Βιομηχανική ψύξη.	11
1.3.2	Κρυογονική.	15
1.3.3	Κλιματισμός.	16

Κεφάλαιο Δεύτερο Ψυκτικοί κύκλοι με μηχανική συμπίεση ατμών

2.1	Εισαγωγή.	17
2.2	Περιγραφή ψυκτικής μηχανής με μηχανική συμπίεση ατμών.	17
2.3	Διάγραμμα πίεσεως-ενθαλπίας.	20
2.4	Αναπαράσταση του ψυκτικού κύκλου κεκορεσμένου ατμού στο διάγραμμα p-h.	21
2.5	Αναπαράσταση του ψυκτικού κύκλου κεκορεσμένου ατμού στο διάγραμμα T-s.	24
2.6	Ψυκτικό φορτίο – Ογκομετρική ικανότητα συμπίεσής.	25
2.6.1	Ψυκτικό φορτίο.	25
2.6.2	Ογκομετρική ικανότητα συμπίεσής.	26
2.7	Συντελεστής συμπεριφοράς ψυκτικής εγκατάστασης.	28
2.8	Ιδανικός ψυκτικός κύκλος Carnot.	29
2.9	Επίδραση της μεταβολής της θερμοκρασίας ατμοποίησης.	32
2.10	Υπερθέρμανση και υπόψυξη του ψυκτικού μέσου.	36
2.10.1	Υπερθέρμανση ατμών ψυκτικού μέσου.	36
2.10.2	Υπόψυξη υγρού ψυκτικού μέσου.	38
2.10.3	Εναλλάκτης υποψύξεως-υπερθερμάνσεως ψυκτικού μέσου.	39
2.11	Επίδραση της πτώσεως πίεσεως λόγω των τριβών κατά τη ροή.	43
2.12	Ασκήσεις.	45

Κεφάλαιο Τρίτο Ψυκτικά μέσα και ψυκτικά διαλύματα

3.1	Γενικά.	47
3.2	Άμεση και έμμεση ψύξη.	47
3.2.1	Δίκτυα ψυκτικών εγκαταστάσεων άμεσης ψύξεως.	48
3.2.2	Δίκτυα ψυκτικών εγκαταστάσεων έμμεσης ψύξεως.	49
3.3	Τα ψυκτικά μέσα και οι ιδιότητές τους.	50
3.3.1	Επιθυμητές ιδιότητες ψυκτικών μέσων.	50

3.3.2 Κατηγορίες ψυκτικών μέσων.	51
3.3.3 Κωδικοποίηση των ψυκτικών μέσων.	53
3.4 Κατάταξη ψυκτικών μέσων ως προς την τοξικότητα και την εκρηκτικότητά τους.	55
3.5 Ψυκτικά μέσα κατηγορίας Α (μη τοξικά).	55
3.5.1 Αζεοτροπικά μείγματα.	56
3.5.2 Ζεοτροπικά μείγματα.	56
3.5.3 Ζεοτροπικά μείγματα αντικαταστάσεως του R-22.	58
3.6 Ψυκτικά μέσα ομάδας Β (τοξικά).	58
3.7 Εκρηκτικά ψυκτικά μέσα.	58
3.8 Ψυκτικά μέσα που επιτρέπεται να εκλύονται στην ατμόσφαιρα.	59
3.9 Επίδραση των ψυκτικών μέσων στο περιβάλλον.	59
3.10 Ψυκτικά μέσα αντικαταστάσεως.	62
3.11 Συμβατότητα ψυκτικών μέσων με τα λιπαντικά λάδια.	63
3.12 Αποθήκευση και μεταφορά ψυκτικών μέσων.	64
3.13 Προφυλάξεις για ασφαλή χειρισμό των ψυκτικών μέσων.	65
3.14 Τα ψυκτικά διαλύματα και οι ιδιότητές τους.	65

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Κεφάλαιο Τέταρτο Συμπιεστές

4.1 Γενικά περί συμπιεστών.	68
4.2 Εμβολοφόροι παλινδρομικοί συμπιεστές.	70
4.2.1 Γενικά – Περιγραφή λειτουργίας.	70
4.2.2 Ογκομετρική παροχή – Ογκομετρικός βαθμός αποδόσεως.	71
4.2.3 Ισχύς συμπίεσεως – Ισεντροπικός βαθμός αποδόσεως παλινδρομικού συμπιεστή.	72
4.2.4 Παράγοντες που επιδρούν στην ογκομετρική και στην ισεντροπική απόδοση παλινδρομικού συμπιεστή – Καμπύλες λειτουργίας.	73
4.2.5 Τύποι εμβολοφόρων συμπιεστών.	74
4.2.6 Κύλινδροι – Έμβολα παλινδρομικών συμπιεστών.	82
4.2.7 Βαλβίδες παλινδρομικών συμπιεστών.	85
4.2.8 Λίπανση παλινδρομικών συμπιεστών.	86
4.2.9 Ρύθμιση φορτίου παλινδρομικών συμπιεστών.	90
4.3 Περιστροφικοί συμπιεστές έκκεντρου τυμπάνου με σταθερό περύγιο.	101
4.4 Περιστροφικοί συμπιεστές έκκεντρου τυμπάνου με κινητά περύγιο.	102
4.5 Περιστροφικοί σπειροειδείς συμπιεστές.	102
4.6 Ελικόμορφοι συμπιεστές.	103
4.7 Φυγοκεντρικοί συμπιεστές.	104
4.8 Ιδιότητες λαδιού λιπάνσεως συμπιεστών ψυκτικών εγκαταστάσεων.	105
4.9 Το δίκτυο του λαδιού και τα εξαρτήματά του.	108
4.9.1 Διαχωριστήρας λαδιού.	108
4.9.2 Ρυθμιστής στάθμης λαδιού.	109

Κεφάλαιο Πέμπτο Συμπυκνωτές – Συλλέκτες υγρού – Απαερίωση ψυκτικών εγκαταστάσεων

5.1 Γενικά – Φορτίο συμπυκνωτή.	111
5.1.1 Μέση λογαριθμική θερμοκρασιακή διαφορά.	112
5.1.2 Παροχή μάζας και όγκου – Ανύψωση θερμοκρασίας μέσου συμπυκνώσεως.	113

5.2	Είδη συμπυκνωτών.....	114
5.2.1	Υδροψυκτοί συμπυκνωτές.....	114
5.2.2	Αερόψυκτοί συμπυκνωτές.....	119
5.2.3	Εξατμιστικοί συμπυκνωτές.....	123
5.3	Συλλέκτης υγρού.....	123
5.4	Συστήματα απαερίωσης.....	124

Κεφάλαιο Έκτο **Ατμοποιητές ψυκτικών εγκαταστάσεων**

6.1	Γενικά – Είδη ατμοποιητών.....	129
6.2	Ισχύς ατμοποιητή.....	131
6.3	Ατμοποιητές ψύξεως αέρα.....	133
6.3.1	Ατμοποιητές ψύξεως αέρα φυσικής κυκλοφορίας.....	133
6.3.2	Ατμοποιητές ψύξεως αέρα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας.....	134
6.4	Ατμοποιητές ψύξεως υγρών.....	144
6.4.1	Ατμοποιητές ψύξεως υγρών με ομοαξονικούς αγωγούς.....	145
6.4.2	Ατμοποιητές ψύξεως υγρών με δοχείο αναδεύσεως.....	145
6.4.3	Ατμοποιητές ψύξεως υγρών κελύφους-σπείρας.....	146
6.4.4	Ατμοποιητές ξηρής εκτονώσεως, ψύξεως υγρών με καταιονισμό (Baudelot).....	146
6.4.5	Ατμοποιητές ψύξεως υγρών με πλάκες.....	146
6.4.6	Ατμοποιητές ψύξεως υγρών κελύφους-αυλών.....	147
6.5	Ψύκτες αέρα.....	148

Κεφάλαιο Έβδομο **Εκτονωτικές διατάξεις**

7.1	Σκοπός της εκτονωτικής βαλβίδας – Είδη βαλβίδων – Λειτουργία εγκαταστάσεως με κύκλο κενού.....	149
7.2	Τριχοειδής αγωγός.....	150
7.3	Χειροκίνητη εκτονωτική βαλβίδα.....	152
7.4	Αυτόματη εκτονωτική βαλβίδα.....	152
7.5	Θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα.....	154
7.5.1	Περιγραφή – Λειτουργία θερμοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας με εσωτερική εξισορρόπηση.....	154
7.5.2	Λειτουργία θερμοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας με πτώση πίεσεως στον ατμοποιητή.....	158
7.5.3	Θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα με εξωτερική εξισορρόπηση.....	158
7.5.4	Είδη πληρώσεως και τοποθέτηση του θερμοστατικού βολβού.....	159
7.6	Θερμοπλεκτρική εκτονωτική βαλβίδα.....	161
7.7	Ηλεκτρονική εκτονωτική βαλβίδα.....	162
7.8	Εκτονωτική βαλβίδα χαμηλής πίεσεως με πλωτήρα.....	163
7.9	Εκτονωτική βαλβίδα υψηλής πίεσεως με πλωτήρα.....	164

Κεφάλαιο Όγδοο **Σωληνώσεις – Βαλβίδες – Εξαρτήματα αυτοματισμού ψυκτικών εγκαταστάσεων**

8.1	Γενικά.....	165
8.2	Σωληνώσεις ψυκτικών εγκαταστάσεων.....	165
8.2.1	Γενικά περί σωληνώσεων – Υλικά και διαστάσεις.....	165
8.2.2	Διαμόρφωση σωληνώσεων για εξασφάλιση επιστροφής λαδιού.....	166
8.3	Αντικραδασμικά εξαρτήματα σωληνώσεων.....	166
8.4	Φίλτρα ψυκτικού μέσου.....	167
8.5	Αφυγραντήρας.....	169

8.6	Ενδείκτης ροής και υγρασίας.	170
8.7	Εναλλάκτης θερμότητας.	171
8.8	Διακόπτες δικτύου.	172
8.8.1	Χειροκίνητοι διακόπτες απομονώσεως.	172
8.8.2	Διακόπτες συντηρήσεως.	172
8.8.3	Διακόπτες συλλέκτη υγρού.	173
8.8.4	Βαλβίδες ερμητικών ψυκτικών εγκαταστάσεων.	174
8.9	Βαλβίδες ανεπιστροφής.	175
8.10	Ασφαλιστικά επιστόμια.	176
8.11	Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα.	176
8.12	Θερμοστατικοί και πιεζοστατικοί διακόπτες.	180
8.12.1	Θερμοστάτες – Γενικά.	180
8.12.2	Πιεζοστάτες – Γενικά.	185
8.13	Διακόπτες με πλωτήρα.	188
8.14	Βαλβίδα παρακάμψεως θερμού αερίου.	189
8.15	Ρυθμιστής πίεσεως ατμοποιήσεως.	191
8.16	Ρυθμιστής πίεσεως στροφαλοθαλάμου.	193

Κεφάλαιο Ένατο

Λειτουργία – Συντήρηση – Βλάβες ψυκτικών εγκαταστάσεων

9.1	Εισαγωγή.	195
9.2	Γενικές αρχές συντηρήσεως ψυκτικών εγκαταστάσεων.	196
9.3	Επιθεώρηση και συντήρηση συμπίεστή.	196
9.4	Ανίχνευση διαρροών ψυκτικού μέσου.	198
9.5	Εργαλεία τεχνικού ψύξεως-κλιματισμού.	200
9.6	Αποθήκευση ψυκτικού μέσου.	204
9.7	Εκκένωση της εγκαταστάσεως – Ανάκτηση ψυκτικού μέσου.	204
9.8	Εκκένωση του ατμοποιητή και της γραμμής υγρού.	206
9.9	Καθαρισμός της εγκαταστάσεως.	206
9.10	Δημιουργία κενού – Αφύγρανση της εγκαταστάσεως.	207
9.11	Πλήρωση με ψυκτικό μέσο.	210
9.11.1	Συμπλήρωση αερίου ψυκτικού μέσου.	210
9.11.2	Συμπλήρωση υγρού ψυκτικού μέσου.	211
9.12	Έλεγχος για ύπαρξη αέρα στον συμπυκνωτή – Απαερίωση.	212
9.13	Αντικατάσταση ψυκτικών μέσων.	212
9.14	Διάγνωση και αποκατάσταση βλαβών ψυκτικών εγκαταστάσεων.	214
9.15	Ρύθμιση θερμοστατικής βαλβίδας – Βλάβες και αποκατάσταση.	215

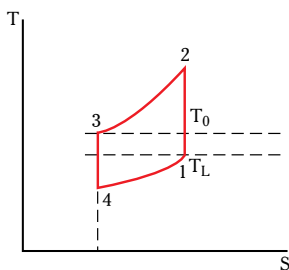
ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΟΙΩΝ

Κεφάλαιο Δέκατο

Ψυκτικές εγκαταστάσεις πλοίων

10.1	Γενικά.	222
10.2	Ψυκτική εγκατάσταση συντηρήσεως προμηθειών εμπορικού πλοίου.	222
10.2.1	Γενικά.	222
10.2.2	Περιγραφή ψυκτικής εγκαταστάσεως συντηρήσεως εφοδίων πλοίου.	224
10.3	Κλιματιστική εγκατάσταση εμπορικού πλοίου.	226
10.3.1	Γενικά.	226



1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Βασικές αρχές ψύξεως

1.1 Εισαγωγή στην ψύξη – Ιστορικά στοιχεία.

Με τον όρο **ψύξη** εννοούμε την αφαίρεση θερμότητας από έναν χώρο, κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, και την απόρριψή της στο περιβάλλον. Ο σκοπός της αφαίρεσεως θερμότητας είναι η διατήρηση ενός χώρου ή ενός σώματος σε θερμοκρασία μικρότερη από αυτήν του θερμότερου περιβάλλοντος. Η παραγωγή «ψύχους» είναι ισοδύναμη έννοια με την αφαίρεση θερμότητας. Σε μερικές εφαρμογές, η διάταξη ψύξεως μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση μέσω της απορριπτόμενης θερμότητας (π.χ. στη θέρμανση ενός χώρου με μία αντλία θερμότητας).

Σύμφωνα με τον Δεύτερο Θερμοδυναμικό Νόμο, όπως αυτός διατυπώθηκε από τον θεμελιωτή της Θερμοδυναμικής Rudolf Clausius, η θερμότητα μπορεί να μεταδίδεται αυτοδύναμη μόνο από υψηλότερες θερμοκρασίες προς χαμηλότερες. Κατά συνέπεια, η παραγωγή ψύχους δηλαδή η απαγωγή θερμότητας από μία χαμηλή προς μία υψηλότερη θερμοκρασία, δεν μπορεί να γίνει χωρίς τη δαπάνη κάποιας μορφής ενέργειας. Η ενέργεια που δαπανάται για τη λειτουργία των ψυκτικών εγκαταστάσεων μπορεί να είναι μηχανική (εγκαταστάσεις μηχανικής συμπίεσης ατμών) ή θερμική (εγκαταστάσεις απορροφήσεως). Η συνθεότερη εφαρμογή της ψύξεως είναι η συντήρηση των τροφίμων στα οικιακά ψυγεία. Με τη διατήρηση των τροφίμων σε ψυχρό περιβάλλον, αυτά προστατεύονται από την αλλοίωση, η οποία οφείλεται σε χημικές αντιδράσεις και σε ανάπτυξη μυκήτων. Επί πλέον, η ψύξη εκτός από τη διατήρηση τροφίμων έχει διάφορες εφαρμογές, όπως ο κλιματισμός, η υγροποίηση αερίων και η υγροποίηση και μεταφορά υδρογονανθράκων.

Δεδομένου ότι η ψύξη σχετίζεται με τη μεταφορά θερμότητας από ένα σώμα με χαμηλή θερμοκρασία προς ένα σώμα με υψηλότερη, για τη διατήρηση ενός χώρου σε χαμηλή θερμοκρασία, ο περιορισμός του ρεύματος θερμότητας από την υψηλή προς τη χαμηλή θερμοκρασία συντελεί στη μείωση της θερμότητας που πρέπει συνεχώς να απομακρύνεται από την ψυκτική εγκατάσταση. Αυτό επιτυγχάνεται

με τη θερμική μόνωση της ψυχόμενης περιοχής με μονωτικά υλικά, που είναι δύσκολα διαπερατά από τη θερμότητα. Η μονωμένη ψυχόμενη περιοχή, στην οποία τοποθετούνται τα προς συντήρηση προϊόντα, ονομάζεται **ψυκτικός θάλαμος** και από αυτόν αφαιρεί θερμότητα η ψυκτική μηχανή. Εκτός από την κατάλληλη μόνωση, ο ψυκτικός θάλαμος περιλαμβάνει το τμήμα εκείνο της ψυκτικής εγκαταστάσεως, το οποίο εξασφαλίζει την ψύξη του αέρα του θαλάμου. Επί πλέον, σ' έναν ψυκτικό θάλαμο περιλαμβάνονται εγκαταστάσεις αερισμού και φωτισμού. Μ' αυτές εξασφαλίζεται ο αερισμός του χώρου και ο προβλεπόμενος αριθμός εναλλαγών αέρα ανά ώρα, καθώς και ο κατάλληλος φωτισμός.

Για την επίτευξη σταθερής θερμοκρασίας στον ψυκτικό θάλαμο, ο ρυθμός με τον οποίο απάγει θερμότητα η ψυκτική εγκατάσταση πρέπει να είναι ίσος με τον ρυθμό με τον οποίο η θερμότητα εισέρχεται στον θάλαμο μέσω της μονώσεως ή δημιουργείται στον θάλαμο. Το ποσό θερμότητας που πρέπει να αφαιρεί η ψυκτική εγκατάσταση στη μονάδα του χρόνου ονομάζεται **ψυκτικό φορτίο**. Το ψυκτικό φορτίο αποτελείται από τη θερμότητα που εισέρχεται στον θάλαμο μέσω της μονώσεως των τοιχωμάτων, από τη θερμότητα που εισέρχεται με τον εξωτερικό αέρα που αντικαθιστά τον αέρα του θαλάμου για τις ανάγκες αερισμού, από τη θερμότητα που πρέπει να αφαιρεθεί, ώστε να μειωθεί η θερμοκρασία των προϊόντων που αποθηκεύονται και από τη θερμότητα που παράγεται από τον φωτισμό, τα μηχανήματα και τους ανθρώπους που μπορεί να εργάζονται σ' αυτόν. Το ψυκτικό φορτίο μετρείται σε μονάδες ενέργειας ανά μονάδα χρόνου, και συνήθως μονάδα μετρήσεως του ψυκτικού φορτίου είναι ο **ψυκτικός τόνος (Refrigerant Tone – RT)**, ο οποίος ισούται με:

$$1 \text{ RT} = 12.000 \text{ Btu/h} = 3026,03 \text{ kcal/h} = 3,5185 \text{ kW}$$

– Ιστορικά στοιχεία.

Οι πρώτες προσπάθειες του ανθρώπου να συντηρήσει τρόφιμα σε χαμηλή θερμοκρασία χρονολογούνται από το 2000 π.Χ.. Η περιουλλογή χιονιού

και επί πλέον επιτυγχάνεται μείωση του μεγέθους και του έργου του συμπιεστή.

10) Ο **ειδικός όγκος** του ψυκτικού μέσου στην αναρρόφηση του συμπιεστή **πρέπει να είναι μικρός**, ώστε να μην απαιτείται μεγάλη ογκομετρική ικανότητα του συμπιεστή, και τέλος

11) τα ψυκτικά μέσα **πρέπει να είναι οικονομικά**, καθώς απαιτούνται μεγάλες ποσότητες σε εγκαταστάσεις με μεγάλη ισχύ και έκταση.

3.3.2 Κατηγορίες ψυκτικών μέσων.

Τα κυριότερα πρωτεύοντα ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιούνται σήμερα, κατατάσσονται στις παρακάτω δύο κατηγορίες:

1) Τα **αλογονούχα ψυκτικά** μέσα, που κατηγοριοποιούνται σε:

α) Χλωροφθοράνθρακες (Chlorofluorocarbons – CFCs).

β) Υδροχλωροφθοράνθρακες (Hydrochlorofluorocarbons – HCFCs).

γ) Υδροφθοράνθρακες (Hydrofluorocarbons – HFCs).

2) Τα **ανόργανα ψυκτικά** μέσα, είναι ουσίες που δεν προέρχονται από οργανικές ουσίες. Οι κυριότερες ανόργανες ουσίες που χρησιμοποιούνται ως ψυκτικά μέσα είναι:

α) Η αμμωνία (NH_3).

β) Το νερό (H_2O).

γ) Ο αέρας

δ) Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και

ε) το διοξείδιο του θείου (SO_2).

Η αμμωνία είναι το πιο διαδεδομένο από αυτά, ακόμα και σήμερα.

Τα ψυκτικά μέσα που ανήκουν στην πρώτη κατηγορία είναι τεχνητά παρασκευασμένες ουσίες. Τα CFCs, HCFCs και HFCs προέρχονται από υδρογονάνθρακες, στους οποίους κάποια άτομα υδρογόνου έχουν αντικατασταθεί από άτομα των αλογόνων φθορίου ή χλωρίου. Τα ψυκτικά μέσα που προκύπτουν από τη διαδικασία της αλογονώσεως δεν είναι εκρηκτικά, όπως οι υδρογονάνθρακες από τους οποίους προέρχονται, οπότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν με μεγαλύτερη ασφάλεια. Επί πλέον, ως ψυκτικά μέσα χρησιμοποιούνται και αζεotropικά και ζεotropικά μείγματα ψυκτικών μέσων (βλ. παράγρ. 3.5.1 και 3.5.2). Τα αζεotropικά μείγματα δεν διαχωρίζονται στις διάφορες φάσεις λειτουργίας της ψυκτικής εγκατάστασής, δηλαδή ατμοποιούνται και συμπυκνώνονται ενιαία ως μία ουσία. Τα ζεotropικά μείγματα δεν λειτουργούν ως μία ενιαία ουσία, αλλά μπορεί ν

ογκομετρική τους σύσταση και η θερμοκρασία κορεσμού να μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ατμοποίησης και της συμπυκνώσεώς τους.

Τα ψυκτικά μέσα είναι πολλές φορές γνωστά με το εμπορικό όνομα **Freon** παρόλο που αυτό το όνομα χαρακτηρίζει τα προϊόντα μίας μόνο από τις εταιρείες παρασκευής τους. Χαρακτηρίζονται με το γράμμα **R**, το οποίο προέρχεται από το **Refrigerant** (ψυκτικό μέσο) και με έναν αριθμό. Επίσης, στο τέλος προστίθεται ένα γράμμα (a, b, c), το οποίο δηλώνει ισομερείς ουσίες, δηλαδή ουσίες με ίδιο χημικό τύπο, αλλά με διαφορετική διάταξη των ατόμων που δίνει διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες. Παραδείγματα ονομασίας ψυκτικών μέσων είναι τα παλαιότερα R-11, R-12, R-22, R-114, R-134a. Ο χαρακτηριστικός αριθμός ενός ψυκτικού μέσου είναι μία κωδικοποίηση της χημικής του σύστασης (βλ. παράγρ. 3.3.3). Δεδομένου ότι τα ψυκτικά μέσα σε συνθήκες θερμοκρασίας περιβάλλοντος είναι αέρια, η μεταφορά και η αποθήκευσή τους γίνεται υπό πίεση σε δοχεία σε υγρή μορφή. Για τη διάκριση των δοχείων, αυτά έχουν ένα κωδικό χρώμα, ανάλογα με το ψυκτικό μέσο που περιέχουν. Στο σχήμα 3.3α φαίνεται

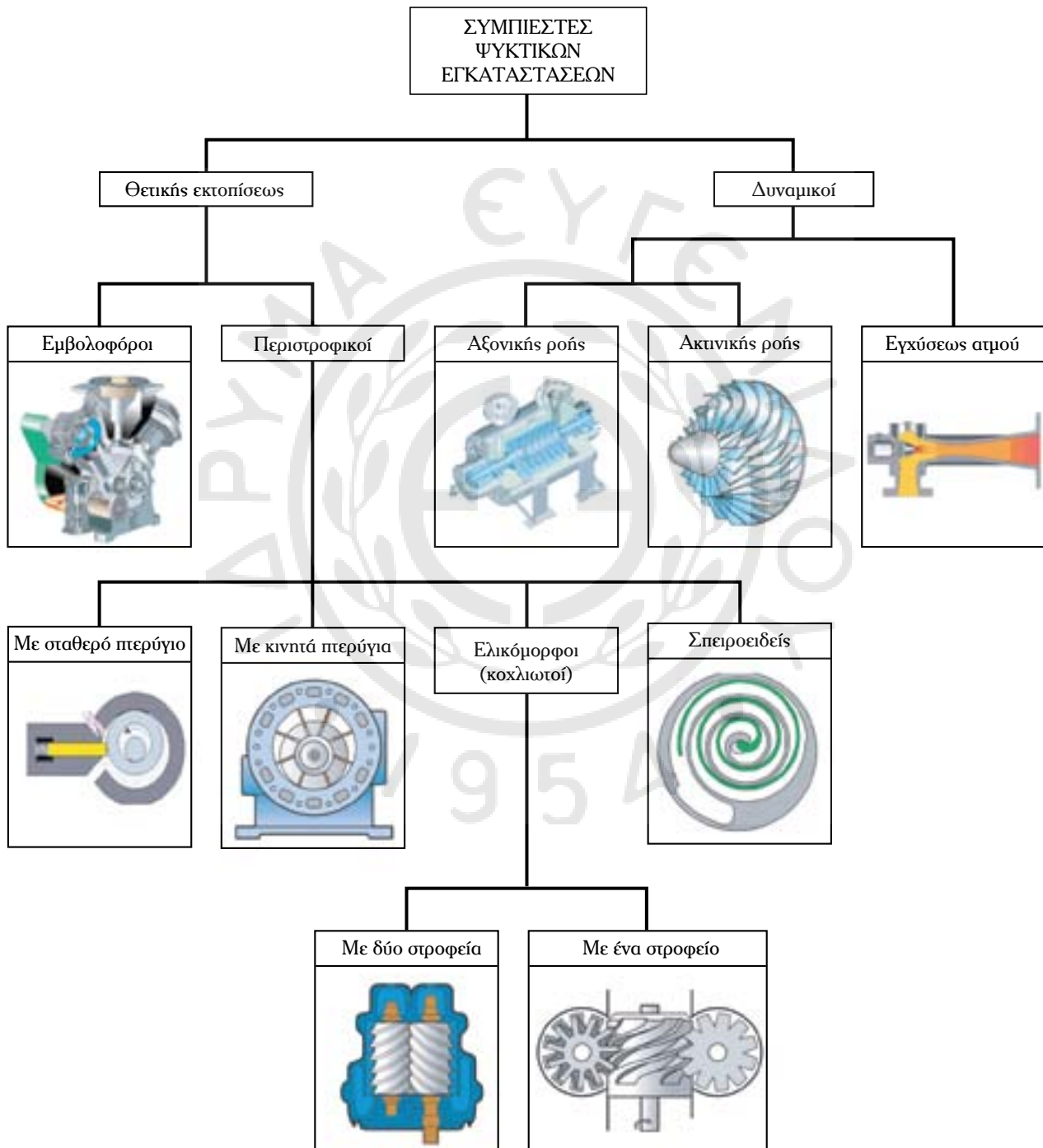
Τύπος		Κωδικός χρωματισμός
R – 11	CFC	Πορτοκαλί
R – 12	CFC	Λευκό
R – 502	CFC	Μωβ ανοικτό
R – 22	HCFC	Πράσινο
R – 123	HCFC	Ανοικτό μπλε-γκρι
R – 401A	HCFC	Κόκκινο ροζ
R – 401B	HCFC	Κίτρινο-καφέ
R – 402A	HCFC	Υπόλευκο κίτρινο
R – 402B	HCFC	Πράσινο λαδί
R – 408A	HCFC	Μωβ σκούρο
R – 409A	HCFC	Ανοικτό καστανό
R – 134a	HFC	Ανοικτό μπλε
R – 404A	HFC	Πορτοκαλί
R – 407C	HFC	Καφέ
R – 410A	HFC	Ροζ
R – 507	HFC	Πράσινο

Σχ. 3.3α

Ονομασία, κατηγορία και κωδικό χρώμα των κυριοτέρων ψυκτικών μέσων.

μογής του κάθε τύπου συμπιεστή, ανάλογα με την ψυκτική ισχύ της εγκατάστασής. Από το σχήμα αυτό φαίνεται ότι οι παλινδρομικοί συμπιεστές θετικής εκτοπίσεως είναι αυτοί με τη μεγαλύτερη περιοχή εφαρμογής. Οι συμπιεστές χρησιμοποιούνται σε όλες τις εφαρμογές εκτός από τις περιπτώσεις που το ψυκτικό μέσο είναι χαμηλής πίεσης, οπότε απαιτείται

μεγάλη ογκομετρική ικανότητα. Αν και οι παλινδρομικοί συμπιεστές χρησιμοποιούνται κυρίως σε πιέσεις ατμοποίησης μεγαλύτερες από την ατμοσφαιρική, μπορούν να συναντηθούν σε εφαρμογές χαμηλών και πολύ χαμηλών θερμοκρασιών. Κατασκευάζονται σε μεγάλη ποικιλία τύπων ή μεγεθών και είναι διαθέσιμοι για ισχύ από 90 W μέχρι 1000 kW.



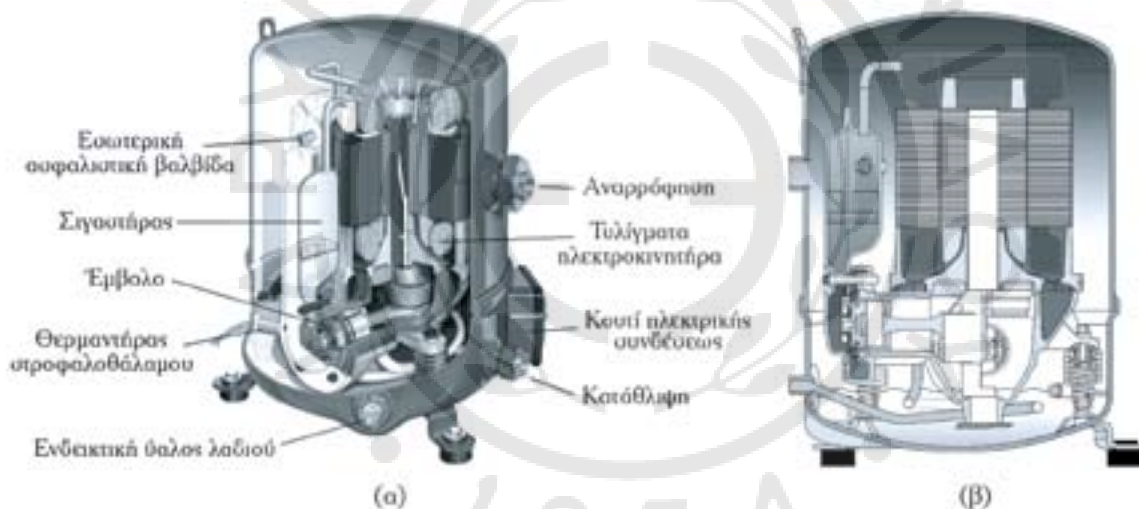
Σχ. 4.1α

Κατάταξη συμπιεστών ψυκτικών εγκαταστάσεων.



Σχ. 4.2n

(α) Μονοκύλινδρος, (β) δικύλινδρος,
(γ) τετρακύλινδρος ερμπικός συμπίεσις σε ιομή.



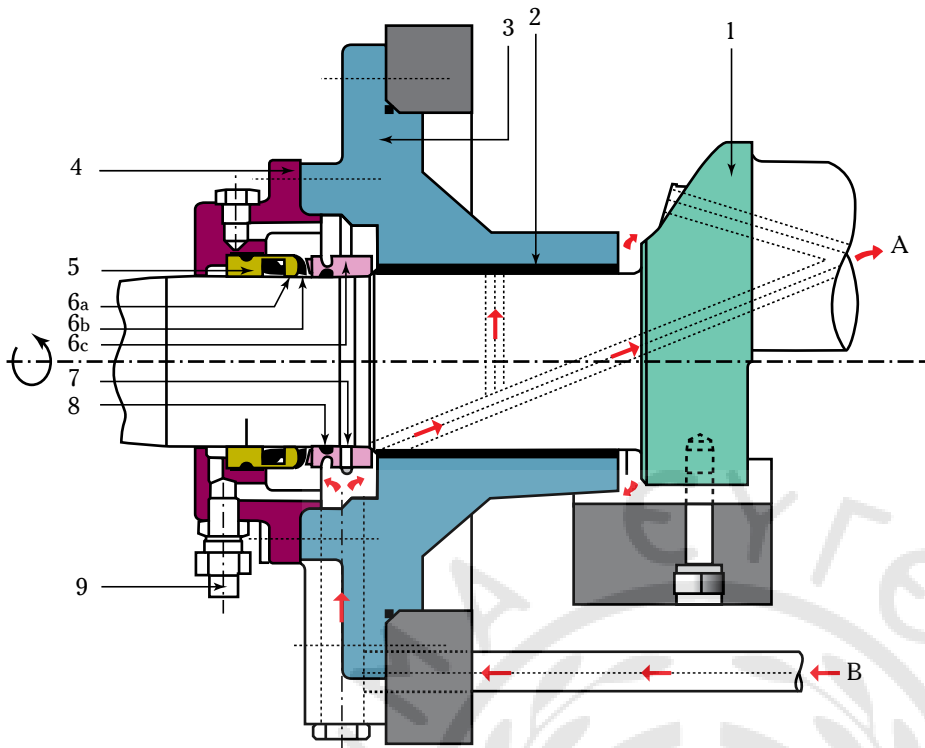
Σχ. 4.2θ

(α) Πλάγια όψη ερμπικού εμβολοφόρου συμπίεσις και
(β) ερμπικός εμβολοφόρος συμπίεσις σε ιομή.

κινητήρας για ισχύ πάνω από 5 kW είναι τριφασικός. Η λίπανση των κινουμένων μερών στους μικρούς συμπίεστες γίνεται με παφλασμό, ενώ στους μεγαλύτερους υπάρχει εξαρτημένη αντλία λαδιού. Στην κατάθλιψη και σε ορισμένες περιπτώσεις στην αναρρόφηση τοποθετούνται σιγαστήρες (σχ. 4.2ι). Ο ρόλος του σιγαστήρα είναι να ομαλοποιείται η ροή του αερίου και να γίνεται κατά το δυνατόν χρονικά σταθερή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του θορύβου και των κραδασμών που προκαλούνται από την κρούση της ροής στα τοιχώματα.

Οι ερμπικοί εμβολοφόροι συμπίεστες χρησιμο-

ποιούνται με τα αλογονούχα ψυκτικά μέσα και κυρίως με τα ψυκτικά μέσα R-134a και R-22. Μπορούν να λειτουργούν αξιόπιστα για μεγάλα χρονικά διαστήματα χωρίς καμία απαίτηση συντηρήσεως, ενώ έχουν χαμηλό κόστος αγοράς και εγκαταστάσεως. Είναι ευαίσθητοι σε μεταβολές της τάσεως του ρεύματος, διότι σε πιθανές υπερτάσεις υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να βραχυκυκλωθούν οι περιελίξεις του κινητήρα. Για τον λόγο αυτόν κατά την εγκατάσταση ερμπικών συμπίεστων πρέπει να τοποθετούνται προστατευτικά υπερτάσεως στο ηλεκτρικό κύκλωμα τροφοδοσίας τους.



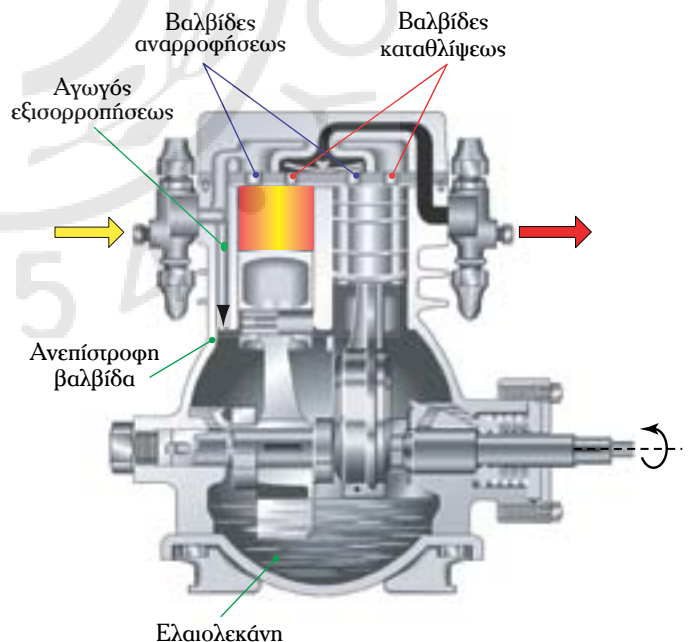
Σχ. 4.2κα

Στεγανοποίηση άξονα ανοικτού εμβολοφόρου συμπιεστή.

η διάταξη σε σειρά χρησιμοποιείται για συμπιεστές με 2 – 3 κυλίνδρους. Το πλεονέκτημα της διατάξεως των κυλίνδρων σε σειρά είναι ότι απαιτείται μόνο μία βαλβιδοφόρος πλάκα, ενώ οι υπόλοιπες διατάξεις υπερέχουν στην εξοικονόμηση χώρου και στη μείωση των κραδασμών.

Το υλικό κατασκευής των κυλίνδρων συνήθως είναι λεπτόκοκκος χυτοσίδηρος, ο οποίος κατεργάζεται εύκολα και έχει μικρή θερμική παραμόρφωση. Στους μικρούς συμπιεστές οι κύλινδροι αποτελούν τμήμα του σώματος, οπότε υπάρχει το πλεονέκτημα των μειωμένων μαζών και διαστάσεων του συμπιεστή. Σε μεγαλύτερους συμπιεστές οι κύλινδροι κατασκευάζονται χωριστά από το σώμα και τοποθετούνται σε αυτό με παρεμβύσματα και βίδες, ενώ τα χιτώνια είναι αφαιρούμενα. Το σώμα των μικρών συμπιεστών είναι συνήθως διαμορφωμένο σε μορφή περυγίων για να υπάρχει ψύξη. Στους μεγαλύτερους συμπιεστές, η ψύξη των χιτώνιων γίνεται από νερό που ρέει περιμετρικά τους.

Στην αρχή της εξέλιξης των παλινδρομικών συμπιεστών, οι διάμετροι των εμβόλων ήταν σχετικά μεγάλες και έως 375 mm, ενώ οι στροφές τους ήταν χαμηλές, μέχρι 400 rpm. Αυτή η σχεδίαση ήταν το



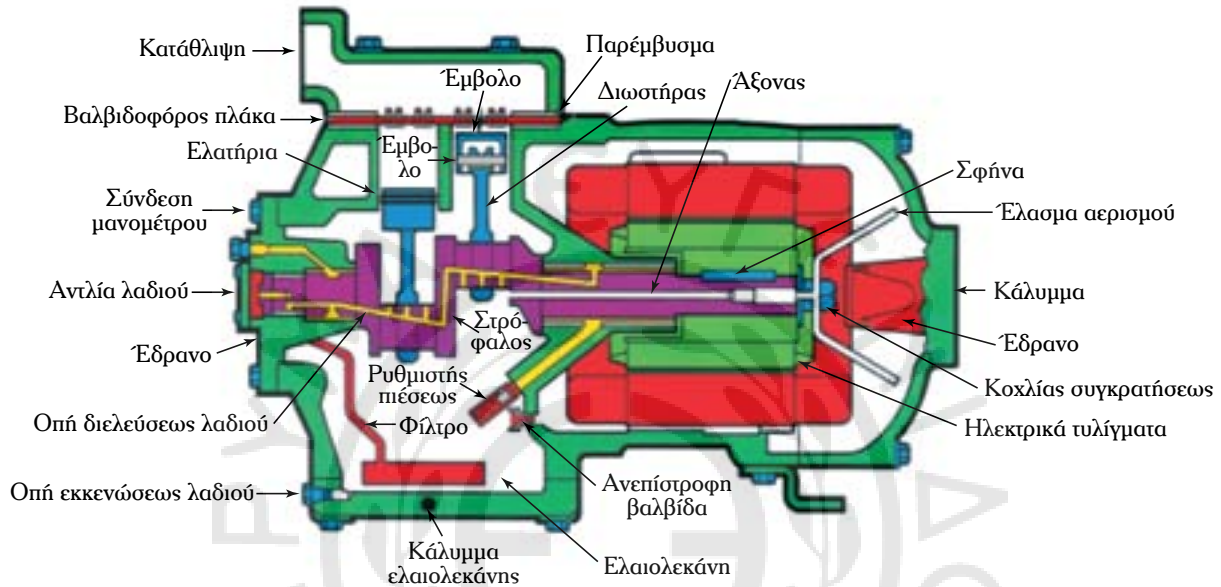
Σχ. 4.2κβ

Ανοικτός συμπιεστής με βαλβίδες αναρροφίσεως στην κεφαλή.

χώρο των ηλεκτρικών περιελίξεων επιστρέφει στην ελαιολεκάνη μέσω της ανεπίστροφης βαλβίδας (11). Στο κύκλωμα του λαδιού υπάρχει ο ρυθμιστής πίεσης (15).

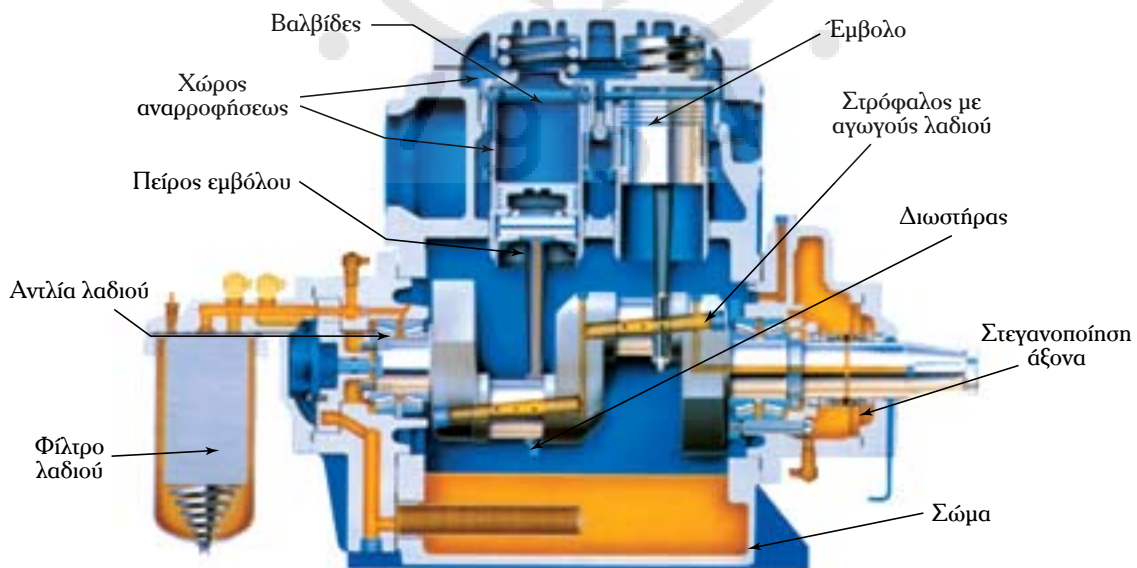
Στο σχήμα 4.2λγ φαίνεται το κύκλωμα λιπάνσεως ενός ανοικτού συμπιεστή. Η λειτουργία είναι παρόμοια μ' αυτήν που περιγράφηκε για τον ημερημπικό συμπιεστή του σχήματος 4.2λβ. Το λάδι αναρροφά-

ται από την ελαιολεκάνη προς τη γραναζωτή αντλία λαδιού και καταθλίβεται σ' ένα εξωτερικό φίλτρο λαδιού με μεταλλική σίτα. Από εκεί πηγαίνει στο έδρανο του στροφάλου και στα κομβία των διωστήρων. Μέσα από τη διαμήκη οπή των διωστήρων ανεβαίνει προς την κεφαλή, όπου λιπαίνονται οι πείροι των εμβόλων. Στη συνέχεια, λιπαίνεται το σταθερό έδρανο και η διάταξη στεγανοποιήσεως του άξονα.



Σχ. 4.2λβ

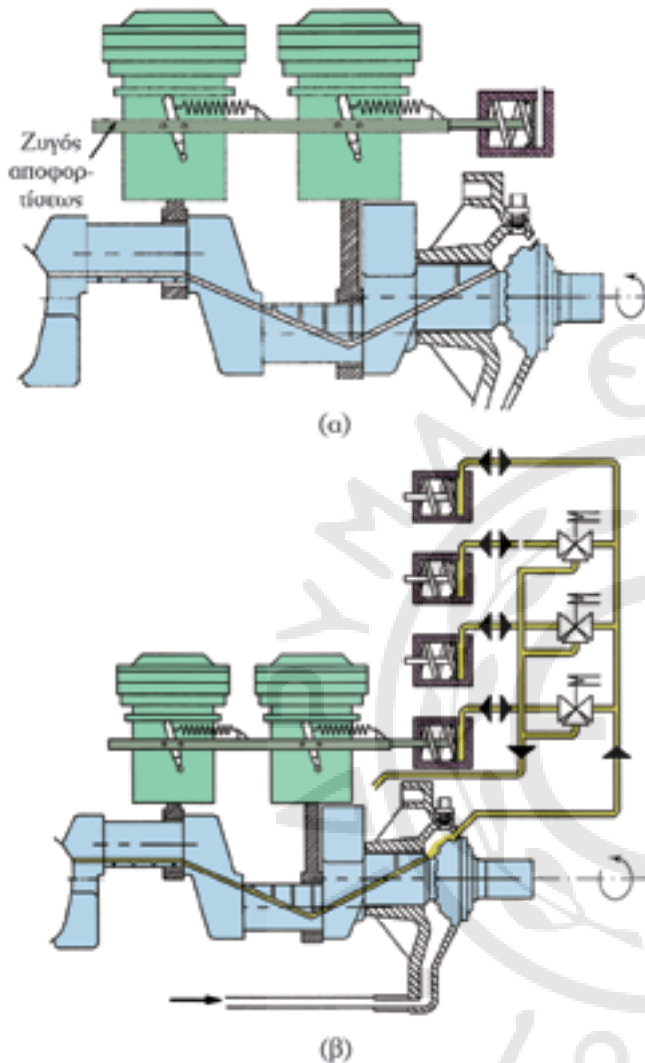
Λίπανση ημερημπικού συμπιεστή.



Σχ. 4.2λγ

Λίπανση ανοικτού συμπιεστή.

Στο σχήμα 4.2νβ(α) η ρύθμιση του φορτίου είναι συνεχής, ενώ στο σχήμα 4.2νβ(β) βηματική και ελέγχεται από ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες.

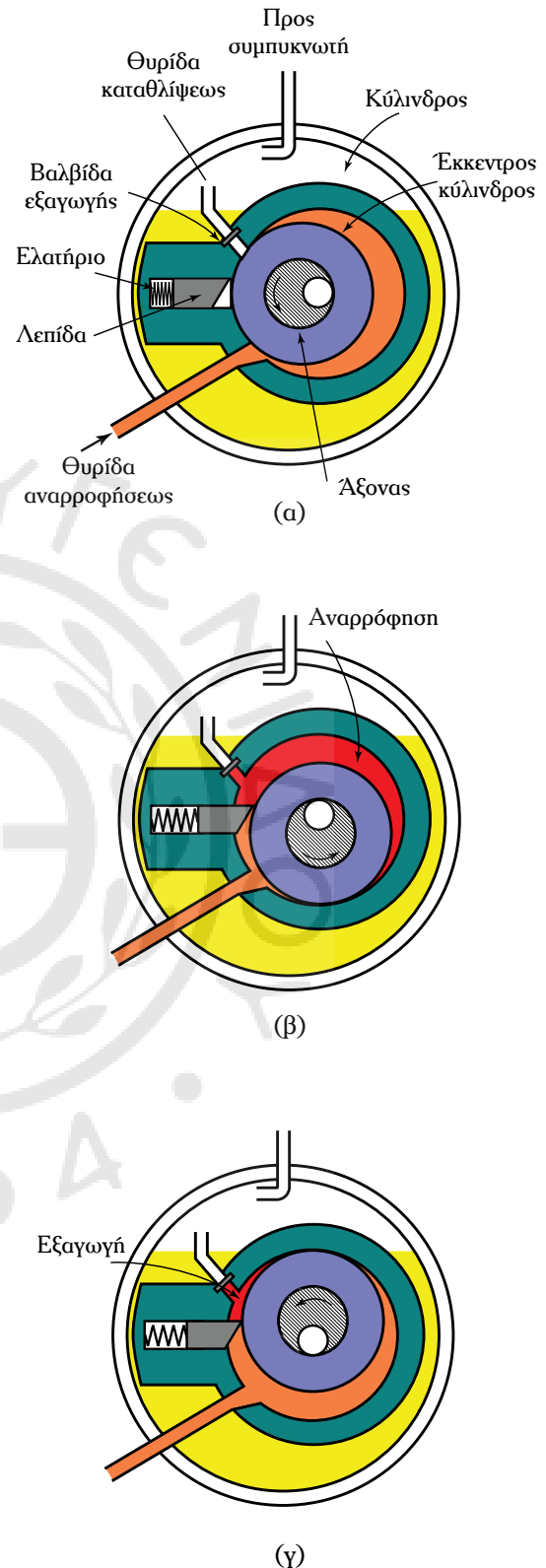


Σx. 4.2vβ

*Ρύθμιση φορτίου συμπίεσής μέσω της πίεσεως
λαδιού. (α) Συνεχής ρύθμιση φορτίου,
(β) βηματική ρύθμιση φορτίου.*

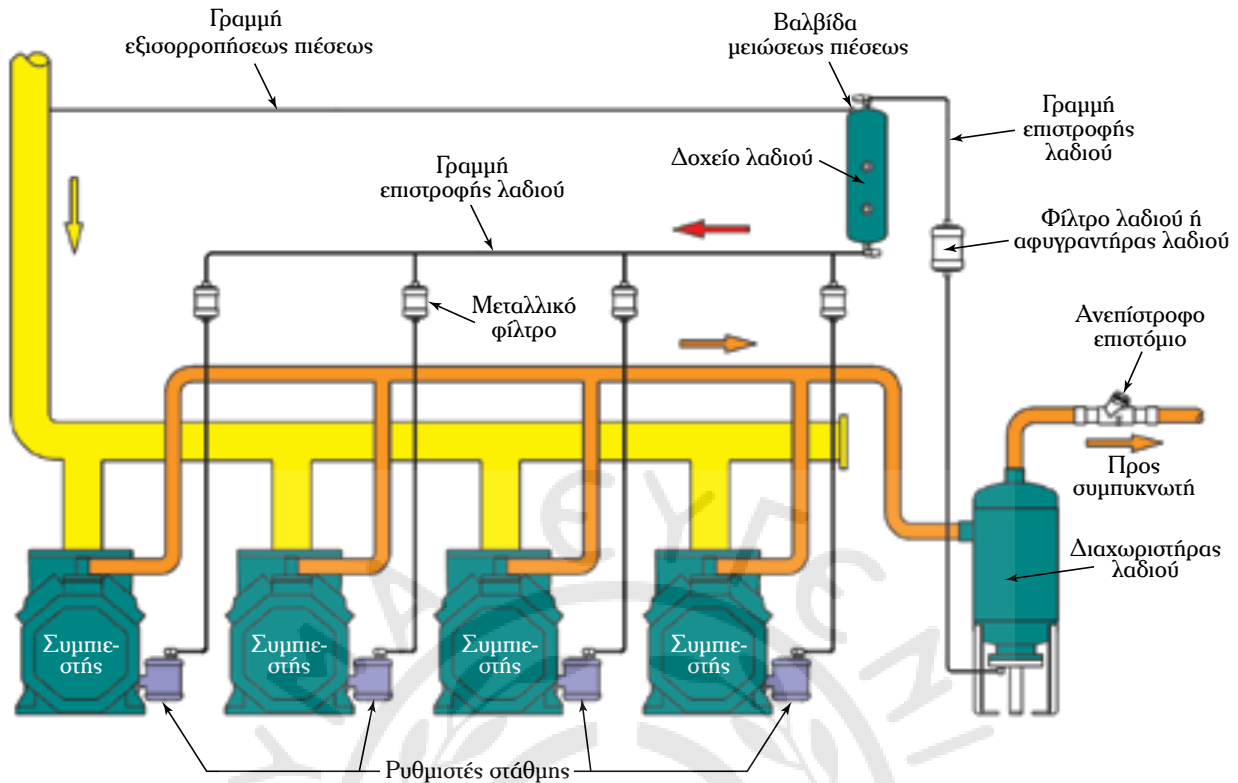
4.3 Περιστροφικοί συμπίεστες έκκεντρου τυμπάνου με σταθερό περύγιο.

Οι συμπιεστές αυτού του τύπου έχουν έναν χαλύβδινο κύλινδρο, ο οποίος περιστρέφεται έκκεντρα μέσα σε ένα κυλινδρικό τοίχωμα (σχ. 4.3). Ο περιστρεφόμενος κύλινδρος σε μία γενέτειρά του σχεδόν εφάπτεται του εξωτερικού κυλίνδρου. Αυτή η γενέτειρα επαφής μεταβάλλεται με την περιστροφή. Οι όγκοι δεξιά και αριστερά της γενέτειρας επαφής



$\Sigma_{\mathbf{x}}$. 4.3

Περιστροφικός συμπίεσις με σταθερό περύγιο και οι φάσεις λειτουργίας.



Σχ. 4.9β

Δίκτυο λαδιού για τη λειτουργία πολλαπλών συμπιεστών.

λάδι σωρεύεται στον δίσκο και από εκεί εισέρχεται στην κάτω πλευρά. Ο δίσκος απομονώνει την κάτω στάθμη του λαδιού, ώστε να μην υπάρχει ροή με στροβιλισμούς που θα παρασύρει ποσότητα λαδιού εκτός του διαχωριστήρα. Από τον δίσκο συλλογής το αέριο περνά από ένα δικτυωτό πλέγμα, όπου διαχωρίζονται οι τελευταίες ποσότητες λαδιού και οδηγείται προς τον συμπυκνωτή. Το λάδι από την κάτω πλευρά φεύγει προς την ελαιολεκάνη μέσω μίας βελονοειδούς βαλβίδας που ελέγχεται από έναν πλωτήρα. Στην κάτω πλευρά του διαχωριστήρα υπάρχει ένας μαγνήτης που κατακρατεί μεταλλικά κατάλοιπα, ώστε να μην επηρεάσουν τη λειτουργία της βελονοειδούς βαλβίδας.

Με τον κυκλωνικό διαχωριστήρα επιτυγχάνεται καθαρότητα του ψυκτικού μέσου από λάδι σε ποσοστό 99%.

4.9.2 Ρυθμιστής στάθμης λαδιού.

Ο ρυθμιστής αυτός χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της παροχής λαδιού από το δοχείο συλλογής προς την ελαιολεκάνη, όταν υπάρχουν περισσότεροι από ένας συμπιεστές. Η παροχή του λαδιού ρυθμι-



Σχ. 4.9γ

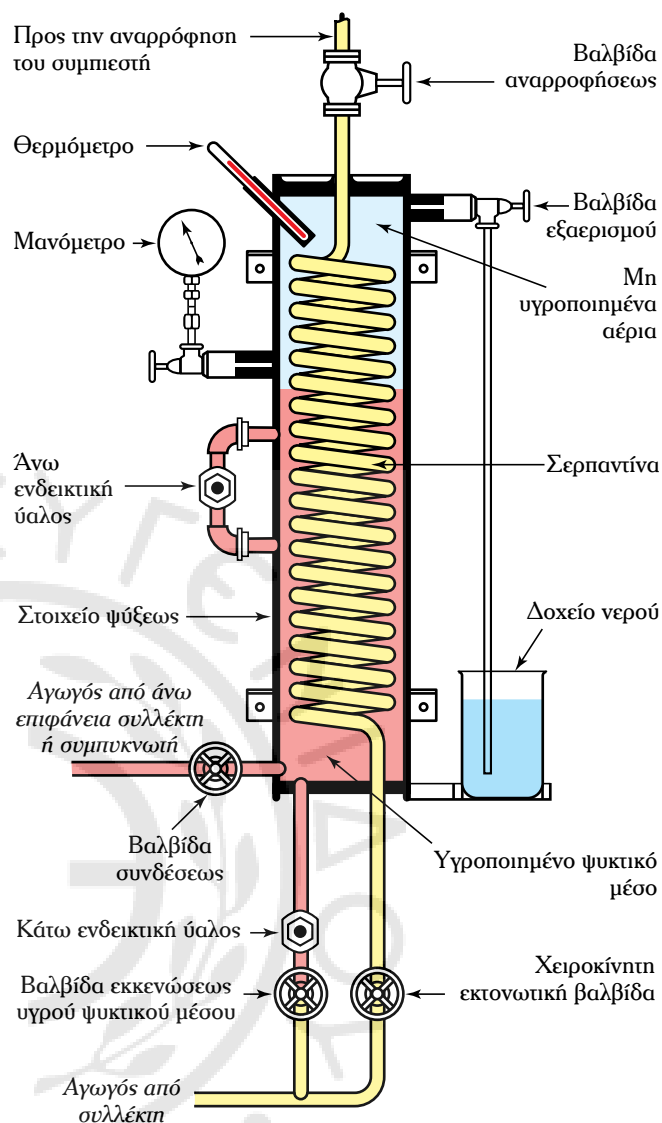
Κυκλωνικός διαχωριστήρας λαδιού.

ομηχανικές εγκαταστάσεις ψύξεως χρησιμοποιείται η απαερίωση με συμπύκνωση των αερίων σ' έναν μικρό ατμοποιητή και εξαέρωση του μη συμπυκνωμένου αέρα προς την ατμόσφαιρα. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί χειροκίνητα ή αυτόματα.

Για τη χειροκίνητη λειτουργία η συμπύκνωση των ατμών του ψυκτικού μέσου γίνεται με εξάτμιση υγρού μέσου που λαμβάνεται από τον συλλέκτη. Μία τέτοια διάταξη παρουσιάζεται στο σχήμα 5.4γ και αποτελείται από ένα δοχείο, μέσα στο οποίο βρίσκεται μία σερπαντίνα.

Με τον απαεριωτήρα του σχήματος 5.4γ ο κύκλος απαερίωσης ξεκινά με άνοιγμα της βαλβίδας αναρροφήσεως προς τον συμπιεστή και χειρισμό της χειροκίνητης εκτονωτικής βαλβίδας, ώστε το υγρό μέσο να ατμοποιηθεί και να ψύξει τη σερπαντίνα και το δοχείο. Στη συνέχεια κλείνεται η χειροκίνητη εκτονωτική βαλβίδα και η βαλβίδα αναρροφήσεως και ανοίγεται η βαλβίδα συνδέσεως του δοχείου με την άνω πλευρά του συλλέκτη, έως ότου παρατηρηθεί στάθμη υγρού στην άνω ενδεικτική ύαλο. Τότε κλείνεται η βαλβίδα συνδέσεως με την άνω πλευρά του συλλέκτη και ανοίγεται η βαλβίδα εκκενώσεως του δοχείου μέχρι να παρατηρηθεί στάθμη υγρού στην κάτω ενδεικτική ύαλο. Ο αέρας που έχει εγκλωβιστεί στο δοχείο απορρίπτεται με άνοιγμα της βαλβίδας εξαερισμού μέσω του δοχείου νερού, το οποίο δεν επιτρέπει την επιστροφή εξωτερικού αέρα στο δοχείο. Ο κύκλος εξαερώσεως επαναλαμβάνεται μέχρι η πίεση συμπυκνώσεως να πέσει σε κανονικά επίπεδα.

Για την αυτόματη απαερίωση με συμπύκνωση, συνήθως χρησιμοποιούνται συστήματα που περιλαμβάνουν μία ανεξάρτητη ψυκτική μονάδα (σχ. 5.4δ). Η μονάδα απαερίωσης συνδέεται στην

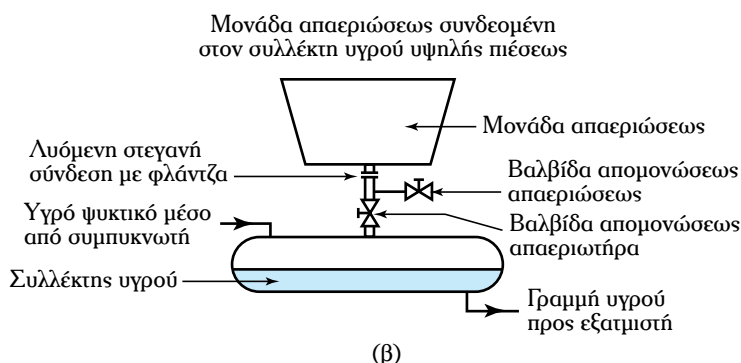


Σχ. 5.4γ

Χειροκίνητη απαερίωση με εκτόνωση ψυκτικού μέσου.



(α)



(β)

Σχ. 5.4δ

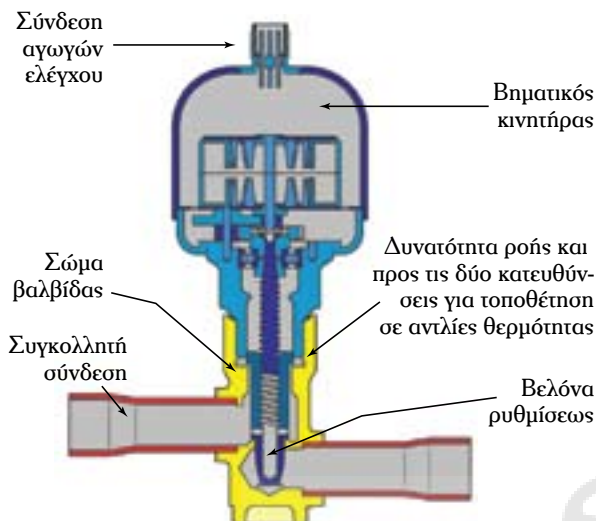
(α) Αυτόματη μονάδα απαερίωσης και (β) θέση συνδέσεως αυτόματης μονάδας απαερίωσης στον συλλέκτη υγρού.

σεως. Ενώ η αυτόματη εκτονωτική βαλβίδα διατηρεί σταθερή την πίεση ατμοποίησης, η λειτουργία της θερμοστατικής βασίζεται στη διατήρηση σταθερής υπερθερμάνσεως του ψυκτικού μέσου στην έξοδο του ατμοποιητή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πλήρωση του ατμοποιητή με υγρό ψυκτικό μέσο σε όλες τις καταστάσεις φορτίσεως της ψυκτικής εγκαταστάσεως και εξάλειψη του κινδύνου υπερχειλίσεως του υγρού στην αναρρόφηση του συμπιεστή. Λόγω των χαρακτηριστικών αυτών η θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα είναι κατάλληλη για εγκαταστάσεις, όπου υπάρχει ευρεία μεταβολή του ψυκτικού φορτίου.

Στο σχήμα 7.5α απεικονίζεται το λειτουργικό διάγραμμα μίας θερμοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας, η οποία αποτελείται από το σώμα, τη βελόνα ρυθμίσεως και την έδρα της, το διάφραγμα, το ελατήριο με κοχλία ρυθμίσεως και τον θερμοστατικό βολβό. Στην είσοδο του υγρού ψυκτικού μέσου υπάρχει ένα μεταλλικό φίλτρο για την προστασία της βαλβίδας από πιθανό φραγμό, που προκαλείται από την εισροή στερεών σωματιδίων.

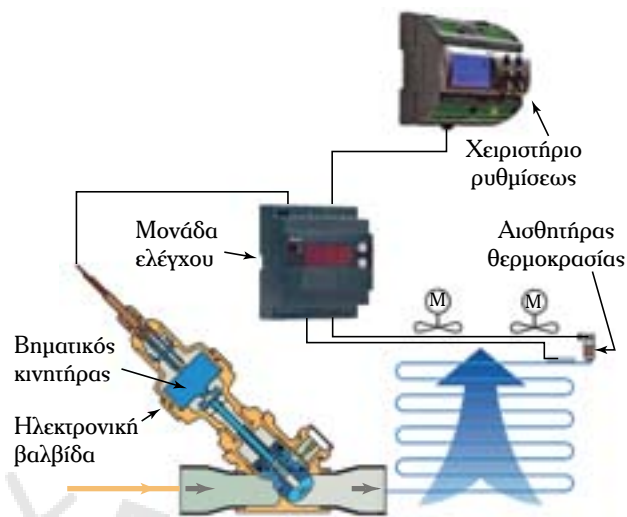
Ο θερμοστατικός βολβός περιέχει από την κατασκευή του ένα υγρό, που συνήθως είναι το ψυκτικό μέσο της εγκατάστασης και είναι τοποθετημένος στην έξοδο του ατμοποιητή. Λόγω της επαφής του βολβού με τον σωλήνα αναρροφήσεως, η θερμο-

$$F_1 = F_2 + F_3 \quad (3)$$



Σχ. 7.7α

Ηλεκτρονική εκτονωτική βαλβίδα με συνεχή ρύθμιση και ψυκτική ισχύ 34 RT.



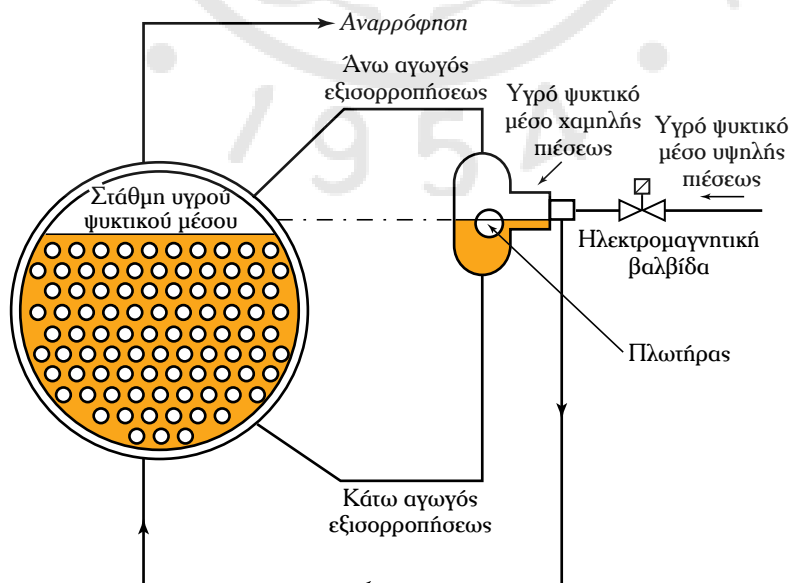
Σχ. 7.7β

Συνιστώσες ουστήματος ηλεκτρονικής εκτονωτικής βαλβίδας.

του κινητήρα. Επί πλέον, η μονάδα αυτή δίνει τους ηλεκτρικούς παλμούς που απαιτούνται για τη λειτουργία του βηματικού κινητήρα και για την ενεργοποίηση των πόλων. Τα καλώδια συνδέσεως της βαλβίδας με τη μονάδα ελέγχου είναι τέσσερα και πρέπει να ακολουθείται το πρωτόκολλο συνδέσεως σύμφωνα με τα χρώματα του κατασκευαστή, ώστε να εξασφαλίζεται η ορθή φορά περιστροφής και το σωστό βήμα περιστροφής.

7.8 Εκτονωτική βαλβίδα χαμηλής πίεσης με πλωτήρα.

Η εκτονωτική βαλβίδα χαμηλής πίεσης με πλωτήρα (σχ. 7.8) χρησιμοποιείται για τη διατήρηση σταθερής στάθμης ψυκτικού μέσου σε ατμοποιητές υγρού τύπου. Οι βαλβίδες αυτού του τύπου τοποθετούνται έξω από τον ατμοποιητή για να προστατεύονται από παγοφραγμό. Για τον έλεγχο της στάθμης



Σχ. 7.8

Λειτουργία εκτονωτικής βαλβίδας χαμηλής πίεσης με πλωτήρα.

τον ατμοποιητή. Η πίεση αναρροφήσεως αυξάνεται, ο πιεζοστάτης χαμηλής πίεσης κλείνει δίνοντας εντολή στον ηλεκτρονόμο και ο συμπιεστής ξεκινά τη λειτουργία του. Όταν πέσει η θερμοκρασία του θαλάμου, ο θερμοστάτης κλείνει το ρεύμα στο πνίο της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας και αυτή επιστρέφει στην κανονικά κλειστή θέση. Η παροχή υγρού ψυκτικού μέσου διακόπτεται, ενώ ο συμπιεστής εξακολουθεί να λειτουργεί. Η πίεση αναρροφήσεως πέφτει μέχρι ο συμπιεστής να κρατηθεί από χαμηλή πίεση αναρροφήσεως. Με τον κύκλο κενού εξασφαλίζεται ότι κατά τα διαστήματα κρατήσεως του συμπιεστή υπάρχει μικρή ποσότητα ψυκτικού μέσου σε διάλυση με το λάδι στην ελαιολεκάνη του συμπιεστή. Έτσι, κατά την εκκίνηση δεν παρατηρείται δημιουργία αφρού στο λάδι της ελαιολεκάνης και μειώνεται ο κίνδυνος βλάβης λόγω εισόδου ασυμπίεστου λαδιού στον κύλινδρο.

Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες χρησιμοποιούνται και για ρύθμιση της παροχής του ψυκτικού μέσου σε περισσότερους από έναν ατμοποιητές, που εξυπηρετούν πολλαπλούς ψυκτικούς θαλάμους με διαφορετικές θερμοκρασίες (σχ. 8.11γ). Στην περίπτωση αυτή η κάθε ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ενεργοποιείται από διαφορετικούς θερμοστάτες που υπάρχουν σε κάθε θάλαμο και ελέγχει την παροχή του ψυκτικού μέσου ανάλογα με τη θερμοκρασία του κάθε θαλάμου χωριστά.

2) Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες αναρροφήσεως συμπιεστή.

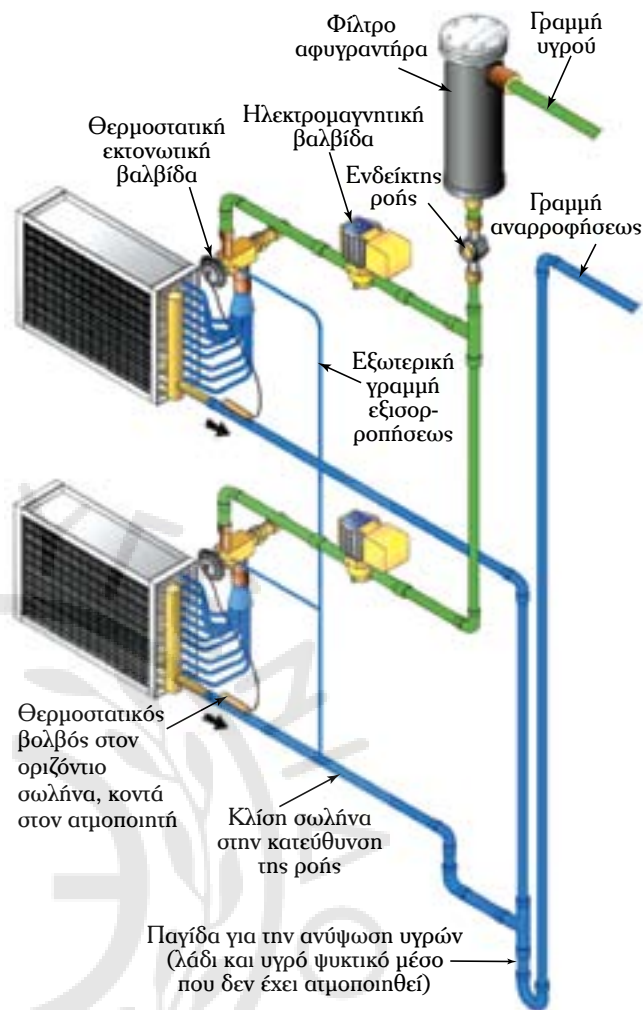
Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες αναρροφήσεως τοποθετούνται πριν την αναρρόφηση του συμπιεστή και χρησιμοποιούνται για την απομόνωσή του, πρώτον για έλεγχο θερμοκρασίας του θαλάμου και δεύτερον κατά την αποχιόνωση του ατμοποιητή με ηλεκτρικές αντιστάσεις ή με θερμό νερό. Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες αναρροφήσεως είναι συνήθως πιλοτικά ενεργοποιούμενες, ώστε κατά τη ροή του ατμού στην αναρρόφηση του συμπιεστή να υπάρχει μικρή πτώση πίεσης.

3) Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες αποφορτίσεως συμπιεστή.

Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες αποφορτίσεως του συμπιεστή χρησιμοποιούνται για έλεγχο της ισχύος του με φραγή του οχετού αναρροφήσεως.

4) Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες παρακάμψεως θερμού αερίου.

Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες παρακάμψεως



Σχ. 8.11γ

Ρύθμιση παροχής ψυκτικού μέσου σε δύο ατμοποιητές με διαφορετική θερμοκρασία με ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες.

θερμού αερίου χρησιμοποιούνται για ρύθμιση της ισχύος του συμπιεστή με παράκαμψη θερμού αερίου από την κατάθλιψη προς την αναρρόφηση. Εναλλακτικά, η παράκαμψη του θερμού αερίου μπορεί να γίνει προς την είσοδο του ατμοποιητή, μετά την εκτονωτική βαλβίδα, ώστε να επιτευχθεί ρύθμιση της ψυκτικής ισχύος της εγκαταστάσεως. Η παράκαμψη θερμού αερίου γίνεται μετά την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα, μέσω μίας βαλβίδας παρακάμψεως θερμού αερίου, η οποία περιγράφεται σε επόμενη παράγραφο.

5) Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες αποχιονώσεως με θερμό αέριο.

Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες αποχιονώσεως με θερμό αέριο ενεργοποιούνται από χρονοδιακόπτες και μ' αυτές το θερμό αέριο από την κατάθλιψη του συμπιεστή οδηγείται προς τον ατμοποιητή και στη συνέχεια προς τον συμπυκνωτή, έτσι ώστε να

και οι θερμοκρασίες εκκινήσεως και διακοπής είναι:

$$T_{cut-in} = -18^{\circ}\text{C}$$

$$T_{cut-out} = -20^{\circ}\text{C}$$

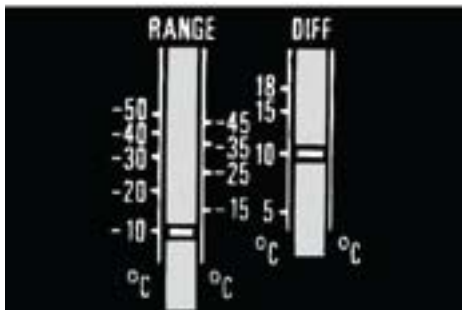
Η ρύθμιση στην κλίμακα περιοχής θα είναι:

$$T_{range} = -18^{\circ}\text{C}$$

Η ρύθμιση στην κλίμακα διαφορικής θα είναι:

$$T_{differential} = T_{cut-in} - T_{cut-out} = -18 - (-20) = 2^{\circ}\text{C}$$

Εάν ο θερμοστάτης ελέγχει τη ροή του υγρού ψυκτικού μέσω της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας, τότε η ρύθμισή του γίνεται παράλληλα με τη ρύθμιση του πιεζοστάτη χαμηλής πίεσεως, που ελέγχει τη λειτουργία του συμπιεστή. Ο πιεζοστάτης θα πρέπει να είναι έτσι ρυθμισμένος, ώστε κατά τη λειτουργία του συμπιεστή να μπορεί να επιτευχθεί η κατάλληλη θερμοκρασία στις επιφάνειες συναλλαγής θερμότητας του ατμοποιητή και να μην γίνεται προσπάθεια επιτεύξεως μεγάλου κενού κατά την κράτηση, όπως θα δούμε στην επόμενη παράγραφο.



Σχ. 8.12n

Θερμοστάτης με κλίμακες ρυθμίσεως θερμοκρασιών.

– Οδηγίες τοποθέτησεως θερμοστάτη.

Για την ορθή τοποθέτηση του θερμοστάτη πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

1) Ο θερμοστάτης δεν θα πρέπει να τοποθετείται σε χώρο με χαμηλότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία του χώρου που ελέγχει [σχ. 8.12θ(α)]. Η θερμοκρασία του χώρου τοποθέτησεως του θερμοστάτη θα πρέπει να είναι 2–3°C υψηλότερη απ' αυτήν του ψυκτικού θαλάμου.

2) Ο τριχοειδής αγωγός δεν πρέπει να έρχεται σε επαφή ή να είναι κοντά στον αγωγό αναρροφήσεως [σχ. 8.12θ(β)].

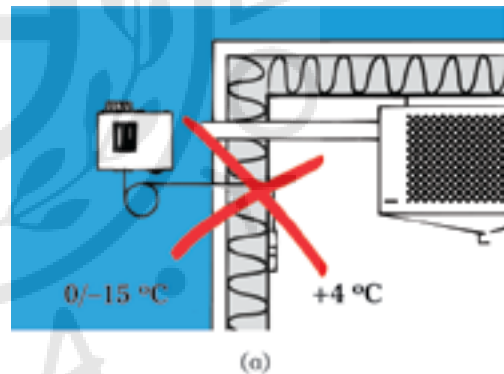
3) Εάν υπάρχει πιθανότητα εισόδου σταγονιδίων νερού ή σκόνης, θα πρέπει να χρησιμοποιείται θερμοστάτης με κατάλληλη στεγανότητα (IP 55–66) και κατάλληλο προστατευτικό κάλυμμα.

4) Ο τριχοειδής αγωγός θα πρέπει να στερεώνεται κατάλληλα, ώστε να έχει ελεύθερο μήκος και να μην ταλαντεύεται από κραδασμούς.

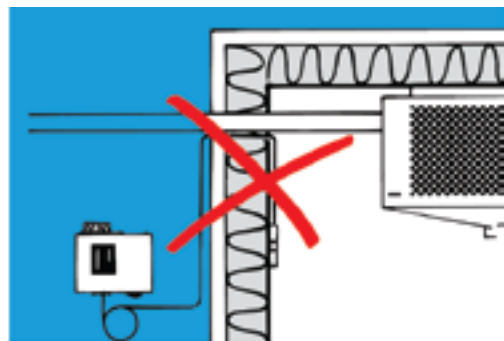
5) Ο τριχοειδής σωλήνας δεν πρέπει να κάμπτεται άσκοπα και δεν πρέπει να έρχεται σε επαφή με μεταλλικά εξαρτήματα και κατασκευαστικά στοιχεία του θαλάμου.

3) Ηλεκτρονικοί θερμοστάτες.

Οι ηλεκτρονικοί θερμοστάτες λειτουργούν μέσω μιας **θερμοαντιστάσεως** (thermistor) και χρησιμο-



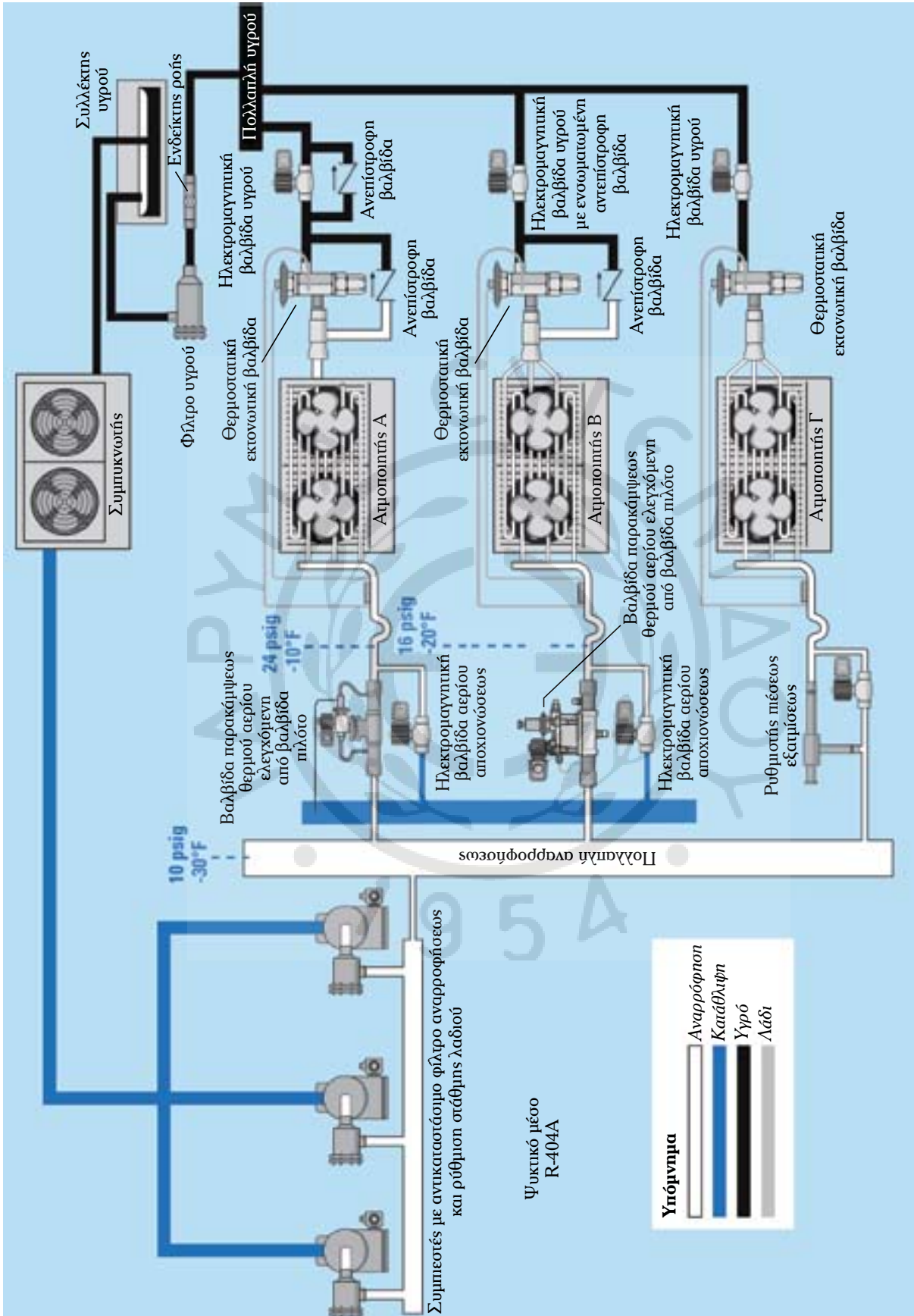
(α)



(β)

Σχ. 8.12θ

Οδηγίες τοποθέτησεως θερμοστάτη.



Σχ. 8.15α

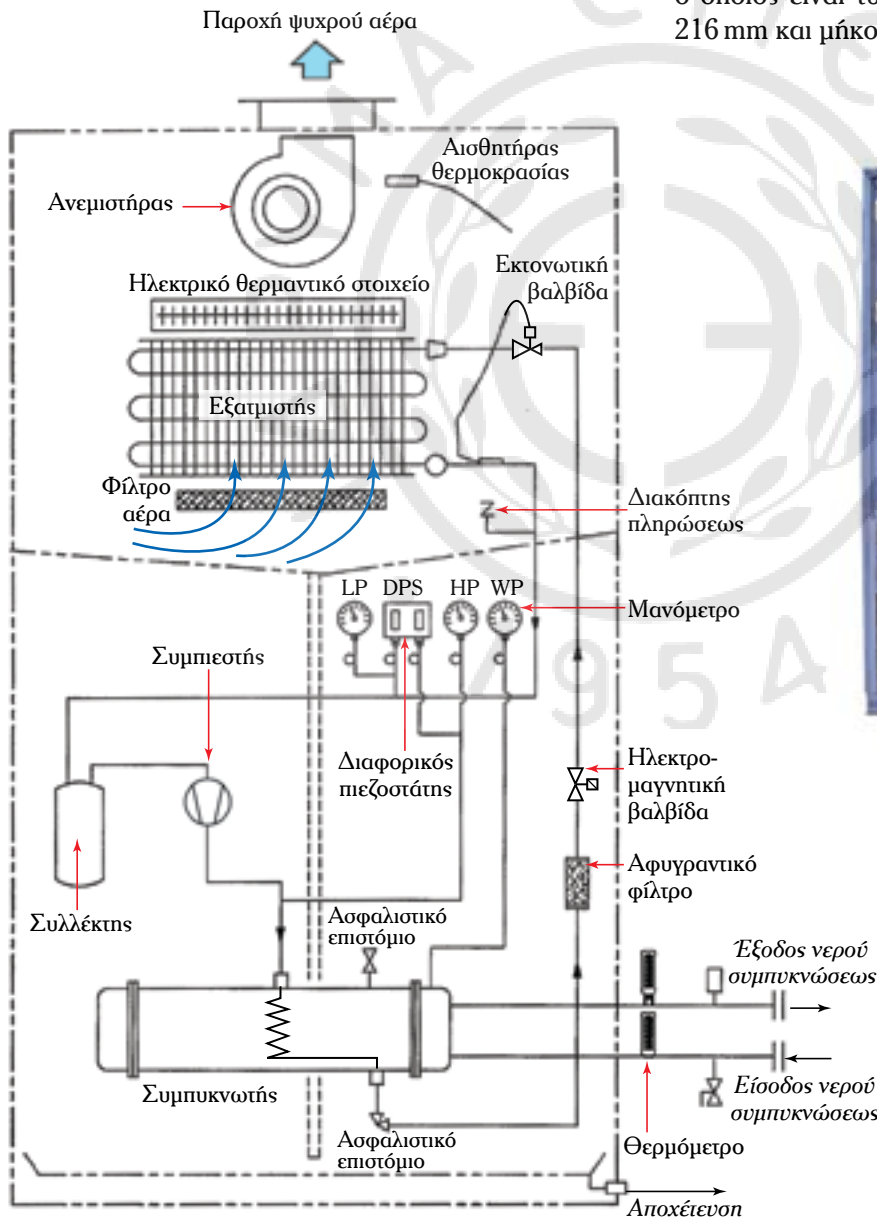
Ψυκτική εγκατάσταση με τρεις ατμοποιητές και βαλβίδες ρυθμίσεως πίεσεως αμφοποιήσεως.

στημα κλιματισμού ή να λειτουργούν σε εφεδρεία με το κεντρικό σύστημα κλιματισμού του πλοίου. Στην περίπτωση του μαγειρείου, ο χώρος του κλιματίζεται με αυτόνομη μονάδα, έτσι ώστε ο αέρας επιστροφής, ο οποίος έχει οσμές, να μην αναμειγνύεται με τον αέρα που κυκλοφορεί στο πλοίο. Το δωμάτιο ελέγχου κλιματίζεται αυτόνομα, ώστε να μην αναμειγνύονται οσμές πετρελαίου από τον χώρο του μηχανοστασίου στους χώρους ενδιαιτήσεων.

Μία αυτόνομη κλιματιστική μονάδα ενός εμπορικού πλοίου είναι μία μικρογραφία της κύριας κλιματιστικής εγκαταστάσεως και περιλαμβάνει μία μικρή μονάδα επεξεργασίας αέρα με ενσωματωμένη την ψυκτική μηχανή και κανάλια προσαγωγής και επιστροφής του αέρα. Ο συμπιεστής της αυτόνομης

κλιματιστικής μονάδας, συνήθως, είναι ερμητικού τύπου, ώστε να απλοποιείται η εγκατάσταση και οι αυτοματισμοί, ενώ η ρύθμιση της ισχύος του γίνεται με διακοπόμενη λειτουργία, μέσω του θερμοστάτη του αέρα επιστροφής. Ο συμπυκνωτής είναι υδρόψυκτος και ολόκληρη η μονάδα είναι κλεισμένη σ' ένα κέλυφος από λαμαρίνα, που συνδέεται με τα κανάλια εξαερισμού.

Στο σχήμα 10.38 παρουσιάζεται μία αυτόνομη κλιματιστική μονάδα που χρησιμοποιείται στο μαγειρείο ενός εμπορικού πλοίου. Το εργαζόμενο μέσο είναι R-404A και η ψυκτική ισχύς 22.000 kcal/h. Στο πάνω τμήμα βρίσκεται ο ανεμιστήρας και ο ατμοποιητής, ενώ στο κάτω υπάρχει εγκατεστημένος ένας ερμητικός τριφασικός συμπιεστής και ο συμπυκνωτής, ο οποίος είναι τύπου κελύφους-αυλών με διάμετρο 216 mm και μήκος 800 mm.



Σχ. 10.38
Αυτόνομη κλιματιστική
μονάδα εμπορικού πλοίου.

χώρο στο κατάστρωμα. Στον ίδιο χώρο βρίσκονται οι εναλλάκτες ατμοποίησης του LNG για πρόωση και οι θερμαντήρες των ατμών.

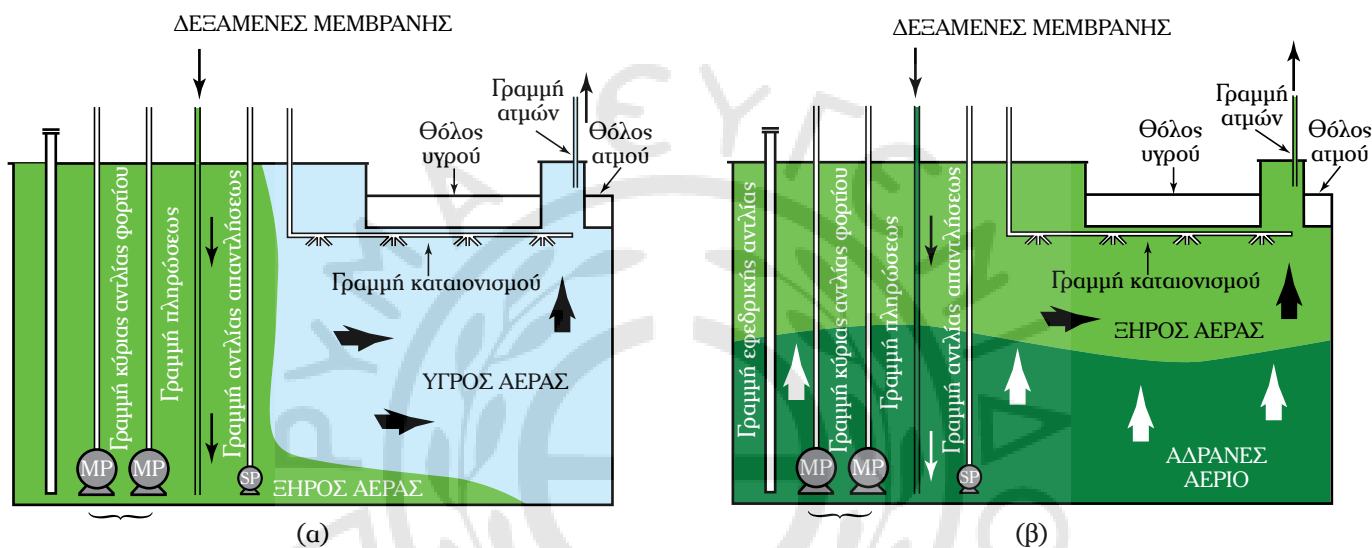
Σε γενικές γραμμές οι διαδικασίες χειρισμού φορτίου που ακολουθούνται για την αδρανοποίηση, ψύξη και φόρτωση μίας δεξαμενής, είναι οι εξής:

1) **Αφύγγραση** (drying), η οποία γίνεται με συνεχή ανακυκλοφορία του αέρα της δεξαμενής σε έναν εναλλάκτη που είναι ο ατμοποιητής μίας ψυκτικής εγκατάστασης, όπου συμπυκνώνεται η υγρασία [σχ. 10.6ε(α)].

2) **Αδρανοποίηση** (inerting), η οποία γίνεται με πλήρωση με άζωτο ή ξηρό αδρανές αέριο, το οποίο παράγεται από την καύση ελαφρού πετρελαίου και την αφύγγραση των καυσαερίων [σχ. 10.6ε(β)].

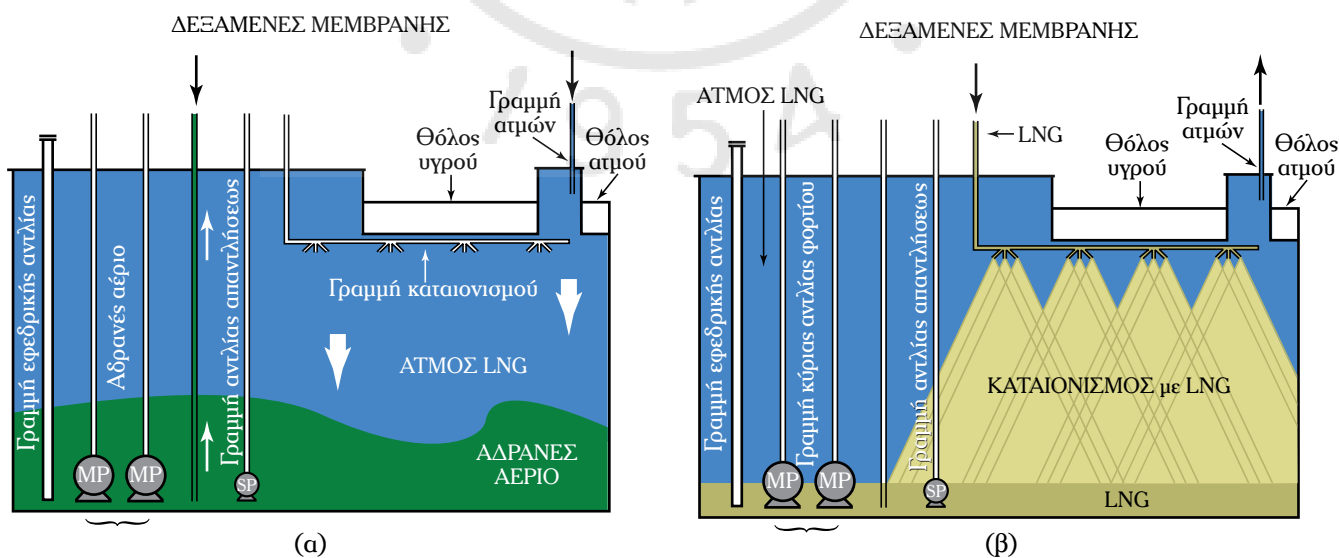
3) **Εκκένωση-πλήρωση με αέριο** (purging), που επιτυγχάνεται με πλήρωση φυσικού αερίου, το οποίο εκτοπίζει το αδρανές αέριο. Δεδομένου ότι το φυσικό αέριο είναι ελαφρύτερο, αυτό εισέρχεται από την πάνω πλευρά της δεξαμενής και το αδρανές εκδιώκεται από την κάτω πλευρά [σχ. 10.6στ(α)].

4) **Ψύξη** (cooling down) της δεξαμενής, που



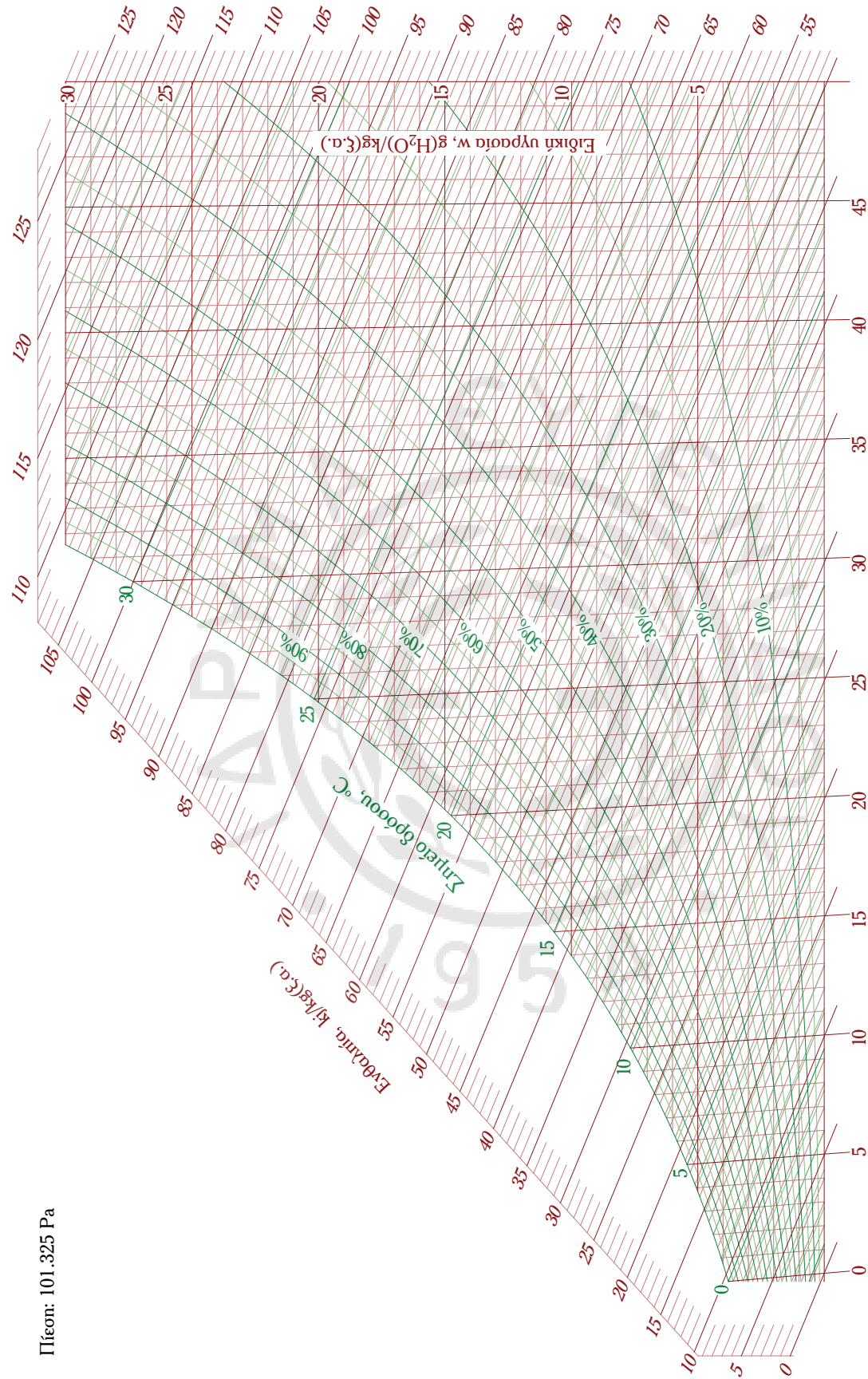
Σχ. 10.6ε

Χειρισμοί φορτίου σε Δ/Ξ υγροποιημένου φυσικού αερίου:
(α) Αφύγγραση, (β) αδρανοποίηση.



Σχ. 10.6στ

Χειρισμοί φορτίου σε Δ/Ξ υγροποιημένου φυσικού αερίου:
(α) Εκκένωση και (β) ψύξη.

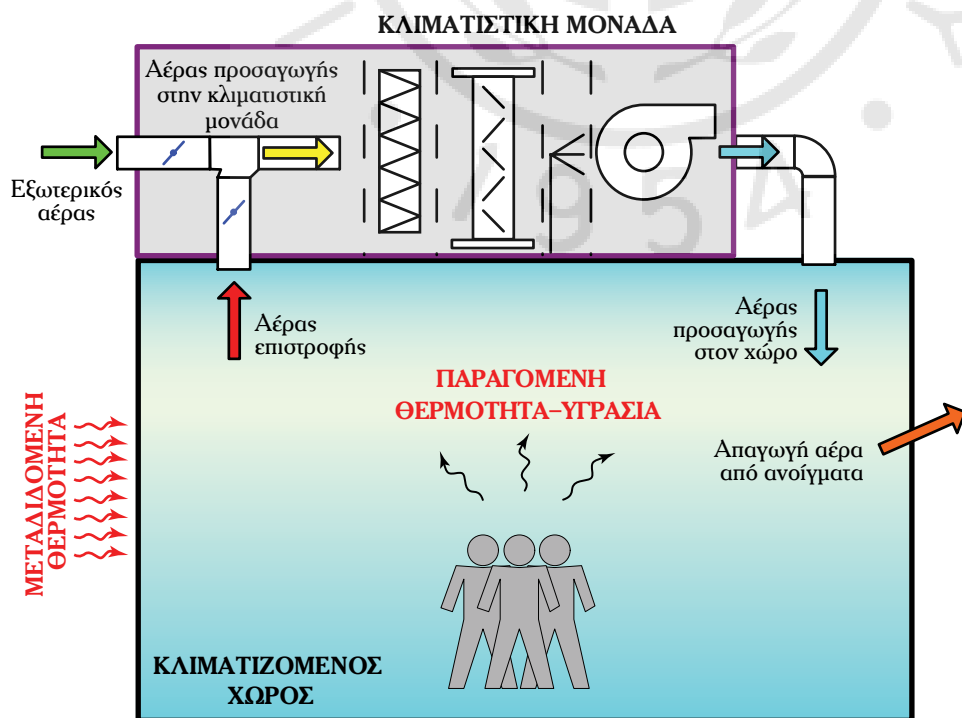


Θερμοκρασία ξηρού βολβού, TW , $^{\circ}\text{C}$

Σχ. 11.13ε
Ψυχομετρικός χάρτης ιδιοτήτων υγρού αέρα σε κανονικές θερμοκρασίες στο επίπεδο θάλασσας (SL).

Πίνακας 11.14
Απαιτήσεις χώρων σε αερισμό.

	<i>Χώρος</i>	<i>Απαιτούμενος αέρας ανά άτομο m³/h</i>	<i>Απαιτούμενες αλλαγές του αέρα του χώρου ανά ώρα</i>
Εγκαταστάσεις πλοίων	Κυρίως μηχανοστάσιο ανά PS μηχανής: – Μηχανές Ντίζελ. – Αεριοστρόβιλοι.	10 – 20 m ³ /h 6 – 8 m ³ /h	
	Χώρος επισκευών – μηχανουργείο.	50 ή 10 – 20	
	Χώρος μπαταριών.	70	
	Χώρος ασυρμάτου.	15 – 20	
	Χώρος χαρτών.	10 – 15	
	Καμπίνες επιβατών ή πληρώματος.	5 – 15	
	Σαλόνια.	50 ή 15	
	Κουζίνες.	30 – 60	
	Νοσοκομείο.	100 – 125	
Εγκαταστάσεις ξηράς	Θέατρα-κινηματογράφοι.	10 – 15	
	Θάλαμοι ασθενών.	50 – 70	
	Αίθουσες συσκέψεων και διαλέξεων.	60 – 100	
	Σαλόνια ξενοδοχείων.	50 – 60	
	Εργοστάσια (πλην ορισμένων ειδικής κατηγορίας).	15 – 25	
	Εστιατόρια.	25 – 35	

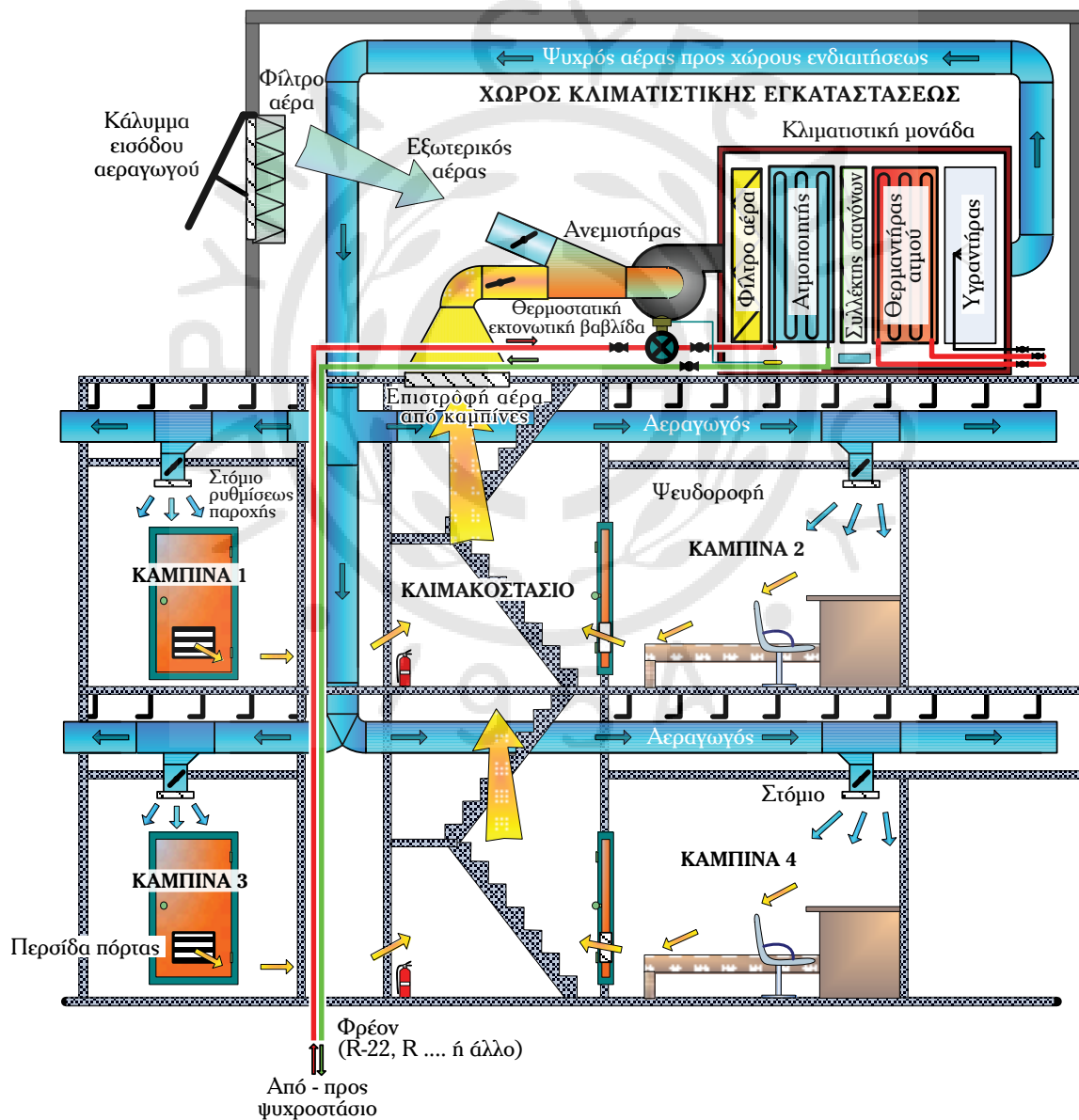


Σχ. 11.14
**Κλιματιστική εγκατάσταση
με κεντρική κλιματιστική
μονάδα.**

Στις κλιματιστικές εγκαταστάσεις των πλοίων προβλέπεται να υπάρχει τρόπος διακοπής της παροχής νωπού αέρα σε περιπτώσεις πυρκαγιάς. Επίσης, στα Δ/Ξ πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα απομονώσεως του εξωτερικού αέρα κατά τη φόρτωση, όπου ο κλιματισμός ανακυκλώνει τον αέρα της ενδιαιτήσεως και τον διατηρεί σε υπερπίεση. Αυτό γίνεται για να μην υπάρχει δυνατότητα σε εξωτερικά δηλητηριώδη και τοξικά αέρια που δημιουργούνται κατά τη φόρτωση, να εισέλθουν στους χώρους πληρώματος και είναι απαίτηση νηογνωμόνων και φορτωτών. Γι' αυτούς τους λόγους η κλιματιστική μονάδα τοποθετείται σε

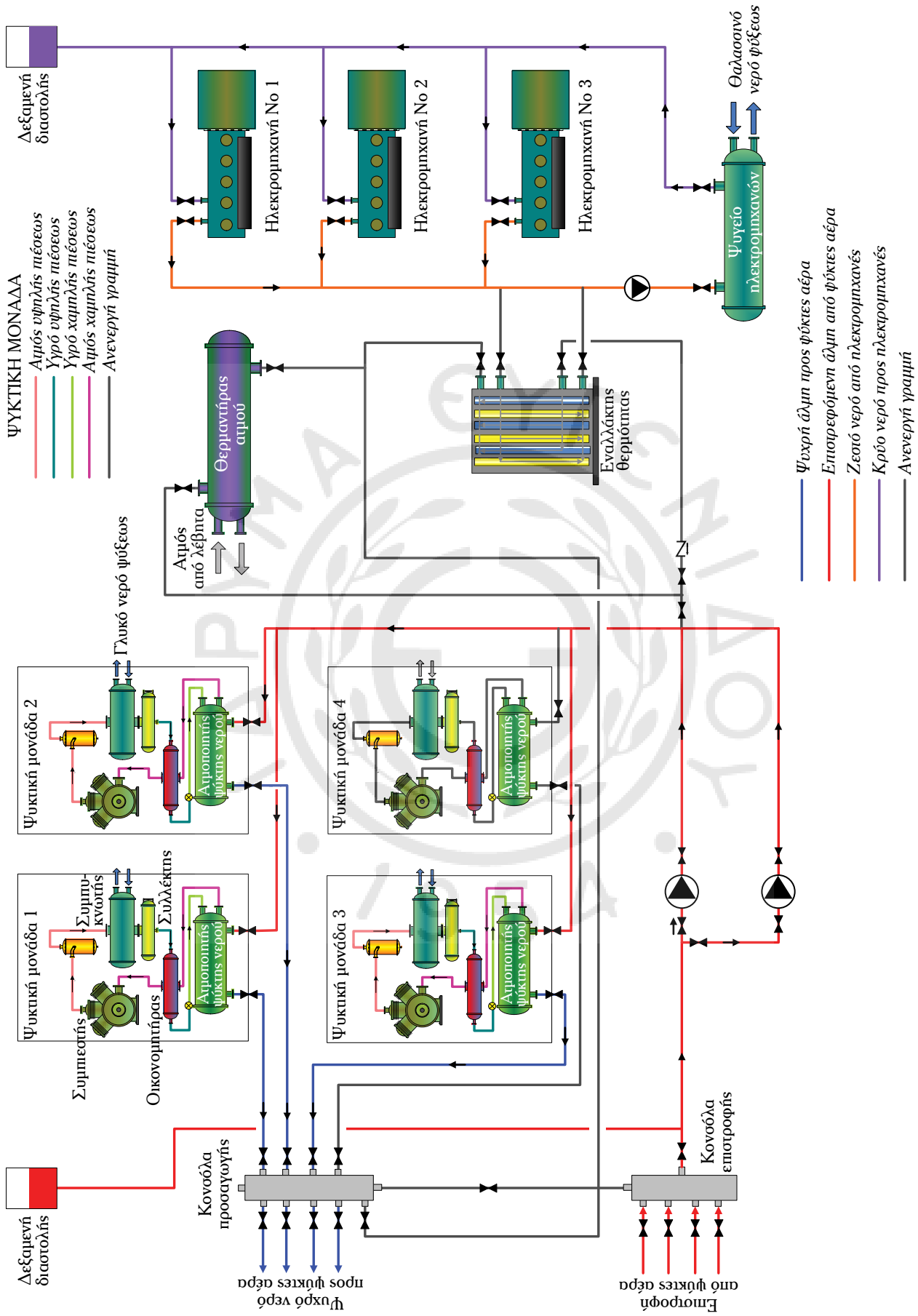
χώρο με αεροστεγείς πόρτες. Η αναρρόφηση αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον γίνεται μέσα από ειδικά ανοίγματα που εξωτερικά μπορούν να κλειστούν με σιδερένια αεροστεγή καλύμματα. Εσωτερικά των καλυμμάτων υπάρχουν φίλτρα του εξωτερικού αέρα και η αναλογία των παροχών ανακυκλοφορίας και νωπού αέρα ρυθμίζεται με διαφράγματα. Μετά τον ανεμιστήρα της κλιματιστικής υπάρχει δεύτερο φίλτρο αέρα για καθαρισμό του αέρα ανακυκλοφορίας.

Εκτός από τον ψύκτη αέρα και τον εναλλάκτη ατμού, μέσα στην κλιματιστική μονάδα υπάρχει υδατοπαγίδα για συγκράτηση των σταγόνων που συμπτυ-



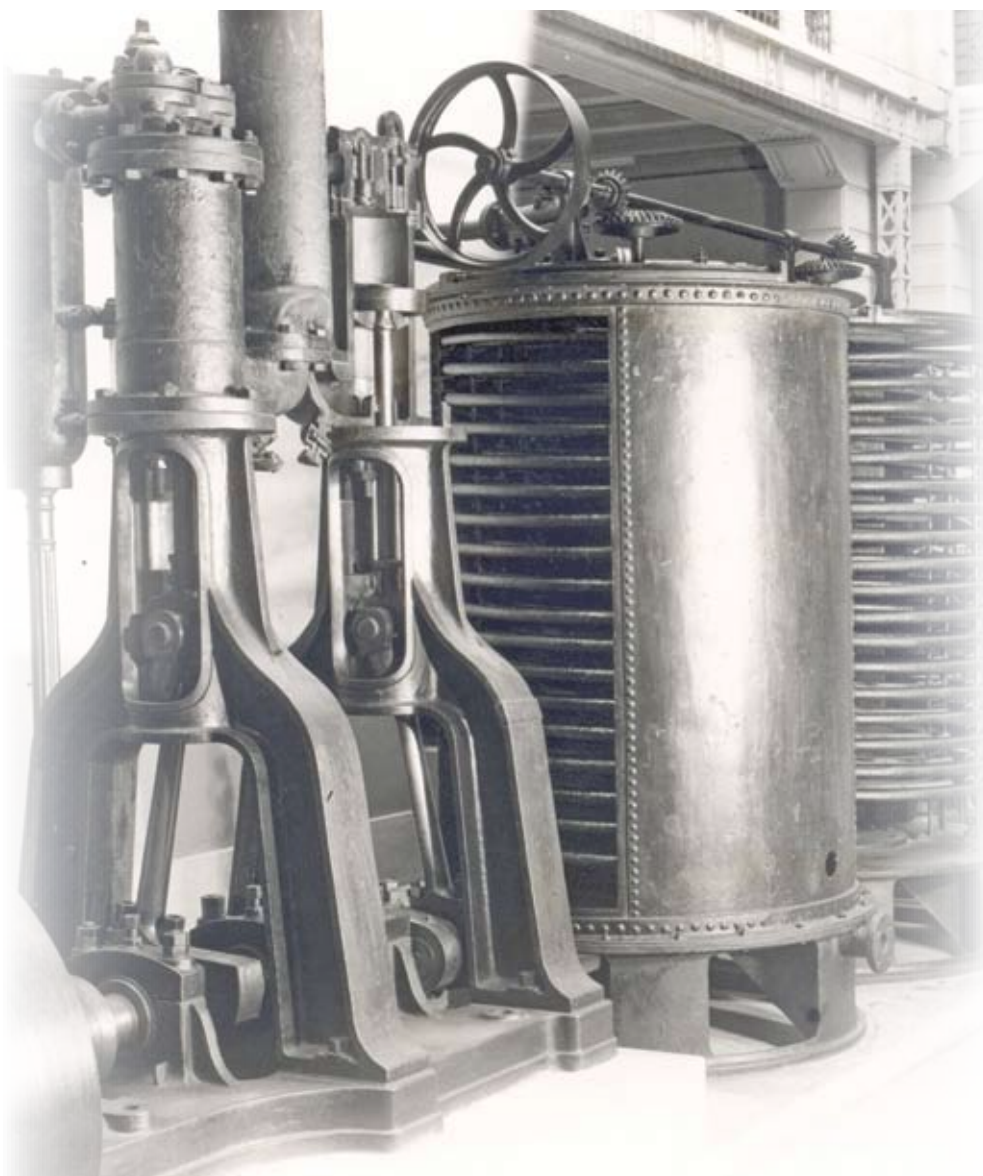
Σχ. 11.15β

Διαγραμματική διάταξη συστήματος κεντρικού κλιματισμού εμπορικού πλοίου.



Σχ. 11.156

Διάγραμμα ψυκτικής εγκατάστασης για Αεριομό-Κλιματισμό εμπορικού πλοίου με εργαζόμενο μέσο R-22 (Κύκλωμα R-22).



*Ψυκτική μηχανή του Carl Von Linde (1877),
που χρησιμοποιήθηκε βιομηχανικά και
είχε ως ψυκτικό μέσο την αμμωνία.
Τεχνικό Μουσείο Βιέννης.*