

2011

Καλιτσάκης Δημήτριος

© 2011 Α.Τ.Ε.Ι. Πειραιά -  
Τμήμα Αυτοματισμού

#1/y  
487  
ΑΥΤ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

# [ΜΕΛΕΤΗ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ]

Θερμодυναμική. Ψυκτικά μέσα. Ψυκτικές μηχανές, συσκευές και εξαρτήματα. Ψύξη τροφίμων, προσδιορισμός τεχνικών χαρακτηριστικών

3.21. Παράσταση ψυκτικού κύκλου στο διάγραμμα p - h .....	50
3.22. Συντελεστής συμπεριφοράς.....	52
3.23. Ψυκτική ισχύς.....	54
4. Ψυκτικά μέσα.....	55
4.1. Ιδιότητες ψυκτικών ρευστών .....	55
4.2. Ψυκτικό ρευστό R - 12.....	56
4.3. Ψυκτικό ρευστό R - 22.....	57
4.4. Ψυκτικό ρευστό R - 134a .....	59
4.5. KWICK CHARGE.....	61
4.6. Ψυκτικό ρευστό R - 404a ή HP - 62 .....	62
4.7. Ψυκτικό ρευστό R - 407c ή R - 9000.....	64
4.8. Ψυκτικό ρευστό R - 408a ή R - 95 .....	66
4.9. Ψυκτικό ρευστό R - 409a ή FX56.....	68
4.10. Ψυκτικό ρευστό R - 413a .....	68
4.11. Ψυκτικό ρευστό R - 410a ή R - 9100 .....	69
4.12. Πίνακας θερμοκρασιών πιέσεων ψυκτικών ρευστών.....	71
4.13. Συγκεντρωτικός πίνακας ψυκτικών υγρών.....	73
5. Ψυκτικές μηχανές, συσκευές και εξαρτήματα .....	76
5.1. Συμπιεστές .....	76
5.1.1. Τύποι συμπιεστών.....	77
5.1.2. Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας συμπιεστών.....	88
5.1.3. Απόδοση εμβολοφόρων συμπιεστών.....	96
5.1.4. Λίπανση συμπιεστών .....	98
5.1.5. Ηλεκτροκινητήρες συμπιεστών .....	105
5.2. Συμπυκνωτές.....	114
5.2.1. Αερόψυκτοι συμπυκνωτές.....	115
5.2.2. Υδροψυκτοι συμπυκνωτές .....	117
5.2.3. Συμπυκνωτές εξατμίσεως νερού .....	121



5.3. Στοιχεία ατμοποίησης .....	123
5.3.1. Στοιχεία ατμοποίησης για ψύξη αέρα.....	123
5.3.2. Στοιχεία ατμοποίησης για ψύξη υγρού.....	125
5.3.2.1. Στοιχεία υπερχειλίσεως, κελύφους - σωλήνων .....	127
5.4. Αποπάγωση των στοιχείων ατμοποίησης .....	132
5.4.1. Οι υδρατμοί της ατμόσφαιρας και το φαινόμενο της συμπύκνωσης και στερεοποίησης τους.....	132
5.4.2. Μέθοδοι αποπάγωσης.....	135
5.4.3. Χρονοδιακόπτες αποπάγωσης.....	136
5.4.4. Αποπάγωση με θερμό ατμό.....	138
5.4.5. Άλλες μέθοδοι αποπάγωσης.....	144
5.5. Ψυκτικοί πύργοι.....	146
5.5.1. Ψυκτικοί πύργοι φυσικής κυκλοφορίας .....	148
5.5.2. Ψυκτικοί πύργοι εξαναγκασμένης κυκλοφορίας .....	149
5.5.3. Λειτουργία πύργου ψύξης .....	150
5.6. Διατάξεις ελέγχου ρυθμίσεως και προστασίας .....	152
5.6.1. Διατάξεις προστασίας ηλεκτροκινητήρων.....	152
5.6.2. Ρύθμιση ψυκτικής ισχύος εμβολοφόρων συμπιεστών .....	165
5.6.3. Διατάξεις στραγγαλισμού .....	169
5.6.4. Διατάξεις ελέγχου ρυθμίσεως προστασίας .....	191
6. Ψύξη τροφίμων, προσδιορισμός τεχνικών χαρακτηριστικών .....	223
6.1. Υπολογισμός του θερμικού φορτίου ενός ψυκτικού θαλάμου.....	223
6.1.1. Παραδοχές .....	223
6.1.2. Υπολογισμός του θερμικού φορτίου ενός ψυκτικού θαλάμου.....	224
6.1.3. Απώλειες των τοιχωμάτων.....	224
6.1.4. Η θερμική απώλεια των προϊόντων σε θαλάμους συντήρησης νωπών .....	225
6.1.5. Η θερμική απώλεια των προϊόντων σε ένα θάλαμο συντήρησης κατεψυγμένων .....	227
6.1.6. Θερμική απώλεια λόγω εισροής ατμοσφαιρικού αέρα μέσα στο θάλαμο από τις ανοιχτές πόρτες.....	228
6.1.7. Θερμική απώλεια λόγω της παρουσίας εργαζομένων.....	229

6.1.8. Άλλες θερμικές απώλειες.....	229
6.2. Σύντομη, κατά προσέγγιση, υπολογισμός του θερμικού φορτίου ενός ψυκτικού θαλάμου .....	230
6.2.1. Οι απώλειες των τοιχωμάτων - σύντομος υπολογισμός .....	230
6.2.2. Σύντομος υπολογισμός της θερμικής απώλειας λόγω της θερμικής αναπνοής των προϊόντων.....	231
6.2.3. Σύντομος υπολογισμός της θερμικής απώλειας λόγω της ημερησίας εισαγωγής προϊόντων.....	231
6.2.4. Σύντομος υπολογισμός των υπόλοιπων θερμικών απωλειών του ψυκτικού θαλάμου (απώλειες χρήσης) .....	232
6.3. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος και επιλογή των κυρίων συγκροτημάτων μιας ψυκτικής εγκατάστασης..	233
6.3.1. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος του συμπιεστή.....	233
6.3.2. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος του αεροψυκτήρα και της σχετικής υγρασίας του ψυκτικού θαλάμου .....	236
6.3.3. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος ενός αεροψυκτήρα φυσικής κυκλοφορίας αέρα.....	239
6.3.4. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος του συμπυκνωτή .....	241
6.3.5. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος ενός υδρόψυκτου συμπυκνωτή.....	243
6.3.6. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος ενός αερόψυκτου συμπυκνωτή .....	243
6.3.7. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος ενός εξατμιστικού συμπυκνωτή.....	245
6.4. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος και προσδιορισμός στοιχείων των βοηθητικών συγκροτημάτων και των συσκευών μιας ψυκτικής εγκατάστασης.....	248
6.4.1. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος ενός ψυκτήρα νερού (chiller) που λειτουργεί με R22 .....	248
6.4.2. Ψυκτήρες μιγμάτων γλυκόλης που λειτουργούν με αμμωνία .....	250
6.4.3. Θερμοεκτονωτικές βαλβίδες .....	250
6.4.4. Δοχεία ψυκτικού υγρού (receivers).....	253
6.4.5. Παγίδες υγρών (accumulators).....	254
6.4.6. Ελαιοδιαχωριστές .....	256
6.4.7. Εναλλάκτες θερμότητας (heat exchangers).....	257
6.4.8. Αμμωνιοδιαχωριστές .....	259
6.4.9. Αντλίες κυκλοφορίας ψυγμένης υγρής αμμωνίας .....	261
6.5. Δίκτυα σωληνώσεων και εξαρτήματα δικτύων μιας ψυκτικής εγκατάστασης.....	262
6.5.1. Μελέτη σωληνώσεων μιας ψυκτικής εγκατάστασης .....	262



6.5.2. Μελέτη σωληνώσεων αναρρόφησης .....	262
6.5.3. Μελέτη σωληνώσεων κατάθλιψης .....	263
6.5.4. Μελέτη σωληνώσεων ροής ψυκτικού υγρού .....	264
6.5.5. Στηρίγματα σωλήνων .....	265
6.5.6. Εξαρτήματα δικτύου .....	265
7. Παράδειγμα μελέτης συστήματος αυτοματισμού. ....	268
7.1. Μιμικό σχέδιο. ....	268
7.2. Περιγραφή εξοπλισμού. ....	269
7.2. Περιγραφή λειτουργίας εξοπλισμού. ....	270
7.3. Ομάδες λειτουργίας εξοπλισμού. ....	272
7.4. Περιγραφή του Scada. ....	274
7.4.1. Αναλογικός ελεγκτής. ....	275
7.4.2. Ελεγκτής βαλβίδας. ....	276
7.4.3. Ελεγκτής κινητήρα.....	278
7.4.4. Ελεγκτής συμπιεστή. ....	281
7.4.5. Ελεγκτής συμπυκνωτή. ....	284
8.Επίλογος.....	286
9. Βιβλιογραφία .....	287

## **1. Ανάθεση**

ΘΕΜΑ:	<b><u>Ανάθεση πτυχιακής εργασίας.</u></b>
ΤΙΤΛΟΣ:	<b><u>Μελέτη ψυκτικών εγκαταστάσεων.</u></b>
ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:	Καπιτσάκης Δημήτρης
ΣΤΟΙΧΕΙΑ:	Τηλ.: 6979985323 (email: <a href="mailto:dimitriskapitsakis@gmail.com">dimitriskapitsakis@gmail.com</a> )
ΑΝΑΛΗΨΗ:	Απρίλιος 2011.
ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ:	Νοέμβριος 2011.
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:	Κων/νος Αλαφοδήμος

Περιεχόμενα :

1. Εισαγωγή.
2. Θερμοδυναμική.
3. Ψυκτικά μέσα.
4. Ψυκτικές μηχανές, συσκευές και εξαρτήματα.
5. Ψύξη τροφίμων, προσδιορισμός τεχνικών χαρακτηριστικών.
6. Επίλογος, βιβλιογραφία.



## **2. Εισαγωγή**

Η ψύξη έχει τις ρίζες της στα βάθη της ιστορίας του ανθρώπινου γένους, ξεκινώντας με αντιδράσεις από ένστικτο, όπως ήταν αυτές των ανθρώπων των σπηλαίων, που παρατήρησαν ότι όταν ζούσαν σε σπήλαια με δύο ή και περισσότερες εισόδους αέρα, οι οποίες δημιουργούσαν ρεύματα αέρα, οι τροφές τους διατηρούνταν περισσότερο χρόνο όταν ήταν τοποθετημένες στα ρεύματα του αέρα, παρά όταν ήταν τοποθετημένες στις γωνιές των σπηλαίων.

Όσο περνούσαν οι εποχές και η παρατήρηση αποδεικνύει ότι το κρύο, δηλαδή η ψύξη, βοηθάει στην καλύτερη συντήρηση των τροφών, οι άνθρωποι άρχισαν να εκμεταλλεύονται τα ίδια τα φυσικά φαινόμενα.

Στις βόρειες περιοχές όπου υπήρχε αφθονία πάγου, η συντήρηση των τροφών τους ήταν πολύ εύκολη, λόγω της χρήσης του πάγου που έπαιρναν από την ίδια τη φύση. Σε άλλες περιοχές όπως την Αίγυπτο, όπου οι άνθρωποι δεν είχαν πάγο, βρήκαν σαν λύση την εκμετάλλευση των νερών του Νείλου και άλλων πηγών, όπου βουτούσαν τα προϊόντα τους συσκευασμένα σε πήλινα δοχεία. Η μέθοδος αυτή βρίσκει εφαρμογή ακόμα και σήμερα από εκδρομείς που εκμεταλλεύονται τα νερά της θάλασσας, των ποταμών και των πηγών για να δροσίσουν τα φρούτα τους ή ακόμη και άλλες τροφές σφραγισμένες σε πλαστικά δοχεία ή νάιλον σακούλες.

Στην συνέχεια της ιστορίας, η ψύξη εμφανίζεται στην εποχή των αλχημιστών. Από διάφορες εξερευνήσεις των αρχαιολόγων μελετητών, φαίνεται να είχαν χρησιμοποιήσει την ψύξη που παρήγαγαν με τρόπους που όμως δεν έφθασαν ως εμάς, διότι οι περισσότεροι αλχημιστές θεωρήθηκαν μάγοι και καταδικάστηκαν στον δια πυρός θάνατο, παίρνοντας μαζί τους και τις γνώσεις τους.

Στην σύγχρονη εποχή και μάλιστα στον εικοστό αιώνα, εμφανίζεται για πρώτη φορά το σύστημα της εξατμιστικής ψύξης, το οποίο εκμεταλλεύεται τις χημικές ιδιότητες των υγραερίων (υγροποίηση και εξάτμιση) και με το μηχανικό σωληνοειδές σύστημά του, φέρνει αποτελέσματα υψηλών (θέρμανση) και χαμηλών (ψύξη) θερμοκρασιών στους χώρους.

Έτσι δημιουργούνται τα πρώτα ψυκτικά κυκλώματα και δίνονται στον άνθρωπο οι δυνατότητες εκμετάλλευσης των χαμηλών θερμοκρασιών, για την συντήρηση των τροφίμων του. Στην συνέχεια όμως και σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, αν σκεφτούμε ότι το πρώτο οικιακό ψυγείο δημιουργήθηκε στις αρχές περίπου του εικοστού αιώνα, οι εφαρμογές της ψύξης έγιναν πάρα πολύ μεγάλες, με αποτέλεσμα να εξαπλωθούν παντού, όπως στην ιατρική (αποθήκες αίματος, πλάσματος, στην χειρουργική), στην βιομηχανία (αποθήκες προϊόντων για μακρόχρονη εκμετάλλευση), στην παραγωγή, και στον κλιματισμό.

Στην σύγχρονη επιστήμη η κρυογενική και η κρυογενετική, αποθηκεύουν σπέρμα για εξωσωματική γονιμοποίηση, μοσχεύματα, ως και ζωντανούς οργανισμούς. Μετά από πολλά πειράματα, αποδείχτηκε ότι έμψυχο και ζωντανό υλικό που θα ψυχθεί με μεγάλη ταχύτητα σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, μένει αδρανές για όλο τον χρόνο αποθήκευσής του και επανέρχεται στην ζωή μετά από έναν συγκεκριμένο επιστημονικό τρόπο απόψυξής του. Τα πρώτα πειράματα έγιναν σε λευκά ποντίκια και στην συνέχεια σε πιθήκους, επειδή ο οργανισμός τους ταιριάζει πολύ με τον άνθρωπο, ώστε να μελετηθούν τρόποι εκμετάλλευσης που θα βοηθήσουν τον άνθρωπο.



### 3. Θερμοδυναμική

*Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται οι βασικές αρχές της θερμοδυναμικής. Στόχος είναι κατανόηση των βασικών εννοιών και η μελέτη της φυσικής διαδικασίας της ψύξης.*

Βασικές έννοιες για την κατανόηση μιας τέχνης και της ορολογίας της, είναι οι έννοιες που αφορούν τα συστήματα μέτρησης των μεγεθών, οι οποίες εμπλέκονται με τις εργασίες που την αφορούν. Έτσι λοιπόν και στην τέχνη των ψυκτικών, βασικές έννοιες για την κατανόηση της τέχνης και της ορολογίας της, είναι αυτές που αφορούν τα συστήματα μέτρησης των μεγεθών, που εμπλέκονται με τις εργασίες των ψυκτικών μηχανών και κυκλωμάτων.

- **ΕΝΕΡΓΕΙΑ.** Ενέργεια ονομάζουμε την ικανότητα ενός σώματος να παράγει έργο.
- **ΕΡΓΟ.** Έργο ονομάζουμε το γινόμενο της δύναμης επί την απόσταση μετατόπισης του σημείου εφαρμογής της.
- **ΙΣΧΥΣ.** Ισχύ ονομάζουμε το παραγόμενο έργο στην μονάδα του χρόνου.
- **ΠΙΕΣΗ.** Πίεση ονομάζουμε την δύναμη που ασκείται από τα σώματα στην μονάδα της επιφάνειας. (1)

#### **3.1. Θερμότητα και θερμοκρασία**

Αν φέρουμε σε επαφή δύο σώματα που έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες  $\theta_1$  και  $\theta_2$  θα αποκτήσουν τελικά την ίδια θερμοκρασία  $\theta$ , επειδή συμβαίνει ροή ενέργειας από το ένα σώμα στο άλλο. Η μορφή της ενέργειας που ρέει από το θερμότερο στο ψυχρότερο ονομάζεται θερμότητα και έχει σαν αποτέλεσμα να αυξάνεται η εσωτερική ενέργεια του ψυχρότερου και να ελαττώνεται η εσωτερική ενέργεια του θερμότερου. Άρα, θερμότητα είναι η ενέργεια που προσφέρεται ή αποβάλλεται από ένα σώμα όταν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας.

Σαν θερμοκρασία ορίζεται το μέτρο της μέσης τιμής κινητικότητας των δομικών μονάδων του σώματος, λόγο της θερμικής κίνησης.

$$\bar{E}_{κιν} = \frac{2}{3} * K * T \quad (2)$$

<sup>1</sup> Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων. Μέρος 1<sup>ο</sup> Βασικές Θερμοδυναμικές έννοιες.

<sup>2</sup> Φυσική 1. 13.1. Θερμοκρασία.

Για την μέτρηση της θερμοκρασίας σήμερα (στον τεχνικό τομέα) έχουν επικρατήσει οι κλίμακες Κελσίου ( ° C ) και Φαρενάιτ ( ° F ). Η μέτρηση της θερμοκρασίας ανάγεται σε μέτρηση σε μέτρηση της αλλαγής κάποιου άλλου μεγέθους του σώματος, όμως για να είναι σωστή η μέτρηση πρέπει να συντρέχουν αρκετές προϋποθέσεις, ανάλογα με την χημική σύσταση και με την κατάσταση του σώματος.

Για παράδειγμα, η αλλαγή του όγκου ενός θερμομέτρου υδραργύρου. Για να χαραχτεί πάνω στο όργανο γραμμική κλίμακα θερμοκρασιών, πρέπει ο υδράργυρος να έχει συντελεστή διαστολής ανεξάρτητο από την θερμοκρασία. Όμως αυτό δεν είναι φυσικά δυνατό, επομένως η κλίμακα παρομοιάζει απόκλιση από τη γραμμικότητα. Η συνήθης διαδικασία βαθμονόμησης ενός θερμομέτρου στήλης υδραργύρου με βάση δύο σημεία:

- Η θερμοκρασία του *κανονικού σημείου* ατμοποίησης του καθαρού νερού υπό πίεση 760mm υδραργύρου είναι 100°C.
- Η θερμοκρασία του <<τριπλού σημείου>> του καθαρού νερού είναι 0,01°C.

*Σημείωση:* Τριπλό σημείο ενός σώματος είναι η θερμοκρασία όπου συνυπάρχουν οι τρεις καταστάσεις η στερεή, η υγρή και η αέρια.

Τέλος υπάρχει ένα κοινό κατώτατης ψύξης για όλα τα σώματα. Το σημείο αυτό είναι - 273,15°C.

Ακολουθεί ένας πίνακας με τιμές θερμοκρασιών σε αντιστοιχία των δύο βασικών κλιμάκων:

°C	°F
- 40	- 40
- 35	- 23,8
- 30	- 7,6
- 25	+ 8,6
- 20	+ 24,8
- 15	+ 41
- 10	+ 57,2
- 5	+ 73,4
0	+ 89,6
+ 5	+ 105,8

Η μέτρηση της θερμοκρασίας, μέχρι πριν από μερικές δεκαετίες γινόταν με τα γυάλινα θερμομέτρα υγρού, τα οποία είχαν μεγάλη ακρίβεια μέτρησης αλλά ήταν εύθραυστα και σε μεγάλες εγκαταστάσεις (λ.χ. σε ένα εργοστάσιο με πολλά μηχανήματα) δεν εξυπηρετούσαν στη λήψη της ένδειξής τους.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και την εισαγωγή των αυτοματισμών, δημιουργήθηκε η ανάγκη η μέτρηση της θερμοκρασίας να αντιστοιχεί σε ηλεκτρικό ρεύμα. Έτσι δημιουργήθηκαν πολλών τύπων θερμομέτρα, μερικά από αυτά είναι:

- Θερμοηλεκτρικά στοιχεία.
- Θερμόμετρα αντιστάσεως.
- Θερμίστορς.
- Θερμόμετρα με υπέρυθη ακτινοβολία.
- Διμεταλλικά θερμομέτρα.



### 3.2. Εσωτερική ενέργεια

Όλα τα σώματα αποτελούνται από δομικές μονάδες (άτομα, ιόντα, μόρια) που βρίσκονται σε διαρκή κίνηση, *θερμική κίνηση*, που είναι τόσο πιο έντονη όσο περισσότερη ενέργεια προσφέρουμε στο σώμα. Το σύνολο των ενεργειών κάθε μορφής που έχουν οι δομικές μονάδες ενός σώματος ονομάζεται εσωτερική ενέργεια, και μαθηματικά περιγράφεται:

$$E_{\text{εσωτ.}} = E_{\text{θερμ.κιν}} + E_{\text{δυν.}} + E_{\text{ηλεκτρ.}} + E_{\text{πυρήνα}} \quad (3)$$

Στα περισσότερα θερμικά φαινόμενα παρατηρείται μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας, που οφείλεται στην προσφορά ή την απορρόφηση θερμότητας από το περιβάλλον και εκείνο που ενδιαφέρει είναι η οι μεταβολές της εσωτερικής ενέργειας και όχι η απόλυτη τιμή της.

### 3.3. Πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα

Ο πρώτος τόμος της θερμοδυναμικής, που είναι επίσης γνωστός και σαν αρχή διατήρησης της ενέργειας δηλώνει ότι η ενέργεια ούτε μπορεί να καταστραφεί, αλλά μόνο αλλάζει μορφή. Συνεπώς κάθε ποσότητα ενέργειας πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη μελέτη κάθε διεργασίας. Ο πρώτος νόμος της θερμοδυναμικής δεν μπορεί να αποδειχτεί μαθηματικά αλλά δεν έχει βρεθεί κάποια διεργασία που να την παραβιάζει. Η διατύπωση του πρώτου θερμοδυναμικού αξιώματος περιλαμβάνει δύο σκέλη. Το πρώτο ορίζει την εσωτερική ενέργεια με βάση τις αδιαβατικές μεταβολές και το δεύτερο ορίζει την θερμότητα και περιλαμβάνει την αρχή διατήρησης της ενέργειας. Η διατύπωσή του είναι:

Κάθε κλειστό σύστημα έχει ένα καταστατικό μέγεθος, την εσωτερική ενέργεια.

1. Για αδιαβατικές μεταβολές έχουμε:

$$U_2 - U_1 = W_{12\text{ad}}$$

2. Για μη αδιαβατικές μεταβολές έχουμε:

$$U_2 - U_1 = Q_{12} - W_{12}$$

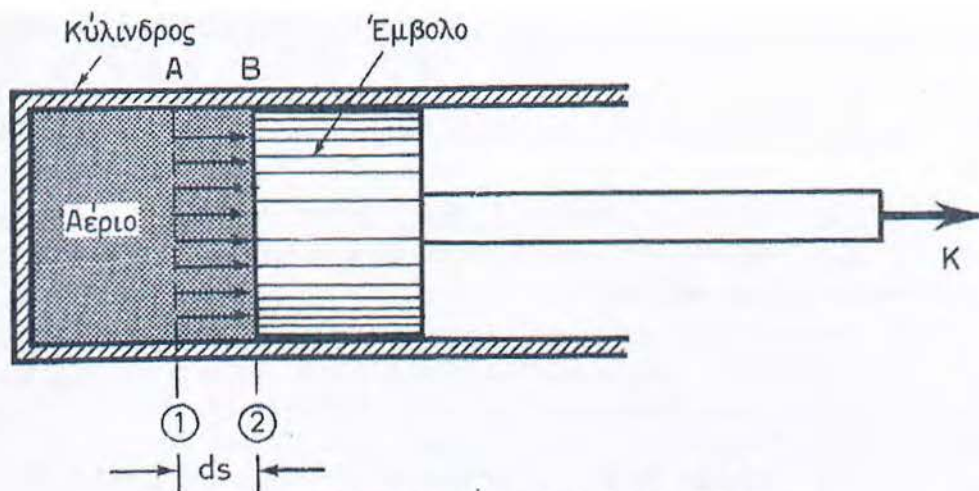
### 3.4. Έργο ογκομεταβολής

Ο όρος έργο ογκομεταβολής περιγράφει το μηχανικό έργο το οποίο παράγει ή καταναλώνει μια μάζα όταν αλλάζει ταυτόχρονα ο όγκος και η πίεσή της. Ο όρος αναφέρεται συνήθως σε συστήματα που περιέχουν αέριο και ως έργο ογκομεταβολής θεωρείται το έργο το οποίο είναι συνυφασμένο με την αλλαγή του

<sup>3</sup> Θερμοδυναμική για μηχανικούς, 3-1. Εισαγωγή στον πρώτο νόμο θερμοδυναμικής.



όγκου του αερίου. Η λέξη ογκομεταβολή, χρησιμοποιείται για να περιγραφεί το έργο το οποίο σχετίζεται με κλειστό σύστημα.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Σχήμα 1.8α.

Στο ανωτέρω σχήμα παριστάνεται τυπική διάταξη κλειστού συστήματος. Μια σταθερή ποσότητα μάζας αερίου μέσα σε κύλινδρο που φράζεται αεροστεγώς με ένα κινητό έμβολο. Επάνω στην επιφάνεια του εμβόλου, οποία έχει έδρα  $F$ , δρα η πίεση  $p$  του αερίου, και ωθεί με δύναμη το έμβολο προς τα έξω. Η δύναμη  $K$  είναι:

$$K = pF \quad (4)$$

Υποτίθεται ότι από την άλλη πλευρά του εμβόλου δεν υπάρχει ατμοσφαιρική ή άλλου είδους πίεση.

Όταν το έμβολο μετακινηθεί κατά ένα πολύ μικρό, στοιχειώδες, διάστημα  $ds$ , τότε παράγεται κατά την απομόνωση του αερίου το στοιχειώδες έργο ογκομεταβολής  $dW$  το οποίο είναι:

$$dW = Kds = pFds \quad (5)$$

Επειδή όμως το γινόμενο  $Fds$  παριστάνει ένα πολύ μικρό στοιχειώδη όγκο (Α ως Β), ο οποίος συμβολίζεται με  $dV$ , η ανωτέρω σχέση μπορεί να γραφτεί ως εξής:

$$dW = pdV \quad (5)$$

η μεταβολή όμως του όγκου αναφέρεται σε όλη την ποσότητα της μάζας του συστήματος. Αν το σύστημα έχει μάζα αερίου  $m$ kg τότε η σχέση  $dW = pdV$  δίνει:

<sup>4</sup> Σημειώσεις πανεπιστημιακής φυσικής 1 (μηχανική - κυματική - θερμοδυναμική). 17-2. Έργο παραγόμενου κατά την διάρκεια μεταβολών όγκου ή έργο ογκομεταβολής.

<sup>5</sup> Σημειώσεις πανεπιστημιακής φυσικής 1 (μηχανική - κυματική - θερμοδυναμική). 17-2. Έργο παραγόμενου κατά την διάρκεια μεταβολών όγκου ή έργο ογκομεταβολής.

$$\frac{dW}{m} = p * \frac{dV}{m} \Leftrightarrow dW = pdV \quad (5)$$

Η σχέση αυτή έχει υπολογιστεί για την απλή περίπτωση του συστήματος που εξετάζουμε, ισχύει όμως για όλες τις περιπτώσεις που η μάζα του αερίου (ή αλλιώς εργαζόμενο μέσο) είναι πάντα η ίδια και πάντα σταθερή. Η σχέση  $dW = pdV$  το ανά μονάδα μάζας εργαζόμενου μέσου μηχανικό έργο το οποίο συναλλάσσεται με το κλειστό σύστημα.

Αν από την άλλη μεριά του εμβόλου υπάρχει και άλλο αέριο το οποίο έχει πίεση  $p_0$ , μπορούμε εύκολα να προσδιορίσουμε την πίεση στη σχέση  $dW = pdV$  ως εξής: Το αέριο μέσα στον κύλινδρο του σχήματος, πιέζει το έμβολο και το μετακινεί προς τα έξω. Κατά την μετακίνηση το αέριο αγνοεί τι συμβαίνει από την άλλη μεριά του εμβόλου, αν δηλαδή υπάρχει πίεση άλλου αερίου, ή κάποια άλλη δύναμη, η οποία δρα στο στέλεχος του εμβόλου (βάκτρο), η οποία εμποδίζει την μετακίνηση και δημιουργεί αντίσταση. Το όριο του συστήματος (αερίου) είναι η εσωτερική μεριά του εμβόλου. Κατά την μετακίνηση του εμβόλου, το σύστημα (αέριο) παράγει έργο  $dW = pdV$ . Στο σχήμα εξετάζεται η απλή περίπτωση της κινήσεως του εμβόλου μέσα σε ατμοσφαιρικό αέριο. Στις δύο επιφάνειες του εμβόλου δρουν διαφορετικές πιέσεις. Από τη μέσα πλευρά δρα η πίεση του αερίου  $p$  και από την έξω πλευρά δρα η ατμοσφαιρική πίεση  $p_{atm}$ .

Όταν γίνεται μια στοιχειώδης εκτόνωση, το αέριο παράγει έργο:

$$dW = pdV \quad (5)$$

Όταν όμως το έμβολο κινείται, από τη έξω πλευρά ο ατμοσφαιρικός αέρας μετακινείται με ίδιο στοιχειώδη όγκο  $dV$  και συνεπώς η ύπαρξη του ατμοσφαιρικού αέρα καταναλώνει ένα μέρος από το έργο που παράγει το αέριο. Η κατανάλωση αυτή του έργου, λόγω του ατμοσφαιρικού αέρα είναι:

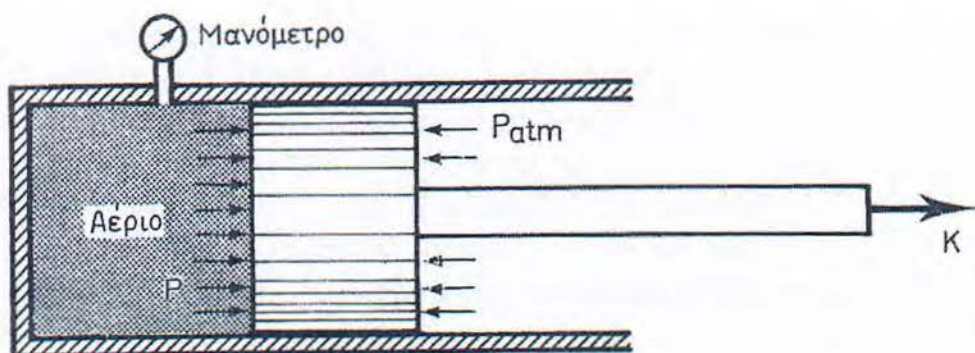
$$dW_{atm} = -p_{atm}dV \quad (6)$$

Το έργο συνεπώς  $dW_e$  το οποίο παραμένει διαθέσιμο για να μεταφερθεί από το βάκτρο του εμβόλου είναι τελικά:

$$dW_e = dW + dW_{atm} = pdV - p_{atm}dV = (p - p_{atm})dV \quad (6)$$

<sup>6</sup> Σημειώσεις πανεπιστημιακής φυσικής 1 (μηχανική - κυματική - θερμοδυναμική). 17-2. Έργο παραγόμενου κατά την διάρκεια μεταβολών όγκου ή έργο ογκομεταβολής.





Σχήμα 1.8β. Αποτόνωση αερίου μέσα στην ατμόσφαιρα. Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις.

Το μέγεθος  $(p - p_{atm})$  είναι η πίεση την οποία έχει το αέριο όταν αυτή μετρείται πάνω από την ατμοσφαιρική πίεση. Όλα τα συνηθισμένα μανόμετρα τα οποία μετρούν την πίεση αερίων ή υγρών δείχνουν ακριβώς αυτό το μέγεθος  $(p - p_{atm})$ . Για αυτό η πίεση αυτή λέγεται μανομετρική πίεση. Λόγω της ιδιαίτερης σημασίας που έχει συμβολίζεται με τον δείκτη  $g$ . Πολλές φορές η πίεση, για να τονισθεί ότι είναι η απόλυτη πίεση, συμβολίζεται με τον δείκτη  $a$ . Έτσι ισχύει πάντοτε η σχέση:

$$p_g = p_a - p_{atm} \quad (6)$$

Αν στο ανωτέρω σχήμα η κίνηση του εμβόλου γίνει αντίστροφα, αν δηλαδή συμπιεστεί το αέριο και παραχθεί έργο από έξω, τότε η ατμοσφαιρική πίεση προσφέρει έργο στην συμπίεση. Αν το έμβολο του σχήματος παλινδρομεί διαδοχικά, τότε το έργο του ατμοσφαιρικού αέρα αναιρείται σε κάθε πλήρη κύκλο παλινδρομήσεως του εμβόλου. Η ύπαρξη της πίεσεως του αερίου από την άλλη πλευρά του εμβόλου μπορεί να αγνοηθεί.

Ανακεφαλαιώνοντας, το έργο ογκομεταβολής ενός συστήματος είναι:

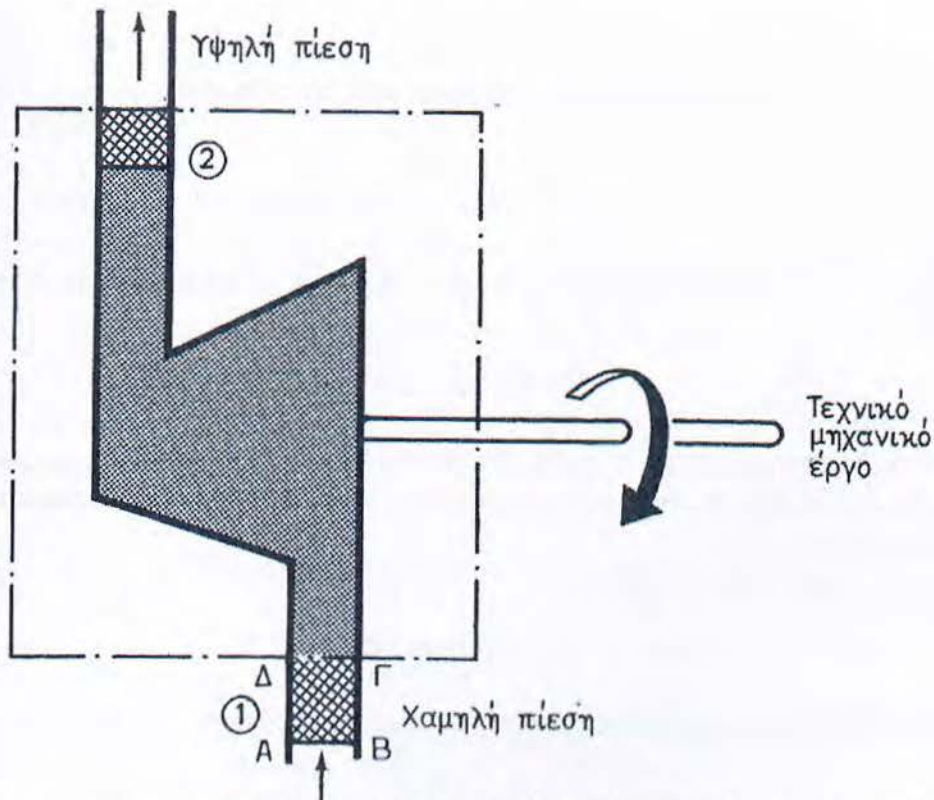
$$dw = pdv \quad (7)$$

Το έργο αυτό παράγεται από το σύστημα ή προσδίδεται σε αυτό. Για το ίδιο το σύστημα είναι αδιάφορο το που καταναλώνεται το έργο που παράγεται από αυτό, ή αντίθετα, από που προσδίδεται το έργο που καταναλώνεται.

### 3.5. Τεχνικό έργο

Ο όρος τεχνικό έργο αναφέρεται πάντοτε σε ανοιχτό σύστημα. Στο παρακάτω σχήμα παριστάνεται ένα ανοιχτό σύστημα:

<sup>7</sup> Σημειώσεις πανεπιστημιακής φυσικής 1 (μηχανική - κυματική - θερμοδυναμική). 17-2. Έργο παραγόμενου κατά την διάρκεια μεταβολών όγκου ή έργο ογκομεταβολής.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 17. Σχήμα 1.8β. Αποτόνωση αερίου μέσα στην ατμόσφαιρα.

Είναι ένας φυγοκεντρικός αεροσυμπιεστής ο οποίος αναρροφά αέρα χαμηλής πίεσης (σημείο 1 στο σχήμα)  $p_1$  και τον συμπιέζει υψηλή πίεση (σημείο 2 στο σχήμα)  $p_2$ . Ο συμπιεστής συνεχώς αναρροφά τόση μάζα αέρα, όση καταθλίβει στην έξοδο. Μέσα στο συμπιεστή υπάρχει πάντοτε σταθερή ποσότητα μάζας αέρα η οποία συνεχώς ανανεώνεται. Έστω ότι η μάζα του αέρα είναι  $1\text{kg}$ , στην είσοδο ο όγκος του αέρα είναι  $v_1$  και στην έξοδο είναι  $v_2$ .

Για να λειτουργεί ο συμπιεστής πρέπει να δοθεί από έξω μηχανικό έργο, το οποίο καταναλώνεται για τη συμπίεση του αέρα. Επειδή το σύστημα είναι ανοικτό, όπως συμβαίνει σχεδόν σε όλες τις εγκαταστάσεις, ονομάζεται τεχνικό έργο.

Η διαφορά η οποία υπάρχει ανάμεσα στο έργο ογκομεταβολής και στο τεχνικό έργο οφείλεται στη ροή μάζας δια μέσου των ορίων του συστήματος. Η ροή γίνεται σε ανοικτό σύστημα.

Στην είσοδο του ανωτέρω συστήματος επικρατεί πίεση  $p_1$ . Για να συμπιεσθεί η μονάδα μάζας  $1\text{ kg}$  η οποία έχει όγκο  $v_1$  μέσα στα όρια του συστήματος, πρέπει να καταναλωθεί έργο. Το σύστημα δηλαδή πρέπει να παράγει έργο:

$$p_1 v_1 \text{ (}^8\text{)}$$

Όταν η ίδια μάζα εγκαταλείπει το σύστημα έχει πίεση  $p_2$  και όγκο  $v_2$ , καθώς βγαίνει από τα όρια, στο σύστημα πρέπει να καταβληθεί έργο:

<sup>8</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, 1.19. Τεχνικό έργο.



$$- p_2 v_2 \quad (8)$$

Για να περάσει η μάζα 1 kg μέσα από τα όρια του συστήματος πρέπει ναπραχτεί συνιστάμενο έργο:

$$- p_2 v_2 + p_1 v_1 = - (p_2 v_2 - p_1 v_1) \quad (8)$$

Όταν οι μεταβολές είναι μικρές, το έργο αυτό είναι μικρό και ίσο με την στοιχειώδη διαφορά:

$$- d(pv) \quad (8)$$

Το αέριο, αφού περάσει τα όρια συστήματος στη θέση 1 και μέχρι την έξοδο από την θέση 2, δεν αντιλαμβάνεται αν είναι σε κλειστό ή ανοιχτό σύστημα. Ουσιαστικά, εντός του συστήματος δεν υπάρχει διαφορά. Έτσι το έργο το οποίο έχει άμεση σχέση με τις μεταβολές του αερίου εντός του συστήματος δίνεται από την σχέση:

$$dw = pdv \quad (8)$$

Επειδή το σύστημα είναι ανοιχτό, το έργο το οποίο συνδέεται με μια στοιχειώδη μεταβολή, δίνεται από την σχέση:

$$dw_t = dw - d(pv) = pdv - (pdv + vdp) = -vdp \quad (8)$$

### 3.6. Ενθαλπία

Ας θεωρήσουμε ένα σώμα που έχει όγκο  $V$ , βρίσκεται σε πίεση  $P$  και η εσωτερική ενέργεια  $U$ . Ονομάζουμε ενθαλπία  $H$  ενός σώματος:

$$H = U + PV$$

Μονάδες μέτρησης **cal**, **Kcal** ή **Joule**.

Ορίζουμε σαν ειδική ενθαλπία  $h$  ενός σώματος:

$$h = \frac{H}{m} \quad (9)$$

Μονάδες μέτρησης  $\frac{Kcal}{Kgr}$  ή  $\frac{cal}{gr}$  ή  $\frac{Joule}{Kgr}$  .

<sup>9</sup> Φυσική 1. 16.10. Ενθαλπία.

### 3.7. Πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα για συστήματα $P, v, t$

Στις συνηθισμένες τεχνικές εφαρμογές, τα θερμοδυναμικά συστήματα είναι μηχανές, συσκευές και διατάξεις, οι οποίες ως εργαζόμενα μέσα αέρια, ατμούς ή υγρά. Στις περιπτώσεις αυτές η θερμοδυναμική κατάσταση του εργαζόμενου σώματος είναι εντελώς καθορισμένη, όταν είναι τα τρία βασικά μεγέθη πίεση  $p$ , θερμοκρασία  $T$  και ειδικός όγκος  $v$  (όγκος 1 kg μάζας).

Τα συστήματα αυτά που καθορίζονται πλήρως όταν δίνονται οι τιμές των μεγεθών  $p, v, T$  ονομάζονται για συντομία συστήματα  $p, v, T$ .

Το πρώτο σκέλος του πρώτου θερμοδυναμικού αξιώματος, όπως διατυπώθηκε στο κεφάλαιο Πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα, μένει αναλλοίωτο. Το δεύτερο σκέλος του, μπορεί να έχει την ειδική που απαιτείται αντί για την γενική έκφραση του έργου, χρησιμοποιηθούν οι σχέσεις  $dw = pdv$  και  $dw_1 = -vdp$ . Από τα προηγούμενα προκύπτουν τα εξής:

- Για κλειστό σύστημα:

$$dq = du - dw = du + pdv \quad (10)$$

- Ανοιχτό σύστημα:

Από την σχέση ορισμού της ενθαλπίας  $h = u + pv$  προκύπτει αμέσως ότι:

$$dh = du + pdv + vdp \Leftrightarrow (du + pdv) = dh - vdp$$

Αν αυτή η σχέση αντικαταστήσει την σχέση  $dq = du + pdv$  προκύπτει ότι:

$$dq = dh - vdp$$

Αν χρησιμοποιηθεί και ο ορισμός του τεχνικού έργου από την σχέση  $dw_t = -vdp$ , τότε προκύπτει ότι:

$$dq = dh + dw_t \quad (11)$$

### 3.8. Ειδική θερμοχωρητικότητα

Η μονάδα ειδικής θερμότητας στο SI είναι το  $\frac{J}{kg^\circ C}$ . (12)

<sup>10</sup> [http://www.physics.ntua.gr/~dris/FYS\\_B\\_LYK.PDF/B\\_FYBL25-170.pdf](http://www.physics.ntua.gr/~dris/FYS_B_LYK.PDF/B_FYBL25-170.pdf)

<sup>11</sup> [http://www.physics.ntua.gr/~dris/FYS\\_B\\_LYK.PDF/B\\_FYBL25-170.pdf](http://www.physics.ntua.gr/~dris/FYS_B_LYK.PDF/B_FYBL25-170.pdf)

<sup>12</sup> Φυσική 1, 13.4. Θερμιδομετρία.



$$4200 \frac{J}{Kg^{\circ}C}$$

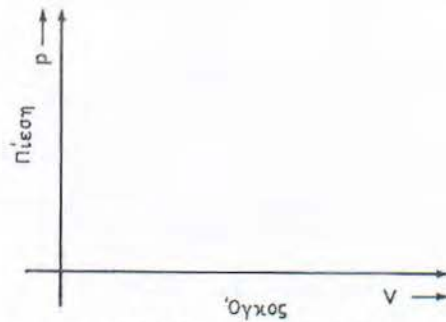
Για παράδειγμα, η ειδική θερμότητα του νερού είναι περίπου 4200  $\frac{J}{Kg^{\circ}C}$ . Αυτό σημαίνει ότι για μεταβολή της θερμοκρασίας 1 kg νερού κατά 1°C απαιτείται να μεταφερθεί ποσό θερμότητας 4200 J. Στον παρακάτω φαίνεται η ειδική θερμότητα κάποιων υλικών.

°C	Αέρας	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
0	1,0033	1,0387	0,9148	1,0397	1,8584	0,8165	0,6083
25	1,0036	1,0387	0,9164	1,0399	1,8608	0,8299	0,6153
50	1,0042	1,0389	0,9182	1,0403	1,8640	0,8429	0,6224
100	1,0059	1,0396	1,9230	1,0416	1,8718	0,8677	0,6365
150	1,0081	1,0408	0,9288	1,0435	1,8814	0,8907	0,6503
200	1,0111	1,0426	0,9354	1,0462	1,8924	0,9112	0,6634
250	1,0145	1,0450	0,9425	1,0496	1,9046	0,9321	0,6700
300	1,0185	1,0480	0,9499	1,0537	1,9177	0,9509	0,6878
350	1,0229	1,0516	0,9574	1,0583	1,9316	0,9685	0,6988
400	1,0278	1,0556	0,9649	1,0634	1,9460	0,9850	0,7090
450	1,0328	1,0601	0,9721	1,0688	1,9608	1,0005	0,7186
500	1,0380	1,0648	0,9792	1,0754	1,9760	1,0152	0,7274
550	1,0434	1,0698	0,9860	1,0803	1,9915	1,0291	0,7375
600	1,0488	1,0750	0,9925	1,0862	2,0074	1,0422	0,7434
650	1,0542	1,0802	0,9987	1,0921	2,0236	1,0546	0,7505
700	1,0595	1,0855	1,0047	1,0979	2,0400	1,0663	0,7572
750	1,0648	1,0907	1,0103	1,1036	2,0566	1,0775	0,7634
800	1,0700	1,0960	1,0157	1,1092	2,0733	1,0880	0,7692
850	1,0751	1,1011	1,0209	1,1148	2,0901	1,0981	0,7747
900	1,0800	1,1062	1,0258	1,1201	2,1070	1,1076	0,7798
950	1,0848	1,1112	1,0305	1,11254	2,1239	1,1167	0,7846
1000	1,0895	1,1160	1,0350	1,1304	2,1408	1,1253	0,7891
1100	1,0985	1,1254	1,0434	1,1402	2,1744	1,1413	0,7975
1200	1,1069	1,1343	1,0511	1,1492	2,2075	1,1560	0,8050
1300		1,1426	1,0583	1,1577	2,2399	1,1693	0,8117
1400		1,1504	1,0651	1,1656	2,2716	1,1816	0,8179
1500		1,1578	1,0715	1,1730	2,3024	1,1928	0,8235
1600		1,1647	1,0775	1,1799	2,3322	1,2032	0,8286
1700		1,1711	1,0832	1,1863	2,3610	1,2128	0,8334
1800		1,1772	1,0888	1,1924	2,3889	1,2217	0,8378
1900		1,1829	1,0941	1,1941	2,4157	1,2299	0,8419
2000		1,1883	1,0993	1,0993	2,4416	1,2376	0,8457

### 3.9. Διάγραμμα p-v

Όταν ένα σε ένα, λ.χ. ένα αέριο, αλλάζει συνεχώς καταστάσεις μέσα σε μια μηχανή ή συσκευή, τότε είναι δύσκολο να έχει κανείς μία εικόνα για τις μεταβολές αυτές. Για την καλύτερη κατανόηση των μεταβολών αυτών χρησιμοποιούνται πολλές φορές κατάλληλα διαγράμματα πάνω στα οποία γίνονται οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις.

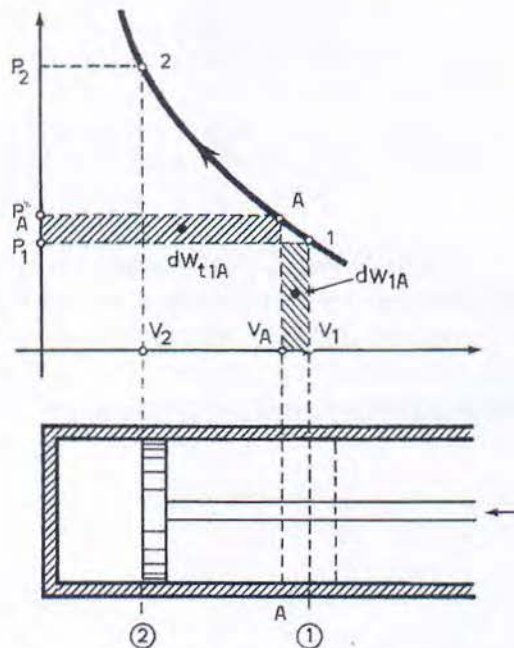
Υπάρχουν διάφοροι τύποι διαγραμμάτων. Ένας από αυτούς είναι ο εξής:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 25. Σχήμα 1.13α. Διάγραμμα με άξονες  $p$  (πίεση) και  $v$  (όγκος).

Πολλές φορές αντί για τον ολικό όγκο  $V$  χρησιμοποιείται και ο όγκος της μονάδας μάζας, δηλαδή ο ειδικός όγκος  $v$ .

Στο παρακάτω διάγραμμα παριστάνεται η μεταβολή μιας μάζας αερίου, σε σχέση με την αντίστοιχη θέση του εμβόλου, το οποίο την περιορίζει μέσα στον κύλινδρο.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 26. Σχήμα 1.13β. Παράσταση στο διάγραμμα  $p-v$  μίας συμπίεσεως.

Στην θέση 1 το αέριο έχει όγκο  $V_1$  και πίεση  $p_1$ . Στην συνέχεια γίνεται μια γρήγορη συμπίεση και το αέριο καταλήγει σε τελικό όγκο  $V_2$  και πίεση  $p_2$ . Οι καταστάσεις του αερίου κατά μήκος της συμπίεσεως, παριστάνονται από την καμπύλη 1 - 2 στο  $p - V$  διάγραμμα.

Όταν το έμβολο κινηθεί λίγο από την θέση  $A$  ώστε η μετακίνηση  $1A$  είναι πολύ μικρή, τότε το εμβαδό της μικρής επιφάνειας ( $V_A A1 V_1 V_A$ ) στο διάγραμμα  $p - V$  δίνει το έργο ογκομεταβολής:

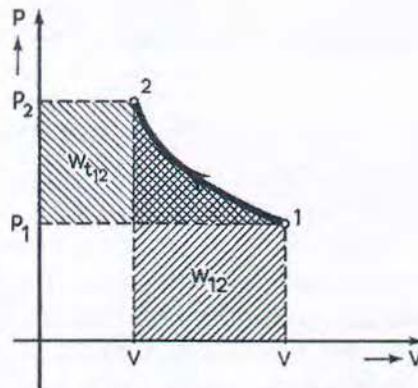


$$dW_{1A} = \text{εμβαδό } (V_A A_1 V_1 V_A) = p(V_A - V_1) = p dV \quad (13)$$

Αντίστοιχα το εμβαδό της μικρής επιφάνειας ( $p_1 p_A A_1 p_1$ ) δίνει το τεχνικό έργο:

$$dW_{t1A} = \text{εμβαδό } (p_1 p_A A_1 p_1) = V(p_1 - p_A) = v dp \quad (13)$$

Προκύπτει λοιπόν ότι το εμβαδό του διαγράμματος  $p - v$  κάτω από μία καμπύλη δίνει τα δύο μεγέθη του σχήματος:



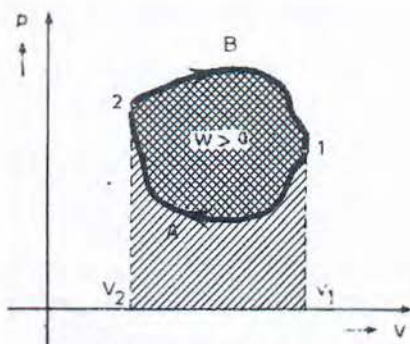
Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 27. Σχήμα 1.13γ. Παράσταση έργου ογκομεταβολής  $W_{t12}$  και τεχνικού έργου  $W_{f12}$  της μεταβολής 12 στο διάγραμμα  $p-v$ .

Το εμβαδό μεταξύ καμπύλης και οριζώντιου άξονα όγκου  $v$  παριστάνει το έργο ογκομεταβολής της μεταβολής. Το εμβαδό μεταξύ καμπύλης και άξονα πίεσεως  $p$  παριστάνει το τεχνικό έργο της μεταβολής. Το διάγραμμα  $p - v$  μιας μεταβολής αερίου σε εμβολοφόρο μηχανή μπορεί να μετρηθεί με κατάλληλο όργανο το οποίο καταγράφει την πίεση και την διαδρομή του εμβόλου. Στην περίπτωση αυτή το διάγραμμα λέγεται δυναμομετρικό διάγραμμα.

### 3.10. Κυκλικές μεταβολές

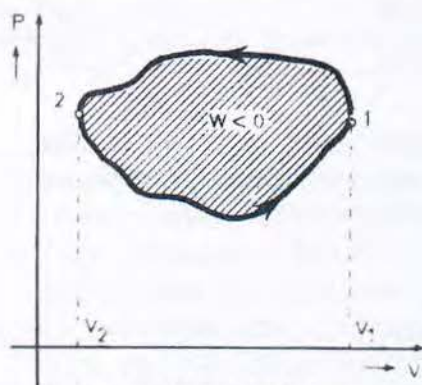
Στις περισσότερες σχεδόν μηχανές και συσκευές, το εργαζόμενο μέσο περνάει από διαδοχικές μεταβολές καταστάσεων και τελικά καταλήγει στην ίδια ακριβώς κατάσταση από την οποία ξεκίνησε. Μια τέτοια διαδοχή καταστάσεων ονομάζεται κυκλική μεταβολή ή θερμοδυναμικός κύκλος:

<sup>13</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. 1.13. Διάγραμμα  $p - v$ .



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 27. Σχήμα 1.14α. Δεξιόστροφη κυκλική μεταβολή με παραγωγή έργου.

Το σύστημα (αέριο) ξεκινάει από την κατάσταση 1, υφίσταται διαδοχικές μεταβολές κατά μήκος της μεταβολής 1A2, φτάνει στο σημείο 2, όπου έχει τον ελάχιστο όγκο και ακολουθεί την μεταβολή 2B1 μέχρι το σημείο 1. Στο τμήμα της μεταβολής 1A2 προσδίδεται στο αέριο έργο από έξω, γιατί το εμβαδό της επιφάνειας ( $V_1 1A2V_2V_1$ ) είναι αρνητικό. Κατά τη μεταβολή 2B1 παράγεται έργο από το αέριο ίσο με το εμβαδό της επιφάνειας ( $V_22B_1V_1V_2$ ). Όταν το αέριο επανέρχεται στην αρχική κατάσταση 1, συνολικά έχει παραχθεί έργο ίσο με το εμβαδό της επιφάνειας που είναι μέσα στην καμπύλη της κυκλικής μεταβολής. Κατά μήκος των μεταβολών το αέριο ψύχεται ή θερμαίνεται αντίστοιχα. Ως σύνολο έχει καταναλωθεί ένα ποσό θερμότητας για να παραχθεί έργο. <sup>(14)</sup> Στο διάγραμμα p - V παριστάνονται μόνο τα ποσά μηχανικού έργου. Ο κύκλος αυτός είναι παραγωγής έργου. Στην περίπτωση αυτή στο θερμοδυναμικό σύστημα προσφέρεται θερμότητα από έξω. Ένα μέρος από την θερμότητα μετατρέπεται σε μηχανικό έργο. Στις ψυκτικές διατάξεις η φορά του κύκλου είναι αριστερόστροφη.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 28. Σχήμα 1.14β. Αριστερόστροφη κυκλική μεταβολή - Ψυκτικός κύκλος.

Στις περιπτώσεις αυτές το συνιστάμενο έργο το οποίο είναι ίσο με το εμβαδό της επιφάνειας που περικλείεται από την κυκλική μεταβολή, είναι αρνητικό. Στο εργαζόμενο μέσο του κύκλου προσδίδεται έργο από έξω και το έργο αυτό

<sup>14</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, 1.14. Κυκλικές μεταβολές.

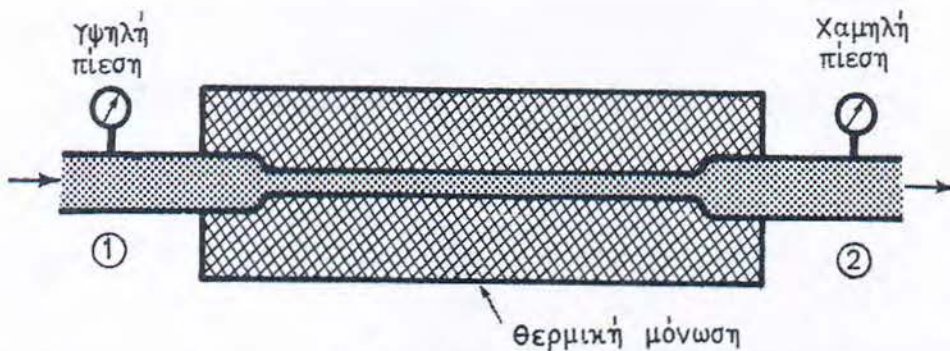


καταναλώνεται από την μηχανή για να αφαιρέσει θερμότητα από τα ψυχωμένα αντικείμενα και να την απορρίψει σε κάποιο θερμότερο από αυτά τα σώματα.

### 3.11. Στραγγαλισμός πίεσης

Όταν διατίθεται ένα αέριο ή ένα υγρό με υψηλή πίεση, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί και να κινήσει κάποια κατάλληλη μηχανή και να παράγει μηχανικό έργο. Αυτό όμως δεν συμβαίνει πάντοτε. Μία τέτοια κατανάλωση πιέσεως αερίου ή υγρού χωρίς παραγωγή μηχανικού έργου, ονομάζεται στραγγαλισμός πιέσεως. Όταν ο στραγγαλισμός γίνεται ώστε το αέριο να είναι θερμικά μονωμένο από το περιβάλλον από το οποίο δεν παίρνει αλλά και δεν δίνει θερμότητα, τότε ο στραγγαλισμός είναι και διαβατικός.

Η μείωση της υψηλής πιέσεως ενός ρευστού, με στραγγαλισμό, χρησιμοποιείται σε όλες σχεδόν τις ψυκτικές διατάξεις και έχει και έχει μεγάλη σημασία για την λειτουργία τους.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 29. Σχήμα 1.15. Αδιαβατικός στραγγαλισμός αερίου. Ανοικτό σύστημα.

Στο ανωτέρω σχήμα φαίνεται η αντίστοιχη σχηματική παράσταση, μιας διατάξεως αδιαβατικού στραγγαλισμού. Στην είσοδο επικρατεί υψηλή πίεση  $p_1$  και στην έξοδο επικρατεί χαμηλή πίεση  $p_2$ . Ο στραγγαλισμός πιέσεως μπορεί να γίνει με ένα από πολύ λεπτό σωλήνα ή με μία στένωση από ρυθμιστική βαλβίδα, με ένα πορώδες υλικό. Η διάταξη στραγγαλισμού δεν παράγει ούτε καταναλώνει έργο. Συνεπώς για το ανοικτό σύστημα του σχήματος το τεχνικό έργο είναι ίσο με το μηδέν. Επειδή, η μεταβολή είναι αδιαβατική, το ποσό της θερμότητας το οποίο συναλλάσσεται με το εργαζόμενο σώμα είναι ίσο με το μηδέν. Δηλαδή:

$$Q_{12} = 0$$

$$W_{t12} = 0$$

Από το πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα για ανοικτό σύστημα προκύπτει για την περίπτωση αυτή ότι:



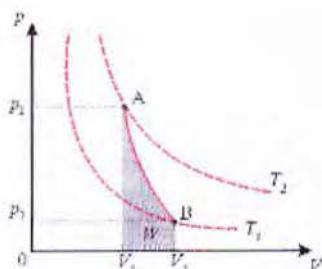
$$dh = 0 \Leftrightarrow h_2 - h_1 = 0 \quad (15)$$

Ο αδιαβατικός στραγγαλισμός λοιπόν γίνεται χωρίς να μεταβάλλεται η τιμή ενθαλπίας. Είναι δηλαδή ισενθαλπική. Η διαπίστωση αυτή δεν ισχύει και αντίστροφα. Δηλαδή μία ισενθαλπική μεταβολή δεν είναι οπωσδήποτε αδιαβατικός στραγγαλισμός. Μπορεί και άλλου είδους μεταβολές να αφήνουν την ενθαλπία αμετάβλητη. Η διατύπωση αυτή είναι πολύ χρήσιμη για τη χάραξη του θερμοδυναμικού κύκλου ψυκτικών διατάξεων.

### 3.12. Αδιαβατική μεταβολή

Αδιαβατική ονομάζουμε την μεταβολή ορισμένης μάζας αερίου στην διάρκεια της οποίας το αέριο δεν ανταλλάσει θερμότητα με το περιβάλλον, δηλαδή  $Q = 0$ . Το πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα έχει τη μορφή:

$$0 = W + \Delta U \Leftrightarrow W = - \Delta U$$

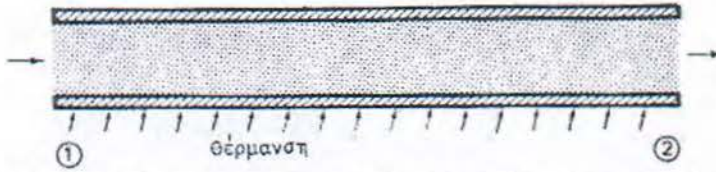


Στο ανωτέρω σχήμα, παριστάνεται σε διάγραμμα  $p - V$  η αδιαβατική εκτόνωση (ψύξη) μιας ποσότητας αερίου από την κατάσταση A ( $p_1, V_1, T_1$ ) στην κατάσταση B ( $p_2, V_2, T_2$ ). Το σκιασμένο εμβαδόν παριστάνει το έργο  $W$ .

### 3.13. Ισόθλιπτη μεταβολή

Η ισόθλιπτη μεταβολή μπορεί να αναφέρεται σε κλειστό ή ανοικτό σύστημα.

<sup>15</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. 1.13. Στραγγαλισμός υγρού.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 30. Σχήμα 1.16α. Ισόθλιπτη μεταβολή (θέρμανση) ανοικτού συστήματος.

Το ανωτέρω σχήμα, δείχνει την ισόθλιπτη μεταβολή (θέρμανση) ενός αερίου. Στη θέση 1 επικρατεί θερμοκρασία  $T_1$  και πίεση  $p_1$ . Στη θέση 2 επικρατεί θερμοκρασία  $T_2$  και πίεση ίδια, δηλαδή  $p_2 = p_1$ .

Για κάθε μεταβολή πρέπει να γνωστό το ποσό θερμότητας και το ποσό της θερμότητας και το ποσό του μηχανικού έργου που πρέπει να δοθεί ή να αφαιρεθεί από το εργαζόμενο μέσο για να μπορεί να γίνει η μεταβολή.

#### α) Ανοικτό σύστημα.

Το ποσό της θερμότητας που απαιτείται είναι:

$$(q_{12})_p = h_2 - h_1 \quad (16)$$

Επειδή δεν παράγεται έργο, αλλά και δεν προσδίδεται τεχνικό έργο:

$$(w_{t12}) = 0$$

#### β) Κλειστό σύστημα.

Η ισόθλιπτη μεταβολή κλειστού συστήματος δεν έχει τεχνικές εφαρμογές.

### 3.14. Ισόογκη μεταβολή

Το είδος αυτό της μεταβολής δεν βρίσκει ουσιαστική εφαρμογή στις τεχνικές εγκαταστάσεις και μηχανές. Ιδιαίτερα στις ψυκτικές διατάξεις, χρησιμοποιείται μόνο σε μία περίπτωση, η οποία αφορά μηχανές παραγωγής ψυκτικής ισχύος σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Συγκεκριμένα πρόκειται για μηχανές οι οποίες λειτουργούν με το θερμοδυναμικό κύκλο του Striling.

<sup>16</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, 1.16. Ισόθλιπτη μεταβολή.



### 3.14.1 Η Μηχανή του Stirling

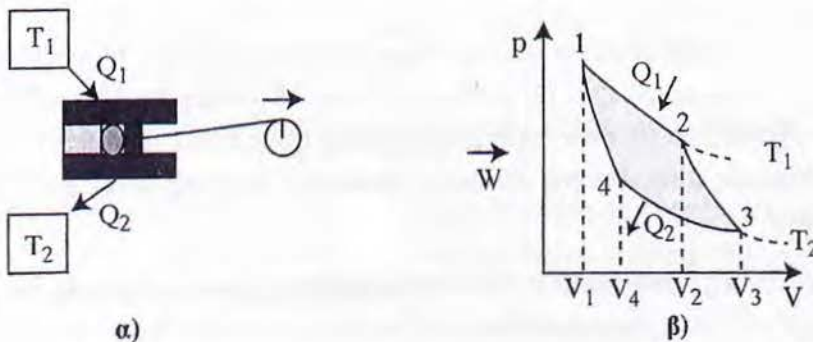
#### 3.14.1.1. Ο θερμοδυναμικός κύκλος

Είναι γνωστό ότι ο θερμοδυναμικός κύκλος του Stirling αποτελείται διαδοχικά από τέσσερις αντιστρεπτές μεταβολές:

- Ισοθερμοκρασιακή εκτόνωση
- Ισόογκη ψύξη
- Ισοθερμοκρασιακή συμπίεση
- Ισόογκη θέρμανση.

Η θεωρητική απόδοση  $e_{th}$  του κύκλου είναι ίση με την θεωρητική απόδοση του κύκλου Carnot εφόσον χρησιμοποιηθούν θερμές δεξαμενές μεγάλης θερμοχωρητικότητας της ίδιας υψηλής θερμοκρασίας  $T_1$  και ψυχρές δεξαμενές μεγάλης θερμοχωρητικότητας της ίδιας χαμηλής θερμοκρασίας  $T_2$  ( $T_1 > T_2$ ).

Σημείωση:



Ο κύκλος Carnot αποτελείται από τις παρακάτω μεταβολές:

**α) Ισόθερμη εκτόνωση 1 -> 2 .** Κατά την οποία το ιδανικό αέριο της μηχανής απορροφάει από τη θερμή δεξαμενή θερμοκρασίας  $T_1$ , ποσό θερμότητας  $Q_1$  και παράγει έργο  $W_1$ .

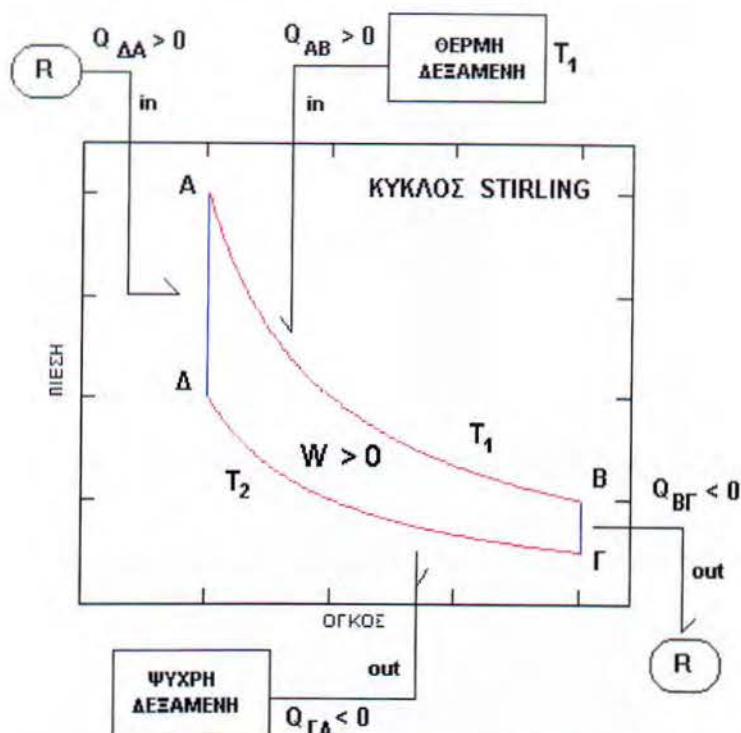
**β) Αδιαβατική εκτόνωση 2 -> 3 .** Ούτε προσφέρεται θερμότητα ούτε αφαιρείται, ενώ το αέριο παράγει έργο  $W_2$  σε βάρος της εσωτερικής ενέργειας και για αυτό ψύχεται σε θερμοκρασία  $T_2$ .

**γ) Ισόθερμη συμπίεση 3 -> 4 .** Κατά την οποία το αέριο καταναλώνει  $W_3$ . Το έργο αυτό μετατρέπεται σε θερμότητα  $Q_2$ , η οποία αποδίδεται στην ψυχρή δεξαμενή θερμοκρασίας  $T_2$ .

**δ) Αδιαβατική συμπίεση 4 -> 1 .** Κατά την οποία ούτε προσφέρεται ούτε αφαιρείται θερμότητα από το αέριο. Το αέριο όμως κατά την συμπίεση καταναλώνει έργο  $W_4$  ενώ ταυτόχρονα θερμαίνεται στη θερμοκρασία  $T_1$ .

$$e_{th} = 1 - \frac{T_2}{T_1} < 1$$

Η πραγματική απόδοση  $e_r$  της μηχανής είναι σαφώς μικρότερη της  $e_{th}$ .

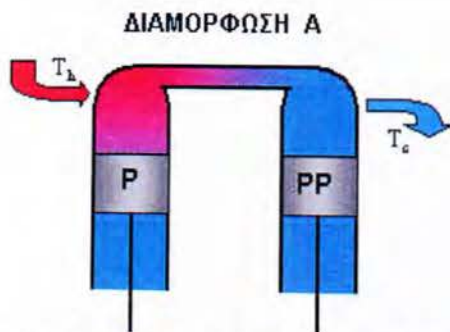


[http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING\\_ENGINE\\_FYSIKOS\\_KOSMOS.pdf](http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING_ENGINE_FYSIKOS_KOSMOS.pdf). Σχήμα 1: Ο Θερμοδυναμικός κύκλος Stirling σε διάγραμμα P - V.

### 3.14.1.2. Διαμορφώσεις μηχανών Stirling

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι κατάταξης των μηχανών Stirling. Οι κυριότερες διαμορφώσεις (τύποι) είναι τρεις:

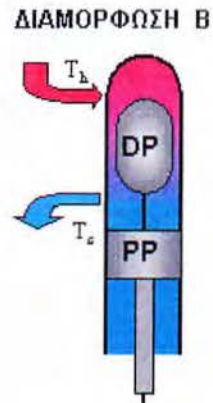
- Διαμόρφωση Α. Ο κρύος χώρος συμπίεσης και το έμβολο ισχύος ή έμβολο συμπίεσης (PP) σε ξεχωριστό κύλινδρο από το θερμό χώρο εκτόνωσης όπου υπάρχει το έμβολο εκτόνωσης (P).



[http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING\\_ENGINE\\_FYSIKOS\\_KOSMOS.pdf](http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING_ENGINE_FYSIKOS_KOSMOS.pdf). Σχήμα 2.

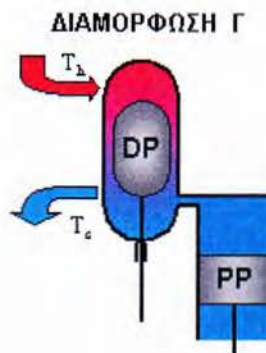


- Διαμόρφωση Β. Το έμβολο ισχύος (PP) και ο εκτοπιστής (displacer, DP) στον ίδιο κύλινδρο.



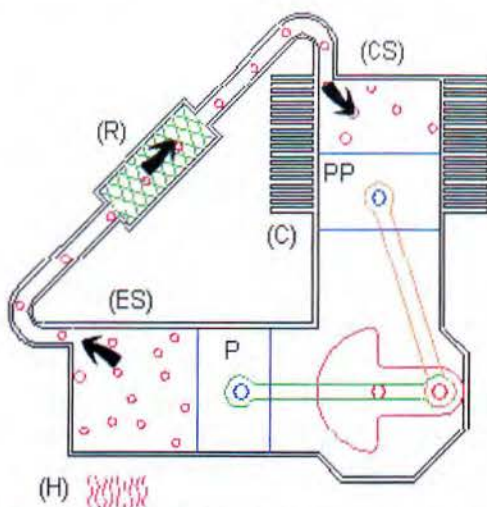
[http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING\\_ENGINE\\_FYSIKOS\\_KOSMOS.pdf](http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING_ENGINE_FYSIKOS_KOSMOS.pdf). Σχήμα 3.

- Διαμόρφωση Γ. Το έμβολο ισχύος (PP) και ο εκτοπιστής (displacer, DP) σε διαφορετικούς κυλίνδρους.

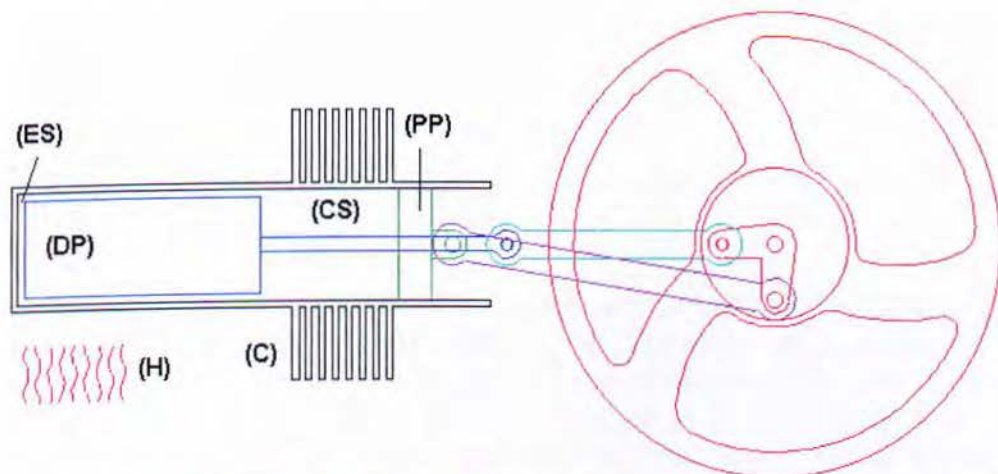


[http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING\\_ENGINE\\_FYSIKOS\\_KOSMOS.pdf](http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING_ENGINE_FYSIKOS_KOSMOS.pdf). Σχήμα 4.

### 3.14.1.3. Η θερμική μηχανή



[http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING\\_ENGINE\\_FYSIKOS\\_KOSMOS.pdf](http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING_ENGINE_FYSIKOS_KOSMOS.pdf). Δικύλινδρη μηχανή Stirling σε μορφή V (Διαμόρφωση Α)



[http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING\\_ENGINE\\_FYSIKOS\\_KOSMOS.pdf](http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING_ENGINE_FYSIKOS_KOSMOS.pdf). Μονοκύλινδρη μηχανή Stirling (Διαμόρφωση Β)

Η δικύλινδρη Stirling του σχήματος ανήκει στον Α τύπο διαμόρφωσης και είναι η απλούστερη από τις άλλες διαμορφώσεις. Αποτελείται από δύο κυλίνδρους. Ο ένας κύλινδρος αποτελεί το χώρο εκτόνωσης (Expansion Space - ES) και ο άλλος τον χώρο συμπίεσης (Compression Space - CS). Ο χώρος εκτόνωσης διατηρείται ζεστός με τη βοήθεια του θερμαντήρα (Heater) ενώ στο ίδιο χρονικό διάστημα ο χώρος συμπίεσης (συμπιεστής) διατηρείται κρύος με τη βοήθεια του ψύκτη (Cooler). Στον συμπιεστή υπάρχει το έμβολο ισχύος (Piston Power - PP) ενώ στον χώρο εκτόνωσης το έμβολο P που κινεί το εγκλωβισμένο εργαζόμενο αέριο μεταξύ του θερμού και κρύου άκρου της μηχανής. Στη διαμόρφωση Β (Σχ. 6) και Γ το έμβολο P αντικαθίσταται από τον εκτοπιστή (Displacer Piston - DP). Ο θερμαντήρας μπορεί να λειτουργεί με καίγόμενο καύσιμο (στερεό, υγρό ή αέριο), ηλεκτρική ενέργεια, πυρηνική ενέργεια καθώς επίσης



και με ήπιες ή ανανεώσιμες μορφές ενέργειας (π.χ. ηλιακή). Ο ψύκτης στην απλούστερη μορφή του μπορεί να έχει πτερύγια μπορεί όμως να χρησιμοποιεί και νερό σαν ψυκτικό υγρό όπως ακριβώς οι γνωστές μας μηχανές των αυτοκινήτων. Μεταξύ του θερμαντήρα και του ψύκτη υπάρχει το σημαντικότερο τμήμα της μηχανής που είναι ο αναγεννητής (Regenerator).

Στην απλούστερη μορφή του είναι ένας μεταλλικός κύλινδρος ο οποίος στο εσωτερικό του περιέχει ένα θερμοαγωγίμο υλικό σε μορφή επάλληλων διάτρητων φύλλων ή σφαιριδίων ή νημάτων (όπως το σύρμα για τις κατσαρόλες). Τα υλικά αυτά που αποτελούν τη μήτρα του αναγεννητή (regenerator matrix) απορροφά και στη συνέχεια αποδίδει θερμότητα. Πράγματι:

- Όταν το θερμό αέριο μεταφέρεται από το θερμό χώρο (ES) στον ψυχρό (CS), ένα μέρος της εσωτερικής του ενέργειας κατακρατείται από τη μήτρα του αναγεννητή (R) και αποθηκεύεται σε αυτήν.
- Όταν το κρύο αέριο επιστρέφει πίσω από τον ψυχρό χώρο (CS) στο θερμό χώρο (ES) με τη βοήθεια του εμβόλου P (ή του DP στις διαμορφώσεις Β και Γ), το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας που είχε ήδη αποθηκευθεί στη μήτρα του αναγεννητή αποδίδεται στο αέριο.

Έτσι ο αναγεννητής προψύχει και προθερμαίνει το εργαζόμενο αέριο, βελτιώνοντας θεαματικά την απόδοση της μηχανής. Τα κύρια λοιπόν μέρη της μηχανής κατά σειρά είναι:

1. Χώρος Συμπίεσης (CS)
2. Ψύκτης (C),
3. Αναγεννητής (R)
4. Θερμαντήρας (H)
5. Χώρος Εκτόνωσης (ES).

Όταν ένα αέριο είναι κλεισμένο σε έναν κύλινδρο και μετακινείται στο θερμό μέρος του κυλίνδρου, αυξάνεται η πίεσή του και επιδιώκει να διασταλεί. Έτσι μπορεί να παράγει ενέργεια μέσω έργου. Αντίθετα, όταν το αέριο αναγκάζεται να πάει στο κρύο μέρος του κυλίνδρου, ψύχεται και συστέλλεται, καταναλώνοντας ενέργεια. Το αέριο παράγει περισσότερη ενέργεια μέσω έργου κατά την εκτόνωση σε σχέση με αυτή που χρειάζεται κατά την συμπίεσή του. Το αλγεβρικό άθροισμα των δύο αυτών ενεργειών κατά την διάρκεια ενός κύκλου λειτουργίας είναι η καθαρή παραγόμενη ενέργεια ανά κύκλο από τη μηχανή (σε J/κύκλο)

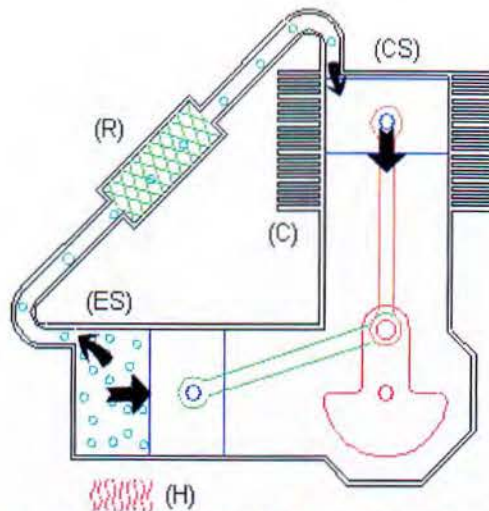
την οποία αν στη συνέχεια πολλαπλασιάσουμε με τη συχνότητα λειτουργίας της μηχανής (σε κύκλους/s)

υπολογίζουμε την ισχύ της (σε W). Αναλυτικά:

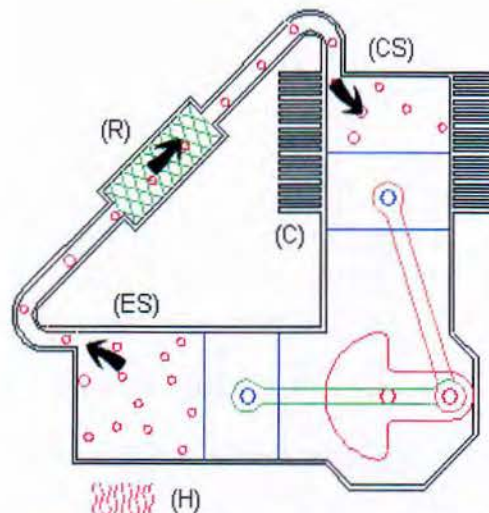
### **1. Ισοθερμοκρασιακή εκτόνωση AB.**

Το μεγαλύτερο μέρος του εργαζόμενου αερίου ευρισκόμενο μέσα στο κλειστό σύστημα έχει οδηγηθεί μέσα στο θερμό κύλινδρο. Το αέριο θερμαίνεται και εκτονώνεται οδηγώντας και τα δύο έμβολα προς τα μέσα (στο σχήμα μας το έμβολο του θερμού κυλίνδρου προς τα δεξιά ενώ του ψυχρού κυλίνδρου προς τα κάτω). Η γωνιακή εκτροπή του στρόφαλου μετρούμενη από την κατακόρυφη και με δεξιόστροφη φορά διαγραφής

στην αρχή της φάσης είναι μηδέν. Στο τέλος της πρώτης φάσης ο στρόφαλος στις  $90^{\circ}$ .



[http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING\\_ENGINE\\_FYSIKOS\\_KOSMOS.pdf](http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING_ENGINE_FYSIKOS_KOSMOS.pdf). Αρχή Φάσης AB

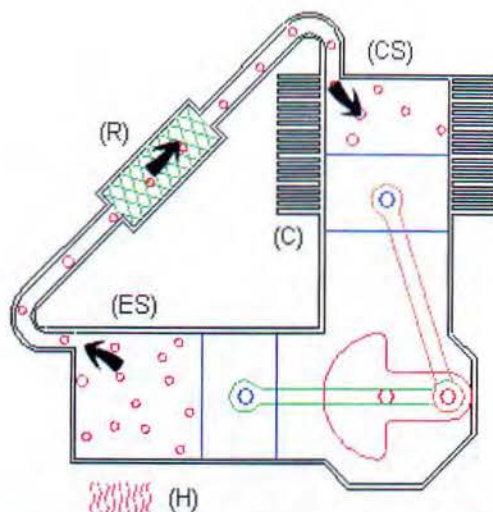


[http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING\\_ENGINE\\_FYSIKOS\\_KOSMOS.pdf](http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING_ENGINE_FYSIKOS_KOSMOS.pdf). Τέλος Φάσης AB

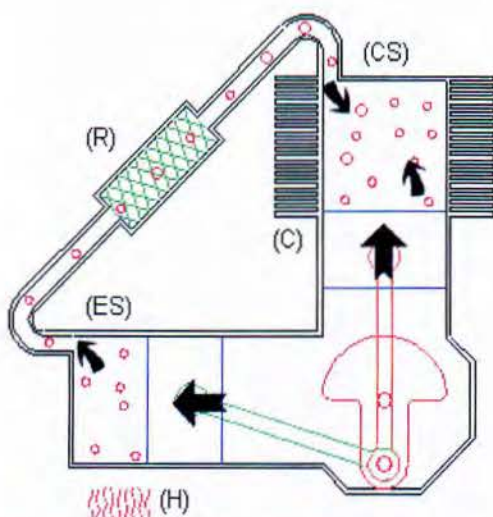
## 2. Ισόογκη ψύξη ΒΓ.

Το αέριο έχει εκτονωθεί (στο σχήμα μας περίπου τρεις φορές σε σχέση με τον αρχικό του όγκο). Το περισσότερο αέριο (περίπου τα 2/3 του) βρίσκεται ακόμα στο θερμό κύλινδρο και το ένα τρίτο στον κρύο κύλινδρο. Ο όγκος στο θερμό κύλινδρο είναι μέγιστος. Καθώς μεταφέρεται θερμός όγκος αερίου από το θερμό στον κρύο κύλινδρο, αποθηκεύεται ποσό θερμότητας στον αναγεννητή (regenerator). Στην αρχή της φάσης ο στρόφαλος στις  $90^{\circ}$  ενώ στο τέλος στις  $180^{\circ}$ .





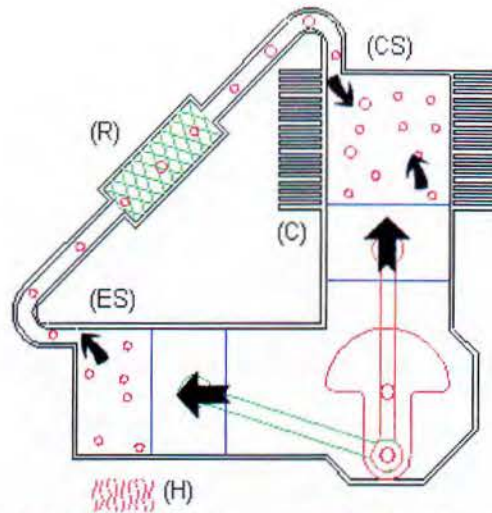
[http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING\\_ENGINE\\_FYSIKOS\\_KOSMOS.pdf](http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING_ENGINE_FYSIKOS_KOSMOS.pdf). Αρχή Φάσης ΒΓ



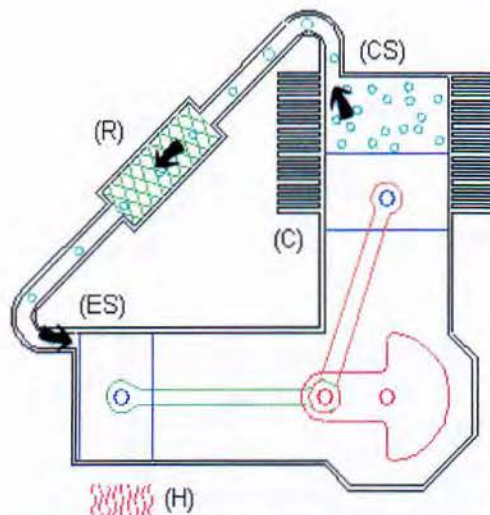
[http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING\\_ENGINE\\_FYSIKOS\\_KOSMOS.pdf](http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING_ENGINE_FYSIKOS_KOSMOS.pdf). Τέλος Φάσης ΒΓ

### 3. Ισοθερμοκρασιακή συμπίεση ΓΔ

Τώρα το μεγαλύτερο μέρος του εργαζόμενου θερμού αερίου, που έχει εκτονωθεί, έχει μεταφερθεί στον κρύο κύλινδρο. Το αέριο ψύχεται και συστέλλεται, μαζεύοντας και τα δύο έμβολα προς το εσωτερικό των κυλίνδρων τους (στον κάτω αριστερό κύλινδρο προς τα αριστερά ενώ στον πάνω κύλινδρο προς τα πάνω). Ο αναγεννητής συνεχίζει να απορροφά θερμότητα από το εργαζόμενο αέριο καθώς αυτό περνά από το θερμό προς το ψυχρό κύλινδρο. Στην αρχή της φάσης ο στρόφαλος στις  $180^\circ$  ενώ στο τέλος στις  $270^\circ$ .



[http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING\\_ENGINE\\_FYSIKOS\\_KOSMOS.pdf](http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING_ENGINE_FYSIKOS_KOSMOS.pdf). Αρχή Φάσης ΓΔ

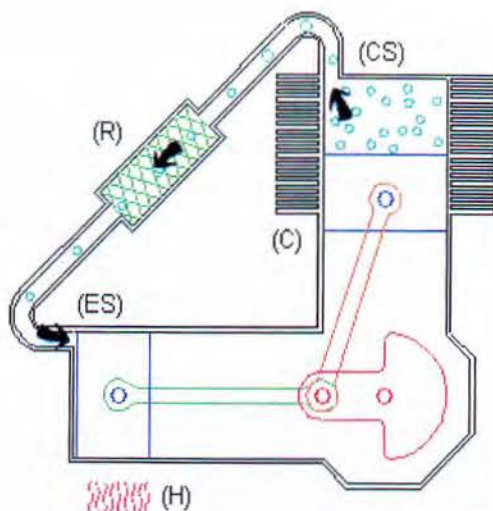


[http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING\\_ENGINE\\_FYSIKOS\\_KOSMOS.pdf](http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING_ENGINE_FYSIKOS_KOSMOS.pdf). Τέλος Φάσης ΓΔ

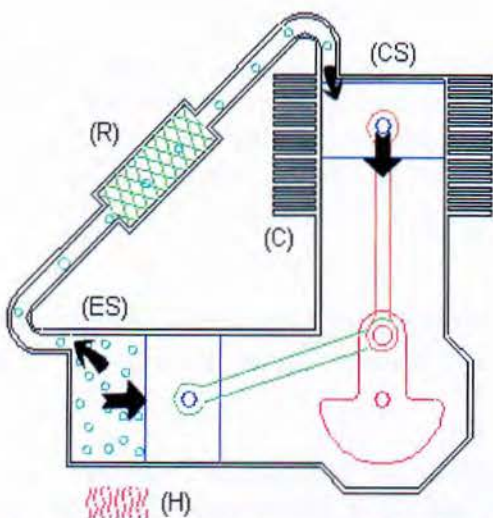
#### 4. Ισόογκη θέρμανση ΔΑ

Τώρα το αέριο που έχει ήδη συσταλθεί βρίσκεται κυρίως στον κρύο κύλινδρο. Ο στρόφαλος στρέφεται ακόμη κατά 90° αναγκάζοντας το αέριο να επιστρέψει στον θερμό κύλινδρο και να συμπληρωθεί ο κύκλος. Καθώς μεταφέρεται κρύος όγκος αερίου από τον κρύο στο θερμό κύλινδρο, ο αναγεννητής αποδίδει θερμότητα στο εργαζόμενο μέσο, προθερμαίνοντάς το. Αν ο αναγεννητής θεωρηθεί τέλειος τότε και μόνο αποδίδει τόση θερμότητα όση είχε απορροφήσει. Στην αρχή της φάσης ο στρόφαλος στις  $270^\circ$  ενώ στο τέλος στις  $360^\circ$ .





[http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING\\_ENGINE\\_FYSIKOS\\_KOSMOS.pdf](http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING_ENGINE_FYSIKOS_KOSMOS.pdf). Αρχή Φάσης ΔΑ



[http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING\\_ENGINE\\_FYSIKOS\\_KOSMOS.pdf](http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING_ENGINE_FYSIKOS_KOSMOS.pdf). Τέλος Φάσης ΔΑ

### 3.15. Θερμικά και θερμοδομετρικά μεγέθη

Για την περιγραφή της καταστάσεως ή των μεταβολών ενός θερμοδυναμικού συστήματος, χρησιμοποιούνται φυσικά μεγέθη, όπως η πίεση, η θερμοκρασία, η ενθαλπία, η εσωτερική ενέργεια κ.α. Σε κάθε κατάσταση του συστήματος τα μεγέθη αυτά έχουν μια συγκεκριμένη τιμή. Τα φυσικά αυτά μεγέθη από ενεργειακή άποψη διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Σε μεγέθη τα οποία περιγράφουν την κατάσταση του συστήματος χωρίς να έχουν αναφέρονται στην ενέργεια που έχει το σύστημα. Τα μεγέθη αυτά ονομάζονται θερμικά. Τέτοια μεγέθη είναι η πίεση, η πίεση και ο ειδικός όγκος.
- Σε μεγέθη τα οποία εξαρτώνται από την ενέργεια που έχει το σύστημα. Τα μεγέθη αυτά λέγονται θερμοδομετρικά. Τέτοια είναι η ενθαλπία και η εσωτερική ενέργεια.

Η ανωτέρω διάκριση αναφέρεται σε μεγέθη που η τιμή τους εξαρτάται από την κατάσταση του συστήματος, για αυτό ονομάζονται καταστατικά μεγέθη.

Τα ποσά θερμότητας ή μηχανικού έργου που απαιτούνται για να γίνει μία μεταβολή του συστήματος δεν είναι καταστατικά μεγέθη, γιατί η τιμή τους εξαρτάται από το είδος της μεταβολής και όχι την κατάσταση του συστήματος.

Τα μεγέθη διακρίνονται ακόμα:

- σε εκτατικά.  
Εκτατικά είναι τα μεγέθη εκείνα των ποίων η τιμή εξαρτάται από την μάζα του συστήματος. Η εσωτερική ενέργεια είναι εκτατικό μέγεθος. Η μάζα 1kg έχει εσωτερική ενέργεια  $u$ , και μάζα  $m$  kg, εσωτερική ενέργεια  $U = m * u$ . Δηλαδή, η τιμή της είναι ανάλογη της μάζας του συστήματος. Το ίδιο ισχύει και για άλλα μεγέθη, λ.χ. για την ενθαλπία και τον όγκο του συστήματος. <sup>(17)</sup>
- σε εντατικά.  
Εντατικά είναι εκείνα τα μεγέθη τα οποία έχουν τιμή ανεξάρτητη από την μάζα του συστήματος. Σχετικό παράδειγμα είναι η πίεση, θερμοκρασία και ειδικός όγκος. <sup>(17)</sup>

Πρέπει να τονισθεί η ιδιομορφία του όγκου. Ο όγκος από ολόκληρο το σύστημα  $V$  είναι εκτατικό μέγεθος. Ο ειδικός όγκος, δηλαδή ο όγκος της μονάδας μάζας  $v$  είναι εντατικό μέγεθος.

<sup>17</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. 1.19. Θερμικά και θερμοδομετρικά μεγέθη.

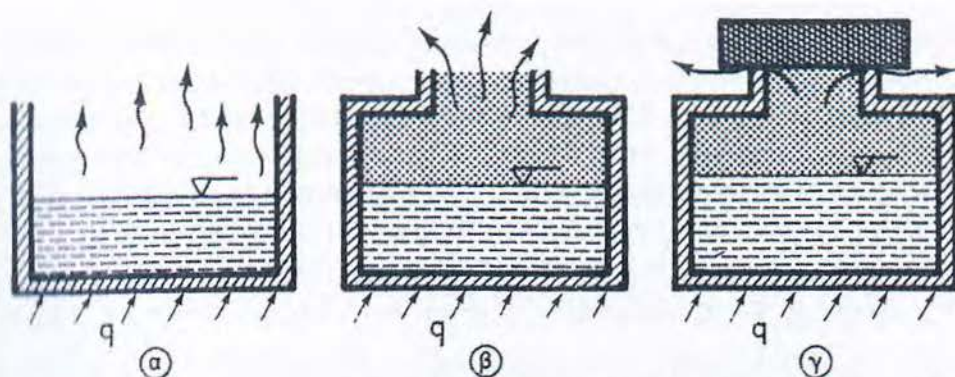


### 3.16. Ατμοποίηση

Η μεταβολή του εργαζόμενου μέσου από υγρό σε αέριο και αντίστροφα παρουσιάζει ενδιαφέρον, γιατί χρησιμοποιούνται από κάθε ψυκτικό κύκλο. Αυτό που προσδιορίστηκε ως κατάσταση ονομάζεται και φάση. Υπάρχουν τριών ειδών φάσεις:

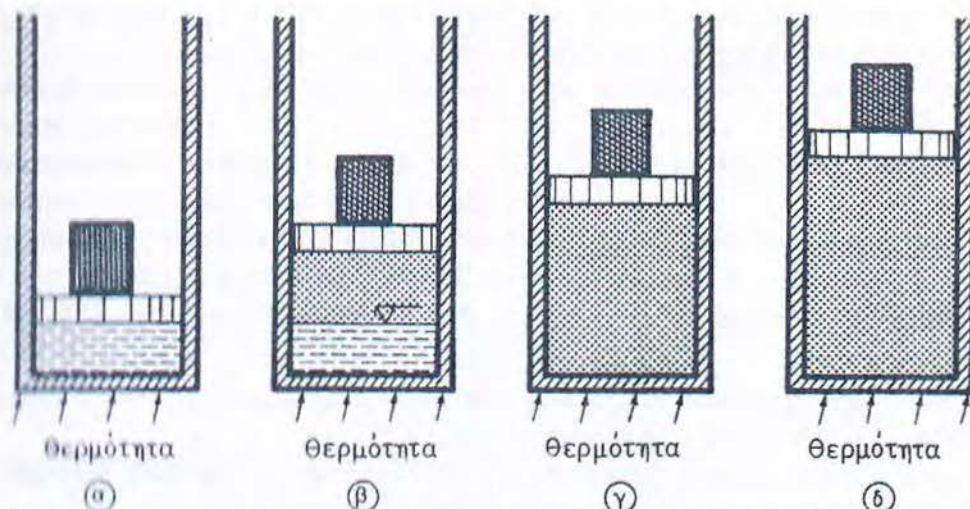
- Στερεά.
- Υγρή.
- Ατμού ή αέρια.

Τα περισσότερα φυσικά σώματα μπορούν να εμφανιστούν και με τα τρία είδη φάσεων, ανάλογα με τις συνθήκες πίεσεως και θερμοκρασίας που βρίσκονται. Η μετάβαση από τη μία φάση σε άλλη απαιτεί ανταλλαγή ενέργειας. Στις συνηθισμένες τεχνικές εφαρμογές οι αλλαγές φάσεως γίνεται με πρόσδοση ή αφαίρεση θερμότητας.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδες 37. Σχήμα 1.20α. Αλλαγή φάσεως από υγρό σε ατμό.

Στις ψυκτικές διατάξεις χρησιμοποιείται μόνο η ισόθλιπη ατμοποίηση. Στο κατωτέρω σχήμα δίνετε μια περιγραφή της ισόθλιπης ατμοποίησης σε κλειστό σύστημα.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδες 37. Σχήμα 1.20β. Ισόθλιπτη ατμοποίηση σε κλειστό σύστημα.

Στο σημείο α το σύστημα περιέχει μόνο υγρό. Αρχίζει η παράδοση θερμότητας και έτσι αυξάνεται η θερμοκρασία του υγρού. Η αύξηση της θερμοκρασίας συνεχίζεται μέχρι να εμφανιστεί η πρώτη φυσαλίδα ατμού. Από το σημείο αυτό και μετά, όσο δηλαδή μέσα στο δοχείο υπάρχουν ταυτόχρονα υγρό και ατμός, η θερμοκρασία μένει σταθερή. Μετά την εμφάνιση της πρώτης φυσαλίδας ατμού, συνεχίζεται να προσδίδεται θερμότητα στο σύστημα. Η θερμότητα αυτή δεν χρησιμοποιείται για την αύξηση της θερμοκρασίας, αλλά καταναλώνεται για την αλλαγή της φάσεως του υγρού σε ατμό. Στο σημείο β η ατμοποίηση έχει προχωρήσει και μέσα στο δοχείο υπάρχει ατμός και υγρό. Η παράδοση θερμότητας συνεχίζεται και ατμοποιείται και η τελευταία σταγόνα του υγρού (σημείο γ).

Σε όλη τη διάρκεια της ισόθλιπτης ατμοποίησης η θερμοκρασία μένει σταθερή. Δηλαδή η ατμοποίηση είναι ταυτόχρονα και ισοθερμοκρασιακή και ισόθλιπτη. Στην περίπτωση αυτή για να καθορισθεί θερμοδυναμικά η κατάσταση, αρκεί να δοθεί μόνο η πίεση ή μόνο η θερμοκρασία. Το άλλο μέγεθος μπορεί να βρεθεί από πίνακες ή διαγράμματα. Το γεγονός αυτό ισχύει μόνο όταν συνυπάρχουν και δύο φάσεις. Είναι δυνατόν δηλαδή να γίνεται μέτρηση πίεσεως με μανόμετρο και από αυτό να προκύπτει η θερμοκρασία. Το είδος αυτό της μετρήσεως γίνεται συχνά στις ψυκτικές διατάξεις όπου για κάθε ψυκτικό μέσο χρησιμοποιούνται ειδικά μανόμετρα τα οποία είναι βαθμολογημένα σε μονάδες πίεσεως, αλλά και σε μονάδες θερμοκρασίας. Τα όργανα αυτά δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε θέσεις της διατάξεως που υπάρχει μόνο ατμός, γιατί δεν μπορεί να μετρηθεί η θερμοκρασία μέσω της πίεσεως. Σε τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να μετρηθεί απλώς μόνο η πίεση.

Στο ανωτέρω σχήμα στο σημείο γ συνεχισθεί η πρόσδοση θερμότητας, τότε ο ατμός αυξάνει τη θερμοκρασία του και διαστέλλεται. Η θέρμανση του ατμού μπορεί να συνεχισθεί για όσους βαθμούς θερμοκρασίας είναι επιθυμητό.

Για τις διάφορες καταστάσεις του υγρού και ατμού έχουν καθιερωθεί διάφορα ονόματα τα οποία και τις περιγράφουν:

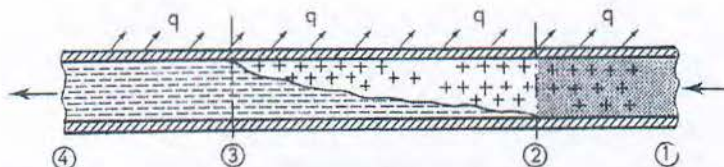


- **Υπόψυκτο υγρό:** Είναι υγρό το οποίο ευρίσκεται σε πίεση  $p$ , αλλά έχει θερμοκρασία μικρότερη από την αντίστοιχη θερμοκρασία ατμοποίησης.
- **Κεκορεσμένο υγρό:** Έχει πίεση και θερμοκρασία ατμοποίησης (βρίσκεται σε επαφή με ατμό).
- **Κεκορεσμένος ατμός:** Ατμός που έχει πίεση και θερμοκρασία ατμοποίησης (βρίσκεται σε επαφή με κεκορεσμένο υγρό).
- **Ξηρός κεκορεσμένος ατμός:** Ατμός που έχει πίεση και θερμοκρασία ατμοποίησης και δεν περιέχει σταγονίδια υγρού.
- **Υπέρθερμος ατμός:** Ατμός με πίεση ατμοποίησης, αλλά με θερμοκρασία μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία ατμοποίησης. <sup>(18)</sup>

### 3.17. Συμπύκνωση

Στις ψυκτικές διατάξεις εμφανίζεται η ανάγκη της συμπυκνώσεως του ψυκτικού μέσου για να χρησιμοποιηθεί το υγρό ψυκτικό μέσο ξανά μέσα στον ψυκτικό κύκλο.

Η συμπύκνωση γίνεται σε ανοιχτό σύστημα. Υπάρχει δηλαδή ροή ατμού μέσα από αγωγούς, ψύχονται τα τοιχώματα των αγωγών και έτσι αφαιρείται θερμότητα από τον ατμό ο οποίος τελικά συμπυκνώνεται.



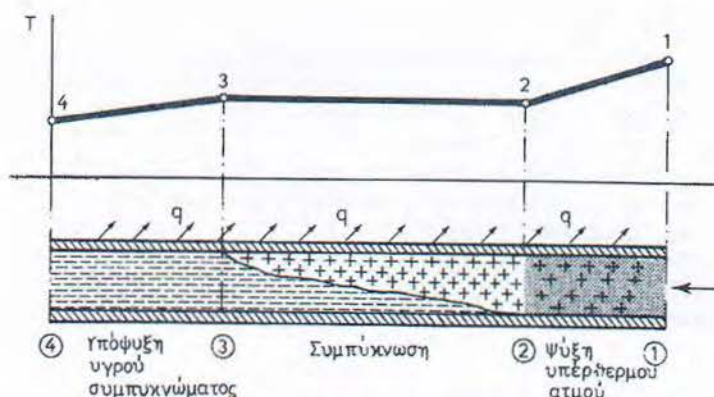
Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδες 39. Σχήμα 1.21α. Συμπύκνωση υπέρθερμου ατμού.

Στη θέση 1 εισέρχεται υπέρθερμος ατμός, δηλαδή ατμός ο οποίος έχει θερμοκρασία ατμοποίησης. Στο τμήμα 1 – 2 του σωλήνα αφαιρείται θερμότητα. Ο υπέρθερμος ατμός ψύχεται και τελικά στη θέση 2 γίνεται ξηρός, κεκορεσμένος. Δηλαδή είναι έτοιμος να αρχίσει να συμπυκνώνεται. Από την θέση 2 μέχρι τη θέση 3 αφαιρείται και πάλι θερμότητα και ο ατμός συμπυκνώνεται. Σε όλο το τμήμα του σωλήνα μεταξύ των σημείων 2 και 3, όπου συνυπάρχει ατμός και υγρό, η θερμοκρασία παραμένει σταθερή. Καθώς ο ατμός κινείται από την θέση 2 στην θέση 3 όλο και μεγαλύτερη ποσότητα ατμού συμπυκνώνεται. Τελικά στο σημείο 3 έχει συμπυκνωθεί όλη η μάζα του ατμού και στο τμήμα του σωλήνα 3 – 4 ρέει υγρό. Επίσης, στο τμήμα 3 – 4 αφαιρείτε θερμότητα. Έτσι στο σημείο 3 το υγρό είναι κορεσμένο, στην συνέχεια γίνεται υπόψυκτο. <sup>(19)</sup>

Αν σχεδιαστεί η θερμοκρασία η οποία επικρατεί μέσα στο σωλήνα κατά μήκος αυτού τότε για την περίπτωση της συμπυκνώσεως εμφανίζεται η κατάσταση στο παρακάτω σχήμα:

<sup>18</sup> Φυσική 1. 14. Μετατροπές φάσεων.

<sup>19</sup> Φυσική 1. 14. Μετατροπές φάσεων.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδες 40. Σχήμα 1.21β. Θερμοκρασία κατά μήκος συμπυκνώσεως.

Για τον υπολογισμό των ποσών θερμότητας πρέπει να είναι γνωστές οι τιμές των ενθαλπιών του μέσου το οποίο συμπυκνώνεται. Επειδή η μεταβολή είναι ισόθλιπτη, από τη σχέση  $(q_{12})p = h_2 - h_1$  προκύπτει για τα αντίστοιχα ποσά θερμότητας ότι:

- Ψύξη υπέρθερμου ατμού:  $q_{12} = h_2 - h_1$
- Συμπύκνωση:  $q_{23} = h_3 - h_2$
- Υπόψυξη υγρού:  $q_{34} = h_4 - h_3$

Ειδικά το ποσό θερμότητας  $q_{23}$  δίνεται συνήθως κατ' ευθείαν στους αντίστοιχους πίνακες με την ονομασία θερμότητα ατμοποίησης.

Όταν η αλλαγή φάσεως αφορά κλειστό σύστημα, τότε τα ποσά θερμότητας, υπολογίζονται από τις αντίστοιχες τιμές εσωτερικών ενεργειών. Όταν βέβαια πρόκειται για μεταβολή υπό σταθερό όγκο.

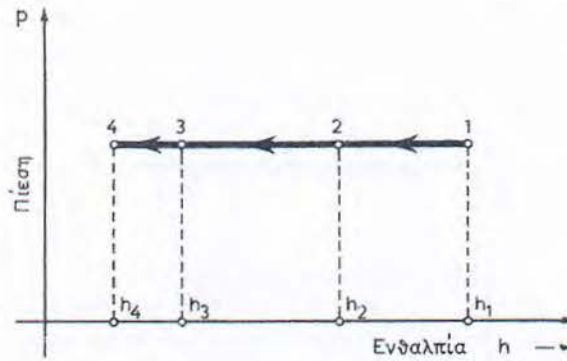
Όταν η αλλαγή φάσεως αφορά ανοιχτό σύστημα και φυσικά ισόθλιπτη μεταβολή, τότε τα αντίστοιχα ποσά θερμότητας υπολογίζονται από τις διαφορές της ενθαλπίας.

Σε κάθε ισόθλιπτη αλλαγή φάσεως, το χαρακτηριστικό μέγεθος το οποίο καθορίζει το σημείο στο οποίο γίνεται η αλλαγή, είναι η πίεση. Η κάθε όμως τιμή πίεσεως είναι συνυφασμένη με την αντίστοιχη τιμή θερμοκρασίας η οποία επικρατεί σε όλη τη διάρκεια της αλλαγής φάσεως. Για αυτό πολλές φορές αναφέρεται η αντίστοιχη της πίεσεως θερμοκρασία αντί να αναφερθεί η πίεση στην οποία γίνεται η αλλαγή της φάσεως.

### 3.18. Διάγραμμα πίεσεως - ενθαλπίας $p - h$

Ένα τέτοιο διάγραμμα παριστάνεται στο παρακάτω σχήμα:

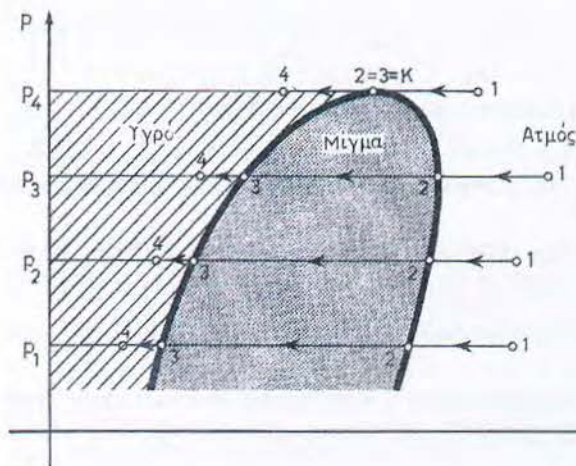




Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 41. Σχήμα 1.22α. Διάγραμμα h - p.

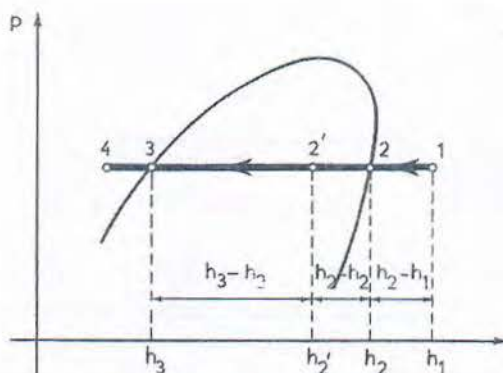
Η συμπύκνωση 1-2-3-4 είναι ισόθλιπτη μεταβολή και συνεπώς όλα τα σημεία της βρίσκεται πάνω σε μία ευθεία σταθερής πίεσης. Τα ποσά θερμότητας κάθε μεταβολής μπορούν να βρεθούν από τον άξονα των ενθαλιπών.

Αν επαναληφθεί το πείραμα για πολλές διαφορετικές πιέσεις, προκύπτει η κατάσταση:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδες 42. Σχήμα 1.22γ. Αλλαγές καταστάσεως για  $p = \text{σταθερό}$ .

Αν τα σημεία 2 και 3 ενωθούν μεταξύ τους με μια καμπύλη τότε το διάγραμμα χωρίζεται σε τρεις βασικές περιοχές. Το αριστερό μέρος περιγράφει την υγρή φάση και το δεξιό και το αριστερό μέρος την φάση του ατμού. Στο εσωτερικό της καμπύλης ευρίσκεται η περιοχή του μίγματος υγρού - ατμού.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 42. Σχήμα 1.22γ. Σημείο 2' μερικής συμπυκνώσεως.

Στο παραπάνω σχήμα είναι σχεδιασμένη η μεταβολή συμπυκνώσεως. Από τον υπέρθερμο ατμό κατάστασης 1 αφαιρείται ποσό θερμότητας ίσο με την διαφορά ενθαλπιών:

$$q_{12} = h_2 - h_1 \quad (20)$$

Στη συνέχεια αφαιρείται η θερμότητα που δίνει η διαφορά  $(h_2 - h_1)$ . Σύμφωνα με το διάγραμμα, ο ατμός από την κατάσταση 2 έχει φτάσει στην κατάσταση 2'. Το σημείο 2' είναι η ενδιάμεση κατάσταση μεταξύ του ξηρού κεκορεσμένου ατμού και του κεκορεσμένου υγρού της κατάστασης 3. Η ενδιάμεση κατάσταση στην προκειμένη περίπτωση πρέπει να εννοηθεί ως μίγμα των καταστάσεων 2 και 3. Δηλαδή ένα μέρος από τον ατμό κατάστασης 2 έχει συμπυκνωθεί και έχει γίνει υγρό κεκορεσμένο, κατάστασης 3.

Η θέση του σημείου 2' ανάμεσα στα σημεία 2 και 3 δείχνει ακριβώς την αναλογία του μίγματος. Όσο το σημείο 2' είναι πιο κοντά στο σημείο 2, τόσο περισσότερο ατμό έχει το μίγμα. Όσο το σημείο 2' πλησιάζει στο σημείο 3 του κεκορεσμένου υγρού, τόσο περισσότερο υγρό έχει το μίγμα.

Από την κατάσταση ξηρού κεκορεσμένου ατμού 2 όπου άρχισε η συμπύκνωση, μέχρι το σημείο 2' όπου έχει γίνει μερική συμπύκνωση, έχει αφαιρεθεί ποσό θερμότητας. Δηλαδή:

$$q_{2'2} = h_{2'} - h_2$$

Για να γίνει πλήρης συμπύκνωση του μίγματος, για να «φθάσει» δηλαδή το σημείο 2' στη θέση του σημείου 3 πρέπει να αφαιρεθεί επιπλέον ποσό θερμότητας  $q_{2'3}$ . Δηλαδή:

$$q_{23} = h_3 - h_{2'}$$

Στο σημείο 2' ένα μέρος από την αρχική ποσότητα ατμού έχει γίνει υγρό. Το υγρό στην θέση 2' και ο ατμός δίνονται από τα ευθύγραμμα τμήματα 2'3 και 2'2, δηλαδή:

<sup>20</sup> Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων. Μέρος 1<sup>ο</sup>. Διάγραμμα πίεσης ενθαλπίας (Mollier).



$$\frac{\text{ποσότητα ατμού}}{\text{ποσότητα υγρού}} = \frac{h_3 - h_{2'}}{h_{2'} - h_2} = \frac{(2'3)}{(2'2)} \quad (21)$$

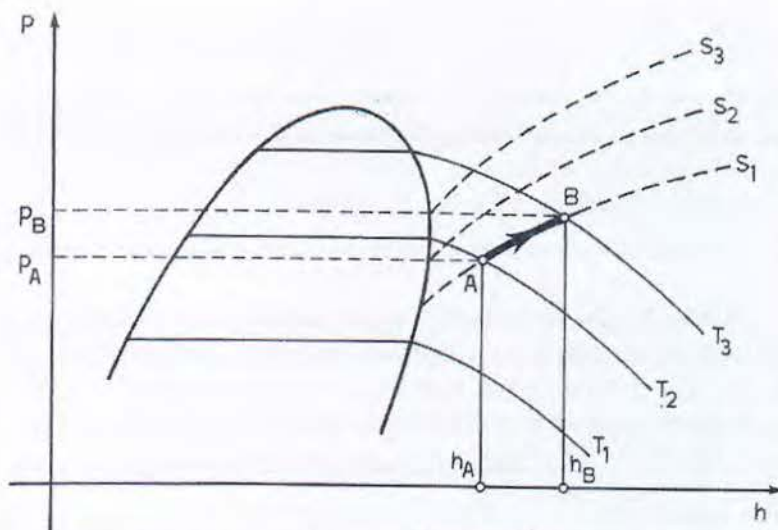
Η σχέση αυτή ισχύει και για την ατμοποίηση, γιατί αναφέρεται σε μια κατάσταση 2' που είναι μέσα στην περιοχή του μίγματος ή στην περιοχή υγρού ατμού, όπως συνήθως λέγεται.

Στο επάνω μέρος της καμπύλης του δεύτερου σχήματος (του κεφαλαίου) υπάρχει ένα σημείο 2 = 3, το οποίο έχει χαρακτηριστεί με το γράμμα Κ. Το σημείο αυτό ονομάζεται κρίσιμο σημείο. Αν η πίεση του ατμού είναι μικρότερη από την πίεση που αντιστοιχεί στο κρίσιμο σημείο τότε ο ατμός μπορεί να υγροποιηθεί με ισόθλιπτη αφαίρεση θερμότητας.

Αν όμως ο ατμός ευρίσκεται σε αρχική κατάσταση με πίεση μεγαλύτερη από την πίεση του κρίσιμου σημείου ή της κρίσιμης πιέσεως, τότε η ισόθλιπτη ψύξη δεν μπορεί να εμφανίζει και άλλη φάση με μεγαλύτερη πυκνότητα. Για να γίνουν οι υπολογισμοί των ποσών θερμότητας με το διάγραμμα  $p - h$  πρέπει να υπάρχει διάγραμμα για το αντίστοιχο εργαζόμενο μέσο.

Για να υπάρχει ακρίβεια στις τιμές οι οποίες ευρίσκονται από το διάγραμμα, γίνεται και μία άλλη συμπλήρωση. Η συμπλήρωση αυτή αφορά τον άξονα πιέσεων  $p$ . Τα μέρη των ψυκτικών διατάξεων άλλοτε έχουν ψυκτικό μέσο σε χαμηλή πίεση και άλλοτε σε υψηλή. Η διαφορά πιέσεως των δύο μερών είναι σημαντική. Αν η κλίμακα των πιέσεων στο διάγραμμα  $p - h$  είναι γραμμική, δεν είναι εύκολη η ανάγνωση στις χαμηλές πιέσεις. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται λογαριθμική κλίμακα πιέσεων.

Στην περιοχή του ατμού στα διαγράμματα για τα διάφορα ψυκτικά μέσα, εκτός από τις γραμμές σταθερής πιέσεως χαράζονται και άλλες καμπύλες οι οποίες βοηθούν στους υπολογισμούς.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 44. Σχήμα 1.22δ. Παράσταση ισοθερμοκρασιακών  $T$  και καμπυλών αδιαβατικής μεταβολής  $S$ .

<sup>21</sup> Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων. Μέρος 1<sup>ο</sup>. Διάγραμμα πίεσεως ενθαλπίας (Mollier).

Στο ανωτέρω σχήμα δίνονται σχηματικά οι πιο συνηθισμένες, δηλαδή οι καμπύλες σταθερής θερμοκρασίας ή ισοθερμοκρασιακές  $T$  και οι καμπύλες διαβατικών μεταβολών  $S$ . Εδώ πρέπει να τονισθεί ότι οι καμπύλες  $S$  στην ουσία αναφέρονται σε άλλο θερμοδυναμικό μέγεθος, στην εντροπία. Στο διάγραμμα έχει παρασταθεί για παράδειγμα η μεταβολή  $AB$ .

Επειδή η μεταβολή αυτή  $AB$  γίνεται κατά μήκος της καμπύλης  $S$ , είναι ουσιαστικά αδιαβατική. Για ένα ανοιχτό σύστημα στην περίπτωση αυτή το έργο δίνεται από τη σχέση:

$$(w_{t12})_{ad} = h_1 - h_2.$$

Η μεταβολή λοιπόν  $AB$  είναι μια αδιαβατική συμπίεση η οποία για να γίνει απαιτείται να δοθεί από έξω, προς το συμπιεζόμενο ατμό, τεχνικό έργο  $w_{tAB}$  το οποίο είναι ίσο με:

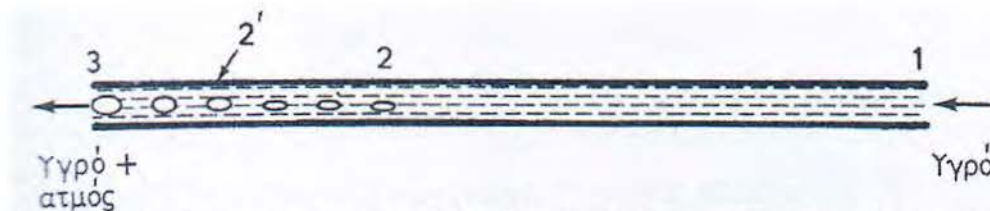
$$w_{tAB} = h_A - h_B$$

Η θερμοκρασία στην αρχή της συμπίεσεως είναι  $T_2$  και η πίεση του ατμού  $p_A$ . Στο τέλος της συμπίεσεως η θερμοκρασία είναι  $T_3$  και η πίεση  $p_B$ .

Για να συμπληρωθεί η περιγραφή όλων των μεταβολών που χρειάζονται για έναν ψυκτικό κύκλο πρέπει να περιγράψει ο στραγγαλισμός υγρού.

### 3.19. Στραγγαλισμός υγρού

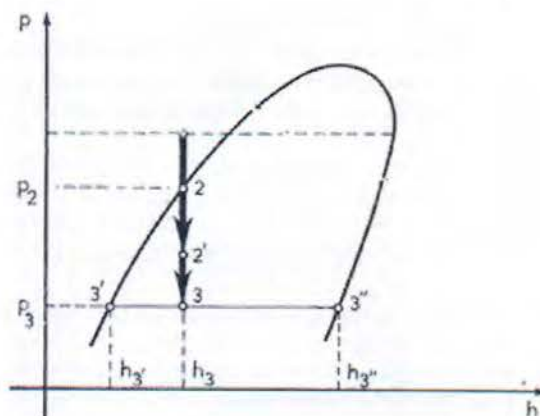
Ο όρος στραγγαλισμός εννοεί την πτώση πίεσης.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 45. Σχήμα 1.23α. Στραγγαλισμός υγρού καταστάσεως 1.

Από άποψη θερμοδυναμικής ο στραγγαλισμός θεωρείται αδιαβατικός. Επομένως, η μεταβολή αυτή είναι ταυτόχρονα και ισενθαλπική. Το υγρό στην είσοδο έχει υψηλή πίεση  $p_1$ , και στην έξοδο χαμηλή πίεση  $p_3$ . Σε ένα ενδιάμεσο σημείο η πίεση είναι  $p_2$ . Αν για να παρασταθεί η μεταβολή χρησιμοποιηθεί το διάγραμμα πίεσεως - ενθαλπίας τότε προκύπτει η κατάσταση του κατωτέρω σχήματος.





Το υγρό στην είσοδο έχει πίεση  $p_1$ , και χαρακτηριστικό σημείο 1. Καθώς ρέει μέσα στη διάταξη στραγγαλισμού, η πίεσή του μειώνεται συνεχώς ενώ η ενθαλπία παραμένει σταθερή. Για αυτό, το χαρακτηριστικό σημείο της μεταβολής κινείται πάνω στην ισηνθαλπική ευθεία 122'3.

Το υγρό σε ένα σημείο του σωλήνα φθάνει στην κατάσταση 2 και στη συνέχεια 2' και καταλήγει στην 3. Από το σημείο όμως 2 και μετά, το αρχικό υγρό βρίσκεται πλέον μέσα στην περιοχή υγρού ατμού. Το γεγονός αυτό δηλώνει, ότι από το σημείο 2 και μετά, μέσα στο σωλήνα δεν ρέει μόνο υγρό, αλλά και ατμός. Ένα μέρος δηλαδή του υγρού ατμοποιείται.

Όσο η πίεση πέφτει προς την έξοδο του σωλήνα, τόσο περισσότερο ποσοστό από την αρχική μάζα του υγρού ατμοποιείται. Τελικά στην έξοδο, όπου επικρατεί η κατάσταση του σημείου 3, έχει ατμοποιηθεί τόσο υγρό ως ποσοστό από την αρχική μάζα όσο δείχνει η αναλογία:

$$\frac{\text{ατμός}}{\text{ολική μάζα}} = \frac{(33')}{(3'3'')} = \frac{h_3 - h_{3'}}{h_3'' - h_{3'}} \quad (22)$$

Όπως αναφέρθηκε στην αρχή, ο στραγγαλισμός γίνεται αδιαβατικά. Στη θέση 1 το υγρό έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία από ότι στη θέση 3. Κατά το στραγγαλισμό, το υγρό ψύχεται και η θερμότητα που αφαιρείται από αυτό προσδίδεται σε μέρος του υγρού για να αλλάξει φάση και να ατμοποιηθεί.

Μπορούμε λοιπόν να πούμε ότι στον αδιαβατικό στραγγαλισμό, με αλλαγή φάσεως, το εργαζόμενο σώμα ψύχεται. Η ψύξη γίνεται, γιατί υπήρχε στην αρχή υψηλή πίεση η οποία στο τέλος «καταστρέφεται».

Στις ψυκτικές διατάξεις όπου χρησιμοποιείται ο αδιαβατικός στραγγαλισμός, τα φαινόμενα της ψύξεως του εργαζόμενου μέσου είναι επιθυμητά. Αντίθετα, η μερική ατμοποίηση η οποία συνδέεται με την ψύξη του εργαζόμενου μέσου δεν είναι καθόλου επιθυμητή.

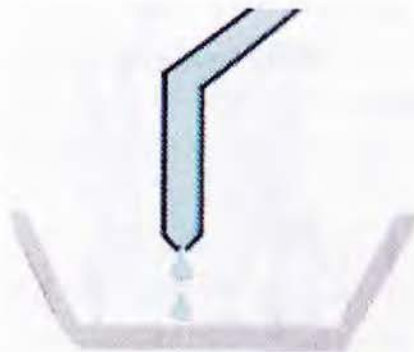
<sup>22</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. 1.23. Στραγγαλισμός υγρού.

Στις ψυκτικές διατάξεις ο στραγγαλισμός εφαρμόζεται σε υγρό το οποίο μόλις έχει συμπυκνωθεί και είναι κεκορεσμένο ή ελαφρά υπόψυκτο. Ο στραγγαλισμός στην περίπτωση αυτή οδηγεί πάντοτε σε ψύξη του εργαζόμενου σώματος.

## 3.20. Ψυκτικός κύκλος

### 3.20.1. Δημιουργία ψυκτικού κύκλου

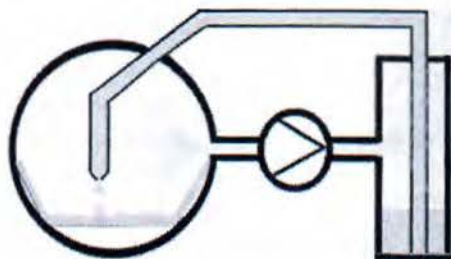
Ένα από τα πρώτα πειράματα που μας οδήγησαν στο σημερινό κύκλο ψύξης, ήταν το πείραμα του οινόπνευματος, που στηρίζεται στο φυσικό φαινόμενο, ότι τα υγρά για να αλλάξουν την μορφή τους και να γίνουν αέρια χρειάζονται θερμότητα. Έτσι λοιπόν, αν μπορέσουμε να αναγκάσουμε κάποιο υγρό να αλλάξει την μορφή του και να γίνει αέριο σε έναν συγκεκριμένο χώρο, τότε θα απορροφήσει την θερμότητα από τον χώρο αυτό και θα δημιουργηθεί ψύξη. Ένα γνωστό υγρό που σε ατμοσφαιρική πίεση αλλάζει την μορφή του από υγρό σε αέριο είναι και το οινόπνευμα, γι' αυτό τα πρώτα πειράματα έγιναν με αυτό. <sup>(23)</sup>



Αν πάρουμε μια μεταλλική λεκάνη, οποία με ένα σταγονόμετρο ρίχνουμε σε τακτά χρονικά διαστήματα σταγόνες οινόπνευματος, θα παρατηρήσουμε ότι το οινόπνευμα εξατμίζεται, απορροφώντας θερμότητα από την μεταλλική λεκάνη με την οποία έρχεται σε άμεση επαφή. Τότε θα παρατηρήσουμε στην λεκάνη μια πτώση της θερμοκρασίας, που σημαίνει ότι δημιουργήθηκε ψυκτικό έργο. Η μέθοδος αυτή φυσικά είναι ασύμφορη, διότι χρειάζονται τεράστιες ποσότητες οινόπνευματος για να δημιουργηθεί ένα μικρό σχετικό έργο. Το επόμενο λοιπόν βήμα, ήταν να βρεθεί ένας τρόπος που θα μείωνε το κόστος του ψυκτικού έργου.

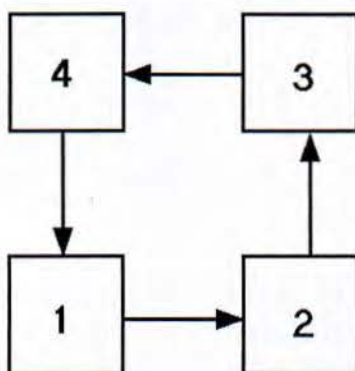
<sup>23</sup> Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων. Μέρος 1<sup>ο</sup>. Διάγραμμα ψυκτικού κύκλου





Κάποιοι λοιπόν πειραματιστές σκέφτηκαν να κλείσουν τον χώρο εξάτμισης του οινοπνεύματος, ώστε να μην χάνεται το εξατμισμένο πια οινόπνευμα, αλλά να οδηγείται με μια τρόμπα σε κάποιον άλλο χώρο, όπου με κάποιον τρόπο θα επανερχόταν στην υγρή του μορφή, ώστε να ξαναχρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία του σταγονόμετρου και έτσι να μην έχουμε απώλεια ποσοτήτων οινοπνεύματος αλλά, με μια συγκεκριμένη ποσότητα να δημιουργηθεί ένα κλειστό κύκλωμα παραγωγής ψυκτικού έργου. Αυτό είναι και το πρώτο κλειστό κύκλωμα παραγωγής ψυκτικού έργου και αποτελείται από τα εξής εξαρτήματα: <sup>(24)</sup>

1. Τρόμπα κίνησης του αερίου οινοπνεύματος.
2. Χώρος υγροποίησης.
3. Σταγονόμετρο.
4. Χώρος εξάτμισης.



Επειδή όμως το σύστημα αυτό λειτουργούσε με κάποια χειροκίνητη τρόμπα κίνησης του αερίου, το επόμενο βήμα ήταν η αλλαγή της τρόμπας αυτής με μία ηλεκτροκίνητη, ώστε το σύστημα να λειτουργεί μόνο του και αμέσως η βελτίωση της απόδοσης έργου. Για αυτό τον λόγο την θέση του οινοπνεύματος πήραν άλλα χημικά ρευστά με πολύ μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης, που ονομάστηκαν ψυκτικά ρευστά. Σε κάποια τεχνολογικά ερευνητήρια μελετώνται άλλες μέθοδοι παραγωγής του ψυκτικού έργου. Μια από αυτές τις μεθόδους αυτές είχε ανακοινώσει από την Ιαπωνία στην δεκαετία του 1970 η Mitsubishi και ήταν η μέθοδος της ηλεκτρονικής παραγωγής του ψυκτικού έργου από τα λεγόμενα αρνητικά transistor, που όταν τροφοδοτηθούν

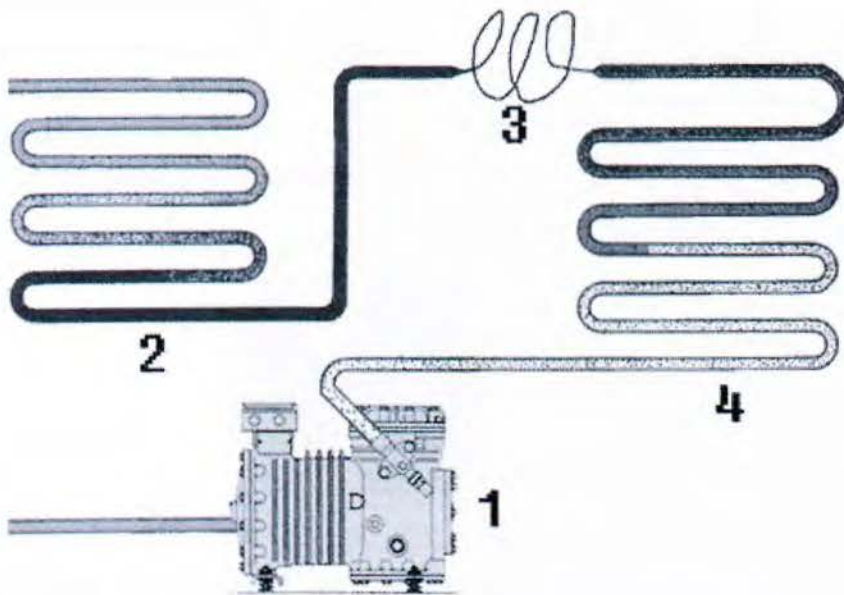
<sup>24</sup> Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων. Μέρος 1<sup>ο</sup>. Διάγραμμα ψυκτικού κύκλου

με ρεύμα αντί να θερμαίνονται ψύχονται. Έτσι, μπορούμε να εκμεταλλευτούμε το έργο τους, το οποίο όμως είναι πολύ μικρό σχετικά με την κατανάλωση τους και το κόστος κατασκευής τους και γι' αυτό δεν επικράτησαν.

Ας δούμε λοιπόν έναν ψυκτικό κύκλο όπως τον περιγράψαμε σε σχέση με έναν σύγχρονο ψυκτικό κύκλο. <sup>(25)</sup>

- 1.Κυκλοφορητής αερίου
- 2.Θάλαμος συμπύκνωσης
- 3.Σταγονόμετρο - στραγγαλιστής
- 4.Θάλαμος εξατμίσης

**Συμπιεστής  
Συμπυκνωτής  
Εκτονωτική βαλβίδα  
Εξατμιστής**



Θα πρέπει να τονίσουμε εδώ, ότι όποιο από αυτά τα εξαρτήματα και αν αφαιρεθεί, η λειτουργία του ψυκτικού κύκλου τερματίζεται, ενώ όσα άλλα εξαρτήματα και αν προσθέσουμε, μπορεί να βοηθούν ή να βελτιώνουν το τρόπο λειτουργίας του, αλλά δεν αλλάζει η βασική του λειτουργία. Γι' αυτό τα τέσσερα αυτά εξαρτήματα είναι τα βασικά εξαρτήματα του ψυκτικού κύκλου, ενώ τα υπόλοιπα θεωρούνται βοηθητικά εξαρτήματα ή αυτοματισμοί ελέγχου λειτουργίας.

Τα ψυκτικά κυκλώματα χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με το έργο που επιτυγχάνουν: <sup>(26)</sup>

1. Υψηλών θερμοκρασιών (H) από  $-4^{\circ}\text{C}$  και άνω (συντηρήσεις, κλιματισμός).
2. Μέσων θερμοκρασιών (M) από  $-5^{\circ}\text{C}$  ως  $-17^{\circ}\text{C}$  (καταψύξεις).
3. Χαμηλών θερμοκρασιών (L) από  $-18^{\circ}\text{C}$  και κάτω (καταψύξεις).

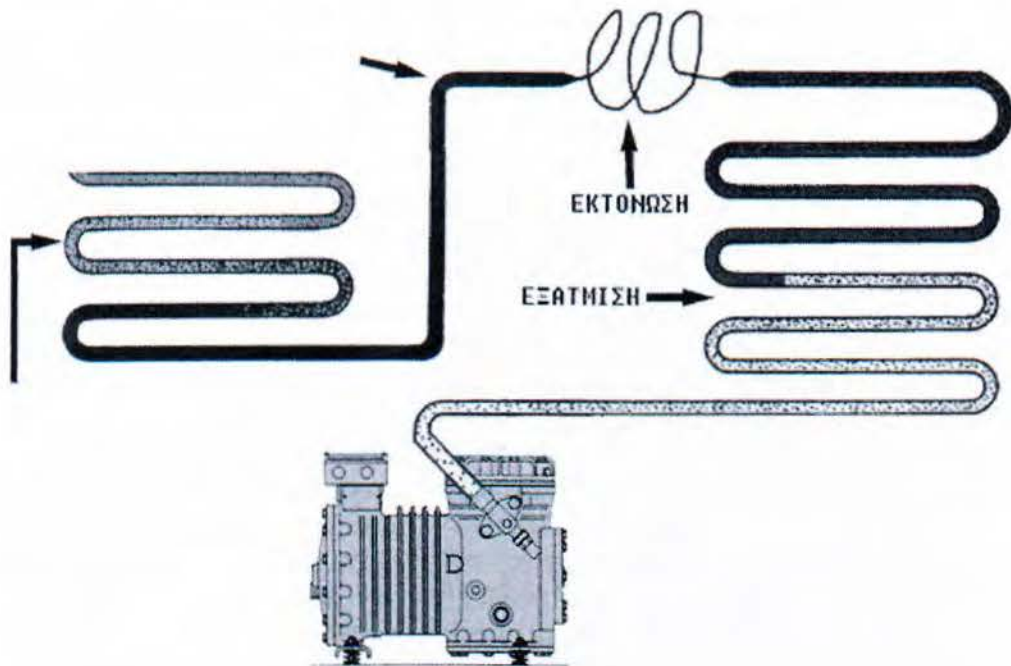
<sup>25</sup> Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων. Μέρος 1°. Διάγραμμα ψυκτικού κύκλου

<sup>26</sup> Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων. Μέρος 1°. Διάγραμμα ψυκτικού κύκλου



### 3.20.2. Λειτουργία ψυκτικού κύκλου

Συλλογικά η λειτουργία των βασικών εξαρτημάτων σε ένα κύκλωμα εξατμιστικής ψύξης περιγράφεται ως εξής: <sup>(27)</sup>



1. **Συμπιεστής:** Ο συμπιεστής είναι το εξάρτημα του ψυκτικού κύκλου που σκοπό έχει την δημιουργία διαφοράς πίεσης, έτσι ώστε να αναγκάζει το ψυκτικό ρευστό να κυκλοφορεί.  
Στο συμπιεστή το ψυκτικό ρευστό μπαίνει από την αναρρόφηση και βγαίνει από την κατάθλιψη. Ο συμπιεστής αναρροφά αέριο χαμηλής πίεσης και χαμηλής θερμοκρασίας και καταθλίβει αέριο υψηλής πίεσης και υψηλής θερμοκρασίας. Από τον συμπιεστή το ψυκτικό αέριο φεύγει και πάει στον συμπυκνωτή μέσω της γραμμής κατάθλιψης αερίου, που είναι το σωληνωτό μέρος συνδέει τον συμπιεστή με τον συμπυκνωτή του κυκλώματος.
2. **Συμπυκνωτής:** Ο συμπυκνωτής είναι το εξάρτημα του ψυκτικού του σκοπό έχει την συμπύκνωση του ψυκτικού αερίου, δηλαδή την μορφής του από αέρια σε υγρή, με την μέθοδο της αποβολής θερμότητας . Στον συμπυκνωτή μπαίνει αέριο υψηλής πίεσης και υψηλής θερμοκρασίας και βγαίνει υγρό υψηλής πίεσης και υψηλής θερμοκρασίας. Από τον συμπυκνωτή το ψυκτικό υγρό φεύγει και πάει στην εκτονωτική βαλβίδα μέσω της γραμμής

<sup>27</sup> Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων. Μέρος 1<sup>ο</sup>. Λειτουργία ψυκτικού κύκλου



κατάθλιψης υγρού, που είναι το σωληνωτό μέρος το οποίο συνδέει τον συμπυκνωτή με την εκτονωτική βαλβίδα του κυκλώματος.

Στον συμπυκνωτή αποβάλλονται τα ποσά της θερμότητας που το ψυκτικό ρευστό έχει απαγάγει σε τρία διαφορετικά σημεία του ψυκτικού κύκλου. Στον συμπυκνωτή θεωρητικά δεν παρατηρείται καμία απολύτως διαφορά πίεσης λόγω του ενιαίου χώρου. Πρακτικά όμως ανάλογα με το μήκος των σωληνώσεων του συμπυκνωτή, μπορεί να παρατηρηθεί μια μικρή πτώση πίεσης λόγω τριβών. Επίσης, θεωρητικά δεν παρατηρείται καμία απολύτως διαφορά θερμοκρασίας λόγω της αποβολής λανθανόντων φορτίων θερμότητας. Πρακτικά όμως φροντίζουμε στον συμπυκνωτή να αποβάλλονται και μικρά φορτία θερμότητας κοντά στο τέλος του, ώστε να δημιουργούμε μια μικρή πτώση θερμοκρασίας, την οποία ονομάζουμε υπόψυξη και μας βεβαιώνει για την πλήρη υγροποίηση του ψυκτικού μας ρευστού.

3. **Εκτονωτική βαλβίδα:** Η εκτονωτική βαλβίδα είναι το εξάρτημα του ψυκτικού κύκλου η οποία σκοπό έχει τον στραγγαλισμό της ροής του ψυκτικού υγρού, ώστε με την συνεργασία του συμπιεστή να δημιουργηθεί διαφορά πίεσης στην αναρρόφηση από την κατάθλιψη.

Στην εκτονωτική βαλβίδα μπαίνει το ψυκτικό ρευστό σε υγρή μορφή και βγαίνει σε μικτή φάση, διότι μικρή ποσότητα ψυκτικού υγρού εξατμίζεται αμέσως με την αλλαγή της πίεσης, απορροφώντας θερμότητα από την ίδια την μάζα του, με αποτέλεσμα την πτώση της θερμοκρασίας του. Από την εκτονωτική βαλβίδα το ψυκτικό ρευστό φεύγει και πάει στον εξαμιστή μέσω της γραμμής μικτής φάσης αναρρόφησης, η οποία είναι το σωληνωτό μέρος που συνδέει την εκτονωτική βαλβίδα με τον εξάτμιση.

4. **Εξαμιστής:** Ο εξαμιστής είναι το εξάρτημα του ψυκτικού κύκλου που σκοπό έχει την εξάτμιση του ψυκτικού υγρού, δηλαδή την αλλαγή της μορφής του από υγρή σε αέρια, απορροφώντας θερμότητα από το χώρο, με αποτέλεσμα την δημιουργία ψυκτικού έργου.

Στον εξαμιστή το ψυκτικό ρευστό μπαίνει σε μικτή φάση και βγαίνει σε αέριο χαμηλής θερμοκρασίας και χαμηλής πίεσης. Στον εξαμιστή θεωρητικά δεν παρατηρείται καμία διαφορά πίεσης λόγω του ενιαίου χώρου, όμως πρακτικά, ανάλογα με το μήκος των σωληνώσεων υπάρχει μια μικρή πτώση πίεσης λόγω τριβών. Επίσης θεωρητικά δεν παρατηρείται καμία διαφορά θερμοκρασίας, λόγω της απορρόφησης λανθανόντων φορτίων θερμότητας, πρακτικά όμως φροντίζουμε ν' απορροφώνται και μικρά φορτία αισθητής θερμότητας κοντά στο τέλος του, ώστε να δημιουργούμε μια μικρή άνοδο της θερμοκρασίας, την οποία ονομάζουμε υπερθέρμανση και μας βεβαιώνει για την πλήρη εξάτμιση του ψυκτικού μας ρευστού.

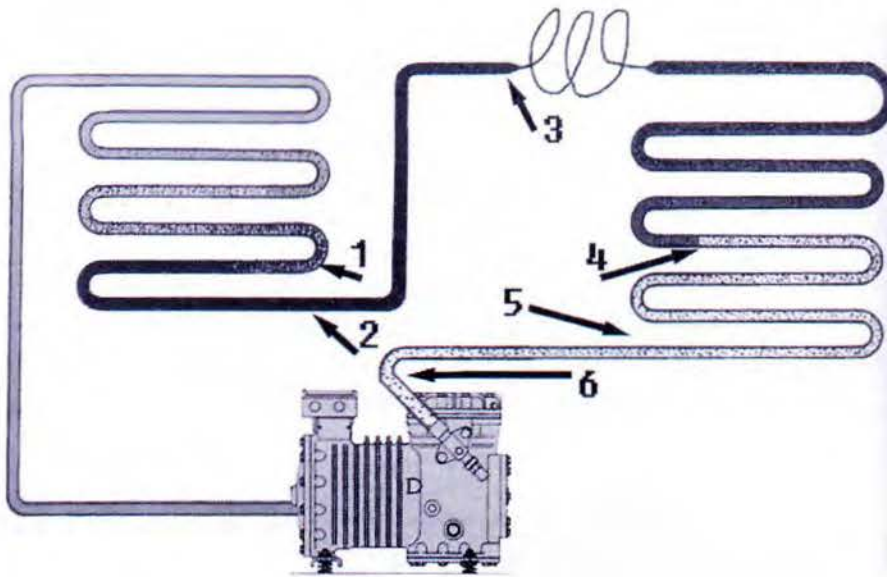
Από τον εξαμιστή το ψυκτικό αέριο φεύγει και πάει στον συμπιεστή μέσω της γραμμής αναρρόφησης αερίου, που είναι το σωληνωτό μέρος του κυκλώματος και συνδέει τον εξαμιστή με τον συμπιεστή. Η διάμετρος της σωλήνας αναρρόφησης είναι πάντα μεγαλύτερη από την διάμετρο της σωλήνας κατάθλιψης.



### 3.20.3. Θεωρητικός και πρακτικός κύκλος ψύξης

	<b>Θεωρητικός κύκλος ψύξης.</b>	<b>Πρακτικός κύκλος ψύξης.</b>
<b>Συμπυκνωτής.</b>	Εισάγεται αέριο υψηλής πίεσης και υψηλής θερμοκρασίας και εξάγεται υγρό υψηλής θερμοκρασίας, διότι έχουμε αλλαγή μορφής στο ψυκτικό ρευστό. Άρα το θερμικό φορτίο είναι λανθάνον διατηρεί σταθερή την θερμοκρασία.	Εισάγεται αέριο υψηλής πίεσης και υψηλής θερμοκρασίας και εξάγεται υγρό υψηλής και μειωμένης θερμοκρασία. Η διαφορά αυτή της θερμοκρασίας του ψυκτικού ρευστού από την είσοδο ως την έξοδο του συμπυκνωτή, ανήκει σε ένα μικρό φορτίο που αφαιρείται μετά την πλήρη υγροποίηση του ψυκτικού ρευστού στις τελευταίες σπείρες του συμπυκνωτή και ονομάζεται «υπόψυξη».
<b>Εξατμιστής.</b>	Εισάγεται ψυκτικό ρευστό σε μικτή φάση με χαμηλή πίεση και χαμηλή θερμοκρασία και εξάγεται αέριο με χαμηλή πίεση και χαμηλή θερμοκρασία, διότι έχουμε αλλαγή μορφής στο ψυκτικό ρευστό. Το θερμικό φορτίο είναι λανθάνον και διατηρεί σταθερή την θερμοκρασία.	Εισάγεται ψυκτικό ρευστό σε μικτή φάση με χαμηλή πίεση και χαμηλή θερμοκρασία και εξάγεται αέριο με χαμηλή πίεση και αυξημένη. Η διαφορά αυτή της θερμοκρασίας του ψυκτικού ρευστού από την είσοδο ως την έξοδο του εξατμιστή, ανήκει σε ένα μικρό φορτίο που προστίθεται μετά την πλήρη εξάτμιση του ψυκτικού ρευστού στις τελευταίες σπείρες του εξατμιστή και ονομάζεται «υπερθερμοκρασία».

Η υπόψυξη και η υπερθέρμανση, πρέπει να υπάρχουν στα ψυκτικά κυκλώματα, διότι μας εξασφαλίζουν την πλήρη υγροποίηση και την πλήρη εξάτμιση του ψυκτικού ρευστού στην έξοδο του συμπυκνωτή και του εξατμιστή αντίστοιχα.



1. Σημείο απόλυτης υγροποίησης.
2. Έξοδος συμπυκνωτή.
3. Τελευταίο σημείο υπόψυξης.
4. Σημείο απόλυτης εξατμίσης.
5. Έξοδος εξατμιστή.
6. Τελευταίο σημείο υπερθέρμανσης.

- |          |                          |
|----------|--------------------------|
| 1 έως 2. | Υπόψυξη συμπυκνωτή.      |
| 1 έως 3. | Υπόψυξη κυκλώματος.      |
| 4 έως 5. | Υπερθέρμανση εξατμιστή.  |
| 4 έως 6. | Υπερθέρμανση κυκλώματος. |

**Υπόψυξη κυκλώματος** ονομάζεται η διαφορά θερμοκρασίας από την υγροποίηση έως το τέλος της γραμμής κατάθλιψης υγρού. <sup>(28)</sup>

**Υπερθέρμανση κυκλώματος** ονομάζεται η διαφορά θερμοκρασίας-από την εξατμίση έως το τέλος της γραμμής αναρρόφησης.

<sup>28</sup> Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων. Μέρος 1<sup>ο</sup>. Θεωρητικός και πρακτικός κύκλος ψύξης.



### 3.21. Παράσταση ψυκτικού κύκλου στο διάγραμμα $p - h$

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθούμε σε ένα βοηθητικό διάγραμμα, το διάγραμμα πίεσης - ενθαλπίας ή διάγραμμα Mollier. Στο διάγραμμα αυτό, παρατηρούμε με συγκεκριμένα στοιχεία να βρούμε το αντιπροσωπευτικό σημείο ή τα αντιπροσωπευτικά σημεία μιας κατάστασης ή μιας μεταβολής και να πάρουμε πληροφορίες για τα λοιπά στοιχεία που αφορούν το σημείο αυτό ή την μεταβολή αυτή. Δηλαδή, επάνω στο διάγραμμα μπορούμε να απεικονίσουμε ένα ψυκτικό κύκλο και να γνωρίζουμε για κάθε σημείο του ή κάθε μεταβολή του το ποσό της ενθαλπίας, τις θερμοκρασίες, τις πιέσεις και την απόδοση και όλα τα χαρακτηριστικά του.

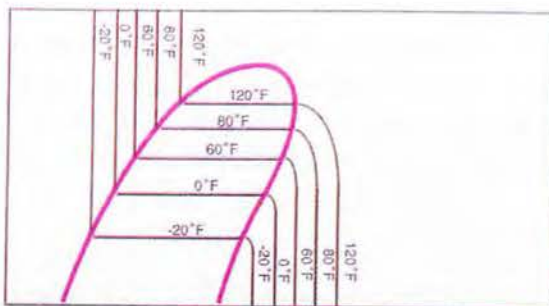


Η καμπύλη αυτή μας δημιουργεί τρεις διαφορετικούς χώρους:

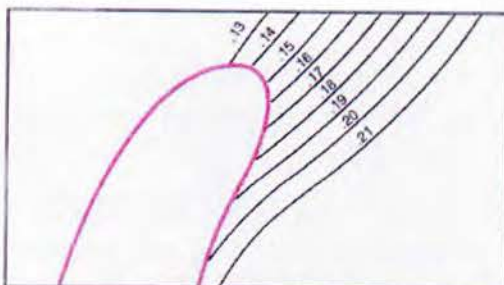
1. ο εσωτερικός στην καμπύλη χώρος, όπου γίνεται η μεταβολή της μορφής του ψυκτικού ρευστού, δηλαδή το λανθάνον φορτίο θερμότητας
2. την εξωτερική αριστερή πλευρά όπου βρίσκεται το υπόψυκτο υγρό, δηλαδή το αισθητό φορτίο θερμότητας
3. την εξωτερική δεξιά πλευρά, όπου βρίσκεται ο υπέρθερμος ατμός, δηλαδή το αισθητό φορτίο θερμότητας. <sup>(29)</sup>

Στο εσωτερικό αυτής της καμπύλης θα βρούμε εννέα καμπύλες γραμμές, οι οποίοι μας δείχνουν το ποσοστό υγροποίησης του ψυκτικού ρευστού επί τοις εκατό. Μέσα στην καμπύλη οι γραμμές της θερμοκρασίας είναι παράλληλες με τον άξονα ενθαλπίας, που σημαίνει ότι για όλη την θερμική αλλαγή υπάρχει μια και μόνο σταθερή θερμοκρασία. Άλλες γραμμές του διαγράμματος είναι οι γραμμές εντροπίας και οι γραμμές ειδικού όγκου.

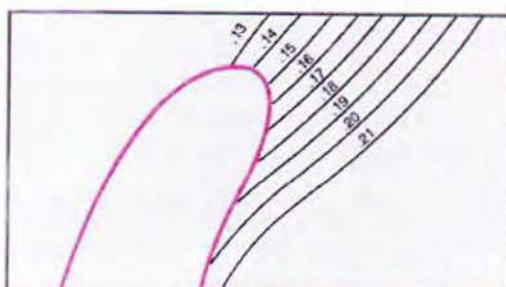
<sup>29</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. 1.25. Παράσταση ψυκτικού κύκλου στο διάγραμμα  $p - h$ .



**Γραμμές σταθερής θερμοκρασίας.**

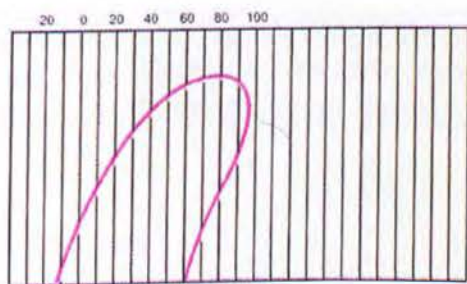


**Γραμμές σταθερής πίεσης.**



**Γραμμές ειδικού όγκου**

Για να ολοκληρωθεί το διάγραμμα, τραβάμε τις κάθετες γραμμές που αντιστοιχούν στις ενδείξεις του άξονα της ενθαλπίας και τις οριζόντιες που αντιστοιχούν στις ενδείξεις του άξονα των πιέσεων. Οι πιέσεις στα διαγράμματα αυτά είναι συνήθως απόλυτες πιέσεις, υπάρχουν όμως και διαγράμματα που αναφέρονται και σε μανομετρικές πιέσεις.



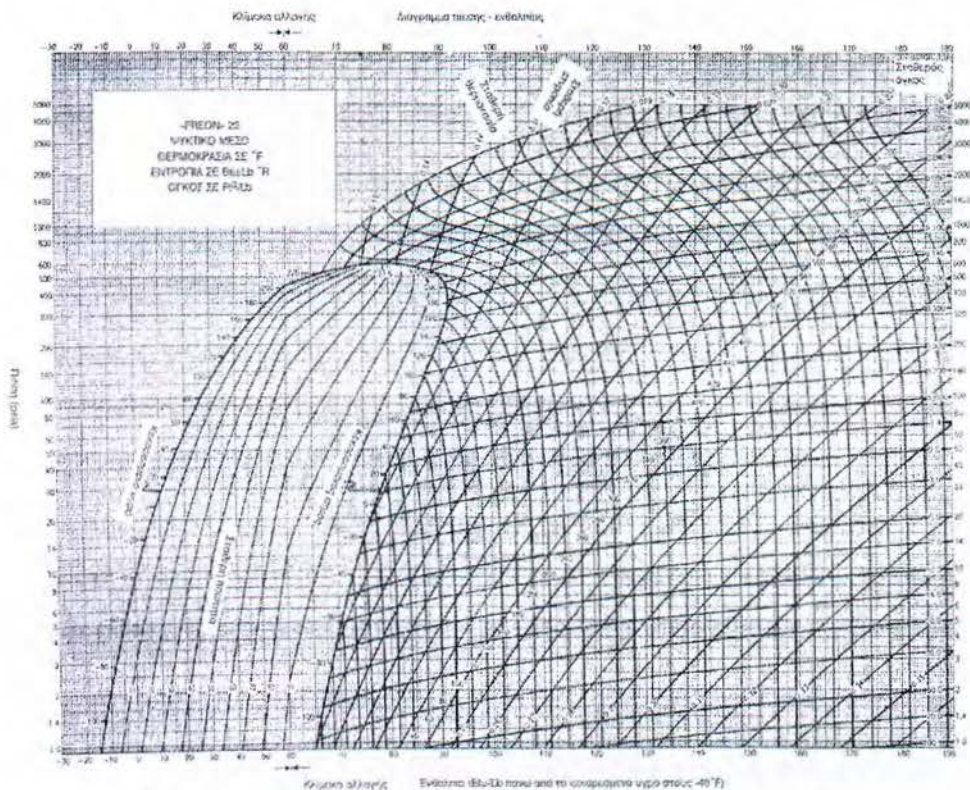
**Γραμμές σταθερής ενθαλπίας**



**Γραμμές σταθερής πίεσης**



Από τα σχήματα αυτά είναι εύκολο να καταλάβουμε ότι δεν μπορεί να ισχύει το ίδιο διάγραμμα για όλα τα ψυκτικά ρευστά, αφού κάθε ένα από αυτά έχει τα δικά του χαρακτηριστικά και τις δικές του θερμοκρασιακές περιοχές σε σχέση με την πίεση και την ενθαλπία του. Η χάραξη ενός θεωρητικού και ενός πρακτικού ψυκτικού κύκλου σε διάγραμμα για R-22:



C: Υπερθέρμανση εξατμηση

D: Υπερθέρμανση κυκλώματος

### 3.22. Συντελεστής συμπεριφοράς

Το περιβάλλον στο οποίο απορρίπτεται η θερμότητα έχει μία θερμοκρασία η οποία είναι λίγο πολύ καθορισμένη. Αν είναι καλοκαίρι τότε η θερμοκρασία είναι υψηλότερη, ενώ αν είναι χειμώνας χαμηλότερη. Η πίεση συμπύκνωσης  $p_c$  καθορίζεται από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Αν η εγκατάσταση λειτουργεί έτσι ώστε να εξυπηρετεί μια χαμηλή θερμοκρασία  $T_A$  για την οποία η ατμοποίηση γίνεται κατά τη μεταβολή  $1_A \rightarrow 1''_A$ , τότε μηχανικό έργο που χρειάζεται για το συμπιεστή είναι ίσο με:

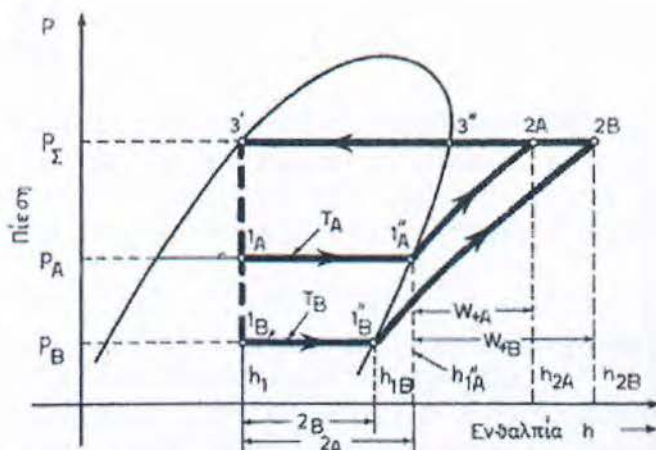
$$w_{tA} = h_{1''A} - h_{2A} \quad (30)$$

<sup>30</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. 1.26. Συντελεστής συμπεριφοράς.

Για αυτή τη λειτουργία, η θερμότητα η οποία απάγεται από το ψυκτικό μέσο στοιχείο ατμοποίησης είναι:

$$q_A = h_{1A} - h_{1''A} \quad (25)$$

Αν όμως η εγκατάσταση πρέπει να εξυπηρετήσει μία χαμηλότερη θερμοκρασία στο θάλαμο του ψυγείου, τότε η ατμοποίηση πρέπει να γίνει σε χαμηλότερη πίεση. Στην περίπτωση αυτή η ατμοποίηση ακολουθεί τη μεταβολή  $1_B \rightarrow 1''_B$ .



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 54. Σχήμα 1.26. Κύκλοι για διαφορετικές χαμηλές πιέσεις.

Το ποσό θερμότητας για την ατμοποίηση που δίνεται τώρα είναι:

$$q_B = h_{1B} - h_{1''B} \quad (31)$$

Εξ' άλλου, για τη λειτουργία με χαμηλότερη θερμοκρασία ατμοποίησης, απαιτείται και περισσότερο μηχανικό έργο, αφού πρέπει η συμπίεση να αρχίσει από χαμηλότερη πίεση. Έτσι στην περίπτωση αυτή το μηχανικό έργο που απαιτείται είναι:

$$w_{tB} = h_{1''B} - h_{2B} \quad (31)$$

Το ίδιο μηχανικό έργο δεν αποδίδει πάντοτε το ίδιο αποτέλεσμα. Όσο περισσότερο απέχουν οι θερμοκρασίες (ή οι πιέσεις) ατμοποίησης και συμπυκνώσεως τόσο περισσότερο μηχανικό έργο απαιτείται. Για να υπολογίζεται το μηχανικό έργο το οποίο αναλώνεται για τη λειτουργία της εγκαταστάσεως, εισάγεται ένας ειδικός συντελεστής, ο συντελεστής συμπεριφοράς **CP**.

Ο ορισμός του συντελεστή συμπεριφοράς είναι:

$$C P = \left| \frac{q_A}{w_t} \right| \quad (31)$$

<sup>31</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. 1.26. Συντελεστής συμπεριφοράς.



Είναι αριθμός θετικός, και δείχνει το ποσό θερμότητας που «αντλείται» από τη χαμηλή θερμοκρασία την οποία εξυπηρετεί η εγκατάσταση, για κάθε μονάδα μηχανικού έργου την οποία καταναλώνει.

Οι αριθμητικές τιμές του CP δεν είναι σταθερές. Όταν η θερμοκρασία ατμοποίησης είναι κοντά στη θερμοκρασία συμπυκνώσεως τότε προκύπτουν τιμές αρκετά μεγαλύτερες από τη μονάδα. Όσο απομακρύνονται οι θερμοκρασίες τόσο ο συντελεστής συμπεριφοράς μικραίνει.

### 3.23. Ψυκτική ισχύς

Βασικό χαρακτηριστικό μέγεθος κάθε ψυκτικής διατάξεως είναι η ψυκτική ισχύς, το ποσό δηλαδή θερμότητας το οποίο η εγκατάσταση αφαιρεί στη μονάδα του χρόνου από το μέσο ή το χώρο τον οποίο ψύχει. Η ψυκτική ισχύς λοιπόν μετρείται με kW. Δεν πρέπει όμως να συγχέεται με μηχανική ισχύ του συμπιεστή η οποία μετρείται με τις ίδιες μονάδες.

Στον υπολογισμό των διαφόρων ποσών θερμότητας και του μηχανικού έργου οποίος γίνεται π.χ. με τη βοήθεια του διαγράμματος p - h, τα διάφορα ποσά ενέργειας αναφέρονται στη μονάδα μάζας 1 kg του ψυκτικού μέσου.

Για κάθε 1 kg ψυκτικού μέσου το οποίο ατμοποιείται στο στοιχείο ατμοποίησης, αφαιρείται από τον ψυχόμενο χώρο ποσό θερμότητας  $q_A$ , λέγεται ψυκτική ικανότητα. Η σχέση λοιπόν η οποία συνδέει την ψυκτική ισχύ με την ψυκτική ικανότητα είναι:

$$q_{\psi} = m \cdot q_A \quad (27)$$

Ανάλογη σχέση ισχύει και για την μηχανική ισχύ.

Από το διάγραμμα p - h προκύπτει το μηχανικό  $w_t$  το έργο δηλαδή το οποίο απαιτείται για κάθε 1 kg ψυκτικού μέσου σε μονάδες [kJ/kg]. Αν λοιπόν η ισχύς συμβολίζεται με N και έχει μονάδες [kW] ισχύει ότι

$$N = m \cdot q_A \quad (27)$$

## **4. Ψυκτικά μέσα**

### **4.1. Ιδιότητες ψυκτικών ρευστών**

Ψυκτικό μέσο, ή αλλιώς ψυκτικό ρευστό, ονομάζεται κάθε ρευστό που έχει την ιδιότητα να εξατμίζεται απορροφώντας θερμότητα και έχει χαμηλό σημείο βρασμού σε πίεση 1 atm (ατμόσφαιρας). Το νερό θα μπορούσε να εννοηθεί, σαν το καλύτερο ψυκτικό ρευστό, λόγω της μεγάλης θερμικής του απόδοσης, αν βέβαια το σημείο βρασμού του ήταν χαμηλό. Το νερό όμως έχει σημείο βρασμού τους 100°C σε πίεση 1 atm. Ένα ρευστό για να χρησιμοποιηθεί σαν ψυκτικό ρευστό, θα πρέπει να παρουσιάζει συγκεκριμένες φυσικές, χημικές και θερμοδυναμικές ιδιότητες και να είναι ασφαλές, αποδοτικό και οικονομικό. Δεν υπάρχει ιδανικό ψυκτικό ρευστό για όλα τα είδη των ψυκτικών και κλιματιστικών εγκαταστάσεων, λόγω της μεγάλης θερμοκρασιακής περιοχής στις εφαρμογές ψύξης και κλιματισμού. Έτσι θα δούμε ότι η βιομηχανία παράγει μια μεγάλη ποικιλία ψυκτικών ρευστών, για να καλυφθούν οι ανάγκες των Η, Μ και L ψυκτικών και κλιματιστικών εφαρμογών. Οι ιδιότητες που πρέπει να έχει ένα ψυκτικό ρευστό, για να θεωρείται ικανό για εκμετάλλευση στα ψυκτικά και κλιματιστικά κυκλώματα, είναι πολλές. Αυτό σημαίνει ότι όσο περισσότερες ιδιότητες καλύπτει ένα ψυκτικό ρευστό τόσο πιο ιδανικό θεωρείται.

Οι ιδιότητες των ψυκτικών ρευστών που καθορίζουν την ποιότητα τους είναι:

1. Πρώτη ιδιότητα που είναι και η βασικότερη σε ένα ψυκτικό ρευστό, είναι να μην είναι δηλητηριώδες ή τοξικό, γιατί τότε θα υπάρχει κίνδυνος για τους ανθρώπους ή τα προϊόντα από μια απλή διαρροή στον χώρο ψύξης από ένα ψυκτικό ή κλιματιστικό κύκλωμα.
2. Να μην είναι εύφλεκτο ή εκρηκτικό, γιατί υπάρχει φόβος σε περίπτωση διαρροής να δημιουργήσει πρόβλημα στον χώρο του ή ακόμα και σε γειτονικούς χώρους.
3. Να μην είναι διαβρωτικό, με αποτέλεσμα να μειώνει την διάρκεια ζωής του ψυκτικού ή κλιματιστικού κυκλώματος.
4. Να είναι ανιχνεύσιμο για να μπορούμε να ελέγχουμε την διαρροή του.
5. Να έχει χαμηλό σημείο βρασμού σε πίεση 1 atm και να μας δίνει όσο το δυνατόν καλύτερη απόδοση.
6. Να είναι συνεργάσιμο με τα λιπαντικά υλικά χωρίς να δημιουργεί χημικές ενώσεις ή να καταστρέφει την λιπαντική τους ικανότητα.
7. Να έχει υψηλή χωρητικότητα λανθανόντων θερμικών φορτίων ατμοποίησης.
8. Να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερου κόστους.
9. Να είναι φιλικό προς το περιβάλλον. <sup>(32)</sup>

*Σημείωση: Η σύγχρονη βιομηχανία έχει αποσύρει μια σειρά από παλαιά ψυκτικά ρευστά όπως το R-12, R-22, R-502, διότι δημιουργούσαν μεγάλο πρόβλημα καταστρέφοντας το όζον της ατμόσφαιρας και συνέβαλλαν στην αύξηση της θερμοκρασίας της υδρογείου. Έτσι λοιπόν καινούργια ψυκτικά ρευστά κυκλοφορούν ήδη, αλλά και εξακολουθούν να σχεδιάζονται νεότερα, με σκοπό την βελτίωση της απόδοσης, αλλά και την προστασία της υδρογείου από την ρύπανση του περιβάλλοντος. Μεγάλη προσοχή πρέπει να δώσουμε στις συνεργασίες των νέων ψυκτικών ρευστών με τα λιπαντικά υλικά.*

<sup>32</sup> Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων. Μέρος 2<sup>ο</sup>. Ψυκτικά ρευστά.

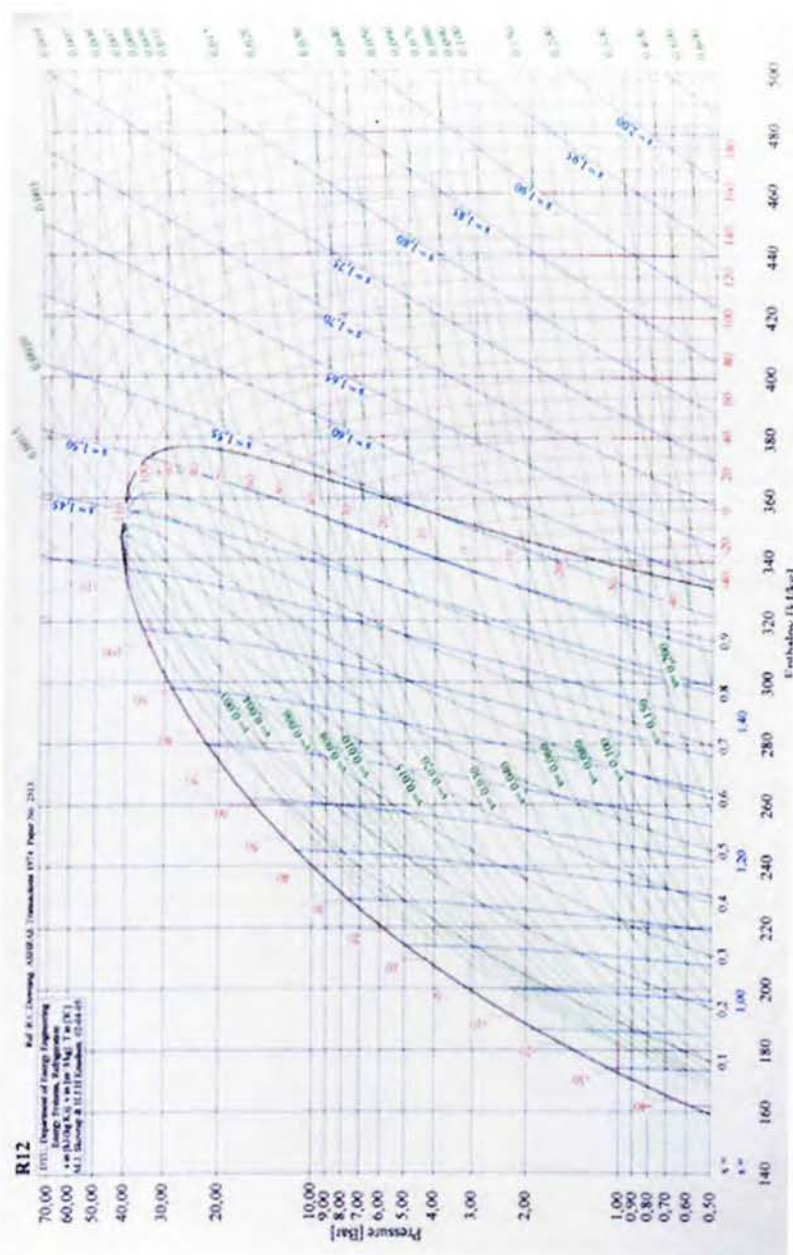


## 4.2. Ψυκτικό ρευστό R - 12

Το R-12 είναι ένα ζεοτροπικό ψυκτικό ρευστό, που λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας του σε C1 (χλώριο) θεωρείται η κύρια αιτία καταστροφής του όζοντος, γι' αυτό και έχει ήδη καταργηθεί και απαγορευτεί η πώληση αλλά και η χρήση του, παρά όλα τα πολύ καλά θερμοδυναμικά του στοιχεία. Για την αντικατάστασή του μελετήθηκαν ήδη και προτείνονται νέα ψυκτικά ρευστά που όμως το κάθε ένα από αυτά δεν είναι ικανό να καλύψει όλα τα είδη των ψυκτικών κυκλωμάτων που κάλυπτε το R-12. Γι' αυτό, για κάθε είδος κυκλώματος, προτείνεται διαφορετικό ψυκτικό ρευστό όπως θα δούμε παρακάτω. Στο εμπόριο δεν κυκλοφορούν πλέον συμπιεστές και εξοπλισμός εξαρτημάτων για το R-12. Οι εφαρμογές του ήταν μεγάλες στον οικιακό εξοπλισμό, επαγγελματικό και βιομηχανικά κυκλώματα ψύξης, ψυκτικών εγκαταστάσεων, ως και στον κλιματισμό αυτοκινήτων λόγω των χαμηλών πιέσεων του και της καλής του συνεργασίας με τα ελαστικά εξαρτήματα του αυτοκινήτου. Η λίπανσή του γίνεται με ορυκτέλαια και αυτό είναι το βασικότερο θέμα που πρέπει να προσέξουμε όταν πρόκειται να αντικατασταθεί σε παλαιά εν λειτουργία κυκλώματα. <sup>(33)</sup>

---

<sup>33</sup> Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων. Μέρος 2<sup>ο</sup>. Ψυκτικό ρευστό R - 12

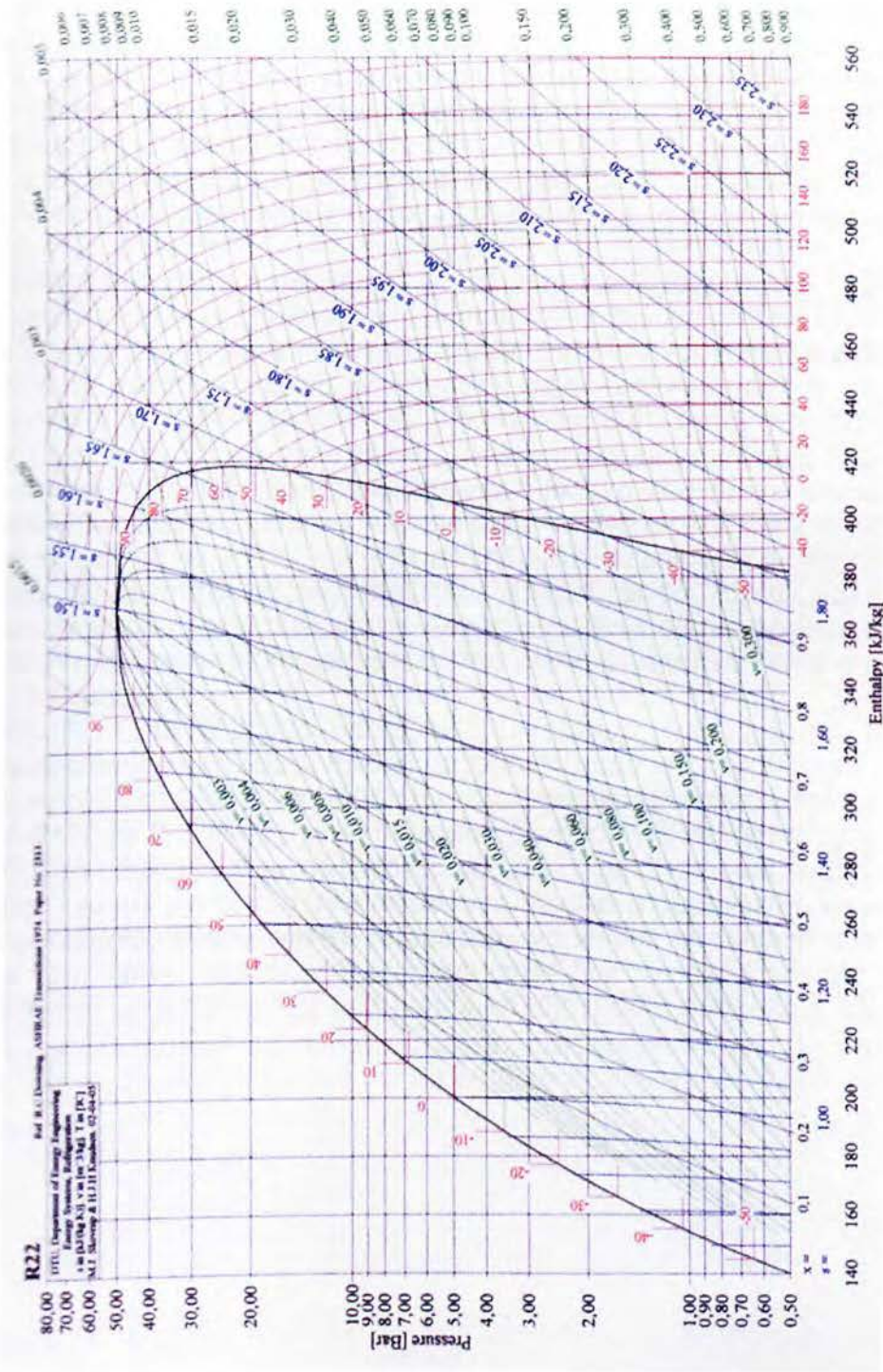


### 4.3. Ψυκτικό ρευστό R - 22

Το R-22 είναι ένα ζεοτροπικό ψυκτικό ρευστό, που λόγω της μικρής περιεκτικότητας του σε C1 (χλώριο) η συμβολή του στην καταστροφή του όζοντος θεωρείται πολύ μικρή σε σχέση με αυτή του R-12, γι' αυτό αντικαταστάθηκε το 2010. Στο εμπόριο κυκλοφορούν συμπιεστές και εξοπλισμός εξαρτημάτων, ειδικά σχεδιασμένα από τις κατασκευάστριες εταιρίες για το R-22. Οι εφαρμογές του είναι μεγάλες στον οικιακό εξοπλισμό, επαγγελματικά και βιομηχανικά κυκλώματα ψύξης και ψυκτικών εγκαταστάσεων και στον κλιματισμό αυτοκινήτου, λόγω των υψηλών του πιέσεων και την κακή συνεργασία με τα ελαστικά εξαρτήματά του.



Η λίπανσή του γίνεται με ορυκτέλαια. (34)



<sup>34</sup> Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων. Μέρος 2<sup>ο</sup>. Ψυκτικό ρευστό R - 22

#### **4.4. Ψυκτικό ρευστό R - 134a**

Το R-134a είναι ένα ψυκτικό ρευστό με βάση τους υδροφθοράνθρακες και προκαλεί μηδενική καταστροφή του όζοντος. Με ιδιότητες παραπλήσιες με αυτές του R-12, μπορεί να αντικαταστήσει το R-12 σαν ψυκτικό ρευστό, αφού τα θερμοδυναμικά του στοιχεία είναι σχεδόν ίδια, με λίγο μεγαλύτερες πιέσεις στις υψηλές θερμοκρασίες. Στο εμπόριο ήδη κυκλοφορούν συμπιεστές και εξοπλισμός εξαρτημάτων, ειδικά σχεδιασμένα από τις κατασκευάστριες εταιρίες για το R-134a. Οι πρώτες εφαρμογές του άρχισαν στον κλιματισμό αυτοκινήτου στην θέση του R-12 και επεκτάθηκαν στις οικιακές, επαγγελματικές και βιομηχανικές κατασκευές και τύπους ψυκτικών κυκλωμάτων.

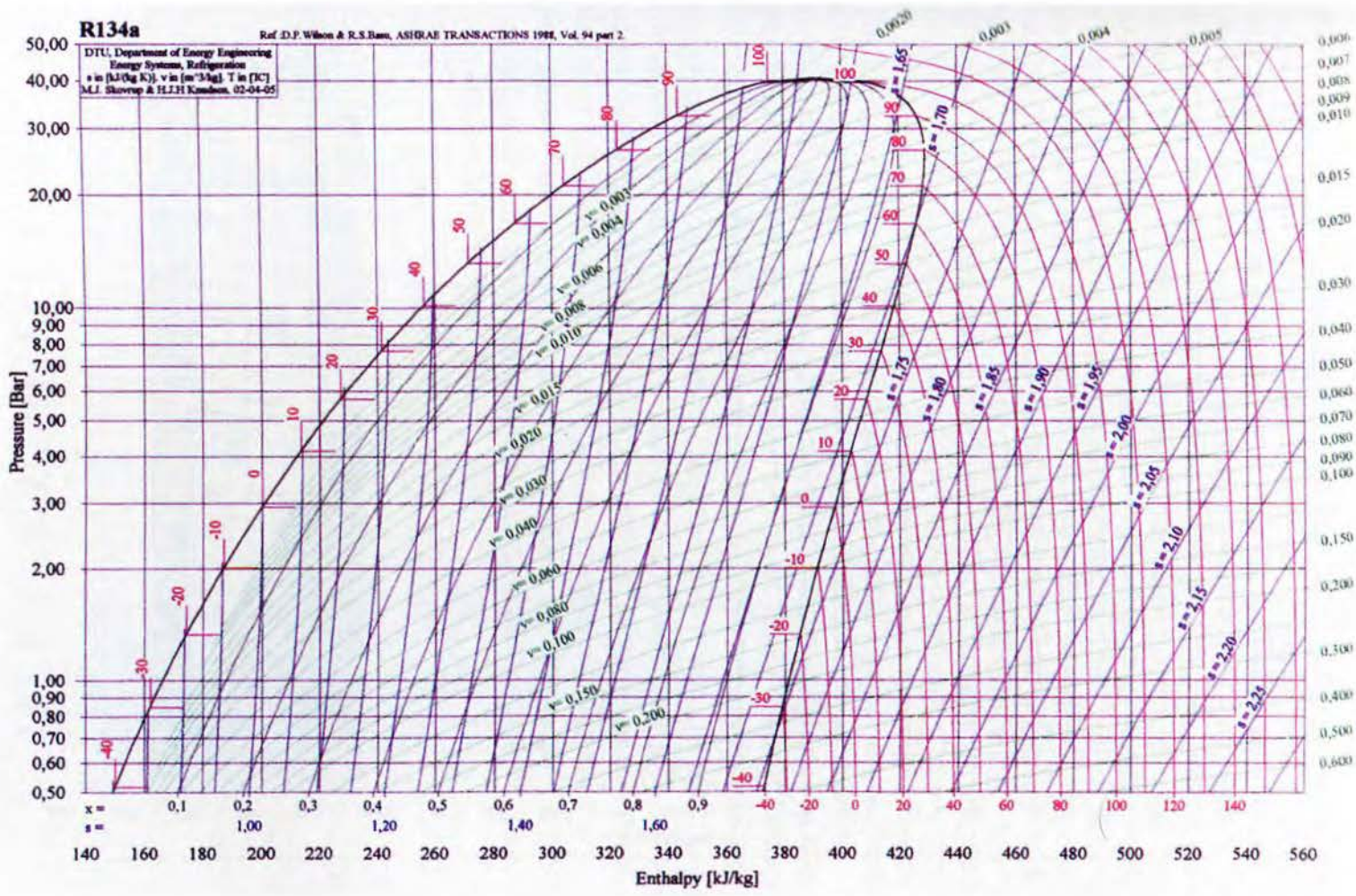
Η λίπανση αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για όλες τις εφαρμογές του R- 134a, γιατί δεν είναι συμβατό με τα ορυκτέλαια που χρησιμοποιούνται στα παλαιά ψυκτικά ρευστά. Οι κατασκευάστριες εταιρίες συνιστούν αυστηρώς όταν γίνεται χρήση του R-134a, η λίπανση να γίνεται με πολυεστερικά λιπαντικά ή με πολυαλκυλενογλυκόλης. Μεγάλη προσοχή χρειάζεται στη χρήση αυτών των λιπαντικών, διότι έχουν την ιδιότητα να απορροφούν πολύ γρήγορα υγρασία και να χάνουν την λιπαντική τους ικανότητα, με αποτέλεσμα την καταστροφή του συμπιεστή. Αυτό βέβαια δημιουργεί τον κίνδυνο, (σε περίπτωση απώλειας από την χαμηλή πλευρά ενός κυκλώματος), όταν η πίεση στην χαμηλή πέσει κάτω από το μηδέν, να απορροφηθεί ατμοσφαιρικός αέρας στο κύκλωμα, με αποτέλεσμα την καταστροφή της λιπαντικής ικανότητας του λίπους και στην συνέχεια την καταστροφή του συμπιεστή. Αυτός είναι ένας ακόμα λόγος που τα κυκλώματα τα οποία λειτουργούν με τέτοια λίπη απαγορεύεται να λειτουργούν σε πιέσεις κάτω του μηδενός.

Η απόδοση του R - 134a σε θερμοκρασίες είναι μικρότερες από αυτές του R-12, γι' αυτό σε τέτοιου είδους κυκλώματα πρέπει να φροντίζουμε για μεγαλύτερη υπόψυξη, ώστε να καλύπτουμε την διαφορά απόδοσης. Για την αντικατάσταση των ψυκτικών ρευστών από R-12 σε R-134a σε ένα κύκλωμα που είναι ήδη σε λειτουργία, πρέπει να αντικατασταθεί το ορυκτέλαιο με πολυεστερικό λάδι, αφήνοντας μια ανοχή το πολύ 5%. Για να επιτύχουμε μια τέτοια αντικατάσταση, πρέπει ο συμπιεστής να είναι ανοικτού ή ημίκλειστου τύπου, για να μπορέσουν να γίνουν οι πλύσεις των εξαρτημάτων του. Στους κλειστού τύπου συμπιεστές δεν συνιστάται αυτού του είδους αντικατάσταση του ορυκτελαίου με πολυεστερικό, διότι είναι δύσκολη η πλύση τους.

(<sup>35</sup>)

<sup>35</sup> Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων. Μέρος 2<sup>ο</sup>. Ψυκτικό ρευστό R - 134a







#### 4.5. KWICK CHARGE

Ο συμπιεστής των ψυκτικών κυκλωμάτων είναι συμπιεστής αέριων μαζών, αφού και οι υγρές μάζες δεν είναι συμπιεστές και πιθανή ψυκτικού ρευστού σε υγρή μορφή, θα δημιουργούσε πρόβλημα στην λειτουργία του. Άρα βασικός παράγων για την φόρτιση ψυκτικών κυκλωμάτων, είναι η ύπαρξη ψυκτικού ρευστού σε αέρια μορφή. Τα νέα οικολογικά μίγματα, τονίσαμε ότι πρέπει οπωσδήποτε να φεύγουν από τη φιάλη μεταφοράς τους στην υγρή μορφή τους, διότι στην αέρια μορφή τους διασπώνται και κινδυνεύουμε να στείλουμε στο κύκλωμα μεμονωμένες ποσότητες από ένα είδος αερίου από αυτά που αποτελούν το μίγμα, αλλάζοντας έτσι την χημική του σύσταση. Έτσι, το ψυκτικό ρευστό πρέπει να φεύγει από την φιάλη μεταφοράς στην υγρή μορφή και να καταλήγει στο κύκλωμα και στον συμπιεστή στην αέρια μορφή. Αν από την φιάλη μεταφοράς ψυκτικού ρευστού αναγκάσουμε τη μάζα μετάγγισης να εκτονωθεί, έτσι φεύγει από την φιάλη μετάγγισης σαν υγρό και θα εισέρχεται στο κύκλωμα και στον συμπιεστή σαν αέριο, χωρίς να δημιουργεί κανένα πρόβλημα στη λειτουργία τους. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί, αν από την φιάλη μεταφοράς μέχρι το κύκλωμα μεσολαβούσε ένας μηχανισμός εκτόνωσης κατά τη φόρτιση του κυκλώματος. Έτσι όμως θα δημιουργούσε προβλήματα και καθυστερήσεις στους τεχνίτες. Για να αποφεύγονται τέτοιου είδους προβληματισμοί, δημιουργήθηκε ένα εξάρτημα που ονομάζεται KWIK CHARGE, το οποίο λειτουργεί ως στραγγαλιστής εισαγωγής του ψυκτικού υγρού, ενώ αν ζητηθεί αντίστροφη πορεία, τότε λειτουργεί σαν μια ενσωματωμένη ανεπίστροφη βαλβίδα που ελευθερώνει την ροή. Το εξάρτημα αυτό τοποθετείται μόνιμα επάνω στην κάσα μανομέτρων στην θέση του μανομέτρου χαμηλής, ώστε να λειτουργεί μαζί με την κάσα μανομέτρων και όχι σαν ανεξάρτητο εργαλείο και δίνει την δυνατότητα στους τεχνίτες να κάνουν πλήρωση των κυκλωμάτων αφήνοντας το ψυκτικό ρευστό να φεύγει από την φιάλη μεταφοράς στην υγρή του μορφή, ενώ μπαίνει στο κύκλωμα σε αέρια, κερδίζοντας έτσι χρόνο στην πλήρωση των κυκλωμάτων ψύξης. <sup>(36)</sup>



<sup>36</sup> Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων. Μέρος 2°. KWICK CHARGE



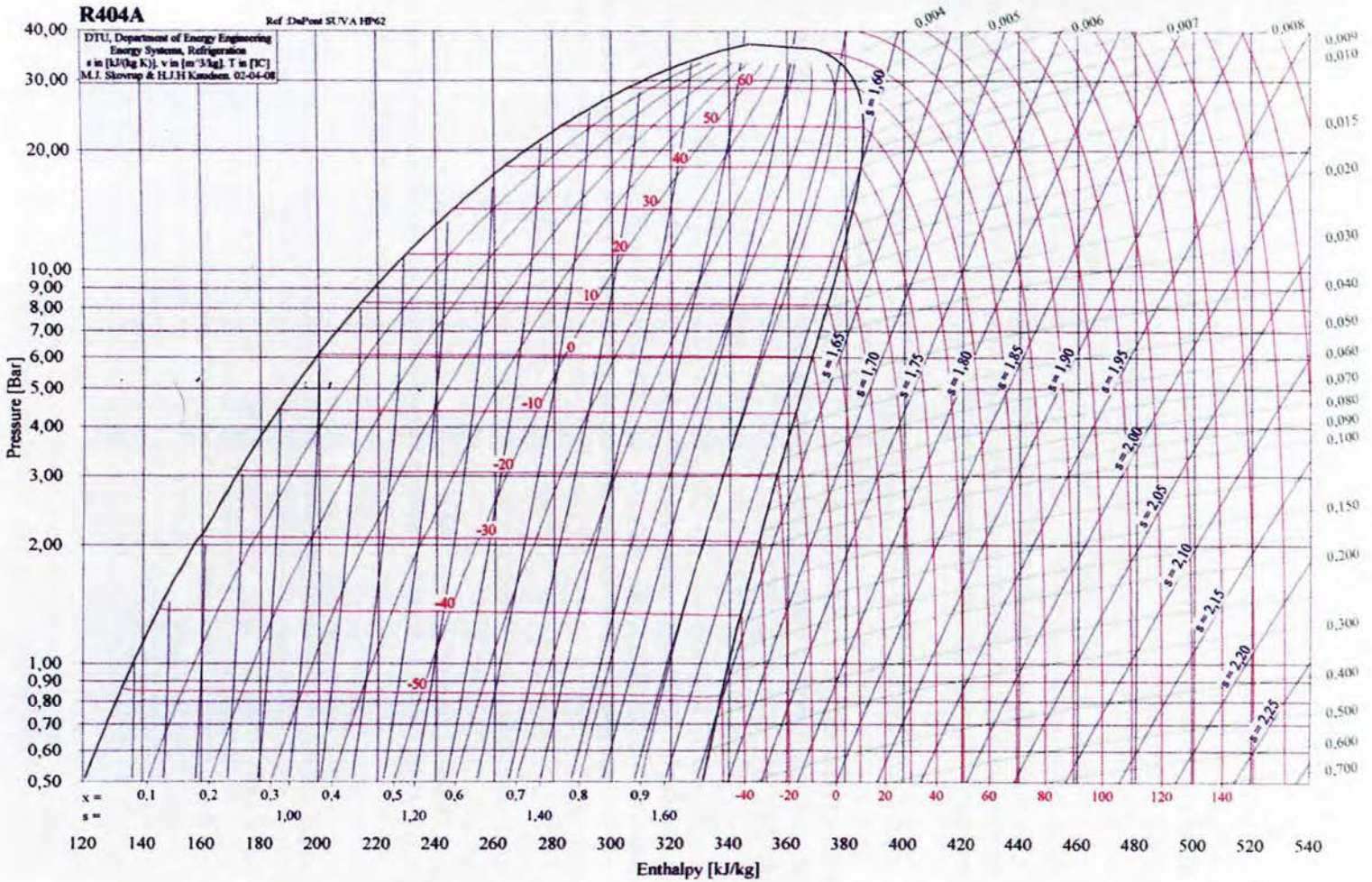
#### 4.6. Ψυκτικό ρευστό R - 404a ή HP - 62

Το R-404a είναι ζεοτροπικό μείγμα υδροφθορανθράκων 125,143,134a, προκαλεί μηδενική καταστροφή του όζοντος, έχει ιδιότητες παραπλήσιες με αυτές του R-502 και μπορεί να το αντικαταστήσει σαν ψυκτικό ρευστό, γιατί έχει σχεδόν ίδια θερμοδυναμικά στοιχεία. Στο εμπόριο κυκλοφορούν ήδη συμπιεστές και εξοπλισμός εξαρτημάτων ειδικά σχεδιασμένα για το R-404a. Οι εφαρμογές του άρχισαν και γίνονται σε οικιακές, επαγγελματικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις και ψυκτικών κυκλωμάτων. Μέχρι τώρα τα συνήθη ψυκτικά ρευστά αποτελούνταν είτε από ένα και μόνο συστατικό, είτε ήταν αζεοτροπικά μείγματα, τα οποία κατά την χρήση τους στο σύστημα ψύξης ουσιαστικά συμπεριφέρονταν σαν ενιαίο συστατικό. Η διαφορά τους είναι μια μικρή αλλαγή της σύνθεσής τους κατά την εξάτμιση, ενώ η σύνθεση αυτή βρίσκεται σε ισορροπία στην υγρή τους μορφή. Γι' αυτό τον λόγο επισημαίνεται ότι, το R-404a πρέπει να φεύγει από την φιάλη πλήρωσης στην υγρή του μορφή για να μην αλλάξει, το μείγμα. Αν από κάποια φιάλη πλήρωσης παρατηρηθεί για κάποιον λόγο, απώλεια ποσότητας σε αέρια μορφή, να γνωρίζουμε ότι το ψυκτικό μείγμα έχει αλλάξει άρα δεν θα ανταποκρίνεται στα θερμοδυναμικά δεδομένα του και πρέπει να αποσυρθεί. Αυτό σημαίνει ότι αν σε κάποιο κύκλωμα παρατηρηθεί απώλεια από την πλευρά της χαμηλής υπάρχει ο φόβος να έχει επηρεασθεί το μείγμα άρα χρειάζεται αντικατάσταση. Η λίπανση των κυκλωμάτων στις εφαρμογές του R-404a πρέπει να γίνεται με πολυεστερικό λιπαντικό. Μεγάλη προσοχή χρειάζεται στην χρήση αυτών των λιπαντικών, διότι έχουν την ιδιότητα να απορροφούν πολύ γρήγορα υγρασία και να χάνουν την λιπαντική τους ικανότητα, με αποτέλεσμα την καταστροφή του συμπιεστή. Δημιουργείται κίνδυνος ακόμη - σε περίπτωση απώλειας ψυκτικού ρευστού από την χαμηλή πλευρά ενός κυκλώματος - όταν η πίεση στην χαμηλή πέσει κάτω από το μηδέν, να απορροφηθεί ατμοσφαιρικός αέρας στο κύκλωμα, με αποτέλεσμα την καταστροφή της λιπαντικής ικανότητας του λίπους και στην συνέχεια την καταστροφή του συμπιεστή. Αυτός είναι ένας ακόμα λόγος, που τα κυκλώματα τα οποία λειτουργούν με τέτοια λίπη, απαγορεύεται να λειτουργούν σε πιέσεις κάτω του μηδενός.

Για την αντικατάσταση των ψυκτικών ρευστών από R-502 σε R-404a σε ένα κύκλωμα που είναι ήδη σε λειτουργία, πρέπει να αντικατασταθεί το ορυκτέλαιο με πολυεστερικό λάδι, αφήνοντας μια ανοχή το πολύ 5%. Για να επιτύχουμε μια τέτοια αντικατάσταση, πρέπει ο συμπιεστής να είναι ανοικτού ή ημίκλειστου τύπου, για να μπορέσουν να γίνουν οι πλύσεις των εξαρτημάτων του. Στους κλειστού τύπου συμπιεστές δεν συνιστάται αυτού του είδους αντικατάσταση του ορυκτελαίου με πολυεστερικό λίπος, διότι είναι δύσκολη η πλύση των εξαρτημάτων. <sup>(37)</sup>

<sup>37</sup> Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων. Μέρος 2°. Ψυκτικό ρευστό R - 404a ή HP - 62







## 4.7. Ψυκτικό ρευστό R - 407c ή R - 9000

Το R-407c είναι ζεοτροπικό μείγμα υδρογονανθράκων 32, 125, 134a. Είναι φιλικό προς το όζον, με ιδιότητες σαν αυτές του R-22, το οποίο έχει αντικαταστήσει σαν ψυκτικό ρευστό, γιατί έχει σχεδόν ίδια θερμοδυναμικά στοιχεία, παρουσιάζοντας ελάχιστες περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις. Όπως όλα τα μείγματα, η διαφορά τους είναι μια μικρή αλλαγή της σύνθεσής τους κατά την εξάτμιση, ενώ η σύνθεση αυτή βρίσκεται σε ισορροπία στην υγρή τους μορφή. Γι' αυτό τον λόγο επισημαίνεται ότι το R-407c πρέπει να φεύγει από την φιάλη πλήρωσης στην υγρή του μορφή για να μην αλλάξει το μείγμα. Αν από κάποια φιάλη πλήρωσης παρατηρηθεί για κάποιον λόγο απώλεια ποσότητας σε αέρια μορφή, να γνωρίζουμε ότι το ψυκτικό μείγμα έχει αλλάξει, άρα δεν θα ανταποκρίνεται στα θερμοδυναμικά δεδομένα του και πρέπει να αποσυρθεί. Αυτό σημαίνει ότι αν σε κάποιο κύκλωμα παρατηρηθεί απώλεια από την πλευρά της χαμηλής, υπάρχει ο φόβος να έχει επηρεασθεί το μείγμα, άρα χρειάζεται αντικατάσταση.

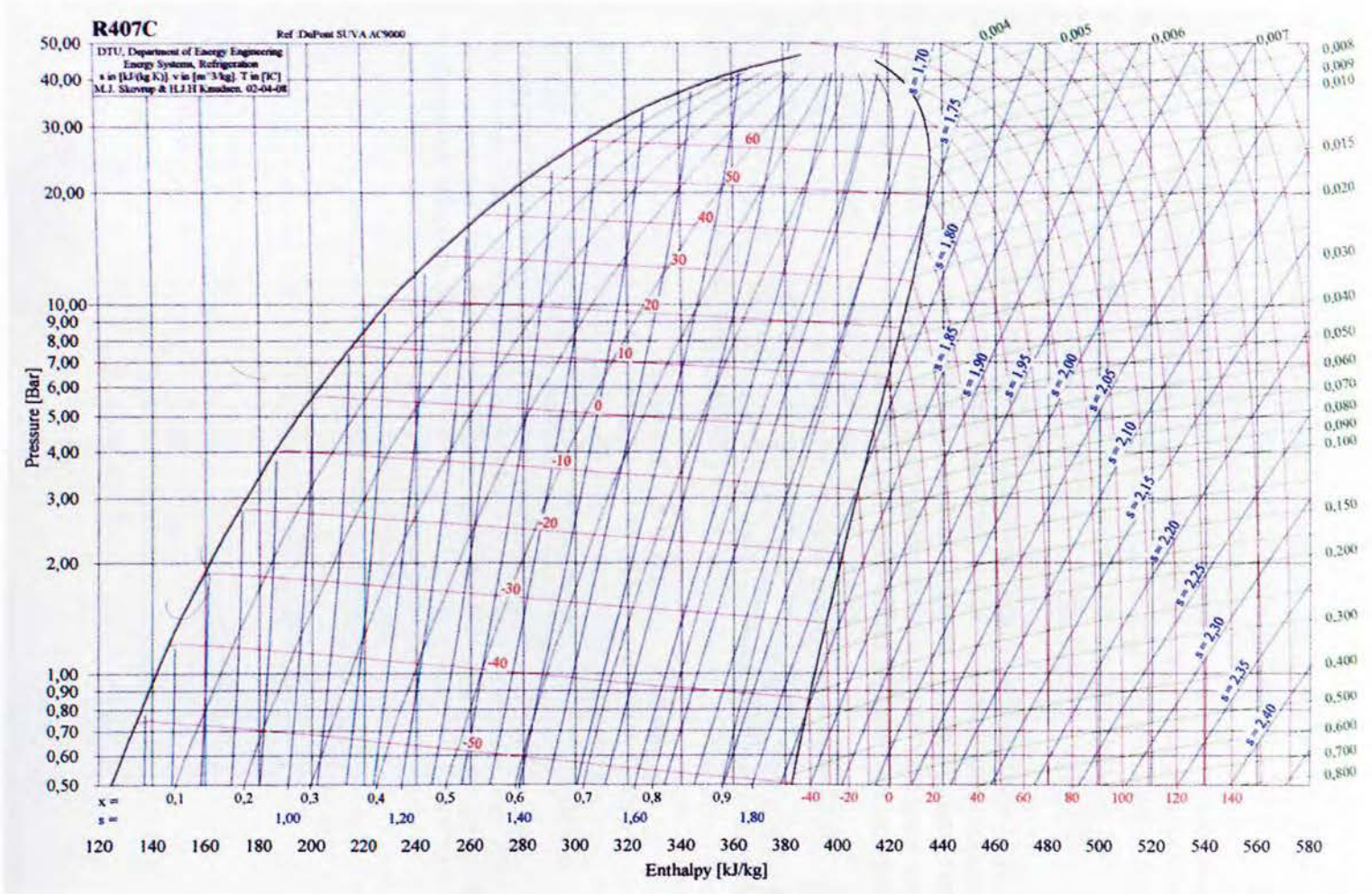
Η λίπανση των κυκλωμάτων στις εφαρμογές του R-407c πρέπει να γίνεται με πολυεστερικό λιπαντικό. Μεγάλη προσοχή χρειάζεται στην χρήση αυτών των λιπαντικών, διότι έχουν την ιδιότητα να απορροφούν πολύ γρήγορα υγρασία και να χάνουν την λιπαντική τους ικανότητα, με αποτέλεσμα την καταστροφή του συμπιεστή. Αυτό βέβαια δημιουργεί τον κίνδυνο - σε περίπτωση απώλειας από την χαμηλή πλευρά ενός κυκλώματος - όταν η πίεση στην χαμηλή πέσει κάτω από το μηδέν, να απορροφηθεί ατμοσφαιρικός αέρας στο κύκλωμα, με αποτέλεσμα την κατά- στροφή της λιπαντικής ικανότητας του λίπους και στην συνέχεια την κατά- στροφή του συμπιεστή. Αυτός είναι ένας ακόμα λόγος που τα κυκλώματα τα οποία λειτουργούν με τέτοια λίπη απαγορεύεται να λειτουργούν σε πιέσεις κάτω του μηδενός.

Για την αντικατάσταση των ψυκτικών ρευστών από R-22 σε R-407c σε ένα κύκλωμα που είναι ήδη σε λειτουργία, πρέπει να αντικατασταθεί το ορυκτέλαιο με πολυεστερικό λάδι, αφήνοντας μια ανοχή το πολύ 5%. Για να επιτύχουμε μια τέτοια αντικατάσταση πρέπει ο συμπιεστής να είναι ανοικτού ή ημίκλειστου τύπου, για να μπορέσουν να γίνουν οι πλύσεις των εξαρτημάτων του. Στους κλειστού τύπου συμπιεστές δεν συνιστάται αυτού του είδους αντικατάσταση του ορυκτελαίου με πολυεστερικό λίπος, διότι είναι δύσκολη η πλύση τους. <sup>(38)</sup>

*Σημείωση: Στο R-407c, όπως και σε όλα τα μείγματα, κατά την εξάτμισή του δεν αναφερόμαστε στο σημείο βρασμού, αλλά στο σημείο φυσαλίδας. Σημείο φυσαλίδας σε σταθερή πίεση, ονομάζουμε την θερμοκρασία στην οποία το μείγμα εμφανίζει την πρώτη φυσαλίδα αερίου στο ψυκτικό υγρό. Το σημείο φυσαλίδας είναι αντίστοιχο του σημείου βρασμού των άλλων ψυκτικών ρευστών, που αποτελούνται από ένα ενιαίο συστατικό. Η διαφορά βρίσκεται στο ότι τα ψυκτικά μείγματα ενώ συνεχίζουν την εξάτμιση, η θερμοκρασία δεν παραμένει σταθερή, λόγω της αλλαγής προτεραιότητας εξάτμισης του κάθε συστατικού που το αποτελούν, γιατί το κάθε αέριο εξατμίζεται σε διαφορετική θερμοκρασία.*

<sup>38</sup> Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων. Μέρος 2°. Ψυκτικό ρευστό R - 407c ή R - 9000







#### 4.8. Ψυκτικό ρευστό R - 408a ή R - 95

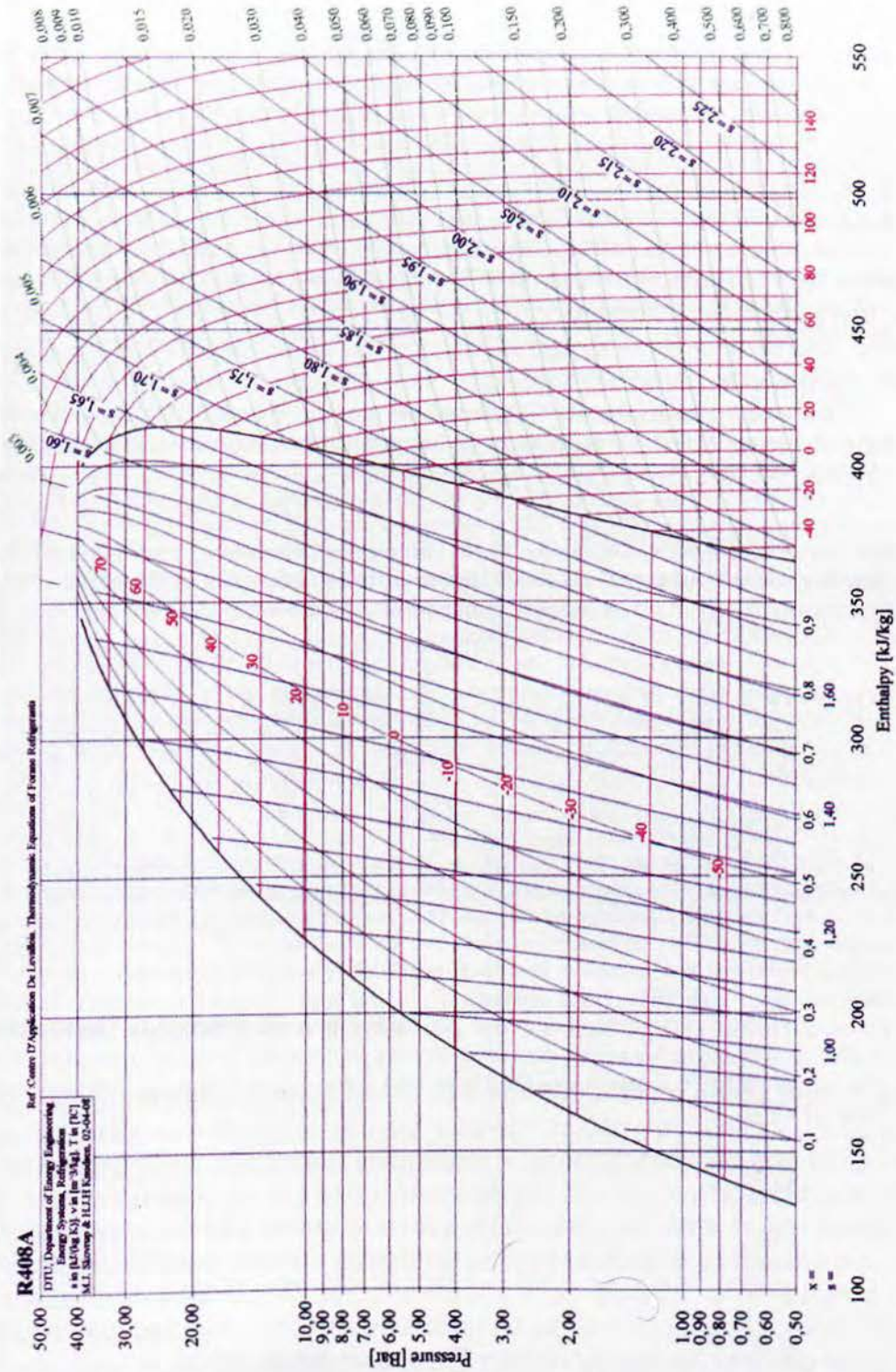
Το R-408a είναι ζεοτροπικό μείγμα υδρογονανθράκων 22,125,134a, έχει δυναμικό καταστροφής του όζοντος 0,02, δηλαδή παρέχει μείωση της τάξης του 95% σε σχέση με το R-502, με το οποίο έχει τις παραπλήσιες ιδιότητες. Επίσης το άμεσο δυναμικό θέρμανσης της υδρογείου από αλογονάνθρακες είναι 0,54%. Είναι περισσότερο από 7 φορές χαμηλότερο από αυτό του R-502, το οποίο μπορεί να αντικαταστήσει, αφού και τα θερμοδυναμικά του στοιχεία είναι σχεδόν ίδια. Οι εφαρμογές του είναι εύκολες στην βιομηχανία, αφού έχει σχεδιασθεί ώστε να λειτουργεί και με ορυκτέλαια αλλά και με πολυεστερικά λίπη. Όπως όλα τα μείγματα έτσι και αυτό, πρέπει να φεύγει από την μπουκάλια στην υγρή του μορφή.

Το R-408a είναι ικανό να λειτουργεί και με ορυκτέλαια αλλά και με πολυεστερικά λίπη, γι' αυτό και συνιστάται σε αντικαταστάσεις ψυκτικών κύκλωμάτων αντί του R-502, ακόμα και σε κλειστού τύπου συμπιεστές. Έχει παρατηρηθεί ότι σε τέτοιου είδους αντικαταστάσεις (R-408a αντί του R- 502), δημιουργείται αύξηση του ψυκτικού έργου περίπου 8%, αλλά και μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Θεωρητικά αυξάνεται και η μακροζωία του μηχανήματος από 15 έως και 50% ακόμα.

Για την αντικατάσταση του ψυκτικού ρευστού R-502 με R-408a σε ένα κύκλωμα που είναι ήδη σε λειτουργία, δεν απαιτείται αντικατάσταση του ψυκτελαίου, αλλά μόνο ένα καλό κενό για την αντικατάσταση του ψυκτικού μείγματος και αυτό μπορούμε να το κάνουμε σε όλους τους τύπους των συμπιεστών. <sup>(39)</sup>

*Σημείωση: Στο R-408a, όπως και σε όλα τα μείγματα, κατά την εξάτμισή του δεν αναφερόμαστε στο σημείο βρασμού, αλλά στο σημείο φυσαλίδας. Σημείο φυσαλίδας σε σταθερή πίεση, ονομάζουμε την θερμοκρασία στην οποία το μείγμα εμφανίζει την πρώτη φυσαλίδα αερίου στο ψυκτικό υγρό. Το σημείο φυσαλίδας είναι αντίστοιχο του σημείου βρασμού των άλλων ψυκτικών ρευστών, τα οποία αποτελούνται από ένα ενιαίο συστατικό. Η διαφορά βρίσκεται στο ότι τα ψυκτικά μείγματα ενώ συνεχίζουν την εξάτμιση, η θερμοκρασία δεν παραμένει σταθερή, λόγω της αλλαγής προτεραιότητας εξάτμισης του κάθε συστατικού που το αποτελούν, διότι το κάθε αέριο από αυτά εξατμίζεται σε διαφορετική θερμοκρασία.*

<sup>39</sup> Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων. Μέρος 2<sup>ο</sup>. Ψυκτικό ρευστό R - 408a ή R - 95





#### 4.9. Ψυκτικό ρευστό R - 409a ή FX56

Το R-409a είναι ζεοτροπικό ψυκτικό μείγμα υδροφθορανθράκων 22,124,142, έχει δυναμικό καταστροφής του όζοντος 0,04, δηλαδή παρέχει μείωση της τάξης του 96% σε σχέση με το R-12, με το οποίο έχει τις παραπλήσιες ιδιότητες. Επίσης το άμεσο δυναμικό θέρμανσης της υδρογείου από αλογονάνθρακες είναι 0,28. Είναι περισσότερο από 10 φορές μικρότερο από αυτό του R-12, το οποίο μπορεί να αντικαταστήσει σαν ψυκτικό ρευστό, αφού τα θερμοδυναμικά του στοιχεία είναι σχεδόν ίδια. Οι εφαρμογές του είναι εύκολες στην βιομηχανία, αφού έχει σχεδιασθεί ώστε να λειτουργεί και με ορυκτέλαια αλλά και με πολυεστερικά λίπη. Όπως όλα τα μείγματα, έτσι και αυτό πρέπει να φεύγει από την μπουκάλα στην υγρή του μορφή. Το R-409a είναι ικανό να λειτουργεί και με ορυκτέλαια αλλά και με πολυεστερικά λίπη, γι' αυτό και συνιστάται σε αντικαταστάσεις ψυκτικών κυκλωμάτων και σε κλειστού τύπου συμπιεστές. Έχει παρατηρηθεί ότι σε τέτοιου είδους αντικαταστάσεις (R-409a αντί του R-12) δημιουργείται αύξηση του ψυκτικού έργου σε σχέση με το R-12 και το R-134a, γιατί έχει καλύτερα χαρακτηριστικά αγωγιμότητας της θερμότητας. Δεν θεωρείται κατάλληλο για κινητές εφαρμογές ψύξης και κλιματισμού. <sup>(40)</sup>

Για την αντικατάσταση του ψυκτικού ρευστού R-12 με R-409a σε ένα κύκλωμα που είναι ήδη σε λειτουργία, δεν απαιτείται αντικατάσταση του ψυκτελαίου, αλλά μόνο ένα καλό κενό για την αντικατάσταση του ψυκτικού μείγματος και αυτό μπορούμε να το κάνουμε σε όλους τους τύπους των συμπιεστών.

*Σημείωση:* Στο R-409a, όπως και σε όλα τα μείγματα, κατά την εξάτμισή του δεν αναφερόμαστε στο σημείο βρασμού, αλλά στο σημείο φυσαλίδας. Σημείο φυσαλίδας σε σταθερή πίεση, ονομάζουμε την θερμοκρασία στην οποία το μείγμα εμφανίζει την πρώτη φυσαλίδα αερίου στο ψυκτικό υγρό. Το σημείο φυσαλίδας είναι αντίστοιχο του σημείου βρασμού των άλλων ψυκτικών ρευστών, τα οποία αποτελούνται από ένα ενιαίο συστατικό. Η διαφορά βρίσκεται στο ότι τα ψυκτικά μείγματα ενώ συνεχίζουν την εξάτμιση, η θερμοκρασία δεν παραμένει σταθερή, λόγω της αλλαγής προτεραιότητας εξάτμισης του κάθε συστατικού που το αποτελούν, διότι το κάθε αέριο από αυτά εξατμίζεται σε διαφορετική θερμοκρασία.

#### 4.10. Ψυκτικό ρευστό R - 413a

Το R-413a είναι ζεοτροπικό μείγμα 134a, 218 και 600a. Είναι απαλλαγμένο από χλώριο και έχει μηδενικό δυναμικό καταστροφής του όζοντος. Επίσης το άμεσο δυναμικό θέρμανσης της υδρογείου είναι κατά 5 φορές μικρότερο από αυτό του R-12. Μπορεί να αντικαταστήσει το R-12 σαν ψυκτικό ρευστό σε κινητή ψύξη και κλιματισμό, αφού τα θερμοδυναμικά του στοιχεία είναι σχεδόν ίδια, με ελαφρά μεγαλύτερες πιέσεις στις υψηλές θερμοκρασίες και την εργάζεται με τα ελαστικά εξαρτήματα που υπάρχουν στον κλιματισμό αυτοκινήτου. Οι εφαρμογές του είναι εύκολες στην βιομηχανία, αφού και το R-413a έχει την δυνατότητα να λειτουργεί με όλα τα είδη των λιπαντικών υλικών. Όπως όλα τα μείγματα, έτσι και αυτό πρέπει να φεύγει από την μπουκάλα σε υγρή μορφή. <sup>(41)</sup>

<sup>40</sup> Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων. Μέρος 2°. Ψυκτικό ρευστό R - 409a ή FX56

<sup>41</sup> Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων. Μέρος 2°. Ψυκτικό ρευστό R - 413a.



Το R-413a λειτουργεί με όλα τα είδη των λιπαντικών υλικών. Λόγω της ιδιότητάς του να λειτουργεί με όλα τα είδη των λιπαντικών υλικών, αλλά και της ικανότητας συνεργασίας με τα ελαστικά εξαρτήματα του αυτοκινήτου, συνιστάται στις αντικαταστάσεις των είδη υπαρχόντων κυκλωμάτων κλιματιστικών αυτοκινήτου παλαιάς τεχνολογίας R-12.

*Σημείωση: Στο R-413a όπως και σε όλα τα μείγματα, κατά την εξάτμισή του δεν αναφερόμαστε στο σημείο βρασμού, αλλά στο σημείο φυσαλίδας. Σημείο φυσαλίδας σε σταθερή πίεση, ονομάζουμε την θερμοκρασία στην οποία το μείγμα εμφανίζει την πρώτη φυσαλίδα αερίου στο ψυκτικό υγρό. Το σημείο φυσαλίδας είναι αντίστοιχο του σημείου βρασμού των άλλων ψυκτικών ρευστών, τα οποία αποτελούνται τελούνται από ένα ενιαίο συστατικό. Η διαφορά βρίσκεται στο ότι τα ψυκτικά μείγματα ενώ συνεχίζουν την εξάτμιση, η θερμοκρασία δεν παραμένει σταθερή, λόγω της αλλαγής προτεραιότητας εξάτμισης του κάθε συστατικού που το αποτελούν, διότι το κάθε αέριο από αυτά εξατμίζεται σε διαφορετική θερμοκρασία.*

#### **4.11. Ψυκτικό ρευστό R - 410a ή R - 9100**

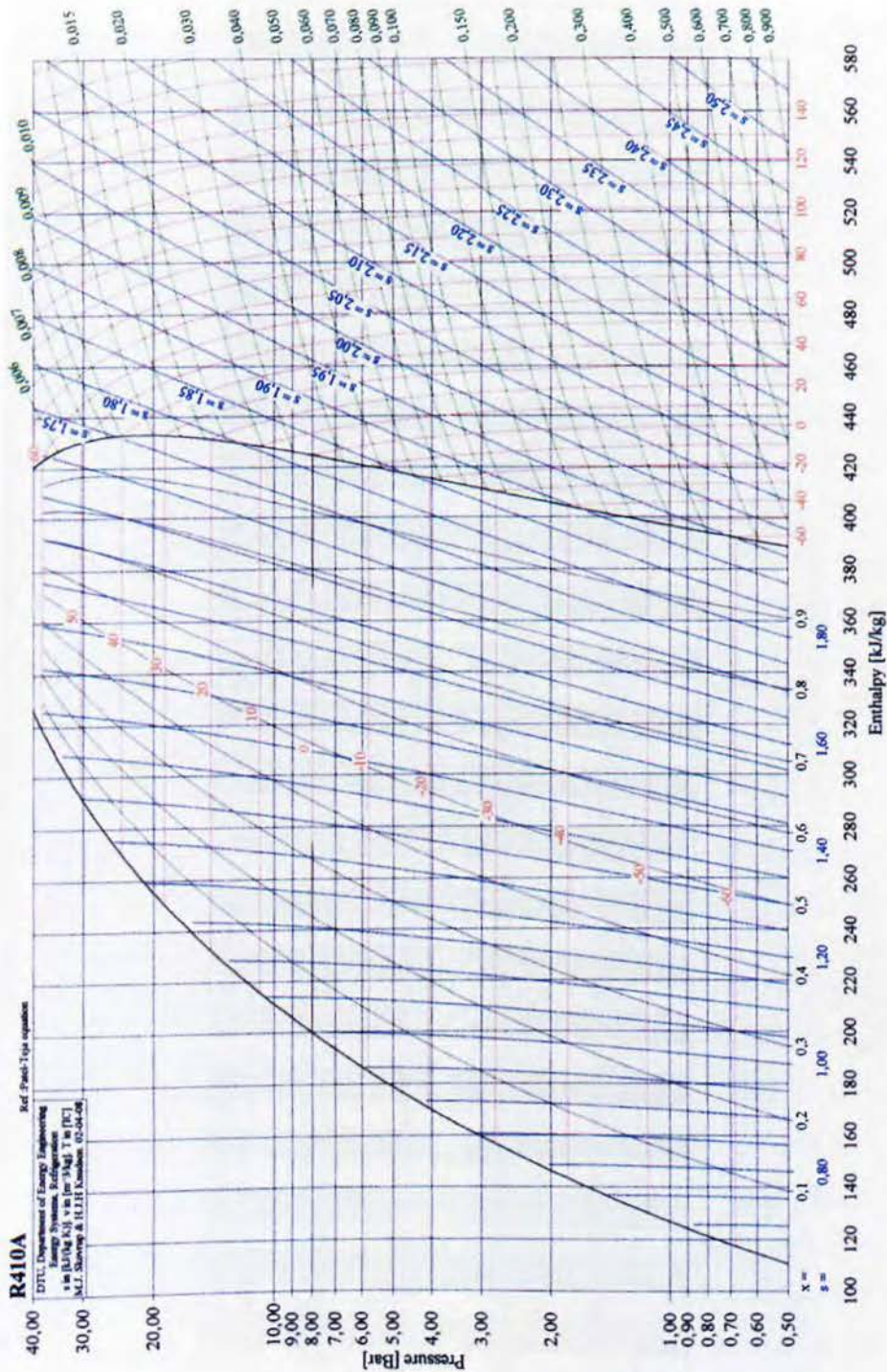
Το R-410a είναι ζεοτροπικό μείγμα υδροχλωροφθορανθράκων 32 και 125, έχει μηδενικό δυναμικό καταστροφής του όζοντος και μπορεί να αντικαταστήσει στις εφαρμογές το R-22. Για να γίνει όμως αντικατάσταση σε ένα ήδη υπάρχον ψυκτικό κύκλωμα που λειτουργεί με R-22, πρέπει να γίνουν πολλές αλλαγές (συμπιεστής, συμπυκνωτής και άλλα εξαρτήματα) διότι χαρακτηρίζεται από υψηλότερο δυναμικό και πίεση. Για την σωστότερη αντικατάσταση του R-22, συνιστάται το R-407c. Σε νέες εγκαταστάσεις με κατάλληλα μελετημένο και τροφοδοτημένο εξοπλισμό, έχει 5-6% μεγαλύτερη απόδοση από το R-22. Στο εμπόριο κυκλοφορούν συμπιεστές και εξοπλισμός εξαρτημάτων από τις κατασκευάστριες εταιρίες, ειδικά σχεδιασμένες για το R-410a. Όπως όλα τα μείγματα, έτσι και αυτό πρέπει να φεύγει από την μπουκάλια στην υγρή του μορφή. Η λίπανση των κυκλωμάτων στις εφαρμογές του R-410a πρέπει να γίνεται με πολυεστερικό λιπαντικό. Μεγάλη προσοχή χρειάζεται στη χρήση αυτών των λιπαντικών, διότι έχουν την ιδιότητα να απορροφούν πολύ γρήγορα υγρασία και να χάνουν την λιπαντική τους ικανότητα, με αποτέλεσμα την καταστροφή του συμπιεστή. Αυτό βέβαια δημιουργεί τον κίνδυνο, σε περίπτωση απώλειας από την χαμηλή πλευρά ενός κυκλώματος όταν η πίεση στην χαμηλή πέσει κάτω από το μηδέν, να απορροφηθεί ατμοσφαιρικός αέρας στο κύκλωμα, με αποτέλεσμα την καταστροφή της λιπαντικής ικανότητας του λίπους και στην συνέχεια την καταστροφή του συμπιεστή. Αυτός είναι ένας ακόμα λόγος που τα κυκλώματα τα οποία λειτουργούν με τέτοια λίπη απαγορεύεται να λειτουργούν σε πιέσεις κάτω του μηδενός. <sup>(42)</sup> Για την αντικατάσταση του R-22 με R-410a, απαιτείται αντικατάσταση του συμπιεστή και πολλών εξαρτημάτων του ψυκτικού κυκλώματος, γι' αυτό δεν συνιστάται σε αντικαταστάσεις, αλλά σε καινούργιες κατασκευές με τον ειδικό εξοπλισμό.

*Σημείωση: Στο R-410a, όπως και σε όλα τα μείγματα, κατά την εξάτμισή του δεν αναφερόμαστε στο σημείο βρασμού, αλλά στο σημείο φυσαλίδας. Σημείο φυσαλίδας σε σταθερή πίεση ονομάζουμε την θερμοκρασία στην οποία το μείγμα εμφανίζει την πρώτη*

<sup>42</sup> Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων. Μέρος 2<sup>ο</sup>. Ψυκτικό ρευστό R - 410a ή HP - 9100



φουσαλίδα αερίου στο ψυκτικό υγρό. Το σημείο φουσαλίδας είναι αντίστοιχο του σημείου βρασμού των άλλων ψυκτικών ρευστών, τα οποία αποτελούνται από ένα ενιαίο συστατικό. Η διαφορά βρίσκεται στο ότι τα ψυκτικά μείγματα ενώ συνεχίζουν την εξάτμιση, η θερμοκρασία δεν παραμένει σταθερή, λόγω της αλλαγής προτεραιότητας εξάτμισης του κάθε συστατικού που το αποτελούν, διότι το κάθε αέριο από αυτά εξατμίζεται σε διαφορετική θερμοκρασία.



**4.12. Πίνακας θερμοκρασιών πιέσεων ψυκτικών ρευστών**

°C	°F	R12	R22	R502
-51,1	-60	19	11,9	7,0
-48,3	-55	17,3	9,1	3,6
-45,6	-50	15,4	6,0	0
-42,8	-45	13,3	2,6	2,1
-40	-40	10,9	0,6	4,3
-37,2	-35	-8,3	2,7	6,7
-34,4	-30	5,4	5,0	9,4
-31,7	25	2,3	7,5	12,3
-28,9	-20	0,5	10,3	15,5
-27,8	-18	1,3	11,5	16,9
-26,7	-16	2	12,7	18,3
-25,6	-14	2,8	13,9	19,7
-24,4	-12	3,6	15,2	21,2
-23,3	-10	4,4	16,6	22,8
-22,2	-8	5,3	18,0	24,4
-21,1	-6	6,2	19,4	26,0
-20	-4	7,1	20,9	27,7
-18,9	-2	8,1	22,5	29,4
-17,8	0	9,2	24,1	31,2
-17,2	1	9,7	24,1	31,2
-16,7	2	10,2	25,7	33,1
-16,1	3	10,7	25,6	34,1
-15,6	4	11,2	27,4	35
-15	5	11,8	28,3	36
-14,4	6	12,3	29,2	37
-13,9	7	12,9	30,1	38
-13,3	8	13,5	31	39
-12,8	9	14,0	32	40
-12,2	10	14,6	32,9	41,1
-11,7	11	15,2	33,9	42,2
-11,1	12	15,8	34,9	43,2
-10,6	13	16,5	35,9	44,3
-10	14	17,1	36,9	45,4
-9	15	17,7	37,9	46,6
-8,9	16	18,4	38,9	47,7
-8,3	17	19	40	48,9
-7,8	18	19,7	41,1	50,1
-7,2	19	20,4	42,2	51,2
-6,7	20	21	43,3	52,4
-6,1	21	21,7	44,4	53,7
-5,5	22	22,4	45,5	54,9
-5	23	23,2	46,7	56,2
-4,4	24	23,9	47,8	57,4
-3,9	25	24,6	49	58,7
-3,3	26	25,4	50,2	60
-2,8	27	26,1	51,5	61,4
-2,2	28	26,9	52,7	62,7
-1,7	29	27,7	54	64,1
-1,1	30	28,5	55,2	65,4
-0,6	31	29,3	56,5	66,8



°C	°F	R12	R22	R502
0	32	30,1	57,8	68,2
0,6	33	30,9	59,2	69,7
1,1	34	31,7	60,5	71,1
1,7	35	32,6	61,9	72,6
2,2	36	33,4	63,4	74,1
2,8	37	34,3	64,6	75,6
3,3	38	35,2	66,1	77,1
3,9	39	36,1	67,5	78,6
4,4	40	37,0	69	80
5	41	37,9	70,5	81,8
5,5	42	38,8	72	83,4
6,1	43	39,7	73,5	85
6,7	44	40,7	75	86,6
7,2	45	41,7	76,6	88,3
7,8	46	42,6	78,2	90
8,3	47	43,6	79,8	91,7
8,9	48	44,6	81,4	93,4
9,4	49	45,7	83	95,2
10	50	46,7	84,7	96,9

°C	134a	MP39	MP66	HP62	HP80	HP81
-48					1	
-47					1,5	
-46				1	2	1
-45				1,5	3	2
-44				2	4	3
-43				3	5	3,5
-42				4	6	4
-41				4,5	7	5
-40				5	8	6
-39				6	9	7
-38				7	10	8
-37				8	11	9
-36				9	12	10
-35				10	13	11
-34			1	11	14	12
-33			1,5	12	15,5	13
-32		1	2	13	17	14
-31		1,5	2,5	14,5	18	15,5
-30		2	3	16	19	17
-29		3	4	17	20,5	18
-28		4	5	18	22	19
-27		4,5	6	19,5	23,5	21,5
-26	1	5	7	21	25	22
-25	1,5	6	8	22,5	26,5	23,5
-24	2	7	9	24	28	25
-23	2,5	8	10	25,5	29,5	26,5
-22	3	9	11	27	31	28
-21	4	10	12	28,5	33	29,5
-20	5	11	13	30	35	31
-19	6	12	14	31,5	37	33

°C	134a	MP39	MP66	HP62	HP80	HP81
-18	7	13	15	34	39	35
-17	7,5	14	16	35,5	40,5	36,5
-16	8	15	17	37	42	38
-15	9	16,5	18,5	39	44,5	40
-14	10	18	20	41	47	42
-13	11	19	21	43	49	44
-12	12	20	22	45	51	46
-11	14	21,5	23,5	47	53,5	48,5
-10	16	23	25	49	56	51
-9	16,5	24	26,5	51,5	58	53
-8	17	25	28	54	60	55
-7	18	26,5	29,5	56	62,5	57,5
-6	19	28	31	58	65	60
-5	20,5	29,5	32,5	61	68	62,5
-4	22	31	34	64	71	65
-3	23,5	33	36	66,5	73,5	67,5
-2	25	35	38	69	76	70
-1	27,5	36,5	39,5	71,5	79	73
0	28	38	41	74	82	76
1	29,5	40	42,5	77	85	79
2	31	42	45	80	88	82
3	33	43,5	47	83	91,5	84,5
4	35	45	49	86	95	87
5	36,5	47	51,5	89	98	90,5
6	38	49	54	92	101	94
7	40	51,5	56	95	104,5	97
8	42	54	58	99	108	100
9	44	56	60,5	102,5	112	103,5
10	46	58	63	106	116	107

#### 4.13. Συγκεντρωτικός πίνακας ψυκτικών υγρών

Ψυκτικό υγρό	Διαβάθμιση ασφαλείας	Εμπειρικός τύπος	Χημική ονομασία	Ποσοστό (%)	Χρώμα φιάλης
R - 11	A1	CFC	Τριχλωροφθορομεθάνιο		Πορτοκαλί
R - 12	A1	CFC	Διχλωροδιφθορομεθάνιο		Άσπρο
R - 13	A1	CFC	Χλωροτριφθορομεθάνιο		Ανοιχτό μπλε
R - 14	A1	PFC	Τετραφθορομεθάνιο		Μουσταρδί
R - 22	A1	HCFC	Χλωροδιφθορομεθάνιο		Ανοιχτό πράσινο
R - 23	A1	HFC	Τριφθορομεθάνιο		Ανοιχτό γκρι / μπλε
R - 32	A2	HFC	Διφθορομεθάνιο		Λωρίδα άσπρη / κόκκινη
R - 113	A1	CFC	1,1,2 Τριχλωρο - 1,2,2 Τριφθοροαιθάνιο		Βιολετί
R - 114	A1	CFC	1,2 Διχλωρο -		Σκούρο μπλε



Ψυκτικό υγρό	Διαβάθμιση ασφαλείας	Εμπειρικός τύπος	Χημική ονομασία	Ποσοστό (%)	Χρώμα φιάλης
			1,1,2,2 Τετραφθοροαιθάνιο		
R - 115	A1	CFC	Χλωροπενταφθοροαιθάνιο		Λωρίδα άσπρη / κόκκινη
R - 116	A1	PFC	Εξαφθοροαιθάνιο		Σκούρο γκρι
R - 123	B1	HCFC	2,2 Διχλωρο - 1,1,1 Τριφθοροαιθάνιο		Ανοιχτό γκρι / μπλε
R - 124	A1	HCFC	2 - Χρωρο - 1,1,1,2 Τετραφθοροαιθάνιο		Σκούρο πράσινο
R - 125	A1	HFC	Πενταφθοροαιθάνιο		Καφετί
R - 134a	A1	HFC	1,1,1,2 - Τετραφθοροαιθάνιο		Ανοιχτό θαλασσί
R - 143a	A2	HFC	1,1,1 Τριφθοροαιθάνιο		Λωρίδα άσπρη / κόκκινη
R - 152a	A2	HFC	1,1 Διφθοροαιθάνιο		Λωρίδα άσπρη / κόκκινη
R - 290	A3	HC	Προπάνιο		Άσπρο
R - 500	A1	CFC	R - 12	73,8%	Κίτρινο
			R - 152a	26,2%	
R - 502	A1	CFC	R - 22	48,8%	Ανοιχτό βιολετί
			R - 115	51,2%	
R - 503	A1	CFC	R - 23	40,1%	Μπλε πράσινο
			R - 13	59,9%	
R - 507	A1 / A1	HFC	R - 125	50%	Μπλε πράσινο
			R - 143a	50%	
R - 717	B2		Αμμωνία		Άσπρη
R - 401A	A1 / A1	HCFC	R - 22	53%	Κόκκινο
			R - 152a	13%	
			R - 124	34%	
R - 401B	A1 / A1	HCFC	R - 22	61%	Μουσταρδί
			R - 152a	11%	
			R - 124	28%	
R - 401C	A1 / A1	HCFC	R - 22	33%	Μπλε / πράσινο
			R - 152a	15%	
			R - 124	52%	
R - 402A	A1 / A1	HCFC	R - 125	60%	Ανοιχτό καφέ
			R - 290	2%	
			R - 22	60%	
R - 402B	A1 / A1	HCFC	R - 125	38%	Πράσινο / μπλε (λαδί)
			R - 290	2%	
			R - 22	60%	
R - 403A	A1 / A1	HCFC	R - 290	5%	Ανοιχτό βυσσινί
			R - 22	75%	
			R - 218	20%	
R - 404A	A1 / A1	HFC	R - 125	44%	Πορτοκαλί
			R - 143a	52%	

Ψυκτικό υγρό	Διαβάθμιση ασφαλείας	Εμπειρικός τύπος	Χημική ονομασία	Ποσοστό (%)	Χρώμα φιάλης
			R - 134a	4%	
<b>R - 406A</b>	A1 / A1	HCFC	R - 22	55%	Ανοιχτό γκρι / πράσινο
			R - 600a	4%	
			R - 142b	41%	
<b>R - 407A</b>	A1 / A1	HFC	R - 32	20%	Ανοιχτό πράσινο
			R - 125	40%	
			R - 134	40%	
<b>R - 407B</b>	A1 / A1	HFC	R - 32	10%	Κρεμ
			R - 125	10%	
			R - 134	80%	
<b>R - 407C</b>	A1 / A1	HFC	R - 32	23%	Καφετί
			R - 125	25%	
			R - 134	52%	
<b>R - 408A</b>	A1 / A1	HCFC	R - 125	7%	Βυσσινί
			R - 143a	46%	
			R - 22	47%	
<b>R - 409A</b>	A1 / A1	HCFC	R - 22	60%	Μουσταρδί
			R - 124	25%	
			R - 142b	15%	
<b>R - 410A</b>	A1 / A1	HFC	R - 32	50%	Ροζ
			R - 125	50%	



## **5. Ψυκτικές μηχανές, συσκευές και εξαρτήματα**

### **5.1. Συμπιεστές**

Ο συμπιεστής διατηρεί σε κυκλοφορία το ψυκτικό μέσο μέσα στους αγωγούς και τις επί μέρους συσκευές των ψυκτικών μηχανών, υπερνικώντας τόσο τις τριβές ροής του ίδιου του μέσου, όσο και τη διαφορά πιέσεως, η οποία επικρατεί μεταξύ του συμπυκνωτή και του στοιχείου ατμοποίησης. Ο συμπιεστής για να λειτουργήσει, χρειάζεται μηχανική ενέργεια, η οποία πρέπει να προσδοθεί στον άξονα περιστροφής του. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η κίνηση του συμπιεστή, γίνεται με ηλεκτροκινητήρα. Η μηχανική ενέργεια, που δίνεται στο συμπιεστή για τη λειτουργία του, μετατρέπεται σε θερμότητα, η οποία πρέπει να αποβάλλεται συνεχώς, ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανσή του. Κατά τη λειτουργία του συμπιεστή αντιμετωπίζονται προβλήματα, όπως ο θόρυβος, οι κραδασμοί, οι ενδεχόμενες δυσκολίες εκκινήσεως καθώς και η λίπανση των στοιχείων του συμπιεστή, τα οποία περιστρέφονται ή παλινδρομούν.

Τη ομαλή και ασφαλή λειτουργία του συμπιεστή, χρησιμοποιούνται αντίστοιχες διατάξεις και συσκευές ρυθμίσεως και προστασίας. Διατάξεις του είδους αυτού προστατεύουν από υπερθέρμανση ή από υπερπίεση, ρυθμίζουν την παροχή του ψυκτικού μέσου της διατάξεως κλπ.

Ανάλογα με τον τρόπο κινήσεως του συμπιεστή διακρίνομε τους εξής: <sup>(43)</sup>

- Εμβολοφόρους συμπιεστές.
- Φυγοκεντρικούς συμπιεστές.
- Κοχλιόμορφους συμπιεστές.
- Συμπιεστές τυμπάνου.

Τα υλικά κατασκευής των συμπιεστών είναι κατάλληλα, για να συνεργάζονται με το ψυκτικό μέσο και το λάδι λιπάνσεως, κατά τρόπο που να αποκλείει την εμφάνιση χημικών επιδράσεων. Ως προς τη στεγανότητα οι συμπιεστές διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες: <sup>(39)</sup>

- κλειστούς ή ερμητικούς. Ο ηλεκτροκινητήρας και ο συμπιεστής βρίσκονται μέσα στο ίδιο στεγανό κέλυφος και έτσι δεν υπάρχει διαρροή ψυκτικού μέσου προς το περιβάλλον.
- ανοικτούς. Η περιστρεφόμενη άτρακτος του συμπιεστή διαπερνά, το κατά τα άλλα στεγανό περίβλημα, για να συνδεθεί με τον κινητήρα.

<sup>43</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> Συμπιεστές.

## **5.1.1. Τύποι συμπιεστών**

### **5.1.1.1. Εμβολοφόροι συμπιεστές**

Στους εμβολοφόρους συμπιεστές το ψυκτικό μέσο συμπιέζεται μέσα σε ένα ή περισσότερους κυλίνδρους, με τη βοήθεια ενός ή περισσοτέρων εμβόλων, που παλινδρομούν. Οι διατάξεις ανακουφίσεως εκκινήσεως βοηθούν το συμπιεστή και κατ' επέκταση τον ηλεκτροκινητήρα του, να αντιμετωπίσουν, χωρίς αυξημένη καταπόνηση, τις σχετικά υψηλές πιέσεις που αναπτύσσονται σε όλα τα μέρη του συμπιεστή, μετά από μεγάλη περίοδο στάσεως της ψυκτικής εγκαταστάσεως.

#### ***5.1.1.1.1. Ερμητικοί εμβολοφόροι συμπιεστές***

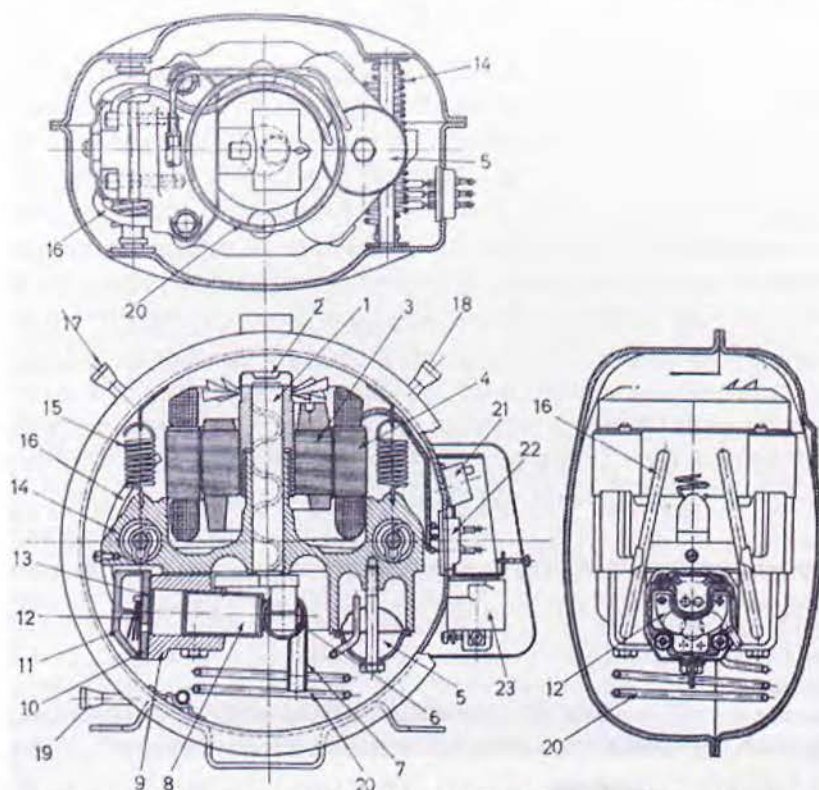
Οι ερμητικοί εμβολοφόροι συμπιεστές μπορούν στους συμπιεστές κλασματικής ισχύος, δηλαδή μηχανικής ισχύος, η οποία μετράται σε υπο-μονάδες (κλάσματα) του ίππου, όπως λ.χ. 1/15 PS και στους μεγαλύτερους από αυτούς 5 ή και 10 PS.

Οι ερμητικοί συμπιεστές περιστρέφονται από ενσωματωμένο ηλεκτροκινητήρα σταθερό αριθμό στροφών, αφού ο αριθμός αυτός καθορίζεται από τη συχνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος του δικτύου (50 Hz) και από τον αριθμό μαγνητικών πόλων του ηλεκτροκινητήρα. <sup>(44)</sup> Οι ερμητικοί συμπιεστές, ανάλογα με την ισχύ, κατασκευάζονται μονοκύλινδροι ως τετρακύλινδροι με οριζόντιους κυλίνδρους και άξονα κατά κανόνα κατακόρυφο.

---

<sup>44</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Μέρος δεύτερο Συμπιεστές. 1.2.1.α. Ερμητικοί εμβολοφόροι συμπιεστές.





**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 160. Σχήμα 1.2η. Κατασκευαστική τομή του συμπιεστή του σχήματος 1.2η.**

1. Στροφαλοφόρος άτρακτος με ελικοειδή αυλάκωση λιπάνσεως.
1. Φτερωτή ανεμιστήρα ψύξεως του κινητήρα.
2. Δρομέας του ηλεκτροκινητήρα.
3. Μαγνητικά ελάσματα και τύλιγμα στατού μέρους ηλεκτροκινητήρα.
4. Σιγαστήρας.
5. Άρθρωση ολισθήσεως.
6. Σωλήνας αναρροφήσεως λαδιού.
7. Έμβολο με σωλήνα οδηγήσεως του εδράνου ολισθήσεως.
8. Κύλινδρος.
9. Πλάκα εδράσεως βαλβίδων.
10. Κεφαλή κυλίνδρου.
11. Βαλβίδα καταθλίψεως.
12. Βαλβίδα αναρροφήσεως.
13. Ελατήρια πλευρικής στηρίξεως.
14. Ελατήρια αναρτήσεως.
15. Σωλήνας αναρροφήσεως.
16. Στόμιο πληρώσεως.
17. Στόμιο αναρροφήσεως.
18. Στόμιο εξαγωγής.
19. Σπειροειδής σωλήνας.
20. Αυτόματος διακόπτης προστασίας ηλεκτροκινητήρα.
21. Γυάλινοι μονωτήρες διαβάσεως ηλεκτρικού ρεύματος.
22. Ηλεκτρονόμος (ρελαί) εκκινήσεως.

### 5.1.1.1.2. Ημιαερμητικοί και ανοιχτοί εμβολοφόροι συμπιεστές

Οι ημιαερμητικοί συμπιεστές περιστρέφονται από ηλεκτροκινητήρες, ενσωματωμένους στο στεγανό κέλυφος που περικλείει και τον ίδιο το συμπιεστή. Ο ηλεκτροκινητήρας και ο συμπιεστής έχουν κοινό άξονα, και η κατασκευή είναι περίπου η ίδια με εκείνη των αερμητικών συμπιεστών. Στην περίπτωση όμως των ημιαερμητικών συμπιεστών το εξωτερικό στεγανό κέλυφος του συστήματος είναι διαιρούμενο από χυτό μέταλλο, και έχει μια ή περισσότερες θέσεις με φλάντζες και βίδες, όπου μπορεί να ανοιχτεί ώστε να επιθεωρείται και να επισκευάζεται το εσωτερικό μέρος του. Στους συμπιεστές ανοικτού τύπου, το ένα άκρο της στροφαλοφόρου ατράκτου διαπερνά το κέλυφος και καταλήγει συνήθως σε τροχαλία με ιμάντα κινήσεως ή σε φλάντζα πάνω στην οποία βιδώνεται αντίστοιχη φλάντζα της κινητήριας ατράκτου. Οι ανοικτοί εμβολοφόροι συμπιεστές κινούνται συνήθως με μηχανές εσωτερικής καύσεως ή, με ηλεκτροκινητήρες. Ηλεκτροκίνητοι συμπιεστές ανοικτού τύπου χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιπτώσεις μεγάλης ισχύος. Ανοικτοί εμβολοφόροι συμπιεστές μικρού μεγέθους κινούνται επίσης με ιμάντα από ηλεκτροκινητήρα.

Τα πλεονεκτήματα της κατασκευής του είδους αυτού είναι αρκετά, ώστε να αντισταθμίζουν το μειονέκτημα του ανοικτού άξονα, τα πιο χαρακτηριστικά είναι: <sup>(45)</sup>

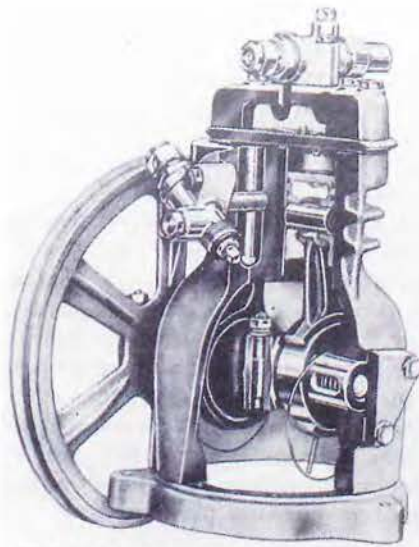
- Χρησιμοποιείται ηλεκτροκινητήρας κοινού τύπου.
- Υπάρχει δυνατότητα μεταβολής του αριθμού στροφών με αλλαγή τροχαλίας.
- Η μέση ταχύτητα του εμβόλου είναι χαμηλή και κατά συνέπεια οι φθορές πολύ μικρές.
- Χρησιμοποιείται ο ίδιος κινητήρας και για την κίνηση της φτερωτής του ανεμιστήρα του στοιχείου συμπυκνώσεως.
- Η εκλογή του ψυκτικού μέσου δεν περιορίζεται από τα μονωτικά υλικά του τυλίγματος του κινητήρα.
- Η απλότητα της αποσυναρμολόγησης και επισκευής.

Το μεγάλο όμως μειονέκτημα του ανοικτού άξονα είναι σημαντικό και δημιουργεί πολλές φορές, προβλήματα διαρροής ψυκτικού μέσου.

Το εσωτερικό ενός μονοκύλινδρου εμβολοφόρου συμπιεστή ανοικτού τύπου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

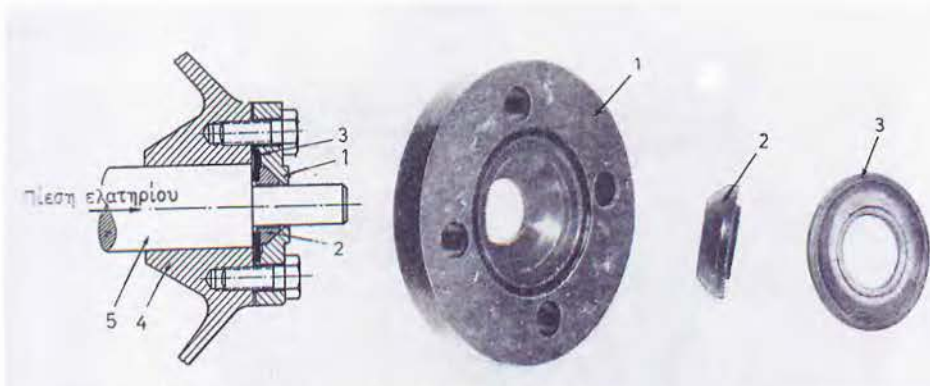
<sup>45</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Μέρος δεύτερο Συμπιεστές. 1.2.1.β. Ημιαερμητικοί εμβολοφόροι συμπιεστές.





Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 166. Σχήμα 1.2ιδ. Μονοκύλινδρος εμβολοφόρος συμπιεστής ανοικτού τύπου.

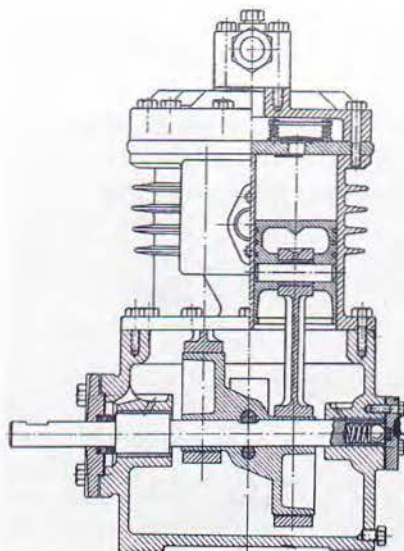
Ενώ στο παρακάτω σχήμα εμφανίζονται το σχέδιο και οι εικόνα των μέσων στεγανότητας.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 167. Σχήμα 1.2ιε. Τρόπος και μέσα στεγανοποίησης της περιστρεφόμενης άτρακτου του συμπιεστή του σχήματος ιδ

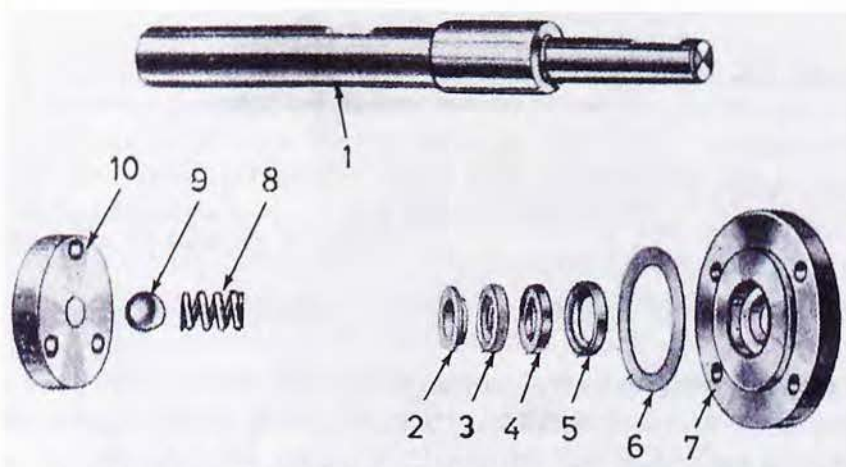
1. Φλάντζα από θερμοπλαστικό υλικό.
2. Σφυροειδής δακτύλιος από θερμοπλαστικό υλικό.
3. Δακτύλιος ολισθήσεως από υλικό Perbunan.
4. Κέλυφος συμπιεστή.
5. Στροφαλοφόρος άτρακτος.

Η στεγανοποίηση αυτή είναι μια σχετικά απλή κατασκευή. Η ίδια αρχή στεγανοποίησης αλλά με μια κάπως πιο σύνθετη κατασκευή για μικρούς εμβολοφόρους ανοικτούς συμπιεστές:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 168. Σχήμα 1.2ιστ. Στεγανοποίηση του ανοικτού άκρου της στροφαλοφόρου ατράκτου ενός εμβολοφόρου συμπιεστή.

Εδώ διακρίνεται το κοίλο άκρο της στροφαλοφόρου ατράκτου με το σπειροειδές ελατήριο και την μπίλια, για τη δημιουργία της αξονικής δύναμης. Η μπίλια χρησιμεύει ως έδρανο μεταξύ του περιστρεφόμενου ελατηρίου και της ακίνητης φλάντζας, στην οποία στηρίζεται. Οι δακτύλιοι στεγανότητας του ανοικτού άκρου φαίνονται στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 168. Σχήμα 1.2ιζ. Εξαρτήματα στεγανοποίησης ανοικτού άκρου στροφαλοφόρου ατράκτου του συμπιεστή του σχήματος ιστ.

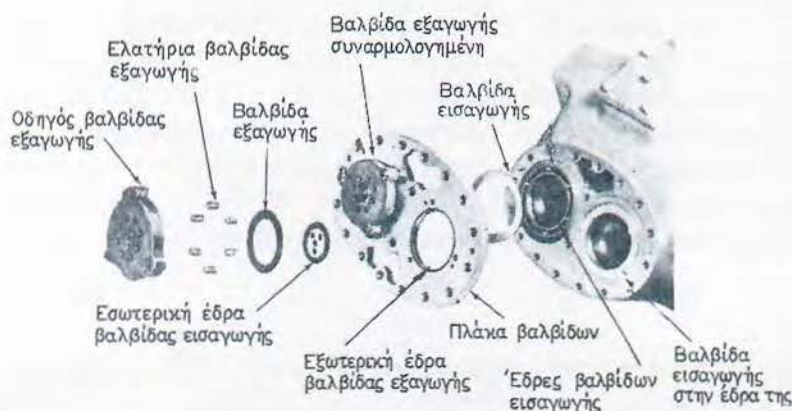
1. Στροφαλοφόρος άτράκτος.
2. Δακτύλιος από λάστιχο.
3. Χαλύβδινος δακτύλιος περιστρεφόμενος.
4. Δακτύλιος από μπρούτζο, σταθερός.
5. Δακτύλιος από λάστιχο.
6. Στεγανωτικός δακτύλιος.
7. Φλάντζα.
8. Ελατήριο αξονικής ωθήσεως.
9. Μπίλια αντιτριβής.
10. Ελατήριο αξονικής ωθήσεως.
11. Μπίλια αντιτριβής.
12. Φλάντζα αντωθήσεως με κομμάτι αντιτριβής.



### 5.1.1.1.3. Βαλβίδες εμβολοφόρων συμπιεστών

Απαραίτητο εξάρτημα για τη λειτουργία των εμβολοφόρων συμπιεστών είναι οι βαλβίδες, γιατί αυτές ρυθμίζουν τη ροή του ψυκτικού μέσου προς και από τους κυλίνδρους των συμπιεστών. Έτσι και στις ψυκτικές μηχανές, όπως και στις μηχανές εσωτερικής καύσεως, διακρίνομε σε: <sup>(46)</sup>

- βαλβίδες εισαγωγής
- βαλβίδες εξαγωγής.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 170. Σχήμα 1.2ιβ. Βαλβίδες εισαγωγής (αναρροφήσεως) και εξαγωγής (καταθλίψεως) εμβολοφόρου συμπιεστή.

Οι τύποι των βαλβίδων που χρησιμοποιούνται σήμερα, μπορούν να καταταγούν σε τέσσερις μεγάλες ομάδες, ως προς τη μορφή, τον τρόπο ελαστικής επαναφοράς στην αρχική τους θέση, και τη μέθοδο στηρίξεως.

- Ως προς τη μορφή οι βαλβίδες είναι παράκυκλοι, ή ομοκεντρικοί παράκυκλοι με οδήγηση στο κέντρο.
- Ως προς την επαναφορά, είτε χρησιμοποιούνται ξεχωριστά ελατήρια διαφόρων μορφών, είτε οι ίδιες οι βαλβίδες είναι ελατηριωτές.
- Ως προς την πλευρά στηρίξεως τα ελάσματα των βαλβίδων μπορεί να είναι ελεύθερα τελειώς ή πακτωμένα στο ένα άκρο.
- Από τις παραπάνω δυνατότητες γίνονται διάφοροι συνδυασμοί, από τους οποίους οι πιο συνηθισμένοι οδηγούν σε βαλβίδες των εξής τύπων:
  - ο Ελεύθερη (χωρίς στήριγμα) ελατηριωτή βαλβίδα. Είναι απλή, αλλά κατάλληλη μόνο για μικρές διατομές. Για μεγαλύτερες παροχές απαιτούνται πολλές παράλληλες. Η λειτουργία της απαιτεί πλευρική οδήγηση και διάταξη τερματισμού διαδρομής.

<sup>46</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Μέρος δεύτερο Συμπιεστές. 1.2.1.γ. Βαλβίδες εμβολοφόρων συμπιεστών.

- ο Ελατηριωτή βαλβίδα, πακτωμένη στο ένα άκρο. Απαιτείται και εδώ διάταξη τερματισμού του ελεύθερου άκρου. Ο σχεδιασμός της απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή.
- ο Ελεύθερη δακτυλιοειδής βαλβίδα. Έχει μορφή παράκυκλου με υποβοήθηση εξωτερικών ελατηρίων αναφοράς.
- ο Βαλβίδα διακεκομμένου δακτυλίου. Το κυκλικό άνοιγμα δεν είναι πλήρες, αλλά υπάρχουν νεκροί τομείς. Η μορφή χρησιμοποιείται και για περισσότερους ομοκεντρικούς δακτυλίους. <sup>(47)</sup>

#### 5.1.1.1.4. Γενικά χαρακτηριστικά των εμβολοφόρων συμπιεστών

Τα ψυκτικά μέσα, που χρησιμοποιούνται στους εμβολοφόρους συμπιεστές είναι η αλογονωμένοι υδρογονάνθρακες ή αμμωνία. Αμμωνία μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε ψυκτικές εγκαταστάσεις με συμπιεστές ανοικτού τύπου γιατί η αμμωνία προσβάλλει το χαλκό του τυλίγματος των ηλεκτρομαγνητικών πόλων του κινητήρα και έτσι ο ηλεκτροκινητήρας δεν μπορεί να κλεισθεί στο ίδιο κέλυφος με το συμπιεστή. Για τους συμπιεστές αμμωνίας, τα υλικά ολόκληρου του συμπιεστή και φυσικά και τα υλικά των δακτυλίων στεγανοποίησης πρέπει να είναι μόνο από υλικό ανθεκτικό στην αμμωνία. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των εμβολοφόρων συμπιεστών:

Χαρακτηριστικό		Συμπιεστές αλογονανθράκων			Συμπιεστές αμμωνίας
		Ανοικτοί	Ημιαρμητικοί	Ερμητικοί	Ανοικτοί
1.	Αριθμός κυλίνδρων:	1-16	1-12	1-6	1-16
2.	Ισχύς (HP) (KW)	1/6-16	1/2-150	1/6-20	10 και άνω
		0,12-110	0,7-110	0,12-15	7 και άνω
3.	Διάταξη κυλίνδρων				
	α. κατακόρυφη, μορφής V, W, ή ακτινωτή	X	X		
	β. οριζόντιοι αντίθετοι.			X	
	γ. οριζόντια, κατακόρυφη, V, W.				X
4.	Κίνηση.				
	α. Ηλεκτροκινητήρα ερμητικού τύπου		X	X	

<sup>47</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Μέρος δεύτερο Συμπιεστές. 1.2.1.γ. Βαλβίδες εμβολοφόρων συμπιεστών.



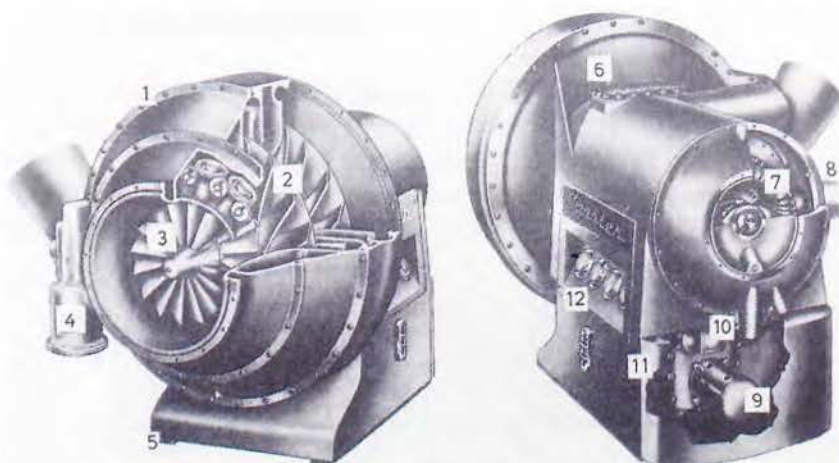
Χαρακτηριστικό		Συμπιεστές αλογονανθράκων			Συμπιεστές αμμωνίας
β.	Άμεση κίνηση στον άξονα, μάντες V, αλυσίδα, οδοντωτός τροχός.	X			X
5.	Λίπανση.				
	Εκτίναξη, εξαναγκασμένης κυκλοφορίας, εμβάπτιση.	X	X	X	X
6.	Βαλβίδες εισαγωγής - εξαγωγής, δακτυλιοειδής.	X	X	X	X
7.	Αριθμός στροφών ηλεκτροκινητήρα (θεωρητικός).	250 - 3000	1500 - 3000	1500 - 3000	250 - 3000

### **5.1.1.2. Φυγοκεντρικοί συμπιεστές**

Στους φυγοκεντρικούς συμπιεστές ο ατμός του ψυκτικού μέσου εισέρχεται από το κέντρο ενός περιστρεφόμενου στροφείου και περνά μέσα από τα πτερύγια του στροφείου όπου και συμπιέζεται. Έτσι, μετά τη συμπίεσή του ο ατμός εξέρχεται από την περιφέρεια του στροφείου με αυξημένη πίεση. Δηλαδή, η αρχή λειτουργίας του συμπιεστή αυτού βασίζεται στη μετατροπή της κινητικής ενέργειας περιστροφής, σε δυναμική ενέργεια που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της πίεσεως του ατμού. Για τη μετατροπή αυτή χρειάζεται, εκτός από το στροφείο και ένα ακίνητο κέλυφος, το οποίο υποδέχεται τον ατμό, όταν αυτός εξέρχεται από την περιφέρεια του στροφείου.

Όταν οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές, λειτουργούν με μεγάλη διαφορά πίεσεως μεταξύ εξόδου και εισόδου, τότε απαιτούνται πολλές βαθμίδες συμπίεσεως και χρησιμοποιούνται πολλά στροφεία στον ίδιο άξονα, στα οποία γίνεται διαδοχικά η συμπίεση.

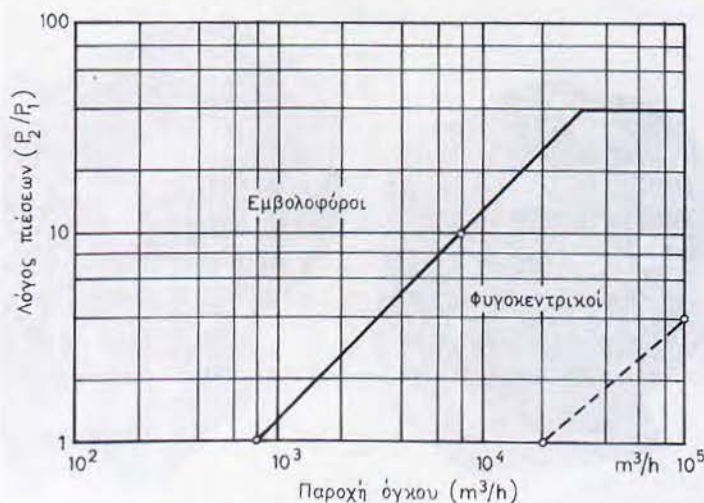
Όσο ο ατμός συμπιέζεται, και ο όγκος του μειώνεται, απαιτούνται μικρότερες διατομές για τη ροή της ίδιας μάζας ατμού.



**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 175. Σχήμα 1.2κδ. Φυγοκεντρικός ερμητικός συμπιεστής.**

1. Διβάθμιος συμπιεστής και ηλεκτροκινητήρας.
2. Στροφέιο από μπρούτζο αλουμινίου.
3. Πτερύγια περιστροφής για τη ρύθμιση της ισχύος.
4. Υδραυλική βαλβίδα διπλής ώσεως για την περιστροφή των οδηγών πτερυγίων.
5. Πλάκες και βίδες για το αλφάδιασμα της μονάδας.
6. Πώμα επιθεώρησης για την επιθεώρηση του άξονα.
7. Τύλιγμα ηλεκτροκινητήρα.
8. Είσοδος ατμού ψυκτικού μέσου.
9. Αντλία λαδιού.
10. Φίλτρο λαδιού.
11. Βυθιζόμενο στο λάδι θερμαντικού στοιχείου.
12. Θερμόμετρα θερμοκρασίας εδράνων, θερμοκρασίας λαδιού και μανόμετρο λαδιού.

Οι περιοχές εφαρμογής των φυγοκεντρικών και των εμβολοφόρων συμπιεστών ψυκτικών μέσων φαίνονται στο σχήμα:

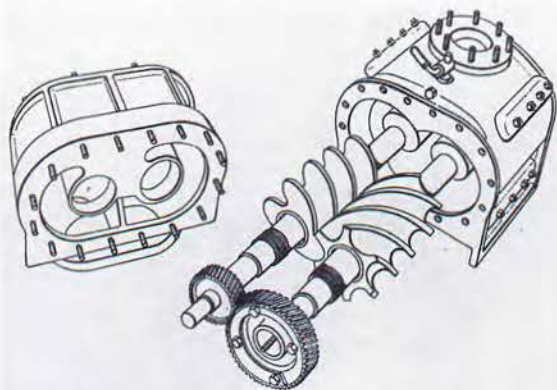


**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 176. Σχήμα 1.2κστ. Περιοχές εφαρμογής εμβολοφόρων και φυγοκεντρικών συμπιεστών.**



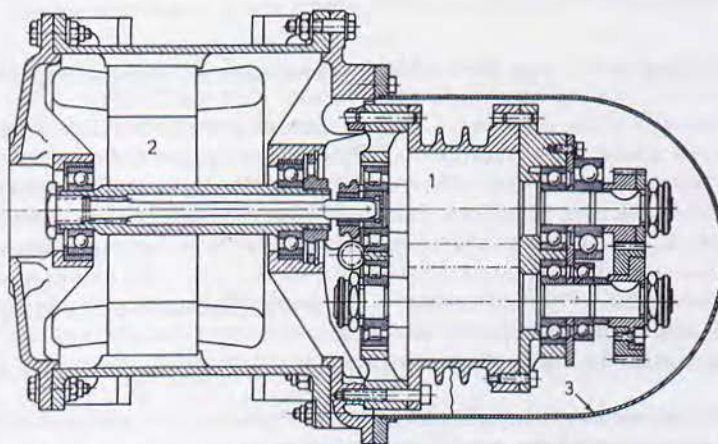
### **5.1.1.3. Κοχλιόμορφοι συμπιεστές**

Στους συμπιεστές αυτούς η συμπίεση του ατμού του αρκτικού μέσου γίνεται με περιστρεφόμενα μέρη, και όχι παλινδρομικά, όπως στους εμβολοφόρους συμπιεστές. Η λειτουργία τους βασίζεται στην αρχή της εκτοπίσεως. Συγκεκριμένα, το ψυκτικό μέσο αναγκάζεται να συμπιεσθεί ωθούμενο από δυο συζευγμένους αντίθετα περιστρεφόμενους κοχλίες. Στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 177. Σχήμα 1.2κζ. Τα βασικά στοιχεία ενός κοχλιόμορφου συμπιεστή.

φαίνεται η αρχή του τρόπου λειτουργίας των κοχλιόμορφων συμπιεστών. Στους συμπιεστές του τύπου αυτού δεν υπάρχουν βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής. Η εσωτερική διαμόρφωση ενός κοχλιόμορφου συμπιεστή φαίνεται στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 177. Σχήμα 1.2κη. Ημιεμμητικός συμπιεστής με ηλεκτροκινητήρα.

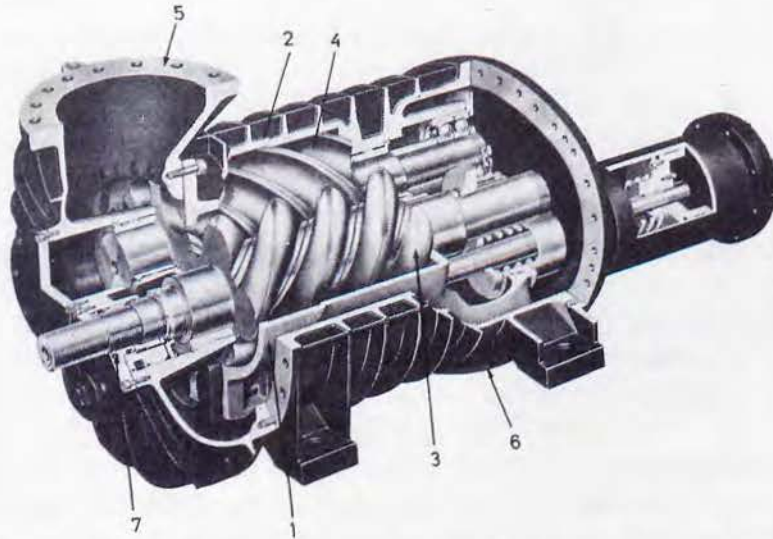
1. Συμπιεστής.
2. Ηλεκτροκινητήρας.
3. Κέλυφος.

Φαίνεται η εξωτερική μορφή ενός σύγχρονου κοχλιόμορφου συμπιεστή ημιεμμητικού τύπου. Οι συμπιεστές αυτοί, ανάλογα με τον τρόπο λιπάνσεως διακρίνονται σε: <sup>(48)</sup>

<sup>48</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Μέρος δεύτερο Συμπιεστές. 1.2.3. Κοχλιόμορφοι συμπιεστές.

- Συμπιεστές που λειτουργούν χωρίς λίπανση στις επιφάνειες των κοχλιών.
- Συμπιεστές στις επιφάνειες των κοχλιών που συνεργάζονται λιπαίνονται με έγχυση λαδιού. Με τη λίπανση αυτή, εξασφαλίζεται πολύ καλύτερη στεγανότητα και μπορούν και επιτυγχάνονται μεγαλύτερες συμπίεσεις ενώ μειώνονται οι απώλειες λόγω διαρροών.

Η έγχυση λαδιού γίνεται με ακροφύσια σε διάφορες θέσεις κατά μήκος των περιστρεφόμενων λοβών. Αν και η ακρίβεια της μηχανουργικής κατεργασίας των λοβών είναι πολύ μεγάλη, εντούτοις το είδος της κατασκευής τους, όπως φαίνεται και στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 179. Σχήμα 1.2λ. Κοχλιόμορφος συμπιεστής.

1. Κέλυφος συμπίεσης αρσενικού λοβού.
2. Κέλυφος συμπίεσης θηλυκού λοβού.
3. Αρσενικός λοβός ανοιχτού τύπου.
4. Θηλυκός λοβός.
5. Αναρρόφηση.
6. Εξαγωγή.
7. Στεγανοποίηση ανοικτού άξονα.

Το πρόβλημα στους κοχλιόμορφους συμπιεστές είναι ο διαχωρισμός του λαδιού από το ψυκτικό μέσο. Ο διαχωριστήρας πρέπει να έχει βαθμό αποδόσεως διαχωρισμού τουλάχιστον 99%, ώστε να επιτυγχάνεται ικανοποιητική λειτουργία του συμπυκνωτή και του στοιχείου ατμοποίησης.

#### **5.1.1.4. Συμπιεστές τυμπάνου**

Με την ονομασία αυτή χαρακτηρίζεται ο τύπος των συμπιεστών που χρησιμοποιούν την περιστροφή ενός κυλινδρικού τυμπάνου και κατάλληλους σύρτες, για να επιτύχουν τη συμπίεση του ατμού του ψυκτικού μέσου. Πολλές φορές ονομάζονται και «περιστροφικοί» συμπιεστές (rotary compressors). Οι συμπιεστές τυμπάνου



λειτουργούν σύμφωνα με την αρχή της εκτοπίσεως όπως και οι εμβολοφόροι και οι κοχλιόμορφοι. Έχουν όμως αναπτυχθεί δύο ιδιαίτεροι τρόποι λειτουργίας: <sup>(49)</sup>

- Ο τύπος έκκεντρου τυμπάνου με σταθερό σύρτη.
- Ο τύπος έκκεντρου τυμπάνου περιστρεφόμενου σύρτη.

### 5.1.2. Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας συμπιεστών

Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας ενός συμπιεστή λέγονται τα διαγράμματα εκείνα, τα οποία περιγράφουν την και τις επιδόσεις του συμπιεστή, κάτω από ορισμένες συνθήκες λειτουργίας.

Οι συνθήκες λειτουργίας ενός συμπιεστή καθορίζονται από αρκετές παραμέτρους, οι σημαντικότερες είναι οι εξής: <sup>(50)</sup>

1. **Ο αριθμός των περιστροφών** ενός συμπιεστή εξαρτάται από την κινητήρια μηχανή, που περιστρέφει το συμπιεστή και από την αντίσταση την οποία προβάλλει στην κίνηση αυτή ο ίδιος ο συμπιεστής. Έτσι ο αριθμός στροφών του συστήματος κινητήρα - συμπιεστή είναι το σημείο εκείνο λειτουργίας, όπου και οι δυο μηχανές έχουν την ίδια μηχανική ροπή στρέψεως και φυσικά την ίδια ισχύ. Για την περίπτωση του ηλεκτροκινητήρα τα περιθώρια μεταβολής του αριθμού στροφών (εκτός από τις περιπτώσεις με διπλά τυλίγματα κινητήρα) είναι περιορισμένα και είναι μόνο ελάχιστες δεκάδες rpm στον ονομαστικό αριθμό στροφών 1500 rpm ή 3000 rpm. Εδώ πρέπει να τονισθεί ότι ο αριθμός περιστροφών των ηλεκτροκινήτων συμπιεστών μεταβάλλεται με τις διακυμάνσεις του δικτύου ηλεκτροδοτήσεως. Οι διακυμάνσεις αυτές αφορούν τόσο στην τάση όσο και στη συχνότητα. Οι μετρήσεις των χαρακτηριστικών λειτουργίας ενός ηλεκτροκίνητου συμπιεστή γίνονται με σταθεροποιημένη τάση δικτύου, και συχνότητα 50 Hz. Στην πραγματικότητα, ο ακριβής αριθμός περιστροφών ενός ηλεκτροκίνητου συμπιεστή δεν μπορεί να καθορισθεί από το χειριστή ή τον κατασκευαστή. Μόνο η περιοχή λειτουργίας του είναι καθορισμένη από τη συχνότητα του δικτύου και τον αριθμό των ζευγών πόλων του ηλεκτροκινητήρα. Ο ακριβής αριθμός περιστροφών καθορίζεται από το φορτίο του συμπιεστή, δηλαδή από τις συνθήκες λειτουργίας.
2. **Το ψυκτικό μέσο**, η δεύτερη παράμετρος που επηρεάζει τις χαρακτηριστικά: καμπύλες λειτουργίας ενός συμπιεστή, καθορίζεται σαφώς από τον κατασκευαστή για τον κάθε τύπο συμπιεστή, και είναι πάντα γραμμένο επάνω στα σχετικά διαγράμματα. Αυτό συμβαίνει γιατί πολλές φορές ο ίδιος συμπιεστής λειτουργεί με περισσότερα ψυκτικά μέσα, όπως π.χ. με R12 ή R22.
3. **Η θερμοκρασία ατμοποίησης** επηρεάζει ιδιαίτερα τη συμπεριφορά, και συνεπώς τις χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας του συμπιεστή. Σε μία εγκατάσταση, η θερμοκρασία αυτή είναι δύσκολο να ορισθεί Αυτό συμβαίνει γιατί στο στοιχείο ατμοποίησης κατά τη ροή και την ταυτόχρονη αλλαγή φάσεως του

<sup>49</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Μέρος δεύτερο Συμπιεστές. 1.2.4 Συμπιεστές τυμπάνου.

<sup>50</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Μέρος δεύτερο Συμπιεστές. 1.4. Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας συμπιεστών.



μίγματος υγρού - ατμού, αναπτύσσονται τριβές με αποτέλεσμα να εμφανίζονται πτώσεις πιέσεως. Εφόσον λοιπόν η πίεση πέφτει κατά τη ροή του ψυκτικού μέσου μέσα από το στοιχείο ατμοποίησης, πέφτει αντίστοιχα η θερμοκρασία. Έτσι είναι δύσκολο να ορισθεί μια συγκεκριμένη τιμή ως «θερμοκρασία ατμοποίησης». Βέβαια η πτώση της θερμοκρασίας είναι της τάξεως 1 -2°C, αρκετή όμως για να προκαλέσει μεταβολή στην ψυκτική ισχύ κατά 10% - 20%.

4. **Θερμοκρασία συμπυκνώσεως** γι' αυτήν ισχύουν περίπου τα ίδια όπως και για τη θερμοκρασία ατμοποίησης. Και κατά τη συμπύκνωση η ροή του ψυκτικού μέσου γίνεται με πτώση πιέσεως- άρα λόγω της τριβής, αλλάζει ελαφρά η  $n$ -errrl κατά μήκος του στοιχείου συμπυκνώσεως.

5. **Υπόψυξη συμπυκνώματος** λέγεται η διαφορά θερμοκρασίας που προκύπτει αν αφαιρέσουμε από την θερμοκρασία στο τέλος της συμπυκνώσεως τη θερμοκρασία που επικρατεί στην είσοδο στο στοιχείο στραγγαλισμού του ψυκτικού μέσου. Στο σημείο αυτό με τον όρο «τέλος συμπυκνώσεως» εννοείται η θέση του στοιχείου ατμοποίησης, όπου εξαφανίζεται λόγω συμπυκνώσεως και το τελευταίο ίχνος ατμού.

6. **Η υπερθέρμανση αναρροφήσεως** αναφέρεται στον ατμό, που ρέει στην είσοδο του συμπιεστή. Σε πολλές περιπτώσεις ο ατμός αυτός δεν είναι κορεσμένος όπως θα ήταν θεωρητικά στο τέλος της ατμοποίησης, αλλά υφίσταται και μια υπερθέρμανση που οφείλεται στους συνδετικούς αγωγούς, αλλά και για να αποφευχθεί η συμπίεση ποσοτήτων υγρού ψυκτικού μέσου. Η υπερθέρμανση όμως αυτή έχει σαν αποτέλεσμα την ελάττωση της ογκομετρικής ψυκτικής ικανότητας.

7. Το είδος του **λαδιού λιπάνσεως** επηρεάζει τις χαρακτηριστικές λειτουργίας τόσο με τις λιπαντικές του ιδιότητες, λόγω μείωσης τριβών και εξοικονομήσεως ισχύος και ελαττώσεως παραγωγής θερμότητας. Σε κανονικές συνθήκες συνεχούς λειτουργίας το λάδι, που συμπαρασύρεται σαν ατμός ή σταγονίδιο τον υπέρθερμο ατμό υψηλής πιέσεως από το συμπιεστή προς το ατμοποίησης, πρέπει να συμπυκνώνεται και να φεύγει μαζί με το υγρό ψυκτικό μέσα από τη διάταξη στραγγαλισμού. Η παρουσία όμως και ιχνών λαδιού επηρεάζει τη λειτουργία της εγκαταστάσεως.

8. **Η ποσότητα του λαδιού λιπάνσεως** επηρεάζει τη λειτουργία της ψυκτικής διατάξεως έμμεσα και όχι άμεσα, γιατί επιδρά στην ποσότητα λαδιού η οποία παρασύρεται με τον ατμό του ψυκτικού μέσου προς το στοιχείο ατμοποίησης.

9. **Η σταθερότητα παροχής ψυκτικού μέσου** συνδέεται με τη σταθερότητα λειτουργίας ολόκληρης της ψυκτικής διατάξεως. Το ψυκτικό μέσο, καθώς κινείται κυκλικά μέσα στην ψυκτική εγκατάσταση, περνάει διαδοχικά από δυο συσκευές που συνδέονται σε σειρά, όπου γίνεται έλεγχος της παροχής μάζας του ψυκτικού μέσου. Τις συσκευές αυτές αποτελούν ο συμπιεστής και το στοιχείο στραγγαλισμού. Αν το σύστημα ολόκληρο είναι ευσταθές, τότε εμφανίζονται περιοδικές αυξομειώσεις στην παροχή μάζας, η λειτουργία δεν είναι χρονικώς σταθερή ή μόνιμη, όπως λέγεται.

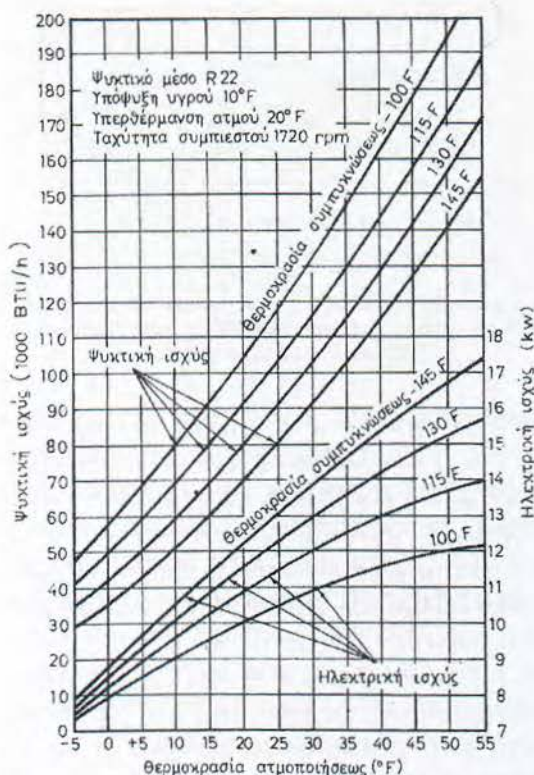
10. **Η θερμοκρασία λειτουργίας του συμπιεστή-κινητήρα**, επιδρά έντονα στη λειτουργία ολόκληρης της ψυκτικής εγκαταστάσεως. Όσο ανεβαίνουν οι θερμοκρασίες των μηχανών αυτών, τόσο ελαττώνεται η ψυκτική απόδοση.

11. **Η ψύξη του λαδιού** στην ελαιολεκάνη του συμπιεστή, επιδρά και αυτή στην απόδοση και τη λειτουργία του συμπιεστή. Για μεσαίους και μεγάλους



συμπιεστές χρησιμοποιείται κανονικό ψυγείο λαδιού. Ενώ κατά τη λειτουργία της εγκαταστάσεως απαιτείται ψύξη του λαδιού, σε ορισμένες περιπτώσεις, όταν η εγκατάσταση λειτουργεί, απαιτείται θέρμανση του λαδιού. Έτσι αποφεύγεται η διάλυση σε αυτό του ψυκτικού μέσου, το οποίο μετά, κατά την εκκίνηση, εκλύεται πάλι λόγω της χαμηλής πίεσεως και δημιουργεί αφρό. Ο αφρός αυτός μπορεί να αναρροφηθεί στο έμβολο και μαζί με αυτόν υγρό, που μπορεί να προκαλέσει μηχανικές βλάβες λόγω κρούσεως. Τέτοιες διατάξεις θερμάνσεως χρησιμοποιούνται όταν το ψυκτικό σύστημα, έχει αρκετή ποσότητα ψυκτικού μέσου, ώστε να κάνει λεπτόρρευστο το λάδι λόγω της ποσότητας αυτής. Χρησιμοποιούνται επίσης όταν ο συμπιεστής, σε ώρες εκτός λειτουργίας, εκτίθεται σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος μικρότερες από τις αντίστοιχες του στοιχείου ατμοποίησης, οπότε εμφανίζεται συμπύκνωση στην ελαιολεκάνη.

Οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας είναι διαγράμματα στα οποία στον άξονα των τετμημένων (οριζόντιος άξονας, X) απεικονίζεται η θερμοκρασία ατμοποίησης, ενώ στον άξονα των τεταγμένων (κατακόρυφος άξονας Y) η ψυκτική ισχύς. Οι καμπύλες πάνω σ' αυτόν τον τύπο διαγράμματος είναι για σταθερές τιμές θερμοκρασίας συμπυκνώσεως. Ταυτόχρονα, πάνω στο ίδιο διάγραμμα, με διαφορετικά μεγέθη στον άξονα Y μπορεί να υπάρχουν σχεδιασμένες και άλλες καμπύλες πάλι για διαφορετικές τιμές θερμοκρασιών συμπυκνώσεως.



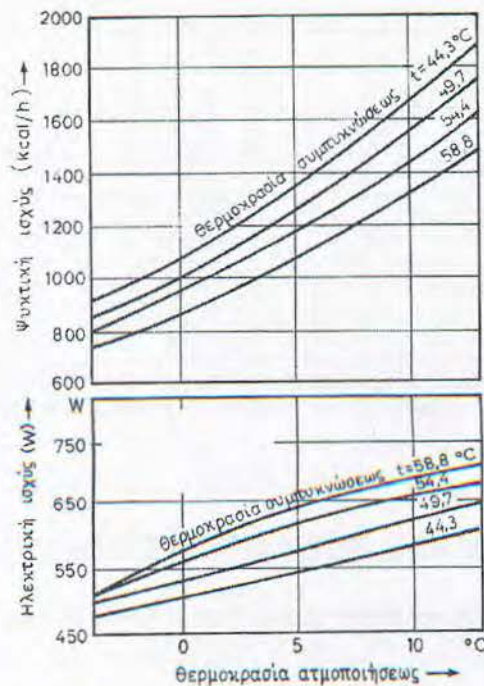
**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 193. Σχήμα 1.4α. Τυπικές χαρακτηριστικές καμπύλες εμβολοφόρου ερμητικού συμπιεστή. Δίνεται η πραγματική ψυκτική ισχύς και η απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς.**



Αναφέρεται σε έναν εμβολοφόρο συμπιεστή, ο οποίος δουλεύει με ψυκτικό μέσο R22 και κινείται από ηλεκτροκινητήρα σταθερού αριθμού περιστροφών, με τιμή 1720 rpm. Το ποσό θερμότητας που απορρίπτεται στο συμπυκνωτή είναι το άθροισμα της ψυκτικής ισχύος και της αντίστοιχης ηλεκτρικής ισχύος. Για να αποφεύγεται η πρόσθεση αυτή, μερικές φορές χαρακτηριστικές καμπύλες δίνουν και το ποσό της απορριπτόμενης θερμότητας.

### 5.1.2.1. Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας εμβολοφόρων συμπιεστών

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας ενός συμπιεστή τύπου «τηγανίτας»:



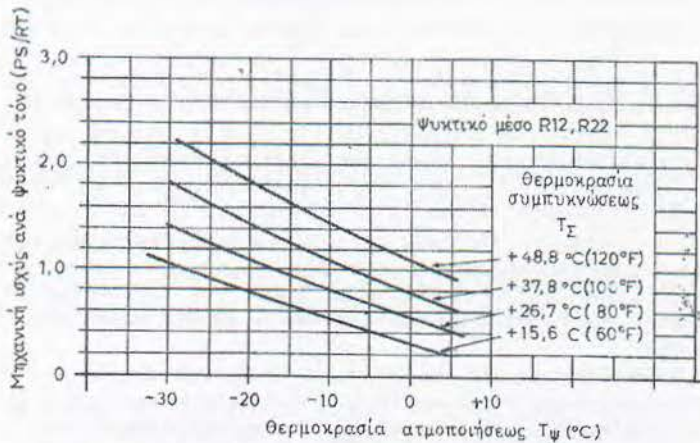
**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 195. Σχήμα 1.4γ. Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας ερμητικού εμβολοφόρου συμπιεστή με ονομαστική ισχύ 1/2PS και ψυκτικό μέσο R - 12. Ονομαστικός αριθμός στροφών 3500rpm σε δίκτυο 60Hz.**

Από τον άξονα των τετμημένων του σχήματος, όπου απεικονίζονται θερμοκρασίες ατμοποίησης, από όπου, προκύπτει το συμπέρασμα ότι ο συμπιεστής αυτός προορίζεται για χρήσεις μικρών συσκευών κλιματισμού. Στις χρήσεις αυτές οι θερμοκρασίες ατμοποίησης του ψυκτικού μέσου δεν είναι χαμηλότερες από 0°C για να αποφεύγεται το πάγωμα του νερού στους σωλήνες, ή η δημιουργία χιονιού πάνω στις επιφάνειες που ψύχουν τον αέρα. Η ψυκτική ισχύς αναφέρεται σε μονάδες kcal/h. Όταν ο συμπιεστής είναι ερμητικού ή ημιερμητικού τύπου, η καθ' αυτό μηχανική ισχύς στην άτρακτό του δε μπορεί να μετρηθεί εύκολα ή μάλλον είναι πρακτικέ περίπου αδύνατο. Γι αυτό στις χαρακτηριστικές καμπύλες του συμπιεστή σαν χαρακτηριστικό μέγεθος δίνεται η ηλεκτρική ισχύς, όπως αυτή μετράται στους ακροδέκτες εισόδου, δηλαδή στους μονωτήρες διαβάσεως στο τοίχωμα του στεγανού κελύφους. Για τις περιπτώσεις συμπιεστών ανοικτού τύπου, η άτρακτος που κινεί το συμπιεστή είναι προσιτή έτσι παρόλο που είναι δύσκολο εντούτοις μπορεί να μετρηθεί η μηχανική



ισχύς, που απαιτείται για την κίνηση του συμπιεστή. Για τη μέτρηση αυτή είτε χρησιμοποιείται ειδικός κινητήρας βαθμονομημένος κατάλληλα, όπου γίνεται μόνο στο εργαστήριο, ή γίνεται μετρώντας τη μηχανική ροπή στρέψεως του άξονα και ταυτόχρονα του αριθμού περιστροφών, οπότε υπολογίζεται η ισχύς. Αντίθετα η μέτρηση της ηλεκτρικής ισχύος των ερμητικών συμπιεστών απαιτεί μόνο ένα κατάλληλο μονοφασικό ή τριφασικό βατόμετρο.

Παράδειγμα του είδους αυτού θεωρητικών χαρακτηριστικών καμπυλών λειτουργίας ενός συμπιεστή με ογκομετρική παροχή  $6,8 \text{ m}^3/\text{h}$  δίνεται στα παρακάτω σχήματα:

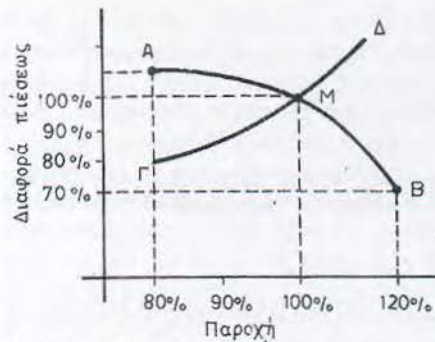


Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 196. Σχήμα 1.4ε. Η θεωρητική μηχανική ισχύς για κάθε ψυκτικό τόνο, η οποία απαιτείται για συμπιεστή με σταθερή ογκομετρική παροχή  $6,8 \text{ m}^3/\text{h}$ .

### 5.1.2.2. Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας φυγοκεντρικών συμπιεστών

Η λειτουργία του φυγοκεντρικού συμπιεστή περιγράφεται σε ένα διάγραμμα, όπου στον άξονα των τετμημένων απεικονίζεται η παροχή του ψυκτικού, στον δε άξονα των τεταγμένων η διαφορά πιέσεως που αναπτύσσει ο φυγοκεντρικός συμπιεστής μεταξύ εισόδου και εξόδου του ατμού.

Ένα τέτοιο διάγραμμα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



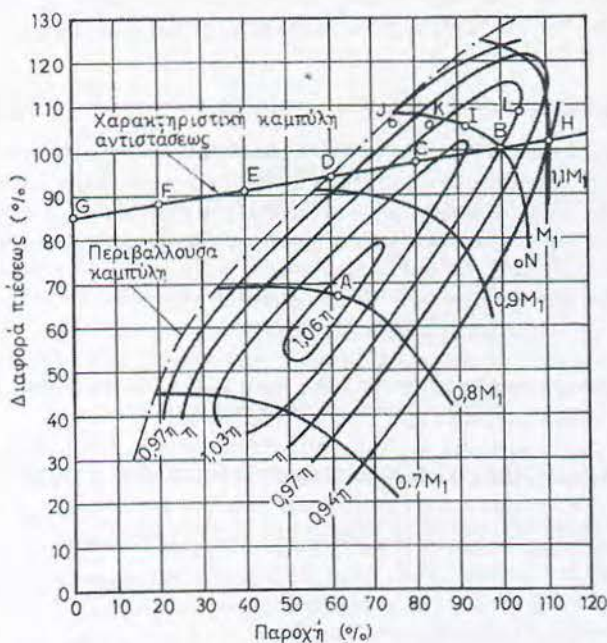
Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 197. Σχήμα 1.4στ. Χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας φυγοκεντρικού συμπιεστή ΑΒ, και καμπύλη αντιστάσεως ροής ΓΔ.

Η καμπύλη AB περιγράφει την λειτουργία του συμπιεστή. Αυτό σημαίνει ότι ο συμπιεστής μπορεί να λειτουργεί σε οποιοδήποτε σημείο της καμπύλης αυτής, ισχύει για ένα συγκεκριμένο αριθμό περιστροφών του συμπιεστή.

Η συμπεριφορά της υπόλοιπης εγκαταστάσεως, εκτός από το συμπιεστή, μπορεί να περιγραφεί από μια άλλη χαρακτηριστική καμπύλη, που κατά κάποιο τρόπο δείχνει την αντίσταση που προβάλλει το εξωτερικό κύκλωμα, εκτός από το συμπιεστή, στη ροή του ψυκτικού μέσου. Ένα παράδειγμα τέτοιας χαρακτηριστικής καμπύλης αντιστάσεως φαίνεται με την καμπύλη ΓΔ του σχήματος, όσο μεγαλώνει η παροχή ψυκτικού μέσου, τόσο αυξάνει η διαφορά πίεσης μεταξύ εξόδου και εισόδου του συμπιεστή, που απαιτείται για να διατηρηθεί η ροή του ψυκτικού μέσου στο κύκλωμα που συνθέτουν ο συμπυκνωτής, το στοιχείο στραγγαλισμού και το στοιχείο ατμοποίησης, και αντιστρόφως.

Το σημείο λειτουργίας της εγκαταστάσεως πρέπει να βρίσκεται ταυτόχρονα και πάνω στην καμπύλη AB, λόγω του συγκεκριμένου αριθμού στροφών λειτουργίας του στροφείου, αλλά και πάνω στην καμπύλη ΓΔ, λόγω της χαρακτηριστικής αντιστάσεως του εξωτερικού κυκλώματος, το χαρακτηριστικό αυτό σημείο θα είναι το σημείο τομής M των δυο καμπυλών AB και ΓΔ.

Πολλές φορές στο παραπάνω διάγραμμα του συμπιεστή, σαν αυτό που φαίνεται στο παραπάνω σχήμα χαράζονται και οι αντίστοιχες καμπύλες που δίνουν το βαθμό αποδόσεώς του:



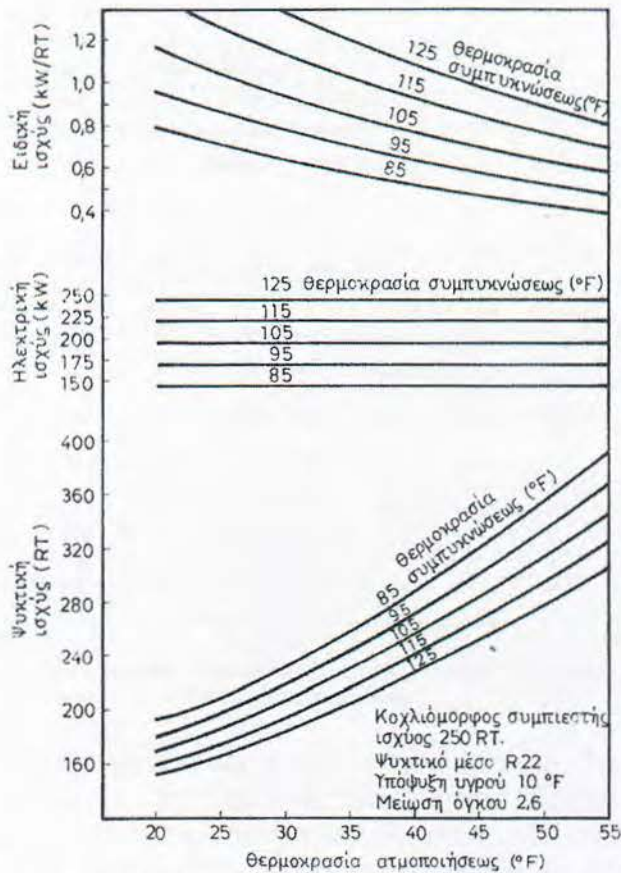
Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 199. Σχήμα 1.4ζ. Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας φυγοκεντρικού συμπιεστή σε διάφορους αριθμούς στροφών.

Τα σημεία, επάνω στη χαρακτηριστική καμπύλη αντιστάσεως έχουν σχεδιασθεί με βήμα 10% της παροχής.



### 5.1.2.3. Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας κοχλιόμορφων συμπιεστών

Οι κοχλιόμορφοι συμπιεστές λειτουργούν με την αρχή της εκτοπίσεως του ψυκτικού μέσου, και συνεπώς οι χαρακτηριστικές τους καμπύλες είναι παρόμοιες με τις αντίστοιχες των εμβολοφόρων συμπιεστών. Στο σχήμα:

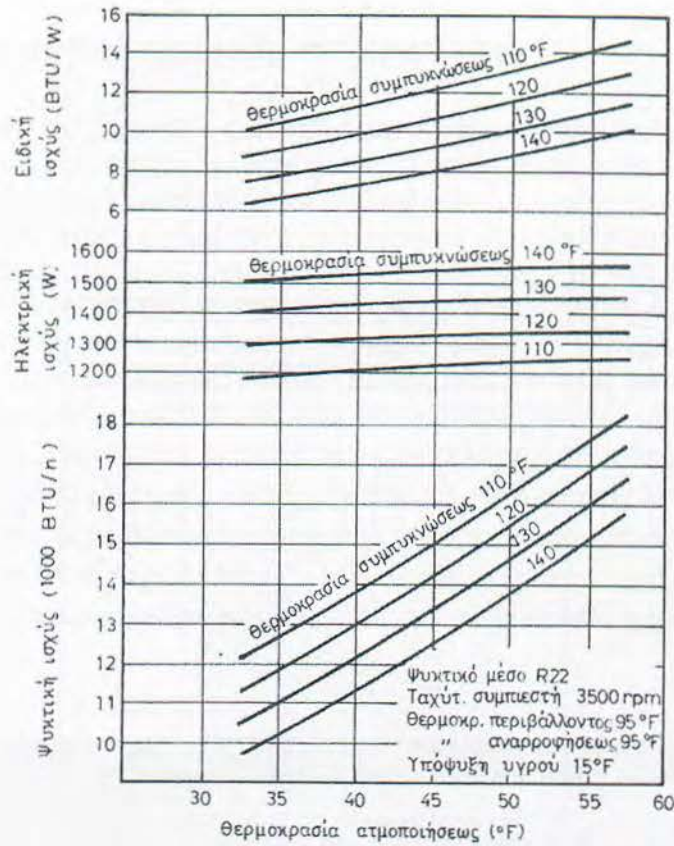


Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 201. Σχήμα 1.4η. Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας κοχλιόμορφου συμπιεστή με λίπανση στους λοβούς.

υπάρχουν οι χαρακτηριστικές καμπύλες συμπεριφοράς ενός κοχλιόμορφου συμπιεστή ονομαστικής ψυκτικής ισχύος 250 RT για ψυκτικό μέσο R22, ο οποίος εργάζεται με 10°F (5,5°C) υπόψυξη συμπυκνώματος και μείωση όγκου ψυκτικού μέσου λόγω αυξήσεως πίεσεως κατά 2,6 φορές.

### 5.1.2.4. Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας συμπιεστών τυμπάνου

Οι συμπιεστές τυμπάνου εκτοπίζουν μηχανικά τον ατμό από την αναρρόφηση προς την εξαγωγή. Για το λόγο αυτό, οι χαρακτηριστικές λειτουργίας τους μοιάζουν με τις αντίστοιχες των εμβολοφόρων. Ένα παράδειγμα τέτοιων χαρακτηριστικών φαίνεται στο διάγραμμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 202. Σχήμα 1.4θ. Χαρακτηριστικές καμπύλες τυπικής συμπεριφοράς συμπιεστή τυμπάνου.

όπου περιγράφεται η συμπεριφορά ενός συμπιεστή τυμπάνου. Τα μεγέθη αφορούν λειτουργία με ψυκτικό μέσο R22 και θερμοκρασία αναρροφήσεως 95°F (35°C), ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία ατμοποίησης. Πρόκειται δηλαδή για λειτουργία, όπου η υπερθέρμανση είναι μεταβλητή. Αντίστοιχα η υπόψυξη του συμπυκνώματος είναι σταθερή και ίση με διαφορά θερμοκρασία 15°F (8,3°C).



### 5.1.3. Απόδοση εμβολοφόρων συμπιεστών

Για τη λειτουργία των συμπιεστών απαιτείται κατανάλωση μηχανικού έργου, δηλαδή μετατροπή του μηχανικού έργου σε θερμότητα η οποία θερμότητα τελικά απορρίπτεται στο περιβάλλον. Αυτό το γεγονός είναι αναπόφευκτη συνέπεια του δεύτερου θερμοδυναμικού αξιώματος. Η ποιότητα λειτουργίας μιας ψυκτικής εγκαταστάσεως περιγράφεται από το συντελεστή συμπεριφοράς (ο λόγος της ψυκτικής ισχύος προς τη μηχανική ισχύ). Ο συντελεστής συμπεριφοράς εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, από τους οποίους σημαντικότεροι είναι το ψυκτικό μέσο, οι θερμοκρασίες συμπυκνώσεως, ατμοποίησης και η ποιότητα της κατασκευής του συμπιεστή. Για όλους τους συμπιεστές, ανεξάρτητα από τον κατασκευαστή, υπάρχουν ορισμένα όρια μέσα στα οποία κυμαίνονται οι τιμές των συντελεστών συμπεριφοράς τους. Οι τιμές αυτές επηρεάζονται κυρίως από το μέγεθος του συμπιεστή και από τη χρήση για την οποία προορίζεται, δηλαδή ουσιαστικά από τις θερμοκρασίες λειτουργίας, μεταξύ των οποίων μεταφέρεται η θερμότητα. <sup>(51)</sup> Οι αποδόσεις λειτουργίας των εμβολοφόρων συμπιεστών ψυκτικών μέσων κυμαίνονται γύρω από τα όρια που δίνει ο πίνακας:

Μέγεθος και είδος συμπιεστή.		Ψυκτικό μέσο και συνθήκες λειτουργίας.			
		-40°C, Ατμοποίηση	-18°C, Ατμοποίηση	+4,4°C, Ατμοποίηση	+7°C, Ατμοποίηση
		+40°C, Συμπύκνωση	+43°C, Συμπύκνωση	+40°C, Συμπύκνωση	+55°C, Συμπύκνωση
		+18°C, Αναρρόφηση	+18°C, Αναρρόφηση	+13°C, Αναρρόφηση	+18°C, Αναρρόφηση
		Χωρίς υπόψυξη συμπυκνώματος	Χωρίς υπόψυξη συμπυκνώματος	Χωρίς υπόψυξη συμπυκνώματος	Χωρίς υπόψυξη συμπυκνώματος
		R-12, 500,502	R-12, 500,502	R-12, 500,502	R-12, 500,502, 22
Ισχύς > 25PS	Ανοικτός Ερμητικός	0,21 RT/PS 0,92 Wat-Ψ/W	0,4 RT/PS 1,76 Wat-Ψ/W	0,9 RT/PS 3,85 Wat-Ψ/W	0,73 RT/PS 2,9 Wat-Ψ/W
Ισχύς 5-25PE	Ανοικτός Ερμητικός	0,21 RT/PS 0,84 Wat-Ψ/W	0,37 RT/PS 1,161 Wat-Ψ/W	0,82 RT/PS 3,52 Wat-Ψ/W	0,64 RT/PS 2,68 Wat-Ψ/W
Ισχύς < 25PS	Ανοικτός Ερμητικός		1,13 Wat-Ψ/W	2,97 Wat-Ψ/W	2,28 Wat-Ψ/W

Σε κάθε θέση του πίνακα αναγράφονται δυο τιμές, οι οποίες όμως είναι ισοδύναμες και εκφράζουν το ίδιο μέγεθος με διαφορετικές μονάδες μετρήσεως. Στο μετρικό σύστημα η ψυκτική ισχύς υπολογίζεται και αυτή με Watt, όπως και η μηχανική ή η ηλεκτρική ισχύς. Για να αποφεύγεται η σύγχυση, όταν πρόκειται για ψυκτική ισχύ, γράφεται το σύμβολο Ψ/W, που δηλώνει Watt ψυκτικής ισχύος. Το ισοδύναμο μέγεθος δίνει την απόδοση του συμπιεστή σε μονάδες «ψυκτικοί τόνοι/ίππο (RT/PS)».

Από τον πίνακα φαίνεται ότι οι συμπιεστές με μεγαλύτερο μέγεθος έχουν καλύτερη απόδοση από τους μικρούς, φαίνεται επίσης και η έντονη επίδραση των συνθηκών λειτουργίας.

<sup>51</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Μέρος δεύτερο Συμπιεστές. 1.5. Απόδοση συμπιεστών.



Πολλές φορές οι αποδόσεις ολοκλήρων σειρών κατασκευής περιγράφονται συνοπτικά με ένα μόνο ή δυο ή τρία από τα χαρακτηριστικά σημεία λειτουργίας. Ως σχετικό παράδειγμα αναφέρονται οι συμπιεστές μιας εταιρίας με σειρά κατασκευής 06D, με επιδόσεις που αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα:

Τύπος		Ψυκτικό μέσο	Ψυκτική ισχύς σε kcal/h και ηλεκτρική ισχύς σε W							
			-5°C		-10°C		-20°C		-30°C	
			Kcal/h	KW	Kcal/h	KW	Kcal/h	KW	Kcal/h	KW
6D21	HMT	12	6320	1,79	3320	1,58	2020	1,34	800	0,76
6D23	H	12	5560	1,46	2640	1,23				
6D23	H	500	6300	1,75	3060	1,4				
6D24	HM	22	10250	2,68	5176	2,37	3150	1,98		
6D24	HM	500	7280	2,03	3930	1,82	2400	1,55		
6D28	HM	22	8375	2,06	4090	1,79	2210	1,44		
6D40	HM	12	8550	2,33	4150	1,87	2350	1,34		
6D41	MT	12			5950	2,83	3750	2,43	1625	1,44
6D42	MT	12			7250	2,91	4425	2,43	1550	1,39
6D43	HM	12	11250	3,25	5950	2,85	3710	2,2		
6D44	HM	500	15110	3,85	7330	3,19				
6D45	H	22	13850	3,56	6310	3,12				
6D47	HM	12	13725	3,35	7325	2,94	4375	2,43		
6D47	M	22			1120	4,61	6140	3,84		
6D48	HM	22	21820	5,14	11450	4,54	6900	3,79		
6D48	HM	500	16200	3,85	8810	3,4	5500	2,9		
6D62	HMT	12	17400	4,42	9250	3,65	5450	2,98	2150	1,68
6D63	HM	12	17675	4,44	9200	3,68	5550	2,86		
6D63	HM	500	20550	4,86	10730	4,22	6300	3,40		
6D67	HM	22	27700	6,7	14450	5,81	8530	7,74		
6D68	HM	22	26950	6,4	14250	5,75	8520	4,81		
6D72	MT	12			14300	5,9	9175	5,9	3790	2,34
6D73	HM	12	27300	7,36	14400	5,85	9295	4,72		
6D73	HM	500	31625	7,94	16760	6,58	10375	5,37		
6D75	HM	22	41700	11,15	22625	9	13625	7,25		

Όλες οι ισχυείς για 1450rpm και συμπύκνωση 35oC

H = υψηλή θερμοκρασία, M = μέση θερμοκρασία, T = χαμηλή θερμοκρασία

Ο συντελεστής συμπεριφοράς CP μπορεί να υπολογισθεί εύκολα από τις τιμές αυτές, αρκεί να μετατραπούν και τα δυο μεγέθη στις ίδιες μονάδες μετρήσεως. Έτσι π.χ. για τον τύπο 6D62 η ψυκτική ισχύς στις αντίστοιχες θερμοκρασίες και ο συντελεστής συμπεριφοράς είναι ως εξής:

Θερμοκρασία ατμοποίησης	-5°C	-10°C	-20°C	-30°C
Ψυκτική ισχύς σε KWatt	20,24	7,95	4,69	1,85
Ηλεκτρική ισχύς σε KWatt	4,42	3,65	2,98	1,68
Συντελεστής συμπεριφοράς	4,58	2,18	1,57	1,10



## **5.1.4. Λίπανση συμπιεστών**

### **5.1.4.1. Λίπανση εμβολοφόρων συμπιεστών**

Όλοι οι συμπιεστές έχουν περιστρεφόμενα μέρη, ενώ οι εμβολοφόροι έχουν επιπλέον τμήματα που κινούνται παλινδρομικά. Για όλες τις κινήσεις υπάρχουν έδρανα και επιφάνειες ολισθήσεως, όπου υπάρχει μηχανική τριβή. Για να ελαττωθεί η τριβή και η φθορά των μετάλλων και να απαγεται η θερμότητα που παράγεται με την τριβή, γιατί αλλιώς βλάβες, χρησιμοποιείται αναγκαστικά το λάδι λιπάνσεως του κινητήρα.

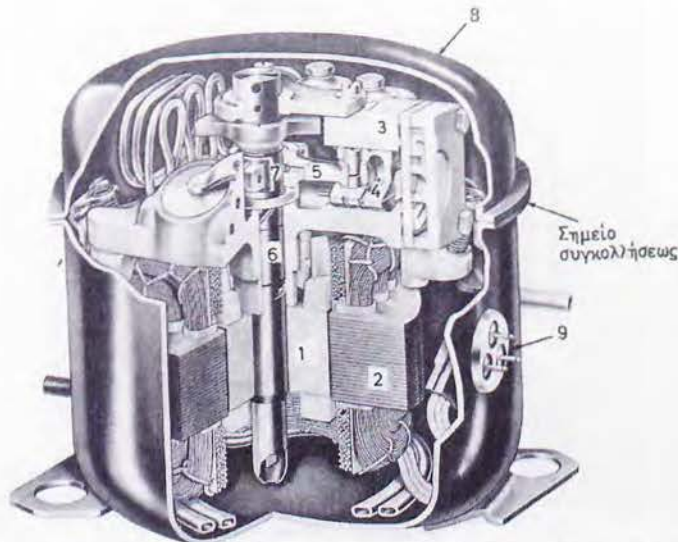
Η κύρια ποσότητα του λαδιού λιπάνσεως, σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας, βρίσκεται στην ελαιολεκάνη του συμπιεστή. Ο τρόπος της αναρροφήσεως ποικίλλει ανάλογα με το μέγεθος και το είδος του συμπιεστή. Η εκλογή του τρόπου λιπάνσεως, εξαρτάται από τις δυνάμεις που ασκούνται και στην ειδική πίεση των επιφανειών τριβής. Έτσι, διακρίνουμε τους εξής τρόπους λιπάνσεως των εμβολοφόρων συμπιεστών: <sup>(52)</sup>

- Λίπανση με εκτίναξη.
- Λίπανση με εμβάπτιση.
- Λίπανση με αντλία.
- Λίπανση με αναστρέψιμη αντλία.

#### **5.1.4.1.1. Λίπανση με εκτίναξη**

Όταν η φόρτιση των επιφανειών τριβής είναι μικρή ή μέτρια, τότε το σύστημα της εκτινάξεως του λαδιού δίνει άριστα αποτελέσματα, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

<sup>52</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Μέρος δεύτερο Συμπιεστές. 1.6. Λίπανση συμπιεστών.



**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 208. Σχήμα 1.60. Ερμητικός εμβολοφόρος συμπιεστής.**

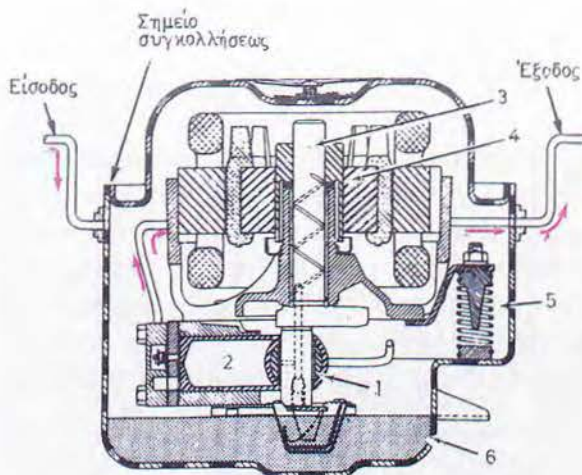
1. Δρομέας ηλεκτροκινητήρα.
2. Ηλεκτρομαγνητικοί πόλοι κινητήρα.
3. Κύλινδρος συμπιεστή.
4. Έμβολο κυλίνδρου.
5. Διωτήρας.
6. Στροφαλοφόρος άτρακτος.
7. Στρόφαλο.
8. Κέλυφος συμπιεστή.
9. Γυάλινοι μονωτήρες.

Ο τρόπος αυτός χρησιμοποιείται όταν είναι απόλυτα εξασφαλισμένη η καθαρότητα των επιφανειών.

#### **5.1.4.1.2. Λιπανση με εμβάπτιση**

Στο σύστημα εμβάπτισεως κατάλληλα διαμορφωμένα κομμάτια που είναι μόνιμα βουτηγμένα κατά ένα ποσοστό στο λάδι και με την κατάλληλη κίνηση το προωθούν προς τις θέσεις λιπάνσεως. Στους μικρούς ερμητικούς συμπιεστές δεν χρησιμοποιούνται συνήθως αντλίες λιπάνσεως για λόγους οικονομίας. Έτσι στους συμπιεστές κλασματικής ισχύος εφαρμόζεται η αρχή της εκτινάξεως ή εμβάπτισεως. Αυτή υλοποιείται χρησιμοποιώντας κάποιο έλασμα ή σωλήνα με κατάλληλη μορφή που συνδέεται στην άρθρωση του διωστήρα, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



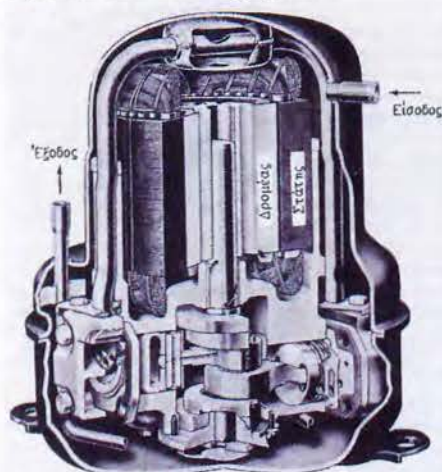


**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 209. Σχήμα 1.6γ. Λιπανση του συμπιεστή - κινητήρα μέσω της αρθρώσεως του διωστήρα και του αγωγού στον άξονα του κάτω μέρους της ατράκτου.**

1. Άρθρωση διωστήρα.
2. Κοίλο εμβολο.
3. Κοινή άτράκτος κινητήρα - συμπιεστή.
4. Έμβολο κυλίνδρου.
5. Διωστήρας.
6. Στροφαλοφόρος άτράκτος.
7. Στρόφαλος.
8. Κέλυφος συμπιεστή.
9. Γυάλινοι μονωτές.

### 1.4.1.3. Λιπανση με αντλία

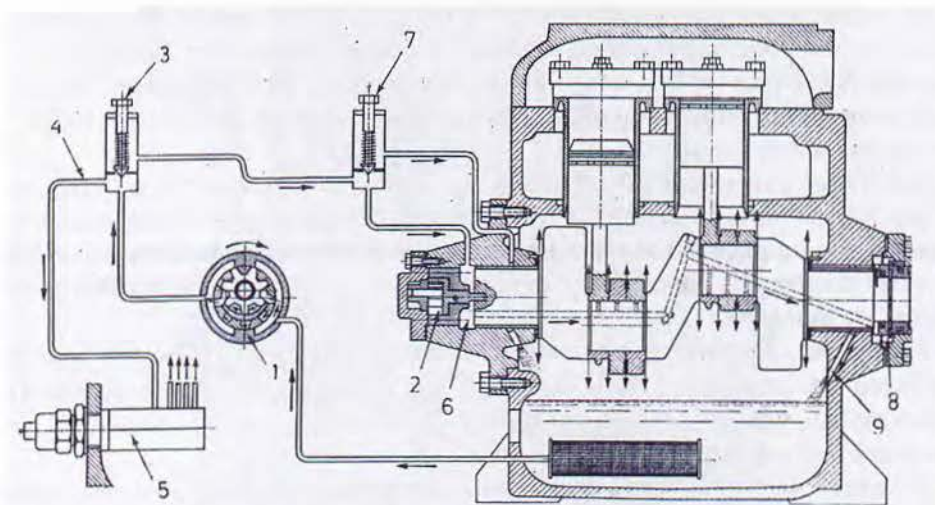
Οι μεγαλύτεροι ερμητικοί συμπιεστές χρησιμοποιούν για την προώθηση του λαδιού λιπάνσεως αντλίες λιπάνσεως τύπου εκτοπίσεως. Στους συμπιεστές αυτούς η αντλία βρίσκεται στο κάτω άκρο του κατακόρυφου άξονα του συμπιεστή. Με τη διάταξη αυτή η αντλία κινείται από τον άξονα και βρίσκεται μέσα στην ελαιολεκάνη κάτω από τη στάθμη του λαδιού, ώστε να μπορεί να αναρροφά το λάδι με ασφάλεια. Σχετική κατασκευή του είδους αυτού φαίνεται στο σχήμα:



**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 210. Σχήμα 1.6ε. Ερμητικός συμπιεστής 1/2PS ως 2PS περίπου. Η αντλία λαδιού είναι στο κάτω μέρος της ατράκτου.**

#### 5.1.4.1.4. Λιπάνση με αναστρέψιμη αντλία

Οι λιπάνση των συμπιεστών ανοικτού τύπου γίνεται συνήθως με αντλίες λιπάνσεως, που ονομάζονται αναστρέψιμες, δηλαδή λειτουργούν ανεξάρτητα από τη φορά περιστροφής του άξονά τους. Οι αντλίες του τύπου αυτού όταν χρησιμοποιούνται για τους συμπιεστές ψυκτικών μέσων, επιτρέπουν τη λειτουργία του συμπιεστή και προς τις δυο κατευθύνσεις περιστροφής, γιατί οι βαλβίδες λειτουργούν μόνο από την πίεση του ατμού μέσα στον κύλινδρο και δεν υπάρχει πρόβλημα την κίνησή τους. Η λειτουργική διάταξη του συστήματος λιπάνσεως του συμπιεστή του τύπου αυτού φαίνεται στο σχήμα:



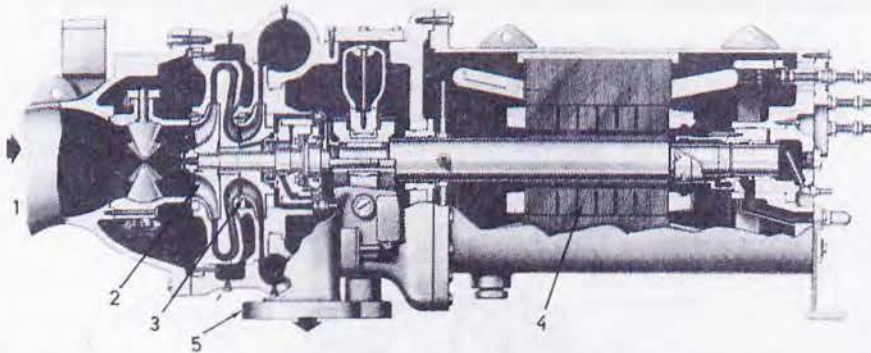
Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 212. Σχήμα 1.6η. Διάταξη του συστήματος λιπάνσεως.

1. Γραναζωτή αντλία.
2. Σχηματική παράσταση γραναζωτής αντλίας.
3. Βαλβίδα ρυθμίσεως υψηλής πίεσης λαδιού.
4. Διακλάδωση προς ρυθμιστή ψυκτικής ισχύος.
5. Κατανεμητής ρυθμιστή ισχύος
6. Θάλαμος λαδιού.
7. Βαλβίδα ρυθμίσεως χαμηλής πίεσης λαδιού.
8. Θάλαμος λαδιού.
9. Επιστροφή λαδιού.



### **5.1.4.2. Λίπανση φυγοκεντρικών συμπιεστών**

Οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές, δεν έχουν ολίσθηση μεταλλικών επιφανειών και έτσι η λίπανσή τους αφορά μόνο τα έδρανα του στροφείου, όπως φαίνεται και στο σχήμα, όπου εικονίζεται ένας φυγοκεντρικός διβάθμιος συμπιεστής.



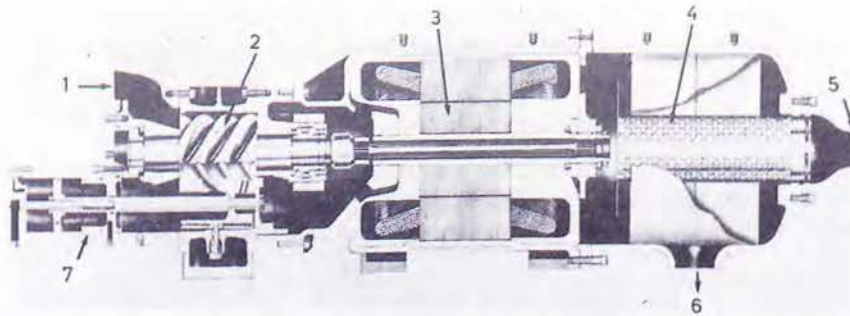
**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 213. Σχήμα 1.6ε. Ερμητικός διβάθμιος φυγοκεντρικός συμπιεστής.**

1. Αναρρόφηση.
2. Στροφέιο πρώτης βαθμίδας συμπίεσεως.
3. Στροφέιο δεύτερης βαθμίδας συμπίεσεως.
4. Ερμητικός ηλεκτροκινητήρας.
5. Εξαγωγή ατμού υψηλής πίεσεως.

### **5.1.4.3. Λίπανση κοχλιόμορφων συμπιεστών**

Η λίπανση των κοχλιομόρφων ατράκτων γίνεται πολλές φορές με έγχυση λαδιού επάνω στις κοχλιόμορφες επιφάνειες. Η έγχυση αυτή γίνεται για να επιτευχθεί στεγανότητα τόσο μεταξύ των περιστρεφόμενων κοχλιών όσο και μεταξύ κοχλιών και κελύφους.

Το λάδι όμως που εγχύνετε έρχεται σε επαφή με το ψυκτικό μέσο και ένα μέρος του συμπαρασύρεται απ' αυτό. Για να συγκρατείται όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ποσότητα λαδιού, και να μην φθάνει στο συμπυκνωτή και στην υπόλοιπη εγκατάσταση λάδι, χρησιμοποιούνται κατάλληλες διατάξεις συγκρατήσεως. Μια διάταξη του είδους αυτού φαίνεται στο σχήμα:

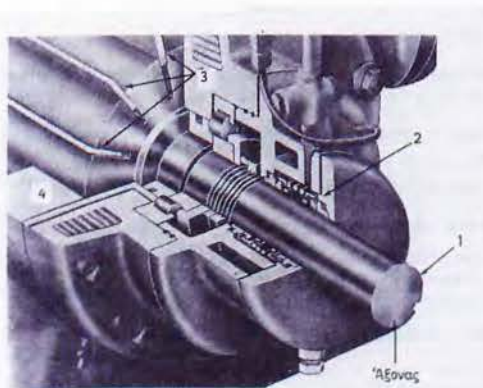


Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 211. Σχήμα 1.6ι. Κοχλιόμορφος συμπιεστής, ερμητικός, μονοβάθμιος.

1. Εισαγωγή.
2. Κοχλιόμορφος συμπιεστής.
3. Ηλεκτροκινητήρας.
4. Διαχωριστής λαδιού.
5. Εξαγωγή.
6. Επιστροφή λαδιού.
7. Ρυθμιστής ψυκτικής ισχύος.

#### **5.1.4.4. Λιπάνση συμπιεστών στρεφόμενου τυμπάνου**

Οι συμπιεστές με περιστρεφόμενο τύμπανο, έχουν και αυτοί ολισθαίνουσες επιφάνειες και απαιτούν λιπάνση του τυμπάνου και των συρτών, που εφάπτονται σε αυτό. Για το λόγο αυτό, η εσωτερική επιφάνεια των τοιχωμάτων του κελύφους καθώς και η επιφάνεια του τυμπάνου είναι μόνιμα καλυμμένες με ένα λεπτό στρώμα λαδιού. Έτσι όμως ο ατμός του ψυκτικού μέσου, βρίσκεται πάντοτε σε επαφή με το λάδι λιπάνσεως. Στην περίπτωση των συμπιεστών περιστρεφόμενου τυμπάνου, όταν αυτοί είναι ανοικτού τύπου, απαιτείται λάδι λιπάνσεως και για τη στεγανοποίηση του ανοικτού άκρου. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η κατασκευή του συμπιεστή περιστρεφόμενου τυμπάνου με 8 περιστρεφόμενους σύρτες:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 215. Σχήμα 1.6ιβ. Τομή συμπιεστή τυμπάνου, με 8 στρεφόμενους σύρτες.

1. Άτρακτος κινήσεως.
2. Διάταξη στεγανοποίησης.
3. Σύρτες.
4. Κέλυφος.



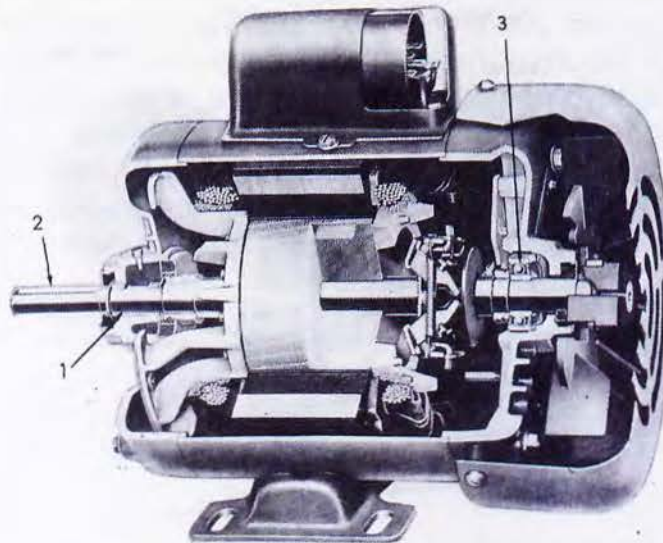


### 5.1.5. Ηλεκτροκινητήρες συμπιεστών

Στις ψυκτικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται ηλεκτροκινητήρες για πολλές εφαρμογές, οι πιο συνηθισμένες από τις οποίες είναι οι εξής: <sup>(53)</sup>

- Κίνηση συμπιεστών ψυκτικών μέσων.
  - ο Συμπιεστές ανοικτού τύπου (κίνηση με ιμάντα - τροχαλία).
  - ο Ερμητικοί συμπιεστές (κοινός άξονας κινητήρα - συμπιεστή).
- Κίνηση ανεμιστήρων.
  - ο Ανεμιστήρες συμπυκνωτών.
  - ο Ανεμιστήρες στοιχείων ατμοποίησης.
  - ο Ανεμιστήρες κυκλοφορίας αέρα σε χώρους.
- Κίνηση αντλιών.
  - ο Αντλίες υγρού ψυκτικού μέσου.
  - ο Αντλίες κρύου νερού.
  - ο Αντλίες νερού ψύξεως υδροψύκτων συμπυκνωτών.
  - ο Αντλίες λαδιού λιπάνσεως.

Κάθε ηλεκτροκινητήρας αποτελείται από δυο χαρακτηριστικά τμήματα: το τμήμα που περιστρέφεται, το δρομέα ή στροφέιο, και το ακίνητο ή στατό μέρος γνωστό και με το όνομα στάτης. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται σε τομή ένας τύπος ηλεκτροκινητήρα, σαν αυτούς που χρησιμοποιούνται για κίνηση συμπιεστών ανοικτού τύπου ή για κίνηση ανεμιστήρων σε εγκαταστάσεις κλιματισμού.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 217. Σχήμα 1.7α. Τομή ηλεκτροκινητήρα κατάλληλου για κίνηση συμπιεστών ανοικτού τύπου.

1. Έδρανο ολισθήσεως.
2. Κινητήριος άξονας.
3. Έδρανο κλίσεως.

<sup>53</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Μέρος δεύτερο. Συμπιεστές. 1.7. Ηλεκτροκινητήρες συμπιεστών.



Ανάλογα με την κατασκευή τους και το είδος του εναλλασσόμενου ρεύματος που απαιτούν για τη λειτουργία τους, οι ηλεκτροκινητήρες διακρίνονται σε:

- Μονοφασικούς.
- Τριφασικούς.

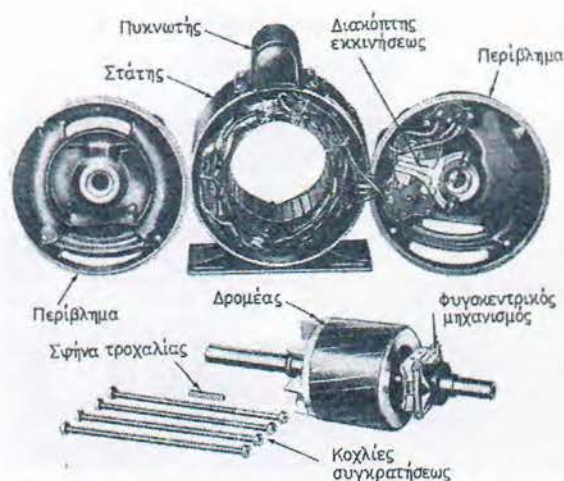
Οι μονοφασικοί κινητήρες συνδέονται με τη μία φάση του δικτύου (220 V), με τον ουδέτερο, και με τη γείωση του συστήματος για την προστασία των μεταλλικών μερών τους.

Οι τριφασικοί κινητήρες λειτουργούν και με τις τρεις φάσεις του δικτύου και πολλές φορές χρησιμοποιούν και τον ουδέτερο αγωγό του. Η τάση μεταξύ των φάσεων είναι 380 V, ενώ μεταξύ φάσεως και ουδέτερου 220 V. Οι τριφασικοί κινητήρες συνδέονται προς το δίκτυο με τρεις ή τέσσερις αγωγούς, τρεις αν χρησιμοποιούν μόνο τις τρεις φάσεις και τέσσερις αν χρησιμοποιούν επί πλέον και τον ουδέτερο. Πέρα από αυτούς, χρησιμοποιείται και ο αγωγός γείωσης – προστασίας μεταλλικών μερών. Έτσι συνολικά ένας τριφασικός κινητήρας συνδέεται με 4 ή 5 αγωγούς προς τη θέση ρευματοδοτήσεώς του.

Στους ηλεκτροκινητήρες το ηλεκτρικό ρεύμα παράγει στρεφόμενα μαγνητικά πεδία, που αναγκάζουν το δρομέα να περιστραφεί, έτσι μετατρέπεται η ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική. Τα στρεφόμενα μαγνητικά πεδία παράγονται από κατάλληλα τυλίγματα ηλεκτρικών αγωγών μέσα και γύρω από τους οπλισμούς των ηλεκτρομαγνητών του στάτη. Ηλεκτρικά τυλίγματα, ανάλογα με τον κινητήρα, υπάρχουν μόνο στο στάτη ή και στο δρομέα.

Όταν ο κινητήρας έχει τυλίγματα μόνο στο στάτη, ενώ ο δρομέας δεν έχει εμφανή τυλίγματα, τότε λέγεται επαγωγικός κινητήρας ή κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα. Οι επαγωγικοί κινητήρες όμως έχουν στο δρομέα ράβδους από χαλκό ή αλουμίνιο στις οποίες επάγεται ρεύμα. Με το ρεύμα αυτό και με το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο του ακίνητου κελύφους παράγονται οι μηχανικές δυνάμεις που στρέφουν τον άξονα. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται επάνω στο δρομέα οι αγώγιμες ράβδοι, που δεν είναι παράλληλες προς τον άξονα αλλά έχουν κλίση. Ακριβέστερα όμως, επαγωγικός κινητήρας είναι ο ηλεκτροκινητήρας, που τροφοδοτείται μόνο στο ένα του τύλιγμα (συνήθως στο στάτη) ενώ δημιουργεί ρεύμα εξ επαγωγής σε ένα τύλιγμα (συνήθως στο δρομέα).





**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 215. Σχήμα 1.7β. Επαγωγικός κινητήρας αποσυναρμοποιημένος.**

Οι επαγωγικοί κινητήρες, που ανήκουν στην κατηγορία των ασύγχρονων κινητήρων, είναι πολύ διαδεδομένοι, γιατί κατασκευάζονται πιο εύκολα και είναι πιο φθηνοί από άλλους τύπους. Παρουσιάζουν όμως μια μικρή μεταβολή του αριθμού στροφών, ανάλογα προς το φορτίο τους.

Οι επαγωγικοί κινητήρες δεν είναι απαραίτητο να έχουν υποτυπώδη μορφή τυλιγματος στο δρομέα. Ορισμένοι τύποι επαγωγικών κινητήρων έχουν περίπου κανονικό ηλεκτρικό τύλιγμα και στο δρομέα, όπως είναι π.χ. ο επαγωγικός κινητήρας, το οποίο όμως χρησιμεύει και για την εκκίνηση του κινητήρα. Έτσι το τύλιγμα του δρομέα τροφοδοτείται αρχικά με ρεύμα και στη συνέχεια, μετά την εκκίνηση του κινητήρα, αποσυνδέεται από το δίκτυο και βραχυκυκλώνεται. Η μεταγωγή γίνεται με φυγοκεντρικό μηχανισμό, ο οποίος ενεργοποιείται ανάλογα με τον αριθμό περιστροφών του άξονα.

Βέβαια, οι κινητήρες που δεν διαθέτουν τύλιγμα στο δρομέα, είναι εφοδιασμένοι με άλλα συστήματα εκκίνησης. Ανάλογα με τη διαμόρφωση των συστημάτων αυτών έχουν αναπτυχθεί και αντίστοιχοι τύποι επαγωγικών ασύγχρονων ηλεκτροκινητήρων. Τα χαρακτηριστικά μεγέθη του ηλεκτρικού δικτύου είναι η τάση του και η συχνότητα, τα οποία έχουν αντίστοιχα ονομαστικές τιμές 220 V και 50 Hz. Οι τιμές όμως αυτές και ιδίως η τάση μπορεί να κυμαίνονται με την πάροδο του χρόνου λόγω αλλαγής των φορτίων της περιοχής, ή της γενικότερης καταστάσεως του δικτύου. Τόσο η μεταβολή της τάσεως όσο και η μεταβολή της συχνότητας προκαλούν μεταβολές στη λειτουργία του επαγωγικού κινητήρα. Ιδιαίτερα επικίνδυνη είναι η πτώση της τάσεως που προκαλούν αύξηση του ρεύματος και υπερθέρμανση του κινητήρα.

Οι περισσότεροι μονοφασικοί κινητήρες, εκτός από το τύλιγμα λειτουργίας, χρησιμοποιούν και ένα δεύτερο τύλιγμα για την εκκίνησή τους. Το δεύτερο αυτό τύλιγμα πρέπει να τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα, που βρίσκεται σε διαφορά φάσεως, σε σχέση με το ρεύμα του κύριου τυλιγματος, ώστε ο κινητήρας, κατά την εκκίνηση, να μοιάζει περίπου με διφασικό. Η διαφορά αυτή φάσεως δημιουργείται είτε από την αυτεπαγωγή του τυλιγματος εκκίνησης, η οποία σκοπίμως κατασκευάζεται διαφορετική από την αντίστοιχη του τυλιγματος λειτουργίας, είτε με την τοποθέτηση εν σειρά προς το τύλιγμα εκκίνησης κατάλληλου πυκνωτή ή και αντιστάσεως. Σε ορισμένους τύπους κινητήρων, το τύλιγμα εκκίνησης παραμένει σε χρήση και κατά τη λειτουργία, αφού γίνει κατάλληλη αλλαγή συνδεσμολογίας, μετά φυσικά από την εκκίνηση.



Οι τύποι ηλεκτροκινητήρων, που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις ψύξεως, καθώς και για την κίνηση των ιδίων των συμπιεστών ψυκτικού μέσου είναι:

Τύπος κινητήρα		Ισχύς	Τροφοδότηση
Κλασματικοί (ισχύος < 1PS)	Βοηθητικής φάσεως (split phase)	1/20 - 1/3	Μονοφασική
	Πυκνωτή εκκινήσεως (capacitor start)	1/8 - 1	
	Απωστικής εκκινήσεως (repulsion start)		
	Μόνιμης βοηθητικής φάσεως και πυκνωτή (permanent - split - capacitor)	1/20 - 1	
	Σκιασμένου πόλου (shaded pole)	mPS - 1	
	Επαγωγικός τυλιγμένου δρομέα (squirrel cage induction)	1/6 - 1	Τριφασική
Ισχύος > 1PS	Εκκινήσεως πυκνωτή - λειτουργίας πυκνωτή (capacitor start - capacitor run)	1 - 5	Μονοφασική
	Απωστικής εκκινήσεως (repulsion start)		
	Επαγωγικός τυλιγμένου δρομέα (squirrel cage induction)	1 και άνω	Τριφασική
	Με δακτυλίου (slip - ring)		
Μόνιμης βοηθητικής φάσεως και πυκνωτή (Permanent - split - capacitor)	1 - 5	Μονοφασική	

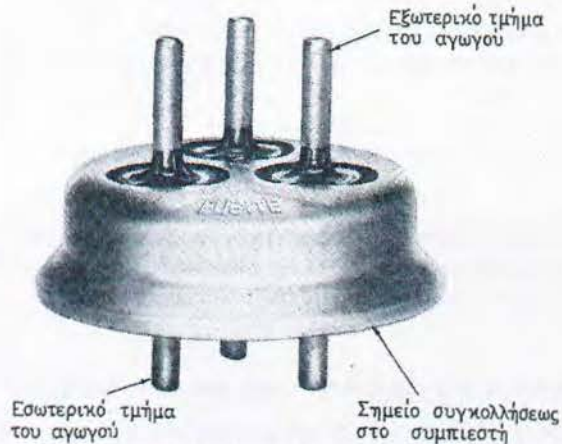
### **5.1.5.1. Επαγωγικός κινητήρας βοηθητικής φάσης (split phase)**

Στο στάτη, εκτός από τα τυλίγματα λειτουργίας (συνήθως 2 ή 4), που σχηματίζουν πόλους μαγνητών (1 ή 2 ζεύγη πόλων), ανάλογα με τον επιθυμητό αριθμό στροφών, υπάρχουν και ισάριθμα τυλίγματα της βοηθητικής φάσεως. Τα τυλίγματα αυτά είναι μετατοπισμένα στο κέλυφος αρκετές μοίρες, ως προς τα αντίστοιχα τυλίγματα λειτουργίας, είναι κατασκευασμένα από λεπτότερο σύρμα και έχουν πολύ περισσότερες στροφές από ότι τα τυλίγματα λειτουργίας. Έτσι με τη μεγαλύτερη αυτεπαγωγή του τυλίγματος εκκινήσεως, ως προς το τύλιγμα λειτουργίας, δημιουργείται, για την ίδια τάση τροφοδοτήσεως από το δίκτυο, διαφορά φάσεως στα ρεύματα που περνούν στο κύριο τύλιγμα και στο τύλιγμα εκκινήσεως.

Με τον τρόπο αυτό το τύλιγμα εκκινήσεως λειτουργεί σαν να τροφοδοτείται από μια άλλη φάση του δικτύου, παρόλο ότι ο κινητήρας είναι μονοφασικός.

Η σύνδεση του τυλίγματος εκκινήσεως στην αρχή της εκκινήσεως και η αποσύνδεσή του, όταν αυξηθεί ο αριθμός των στροφών και φθάσει ένα ποσοστό της ονομαστικής του τιμής, γίνεται συνήθως με ένα ηλεκτρονόμο (ρελαί) εκκινήσεως.

Ο τύπος αυτός του κινητήρα, επειδή είναι φθηνός και απλός στη λειτουργία του, χρησιμοποιείται στους περισσότερους ερμητικούς συμπιεστές κλασματικής ισχύος παρά το γεγονός ότι κατά την εκκίνησή του έχει μικρή ροπή στρέψεως. Στους ερμητικούς συμπιεστές, ο ηλεκτρονόμος εκκινήσεως είναι έξω από το στεγανό κέλυφος και για το λόγο αυτό, παρόλο ότι ο κινητήρας είναι μονοφασικός, υπάρχουν τρεις αγωγοί και όχι δύο, που περνούν με τους αντίστοιχους μονωτήρες προς το στεγανό μέρος, όπως φαίνεται στο σχήμα:



**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 222. Σχήμα 1.7δ. Μονωτήρες διαβάσεως ερμητικού συμπιεστή. Οι τρεις αγωγοί είναι μονωμένοι με γυαλί ως προς το μεταλλικό κύαθιο, που στερεώνεται στο κέλυφος του συμπιεστή με ηλεκτρόλκολληση. Ένας αγωγός είναι για το τύλιγμα λειτουργίας, ένας για το τύλιγμα εκκινήσεως και ο τρίτος και για δύο τυλίγματα.**

### **5.1.5.2. Επαγωγικός κινητήρας πυκνωτή εκκινήσεως (capasitor start)**

Ως προς την αρχή λειτουργίας μοιάζουν με τους κινητήρες βοηθητικής φάσεως. Εδώ όμως προστίθεται στο κύκλωμα του τυλίγματος εκκινήσεως και ένας πυκνωτής εκκινήσεως. Έτσι, η διαφορά φάσεως μεταξύ των ρευμάτων στο τύλιγμα λειτουργίας και στο τύλιγμα εκκινήσεως μπορεί να γίνει μεγάλη και να επιτευχθεί σημαντική αύξηση της ροπής εκκινήσεως.

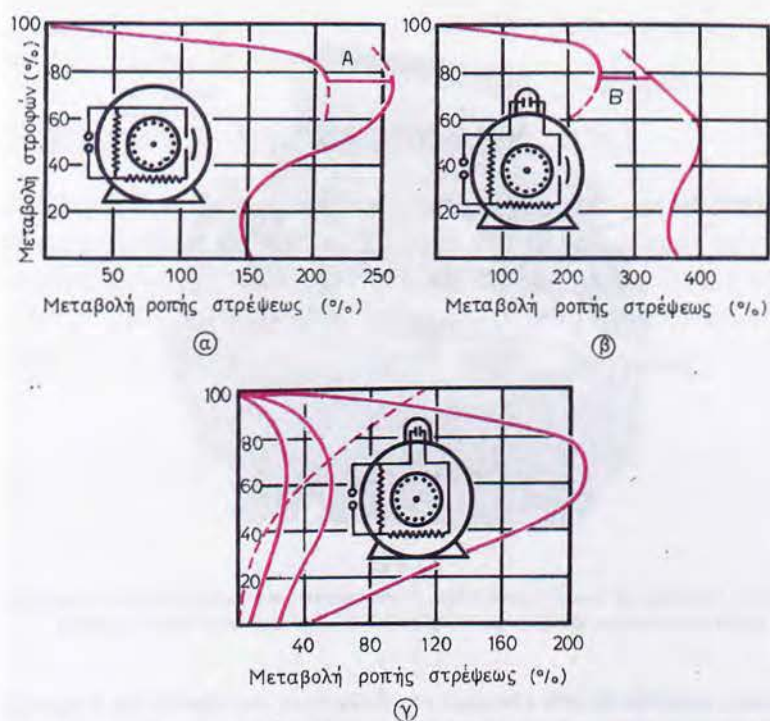
### **5.1.5.3. Επαγωγικός κινητήρας απωστικής εκκινήσεως (repulsive start)**

Έχουν πολύ μεγάλη στρεπτική ροπή εκκινήσεως και παλιότερα τους χρησιμοποιούσαν πολύ στους συμπιεστές ανοικτού τύπου. Επειδή είναι ακριβότεροι αντικαθίστανται από κινητήρες με πυκνωτή.



#### **5.1.5.4. Επαγωγικός κινητήρας μόνιμης βοηθητικής φάσεως με πυκνωτή (permanent split capacitor (PSC))**

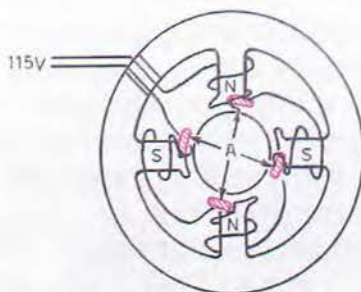
Ο τύπος αυτός κινητήρα έχει στο κύκλωμα του τυλίγματος εκκινήσεως μόνιμα ένα πυκνωτή. Το κύκλωμα εκκινήσεως με τον πυκνωτή εν σειρά, παραμένει σε λειτουργία όχι μόνο κατά την εκκίνηση αλλά και κατά τη λειτουργία. Το γεγονός αυτό όμως επιβάλλει άλλες τιμές στον πυκνωτή και έτσι η ροπή στρέψεως κατά την εκκίνηση είναι μειωμένη. Κινητήρες του τύπου αυτού δεν είναι τόσο κατάλληλοι για συμπιεστές ψύξεως, αλλά χρησιμοποιούνται κυρίως σε εφαρμογές εγκαταστάσεων κλιματισμού. Μια σύγκριση της συμπεριφοράς των τριών τύπων επαγωγικών κινητήρων με βοηθητική φάση, που έχουν αναπτυχθεί ήδη, υπάρχει στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 224. Σχήμα 1.7στ. Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας μονοφασικές λειτουργίας μονοφασικών επαγωγικών κινητήρων με βοηθητική φάση. Ο οριζόντιος άξονας δίνει την ροπή στρέψεως ως ποσοστό της ονομαστικής τιμής για πλήρες φορτίο. Στον κατακόρυφο άξονα εμφανίζεται το ποσοστό του μέγιστου θεωρητικού αριθμού στροφών, που αντιστοιχεί στις στροφές σύγχρονου κινητήρα.

#### **5.1.5.5. Επαγωγικός κινητήρας με σκιασμένο πόλο**

Η ονομασία των κινητήρων αυτών προέρχεται από την κατασκευή των μαγνητικών πόλων του στάτη. Όπως φαίνεται στο σχήμα:

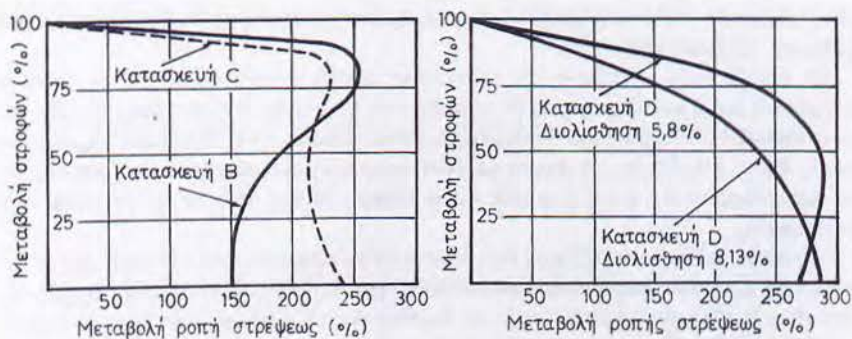


Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 229. Σχήμα 1.7η. Αρχή λειτουργίας κινητήρα με σκιασμένο πόλο.

Η αρχή λειτουργίας τους περιλαμβάνει μια μερική σκίαση του σιδερένιου πυρήνα των ηλεκτρομαγνητών με κομμάτια χαλκού, τα οποία δεν είναι σιδηρομαγνητικά, και έχουν γύρω τους κατάλληλο επαγωγικό τύλιγμα. Έτσι δημιουργείται ηλεκτρομαγνητική καθυστέρηση στο κομμάτι αυτών των πόλων και φαινόμενο ανάλογο προς αυτό που δημιουργεί το τύλιγμα της βοηθητικής φάσεως.

### 5.1.5.6. Ασύγχρονοι επαγωγικοί τριφασικοί κινητήρες

Οι κινητήρες που αναφέρθηκαν μέχρι τώρα ήταν μονοφασικοί κλασματικής ισχύος. Οι τριφασικοί κινητήρες συνήθως κατασκευάζονται για μεγαλύτερες ισχύεις, αν και υπάρχουν και εξαιρέσεις. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας των ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων, που χρησιμοποιούνται για την κίνηση συμπιεστών ψυκτικών μέσων, έχουν μορφές σαν αυτές:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 227. Σχήμα 1.7ι. Χαρακτηριστικές λειτουργίας ασύγχρονων (επαγωγικών) τριφασικών κινητήρων. Οι κινητήρες κατασκευής Β έχουν μικρότερη μεταβολή του αριθμού στροφών με την μεταβολή του αριθμού στροφών με τη μεταβολή του φορτίου. Το αντίθετο ισχύει για τις κατασκευές D με μικρότερη και μεγαλύτερη ολίσθηση.

Υπενθυμίζεται ότι η φορά περιστροφής των τριφασικών κινητήρων, αναστρέφεται, όταν διασταυρωθούν στους ακροδέκτες του κινητήρα δυο οποιεσδήποτε από τις τρεις φάσεις του δικτύου.

Όπως φαίνεται από τις χαρακτηριστικές καμπύλες του τριφασικού κινητήρα, η στρεπτική ροπή εκκινήσεως και η σταθερότητα των στροφών δεν επιτυγχάνονται με ένα είδος κατασκευής. Η παράμετρος που επηρεάζει τα μεγέθη αυτά είναι κυρίως η αντίσταση του τυλίγματος του δρομέα, που όταν είναι μεγάλη δίνει στον κινητήρα



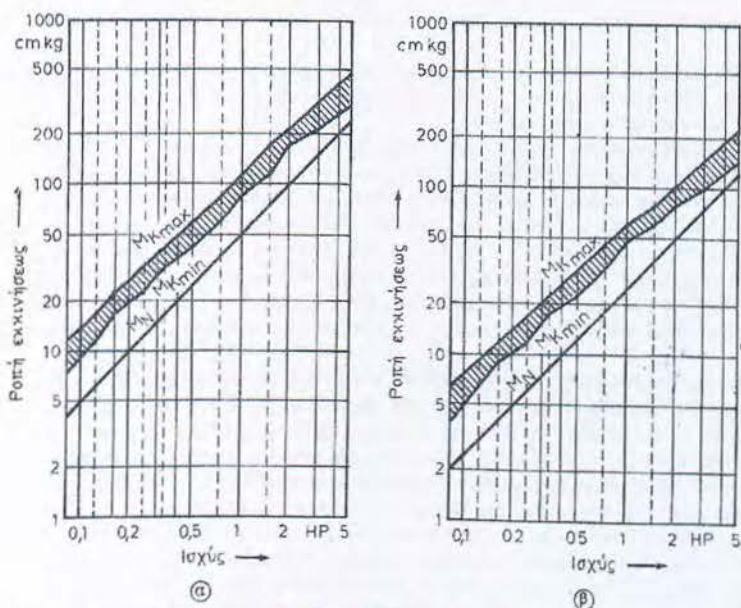
μεγάλη ροπή εκκινήσεως αλλά και μεγάλη μεταβολή στον αριθμό στροφών καθώς μεταβάλλεται το φορτίο του κινητήρα. Αντίθετα όταν η παράμετρος είναι μικρή, ο κινητήρας έχει μικρότερη ροπή εκκινήσεως, αλλά καλύτερη σταθερότητα αριθμού στροφών κατά τις μεταβολές των εξωτερικών φορτίων. Τη συμπεριφορά αυτή έχουν οι τριφασικοί κινητήρες με σταθερή αντίσταση τυλίγματος στο δρομέα.

Όταν υπάρχουν υψηλές απαιτήσεις χρησιμοποιούνται ασύγχρονοι κινητήρες με δακτυλίους. Στους κινητήρες αυτούς, τα τρία τυλίγματα του δρομέα συνδέονται στη μια τους άκρη επάνω στο δρομέα, ενώ τα τρία ελεύθερα άκρα τους καταλήγουν σε τρεις δακτυλίους, που συνδέονται ομοαξονικά με τον άξονα του κινητήρα, ηλεκτρικά μονωμένοι, και περιστρέφονται μαζί του. Πάνω σ' αυτούς τους δακτυλίους ακουμπούν τρεις ψήκτρες, που συνδέουν τους δακτυλίους και φυσικά τα τυλίγματα του δρομέα με τρεις εξωτερικές αντιστάσεις, συνήθως μεταβλητές ή με βαθμίδες. Έτσι μεταβάλλεται η αντίσταση του τριφασικού τυλίγματος του δρομέα και επιτυγχάνεται υψηλή ροπή εκκινήσεως, σταθερότητα αριθμού στροφών, και ρύθμιση αριθμού στροφών.

Οι ασύγχρονοι κινητήρες με δακτυλίους επιτυγχάνουν εκκίνηση με μεγάλη ροπή εκκινήσεως, αλλά ταυτόχρονα με μικρές υπερεντάσεις. Αντίθετα, οι τριφασικοί ασύγχρονοι με βραχυκυκλωμένο δρομέα, κατά τη στιγμή της εκκινήσεως, έχουν μικρότερη, σε σχέση με τους κινητήρες με δακτυλίους, στρεπτική ροπή και απορροφούν 4 ως 5 φορές περισσότερο ρεύμα, από το ρεύμα κανονικής λειτουργίας.

Η χρήση διακόπτη αστέρα - τριγώνου, δεν είναι κατάλληλη για λειτουργία με συμπιεστές, γιατί με τον τρόπο αυτό η ροπή εκκινήσεως είναι πολύ μικρή, αυτό οφείλεται στο μειωμένο ρεύμα με το οποίο λειτουργεί η σύνδεση των τριών τυλιγμάτων σε διάταξη αστέρα.

Οι μονοφασικοί επαγωγικοί κινητήρες, που είναι κατάλληλοι για συμπιεστές ψυκτικών μέσων, πρέπει να έχουν ροπή εκκινήσεως μεγαλύτερη από την αντίστοιχη της κανονικής λειτουργίας. Το υπόλοιπο της ροπής, κατά σχετικούς κανονισμούς, φαίνεται στα διαγράμματα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 228. Σχήμα 1.7ια. Απαιτούμενη στρεπτική ροπή εκκινήσεως μονοφασικών επαγωγικών κινητήρων, για ερμητικούς συμπιεστές.

Η ελάχιστη τιμή των στρεπτικών ροπών εκκινήσεως επιβάλλεται από τη δυσκολία εκκινήσεως του συμπιεστή. Η μέγιστη τιμή επιβάλλεται από λόγους μηχανικής αντοχής του συμπιεστή και δεν επιτρέπεται να είναι μεγαλύτερη, γιατί υπάρχει φόβος πρόωρης φθοράς ή πιθανόν και θραύσεως.



## 5.2. Συμπυκνωτές

Ο συμπυκνωτής μιας ψυκτικής εγκαταστάσεως απορρίπτει προς το περιβάλλον θερμότητα του ψυκτικού κύκλου, η οποία ισούται περίπου με το άθροισμα της ψυκτικής ισχύος και της ισχύος του συμπιεστή. Μικρό μέρος της θερμότητας απορρίπτεται, λόγω απωλειών, και από σωληνώσεις και από το συμπιεστή. Το περιβάλλον, στο οποίο απορρίπτεται η θερμότητα, είναι είτε ο ατμοσφαιρικός αέρας, είτε κάποιο διαθέσιμο ρεύμα νερού είτε ένας συνδυασμός αέρα περιβάλλοντος και νερού που εξατμίζεται. Έτσι, ανάλογα με το περιβάλλον, στο οποίο απορρίπτεται η θερμότητα των συμπυκνωτών ψυκτικών εγκαταστάσεων, έχουν αναπτυχθεί και οι αντίστοιχοι τύποι συμπυκνωτών, που κατατάσσονται στις εξής τρεις ομάδες: <sup>(54)</sup>

- Αερόψυκτοι συμπυκνωτές.
- Υδρόψυκτοι συμπυκνωτές.
- Συμπυκνωτές εξατμίσεως νερού.

Βέβαια σε κάθε μία από τις παραπάνω ομάδες διακρίνομε και υποομάδες, ανάλογα με τα ιδιαίτερα λειτουργικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά κάθε συμπυκνωτή. Εκτός από το περιβάλλον, το είδος του συμπυκνωτή που χρησιμοποιείται στην εγκατάσταση, εξαρτάται και από αρκετούς άλλους παράγοντες, μερικούς τους οποίους είναι οι εξής: <sup>(55)</sup>

- Το μέγεθος εγκαταστάσεως.
- Η δυνατότητα επιβλέψεως, ή συντηρήσεως.
- Η διαθεσιμότητα νερού για ψύξη συμπυκνωτή.
- Τα κλιματολογικά δεδομένα, ιδίως η σχετική υγρασία.

Όταν η εγκατάσταση είναι πολύ μικρή, δεν μπορεί να γίνεται λόγος για υδρόψυκτο συμπυκνωτή, γιατί περιπλέκεται η κατασκευή. Όταν η εγκατάσταση είναι μέσης ή μεγάλης ισχύος, και υπάρχει διαθέσιμο νερό για την ψύξη της, τότε βέβαια θα χρησιμοποιηθεί υδρόψυκτος συμπυκνωτής, γιατί είναι πολύ μικρότερος, από τους αερόψυκτους, και στοιχίζει λιγότερο.

Ο υδρόψυκτος συμπυκνωτής επανακυκλοφορεί το νερό το οποίο ψύχεται σε ένα πύργο ψύξεως. Για τη σωστή λειτουργία του συμπυκνωτή αρκεί το νερό να έχει την κατάλληλη θερμοκρασία εισόδου ώστε να πάρει την θερμότητα που πρέπει να απορρίψει.

Στους συμπυκνωτές εξατμίσεως οι σωλήνες, μέσα στους οποίους κυκλοφορεί ατμός του ψυκτικού, ψύχονται τόσο με τον αέρα, που κυκλοφορεί γύρω τους, όσο και με σταγόνες νερού, που πεκάζονται κατάλληλα πάνω στις επιφάνειες των σωλήνων. Έτσι με την εξάτμιση των σταγονιδίων απάγεται πρόσθετη θερμότητα από τον ατμό του ψυκτικού μέσου.

Τελικά με την αφαίρεση θερμότητας από το συμπυκνωτή εξυπηρετούνται τρεις λειτουργίες: <sup>(55)</sup>

<sup>54</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> Συμπυκνωτές.

<sup>55</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> Συμπυκνωτές.



- Αφυπερθέρμανση του ατμού του ψυκτικού μέσου.
- Συμπύκνωση του ατμού του ψυκτικού μέσου.
- Υπόψυξη του υγρού του ψυκτικού μέσου.

Το τμήμα του συμπυκνωτή, που εξασφαλίζει κάθε μία από τις λειτουργίες αυτές δεν είναι συνεχώς το ίδιο, αλλά αλλάζει με το ψυκτικό φορτίο και τη θερμοκρασία του νερού ψύξεως ή τη θερμοκρασία του αέρα του περιβάλλοντος, αν ο συμπυκνωτής είναι αερόψυκτος. Για συμπυκνωτές με εξάτμιση νερού αλλάζει επίσης και η σχετική υγρασία του περιβάλλοντος.

Ο συμπυκνωτής υπολογίζεται πάντοτε έτσι, ώστε να επαρκεί για το μέγιστο φορτίο της εγκαταστάσεως κάτω από τις πιο δυσμενείς συνθήκες, που προβλέπονται να εμφανισθούν. Επίσης, πάντοτε στον υπολογισμό αυτό λαμβάνεται υπόψη και η ρύπανση των επιφανειών του συμπυκνωτή είτε από τα άλατα και τη λάσπη, αν είναι υδρόψυκτος, είτε από τη σκόνη αν είναι αερόψυκτος. Περιοδικός καθαρισμός των επιφανειών αυτών είναι απαραίτητος για να διατηρηθεί η εγκατάσταση σε αποδεκτά όρια. Η απαίτηση για καθαρισμό των επιφανειών, είτε αυτές είναι πτερύγια, είτε είναι σωλήνες, επιβάλλει και ορισμένους γεωμετρικούς περιορισμούς στις αντίστοιχες κατασκευές των συμπυκνωτών. Έτσι οι σωλήνες είναι συνήθως ευθύγραμμα τμήματα, ώστε να καθαρίζονται και με μηχανικά μέσα, όπως βούρτσες, ενώ αντίθετα αποφεύγονται οι σπείρες σωλήνων οι οποίες μόνο χημικό καθαρισμό επιδέχονται. Η στεγανότητα των υδρόψυκτων, κυρίως, συμπυκνωτών έχει πρωταρχική σημασία, γιατί πρέπει να αποφεύγεται με βεβαιότητα η είσοδος υγρασίας προς το ψυκτικό μέσο. Η διαρροή αυτή είναι πιθανότερο να συμβεί, όταν η εγκατάσταση είναι εκτός λειτουργίας και η πίεση του ψυκτικού μέσου μέσα στο συμπυκνωτή χαμηλή. Εξαρτάται βέβαια και από την πίεση του νερού ψύξεως του συμπυκνωτή.

Για να λειτουργεί ικανοποιητικά η ψυκτική διάταξη, πρέπει η πίεση στο συμπυκνωτή να παραμένει σε ορισμένα όρια. Αύξηση της πιέσεως συμπυκνώσεως προκαλεί μείωση της ψυκτικής ισχύος. Ελάττωση της πιέσεως συμπυκνώσεως προκαλεί μείωση στη ροή υγρού ψυκτικού μέσου προς το στοιχείο ατμοποίησης κα συνεχή απώλεια ψυκτικής ισχύος.

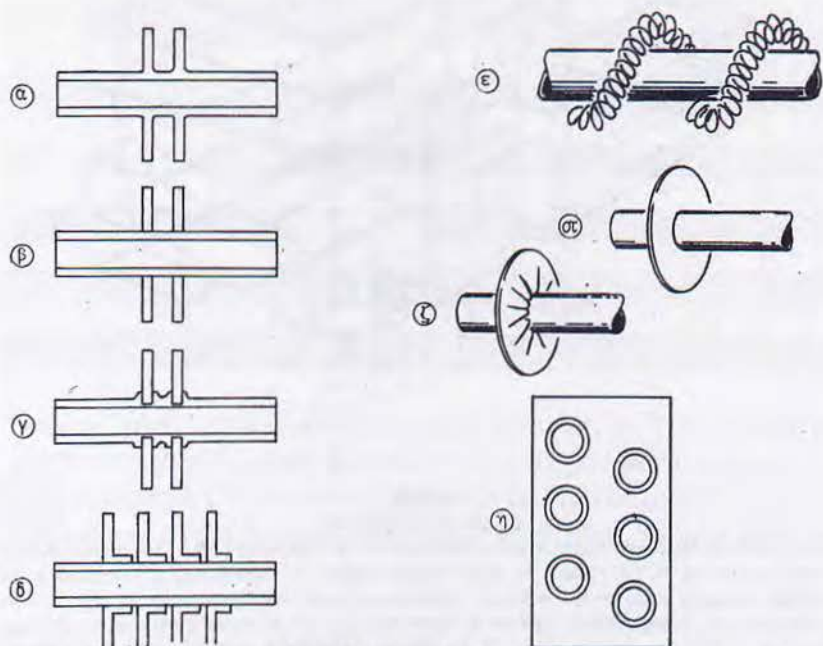
Τα φαινόμενα αυτά προλαμβάνονται με χρήση καταλλήλων διατάξεων αυτοματισμού για το νερό και τον αέρα ή για το ψυκτικό μέσο. Πολλές φορές χρησιμοποιείται και συνδυασμός των δυο τρόπων.

### 5.2.1. Αερόψυκτοι συμπυκνωτές

Στους συμπυκνωτές αυτού του είδους, το ψυκτικό μέσο κυκλοφορεί στο εσωτερικό σωλήνων ενώ η εξωτερική επιφάνεια των σωλήνων ψύχεται από τον αέρα του περιβάλλοντος. Η εξωτερική επιφάνεια των σωλήνων αυξάνεται τεχνητά με την προσθήκη επιφάνειας, που έχει μορφή πτερυγίων ή συρμάτων, που στηρίζονται επάνω στους σωλήνες με μηχανική επαφή ή και με συγκόλληση. Η αύξηση αυτή της επιφάνειας είναι αναγκαία, γιατί ο συντελεστής ειδικής αγωγιμότητας για αέρα είναι σχετικά μικρός. Έτσι στις μεν μικρές εγκαταστάσεις η ψύξη της εξωτερικής επιφάνειας των συμπυκνωτών γίνεται με φυσική κυκλοφορία, στις δε μεσαίες και μεγάλες με εξαναγκασμένη κυκλοφορία.



Για μεγαλύτερες ισχύεις χρησιμοποιούνται αερόψυκτοι συμπυκνωτές με εξαναγκασμένη κυκλοφορία. Στις περιπτώσεις αυτές οι σωλήνες του ψυκτικού μέσου, συνήθως χάλκινοι, εφοδιάζονται με εξωτερικά πτερύγια. Τα πτερύγια είναι λουριδές από αλουμίνιο με κατάλληλη διαμόρφωση σε μορφή φλιτζανιού, στις θέσεις όπου περνούν οι σωλήνες για καλύτερη θερμική επαφή και απρόσκοπτη μεταφορά θερμότητας από το σωλήνα στο πτερύγιο. Στις πιο νέες κατασκευές η διαμόρφωση αυτή έχει παραληφθεί ή έχει τροποποιηθεί. Μερικές παραλλαγές του τρόπου αντιμετώπισης του προβλήματος τού φαίνονται στο σχήμα:



**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 256. Σχήμα 2.2στ. Διάφοροι τρόποι στερεώσεως πτερυγίων σε σωλήνες.**

- α) Τα πτερύγια είναι μέρος του σωλήνα.  
 β) Πτερύγια πιεσμένα στο σωλήνα.  
 γ) Συγκράτηση - σύσφιξη πτερυγίων με αυλακωτούς σωλήνες.  
 δ) Πτερύγια με διαμόρφωση φλιτζανιού.  
 ε) Ελικοειδές σύρμα που περιβάλλει το σωλήνα.  
 στ) Κυκλικά πτερύγια.  
 ζ) Κυκλικά πτερύγια παραμορφωμένα.  
 η) Μεγάλα πολλαπλά πτερύγια.

Επίσης σημαντικό ρόλο, στον καθορισμό της καθαρής ψυκτικής ισχύος και της σχέσεως της με τη μικτή απορριπτόμενη θερμότητα, παίζουν τα εξής μεγέθη: <sup>(56)</sup>

- Θερμοκρασία ατμοποίησης.
- Θερμοκρασία συμπύκνωσης.
- Είδος συμπιεστή (ανοικτός ή ερμητικός).

Οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές απορρίπτουν θερμότητα προς τον αέρα του περιβάλλοντος υπό την επίδραση μιας διαφοράς θερμοκρασίας, μεταξύ θερμοκρασίας

<sup>56</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> Συμπυκνωτές. 2.2. Αερόψυκτοι συμπυκνωτές.

συμπυκνώσεως του ψυκτικού μέσου και θερμοκρασίας αέρα περιβάλλοντος. Πολλές φορές το μέγεθος του συμπυκνωτή καθορίζεται για μια δεδομένη θερμοκρασιακή διαφορά.

Για την εκτίμηση αυτή πολύ χρήσιμος είναι ο πίνακας:

Τύπος συμπιεστή.	Θερμοκρασία ατμοποίησης (°F)	Αερόψυκτοι συμπυκνωτές και συμπυκνωτές εξατμίσεως - Θερμοκρασία συμπυκνώσεως (°F).										
		85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135
Ανοικτός συμπιεστής.	-40	0,71	0,7	0,69	0,68	0,67	0,62	0,64	0,63	0,62	0,6	
	-20	0,72	0,76	0,74	0,73	0,72	0,71	0,7	0,69	0,67	0,66	
	0	0,82	0,8	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73	0,71	
	+20	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75
	+40	0,91	0,9	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,8
Ερμητικός συμπιεστής.	-40	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,5	0,49	0,47	0,46	0,44	
	-20	0,65	0,64	0,62	0,61	0,6	0,59	0,58	0,55	0,53	0,51	
	0	0,72	0,71	0,7	0,69	0,67	0,66	0,64	0,62	0,6	0,58	
	+20	0,77	0,76	0,75	0,74	0,72	0,71	0,69	0,68	0,66	0,64	0,62
	+40	0,81	0,8	0,79	0,78	0,77	0,75	0,74	0,72	0,71	0,7	0,68
	+50	0,83	0,82	0,81	0,8	0,79	0,78	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72

Όπως φαίνεται από τις τιμές του πίνακα η σχέση του λόγου της καθαρής ψυκτικής ισχύος προς τη μικτή απορριπτόμενη θερμότητα, μεταβάλλεται σημαντικά και απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην εκλογή του κατάλληλου μεγέθους συμπυκνωτή. Ο αέρας του αερόψυκτου συμπυκνωτή ελέγχεται συνήθως με μια από τις ακόλουθες μεθόδους: <sup>(57)</sup>

- Διακοπτόμενη λειτουργία ανεμιστήρα.
- Διαφράγματα ρυθμίσεως παροχής αέρα.
- Μεταβλητός αριθμός στροφών ανεμιστήρα.

Πολλές φορές χρησιμοποιούνται και συνδυασμοί των μεθόδων αυτών.

### 5.2.2. Υδρόψυκτοι συμπυκνωτές

Στους υδρόψυκτους συμπυκνωτές, νερό που κυκλοφορεί απάγει τη θερμότητα που αφαιρείται από το ψυκτικό μέσο. Υπάρχουν διάφοροι τύποι συμπυκνωτών που μπορούν να καταταγούν στις εξής κατηγορίες, ως προς την κατασκευή: <sup>(58)</sup>

- Κελύφους - σωλήνων, κατακόρυφοι.
- Κελύφους - σωλήνων, οριζόντιοι.
- Κελύφους - σπειρών οριζόντιοι ή κατακόρυφοι.
- Ομοαξονικών σωλήνων.

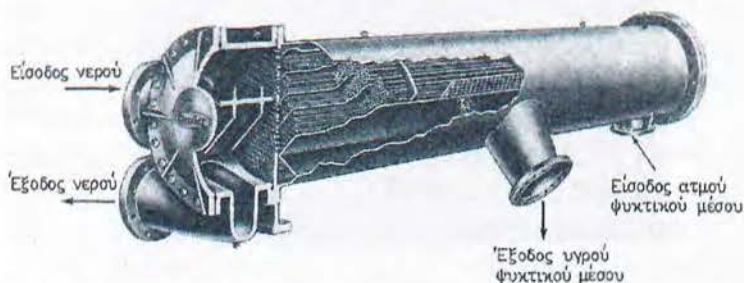
<sup>57</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> Συμπυκνωτές. 2.2. Αερόψυκτοι συμπυκνωτές.

<sup>58</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> Συμπυκνωτές. 2.3. Υδρόψυκτοι συμπυκνωτές.



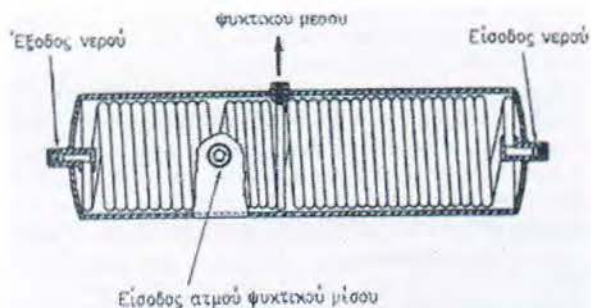
- Ελεύθερης επιφάνειας νερού.

Οι συμπυκνωτές κελύφους - σωλήνων αποτελούν την πλειοψηφία των υδρόψυκτων συμπυκνωτών για όλα τα είδη των ψυκτικών μέσων. Ο συμπυκνωτής του τύπου αυτού, ο οποίος είναι σχεδιασμένος για φυγοκεντρικό συμπιεστή εγκαταστάσεως ψύξεως νερού. Μέσα στους μικρούς σωλήνες κυκλοφορεί το νερό του δικτύου και έξω από τους σωλήνες, μέσα στο κέλυφος, κυκλοφορεί ο ατμός του ψυκτικού μέσου που συμπυκνώνεται. Όπως φαίνεται στο σχήμα:



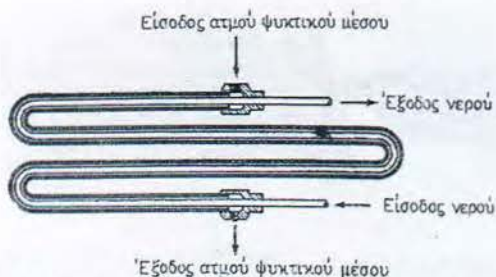
Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 261. Σχήμα 2.3α. Υδρόψυκτος συμπυκνωτής κελύφους - σωλήνων.

Ένα τύπος συμπυκνωτή κελύφους - σπειρών φαίνεται σχηματικά στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 262. Σχήμα 2.3β. Υδρόψυκτος συμπυκνωτής κελύφους - σπείρας.

Οι συμπυκνωτές με ομοαξονικούς σωλήνες λειτουργούν με την αρχή που φαίνεται στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 263. Σχήμα 2.3γ. Συμπυκνωτής ομοαξονικών σωλήνων.

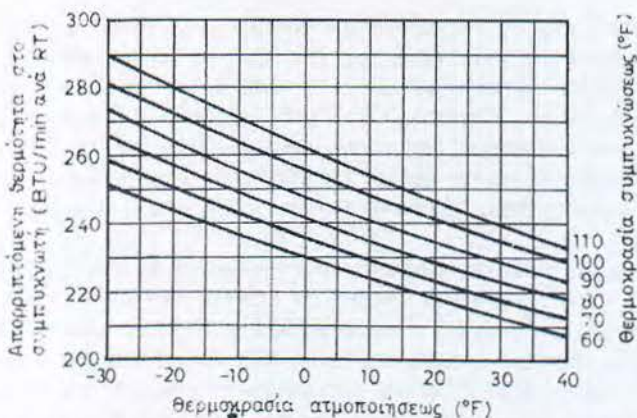
Οι περισσότερες ψυκτικές εγκαταστάσεις περιέχουν ασυμπύκνωτα αέρια, τα οποία μαζεύονται στο συμπυκνωτή και μάλιστα σε εκείνο το μέρος του, που είναι πιο κρύος και όπου δεν υπάρχει ανάδευση. Τα αέρια αυτά είναι συνήθως είναι άζωτο, υδρογόνο, χλώριο κλπ. Άλλα, τα οποία όμως συμπυκνώνονται, είναι υδρατμός και το λάδι. Τα αέρια αυτά μπορεί να μπαίνουν στο κύκλωμα από διάφορες θέσεις, όταν η χαμηλή πίεση του ψυκτικού μέσου είναι χαμηλότερη από την ατμοσφαιρική. Μπορεί όμως να έχουν παραμείνει στο σύστημα από κακή εξαέρωση, ή μετά από κάποιο άνοιγμα της ψυκτικής εγκατάστασης. Τέλος μπορεί να παράγονται από χημικές αντιδράσεις που εξελίσσονται μέσα στο κύκλωμα του ψυκτικού μέσου κατά τη λειτουργία της ψυκτικής εγκαταστάσεως. Αυτά τα ασυμπύκνωτα αέρια προκαλούν αύξηση της πιέσεως λειτουργίας του συμπυκνωτή και συνεπώς κατανάλωση μεγαλύτερης μηχανικής ενέργειας. Αυτός είναι ο λόγος που τα αέρια αυτά είναι ανεπιθύμητα και πρέπει να εντοπισθούν και να απομακρυνθούν.

Τα ασυμπύκνωτα αέρια εντοπίζονται με την εξής διαδικασία. Παύουν να λειτουργούν οι συμπιεστές, ενώ συνεχίζεται κανονικά η ψύξη των υδρόψυκτων συμπυκνωτών για αρκετή ώρα. Έτσι το υγρό ψυκτικό μέσο στους συμπυκνωτές αποκτά ουσιαστικά τη θερμοκρασία του νερού ψύξεως. Γίνεται κατόπιν μέτρηση της υψηλής πιέσεως του ψυκτικού μέσου και της θερμοκρασίας του στο συμπυκνωτή, και συγκρίνονται οι δυο τιμές με τις αντίστοιχες του ψυκτικού μέσου από τα σχετικά διαγράμματα ή τους πίνακες. Έτσι προσδιορίζεται η διαφορά θερμοκρασίας, που προκαλούν τα ασυμπύκνωτα αέρια σε σχέση με τη θερμοκρασία συμπυκνώσεως. Το ποσό θερμότητας ή η θερμική ισχύς, που απορρίπτεται από το συμπυκνωτή, εξαρτάται από τρεις παραμέτρους: <sup>(59)</sup>

- από το είδος του ψυκτικού μέσου.
- από τη θερμοκρασία ατμοποίησης.
- από τη θερμοκρασία συμπυκνώσεως.

Έτσι, για κάθε ψυκτικό τόνο, το ποσό θερμότητας που απορρίπτεται από το συμπυκνωτή μπορεί να υπολογισθεί αν είναι γνωστές οι δυο χαρακτηριστικές αυτές θερμοκρασίες και φυσικά και το ψυκτικό μέσο που χρησιμοποιείται.

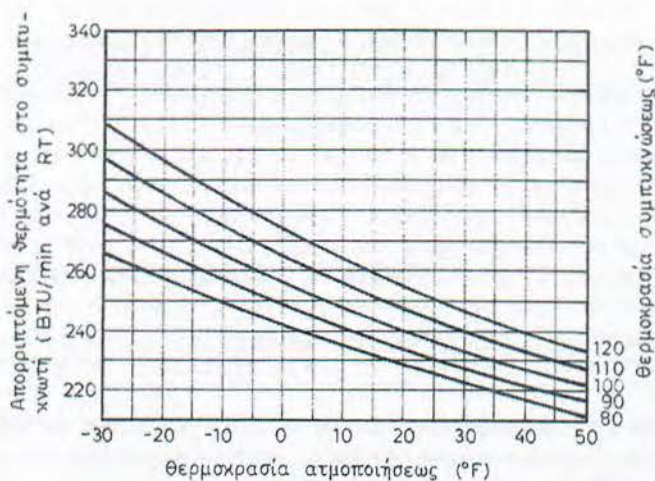
Για ευκολότερο υπολογισμό των μεγεθών αυτών, δίνονται τα διαγράμματα:



**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 266. Σχήμα 2.3η. Απορριπτόμενη θερμότητα στο συμπυκνωτή για αμμωνία.**

<sup>59</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> Συμπυκνωτές, 2.2. Αερόψυκτοι συμπυκνωτές.



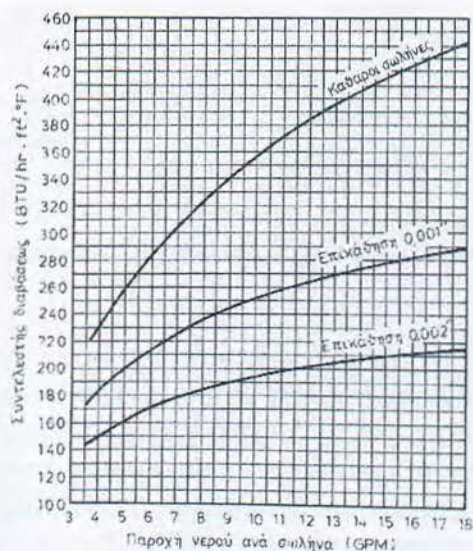


Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 266. Σχήμα 2.30. Απορριπτόμενη θερμότητα στον συμπυκνωτή, για R - 12.

Η απόδοση των συμπυκνωτών πέφτει σημαντικά με τη ρύπανση των σωλήνων και έτσι για την ίδια ψυκτική ισχύ και τις ίδιες θερμοκρασίες ψυκτικού μέσου αυξάνει η κατανάλωση του νερού ψύξεως.

Τα δεδομένα των κατασκευαστών για την απόδοση των συμπυκνωτών αναφέρονται πάντοτε σε καθαρούς συμπυκνωτές που έχουν υποστεί μηχανικό ή και χημικό καθαρισμό. Οι χάλκινοι σωλήνες και οι μεταλλικοί σωλήνες που δεν είναι όμως σιδερένιοι, επανέρχονται μετά από κάθε καθαρισμό στην αρχική τους κατάσταση περίπου. Δεν συμβαίνει όμως το ίδιο και με τους σιδερένιους, που συνεχώς χάνουν στην απόδοσή τους και δεν επανέρχονται στην προηγούμενη κατάστασή τους. Έτσι, για υδρόψυκτους συμπυκνωτές αμμωνίας, όπου χρησιμοποιούνται μόνο χαλύβδινοι ή σιδερένιοι σωλήνες, η απόδοση μπορεί πέσει και στο μισό της αρχικής τιμής της καινούργιας συσκευής.

Στο διάγραμμα:

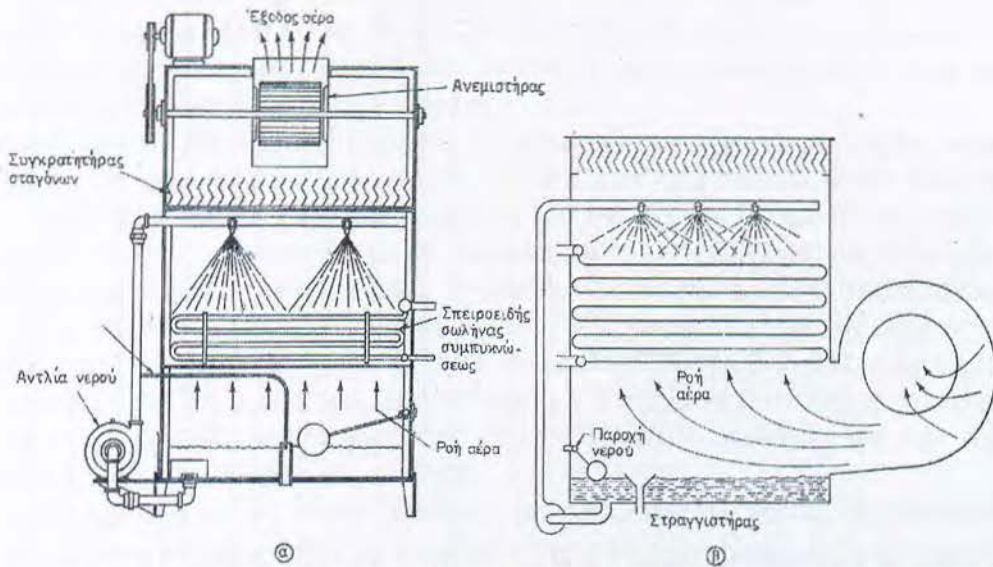


Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 267. Σχήμα 2.31. Συντελεστής διαβάσεως θερμότητας για υδρόψυκτους συμπιεστές αμμωνίας.

φαίνεται η πτώση του συντελεστή διαβάσεως θερμότητας για υδρόψυκτους συμπυκνωτές αμμωνίας. Στον οριζόντιο άξονα απεικονίζεται παροχή του νερού ανά σωλήνα σε γαλιόνια ανά λεπτό (GMP).

### 5.2.3. Συμπυκνωτές εξατμίσεως νερού

Ο αέρας στους αερόψυκτους συμπυκνωτές, και το νερό στους υδρόψυκτους συμπυκνωτές θερμαίνονται χωρίς να αλλάζουν τη φάση τους. Αντίθετα με αυτούς, στους συμπυκνωτές εξατμίσεως νερού, το νερό που παίρνει την απορριπτόμενη θερμότητα, φθάνει ως την εξάτμιση. Για να λειτουργήσουν οι συμπυκνωτές του τύπου αυτού, πρέπει να προσάγεται αέρας και νερό. Ο αέρας θερμαίνεται αλλά παρασύρει τους υδρατμούς που παράγονται και βοηθάει ώστε να συνεχίζεται η εξάτμιση. Το ψυκτικό μέσο κυκλοφορεί στο εσωτερικό ενός σπειροειδούς σωλήνα και συμπυκνώνεται. Στην έξω πλευρά του σωλήνα περνάει ο αέρας και εξατμίζεται το νερό, που στάζει από πάνω σε μορφή σταγόνων και βρέχει το σωλήνα. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται δυο τύποι συμπυκνωτών εξατμίσεως.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 268. Σχήμα 2.4. Συμπυκνωτές εξατμίσεως νερού.

Η διαφορά τους παρατηρείται στον τρόπο κυκλοφορίας του αέρα. Ο ένας τύπος (σημείο α), είναι αναροφήσεως, ενώ ο άλλος τύπος (σημείο β), είναι καταθλίψεως. Στον τύπο αναροφήσεως, ο αέρας μέσα στο κέλυφος του συμπυκνωτή, βρίσκεται σε μικρή υποπίεση. Η διάταξη που συγκρατεί τις σταγόνες πρέπει να έχει καλή απόδοση, γιατί αλλιώς οι σταγόνες φθάνουν στη φτερωτή του ανεμιστήρα και γρήγορα τη γεμίζουν με επικαθήσεις. Το πλεονέκτημα στον τύπο αναροφήσεως είναι ο μικρότερος



χώρος που απαιτεί για την εγκατάστασή του, σε σύγκριση με τον αντίστοιχο συμπυκνωτή καταθλίψεως.

Ο συμπυκνωτής καταθλίψεως αντίθετα έχει σαν πλεονέκτημα το ότι λειτουργεί ο ανεμιστήρας του με στεγνό αέρα, χωρίς σταγόνες. Ο ανεμιστήρας αυτός όμως προεξέχει και απαιτείται περισσότερος χώρος.

Και στους δυο τύπους το νερό που πέφτει από πάνω, αφού ψεκασθεί μέσα από κατάλληλα ακροφύσια, όσο βέβαια δεν εξατμίζεται, ξανακυκλοφορεί με τη βοήθεια μιας αντλίας. Η ποσότητα του νερού που εξατμίζεται συμπληρώνεται συνεχώς από το δίκτυο με την βοήθεια μιας διατάξεως βαλβίδας με πλωτήρα, η οποία διατηρεί σταθερή τη στάθμη του νερού μέσα στο κάτω μέρος του συμπυκνωτή.

Η ισχύς των συμπυκνωτών με εξάτμιση νερού ρυθμίζεται με επέμβαση στην αντλία ανακυκλοφορίας νερού, ή με επέμβαση στον ανεμιστήρα.

Η κατανάλωση νερού εξαρτάται από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες. Πάντως, σαν ενδεικτική τιμή, μπορεί κανείς να υπολογίζει με 5 ως 7 λίτρα νερό την ώρα, για κάθε ψυκτικό τόνο ισχύος. Στην ποσότητα όμως αυτή, που αναφέρεται σε πλήρη εξάτμιση του νερού, πρέπει να προστεθεί και μια προσαύξηση κατά 50%. Αυτή καλύπτει το νερό που συνεχώς απορρίπτεται από την εγκατάσταση για να μη φθάνει η εξάτμιση μέχρι τέλους και κάθονται τα άλατα στην επιφάνεια του σωλήνα. Επίσης η απόρριψη αυτή χρειάζεται και για τη σκόνη που συγκρατείται από το νερό και τη μετατρέπει σε λάσπη. Έτσι για περιπτώσεις με ικανοποιητική χημική επεξεργασία αποσκλήρυνσεως του νερού, η κατανάλωση θα πρέπει να αναμένεται να είναι 7 ως 11 λίτρα νερό ανά ώρα και ψυκτικό τόνο.

Σε ορισμένες μεγαλύτερες εγκαταστάσεις και για καλύτερη ρύθμιση της ισχύος των συμπυκνωτών, χρησιμοποιείται συνδυασμός από υδρόψυκτους συμπυκνωτές και συμπυκνωτές με εξάτμιση νερού, που λειτουργούν παράλληλα ή κάθε ένας χωριστά, ανάλογα με τις συνθήκες που εμφανίζονται.

Αντί για συμπυκνωτή με εξάτμιση νερού, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί υδρόψυκτος συμπυκνωτής, του οποίου το νερό να ψύχεται σε ψυκτικό πύργο. Στην περίπτωση αυτή όμως, χρησιμοποιείται ενδιάμεσα ακόμη μια μετάδοση θερμότητας, από το ψυκτικό μέσο στο νερό, που αυξάνει τη θερμοκρασία συμπυκνώσεως σε σύγκριση με λειτουργία με συμπυκνωτή εξεατμίσεως. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο προτιμάται η χρησιμοποίηση συμπυκνωτή εξεατμίσεως νερού από το συνδυασμό υδρόψυκτου συμπυκνωτή και ψυκτικού πύργου. Φυσικά και ο συνδυασμός αυτός χρησιμοποιείται, όπου επιτρέπεται από τις συνθήκες λειτουργίας, γιατί έχει και αυτός τα πλεονεκτήματά του, όπως λ.χ. το γεγονός ότι το ψυκτικό μέσο φθάνει με σωλήνες ως τον εξωτερικό χώρο, όπου λειτουργεί ο ψυκτικός πύργος.

Οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές αν συγκριθούν με τους συμπυκνωτές εξεατμίσεως για την ίδια ισχύ, είναι πιο ογκώδεις και έχουν μεγαλύτερη θερμοκρασία άρα και πίεση συμπυκνώσεως. Αντίθετα η λειτουργία τους είναι πολύ απλή, γιατί έχουν μόνο ένα ανεμιστήρα.



### 5.3. Στοιχεία ατμοποιήσεως

Σκοπός του στοιχείου ατμοποιήσεως είναι η αφαίρεση θερμότητας από το περιβάλλον του και η απόδοση της στο υγρό ψυκτικό μέσο, το οποίο αλλάζει φάση και γίνεται ατμός. Η αλλαγή φάσεως γίνεται εν γένει σε χαμηλή θερμοκρασία και σε χαμηλή πίεση ψυκτικού μέσου. Υπάρχει πάρα πολύ μεγάλη ποικιλία στοιχείων ατμοποιήσεως με μορφή και κατασκευή που ανταποκρίνεται στις ανάγκες της κάθε εγκαταστάσεως. Το νερό και ο αέρας, τα πιο συνηθισμένα και φθηνά ρευστά, χρησιμοποιούνται είτε γιατί αυτά τα ίδια πρέπει να ψυχθούν, είτε στις περισσότερες περιπτώσεις, για να ψύξουν άλλα ρευστά ή στερεά σώματα. Στη δεύτερη περίπτωση ο αέρας ή το νερό είναι ενδιάμεσοι φορείς της ψυκτικής ισχύος της εγκαταστάσεως. Το ρευστό που ψύχεται χαρακτηρίζει τις δυο μεγάλες κατηγορίες στοιχείων ατμοποιήσεως: <sup>(60)</sup>

- τα στοιχεία ψύξεως αέρα.
- τα στοιχεία ψύξεως υγρών.

Ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει πάντοτε μια ποσότητα υδρατμού. Όταν ο ατμοσφαιρικός αέρας έλθει σε επαφή με μία ψυχρή επιφάνεια, τότε ψύχεται μεν ο αέρας αλλά ψύχεται και ο υδρατμός που περιέχει. Εάν η ψύξη αυτή είναι αρκετή, τότε ο υδρατμός συμπυκνώνεται, κατά κάποιο ποσοστό, και επάνω στη ψυχρή επιφάνεια εμφανίζονται σταγόνες νερού.

Όταν η επιφάνεια που ψύχει τον αέρα έχει θερμοκρασία μικρότερη από 0°C, τότε ο υδρατμός όχι μόνο συμπυκνώνεται, αλλά το συμπύκνωμα στερεοποιείται και έτσι σχηματίζεται χιόνι ή και πάγος που παραμένουν πάνω στην επιφάνεια αυτή.

Το φαινόμενο της υγροποιήσεως ή στερεοποιήσεως του υδρατμού του ατμοσφαιρικού αέρα εμφανίζεται σε όλα τα στοιχεία ατμοποιήσεως που ψύχουν αέρα. Τα στοιχεία ατμοποιήσεως που αφαιρούν θερμότητα από τον αέρα χρησιμοποιούνται είτε μόνο για να ψύχουν τον αέρα, όπως γίνεται στους θαλάμους - ψυγεία, είτε για να ψύχουν αλλά ταυτόχρονα και για να αφυγραίνουν τον αέρα. Μερικές φορές τα στοιχεία αυτά, επειδή έχουν υγρή επιφάνεια από το συμπύκνωμα υδρατμού, χρησιμοποιούνται για να καθαρίζουν τον αέρα, να αφαιρούν οσμές κλπ.

Τα στοιχεία ψύξεως υγρών πρέπει να λειτουργούν χωρίς να σχηματίζεται πάγος επάνω στην επιφάνειά τους, γιατί δυσκολεύει τη μετάδοση θερμότητας. Εξαιρέση βέβαια στην απαίτηση αυτή αποτελούν οι παγοποιητικές μηχανές, όπου ο σχηματισμός πάγου είναι και ο σκοπός για τον οποίο έχουν κατασκευασθεί.

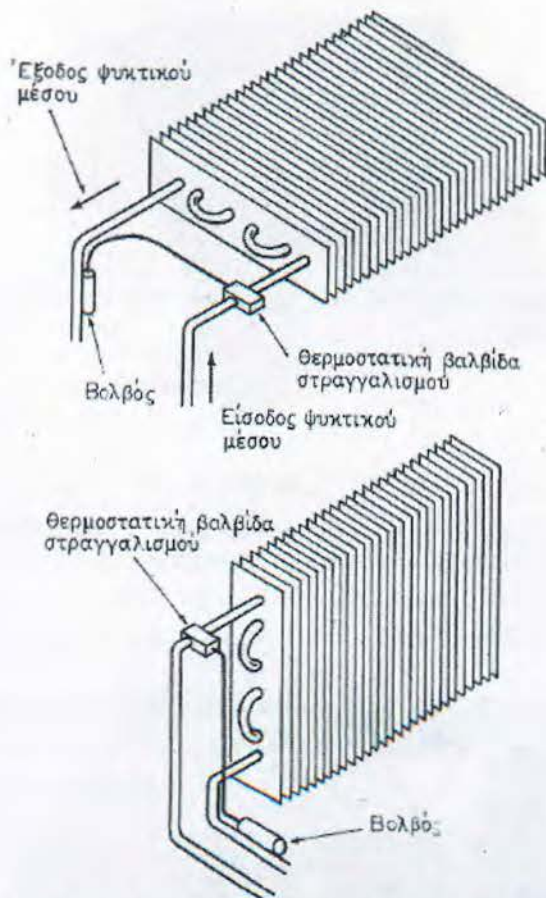
#### 5.3.1. Στοιχεία ατμοποιήσεως για ψύξη αέρα

Στο είδος αυτό των στοιχείων ατμοποιήσεως, το ψυκτικό μέσο ατμοποιείται μέσα σε σωλήνες κυκλικής διατομής, οι οποίοι ανάλογα με την εφαρμογή, στην εξωτερική τους πλευρά είναι λείοι ή έχουν πτερύγια, τα οποία αυξάνουν την επιφάνειά τους. Τα

<sup>60</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> Στοιχεία ατμοποιήσεως.

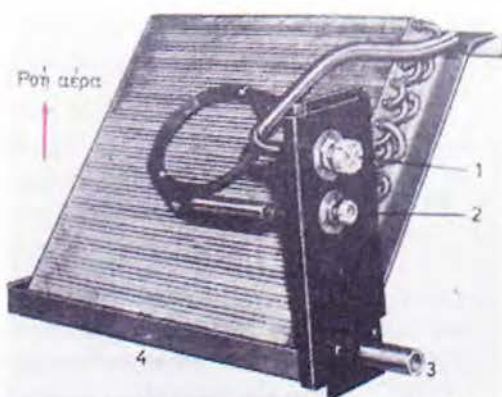


Πτερύγια αυτά μπορεί να είναι οριζόντια ή κατακόρυφα, να έχουν και κατάλληλη κλίση, να είναι μονά ή διπλά. Στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 273. Σχήμα 3.2α. Οριζόντιο και κατακόρυφο στοιχείο ατμοποίησης.

διακρίνεται ένα στοιχείο με οριζόντια πτερύγια και ένα στοιχείο με κατακόρυφα πτερύγια. Διακρίνονται οι κυκλικές σωλήνες μέσα στους οποίους ατμοποιείται το ψυκτικό μέσο, οι οποίοι διατρέχουν τα πτερύγια με πολλαπλές διαδρομές. Ανάλογα με τη ροή του αέρα τα στοιχεία ατμοποίησης μπορεί να είναι φυσικής κυκλοφορίας ή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας. Και τα δύο στοιχεία ατμοποίησης είναι φυσικής κυκλοφορίας αέρα, δηλαδή λειτουργούν χωρίς ανεμιστήρα. Στην είσοδο του ψυκτικού μέσου υπάρχει μια θερμοστατική διάταξη στραγγαλισμού, η οποία ελέγχεται από ένα αισθητήριο που τοποθετείται στη θέση εξόδου του ψυκτικού μέσου, το οποίο ήδη είναι ατμός, από το στοιχείο ατμοποίησης. Στο σχήμα:

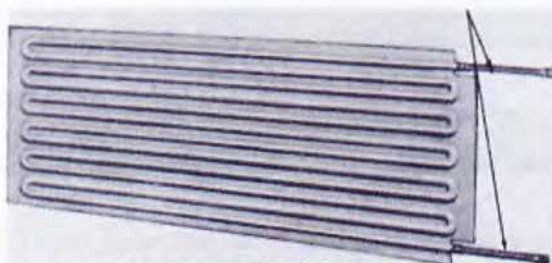


Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 274. Σχήμα 3.2γ. Κεκλιμένο στοιχείο ατμοποίησης, ψύξεως αέρα.

1. Έξοδος ψυχρού ατμού.
2. Είσοδος υγρού ψυκτικού μέσου.
3. Αποστράγγιση συμπυκνώματος.
4. Λεκάνη συμπυκνώματος.

φαίνεται ένα κεκλιμένο στοιχείο ατμοποίησης με τρεις σειρές σωλήνων και πολλές διαδρομές. Στο κάτω μέρος του υπάρχει μια λεκάνη που συγκεντρώνει το νερό που συμπυκνώνεται πάνω στην επιφάνεια των πτερυγίων το οδηγεί προς το σωλήνα (σημείο 3) από όπου φεύγει. Η ροή του αέρα γίνεται με ανεμιστήρα, από κάτω προς τα πάνω. Πολλές φορές, για ορισμένες εφαρμογές, χρησιμοποιούνται διπλά κεκλιμένα στοιχεία ατμοποίησης.

Για ορισμένες εφαρμογές τα στοιχεία ατμοποίησης κατασκευάζονται από δυο ελάσματα, τα οποία σχηματίζουν τους αγωγούς - σωλήνες με κατάλληλα βαθουλόματα, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 278. Σχήμα 3.2η. Στοιχείο ατμοποίησης κατασκευασμένο από δυο ελάσματα με κατάλληλη διαμόρφωση.

### 5.3.2. Στοιχεία ατμοποίησης για ψύξη υγρού

Τα στοιχεία ατμοποίησης που ψύχουν υγρά είναι εναλλάκτες θερμότητας στους οποίους η μια πλευρά διαρρέεται από το υγρό που ψύχεται, ενώ από την άλλη πλευρά το ψυκτικό μέσο που ατμοποιείται. Υπάρχουν πολλοί τύποι στοιχείων ατμοποίησης για ψύξη υγρού οι οποίοι έχουν διαμορφωθεί για να εξυπηρετήσουν συγκεκριμένες ανάγκες. Για οποιοδήποτε όμως τύπο στοιχείου ατμοποίησης, υπάρχουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά, που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την επιλογή του ή το σχεδιασμό του, τα οποία είναι τα εξής: <sup>(61)</sup>

<sup>61</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> Στοιχεία ατμοποίησης για ψύξη αέρα.



- Επιφάνεια μεταδόσεως θερμότητας.
- Μέθοδος παροχής ψυκτικού μέσου στο στοιχείο.
- Ασφάλεια της κατασκευής.
- Απώλειες ψυκτικού μέσου λόγω διαρροών.
- Περιεκτικότητα υγρού ψυκτικού μέσου.
- Επιστροφή λαδιού στο συμπιεστή.
- Ρύπανση επιφανειών.
- Οξείδωση των μεταλλικών επιφανειών.
- Όγκος και βάρος της κατασκευής.
- Δυνατότητα παγώματος ψυχόμενου υγρού.
- Πτώση πίεσεως ψυχόμενου υγρού, λόγω κυκλοφορίας του.
- Κόστος στοιχείου.

Πάντοτε σχεδόν επιχειρείται ένας συγκερασμός των απαιτήσεων αυτών, ώστε να επιτυγχάνεται παραδεκτό αποτέλεσμα για την ανάγκη που εξετάζεται κάθε φορά.

Τύπος στοιχείου	Συνηθισμένη διάταξη παροχής ψυκτικού μέσου	Συνηθισμένη ψυκτική ισχύς (RT)	Ψυκτικό μέσο, που συνήθως χρησιμοποιείται
1. Κελύφους - απλών σωλήνων υπερχειλίσεως	Πλωτήρας χαμηλής πίεσεως.	50 - 500	717 (αμμωνία)
2. Κελύφους - πτερυγιοφόρων σωλήνων υπερχειλίσεως	Πλωτήρας χαμηλής πίεσεως.	25 - 2000	11, 12, 22, 113
	Πλωτήρας υψηλής πίεσεως.	50 - 5000	114, 500
3. Κελύφους - σωλήνων καταιονισμού (σπρέι)	Πλωτήρας χαμηλής πίεσεως.		11, 12, 113, 114
	Πλωτήρας υψηλής πίεσεως.	50 - 5000	
4. Κελύφους - σωλήνων εκτονώσεως	Θερμοστατική βαλβίδα στραγγαλισμού.	50 - 350	12, 22, 500, 502, 717
5. Καταιονισμού νερού υπερχειλίσεως	Πλωτήρας χαμηλής πίεσεως.	10 - 100	717
6. Καταιονισμού νερού ξηρής εκτονώσεως	Θερμοστατική βαλβίδα στραγγαλισμού.	5 - 25	12, 22, 717
7. Ομοαξονικών σωλήνων υπερχειλίσεως	Πλωτήρας χαμηλής πίεσεως.	10 - 25	717
8. Ομοαξονικών σωλήνων ξηρής εκτονώσεως	Θερμοστατική βαλβίδα στραγγαλισμού.	5 - 25	12, 22, 717
9. Κελύφους - σπείρας	Θερμοστατική βαλβίδα στραγγαλισμού.	2 - 10	12, 22, 717
10. Δοχείο αναδεύσεως, υπερχειλίσεως	Πλωτήρας χαμηλής πίεσεως.	50 - 200	717

Με τον όρο στοιχείο υπερχειλίσεως χαρακτηρίζονται τα στοιχεία ατμοποίησης, στα οποία λιμνάζει μια ποσότητα υγρού ψυκτικού μέσου με ελεύθερη στάθμη που διατηρείται σε σταθερό ύψος. Για τη διατήρηση της στάθμης φροντίζει η αντίστοιχη διάταξη ρυθμίσεως της παροχής. Συνήθως σε στοιχεία ατμοποίησης με υπερχειλίση χρησιμοποιείται βαλβίδα με πλωτήρα για τη ρύθμιση της σταθερής στάθμης του υγρού ψυκτικού μέσου.



### **5.3.2.1. Στοιχεία υπερχειλίσεως, κελύφους - σωλήνων**

Στο είδος αυτό των στοιχείων το ψυκτικό μέσο ατμοποιείται στο εξωτερικό μέρος των σωλήνων, που περικλείεται από το κυλινδρικό κέλυφος. Ο χώρος αυτό περιέχει μια μεγάλη ποσότητα υγρού ψυκτικού μέσου, το οποίο ατμοποιείται και με μορφή φυσαλίδων ανεβαίνει προς τα πάνω. Ο επάνω χώρος λειτουργεί σαν ατμοσυλλέκτης. Οι περισσότεροι σωλήνες βαπτίζονται μέσα σε υγρό ψυκτικό μέσο, ώστε να εξασφαλίζεται καλύτερος συντελεστής διαβάσεως θερμότητας.

Οι σωλήνες είτε είναι ευθύγραμμα τμήματα είτε έχουν μορφή φουρκέτας. Στην πρώτη περίπτωση καθαρίζονται πιο εύκολα από τη δεύτερη. Μέσα στους σωλήνες τρέχει το νερό ή η άλμη που ψύχεται από την ατμοποίηση που γίνεται στο έξω μέρος των σωλήνων. Οι σωλήνες, στην εξωτερική τους επιφάνεια, είτε είναι λείοι, είτε έχουν πτερύγια για αύξηση της επιφάνειάς τους.

### **5.3.2.2. Στοιχεία καταιωνισμού**

Η κατασκευή τους είναι πάλι του τύπου κελύφους - σωλήνων και το ψυκτικό μέσο ατμοποιείται στο χώρο ανάμεσα στους σωλήνες και το κέλυφος. Εδώ όμως δεν λιμνάζει υγρό ψυκτικό μέσο. Με μια βοηθητική αντλία κυκλοφορίας υγρό ψυκτικό μέσο ψεκάζεται στο πάνω μέρος των σωλήνων και τρέχει με μορφή σταγόνων προς τα κάτω, λόγω βαρύτητας, από όπου το ξαναπάρνει η αντλία και ξανακυκλοφορεί. Με τη μέθοδο αυτή, το υγρό ψυκτικό μέσο που κυκλοφορεί είναι περίπου 3 ως 4 φορές περισσότερο από την ποσότητά του που ατμοποιείται. Παρόλα αυτά η ποσότητα του υγρού ψυκτικού μέσου που απαιτείται είναι πολύ μικρότερη για να συγκριθεί με την αντίστοιχη κατασκευή υπερχειλίσεως. Εκτός από την οικονομία ψυκτικού μέσου, τα στοιχεία καταιωνισμού πλεονεκτούν γιατί το ψυκτικό μέσο ατμοποιείται σε ομοιόμορφη πίεση και συνεπώς και σε ομοιόμορφη θερμοκρασία. Το φαινόμενο αυτό δεν εμφανίζεται στα στοιχεία υπερχειλίσεως, όπου οι κάτω μάζες του υγρού ψυκτικού μέσου έχουν μεγαλύτερη πίεση λόγω της στήλης του ίδιου του υγρού ψυκτικού μέσου που βρίσκεται από πάνω τους.

Φυσικά, τα στοιχεία καταιωνισμού έχουν το μειονέκτημα της αντλίας κυκλοφορίας, η οποία απαιτείται για τη λειτουργία τους.

### **5.3.2.3. Στοιχεία ξηρής εκτονώσεως**

Στο είδος αυτών των στοιχείων το ψυκτικό μέσο ρέει και ατμοποιείται μέσα στους σωλήνες αντίθετα με τους δυο προηγούμενους τύπους, στους οποίους, όπως αναφέρθηκε, κυκλοφορεί στο έξω μέρος τους.

Στον τύπο αυτό των στοιχείων ατμοποίησης, η ατμοποίηση του υγρού ψυκτικού μέσου συντελείται με την πρώτη διαδρομή του υγρού ψυκτικού μέσου, έτσι ώστε στο τέλος των σωλήνων να υπάρχει μόνο ατμός ψυκτικού μέσου.

Το νερό ή η άλμη ή το υγρό που ψύχεται κυκλοφορούν έξω από τους σωλήνες στο χώρο μεταξύ σωλήνων και κελύφους.

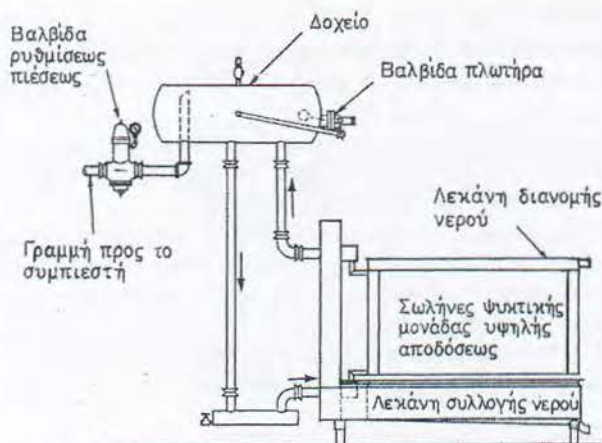


Ο τύπος αυτός παρουσιάζει το μειονέκτημα ότι καθαρίζεται δύσκολα. Έχει όμως και ένα σημαντικό πλεονέκτημα, σχετικό με τη λειτουργία σε θερμοκρασίες κοντά στο σημείο πήξεως του υγρού. Το είδος αυτό των στοιχείων συνήθως λειτουργεί με θερμοστατική βαλβίδα στραγγαλισμού, χωρίς όμως να αποκλείονται και οι άλλοι τρόποι ρυθμίσεως παροχής υγρού ψυκτικού μέσου.

Το στοιχείο ατμοποίησης με ξηρή εκτόνωση χρησιμοποιείται σε παρά πολύ μικρές και μεσαίες ψυκτικές εγκαταστάσεις, δηλαδή για ψυκτική ισχύ μέχρι 350 ψυκτικών τόνων.

#### **5.3.2.4. Στοιχεία καταιονισμού νερού, ξηρής εκτονώσεως**

Τα στοιχεία αυτά χρησιμοποιούνται για βιομηχανικές εφαρμογές, όπου ψύχεται νερό σε θερμοκρασίες και  $+ 1,5^{\circ}\text{C}$ , οπότε υπάρχει μεγάλος κίνδυνος για πάγωμα επάνω στις κρύες επιφάνειες του στοιχείου. Τα στοιχεία καταιονισμού νερού, ξηρής εκτονώσεως, λειτουργούν με την αρχή που φαίνεται στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 285. Σχήμα 3.3α. Στοιχείο καταιονισμού νερού, ξηρής εκτονώσεως.

Το ψυκτικό μέσο αποθηκεύεται σε υγρή μορφή σε ένα δοχείο στο πάνω μέρος πάνω μέρος της συσκευής και τρέχει μέσα στους σωλήνες. Η φυσική κυκλοφορία διατηρείται λόγω της διαφοράς πυκνότητας, που επικρατεί στα δύο κατακόρυφα σκέλη των σωληνώσεων και δεν χρησιμοποιείται κυκλοφορητής για το ψυκτικό μέσο. Η σταθερή στάθμη στο δοχείο υγρού ψυκτικού μέσου διατηρείται συνήθως με βαλβίδα πλωτήρα, η οποία λειτουργεί στην πλευρά της χαμηλής πίεσεως της εγκαταστάσεως. Οι σωλήνες, μέσα στους οποίους κυκλοφορεί το ψυκτικό μέσο, είναι οριζόντιοι και τοποθετημένοι σε πολλά επάλληλα στρώματα.

Το νερό ψύχεται και ψεκάζεται στο επάνω μέρος των σωληνών και στην συνέχεια στάζει, λόγω βαρύτητας, και περνάει από όλες τις σειρές των σωληνών διαδοχικά. Στο κάτω μέρος υπάρχει μια λεκάνη συλλογής του νερού από όπου το αναρροφά μια αντλία κυκλοφορίας και το στέλνει στην κατανάλωση για χρήση. Η αντλία αυτή εξυπηρετεί τόσο την κυκλοφορία στο δίκτυο χρήσεως, όσο και τον καταιονισμό του νερού στο πάνω μέρος των σωληνών.

Η διάταξη αυτή ουσιαστικά δεν έχει κέλυφος μέσα στο οποίο υπάρχει υγρό υπό πίεση. Συνήθως γύρω από τα στρώματα των σωλήνων δημιουργείται ένα κιβώτιο με θερμική μόνωση, ώστε να αποφεύγονται οι θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον. Μέσα σ' αυτό το κιβώτιο υπάρχει και ο ατμοσφαιρικός αέρας έτσι το νερό τρέχει λόγω βαρύτητας, από πάνω προς τα κάτω, ψύχεται μέσα στον αέρα.

Το είδος αυτό των στοιχείων ατμοποίησης δεν είναι ευαίσθητο στο πάγωμα των σωλήνων εξωτερικά και καθαρίζεται σχετικά εύκολα, γιατί αφαιρούνται τα τοιχώματα του κιβωτίου πολύ γρήγορα.

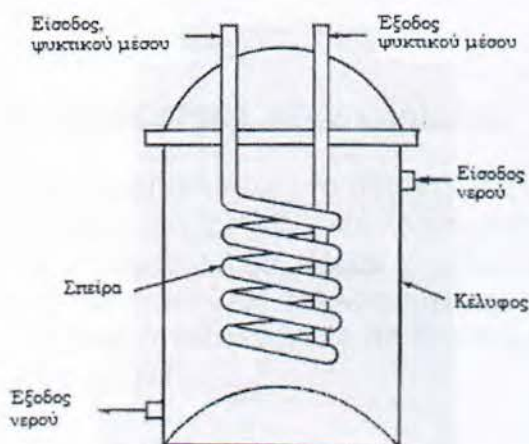
Συνήθως ο τύπος αυτός χρησιμοποιείται με ψυκτικό μέσο την αμμωνία. Όταν η αμμωνία δεν είναι επιθυμητή, για λόγους ασφάλειας, τοξικότητας κλπ., τότε χρησιμοποιείται και με τα αλογονομένα ψυκτικά μέσα, αλλά, αντί για τη βαλβίδα πλωτήρα υπάρχει θερμοστατική βαλβίδα εκτονώσεως.

### **5.3.2.5. Στοιχεία ομοαξονικών σωλήνων**

Κατασκευάζονται το ίδιο όπως οι αντίστοιχοι συμπυκνωτές που περιγράψαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Το ψυκτικό μέσο μπορεί να κυκλοφορεί ή στον εσωτερικό σωλήνα ή στο μανδύα που σχηματίζεται ανάμεσα στους δυο ομοαξονικούς σωλήνες; Επειδή υπάρχει το πρόβλημα της ρυπάνσεως από το νερό, συνήθως χρησιμοποιείται ο μέσα σωλήνας για την κυκλοφορία του νερού, ο οποίος καθαρίζεται κάπως ευκολότερα ιδίως αν δεν έχει σχήμα φουρκέτας. Τα στοιχεία ομοαξονικών σωλήνων λειτουργούν στις αντίστοιχες εγκαταστάσεις είτε ως στοιχεία ξηρής εκτονώσεως, είτε ως στοιχεία υπερχειλίσεως.

### **5.3.2.6. Στοιχεία κελύφους - σπείρας**

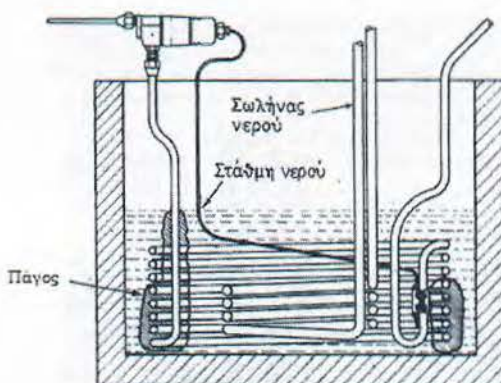
Η κατασκευή τους είναι ίδια όπως στους αντίστοιχους συμπυκνωτές, που αναφέρθηκαν στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 287. Σχήμα 3.3β. Σχηματική παράσταση στοιχείου κελύφους - σπείρας.



Τα στοιχεία αυτά χρησιμοποιούνται για μικρές εγκαταστάσεις. Λειτουργούν σχεδόν πάντοτε με θερμοστατικές βαλβίδες εκτονώσεως και έχουν μορφή σαν αυτή του σχήματος. Το ψυκτικό μέσο κυκλοφορεί μέσα στο σωλήνα της σπείρας και το ψυχόμενο υγρό στο έξω μέρος της σπείρας. Με τη διάταξη αυτή δημιουργείται ένα απόθεμα κρύου υγρού μέσα στο κέλυφος, που καλύπτει μικρές αιχμές της καταναλώσεως. Ο τύπος αυτός, για να καλύπτει και μεγαλύτερες αιχμές φορτίων, χρησιμοποιείται σε παραλλαγμένη μορφή, όπως φαίνεται στο σχήμα:



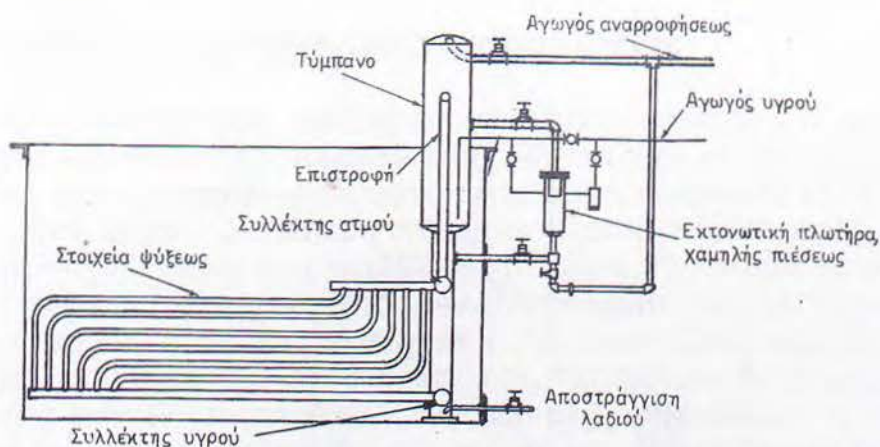
Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 287. Σχήμα 3.3γ. Στοιχείο εμβαπτισμένο σε νερό για συσσώρευση πάγου.

Σ' αυτή σχηματίζεται πάγος μέσα στο δοχείο, όπου η σπείρα του σωλήνα του ψυκτικού μέσου, βαπτίζεται μέσα σε νερό. Το νερό χρήσεως ψύχεται μέσα σε ένα δεύτερο σπειροειδή σωλήνα και κυκλοφορεί χωρίς να αποθηκεύεται. Η αποθήκευση του κρύου νερού και του πάγου γίνεται με μια ποσότητα νερού ανεξάρτητη από την κατανάλωση και καλύπτει τα αυξημένα στιγμιαία φορτία της χρήσεως.

Η κατασκευή του σχήματος δεν έχει ουσιαστικά κέλυφος πίεσεως, περιέχει ποσότητα νερού και πάγου που εκτός από την αποθήκευση λειτουργεί και σαν μέσο μεταδόσεως θερμότητας από το νερό χρήσεως, που κυκλοφορεί μέσα σε μια σπείρα, προς το ψυκτικό μέσο, που ατμοποιείται μέσα στην άλλη σπείρα.

### **5.3.2.7. Στοιχεία δοχείου αναδεύσεως, υπερχειλίσεως**

Στο είδος αυτό των στοιχείων ατμοποιήσεως, το υγρό που ψύχεται είναι μέσα σε ένα δοχείο με ελεύθερη στάθμη, όπου μια αντλία - κυκλοφορητής το αναδεύει συνέχεια, ώστε να υπάρχει ομοιομορφία θερμοκρασίας. Μέσα στο δοχείο υπάρχει δέσμη παραλλήλων σωλήνων μέσα στους οποίους κυκλοφορεί και ατμοποιείται το ψυκτικό μέσο. Το υγρό ψυκτικό μέσο είναι αποθηκευμένο σε ένα δοχείο στο πάνω μέρος της διατάξεως, όπως φαίνεται στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 288. Σχήμα 3.35. Στοιχείο ατμοποίησης τύπου δοχείου αναδεύσεως.

στο οποίο καταλήγει καταλήγει ατμός, μέσα από τον κεντρικό σωλήνα. Το δοχείο τροφοδοτείται από σύστημα βαλβίδας - πλωτήρα χαμηλής πίεσης. Οι σωληνώσεις που διακρίνονται εξασφαλίζουν την ακριβή τιμή στάθμης και πίεσης που δρουν στον πλωτήρα και ρυθμίζουν τη στάθμη του υγρού ψυκτικού μέσου.

Όταν τα στοιχεία ατμοποίησης είναι κατασκευασμένα έτσι, ώστε να υπάρχει θέμα ασφάλειας για τη λειτουργία, και απαιτούνται δοκιμές στεγανότητας υπό πίεση τότε οι ελάχιστες πιέσεις δοκιμής, για τα διάφορα ψυκτικά μέσα, δίνονται από τον πίνακα:

Ψυκτικό μέσο	Πίεση λειτουργίας	
	psi	bar
11	15	1,03
12	140	9,65
22	150	10,34
114	50	3,45
717	150	10,34

Πρέπει να τονισθεί για τις τιμές αυτές ότι είναι τιμές για δοκιμή σε στεγανότητα.



## 5.4. Αποπάγωση των στοιχείων ατμοποίησης

Όλες οι ψυκτικές εγκαταστάσεις, ανεξάρτητα από τον προορισμό ή τη χρήση τους λειτουργούν στο περιβάλλον της ατμόσφαιρας, που περιέχει και σημαντική ποσότητα υδρατμού. Έτσι, κάθε φορά που ο ατμοσφαιρικός αέρας έρχεται σε επαφή με μια επιφάνεια που είναι αρκετά ψυχρότερη απ' αυτόν εμφανίζονται σ' αυτήν φαινόμενα συμπύκνωσης του υδρατμού που περιέχεται στον αέρα. Οι επιφάνειες των στοιχείων ατμοποίησης των ψυκτικών εγκαταστάσεων είναι πάντοτε πιο κρύες από τον ατμοσφαιρικό αέρα έτσι πάνω στις επιφάνειες αυτές εμφανίζεται συμπύκνωση ή ακόμα και στερεοποίηση του υδρατμού της ατμόσφαιρας. Για το λόγο αυτό σχηματίζεται πάγος επάνω στα στοιχεία ατμοποίησης των ψυκτικών μηχανών.

Ο σχηματισμός όμως πάγου επάνω στα στοιχεία ατμοποίησης είναι φαινόμενο που καθιστά τη λειτουργία της ψυκτικής εγκαταστάσεως λιγότερη αποδοτική γιατί εκτός από τα άλλα ο πάγος χειροτερεύει το ρυθμό μεταδόσεως της θερμότητας από το χώρο που περιβάλλει το στοιχείο ατμοποίησης (ψυκτικό θάλαμο) προς το στοιχείο ατμοποίησης. Επομένως για την αποδοτική λειτουργία της ψυκτικής μηχανής είναι απαραίτητο: <sup>(62)</sup>

- Να αποφεύγεται κατά το δυνατόν ο σχηματισμός πάγου.
- Να απομακρύνεται ο πάγος από την επιφάνεια των στοιχείων ατμοποίησης.

Κατά τη διάρκεια της αποπαγώσεως η ψυκτική εγκατάσταση δε λειτουργεί και δεν παράγει ψυκτική ισχύ. Εκτός όμως από αυτό, για την τήξη και απομάκρυνση του πάγου καταναλώνεται και πρόσθετη ενέργεια πέρα από αυτήν που απαιτείται για τη λειτουργία της εγκαταστάσεως. Αλλά και ορισμένοι απαραίτητοι χειρισμοί για την αποπάγωση με μεταγωγή του θερμού ψυκτικού μέσου, προς το στοιχείο ατμοποίησης, μπορεί να προκαλούν πρόσθετα προβλήματα και φθορές.

### 5.4.1. Οι υδρατμοί της ατμόσφαιρας και το φαινόμενο της συμπύκνωσης και στερεοποίησης τους

Ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει πάντοτε υδρατμούς σε περιεκτικότητα που μεταβάλλεται ανάλογα με τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και την εποχή του έτους. Ο ξηρός ατμοσφαιρικός αέρας σε κανονικές συνθήκες πίεσεως και θερμοκρασίας έχει πυκνότητα  $1,29 \text{ kg/m}^3$ . Η μάζα των υδρατμών που περιέχει ο ατμοσφαιρικός αέρας κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 5 - 45 gr H<sub>2</sub>O/kg αέρα.

Η ποσότητα του νερού ή του πάγου που σχηματίζεται στην εξωτερική επιφάνεια του στοιχείου ατμοποίησης εξαρτάται από την περιεκτικότητα του αέρα σε υδρατμούς, από τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στην επιφάνεια του στοιχείου ατμοποίησης και του ατμοσφαιρικού αέρα και από το εμβαδόν της επιφάνειας. Για να καθορισθεί η

<sup>62</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>. Αποπάγωση των στοιχείων ατμοποίησης.



κατάσταση του ατμοσφαιρικού αέρα ως προς την υγρασία είναι απαραίτητο να ορισθούν τα εξής δυο χαρακτηριστικά μεγέθη:

**α)** Ο λόγος υγρασίας- αναφέρεται στην κατά μάζα σύσταση του ατμοσφαιρικού αέρα και ορίζεται ως εξής:

$$\text{λόγος υγρασίας} = \frac{\text{μάζα υδρατμού}}{1 \text{ kg ξηρού αέρα}} \quad (63)$$

Η τιμή του μεγέθους αυτού εξαρτάται από τη θερμοκρασία και από τη γενική ατμοσφαιρική κατάσταση. Το χειμώνα, που η θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλή, ο λόγος υγρασίας είναι μικρός. Συγκεκριμένα, για θερμοκρασίες ατμοσφαιρικού αέρα από +5°C ως 15°C, ο μέγιστος λόγος υγρασίας μεταβάλλεται μεταξύ των 5 ως 12 gr H<sub>2</sub>O/kg ξηρού αέρα.

Το καλοκαίρι, με τις μεγαλύτερες θερμοκρασίες, ο μέγιστος λόγος υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ 20 ως 45 gr H<sub>2</sub>O/kg ξηρού αέρα. Από τις τιμές αυτές φαίνεται ότι το καλοκαίρι έχει περισσότερους υδρατμούς στον αέρα από ότι το χειμώνα και μάλιστα σε τετραπλάσια ποσότητα περίπου.

Οι παραπάνω αριθμητικές τιμές εκφράζουν τη μέγιστη δυνατή περιεκτικότητα υδρατμού, ενώ οι συνηθισμένες τιμές στην Ελλάδα είναι συνήθως στο 1/3 - των τιμών αυτών.

**β)** Η σχετική υγρασία· αναφέρεται στο πόσο κοντά στο σημείο συμπυκνώσεως που βρίσκονται οι υδρατμοί της ατμόσφαιρας. Είναι γνωστό ότι η ατμοσφαιρική πίεση  $P_{atm}$  που μετρούν τα βαρόμετρα είναι άθροισμα δυο πιέσεων, της πίεσεως του ξηρού αέρα  $P_a$  και της πίεσεως του υδρατμού  $P_u$ .

$$P_{atm} = P_a + P_u \quad (64)$$

Για μια συγκεκριμένη θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα, και φυσικά των υδρατμών, η πίεση των υδρατμών  $p_0$  δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από μία οριακή τιμή  $p_s$  που είναι η πίεση κορεσμού του υδρατμού για την συγκεκριμένη θερμοκρασία.

Το πόσο κοντά στο σημείο συμπυκνώσεως, βρίσκονται οι υδρατμοί της ατμόσφαιρας, μετράται από την πίεση των υδρατμών  $p_v$  και από την αντίστοιχη πίεση κορεσμού  $p_s$ . Το μέγεθος που χρησιμοποιείται για αυτό το σκοπό είναι:

$$\text{σχετική υγρασία} = \frac{\text{πίεση υδρατμών } p_v}{\text{πίεση κορεσμένου } p_s} \quad (64)$$

Την σχετική υγρασία μετρούν τα συνηθισμένα υγρόμετρα.

Για τη συμπύκνωση ή στερεοποίηση των υδρατμών της ατμόσφαιρας πάνω στις επιφάνειες των στοιχείων ατμοποίησης, είναι εξίσου σημαντικά με την υγρασία. Η σχετική υγρασία αναφέρεται στην ευκολία με την οποία γίνεται η

<sup>63</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>. Αποπάγωση των στοιχείων ατμοποίησης. 6.2. Οι υδρατμοί της ατμόσφαιρας και το φαινόμενο της συμπυκνώσεως και στερεοποίησεως τους.



συμπύκνωση, ενώ ο λόγος υγρασίας αναφέρεται στην ποσότητα που συμπυκνώνεται.

Όσο μεγαλύτερη είναι η σχετική υγρασία, τόσο πιο κοντά στην συμπύκνωση είναι ο υδρατμός και τόσο σχετική υγρασία, τόσο ευκολότερα συμπυκνώνεται.

Όσο μικρότερη είναι η σχετική υγρασία, τόσο πιο δύσκολη είναι η συμπύκνωση. Όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος υγρασίας, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα υδρατμών που υπάρχει στον αέρα για να συμπυκνωθεί, και αντίστροφα.

Για τα στοιχεία ατμοποίησης η πιο δυσμενής κατάσταση είναι αυτή κατά την οποία εμφανίζονται μεγάλη σχετική υγρασία και μεγάλος λόγος υγρασίας. Τότε εύκολα συμπυκνώνονται οι υδρατμοί και μεγάλες ποσότητες υδρατμών αλλάζουν φάση και μετατρέπονται σε υγρό ή στερεό.

Το φαινόμενο της συμπυκνώσεως και στερεοποίησης είναι ανεπιθύμητο για τους εξής λόγους: <sup>(64)</sup>

1. Το συμπύκνωμα, το χιόνι ή ο πάγος λειτουργούν σαν θερμική μόνωση και εμποδίζουν την μετάδοση θερμότητας από τον αέρα στην κρύα μεταλλική επιφάνεια.
2. Για την αλλαγή φάσεως του υδρατμού καταναλώνεται ένα μέρος ψυκτικής ισχύος της εγκαταστάσεως, το οποίο δεν ψύχει τον αέρα του χώρου, αλλά αφαιρεί υδρατμό.
3. Το συμπύκνωμα και το νερό που σχηματίζεται από το λιώσιμο του πάγου ή του χιονιού πρέπει να έχει αποχέτευση. Συχνά όμως δημιουργούνται προβλήματα με το πάγωμα της αποχέτευσης.
4. Από το σχηματισμό μεγάλων ποσοτήτων πάγου προκαλούνται μηχανικές βλάβες και παραμορφώσεις των πτερυγίων ή των σωλήνων.

Τα φαινόμενα αυτά εμφανίζονται σε στοιχεία ατμοποίησης που ψύχουν αέρα.

Αντίστοιχες δυσκολίες μπορεί να εμφανιστούν και σε στοιχεία ατμοποίησης που ψύχουν νερό ή άλημη γιατί και εκεί μπορεί να σχηματισθούν ποσότητες πάγου που προκαλούν σχεδόν τα ίδια προβλήματα.

Η πρόληψη σχηματισμού πάγου, όπου αυτό είναι δυνατό, επιβάλλει τη στεγανοποίηση του ψυχόμενου χώρου, ώστε να μη κυκλοφορεί μέσα σ' αυτόν συνεχώς νέος ατμοσφαιρικός αέρας, που φέρνει μαζί του νέες ποσότητες υδρατμού. Αυτό συμβαίνει π.χ. στα οικιακά ψυγεία με το λάστιχο στεγανοποίησης, που έχουν γύρω από την εσωτερική επιφάνεια της πόρτας τους. Το λάστιχο αυτό είναι κοίλο και φέρει μέσα του, καθ' όλο το μήκος, ένα άλλο λάστιχο με πολύ μικρούς μαγνήτες που το πιέζουν πάνω στο μεταλλικό τοίχωμα και δεν επιτρέπουν την κυκλοφορία του αέρα μέσα από χαραμάδες, όταν η πόρτα είναι κλειστή. Παρόμοια μέτρα με λάστιχα στεγανοποίησης εφαρμόζονται και για τις πόρτες των μεγάλων ψυκτικών θαλάμων.

Όσα όμως προληπτικά μέτρα και αν λαμβάνονται, ο σχηματισμός συμπυκνώματος ή πάγου δεν αποφεύγεται και έτσι πρέπει να εφαρμοσθούν μέθοδοι αποπαγήσεως. Το συμπύκνωμα, επειδή είναι υγρό, φεύγει λόγω βαρύτητας προς την κατάλληλη διάταξη αποχετεύσεως, που πρέπει να έχει προβλεφθεί, ο πάγος όμως πρέπει πρώτα να λιώσει ή να ξεκολλήσει από τις μεταλλικές επιφάνειες και μετά να απομακρυνθεί.

<sup>64</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>. Αποπάγωση των στοιχείων ατμοποίησης. 6.2. Οι υδρατμοί της ατμόσφαιρας και το φαινόμενο της συμπυκνώσεως και στερεοποίησης τους.



Υπάρχουν πολλών ειδών διατάξεις αποπαγώσεως κατάλληλες για να αντιμετωπίσουν συγκεκριμένες ανάγκες.

### 5.4.2. Μέθοδοι αποπάγωσης

Για να γίνει η αποπάγωση διακόπτεται η λειτουργία του στοιχείου ατμοποίησης. Αν η περίπτωση είναι απλή, μπορεί η διακοπή της λειτουργίας, αν βέβαια διαρκέσει αρκετό χρονικό διάστημα, να αρκεί για την αποπάγωση. Σε άλλες όμως περιπτώσεις, πιο δύσκολες, απαιτούνται και άλλα πρόσθετα μέτρα. Ένα συνηθισμένο από τα μέτρα αυτά είναι η μεταγωγή του ψυκτικού μέσου. Με τη μεταγωγή αυτή στέλνεται στο στοιχείο ατμοποίησης, όπου γίνεται αποπάγωση, αντί για κρύο υγρό ψυκτικό μέσο, ζεστός ατμός ψυκτικού μέσου. Έτσι οι επιφάνειες του στοιχείου ατμοποίησης θερμαίνονται από μέσα. Το είδος αυτό της θερμάνσεως είναι εξαιρετικά αποτελεσματικό, γιατί ο πάγος που είχε σχηματιστεί λιώνει από μέσα προς τα έξω. Όταν λιώσει ένα μικρό εσωτερικό στρώμα πάγου, η υπόλοιπη ποσότητα πάγου μπορεί να ολισθήσει λόγω της βαρύτητας και να παρασυρθεί από το ρεύμα αέρα που προκαλεί ο εξωτερικός ανεμιστήρας του στοιχείου γενικά δεν απαιτείται πολύς χρόνος για να λιώσει ολόκληρη η ποσότητα του πάγου και έτσι η εγκατάσταση δεν μένει πολύ χρόνο εκτός λειτουργίας.

Σε άλλες περιπτώσεις ο πάγος δε θερμαίνεται με το θερμό ατμό του ψυκτικού μέσου, αλλά με ηλεκτρική αντίσταση που είναι προσαρμοσμένη και εφάπτεται στις εξωτερικές μεταλλικές επιφάνειες του στοιχείου ατμοποίησης. Όταν σταματήσει η τροφοδότηση του στοιχείου ατμοποίησης με υγρό ψυκτικό μέσο και αρχίσει η περίοδος της αποπαγώσεως, τότε η ηλεκτρική αντίσταση τροφοδοτείται με ρεύμα και επιταχύνει την τήξη και την απομάκρυνση του πάγου.

Τέλος, πρέπει να αναφέρουμε ότι υπάρχουν τρόποι αποπαγώσεως που βασίζονται στη μέθοδο καταιονισμού με νερό. Χρησιμοποιείται δηλαδή ποσότητα νερού που ψεκάζεται πάνω στον πάγο και τον λιώνει.

Η αποπάγωση, στο τέλος κάθε περιόδου αποπαγώσεως, πρέπει να είναι τέλεια γιατί τα υπολείμματα πάγου και νερού, αν δεν απομακρυνθούν σχηματίζουν νέες μορφές πάγου.

Η έναρξη και το τέλος της περιόδου αποπαγώσεως μπορεί να προκαλείται χειροκίνητα ή αυτόματα. Κατά την αυτόματη λειτουργία η αποπάγωση μπορεί να αρχίζει είτε σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα ή να υπάρχει κάποιο αισθητήριο, που καθορίζει τη χρονική στιγμή που πρέπει να αρχίσει η αποπάγωση. Μερικές φορές το αισθητήριο καθορίζει όχι την έναρξη της αποπαγώσεως αλλά το τέλος της.

Ανακεφαλαιώνοντας, οι συνηθισμένοι τρόποι αποπαγώσεως είναι οι εξής: <sup>(65)</sup>

Ως προς τον τρόπο θερμάνσεως του πάγου:

- Ηλεκτρική θέρμανση.
- Μεταγωγή θερμού ατμού.
- Καταιονισμός νερού.
- Αναμονή.

<sup>65</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, Κεφάλαιο 6°. Αποπάγωση των στοιχείων ατμοποίησης, 6.3. Μέθοδοι αποπάγωσης.



Ως προς τον τρόπο ενεργοποίησής:

- Χειροκίνητη αποπάγωση.
- Αυτόματη αποπάγωση.
- Ημιαυτόματη αποπάγωση.

### 5.4.3. Χρονοδιακόπτες αποπάγωσης

Κατά την αποπάγωση με χρονοδιακόπτη, κριτήριο για την έναρξη και το τέλος της είναι ο χρόνος. Η χρονική στιγμή έναρξης, η διάρκεια της αποπαγώσεως και η συχνότητα με την οποία εκτελείται η αποπάγωση μέσα στο εικοσιτετράωρο, καθορίζονται από την πείρα. Οι τιμές αυτές εξαρτώνται από το είδος της εγκαταστάσεως, από την εποχή του έτους και από τη χρήση της εγκαταστάσεως, και ρυθμίζονται κάθε φορά ώστε να παρακολουθούν τις μεταβολές αυτές.

Ο χρονοδιακόπτης αποτελείται από: <sup>(66)</sup>

- Ένα σύγχρονο κινητήρα, που λειτουργεί με τη συχνότητα του ηλεκτρικού δικτύου σε σταθερό αριθμό περιστροφών.
- Ένα σύγχρονο κινητήρα, που λειτουργεί με τη συχνότητα του ηλεκτρικού δικτύου σε σταθερό αριθμό περιστροφών.
- Ένα δίσκο στον οποίο είναι χαραγμένες οι ώρες του εικοσιτετραώρου· πάνω στο δίσκο στηρίζονται τα έκκεντρα που ενεργοποιούν τις ηλεκτρικές επαφές.
- Τις ηλεκτρικές επαφές.

Τυπικός χρονοδιακόπτης φαίνεται στο σχήμα : <sup>(67)</sup>



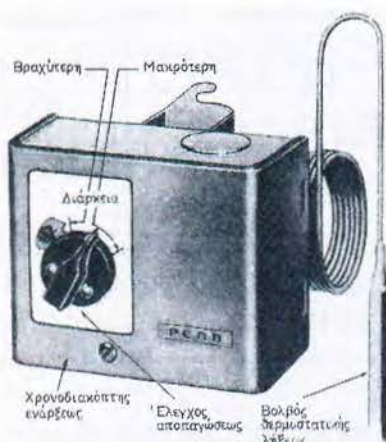
Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 418. Σχήμα 6.4α. Χρονοδιακόπτης κατάλληλος για έλεγχο αποπάγωσης.

Οι χρονοδιακόπτες χρησιμοποιούνται με δυο τρόπους: <sup>(67)</sup>

<sup>66</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>. Αποπάγωση των στοιχείων ατμοποίησης. 6.4. Χρονοδιακόπτες αποπάγωσης.

- Κατά τον πρώτο τρόπο, σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα του εικοσιτετραώρου γίνεται αποπάγωση που διαρκεί προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Τόσο οι χρονικές τιμές έναρξης όσο και η διάρκεια αποπαγώσεως καθορίζονται με τα κατάλληλα βύσματα που τοποθετούνται στο δίσκο του χρονοδιακόπτη. Στην περίπτωση αυτή ο κινητήρας του χρονοδιακόπτη συνδέεται διαρκώς στο ηλεκτρικό δίκτυο και τηρεί το χρόνο συνεχώς. Στον τρόπο αυτό αποπαγώσεως δεν λαμβάνεται υπόψη ο χρόνος κατά τον οποίο λειτούργησε η ψυκτική εγκατάσταση. Είτε, δηλαδή, είχε μικρό φορτίο και λειτούργησε λίγες ώρες είτε είχε μεγάλο φορτίο και λειτούργησε πολλές ώρες η συχνότητα και η διάρκεια των περιόδων αποπαγώσεως μένουν οι ίδιες.
- Κατά το δεύτερο τρόπο συνδέσεως, ο χρονοδιακόπτης λειτουργεί και στρέφεται ο δίσκος του, δηλαδή υπολογίζει το χρόνο, μόνο όση ώρα εργάζεται ο συμπιεστής του ψυκτικού μέσου. Η ρύθμιση αυτή επιτυγχάνεται με ηλεκτρική σύνδεση του κινητήρα του χρονοδιακόπτη παράλληλα προς τον κύριο ηλεκτροκινητήρα του συμπιεστή ψυκτικού μέσου. Έτσι η αποπάγωση ενεργοποιείται μετά από ορισμένες ώρες λειτουργίας της ψυκτικής εγκαταστάσεως τις οποίες υπολογίζει ο χρονοδιακόπτης.

Ένας άλλος τύπος χρονοδιακόπτη φαίνεται στο σχήμα:



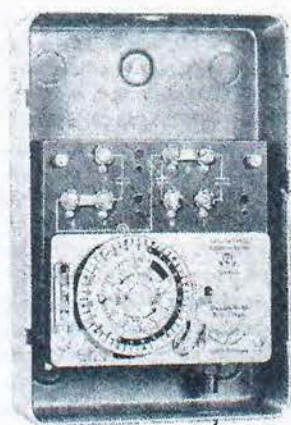
**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 423. Σχήμα 6.4ζ. Συσκευή ελέγχου αποπαγώσεως με χρονοδιακόπτη για την έναρξη και θερμοστάτη για την λήξη της αποπαγώσεως.**

Η αποπάγωση αρχίζει στην προκαθορισμένη χρονική στιγμή, που έχει ρυθμισθεί με το χρονοδιακόπτη, αλλά το τέλος της αποπαγώσεως συντελείται, όταν η επιφάνεια του στοιχείου ατμοποίησης γίνει θερμότερη από 0°C. Η θερμοκρασία αυτή ελέγχεται με το αισθητήριο βολβό της συσκευής. Αυτός επενεργεί με την πίεση του ψυκτικού μέσου της γομώσεώς του σε κατάλληλη διάταξη πτυχωτού σωλήνα, που ενεργοποιεί την αντίστοιχη ηλεκτρική επαφή του ηλεκτρικού διακόπτη. Η συσκευή του έχει χρονική έναρξη αποπαγώσεως και θερμοστατική λήξη.

Μια παρόμοια μέθοδος αποπαγώσεως μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη διάταξη που φαίνεται στο σχήμα:

<sup>67</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>. Αποπάγωση των στοιχείων ατμοποίησης. 6.4. Χρονοδιακόπτες αποπαγώσεως.





Ρύθμιση χαμηλής πίεσης

Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 423. Σχήμα 6.4η. Συσσκευή ελέγχου αποπαγώσεως με χρονική έναρξη αποπαγώσεως και πιεζοστατική λήξη.

Σ' αυτήν η έναρξη αποπαγώσεως γίνεται σε χρονικό διάστημα ορισμένο, μετά από την εκκίνηση του συμπιεστή, και διαρκεί ορισμένο χρόνο, ώστε η χαμηλή πίεση να γίνει μεγαλύτερη από μια τιμή που ρυθμίζει τη συσκευή κατά βούληση. Μόλις η χαμηλή πίεση υπερβεί αυτήν την τιμή - όριο, ο χρονοδιακόπτης μηδενίζεται και ξαναρχίζει να μετράει το χρόνο μέχρι την επόμενη αποπάγωση.

#### 5.4.4. Αποπάγωση με θερμό ατμό

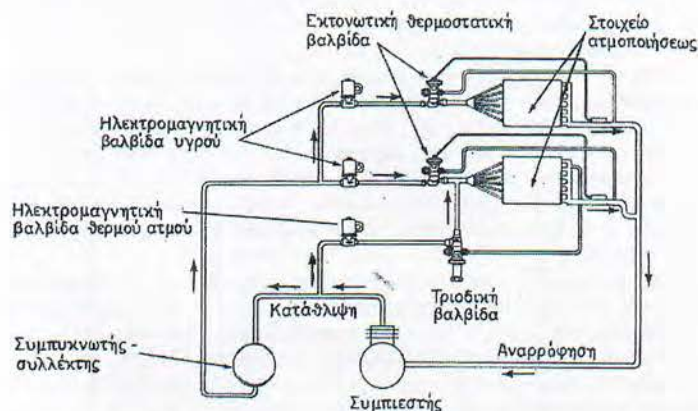
Η μέθοδος αυτή αποπαγώσεως απαιτεί συνθετότερη κατασκευή αλλά έχει το πλεονέκτημα της γρήγορης αποπαγώσεως. Με διατάξεις του είδους αυτού η διάρκεια αποπαγώσεως είναι συνήθως μόνο 5 ως 10 λεπτά. Η εφαρμογή της όμως απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή σε δυο σημεία: <sup>(68)</sup>

1. Το ψυκτικό μέσο συμπυκνώνεται στο στοιχείο ατμοποίησης, το οποίο τώρα, κατά τη διάρκεια της αποπαγώσεως, λειτουργεί ουσιαστικά ως συμπυκνωτής. Ο θερμός ατμός του ψυκτικού μέσου θερμαίνει μεν το στοιχείο ατμοποίησης και λιώνει τον πάγο, αλλά ταυτόχρονα συμπυκνώνεται τουλάχιστον κατά ένα ποσοστό. Πρέπει να λαμβάνεται ιδιαίτερη πρόνοια, ώστε να μη φθάνει το υγρό ψυκτικό μέσο στο συμπιεστή και προκαλεί ζημιές.
2. Στη θερμοκρασία του ατμού του ψυκτικού μέσου στην αναρρόφηση του συμπιεστή. Αυτή σε μερικές περιπτώσεις, κατά το τέλος της αποπαγώσεως, αυξάνει αρκετά και ενδεχομένως να απαιτείται επανέγχυση υγρού ψυκτικού μέσου.

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι και συνδεσμολογίες για να πραγματοποιηθεί η αποπάγωση με θερμό ατμό. Στο σχήμα:

<sup>68</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>. Αποπάγωση των στοιχείων ατμοποίησης. 6.5. Αποπάγωση με θερμό ατμό.





Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 425. Σχήμα 6.5α. Σχηματική παράσταση διάταξης αποπαγώσεως με θερμό ατμό.

φαίνεται μια δυνατότητα για εγκατάσταση με δυο παράλληλα στοιχεία ατμοποίησης που εξυπηρετούν διαφορετικούς χώρους. Το πάνω στοιχείο ατμοποίησης λειτουργεί σε θερμοκρασία ανώτερη από  $0^{\circ}\text{C}$  και δεν χρειάζεται διάταξη αποπαγώσεως γιατί δεν σχηματίζεται πάγος. Το κάτω στοιχείο ατμοποίησης αποπαγώνεται με θερμό ατμό. Όταν το στοιχείο ατμοποίησης ψύχεται, η ηλεκτρομαγνητική αποφρακτική βαλβίδα θερμού ατμού είναι κλειστή και έτσι το στοιχείο ατμοποίησης λειτουργεί κανονικά και τροφοδοτείται από τη θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα του, μέσω ενός κατανεμητή ψυκτικού μέσου. Όπως φαίνεται στο σχήμα, οι θερμοστατικές βαλβίδες εκτονώσεως έχουν εξωτερική εξίσωση πιέσεως.

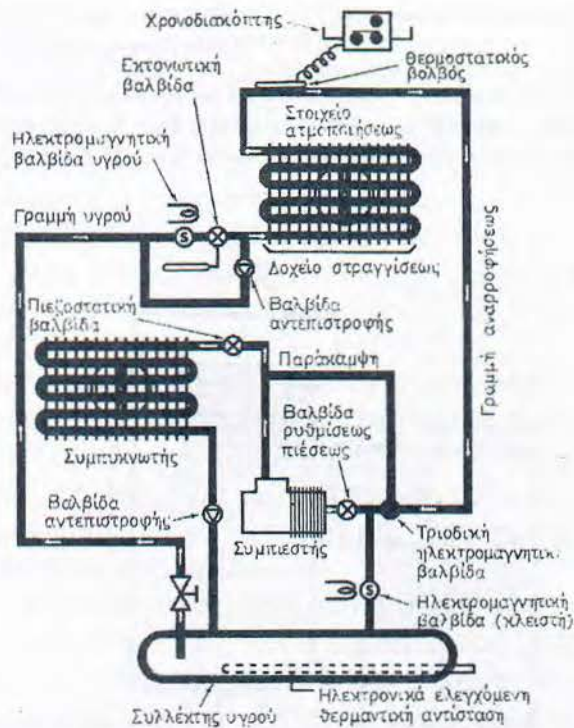
Όταν γίνεται αποπάγωση, η ηλεκτρομαγνητική αποφρακτική βαλβίδα θερμού ατμού ανοίγει και στέλνει θερμό ατμό προς την τριοδική βαλβίδα που διαιρεί το ρεύμα θερμού ατμού σε δυο μέρη. Ένα μέρος οδηγείται στην είσοδο του στοιχείου ατμοποίησης και ένα άλλο στην έξοδο του. Έτσι το στοιχείο ατμοποίησης τροφοδοτείται με θερμό ατμό και από τα δυο άκρα. Η τροφοδότηση στην έξοδο, εξασφαλίζει την ατμοποίηση του υγρού ψυκτικού μέσου, για την ασφάλεια του συμπιεστή. Όσο διαρκεί η αποπάγωση, η ηλεκτρομαγνητική αποφρακτική βαλβίδα, που βρίσκεται στο σωλήνα υγρού ψυκτικού μέσου πριν από τη θερμοστατική βαλβίδα εκτονώσεως, κλείνει ώστε να διακοπεί η τροφοδότηση του στοιχείου ατμοποίησης με υγρό ψυκτικό μέσο.

Στη διάταξη του ανωτέρω σχήματος η διαδρομή που ακολουθεί ο θερμός ατμός είναι πρακτικά η ίδια με τη διαδρομή της κανονικής λειτουργίας, δηλαδή η κύρια ποσότητα θερμού ατμού ψυκτικού μέσου προσάγεται στο στοιχείο ατμοποίησης, μετά τη θερμοστατική βαλβίδα, και απάγεται από την έξοδό του.

Υπάρχουν άλλες διατάξεις, στις οποίες κατά την αποπάγωση αντιστρέφεται η φορά ροής του ψυκτικού μέσου, μέσα από το στοιχείο ατμοποίησης. Έτσι ο θερμός ατμός του ψυκτικού μέσου προσάγεται στην έξοδο και απάγεται από την είσοδο. Για να πραγματοποιηθεί όμως αυτή η κυκλοφορία, πρέπει να παρακαμφθεί η διάταξη στραγγαλισμού, στην οποία η ροή μπορεί να γίνει μόνο προς την κανονική φορά λειτουργίας της ψυκτικής εγκαταστάσεως.

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι και συνδεσμολογίες για να πραγματοποιηθεί η αποπάγωση με θερμό ατμό. Στο σχήμα:





**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 427. Σχήμα 6.5β. Ψυκτικό κύκλωμα με διάταξη αντιστροφής ροής για την αποπάγωση (Τα βέλη δείχνουν τη ροή για την ροή για την φάση της ψύξεως).**

το σχήμα, φαίνεται μια δυνατότητα για εγκατάσταση με δυο παράλληλα στοιχεία ατμοποίησης που εξυπηρετούν διαφορετικούς χώρους. Το πάνω στοιχείο ατμοποίησης λειτουργεί σε θερμοκρασία ανώτερη από  $0^{\circ}\text{C}$  και δεν χρειάζεται διάταξη αποπαγώσεως γιατί δεν σχηματίζεται πάγος. Το κάτω στοιχείο ατμοποίησης αποπαγώνεται με θερμό ατμό. Όταν το στοιχείο ατμοποίησης ψύχεται, η ηλεκτρομαγνητική αποφρακτική βαλβίδα θερμού ατμού είναι κλειστή και έτσι το στοιχείο ατμοποίησης λειτουργεί κανονικά και τροφοδοτείται από τη θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα του, μέσω ενός καταμεμητή ψυκτικού μέσου. Όπως φαίνεται στο σχήμα, οι θερμοστατικές βαλβίδες εκτονώσεως έχουν εξωτερική εξίσωση πιέσεως. Όταν γίνεται αποπάγωση, η ηλεκτρομαγνητική αποφρακτική βαλβίδα θερμού ατμού ανοίγει και στέλνει θερμό ατμό προς την τριοδική βαλβίδα που διαιρεί το ρεύμα θερμού ατμού σε δυο μέρη. Ένα μέρος οδηγείται στην είσοδο του στοιχείου ατμοποίησης και ένα άλλο στην έξοδό του. Έτσι το στοιχείο ατμοποίησης τροφοδοτείται με θερμό ατμό και από τα δυο άκρα. Η τροφοδότηση στην έξοδο, εξασφαλίζει την ατμοποίηση του υγρού ψυκτικού μέσου, για την ασφάλεια του συμπιεστή. Όσο διαρκεί η αποπάγωση, η ηλεκτρομαγνητική αποφρακτική βαλβίδα, που βρίσκεται στο σωλήνα υγρού ψυκτικού μέσου πριν από τη θερμοστατική βαλβίδα εκτονώσεως, κλείνει ώστε να διακοπεί η τροφοδότηση του στοιχείου ατμοποίησης με υγρό ψυκτικό μέσο.

Στη διάταξη του ανωτέρω σχήματος, η διαδρομή που ακολουθεί ο θερμός ατμός είναι πρακτικά η ίδια με τη διαδρομή της κανονικής λειτουργίας, δηλαδή η κύρια ποσότητα θερμού ατμού ψυκτικού μέσου προσάγεται στο στοιχείο ατμοποίησης, μετά τη θερμοστατική βαλβίδα, και απάγεται από την έξοδό του.

Υπάρχουν άλλες διατάξεις, στις οποίες κατά την αποπάγωση αντιστρέφεται η φορά ροής του ψυκτικού μέσου, μέσα από το στοιχείο ατμοποίησης. Έτσι ο θερμός ατμός του ψυκτικού μέσου προσάγεται στην έξοδο και απάγεται από την είσοδο. Για να πραγματοποιηθεί όμως αυτή η κυκλοφορία, πρέπει να παρακαμφθεί η διάταξη



στραγγαλισμού, στην οποία η ροή μπορεί να γίνει μόνο προς την κανονική φορά λειτουργίας της ψυκτικής εγκαταστάσεως.

Στο ανωτέρω σχήμα, φαίνεται το κύκλωμα μιας ψυκτικής εγκαταστάσεως που διαθέτει και κατάλληλες σωληνώσεις αλλά και κατάλληλες βαλβίδες, ώστε να επιτυγχάνεται αποπάγωση με αντίστροφη ροή θερμού ατμού στο στοιχείο ατμοποίησης.

Στο κύκλωμα αυτό διακρίνονται ο συμπιεστής στο μέσο και ο συμπυκνωτής αριστερά. Στην είσοδο του συμπυκνωτή υπάρχει πιεζοστατική βαλβίδα προστασίας, η οποία ελέγχει την υψηλή πίεση στην έξοδο του συμπυκνωτή υπάρχει βαλβίδα αντεπιστροφής, η οποία κατά τη φάση της αποπαγώσεως προλαβαίνει αντίστροφη ροή στο συμπυκνωτή.

Το υγρό ψυκτικό μέσο, μετά την έξοδό του από το συμπυκνωτή, συλλέγεται στο συλλέκτη από όπου και οδηγείται προς τη θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα. Πριν από τη βαλβίδα αυτή υπάρχει ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα, ενώ παράλληλα προς την εκτονωτική υπάρχει αγωγός και βαλβίδα αντεπιστροφής. Το υγρό ψυκτικό μέσο δε μπορεί να παρακάμψει τη θερμοστατική εκτονωτική, γιατί εμποδίζεται από τη βαλβίδα αντεπιστροφής του παράλληλου κλάδου.

Στην έξοδο του στοιχείου ατμοποίησης, στο πάνω μέρος του σχήματος, φαίνεται ο χρονοδιακόπτης ενάρξεως αποπαγώσεως και ο αισθητήριος βολβός της θερμοστατικής διατάξεως, που ελέγχει το τέλος της αποπαγώσεως. Ο κρύος ατμός του ψυκτικού μέσου περνάει στη συνέχεια από τριοδική βαλβίδα προς την αναρρόφηση του συμπιεστή, αφού περάσει και από βαλβίδα ρυθμίσεως πίεσεως. Η τριοδική βαλβίδα απομονώνει τον αγωγό παρακάμψεως του συμπιεστή και ο κρύος ατμός χαμηλής πίεσεως οδηγείται κανονικά στην αναρρόφηση του συμπιεστή.

Μέσα στο συλλέκτη του υγρού ψυκτικού μέσου υπάρχει και θερμομαντική ηλεκτρική αντίσταση, που χρησιμοποιείται μόνο κατά τη διάρκεια της αποπαγώσεως.

Η ροή του υγρού ψυκτικού μέσου διά μέσου των σωληνώσεων του κυκλώματος χαρακτηρίζεται με βέλη, στα διάφορα σημεία. Η φορά αυτή της κυκλοφορίας αντιστοιχεί στη φάση ψύξεως της εγκαταστάσεως.

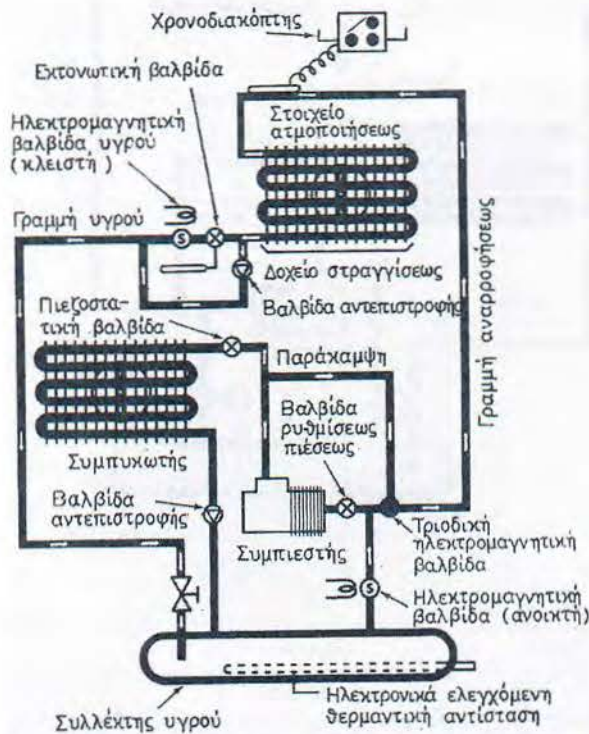
ψυκτικού μέσου περνάει στη συνέχεια από τριοδική βαλβίδα προς την αναρρόφηση του συμπιεστή, αφού περάσει και από βαλβίδα ρυθμίσεως πίεσεως. Η τριοδική βαλβίδα απομονώνει τον αγωγό παρακάμψεως του συμπιεστή και ο κρύος ατμός χαμηλής πίεσεως οδηγείται κανονικά στην αναρρόφηση του συμπιεστή.

Μέσα στο συλλέκτη του υγρού ψυκτικού μέσου υπάρχει και θερμομαντική ηλεκτρική αντίσταση, που χρησιμοποιείται μόνο κατά τη διάρκεια της αποπαγώσεως.

Η ροή του υγρού ψυκτικού μέσου διά μέσου των σωληνώσεων του κυκλώματος χαρακτηρίζεται με βέλη, στα διάφορα σημεία. Η φορά αυτή της κυκλοφορίας αντιστοιχεί στη φάση ψύξεως της εγκαταστάσεως.

Οι αντίστοιχες κατευθύνσεις ροής του ψυκτικού μέσου, κατά τη φάση της αποπαγώσεως, φαίνονται στο σχήμα:





**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 428. Σχήμα 6.5γ. Το ψυκτικό κύκλωμα του σχήματος 6.5β (σελίδα 427) (Τα βέλη δείχνουν τη ροή για την ροή για την φάση της αποπαγώσεως).**

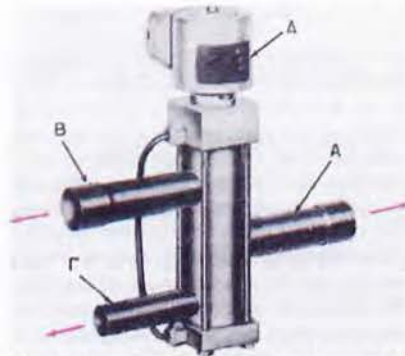
Κατά την αποπάγωση η τριοδική βαλβίδα έχει αλλάξει θέση και έτσι ο υπέρθερμος ατμός, μετά την έξοδό του από το συμπιεστή, χωρίζεται σε δυο μέρη. Το ένα ακολουθεί την κανονική οδό προς το συμπυκνωτή, όπου και υγραποιείται, το δε άλλο περνάει από την τριοδική βαλβίδα και οδηγείται, μέσα από τον αγωγό αναρροφήσεως, προς την έξοδο του στοιχείου ατμοποίησης.

Ο θερμός ατμός, λιώνει τον πάγο, που έχει σχηματισθεί στις εξωτερικές επιφάνειες του στοιχείου ατμοποίησης, και στη συνέχεια φθάνει στην είσοδο του στοιχείου. Στη θέση αυτή περνάει από τη βαλβίδα αντεπιστροφής και παρακάμπτεται τη θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα καθώς και την κλειστή, κατά τη φάση αυτή η ηλεκτρομαγνητική αποφρακτική βαλβίδα. Στη συνέχεια, μέσα από τη σωλήνωση του υγρού ψυκτικού μέσου, φθάνει στο συλλέκτη, από όπου ο συμπιεστής αναρροφά τον ατμό. Κατά την αποπάγωση ανοίγει η ηλεκτρομαγνητική αποφρακτική βαλβίδα, που συνδέει το συλλέκτη με την αναρρόφηση του συμπιεστή.

Στο στοιχείο ατμοποίησης, κατά την αποπάγωση, υγραποιείται μεγάλη ποσότητα από το ψυκτικό μέσο, και στο συλλέκτη φθάνει κυρίως υγρό. Έτσι όμως δεν υπάρχει ατμός ψυκτικού μέσου για να αναρροφήσει ο συμπιεστής και να ξαναστείλει στο στοιχείο ατμοποίησης, ώστε να συνεχισθεί η αποπάγωση. Για να καλυφθεί αυτή η ανάγκη, η ηλεκτρική αντίσταση, που υπάρχει στο συλλέκτη υγρού ψυκτικού μέσου, τροφοδοτείται με ισχύ από το ηλεκτρικό δίκτυο, οπότε με τη θερμότητά της, παράγεται πρόσθετη ποσότητα ατμού ψυκτικού μέσου για την αποπάγωση.

Η αποπάγωση αρχίζει με χρονοδιακόπτη, που δίνει εντολή και αλλάζει κατάλληλα η θέση των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων. Ο ίδιος χρονοδιακόπτης δίνει εντολή για το τέλος της αποπαγώσεως, οπότε και πάλι επέρχονται οι κατάλληλες αλλαγές θέσεως

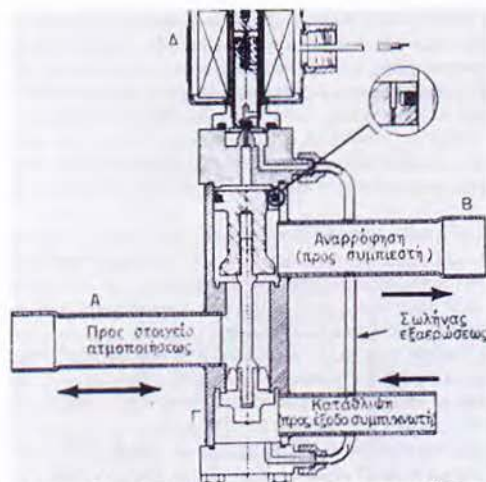
των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων καθώς και η τροφοδότηση με ηλεκτρική ισχύ των διαφόρων μονάδων της ψυκτικής εγκαταστάσεως. Η τριοδική βαλβίδα είναι βαλβίδα που συνδέεται με το δίκτυο σωληνώσεων με τρεις συνδέσμους. Δηλαδή μπορεί κατά περίπτωση να έχει μια είσοδο και δυο εξόδους ή δυο εισόδους και μια έξοδο. Ως προς την κατασκευή της η τριοδική βαλβίδα μοιάζει με την τετραοδική. Η εξωτερική μορφή μιας τριοδικής βαλβίδας φαίνεται στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 429. Σχήμα 6.5δ. Τριοδική βαλβίδα μεταγωγής - παρακάμφεως θερμού ατμού.

- A) Σύνδεση προς στοιχείο ατμοποίησης.
- B) Προς αναρρόφηση συμπιεστή.
- Γ) Σύνδεση προς συμπυκνωτή.
- Δ) Ηλεκτρομαγνητική αποφρακτική βαλβίδα.

Η εσωτερική διαμόρφωση μιας τριοδικής βαλβίδας φαίνεται στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 430. Σχήμα 6.5ε. Εσωτερική διαμόρφωση μιας τριοδικής βαλβίδας.



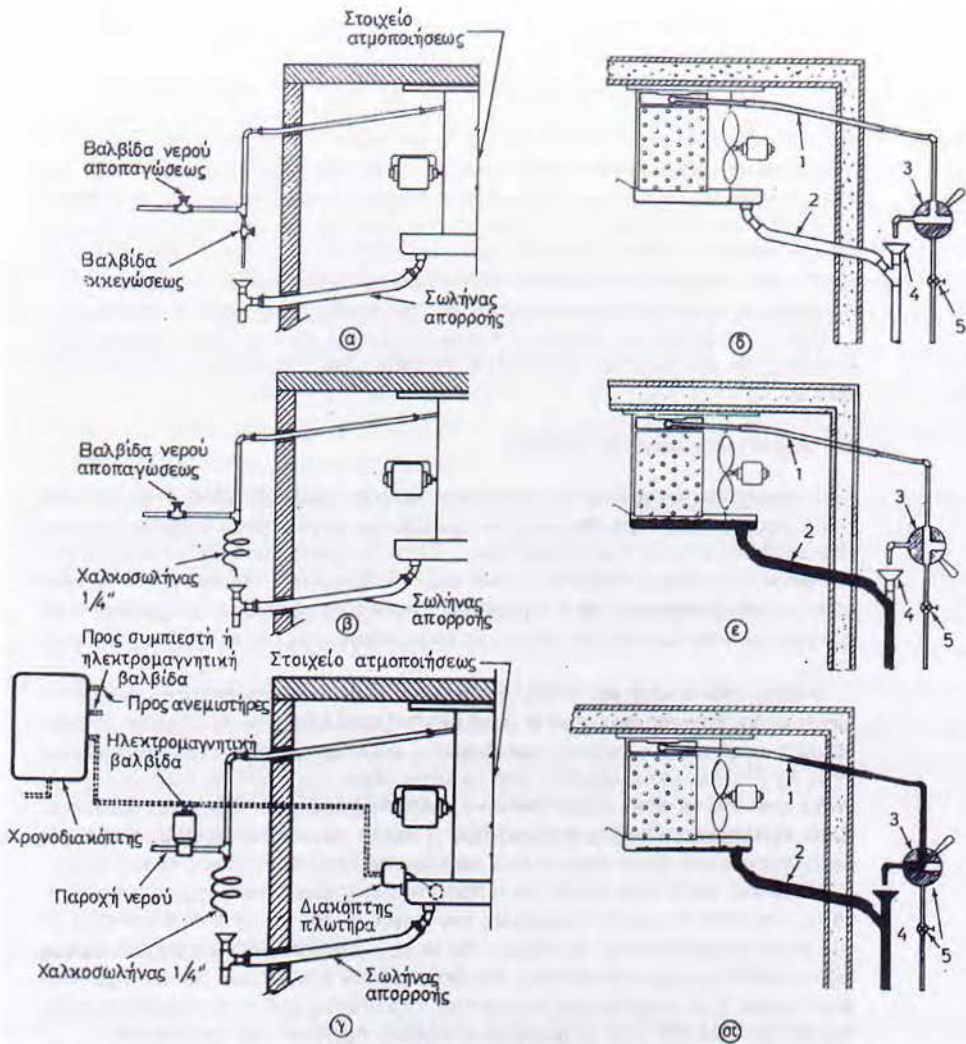
### 5.4.5. Άλλες μέθοδοι αποπάγωσης

Οι μέθοδοι αποπαγώσεως, που έχουν περιγραφεί ως τώρα είναι αυτές που χρησιμοποιούνται πιο συχνά. Υπάρχουν όμως και άλλες, από τις οποίες, οι κυριότερες είναι οι εξής: <sup>(69)</sup>

1. Αποπάγωση με θερμό αέρα, που προσάγεται με ανεμιστήρα στο παγωμένο στοιχείο ατμοποίησης.
2. Αποπάγωση με δευτερεύον ψυκτικό κύκλωμα, που θερμαίνει το παγωμένο στοιχείο ατμοποίησης.
3. Αποπάγωση με κύκλωμα θερμαινόμενης άλμης. Η χρήση της θερμής άλμης για τη θέρμανση του παγωμένου στοιχείου ατμοποίησης δεν παρουσιάζει τον κίνδυνο της αύξησεως της πιέσεως του ψυκτικού μέσου. Η αύξηση αυτή μπορεί να συμβεί από υπερθέρμανση, που είναι δυνατό να παρουσιασθεί, όταν π.χ. για την αποπάγωση χρησιμοποιείται ηλεκτρική αντίσταση και κολλήσει ο θερμοστάτης ασφάλειας.
4. Αποπάγωση με καταιονισμό νερού. Χρησιμοποιείται δηλαδή ποσότητα νερού που ψεκάζεται πάνω στον πάγο του στοιχείου ατμοποίησης και το λιώνει. Τόσο το νερό που ψεκάζεται όσο και το νερό που προέρχεται από την τήξη του πάγου φεύγουν μαζί από το σωλήνα απορροής, όπως φαίνεται στις εικόνες του παρακάτω σχήματος:

---

<sup>69</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>. Αποπάγωση των στοιχείων ατμοποίησης. 6.5. Λοιπές μέθοδοι αποπάγωσης.



**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 433. Σχήμα 6.6. Συστήματα αποπάγωσεως με καταιονισμό νερού.**

1. Παροχή νερού.
3. Τριοδική βαλβίδα.
4. Σημείο εξαερισμού.
5. Αποφρακτική παροχής νερού.

α) Χειροκίνητη αποπάγωση και χειροκίνητη απορροή

β) Χειροκίνητη αποπάγωση και αυτόματη απορροή,

γ) Αυτόματη αποπάγωση και απορροή,

δ) Χειροκίνητη αποπάγωση και απορροή με τριοδική βαλβίδα, θέση ψύξεως,

ε) Χειροκίνητη αποπάγωση και απορροή με τριοδική βαλβίδα, θέση αποπαγώσεως.

στ) Χειροκίνητη αποπάγωση και απορροή με τριοδική βαλβίδα, θέση απορροής μετά το τέλος της αποπαγώσεως.

Ένα σύστημα αποπαγώσεως με καταιονισμό νερού μπορεί να συγκροτείται: <sup>(70)</sup>

- από βαλβίδες αποφράξεως (σχήμα α, β, γ).
- από μια τριοδική χειροκίνητη βαλβίδα (σχήμα δ, ε, στ).

<sup>70</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>. Αποπάγωση των στοιχείων ατμοποίησης. 6.5. Λοιπές μέθοδοι αποπάγωσης.



## 5.5. Ψυκτικοί πύργοι

Είναι προτιμότερο, οι συμπυκνωτές και οι μεγάλοι συμπιεστές, να λειτουργούν υδρόψυκτα. Με την υδρόψυκτη λειτουργία επιτυγχάνονται χαμηλότερες θερμοκρασίες συμπυκνώσεως και γίνεται σημαντική οικονομία στην ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία εγκαταστάσεως. Η επαναχρησιμοποίηση του νερού επιτυγχάνεται με τη βοήθεια των ψυκτικών πύργων. Οι ψυκτικοί πύργοι ή πύργοι ψύξεως είναι συσκευές στις οποίες ψύχεται το ζεστό νερό της ψυκτικής εγκαταστάσεως με τη βοήθεια του αέρα του περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, σ' ένα ψυκτικό πύργο προσάγεται το ζεστό νερό καθώς και αέρας του περιβάλλοντος. Ένα μικρό ποσοστό του ζεστού νερού εξατμίζεται ενώ το υπόλοιπο κρυσταλλώνει και έτσι μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί για την ψύξη της ψυκτικής εγκαταστάσεως ταυτόχρονα ο αέρας γίνεται πιο υγρός και πιο ζεστός και έτσι φεύγει από τον ψυκτικό πύργο.

Με τον τρόπο αυτό τελικά η θερμότητα της ψυκτικής εγκαταστάσεως απορρίπτεται προς τον αέρα του περιβάλλοντος, το δε νερό χρησιμοποιείται σαν ενδιάμεσος υλικός φορέας, που μεταφέρει τη θερμότητα από το συμπυκνωτή και το συμπυκνωτή και τον συμπιεστή προς τον αέρα. Έτσι όμως η θερμοκρασία συμπυκνώσεως είναι πρακτικά ίδια με εκείνη μιας αντίστοιχης αερόψυκτης εγκαταστάσεως. Παρά το γεγονός αυτό, το νερό χρησιμοποιείται ως ενδιάμεσος φορέας γιατί στο χώρο του μηχανοστασίου απαιτείται ένας μικρός σχετικά εναλλάκτης θερμότητας, ο συμπυκνωτής, ενώ ο μεγάλος όγκος του ψυκτικού πύργου τοποθετείται σε κάποιον απομακρυσμένο εξωτερικό χώρο. Ψυκτικοί πύργοι υπάρχουν διαφόρων τύπων. Ανάλογα με τον τρόπο που κυκλοφορεί ο αέρας μέσα τους οι ψυκτικοί πύργοι διακρίνονται σε: <sup>(71)</sup>

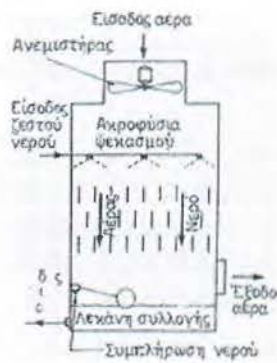
- Φυσικής κυκλοφορίας.
- Εξαναγκασμένης κυκλοφορίας.

Στους πύργους φυσικής κυκλοφορίας ο αέρας ρέει μέσα από τον ψυκτικό πύργο λόγω της διαφοράς πυκνότητας που δημιουργείται κατά τη θέρμανση του. Στους πύργους εξαναγκασμένης κυκλοφορίας, υπάρχει πάντοτε ένας ισχυρός ανεμιστήρας, που αναγκάζει τον αέρα να κινείται με μεγάλη ταχύτητα μέσα από τον πύργο ψύξεως. Εδώ διακρίνονται δυο περιπτώσεις, ανάλογα με τη θέση με τον τρόπο λειτουργίας του ανεμιστήρα:

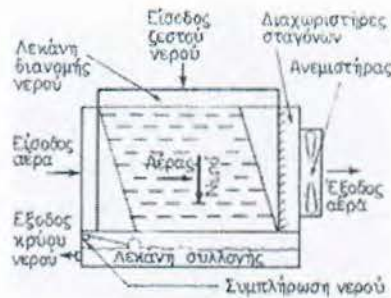
- Όταν ο ανεμιστήρας στέλνει αέρα από το περιβάλλον προς τον πύργο ψύξεως τότε υπάρχει ελαφριά υπερπίεση αέρα μέσα στον πύργο και έχουμε ψυκτικό πύργο υπερπίεσεως ή καταθλίψεως. Όταν όμως ο ανεμιστήρας είναι στην έξοδο του ψυκτικού πύργου και αναρροφά τον αέρα μέσα από τον πύργο, τότε στον ψυκτικό πύργο επικρατεί ελαφριά υποπίεση και ο πύργος χαρακτηρίζεται ως πύργος αναρροφήσεως ή υποπίεσεως.
- Στους πύργους καταθλίψεως ο ανεμιστήρας λειτουργεί με ατμοσφαιρικό αέρα ξηρό, ενώ στους πύργους αναρροφήσεως ο ανεμιστήρας έχει να αντιμετωπίσει και τις σταγόνες του νερού που συμπαρασύρονται από τον αέρα.

Οι διατάξεις ροής αέρα και νερού είναι:

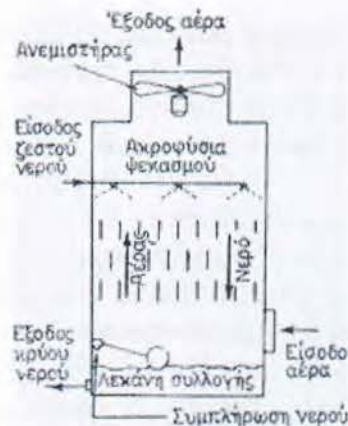
<sup>71</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>. Ψυκτικοί πύργοι.



είναι διάταξη ομορροής με είσοδο αέρα από το πάνω μέρος και έξοδο στα πλάγια. Η διάταξη:



δείχνει τη λειτουργία με εγκάρσια ροή, με είσοδο και έξοδο αέρα από τα πλάγια. Η διάταξη:



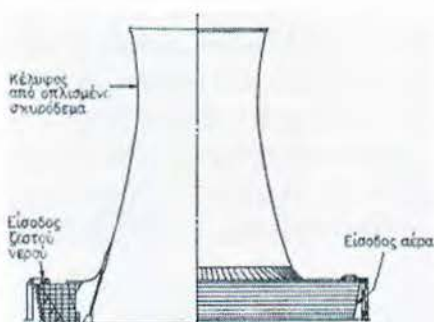
είναι διάταξη αντιρροής με έξοδο αέρα προς τα πάνω. Η τρίτη αυτή διάταξη είναι πιο ικανοποιητική για τη συναλλαγή θερμότητας και μάζας, αλλά ο υγρός αέρας εξωθείται προς τα πάνω συμπαρασύροντας και τις σταγόνες σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Αυτή η διάταξη είναι η πιο συνηθισμένη.



### 5.5.1. Ψυκτικοί πύργοι φυσικής κυκλοφορίας

Οι πύργοι φυσικής κυκλοφορίας λειτουργούν με την κίνηση του αέρα λόγω του φυσικού ελκυσμού. Ο αέρας στο εσωτερικό του πύργου θερμαίνεται, γίνεται ελαφρότερος και ανεβαίνει προς τα πάνω συμπαρασύροντας και τον υδρατμό που σχηματίζεται από την εξάτμιση του νερού. Η συνθήκη αυτή πρέπει να εμφανίζεται οπωσδήποτε, γιατί χωρίς αυτή δε μπορούν να λειτουργήσουν οι πύργοι με φυσική κυκλοφορία αέρα.

Οι πύργοι φυσικής κυκλοφορίας κατασκευάζονται σε πολύ μεγάλες διαστάσεις για μεγάλες ισχύεις. Η μορφή τους έχει σχήμα υπερβολοειδούς εκ περιστροφής, όπως φαίνεται στο σχήμα:

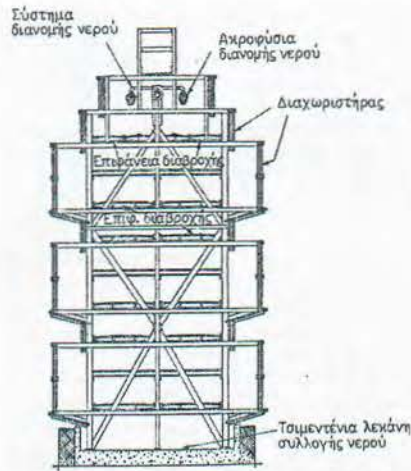


Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 447. Σχήμα 7.2α. Πύργος ψύξεως φυσικής κυκλοφορίας με σχήμα υπερβολοειδούς εκ περιστροφής.

Οι πύργοι του είδους αυτού κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα οι διαστάσεις τους φθάνουν μέχρι και 75m σε διάμετρο βάσεως και σε ύψος μέχρι και 120m. Το υλικό που διαβρέχεται στοιβάζεται σε ύψη που φθάνουν τα 3m και 6m, ενώ το υπόλοιπο ύψος των πύργων αυτών μένει κενό και λειτουργεί σα καπνοδόχος. Πύργοι αυτού του είδους υπάρχουν σε πολλούς θερμοηλεκτρικούς σταθμούς και εξυπηρετούν ψύξη νερού με ισχύ αρκετών εκατοντάδων MWatt.

Στην ίδια κατηγορία ψυκτικών πύργων θα μπορούσαν να καταταγούν και οι ατμοσφαιρικοί πύργοι. Σ' αυτούς ο αέρας κινείται από κάτω προς τα πάνω από τον άνεμο που φυσάει. Για να λειτουργήσουν απαιτείται μια ελάχιστη ταχύτητα ανέμου γύρω στα 5km/h. Υπάρχουν, ως προς την κατασκευή, δυο είδη πύργων αυτού του τύπου. Ο ένας λειτουργεί με ψεκασμό του νερού από πάνω προς τα κάτω, ενώ ο άλλος έχει εσωτερικά διαβρεχόμενες επιφάνειες, συνήθως ξύλα τοποθετημένα εγκάρσια μεταξύ τους, επάνω στις οποίες τρέχει το νερό. Οι κατασκευές του είδους αυτού είναι βέβαια απλές, αλλά εξαρτούν τη λειτουργία τους από την ύπαρξη ανέμου. Μια τέτοια κατασκευή φαίνεται στο σχήμα:





Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 448. Σχήμα 7.2β. Ατμοσφαιρικός πύργος ψύξεως.

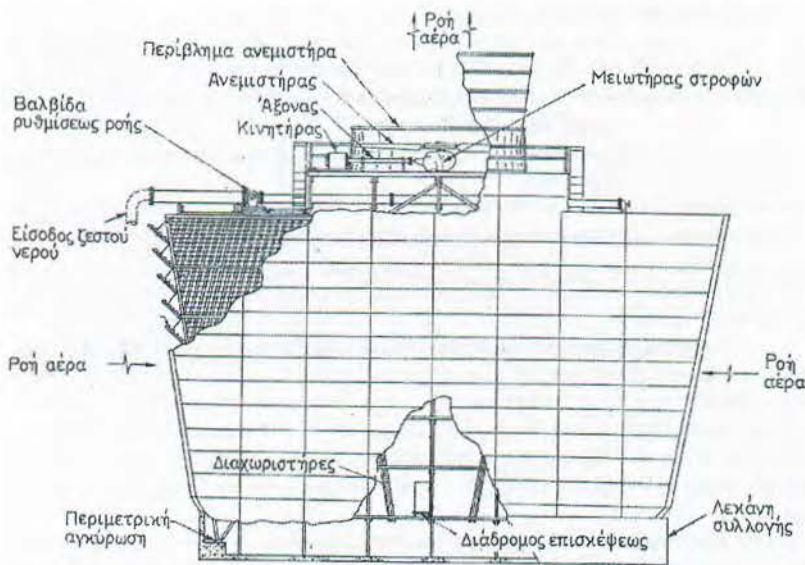
Στο πάνω μέρος φαίνονται τα ακροφύσια διανομής του νερού που ψύχεται και στο κάτω μέρος η λεκάνη συλλογής του νερού. Οι πύργοι του είδους αυτού μπορούν να επεξεργάζονται νερό με πυκνότητα παροχής μεταξύ  $1-7 \text{ (m}^3/\text{h)/m}^2$ , δηλαδή 1 ως  $7 \text{ m}^3$  νερό την ώρα για κάθε  $1 \text{ m}^2$  εγκάρσιας επιφάνειας του ψυκτικού πύργου. Σε αυτούς τους πύργους η ψύξη του νερού δεν είναι μεγαλύτερη από  $8^\circ\text{C}$  και εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου που επικρατεί. Λόγω της αδυναμίας αυτής οι πύργοι έχουν περιορισμένες εφαρμογές.

### 5.5.2. Ψυκτικοί πύργοι εξαναγκασμένης κυκλοφορίας

Στους πύργους εξαναγκασμένης κυκλοφορίας ο αέρας κυκλοφορεί με ανεμιστήρες. Για το λόγο αυτό η λειτουργία τους είναι περίπου ανεξάρτητη από την ταχύτητα του ανέμου που φυσάει. Ο ανεμιστήρας κυκλοφορίας του αέρα μπορεί να τοποθετείται είτε στην είσοδο είτε στην έξοδο, δηλαδή να είναι πύργος καταθλίψεως (υπερπίεσεως) ή αναρροφήσεως (υποπίεσεως). Στους πύργους καταθλίψεως, ο ανεμιστήρας, το σύστημα μειώσεως των στροφών (ιμάντες - τροχαλίες ή μειωτήρας) και ο κινητήρας βρίσκονται σε περιοχή που δεν υπάρχουν σταγόνες και υγρασία, ενώ στους πύργους αναρροφήσεως συμβαίνει το αντίθετο. Το μειονέκτημα όμως αυτό υπερκαλύπτεται από ένα άλλο σημαντικό λειτουργικό πλεονέκτημα:

Όταν υπάρχει δηλαδή άνεμος, τότε ο αέρας και ο υδρατμός στην έξοδο του πύργου ψύξεως παρασύρονται απ' αυτόν προς το υπήνεμο μέρος του πύργου, όπου δημιουργείται υποπίεση. Σε πολλές περιπτώσεις, αν η ταχύτητα εξόδου του υδρατμού από τον πύργο δεν είναι μεγάλη, τότε ο υδρατμός λόγω του ανέμου, ξαναφθάνει στην αναρρόφηση και έτσι ελαττώνεται η απόδοση του ψυκτικού πύργου. Το φαινόμενο αυτό αποφεύγεται σχεδόν τελείως, όταν ο ανεμιστήρας τοποθετείται στην έξοδο του ψυκτικού πύργου, γιατί τότε επιτυγχάνονται μεγαλύτερες ταχύτητες εξόδου και ο υδρατμός απομακρύνεται σημαντικά από την αναρρόφηση. Ένας μεγάλος ψυκτικός πύργος αναρροφήσεως φαίνεται στο σχήμα:





Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 449. Σχήμα 7.3. Ψυκτικός πύργος αναρροφήσεως με εγκάρσια τομή.

με ανεμιστήρα στην έξοδο του αέρα. Σχεδόν όλοι οι ψυκτικοί πύργοι εξαναγκασμένης κυκλοφορίας κατασκευάζονται πια με τον ανεμιστήρα τους στην έξοδο, για να αποφεύγεται η επαναπορρόφηση του υδρατμού από τον πύργο. Στους πύργους εξαναγκασμένης κυκλοφορίας η πυκνότητα παροχής μάζας νερού κυμαίνεται μεταξύ 2 και 20 ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ ).

### 5.5.3. Λειτουργία πύργου ψύξης

Η αρχή λειτουργίας των πύργων ψύξεως στηρίζεται στην εξάτμιση του νερού και στην πτώση θερμοκρασίας που προκαλεί. Όταν το ζεστό νερό έρχεται σε επαφή με τον αέρα, ένα μικρό ποσοστό του νερού εξατμίζεται. Η θερμότητα που απαιτείται για την εξάτμιση αυτή, παρέχεται από το ίδιο το νερό, ή και τον αέρα, και έτσι η θερμοκρασία του νερού πέφτει. Αυτή η πτώση της θερμοκρασίας είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο πιο ξηρός είναι ο αέρας στην είσοδο του πύργου, δηλαδή όσο μικρότερη είναι η σχετική υγρασία του αέρα του περιβάλλοντος. Από αυτό φαίνεται ότι η λειτουργία του πύργου εξαρτάται έντονα από τις συνθήκες περιβάλλοντος. Γενικά σε πύργους εξαναγκασμένης κυκλοφορίας ή σε πύργους ατμοσφαιρικούς, η απόδοσή τους αυξάνει, όταν: <sup>(72)</sup>

- Αυξάνεται το ύψος του πύργου.
- Αυξάνεται η εγκάρσια διατομή (για την ίδια παροχή νερού).
- Αυξάνεται η γόμωση των υλικών διαβροχής.

Το μέγεθος των πύργων καθορίζεται από την παροχή αέρα με την οποία λειτουργούν. Η λειτουργία των ανεμιστήρων των πύργων ψύξεως προκαλεί θόρυβο, που μπορεί να ξεπερνάει τα ανεκτά όρια. Ο θόρυβος παράγεται από τις δονήσεις και κραδασμούς των

<sup>72</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>. Ψυκτικοί πύργοι. 7.4. Λειτουργία πύργου ψύξης.

πλευρικών τοιχωμάτων, των υλικών διαβροχής και επίσης και από τον ίδιο τον ανεμιστήρα και το σύστημα κινήσεως. Είναι δύσκολο αλλά πάντως μπορεί να καταπολεμηθεί ο θόρυβος του πύργου ψύξεως. Η όλη όμως διαδικασία και τα υλικά στοιχίζουν πολύ και μπορεί να διπλασιάσουν την τιμή του. Συνήθως γύρω από τον πύργο ψύξεως σε κατάλληλη απόσταση, τοποθετούνται παράλληλοι φράκτες ή πλέγματα, τα οποία καλύπτουν τον πύργο, ώστε αισθητικά μεν να είναι ωραίοι, ακουστικά δε δημιουργούν ένα πέτασμα ηχητικό. Έτσι περιορίζεται ο παραγόμενος ήχος μόνο σε μια μικρή περιοχή γύρω από τον πύργο ψύξεως. Η κατασκευή αυτού του φράκτη όμως απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να μην παρεμποδίζεται η κυκλοφορία του αέρα που απάγει τον υδρατμό.



## **5.6. Διατάξεις ελέγχου ρυθμίσεως και προστασίας**

### **5.6.1. Διατάξεις προστασίας ηλεκτροκινητήρων**

Όταν επιλεγεί ο κατάλληλος κινητήρας, είναι σημαντική η κατανόηση των περιορισμών των συστημάτων προστασίας. Η χρησιμότητα και ο περιορισμός των συστημάτων αυτών γίνεται σημαντικό μέρος της αξιόπιστης λειτουργίας των κινητήρων και της ασφάλειας του προσωπικού των εγκαταστάσεων.

Υπάρχουν τέσσερα σημαντικά θέματα ελέγχου του κινητήρα. Κάθε ένα από αυτά έχει αρκετές υποκατηγορίες και μερικές φορές τις υποκατηγορίες αλληλεπικαλύπτονται σε κάποιο βαθμό. Ορισμένα κομμάτια του εξοπλισμού μπορούν να εκτελέσουν πολλαπλές λειτουργίες. Οι τέσσερις κατηγορίες είναι οι εξής: <sup>(73)</sup>

#### 1. Εκκίνηση του ηλεκτροκινητήρα.

- Μέσα αποσύνδεσης.
- Εκκίνηση γραμμής.
- Μείωση τάσης εκκίνησης.

#### 2. Προστασία ηλεκτροκινητήρα.

- Προστασία από υπερένταση.
- Προστασία από υπερέταση.
- Άλλες προστασίες (τάση, φάση, κλπ).
- Περιβάλλον.

#### 3. Σταμάτημα του ηλεκτροκινητήρα.

- Σβήσιμο κινητήρα.
- Ηλεκτρική πέδηση.
- Μηχανική πέδηση.

#### 4. Έλεγχος λειτουργίας κινητήρα.

- Έλεγχος ταχύτητας.
- Αναστροφή.
- Jogging.
- Έλεγχος ακολουθίας



<sup>73</sup> Process Automation Control. Electric motor controls. <http://www.pacontrol.com/download/Electric-Motor-Controls-Tutorial.pdf>

### **5.6.1.1. Ελεγκτής κινητήρα**

Ελεγκτής κινητήρα είναι η συσκευή που ενεργοποιεί και απενεργοποιεί το κύκλωμα με τον κινητήρα, ώστε να μπορεί να ξεκινήσει και να σταματήσει. Οι ελεγκτές κινητήρα μπορεί να περιλαμβάνουν μερικές ή όλες από τις ακόλουθες λειτουργίες ελέγχου του κινητήρα: <sup>(74)</sup>

- εκκίνηση, σταμάτημα, προστασία από υπερένταση, προστασία από υπερφόρτωση, αναστροφή, έλεγχος ταχύτητας, μηχανική σύνδεση, έλεγχο ακολουθίας και ενδεικτική λυχνία (led).
- Οι ελεγκτές κυμαίνονται από απλά κυκλώματα έως σύνθετα συστήματα και μπορούν να παρέχουν τον έλεγχο για ένα κινητήρα, ομάδες των κινητήρων, ή βοηθητικό εξοπλισμό, (φρένα, συμπλέκτες, σωλήνες, θερμοστές).

### **5.6.1.2. Εκκίνηση κινητήρα**

Ο μηχανισμός που ενεργοποιεί το κύκλωμα να επαγωγικό κινητήρα ονομάζεται εκκινητής και πρέπει να παρέχει στον κινητήρα με επαρκή ρεύμα για να παράσχει επαρκή ροπή εκκίνησης. Υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί τύποι του εξοπλισμού που είναι κατάλληλα για χρήση ως εκκινητές, αλλά μόνο δύο τύποι αρχίζουν μεθόδους για κινητήρες επαγωγής: <sup>(76)</sup>

- Εκκινητές γραμμής.
- Εκκινητές μειωμένης τάσης.

#### **5.6.1.2.1. Εκκίνηση γραμμής**

Η εκκίνηση γραμμής συνδέει την περιελίξεις του κινητήρα άμεσα με την τάση του δικτύου. Αυτή είναι η απλούστερη μέθοδος της εκκίνησης ενός κινητήρα (και συνήθως το λιγότερο δαπανηρό). Οι κινητήρες με αυτή την συνδεσμολογία είναι σε θέση να αναπτύξουν μέγιστη ροπή εκκίνησης και επιταχύνουν το φορτίο τους στο συντομότερο δυνατό χρόνο.



<sup>74</sup> Process Automation Control. Electric motor controls. <http://www.pacontrol.com/download/Electric-Motor-Controls-Tutorial.pdf>



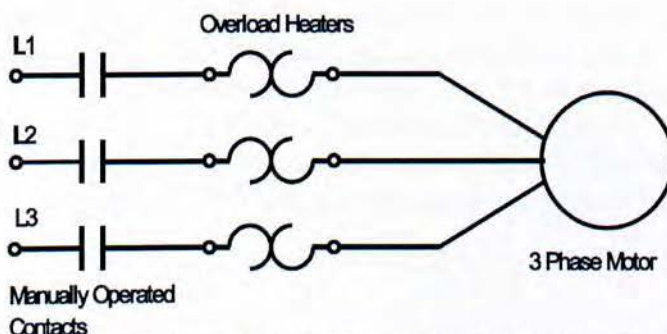
Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι εκκινήτων γραμμών: <sup>(75)</sup>

- Χειροκίνητοι εκκινητές.
- Μαγνητικοί εκκινητές.

#### 5.6.1.2.1.1. Χειροκίνητοι εκκινητές

Ένας χειροκίνητος εκκινητής είναι πακέτο που αποτελείται από διακόπτες και ένα σύνολο επαφών για κάθε φάση και τις αντίστοιχες συσκευές θερμικής υπερφόρτωσης για να παρέχει προστασία σε περίπτωση υπερφόρτωσης του κινητήρα.

- Το βασικό πλεονέκτημα είναι χαμηλότερο κόστος από ένα μαγνητικό εκκινητή με ισοδύναμη προστασία του κινητήρα αλλά μικρότερη ικανότητα ελέγχου.
- Οι χειροκίνητοι εκκινητές κινητήρων που χρησιμοποιούνται συχνά για τους μικρότερους κινητήρες - συνήθως κλασματική ιπποδύναμη, αλλά επιτρέπεται η χρήση τους για κινητήρες μέχρι και 10 ίππους.
- Επειδή οι επαφές του διακόπτη παραμένουν κλειστές, η ισχύς αφαιρείται από το κύκλωμα χωρίς τη λειτουργία του διακόπτη, η επανεκκίνηση του κινητήρα γίνεται όταν εφαρμόζεται πάλι το ηλεκτρικό ρεύμα, έτσι όμως προκύπτει ζήτημα ασφαλείας.
- Δεν επιτρέπεται η χρήση τηλεχειριστηρίου ή βοηθητικό εξοπλισμό ελέγχου, όπως ένας μαγνητικός εκκινητής.



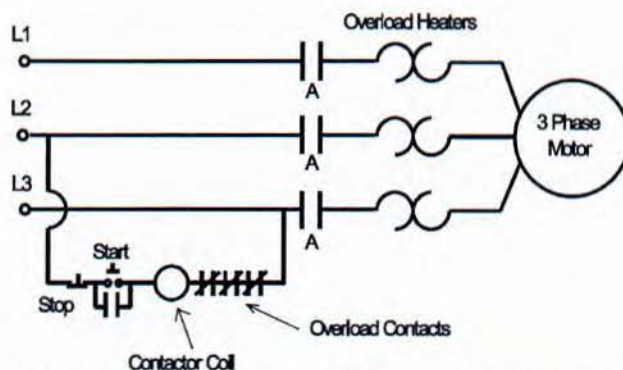
<http://www.pacontrol.com/download/Electric-Motor-Controls-Tutorial.pdf>, σελίδα 3. Σχήμα 26. Χειροκίνητος εκκινητής.

#### 5.6.1.2.1.2. Μαγνητικοί εκκινητές

Ένας μαγνητικός εκκινητής είναι ένα πακέτο που αποτελείται από ένα ρελέ ικανό να ανοίγει και να κλείνει ένα σύνολο από επαφές, το οποίο ενεργοποιεί και απενεργοποιεί τον κινητήρα μαζί με επιπλέον κινητήρα μαζί με προστασία έναντι υπερφόρτωσης. Οι μαγνητικοί εκκινητές χρησιμοποιούνται με κινητήρες μεγαλύτερους (ισχύς μεγαλύτεροι από 10 ίππους).

<sup>75</sup> Process Automation Control. Electric motor controls. <http://www.pacontrol.com/download/Electric-Motor-Controls-Tutorial.pdf>

- Το βασικό στοιχείο ενός μαγνητικού εκκινητή είναι το ρελέ, μια σειρά επαφών που λειτουργούν με ένα ηλεκτρομαγνητικό πηνίο.
  - Η ενεργοποίηση του πηνίου προκαλεί τις επαφές (Α) για να κλείσει επιτρέποντας σε μεγάλη ποσότητας ρεύματος, ελέγχεται από μία επαφή που ενεργοποιείται από ένα μικρότερο σήμα ελέγχου τάσης.
  - Η τάση ελέγχου δεν χρειάζεται να είναι η ίδια με την τάση τροφοδοσίας κινητήρα και είναι συχνά χαμηλής τάσης που επιτρέπει τον έλεγχο. Το σήμα ελέγχου πρέπει να βρίσκεται μακριά από το κύκλωμα ισχύος.



<http://www.pacontrol.com/download/Electric-Motor-Controls-Tutorial.pdf>, σελίδα 4. Σχήμα 27. Μαγνητικός εκκινητής.

- Κλείνοντας την επαφή κουμπι Start ενεργοποιεί το πηνίο του ρελέ. Μια βοηθητική επαφή για το ρελέ συνδέεται με καλώδιο για να σφραγίσει το κύκλωμα πηνίου. Το ρελέ απενεργοποιείται αν το κύκλωμα ελέγχου διακοπεί, πατηθεί το κουμπι Stop, ή αν γίνει διακοπή ρεύματος.
- Σε περίπτωση υπερφόρτισης οι επαφές είναι τοποθετημένες έτσι ώστε, να προκαλέσει το ρελέ να ανοίξει και να απενεργοποιήσει όλες τις φάσεις.



### 5.6.1.2.2. Εκκίνηση μειωμένης τάσης

Ο εκκινητής μειωμένης τάσης συνδέει τις περιελίξεις του κινητήρα σε χαμηλότερες από την κανονική τάση γραμμής. Κατά την αρχική περίοδο, την οποία ξεκινά ο κινητήρας, ο εκκινητής μειώνει το ρεύμα.

Ο εκκινητής μειωμένης τάσης μπορεί να απαιτηθεί όταν: <sup>(76)</sup>

- το ρεύμα εκκίνησης του κινητήρα επηρεάζει αρνητικά την πτώση τάσης στο ηλεκτρικό δίκτυο.
  - απαιτείται για την αντιμετώπιση της αδράνειας των μηχανολογικών εξαρτημάτων, κατά την εκκίνηση.
  - Η μείωση της τάσης μειώνει το ρεύμα, κατά την εκκίνηση του κινητήρα. Επίσης, μειώνει την αρχική ροπή.
- Αν το φορτίο, ή το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας δεν μπορεί να δεχτεί μια πλήρη τάση εκκίνηση πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάποιο είδος εκκινητή μειωμένης τάσης, ή soft starter.

Οι εκκινητές μειωμένης τάσης περιλαμβάνουν: <sup>(78)</sup>

1. Εκκινητές στερεάς κατάστασης (Solid State).
2. Εκκινητές με πρωτοβάθμια αντίσταση.
3. Εκκινητές με αυτομετασχηματιστή
4. Εκκινητές με τμηματικό τύλιγμα.
5. Εκκινητές αστέρα τρίγωνου.

Ο εκκινητής μειωμένης τάσης μόνο σε περιπτώσεις όπου η χαμηλή ροπή εκκίνησης είναι αποδεκτή ή υπάρχει τρόπος να αφαιρεθεί το φορτίο από τον κινητήρα.

<sup>76</sup> Process Automation Control. Electric motor controls. <http://www.pacontrol.com/download/Electric-Motor-Controls-Tutorial.pdf>

### **5.6.1.3. Προστασία κινητήρα**

Η προστασία εγγυάται την σωστή λειτουργία του κινητήρα, του δικτύου τροφοδοσίας και το προσωπικό από διάφορες συνθήκες κυμαινόμενου φορτίου.

Οι κατηγορίες προστασίας κινητήρων περιλαμβάνουν: <sup>(77)</sup>

- προστασία από υπερένταση
- προστασία υπερφόρτωσης
- άλλους τρόπους προστασίας.

#### ***5.6.1.3.1. Προστασία από υπερένταση***

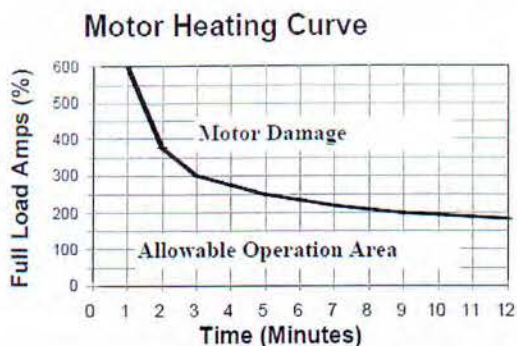
Η προστασία υπερέντασης διακόπτει το ηλεκτρικό κύκλωμα τροφοδοσίας του κινητήρα, όταν υπάρχει αυξημένη ζήτηση ισχύος που οφείλεται είτε σε βραχυκύκλωμα είτε σε σφάλμα γείωσης. Η προστασία υπερέντασης είναι απαραίτητη για την προστασία του προσωπικού, του κινητήρα και των αγωγών του κυκλώματος ελέγχου. Παρέχεται με ασφάλειες ή διακόπτες κυκλώματος. Αυτές οι συσκευές λειτουργούν όταν ένα υπάρξει ένα βραχυκύκλωμα, ή ένα εξαιρετικό φορτίο. Οι περισσότερες πηγές υπερέντασης παράγουν εξαιρετικά μεγάλες ποσότητες ρεύματος πολύ γρήγορα.

#### ***5.6.1.3.2. Προστασία από υπερφόρτωση***

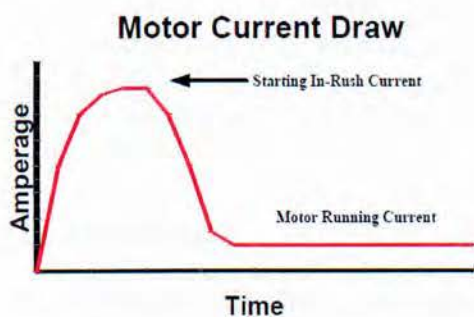
Η προστασία υπερφόρτωσης εγκαθίσταται στο κύκλωμα ή και στον κινητήρα για την προστασία του από μηχανική υπερφόρτωση όταν λειτουργεί. Το αποτέλεσμα της υπερφόρτωσης είναι μια υπερβολική αύξηση της θερμοκρασίας των τυλιγμάτων κινητήρα λόγω αυξησεως του ρεύματος στα τυλίγματά του. Η κατάλληλη προστασία υπερφόρτωσης, αποσυνδέει το κινητήρα από την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, όταν η θερμότητα που παράγεται στο μηχανικά μέρη ή στις περιελίξεις του προσεγγίσει ένα επίπεδο ασφαλείας. Όσο μεγαλύτερη είναι η υπερφόρτωση, τόσο πιο γρήγορα αυξάνεται η θερμοκρασία, ως ένα σημείο που είναι επιζήμια για τη μόνωση και για την λίπανση του κινητήρα.

<sup>77</sup> Process Automation Control. Electric motor controls. <http://www.pacontrol.com/download/Electric-Motor-Controls-Tutorial.pdf>





Σε αντίθεση με τις συνηθισμένες ασφάλειες τύπου και διακόπτες (οι οποίες διακόπτουν άμεσα το κύκλωμα χωρίς να επιτρέπουν την διέλευση υπέρτασης), οι συσκευές για την προστασία του κινητήρα από υπερφόρτωση έχουν σχεδιαστεί για να επιτρέπουν υπερτάσεις για σύντομο χρονικό διάστημα. Έτσι επιτρέπεται στον κινητήρα η εκκίνηση του, το συνηθισμένο μέγεθος ρεύματος εκκίνησης είναι 6 ως 8 φορές το ονομαστό ρεύμα. Επίσης, κατά την διάρκεια λειτουργίας του κινητήρα επιτρέπονται σύντομες υπερφορτίσεις.



Η συσκευή υπέρτασης, δεν θα αντιδράσει σε αυτό το χαμηλό επίπεδο υπερφόρτωσης. Η συσκευή υπερφόρτωσης κινητήρα αποτρέπει αυτό το είδος του προβλήματος από σοβαρή καταστροφή του κινητήρα και επίσης παρέχουν προστασία για τους αγωγούς κυκλώματος, δεδομένου ότι είναι ονομαστική για το ίδιο ή λιγότερο ρεύμα, όπως οι αγωγοί. Οι συσκευές προστασίας ενεργοποιούνται όταν η υπερφόρτωση συμβαίνει για μεγάλο χρονικό διάστημα, ο χρόνος ενεργοποίησης ποικίλει ανάλογα με τον τύπο και την θερμοκρασία περιβάλλοντος, στο οποίο λειτουργεί ο κινητήρας.

### 5.6.1.3.2.1. Άλλες συσκευές προστασίας

#### 5.6.1.3.2.1.1. Προστασία χαμηλής τάσης.

Αποσύνδεση χαμηλής τάσης. - η συσκευή λειτουργεί για να αποσυνδέει τον κινητήρα από το δίκτυο παροχής, όταν η τάση πέσει κάτω από μία προκαθορισμένη τιμή. Ο κινητήρας πρέπει να επανεκκινηθεί χειροκίνητα, όταν επανέρθει η κανονική τάση στο δίκτυο. Απελευθέρωση χαμηλής τάσης. Η συσκευή λειτουργεί για να αποσυνδέσει το κύκλωμα, όταν η τάση τροφοδοσίας πέσει κάτω από μία προκαθορισμένη τιμή και

επαναφέρει την τροφοδοσία του κυκλώματος όταν επανέρθει η τάση στην προκαθορισμένη τιμή της.

#### **5.6.1.3.2.1.2. Προστασία φάσης.**

Η προστασία φάσης, είναι ο μοναδικός τρόπος για την προστασία από την παρουσία σφάλματος σε μία από τις φάσεις ενός τριφασικού κινητήρα. Διακόπτει την ισχύ σε όλες τις φάσεις ενός τριφασικού κυκλώματος, αν υπάρξει σφάλμα σε κάποια από αυτές. Η κανονική προστασία από την υπερφόρτωση και την υπερθέρμανση μπορεί να μην προστατέψει επαρκώς έναν τριφασικό κινητήρα. Χωρίς αυτή την προστασία, ο κινητήρας θα συνεχίσει να λειτουργεί, αν χαθεί μία φάση. Μεγάλη ποσότητα ρεύματος θα δημιουργηθεί μέσα στο εναπομένον κύκλωμα και έτσι θα καεί.

#### **5.6.1.3.2.1.3. Προστασία από αναστροφή φάσης.**

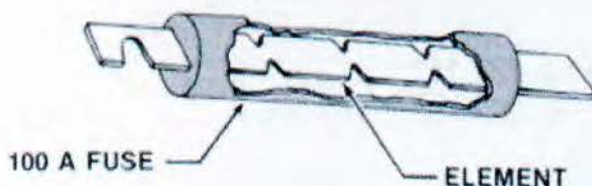
Χρησιμοποιείται όταν ένας κινητήρας λειτουργεί ανάστροφα, σε αυτή την περίπτωση μπορούν να δημιουργηθεί ζητήματα ασφαλείας. Οι περισσότεροι τριφασικοί κινητήρα λειτουργούν ανάστροφα με την εναλλαγή δύο εκ των τριών φάσεων. Η συσκευή διακόπτει την ισχύ ενός τριφασικού κινητήρα, όταν γίνεται εναλλαγή φοράς.

#### **5.6.1.3.2.1.4. Προστασία από σφάλμα γείωσης.**

Λειτουργεί όταν μία φάση ενός κινητήρα οδηγηθεί στην γη, έτσι αποτρέπεται η δημιουργία υπερέντασης που βλάπτει τον στάτη του κινητήρα.

#### **5.6.1.3.2.1.5. Τυποποιημένες (μη χρονικής καθυστέρησης) ασφάλειες.**

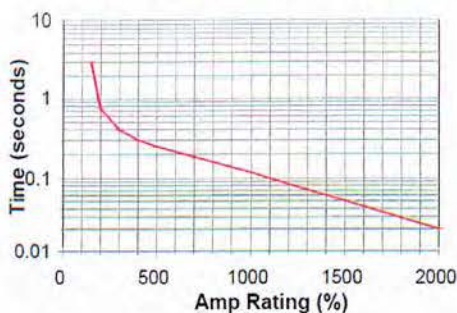
Οι τυποποιημένες ασφάλειες προστατεύουν το ηλεκτρικό κύκλωμα και το κύκλωμα γείωσης από θερμικά φαινόμενα που επηρεάζουν την λειτουργία τους. Όταν ενεργοποιηθεί μία τέτοια ασφάλεια, θα πρέπει να αντικατασταθεί. Πρέπει πάντοτε να επιλέγεται πάντοτε ασφάλεια με μέγιστο επιτρεπτό ρεύμα διέλευσης, μεγαλύτερη από το μέγιστο ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα.



Οι τυποποιημένες ασφάλειες συγκρατούν το 500% της ονομαστικής τους τιμής. Ο χρόνος αποκοπής μίας ασφάλειας είναι μικρότερος από 250msec.

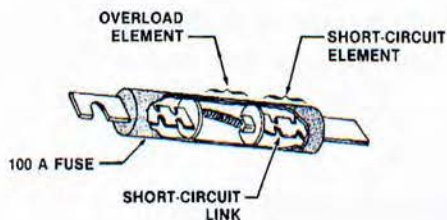


### Standard Fuse Response



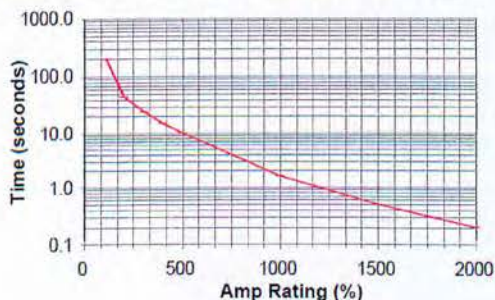
#### 5.6.1.3.2.1.6. Ασφάλειες με χρονοκαθυστέρηση.

Πρόκειται για συσκευές που προστατεύουν από στιγμιαία υπέρνταση και από στιγμιαία υπερθέρμανση τον κινητήρα, επιτρέποντας του όμως να ξεκινήσει. Κατά την εκκίνηση, το ρεύμα εκκινήσεως δεν ενεργοποιεί την συσκευή.



Οι ασφάλειες με χρονοκαθυστερηση μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν ως κάποιο βαθμό προστασίας υπερφόρτωσης. Οι ασφάλειες με χρονοκαθυστέρηση συγκρατούν το 500% της ονομαστικής τους τιμής και χρόνος αποκοπής είναι περίπου 10sec.

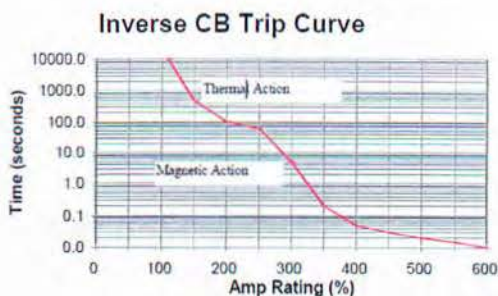
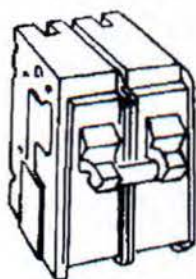
### Time Delay Fuse Response



#### 5.6.1.3.2.1.7. Αυτόματοι διακόπτες αντίστροφου χρόνου.

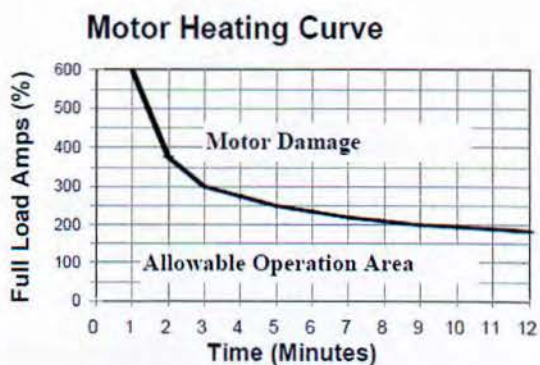
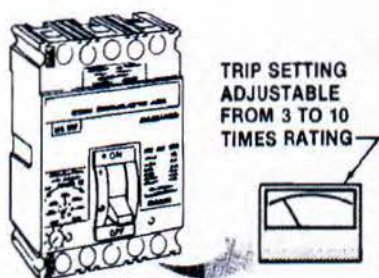
Οι αυτόματοι διακόπτες (θερμικά) αντίστροφου χρόνου παρέχουν θερμική προστασία και προστασία από υπέρνταση. Η θερμική προστασία ενεργοποιείται από

υπερθέρμανση που μπορεί να προκύψει στο κύκλωμα του κινητήρα. Αν η είσοδος εξαερισμού του κινητήρα δεν μπορεί να απομακρύνει την θερμότητα του τυλίγματος του, τότε η θερμότητα που θα ανιχνευθεί από τον αυτόματο διακόπτη.



#### **5.6.1.3.2.1.8. Αυτόματοι διακόπτες ακαριαίας δράσης.**

Οι διακόπτες αυτοί αντιδρούν αμέσως μόλις το ρεύμα του κινητήρα υπερβεί την προκαθορισμένη τιμή, εξαιτίας βραχυκυκλώματος, σφάλμα γείωσης. Αυτός ο τύπος θερμικού δεν ενεργοποιείται από την αύξηση θερμοκρασίας στον κινητήρα. Επομένως αν για κάποιο λόγο δεν υπάρχει η δυνατότητα εξαερισμού, τότε θα προκληθεί υπερθέρμανση στα τυλίγματα του κινητήρα.



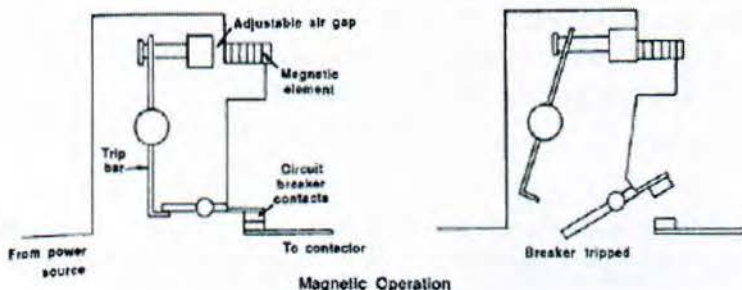


### 5.6.1.3.3. Μαγνητική προστασία

Οι συσκευές προστασίας συνήθως τοποθετούνται στον εκκινητή του κινητήρα, και συνδέονται σε σειρά με το δίκτυο τροφοδοσίας και τα τυλίγματα του κινητήρα. Το ίδιο ρεύμα πέρνα και από την συσκευή της μαγνητικής προστασίας και αν αυτή, αν το ρεύμα είναι μεγαλύτερο από το προκαθορισμένο, ανοίγει το κύκλωμα. Ενεργοποιούνται είτε από μαγνητική, είτε από θερμική αιτία.

#### 5.6.1.3.3.1. Ηλεκτρονόμος μαγνητικής προστασίας

Ένα μαγνητικό ρελέ υπερφόρτωσης είναι ένα ηλεκτρο-μηχανικά ρελέ που λειτουργεί με τη ροή του ρεύματος σε ένα κύκλωμα. Τα ηλεκτρομαγνητικά ρελέ, λειτουργούν με τη μαγνητική ενέργεια που διέρχεται από το πηνίο. Όταν το επίπεδο του ρεύματος στο κύκλωμα φτάσει μία προκαθορισμένη τιμή, την τιμή αποκοπής, το μαγνητικό πεδίο αυξάνεται και ανοίγει μια σειρά επαφών. Όταν το ρεύμα του φορτίου γίνεται πολύ μεγάλο, ένα έμβολο τραβιέται μέχρι στο πηνίο να διακόψει το κύκλωμα. Το ρεύμα διακοπής ρυθμίζεται μεταβάλλοντας την αρχική θέση του εμβόλου σε σχέση με το πηνίο.

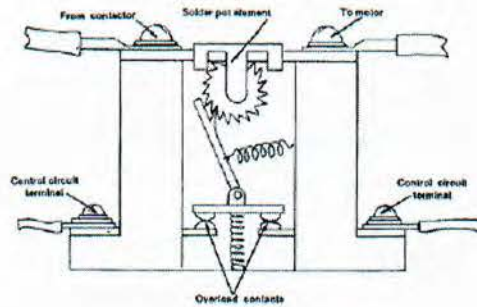


#### 5.6.1.3.3.2. Ηλεκτρονόμοι θερμικής προστασίας

Ένα θερμικό ρελέ υπερφόρτωσης είναι ένα ηλεκτρομηχανικό ρελέ που λειτουργεί από την θερμότητα που αναπτύσσεται σε αυτό. Όταν το επίπεδο του ρεύματος στο κύκλωμα του κινητήρα φτάσει μία προκαθορισμένη τιμή, η αύξηση της θερμοκρασίας ανοίγει μια σειρά επαφών. Η αυξημένη θερμοκρασία ανοίγει τις επαφές με ένα διμεταλλικό, ή με την τήξη ενός κράματος, που ενεργοποιεί ένα μηχανισμό που ανοίγει τις επαφές. Δύο τύποι περιλαμβάνουν κράμα τήξης και το διμεταλλική ταινία.

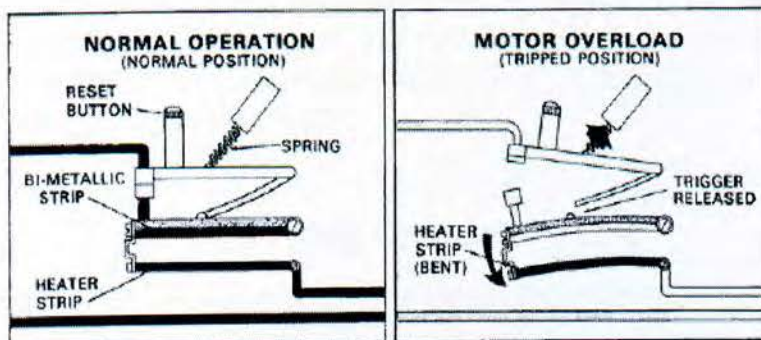
### 5.6.1.3.3.2.1. Θερμικοί ηλεκτρονόμοι υπερφόρτισης.

Αυτός ο τύπος ηλεκτρονόμου είναι οποίο δημοφιλής. Το ρεύμα κινητήρα περνά μέσα από ένα μικρό κύκλωμα θέρμανσης, σε συνθήκες υπερφόρτωσης, η θερμότητα, προκαλεί που προκαλεί ένα ειδικό συγκόλλησης να λιώσει επιτρέποντας σε μια κασάνια να περιστρέφεται έτσι ανοίγουν οι επαφές του κυκλώματος έλεγχου. Σε περίπτωση ενεργοποίησης πρέπει να επανέλθει χειροκίνητα.



### 5.6.1.3.3.2.2. Διμεταλλικό θερμικοί ηλεκτρονόμοι υπερφόρτισης.

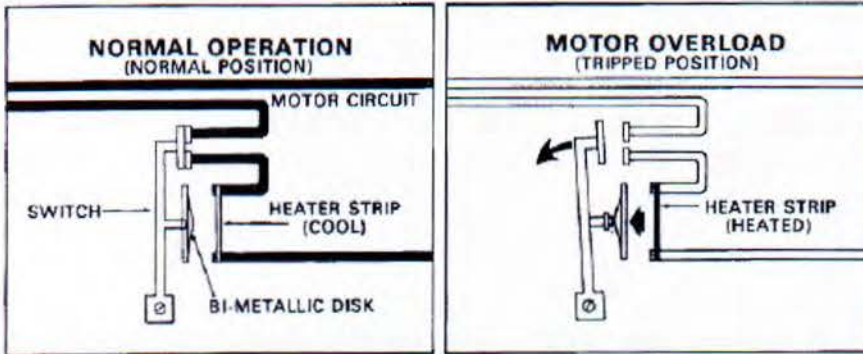
Αυτό το σχέδιο χρησιμοποιεί μία διμεταλλική λωρίδα που συνδέονται με το ρεύμα του πηνίου θέρμανσης. Σε συνθήκες υπερφόρτωσης, η θερμότητα προκαλεί το διμεταλλικό να λιώσει, έτσι κινείται ένας μηχανισμός οποίος ανοίγει ένα σύνολο επαφών και διακόπεται το ρεύμα του πηνίου. Οι περισσότεροι ηλεκτρονόμοι είναι ρυθμιζόμενοι σε εύρος 85% έως 115% ονομαστικής τους τιμής.





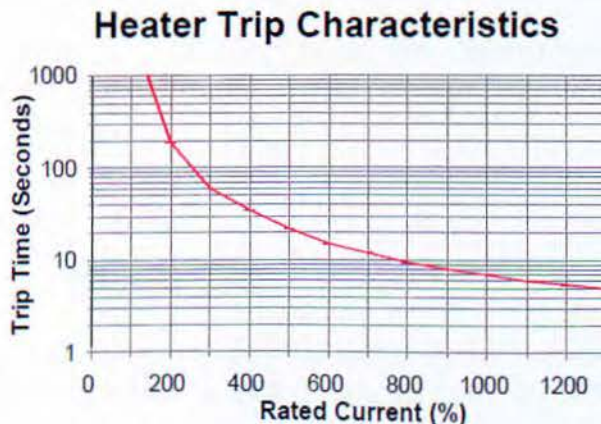
### 5.6.1.3.3.3. Συσκευές αυτόματης επαναφοράς

Η αυτόματη επαναφορά είναι μια τεχνική κατά την οποία ο εκκινητής δεν είναι προσβάσιμος και ο κινητήρας ελέγχεται από τρία καλώδια με μαγνητικό εκκινητή. Ο έλεγχος αυτός δεν επιτρέπει στον κινητήρα να ξεκινήσει, μέχρι να πατηθεί το πλήκτρο εκκίνησης. Για να μπορεί να γίνει επανεκκίνηση του κινητήρα πρέπει να έχουν αναίρεθεί οι συνθήκες της υπερφότωσης.



### 5.6.1.3.3.4. Χρόνος ενεργοποίησης

Ο χρόνος που χρειάζεται μια υπερφόρτωση να ενεργοποιήσει την προστασία του κινητήρα, εξαρτάται από τη χρονική διάρκεια της τρέχουσας υπερφόρτωσης. Το παρακάτω γράφημα δείχνει τη σχέση μεταξύ του χρόνου ενεργοποίησης και το ρεύματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η υπερφόρτωση (οριζόντιος άξονας), τόσο μικρότερος είναι ο χρόνος που απαιτείται για την ενεργοποίηση (κάθετος άξονας). Οποιαδήποτε αλλαγή από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος θερμοκρασία επηρεάζει τον χρόνο ενεργοποίησης της υπερφόρτωσης.



## **5.6.2. Ρύθμιση ψυκτικής ισχύος εμβολοφόρων συμπιεστών<sup>78</sup>**

Σε πολλές εφαρμογές οι ψυκτικές εγκαταστάσεις έχουν ψυκτικά φορτία, τα οποία μεταβάλλονται είτε εποχιακά, είτε κατά τη διάρκεια του 24ώρου. Πρέπει η ψυκτική ισχύς να προσαρμόζεται στις απαιτήσεις. Όταν πρόκειται για μεγάλες εγκαταστάσεις, όπου πολλοί παράλληλοι συμπιεστές εξυπηρετούν τα φορτία της, τότε η προσαρμογή στα φορτία μπορεί να γίνει με την ενεργοποίηση ή τη θέση εκτός λειτουργίας των καταλλήλων συμπιεστών από το μηχανοστάσιο. Σε πολλές εφαρμογές όμως υπάρχει ένας σχετικά μεγάλος συμπιεστής, ο οποίος καλύπτει όλες τις ανάγκες των φορτίων. Σε αρκετές περιπτώσεις, ο συμπιεστής αυτός πρέπει να λειτουργεί για ολόκληρους μήνες με μειωμένη ισχύ, και έτσι υπάρχει ανάγκη προσαρμογής της λειτουργίας του ανάλογα με τα φορτία. Παράδειγμα του τύπου αυτού είναι οι κτηριακές εγκαταστάσεις κλιματισμού, που συνήθως εξυπηρετούνται από ένα μόνο συμπιεστή ψυκτικού μέσου. Μέχρι σήμερα, έχουν χρησιμοποιηθεί πολλοί τρόποι για την προσαρμογή της ψυκτικής ισχύος των εμβολοφόρων συμπιεστών.

### **5.6.2.1. Ηλεκτροκινητήρες συμπιεστών με πολλές ταχύτητες**

Με τον τρόπο αυτό, δηλαδή την αλλαγή του αριθμού περιστροφών του συμπιεστή, επιτυγχάνεται μεταβολή της παροχής του ψυκτικού μέσου και συνεπώς και της ψυκτικής ισχύος της εγκαταστάσεως. Συνήθως χρησιμοποιούνται κινητήρες δύο ταχυτήτων και έτσι το μερικό φορτίο είναι το μισό ή το ένα τρίτο του μέγιστου. Αν, λόγω χάρη, έχουμε ένα τρικύλινδρο συμπιεστή, ο οποίος λειτουργεί σε τριφασικό δίκτυο, είτε ως τετραπολικός είτε ως διπολικός, συνεπώς εργάζεται και με αριθμό στροφών ίσο προς το μισό του ονομαστικού αριθμού. Σε αυτές τις περιπτώσεις απαιτείται σχετική προσοχή στη λειτουργία της αντλίας λιπάνσεως η οποία πρέπει να παρέχει ικανοποιητική λίπανση και για το μικρότερο αριθμό στροφών.

### **5.6.2.2. Ηλεκτροκινητήρες συμπιεστών με μεταβλητό αριθμό στροφών**

Ο τρόπος αυτός ρυθμίσεως της ψυκτικής ισχύος δεν εφαρμόζεται παρά μόνο σε εντελώς ειδικές περιπτώσεις, γιατί οι ηλεκτροκινητήρες του είδους αυτού στοιχίζουν πολύ πιο ακριβά.

### **5.6.2.3. Θύλακες χώρου εμβολισμού**

Με τη μέθοδο αυτή, όταν το ψυκτικό φορτίο μειωθεί, τότε ανοίγουν χειροκίνητα ή αυτόματα βαλβίδες, που αυξάνουν το χώρο εμβολισμού. Έτσι ένα μέρος του ατμού του

<sup>78</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. 1.9. Ρύθμιση ψυκτικής ισχύος εμβολοφόρων συμπιεστών.



ψυκτικού μέσου συμπιέζεται και αποσυμπιέζεται χωρίς να εγκαταλείπει το χώρο του κυλίνδρου. Αυτό συντελεί στη μείωση της παροχής ψυκτικού μέσου προς το συμπιεστή καθώς και στην οικονομία μηχανικής ενέργειας. Η οικονομία επιτυγχάνεται γιατί η αποσυμπίεση του ατμού, που παραμένει στους θύλακες, αποδίδει ξανά το ίδιο περίπου μηχανικό έργο, που είχε καταναλωθεί για τη συμπίεσή του.

#### **5.6.2.4. Βραχυκύκλωμα κυλίνδρων**

Με τον τρόπο αυτό της ρυθμίσεως ισχύος των συμπιεστών; ο ατμός, που εκδιώκεται με τον εμβολισμό/οδηγείται ξανά στο χώρο χαμηλής πίεσεως από όπου και ξαναναρροφάται. Οι κύλινδροι, που απενεργοποιούνται, έχουν ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες στην έξοδο τους, που εξασφαλίζουν τις απαραίτητες συνδέσεις.

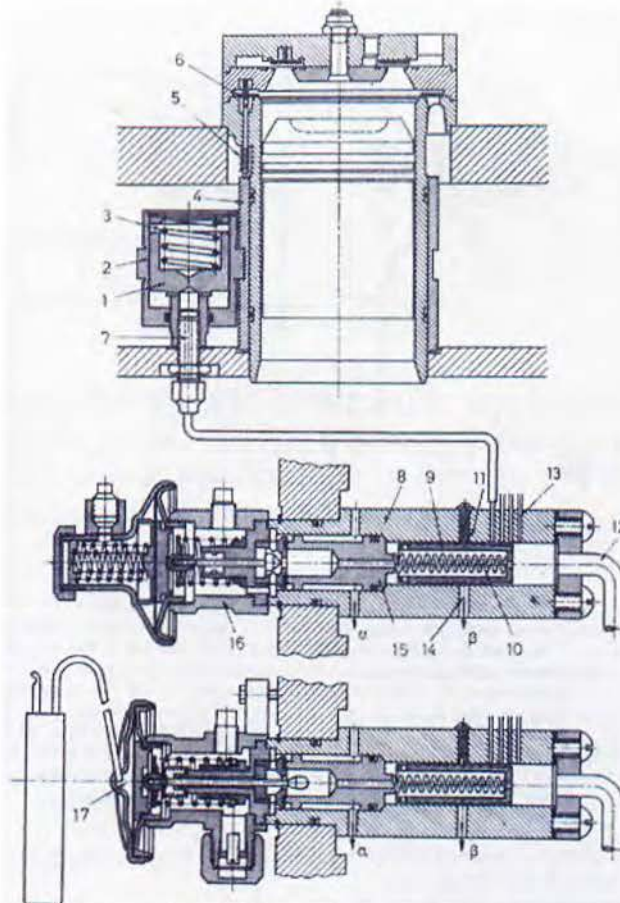
#### **5.6.2.5. Θυρίδες κυλίνδρων**

Οι θυρίδες αυτές, με κατάλληλες βαλβίδες, βρίσκονται στα πλευρά των κυλίνδρων και όταν ανοίγουν αφήνουν τον ατμό που συμπιέζεται να ξαναφεύγει πάλι προς την αναρρόφηση. Έτσι πραγματική συμπίεση γίνεται μόνο από τη θέση των ανοικτών θυρίδων και μετά. Με τη μέθοδο αυτή, όταν οι θυρίδες είναι ανοικτές, ελαττώνεται η παροχή ψυκτικού μέσου του συμπιεστή και συνεπώς και η ισχύς του.

#### **5.6.2.6. Ανύψωση βαλβίδων εισαγωγή**

Οι κύλινδροι που δεν συνεισφέρουν πια στην ψυκτική ισχύ, απενεργοποιούνται με άνοιγμα, συνήθως ανύψωση, των βαλβίδων εισαγωγής. Κάθε κύλινδρος έχοντας συνεχώς ανοικτές τις βαλβίδες εισαγωγής, αναρροφά και εκδιώκει τον ατμό χαμηλής πίεσεως πάλι προς το θάλαμο χαμηλής πίεσεως και έτσι ο κύλινδρος αυτός δεν συμβάλλει στη συμπίεση του ατμού του ψυκτικού μέσου.

Η ανύψωση των βαλβίδων εισαγωγής γίνεται με διάταξη που ενεργοποιείται από την πίεση του λαδιού λιπάνσεως. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η ρυθμιστική διάταξη ανοίγματος βαλβίδων εισαγωγής.

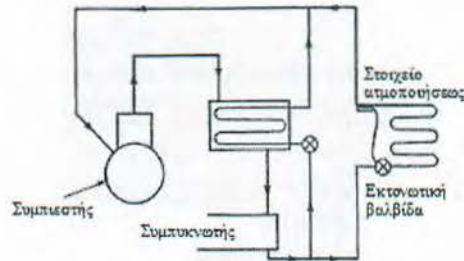


Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 247. Σχήμα 1.9γ. Ρυθμιστής ψυκτικής ισχύος με άνοιγμα βαλβίδων εισαγωγής.

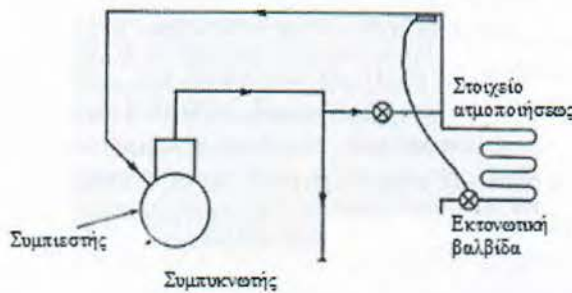
1. Βοηθητικό έμβολο.
2. Βοηθητικός κύλινδρος
3. Ελατήριο αντιθλίψεως
4. Κυλινδρική ολίσθηση.
5. Βύσμα με ελατήριο.
6. Βαλβίδα εισαγωγής.
7. Εισαγωγή λαδιού στο βοηθητικό κύλινδρο.
8. Κύλινδρος του σύρτη διανομής.
9. Αυλακωτό έμβολο του σύρτη διανομής.
10. Ελικοειδές ελατήριο.
11. Σφαίρα και ελατήριο.
12. Εισαγωγή λαδιού στο σύρτη.
13. Σωλήνες λαδιού προς τους βοηθητικούς κυλίνδρους.
14. Επιστροφή λαδιού προς ελαιολεκάνη.
15. Ενδιάμεσο εξάρτημα.
16. Βαλβίδα συγκρατήσεως σταθερής πίεσεως.
17. Θερμοστατική ρυθμιστική βαλβίδα.



Συνήθως γίνεται αντισταθμιστική φόρτιση, με το θερμό ατμό που ξεκινά από το συμπιεστή προς το συμπυκνωτή. Ο ατμός αυτός ψύχεται με ένα μέρος του υγρού ψυκτικού μέσου, το οποίο εκτονώνεται σε μια παράλληλη διάταξη στραγγαλισμού και έτσι ατμοποιείται με μέρος της θερμότητας που αφαιρείται από τον υπέρθερμό ατμό. Η κυκλωματική διάταξη του είδους αυτού της αντισταθμιστικής φορτίσεως φαίνεται στο σχήμα:



Συνήθως η στραγγαλιστική διάταξη της αντισταθμιστικής θερμικής φορτίσεως είναι πιεζοστατική. Άλλος τρόπος ρυθμίσεως της ψυκτικής ισχύος, ο οποίος όμως δεν κάνει οικονομία ενέργειας, αλλά απλώς προσαρμόζει τη διάταξη στα φορτία, είναι η παράκαμψη (by pass) του συμπυκνωτή, όπως φαίνεται στο σχήμα:



Οι τρόποι αυτοί επεμβάσεως στη λειτουργία των συμπιεστών, δηλαδή η αντισταθμιστική φόρτιση, και η παράκαμψη, μάλλον προστατεύουν την εγκατάσταση από του να δουλεύει σε πολύ χαμηλή πίεση στο στοιχείο ατμοποίησης, παρά ρυθμίζουν τη λειτουργία της με μεταβαλλόμενα φορτία.



### 5.6.3. Διατάξεις στραγγαλισμού

Το υγρό μέσο, που συμπυκνώνεται στο συμπυκνωτή, πρέπει να περάσει από την διάταξη στραγγαλισμού της πίεσεως, ώστε αφού υποβιβαστεί η πίεσή του να επιστρέψει στο στοιχείο ατμοποίησης, για να ξαναγίνει ατμός. Τι εξυπηρετεί ο στραγγαλισμός αυτός: <sup>(79)</sup>

- Στην είσοδο της διατάξεως στραγγαλισμού ρέει υγρό ψυκτικό μέσο, ενώ από την έξοδο ρέει μίγμα υγρού-ατμού
- Ο στραγγαλισμός, αν υποθεθεί ότι γίνεται αδιαβατικά, δηλαδή χωρίς τη συναλλαγή θερμότητας μεταξύ ψυκτικού μέσου και περιβάλλοντος, είναι μεταβολή ισενθελπη.
- Η διάταξη στραγγαλισμού έχει διπλή αποστολή, στραγγαλίζει δηλαδή την πίεση την παροχή μάζας του ψυκτικού μέσου από το συμπυκνωτή προς ατμοποίησης.

Από θερμοδυναμικής απόψεως η λειτουργία του στραγγαλισμού είναι η πιο σημαντική. Ως προς τη λειτουργικότητα όμως η ρύθμιση της παροχής μάζας είναι εξίσου σημαντική γιατί έτσι αποφεύγεται συσσώρευση ψυκτικού μέσου στην περιοχή της χαμηλής ή υψηλής πίεσεως της εγκαταστάσεως. Αν η διάταξη στραγγαλισμού της μάζας μικρότερη από εκείνη του συμπιεστή, τότε το ψυκτικό μέσο στην περιοχή υψηλής πίεσεως. Αν αντιθέτως η παροχή της διατάξεως στραγγαλισμού είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του συμπιεστή, τότε το ψυκτικό μέσο συγκεντρώνεται στην περιοχή χαμηλής πίεσεως. Και στις δυο περιπτώσεις αυτές εμφανίζονται φαινόμενα, που δημιουργούν προβλήματα στη λειτουργία.

Όλες σχεδόν οι ψυκτικές εγκαταστάσεις λειτουργούν διακεκομμένα, ώστε να προσαρμόζονται στις απαιτήσεις των φορτίων. Στις περιπτώσεις αυτές όμως πολλές φορές οι διατάξεις στραγγαλισμού δεν παύουν να λειτουργούν με την παύση λειτουργίας του συμπιεστή, αλλά εξακολουθούν να στέλνουν ψυκτικό μέσο στην εγκατάσταση. Το ίδιο συχνά όμως, σε σύνθετες εγκαταστάσεις, εμφανίζεται και το φαινόμενο, δηλαδή η διάταξη στραγγαλισμού σταματάει την παροχή ψυκτικού μέσου προς το στοιχείο ατμοποίησης, ενώ ο συμπιεστής εξακολουθεί να λειτουργεί. Ο ετεροχρονισμός αυτός επιβάλλεται από τις διατάξεις ρυθμίσεως κα ελέγχου των διαφόρων σημείων της εγκαταστάσεως.

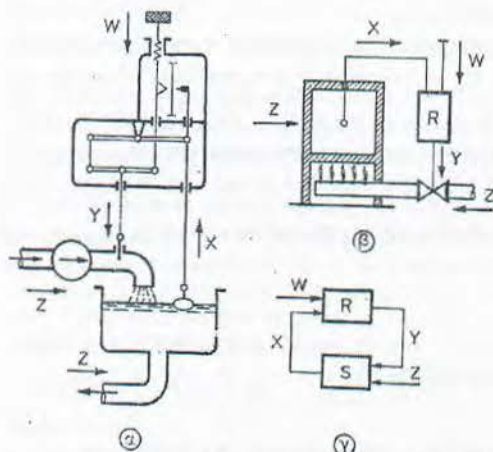
Για το λόγο αυτό, όταν λέμε ότι η διάταξη στραγγαλισμού πρέπει να προσαρμόζεται προς την παροχή του συμπιεστή, εννοείται πάντοτε ο μέσος όρος της παροχής τόσο του συμπιεστή όσο και της διατάξεως στραγγαλισμού, για τον κύκλο λειτουργίας του κάθε τμήματος της εγκαταστάσεως.

Ο αυτόματος έλεγχος κάθε ψυκτικής εγκαταστάσεως αποσκοπεί στο να διατηρεί ορισμένα μεγέθη της μέσα στα προδιαγραμμένα επιθυμητά όρια. Για το λόγο αυτό μετρούνται και ελέγχονται συνήθως η θερμοκρασία, η πίεση, η στάθμη υγρού του ψυκτικού μέσου, ή τέλος η υπερθέρμανση του ατμού του ψυκτικού μέσου στην έξοδο του στοιχείου ατμοποίησης. Με βάση τις τιμές αυτές ρυθμίζεται η παροχή του ψυκτικού μέσου.

<sup>79</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 4°. Διατάξεις στραγγαλισμού.



Στην απλή περιγραφή των σχετικών με τον αυτόματο έλεγχο εννοιών, μας βοηθούν οι διατάξεις του σχήματος:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 292. Σχήμα 4.1. Βρόγχοι αυτόματου ελέγχου.

Στο σχήμα (σημείο α) υπάρχει ένα δοχείο με ελεύθερη στάθμη υγρού, που τροφοδοτείται από μια αντλία. Η παροχή της αντλίας ρυθμίζεται με σύρτη που κινείται κατακόρυφα. Στο κάτω μέρος του δοχείου υπάρχει εκροή, που εξαρτάται φυσικά από το ύψος της στάθμης του υγρού. Ένας πλωτήρας ενεργοποιείται από τη στάθμη του υγρού και μετακινούμενος προς τα πάνω ή κάτω με κατάλληλους μοχλούς ανοιγοκλείνει το σύρτη και αλλάζει την παροχή της αντλίας. Με τη διάταξη αυτή η στάθμη του υγρού παραμένει περίπου σταθερή, γιατί υπάρχουν μικρο-μετακινήσεις λόγω ακριβώς του μηχανισμού ρυθμίσεως. Αν είναι επιθυμητό άλλο ύψος στάθμης, το οποίο και πάλι πρέπει να τηρείτε σταθερό, τότε πρέπει να μετακινηθεί το ελατήριο στο πάνω μέρος του σχήματος, το οποίο αλλάζει το υπομόχλιο του κάτω μοχλού και κινεί το σύρτη.

Με βάση το παραπάνω σχήμα αναφέρονται μερικά μεγέθη του αυτόματου ελέγχου: <sup>(80)</sup>

- **Ελεγχόμενο σύστημα.** Αποτελείται από το δοχείο, το σωλήνα εκροής, το σωλήνα προσαρμογής, την αντλία και το σύρτη.
- **Ελεγχόμενο μέγεθος.** Είναι το ύψος της στάθμης της ελεύθερης επιφάνειας.
- **Ρυθμιζόν μέγεθος.** Είναι η διαδρομή (ύψος) του σύρτη.
- **Ρυθμιστής.** Είναι το σύστημα των μοχλών που παίρνει σήμα από την θέση του πλωτήρα και το μετασχηματίζει σε εντολή, για να αλλάξει (κινηθεί) το ρυθμιζόμενο είδος.
- **Επιθυμητή τιμή ελεγχόμενου μεγέθους.** Είναι η τιμή στην οποία πρέπει να διατηρηθεί το μέγεθος αυτό, δηλαδή το ύψος της στάθμης του υγρού.
- **Πραγματική τιμή.** Είναι η τιμή που έχει κάθε φορά το ελεγχόμενο μέγεθος. Συνήθως απέχει λίγο από την επιθυμητή τιμή. Στο παράδειγμα η στάθμη κάνει μικροδιακυμάνσεις γύρω από την επιθυμητή.
- **Αρχική τιμή.** Είναι η επιθυμητή του ελεγχόμενου μεγέθους, η οποία δεν έχει ακόμα μεταβληθεί, δηλαδή το ελατήριο στο πάνω μέρος δεν έχει δράσει ακόμα.

<sup>80</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, Κεφάλαιο 4°. Διατάξεις στραγγαλισμού.



- **Θόρυβος.** Είναι η τυχαία μεταβολή του ελεγχόμενου μεγέθους από άγνωστους λόγους.

Στο σχήμα (σημείο β) φαίνεται ένα άλλο παράδειγμα με ένα θάλαμο καύσης. Μέσα στο θάλαμο υπάρχει ένα θερμό στοιχείο, που μετράει την θερμοκρασία και δίνει την τιμή  $X$  σε ένα ρυθμιστή  $R$ , ο οποίος παίρνει και την αρχική τιμή  $W$  και παράγει το ρυθμιζόμενο μέγεθος  $Y$  που επιδρά στο ρεύμα καυσίμου. Ταυτόχρονα υπάρχει και εδώ ο θόρυβος  $Z$ . Στο (σημείο γ) υπάρχει η σχηματική παράσταση του συστήματος αυτόματου ελέγχου με το ρυθμιστή  $R$  και το ελεγχόμενο σύστημα  $S$  καθώς και η ροή των μεγεθών. Για να πραγματοποιηθεί αυτόματος έλεγχος είναι απαραίτητο να προηγηθούν τουλάχιστον οι εξής τρεις ενέργειες: <sup>(81)</sup>

- 1 Μέτρηση του ελεγχόμενου μεγέθους  $X$ .
- 2 Σύγκριση της πραγματικής τιμής  $X$  με την επιθυμητή τιμή  $X_k$ , δηλ  $J$  σχηματισμός της διαφοράς  $(X - X_k)$ .
- 3 Εντολή, δηλαδή εκπομπή κατάλληλης τιμής από το ρυθμιστή προς το ρυθμιζόμενο μέγεθος  $Y$ , ώστε να ελαττωθεί ή να μηδενισθεί η διαφορά  $(X - X_k)$ .

Το ελεγχόμενο μέγεθος ποικίλλει. Συνήθως είναι η πίεση στο στοιχείο ατμοποίησης ή η υπερθέρμανση του ατμού στην έξοδο του στοιχείου ατμοποίησης. Σε άλλες περιπτώσεις είναι το ύψος της στάθμης του υγρού ψυκτικού μέσου. Σε όλες όμως τις περιπτώσεις το ρυθμιζόμενο μέγεθος είναι η διαδρομή μιας βαλβίδας, που ανοιγοκλείνει κατάλληλα και αλλάζει την παροχή του ψυκτικού μέσου. Ο ρυθμιστής που χρησιμοποιείται μπορεί να είναι υδραυλικής ή θερμικής πίεσεως ή και ηλεκτρικός. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι είναι οι εξής: <sup>(83)</sup>

- Θερμοστατική βαλβίδα εκτονώσεως.
- Πιεζοστατική βαλβίδα εκτονώσεως.
- Θερμοηλεκτρική βαλβίδα εκτονώσεως.
- Βαλβίδα πλωτήρα χαμηλής πίεσεως.
- Βαλβίδα πλωτήρα υψηλής πίεσεως.
- Τριχοειδής σωλήνας.

Το φυσικό μέγεθος που χρησιμοποιείται ως το ελεγχόμενο μέγεθος είναι ένα από τα εξής: <sup>(82)</sup>

- Πίεση στοιχείου ατμοποίησης.
- Θερμοκρασία (υπερθέρμανση ατμού).
- Ύψος στάθμης υγρού,
- ή κάποιος συνδυασμός αυτών.

<sup>81</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 4°. Διατάξεις στραγγαλισμού.

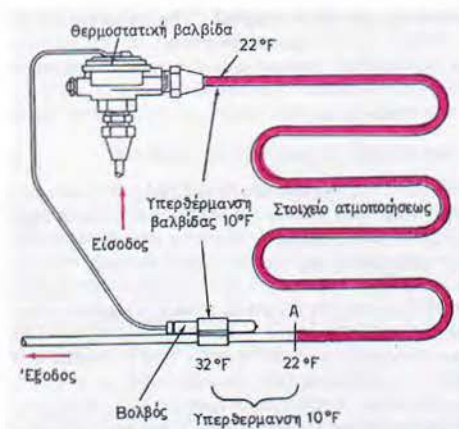
<sup>82</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 4°. Διατάξεις στραγγαλισμού.



### 5.6.3.1. Θερμοστατικές βαλβίδες εκτονώσεως

Η θερμοστατική βαλβίδα εκτονώσεως ρυθμίζει την παροχή μάζας ψυκτικού μέσου προς το στοιχείο ατμοποίησης. Η ρύθμιση αυτή γίνεται έτσι, ώστε να είναι γεμάτος σχεδόν ολόκληρος ο σωλήνας του. Το ελεγχόμενο μέγεθος είναι η θερμοκρασία του ατμού στην έξοδο του στοιχείου ατμοποίησης. Η θερμοκρασία αυτή επιδρά επάνω σε ένα βολβό, που έχει γεμισθεί με το ίδιο ή με διαφορετικό ψυκτικό μέσο. Ο βολβός αυτός με την πίεση του μετακινεί το στέλεχος της βαλβίδας που ρυθμίζει την παροχή ψυκτικού μέσου προς το στοιχείο ατμοποίησης.

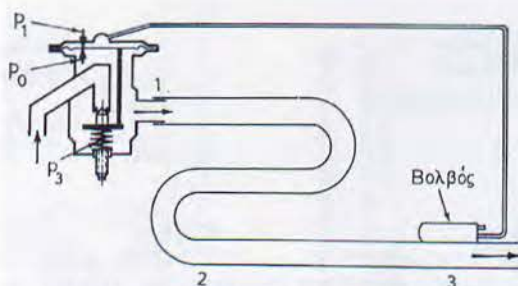
Η σχηματική παράσταση της συνδέσεως της θερμοστατικής βαλβίδας με ένα στοιχείο ατμοποίησης, με ένα σωλήνα.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 295. Σχήμα 4.2α. Θερμοστατική βαλβίδα εκτονώσεως για λειτουργία με υπερθερμανση 5,5°C.

#### 5.6.3.1.1. Θερμοστατικές βαλβίδες εκτονώσεως με μεμβράνη

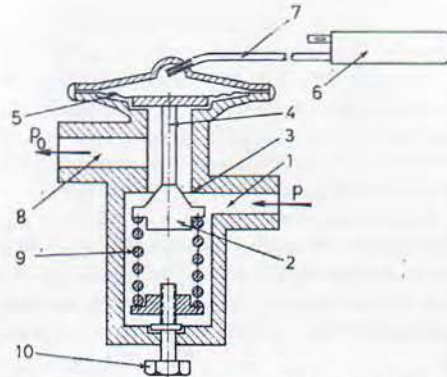
Ο τρόπος λειτουργίας της θερμοστατικής βαλβίδας εκτονώσεως με μεμβράνη φαίνεται στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 297. Σχήμα 4.2γ. Σχηματική διάταξη αρχής λειτουργίας θερμοστατικής βαλβίδας.

1. Είσοδος στοιχείου ατμοποίησης.
2. Τέλος ατμοποίησης.
3. Θέση βολβού.

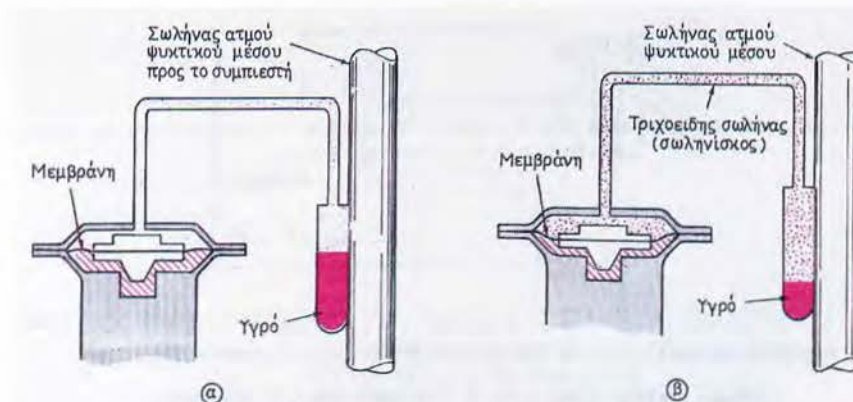
Η λειτουργία της θερμοστατικής βαλβίδας, σχηματικά, φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 297. Σχήμα 4.2δ. Αρχή λειτουργίας θερμοστατικής βαλβίδας εκτονώσεως.

1. Είσοδος υγρού ψυκτικού μέσου.
2. Βαλβίδα.
3. Έδρα βαλβίδας.
4. Στέλεχος βαλβίδας.
5. Μembrάνη.
6. Βολβός (αισθητήριο).
7. Σωληνίσκος.
8. Έξοδος.
9. Ελατήριο ρυθμίσεως υπερεντάσεως.
10. Κοχλίας ρυθμίσεως υπερθερμάνσεως.

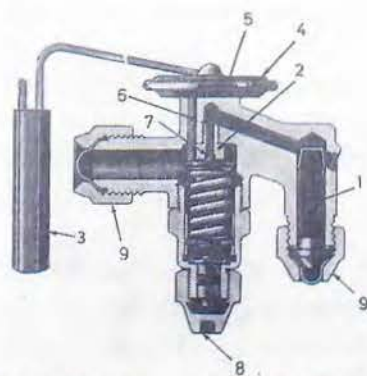
Η θέση της βαλβίδας ως προς την έδρα της, άρα και η παροχή, καθορίζεται που επικρατεί στο βολβό και καθορίζεται από την θερμοκρασία του ατμού του ψυκτικού μέσου. Στο σχήμα παρακάτω σχήμα φαίνεται παραστατικά η ποσότητα του υγρού και του ατμού, μέσα στο βολβό, καθώς και η θέση της μεμβράνης.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 296. Σχήμα 4.2ε. Επίδραση της θερμοκρασίας του ατμού ψυκτικού μέσου του βολβού, στη μεμβράνη της θερμοστατικής βαλβίδας.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται σε τομή μια θερμοστατική βαλβίδα με μεμβράνη:

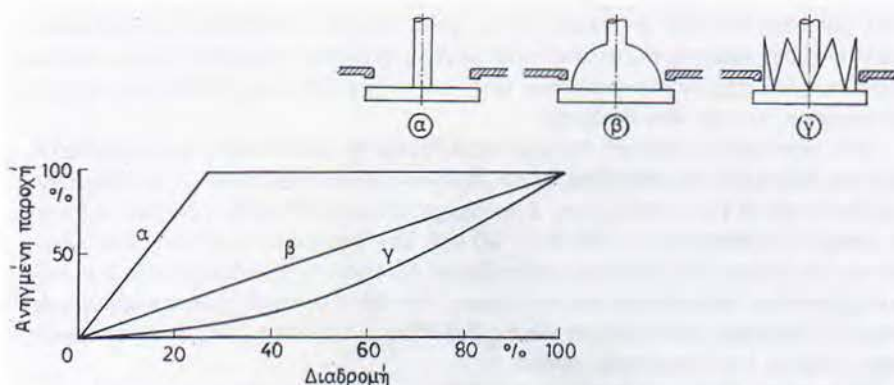




Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 299. Σχήμα 4.2στ. Θερμοστατική βαλβίδα εκτονώσεως με μεμβράνη.

1. Είσοδος υγρού ψυκτικού και πλέγμα καθαρισμού.
2. Έδρα βαλβίδας (ακροφύσιο)
3. Βολβός (αισθητήριο)
4. Άνω θάλαμος μεμβράνης.
5. Κάτω θάλαμος μεμβράνης.
6. Ωστήρια ράβδος.
7. Βελόνα βαλβίδας.
8. Πώμα ρυθμιστικού κοχλία.
9. Προστατευτικό πώμα.

Η μορφή της κεφαλής της βαλβίδας επιδρά σημαντικά στη χαρακτηριστική λειτουργίας της θερμοστατικής βαλβίδας εκτονώσεως με μεμβράνη. Στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 303. Σχήμα 4.2ιβ. Επίδραση της μορφής της βαλβίδας στη χαρακτηριστική λειτουργίας της.

- α) Επίπεδη βαλβίδα.
- β) Ημισφαιρική.
- γ) Πριονωτή

για τρεις διαφορετικές διαμορφώσεις. Δίνονται μια επίπεδη βαλβίδα, μια ημισφαιρική και μια πριονωτή. Στο διάγραμμα του σχήματος στον οριζόντιο άξονα απεικονίζεται η διαδρομή (άνοιγμα) της βαλβίδας σε ποσοστό της μέγιστης τιμής.

Στον κατακόρυφο άξονα απεικονίζεται η παροχή του ψυκτικού μέσου, σαν ποσοστό της μέγιστης τιμής. Από το διάγραμμα φαίνονται τα εξής κύρια σημεία: <sup>(83)</sup>

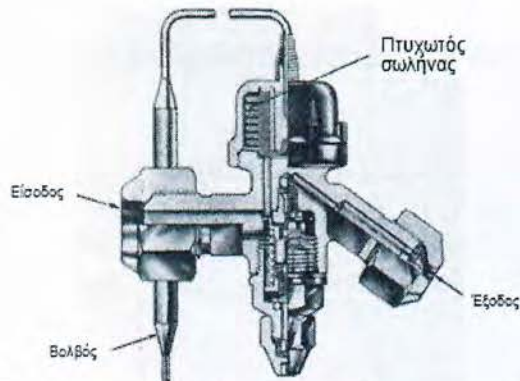
<sup>83</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, Κεφάλαιο 4°. Διατάξεις στραγγαλισμού. 4.2.2. Θερμοστατική βαλβίδα εκτονώσεως με μεμβράνη.

- Η επίπεδη βαλβίδα (σημείο α) με σχετικά μικρή διαδρομή, επιτρέπει μεγάλη αυξομείωση της παροχής.
- Η ημισφαιρική βαλβίδα (σημείο β) είναι λιγότερο ευαίσθητη και απαιτεί μεγαλύτερες διαδρομές για να επιτευχθούν αισθητές μεταβολές της παροχής
- Η πριονωτή βαλβίδα (σημείο γ) στις μικρές διαδρομές κάνει πολύ μικρές μεταβολές της παροχής του ψυκτικού μέσου.

Πολλές φορές για να εξισορροπηθούν οι δυνάμεις που ασκεί η διαφορά πίεσεως του ψυκτικού μέσου στις δυο πλευρές της βαλβίδας, χρησιμοποιούνται διπλές βαλβίδες στο ίδιο στέλεχος. Ο τύπος όμως αυτός απαιτεί πολύ μεγάλη ακρίβεια στη μηχανουργική καταργασία των δυο εδρών των βαλβίδων γιατί, και οι δυο βαλβίδες, πρέπει να κλείνουν ταυτόχρονα, με την ίδια διαδρομή. Όσο μεγαλώνει η παροχή του ψυκτικού μέσου και κατά συνέπεια και οι διαστάσεις της έδρας και της βαλβίδας, τόσο μεγαλώνουν και οι δυνάμεις που απαιτούνται για την κίνηση του στελέχους. Στις περιπτώσεις αυτές η απλή μεμβράνη δεν επαρκεί να δίνει την απαιτούμενη δύναμη και χρησιμοποιούνται ενδιάμεσες διατάξεις ενισχύσεως της δυνάμεως, δηλαδή διαφόρων τύπων σερβομηχανισμοί.

### 5.6.3.1.2. Θερμοστατικές βαλβίδες εκτονώσεως με πτυχωτό σωλήνα

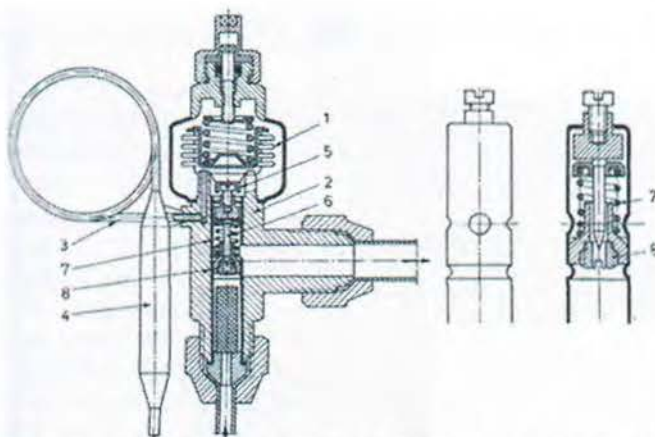
Σε ένα άλλο τύπο θερμοστατικής βαλβίδας εκτονώσεως, η μεμβράνη έχει αντικατασταθεί από μια παρόμοια διάταξη. Η διάταξη αυτή αποτελείται από ένα κομμάτι μεταλλικού πτυχωτού σωλήνα, που οι τεχνικοί πολλές φορές ονομάζουν και φυσούνα. Στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 306. Σχήμα 4.2ιστ. Θερμοστατική βαλβίδα εκτονώσεως με πτυχωτό σωλήνα.

Ένας άλλος τρόπος κατασκευής θερμοστατικής βαλβίδας εκτονώσεως με πτυχωτό σωλήνα φαίνεται στο σχήμα:





**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 307. Σχήμα 4.2ιζ. Θερμοστατική βαλβίδα εκτονώσεως με πτυχωτό σωλήνα και αφαιρετέο σύστημα βαλβίδας - έδρας.**

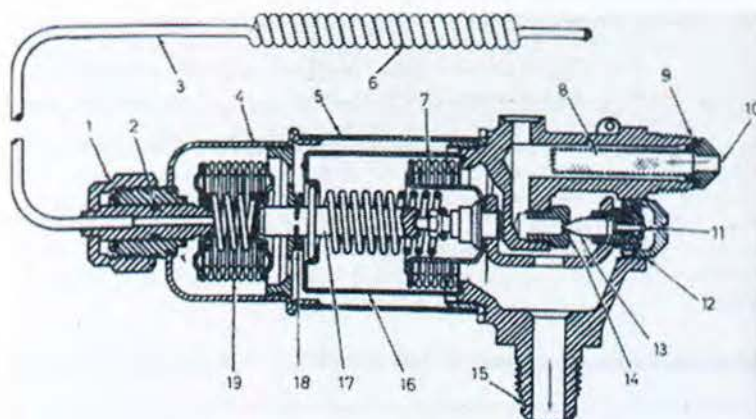
1. Πτυχωτός σωλήνας.
2. Σώμα θερμοστατικής βαλβίδας.
3. Σωλήνας με μικρή διάμετρο.
4. Αισθητήριος βολβός.
5. Κυάθιο ανυψώσεως.
6. Βελονοειδές στέλεχος βαλβίδας.
7. Ελατήριο ανυψώσεως.
8. Έδρα βαλβίδας.

Το στέλεχος της βαλβίδας κινείται με τη βοήθεια και των δυο ελατηρίων που δρουν το μεν κάτω κατευθείαν στο στέλεχος, το δε πάνω στην επιφάνεια του πτυχωτού σωλήνα.

### 5.6.3.1.3. Ειδικές θερμοστατικές βαλβίδες εκτονώσεως

#### 5.6.3.1.3.1. Θερμοστατική βαλβίδα εκτονώσεως με διπλούς πτυχωτούς σωλήνες

Στη βαλβίδα του τύπου αυτού υπάρχουν δυο χωριστοί χώροι, στεγανά χωρισμένοι μεταξύ τους, οι οποίοι είναι γεμάτοι με τα ίδια ή με διαφορετικά ψυκτικά μέσα. Οι χώροι αυτοί σχηματίζονται από δυο χωριστούς πτυχωτούς σωλήνες, που ασκούν μεταξύ τους δυνάμεις μηχανικές. Μια κατασκευή του είδους αυτού φαίνεται στη φωτογραφία του σχήματος:



**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 308. Σχήμα 4.3α. Θερμοστατική εκτονώσεως με διπλό σωλήνα.**

1. Ρυθμιστικό περικόχλιο.
2. Στεγανωτικός δακτύλιος.
3. Σωλήνας μικρής διαμέτρου.
4. Κέλυφος πτυχωτού σωλήνα.
5. Κέλυφος ρυθμίσεως αποστάσεως.
6. Αισθητήριο θερμοκρασίας.
7. Πτυχωτός σωλήνας κύριου σώματος βαλβίδας.
8. Πλέγμα διηθήσεως.
9. Στεγανωτικός παράκυκλος.
10. Είσοδος ψυκτικού μέσου.
11. Άκρο στελέχους βαλβίδας.
12. Στεγανοποιημένο πώμα.
13. Βαλβίδα βελονοειδής.
14. Έδρα βαλβίδας.
15. Έξοδος προς στοιχείο ατμοποίησης.
16. Εσωτερικό κέλυφος αποστάσεως.
17. Στέλεχος αποστάσεως.
18. Ελατηριωτός παράκυκλος, ακαριαίας μεταπτώσεως.
19. Πτυχωτός σωλήνας θερμοκρασίας.

**5.6.3.1.3.2. Θερμοστατική βαλβίδα εκτονώσεως με διάταξη βαλβίδας - πιλότου**

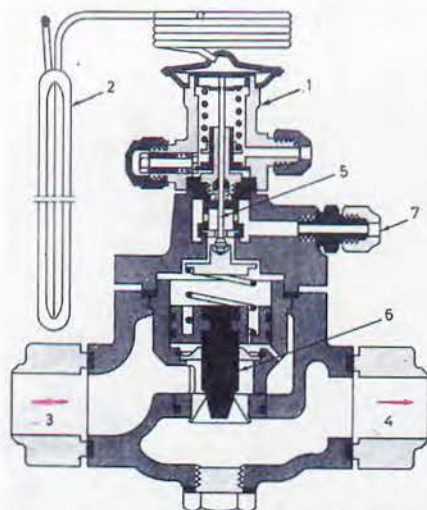
Οι απλές θερμοστατικές εκτονωτικές βαλβίδες, όπως αυτές που αναφέρθηκαν ήδη, δηλαδή με άμεσο έλεγχο, κατασκευάζονται για μέγιστη ψυκτική ισχύ, που είναι περίπου η εξής: <sup>(84)</sup>

- Ψυκτικό μέσο R12 μέχρι 45 RT.
- Ψυκτικό μέσο R22 μέχρι 75 RT.
- Ψυκτικό μέσο R717 (NH<sub>3</sub>) μέχρι 100 RT.

Όταν οι εγκαταστάσεις είναι μεγαλύτερες, τότε οι βαλβίδες εκτονώσεως δεν έχουν τη συνηθισμένη απλή μορφή που γνωρίσαμε, γιατί το είδος αυτό είναι πια ασύμφορο οικονομικά. Πάντως, για την εξυπηρέτηση των μεγαλύτερων μονάδων, όταν υπάρχει λόγος να χρησιμοποιηθεί τύπος θερμοστατικής βαλβίδας με εκτόνωση εφαρμόζεται μια πιο σύνθετη κατασκευή. Αυτή περιλαμβάνει δυο βαλβίδες, μια πιο μικρή, τη βαλβίδα-πιλότο, και μια μεγαλύτερη, την κύρια βαλβίδα ελέγχου της παροχής. Η βαλβίδα-πιλότος είναι συνηθισμένη θερμοστατική βαλβίδα εκτονώσεως, η οποία δρα όμως με τη διαφορά πίεσεως που εμφανίζεται στα άκρα της, πάνω στην κύρια βαλβίδα και την ελέγχει. Παρέχει δηλαδή και το σήμα αλλά και τη δύναμη για να ανοιγοκλείνει η κύρια βαλβίδα. Οι δυο αυτές βαλβίδες μπορεί να είναι ενσωματωμένες κατασκευαστικά σε μια διάταξη ή να είναι δυο χωριστά κομμάτια. Στο σχήμα:

<sup>84</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>. Διατάξεις στραγγαλισμού. 4.3.2. Θερμοστατική βαλβίδα με διάταξη βαλβίδας - πιλότο.

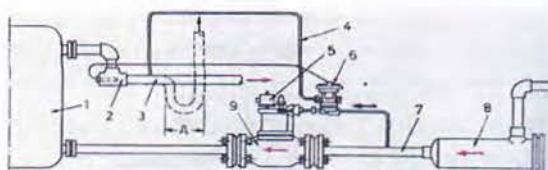




**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 311. Σχήμα 4.3γ. Θερμοστατική βαλβίδα με βαλβίδα - πιλότο.**

1. Σώμα βαλβίδας - πιλότου.
2. Βολβός - αισθητήριο θερμοκρασίας.
3. Είσοδος υγρού ψυκτικού μέσου.
4. Έξοδος ψυκτικού μέσου προς στοιχείο ατμοποίησης.
5. Βαλβίδα - πιλότος.
6. Κύρια εμβολοβαλβίδα.
7. Μεσαίο στόμιο.

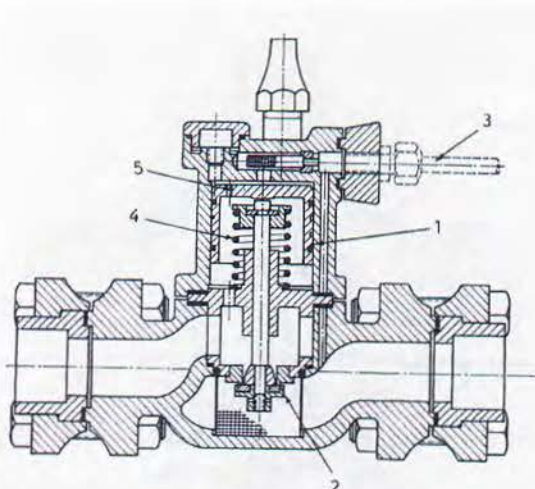
φαίνεται μια ενσωματωμένη διάταξη.  
Στο σχήμα:



**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 312. Σχήμα 4.3δ. Θερμοστατική βαλβίδα εκτονώσεως που ελέγχεται από βαλβίδα - πιλότο.**

1. Στοιχείο ατμοποίησης κελύφους - σωλήνα.
2. Υποδοχή αισθητηρίου βολβού.
3. Αγωγός αναρροφήσεως συμπιεστή.
4. Αγωγός εξισορροπήσεως πίεσεως.
5. Μαγνητική βαλβίδα.
6. Θερμοστατική βαλβίδα - πιλότος.
7. Αγωγός υγρού ψυκτικού μέσου.
8. Φίλτρο και ξηραντήρας.
9. Κύρια βαλβίδα.

φαίνεται μια διάταξη με χωριστές τη βαλβίδα-πιλότο και την κύρια βαλβίδα. Η θερμοστατική βαλβίδα-πιλότος (σημείο 6) παίρνει μικρή ποσότητα υγρού ψυκτικού μέσου, το στραγγαλίζει κατά τα γνωστά και το στέλνει στον αγωγό αναρροφήσεως του συμπιεστή. Η βαλβίδα-πιλότος συνδέεται με ένα αγωγό με την κύρια βαλβίδα (σημείο 9) και έτσι στέλνει πίεση προς αυτήν ώστε να κινηθεί. Η κύρια βαλβίδα φαίνεται στο σχήμα:



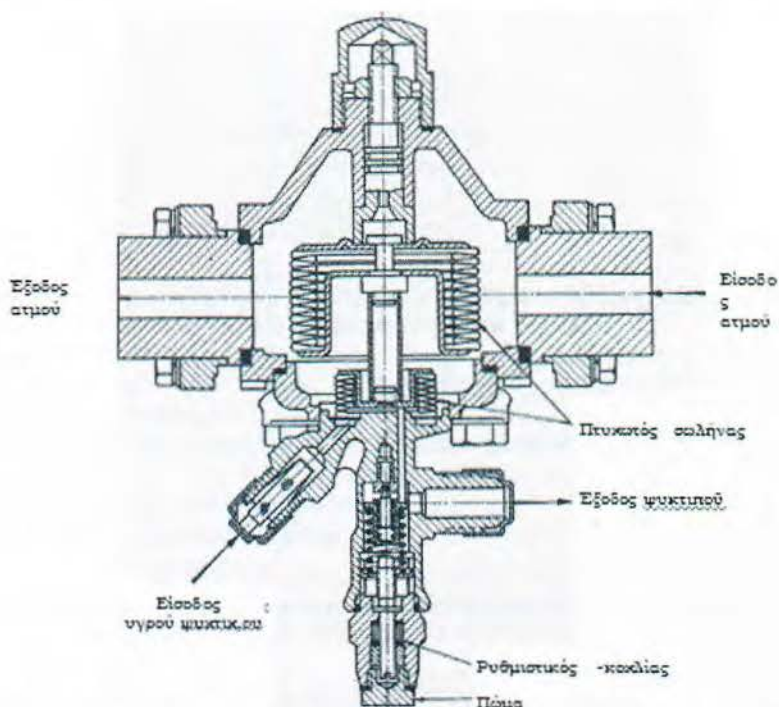
Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 313. Σχήμα 4.3ε. Κύρια βαλβίδα του συστήματος του σχήματος 4.3δ.

1. Εμβολοβαλβίδα.
2. Έδρα κύριας βαλβίδας.
3. Αγωγός πιλότου βαλβίδας.
4. Ελατήριο εμβολοβαλβίδας.
5. Οπή εξισώσεως πιέσεως.

### 5.6.3.1.3.3. Θερμοστατική βαλβίδα εκτονώσεως χωρίς αισθητήριο βολβό

Ορισμένες φορές το σύστημα αυτόματου ελέγχου που περιλαμβάνει το στοιχείο ατμοποίησης, το συμπιεστή, τον αισθητήριο βολβό και τη θερμοστατική βαλβίδα, λειτουργεί με αστάθεια. Εμφανίζονται δηλαδή περιοδικές έντονες αυξομειώσεις της παροχής ψυκτικού μέσου και η θερμοστατική βαλβίδα εκτονώσεως ανοιγοκλείνει συνεχώς μεταξύ μεγάλων και μικρών τιμών παροχής. Το φαινόμενο είναι σύνθετο και ο εντοπισμός της κύριας αιτίας που το προκαλεί δεν είναι πάντα απλός. Ορισμένες όμως φορές οφείλεται σε κάποια χρονική καθυστέρηση που είναι μεγάλη, και ειδικότερα σε αδράνεια του αισθητηρίου βολβού, που οφείλεται σε όχι καλή θερμική επαφή του βολβού με το σωλήνα του ατμού. Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό έχουν κατασκευασθεί ορισμένες θερμοστατικές βαλβίδες εκτονώσεως χωρίς αισθητήριο βολβό. Στις κατασκευές αυτές ο ατμός του ψυκτικού μέσου της εξόδου του στοιχείου ατμοποίησης οδηγείται στο πάνω τμήμα της θερμοστατικής βαλβίδας και επιδρά θερμικά σε ένα πτυχωτό σωλήνα, που έχει γόμωση με κατάλληλο ψυκτικό μέσο, όπως φαίνεται στο σχήμα:





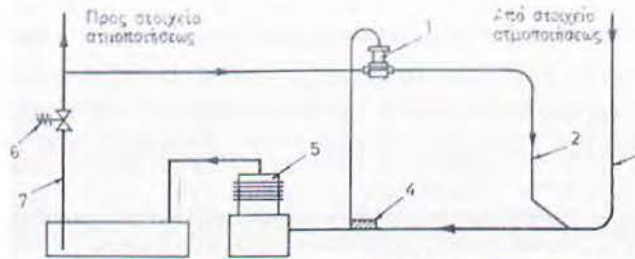
Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 314. Σχήμα 4.3στ. Θερμοστατική βαλβίδα εκτονώσεως χωρίς αισθητήριο βολβό.

#### 5.6.3.1.3.4. Θερμοστατικές βαλβίδες με επανέγχυση

Ο όρος αυτός περιγράφει ένα είδος θερμοστατικών βαλβίδων που έχουν αποστολή την έγχυση υγρού ψυκτικού μέσου στην έξοδο του στοιχείου ατμοποίησης. Οι βαλβίδες αυτές προστατεύουν το συμπιεστή από υπερθέρμανση. Τοποθετούνται σε εγκαταστάσεις που ρυθμίζουν την ψυκτική ισχύ με παράκαμψη του συμπυκνωτή. Στο είδος αυτό της ρυθμίσεως, ένα μέρος του ζεστού ατμού, που βγαίνει στην έξοδο του συμπιεστή, δεν συμπυκνώνεται, αλλά αφού στραγγαλισθεί η πίεσή του, οδηγείται και πάλι στην αναρρόφηση του συμπιεστή. Το τμήμα αυτό του ατμού συμπιέζεται και στραγγαλίζεται διαδοχικά χωρίς να παράγει ψυκτική ισχύ και έτσι φορτίζει μόνο θερμικά το συμπιεστή. Για αυτόν όμως το λόγο, ο ατμός που φθάνει στην αναρρόφηση του συμπιεστή δεν είναι πια κρύος, αλλά έχει ενδιάμεση θερμοκρασία και έτσι προκαλείται συνεχής θέρμανση του συμπιεστή, και συνεπώς αύξηση της θερμοκρασίας του ατμού υψηλής πίεσης στην έξοδο του συμπιεστή.

Για να αποφεύγεται η υπερθέρμανση αυτή, εγχύνετε υγρό ψυκτικό μέσο στην έξοδο του στοιχείου ατμοποίησης και αρκετά πριν από την αναρρόφηση στο συμπιεστή, ώστε να προλαβαίνει να ατμοποιείται το υγρό ψυκτικό μέσο και ταυτόχρονα να ψύχεται ο ατμός.

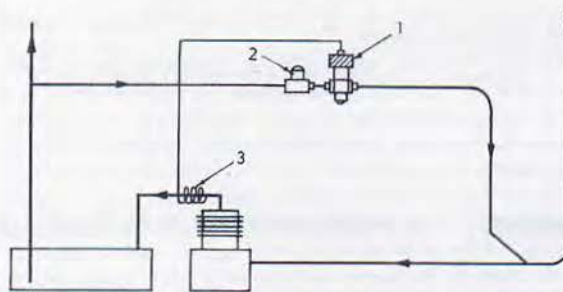
Υπάρχουν δυο κυρίως τρόποι με τους οποίους ελέγχονται οι θερμοστατικές βαλβίδες επανεγχύσεως. Κατά τον ένα τρόπο ελέγχεται η υπερθέρμανση αναρροφήσεως στο συμπιεστή με διάταξη σαν αυτή του σχήματος:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 315. Σχήμα 4.3ζ. Θερμοστατική βαλβίδα επανεγχύσεως με έλεγχο υπερθερμάνσεως αναρροφήσεως.

1. Θερμοστατική επανεγχύσεως.
2. Αγωγός εγχύσεως υγρού ψυκτικού μέσου.
3. Αγωγός αναρροφήσεως.
4. Αισθητήριος βολβός θερμοστατικής επανεγχύσεως.
5. Συμπιεστής.
6. Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα αποφράξεως.
7. Αγωγός υγρού ψυκτικού μέσου.

Ο άλλος τρόπος ελέγχου της θερμοστατικής βαλβίδας επανεγχύσεως φαίνεται στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 316. Σχήμα 4.3η. Θερμοστατική βαλβίδα επανεγχύσεως με έλεγχο της θερμοκρασίας του ατμού υψηλής πίεσης.

1. Θερμοστατική βαλβίδα επανεγχύσεως.
2. Βαλβίδα στραγγαλισμού για προρύθμιση.
3. Λεπτός σωλήνας περιτυλιγμένος στο σωλήνα ατμού.

### **5.6.3.2. Θερμοστατικές βαλβίδες εκτονώσεως με περιοριστή χαμηλής πίεσης**

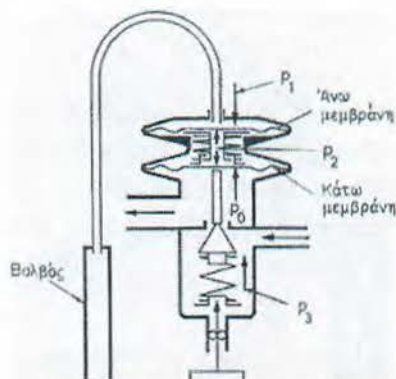
Οι θερμοστατικές αυτές βαλβίδες, εκτός από τον κύριο σκοπό που εξυπηρετούν, δηλαδή το στραγγαλισμό του υγρού ψυκτικού μέσου για την παραγωγή της ψυκτικής ισχύος, εξυπηρετούν και ένα πρόσθετο σκοπό, την ασφάλεια της εγκαταστάσεως. Όταν η εγκατάσταση, μετά από μεγάλη παύση ή μετά από κάθε κύκλο αποπαγώσεως του στοιχείου ατμοποίησης ξαναξεκινάει, το στοιχείο ατμοποίησης είναι αρκετά πιο ζεστό και συνεπώς η πίεση ατμοποίησης του ψυκτικού μέσου μεγάλη. Έτσι όμως ο συμπιεστής αναρροφά ατμό ψυκτικού μέσου με μεγάλη και συνεπώς μεγάλη πυκνότητα. Αυτό όμως συνεπάγεται αύξηση και της μηχανικής ισχύος κινήσεως του συμπιεστή. Ταυτόχρονα όμως προκαλεί και αύξηση πίεσεως και θερμοκρασίας συμπυκνώσεως.

Το φαινόμενο αυτό, δηλαδή η υπέρμετρη ισχύς και πίεση κατά την εκκίνησης, δεν περιορισθεί με κάποιο τρόπο κατάλληλα, οδηγεί στην ανάγκη χρησιμοποίησης υπερβολικά μεγάλων ηλεκτροκινητήρων, που χρησιμοποιούνται όμως πλήρη ισχύ μόνο



κατά την εκκίνηση. Ο περιορισμός προς τα πάνω της χαμηλής πίεσεως, γίνεται συνήθως με δύο τρόπους: ο ένας είναι μηχανικός και ο άλλος θερμοδυναμικός. Και οι δυο όμως τελικά αποβλέπουν στο ίδιο αποτέλεσμα, δηλαδή στο κλείσιμο της θερμοστατικής βαλβίδας, όταν η χαμηλή πίεση γίνει υψηλότερη από μια καθορισμένη τιμή, και κατά συνέπεια στη διακοπή της τροφοδοσίας του στοιχείου ατμοποίησης με ψυκτικό υγρό.

Η μηχανική αρχή περιορισμού της χαμηλής πίεσεως φαίνεται σχηματικά στο σχήμα:

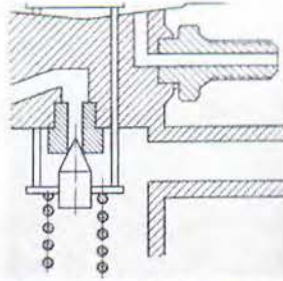


Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 317. Σχήμα 4.4α. Αρχή μηχανικού περιορισμού χαμηλής πίεσεως.  $p_0$  πίεση στοιχείου ατμοποίησης,  $p_1$  πίεση αισθητηρίου βολβού,  $p_2$  πίεση του ελαστικού μέσου μεταδότησης δυνάμεις,  $p_3$  πίεση λόγω του ρυθμιστικού ελατηρίου.

### **5.6.3.3. Θερμοστατικές βαλβίδες εκτονώσεως με εξωτερική εξίσωση πίεσεως**

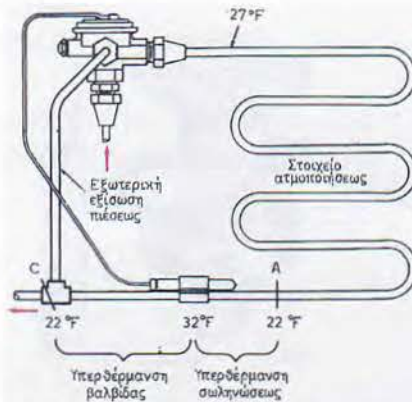
Στις απλές θερμοστατικές βαλβίδες εκτονώσεως η μεμβράνη είναι εκτεθειμένη στην πίεση του αισθητηρίου βολβού, ενώ στο άλλο μέρος της δρα η πίεση ατμοποίησης του ψυκτικού μέσου. Η λειτουργία της μεμβράνης, και συνεπώς και η τιμή της υπερθερμάνσεως του ατμού του ψυκτικού μέσου στην έξοδο του στοιχείου ατμοποίησης, εξαρτάται προφανώς από τις δυο αυτές πιέσεις. Η πίεση του βοηθητικού ψυκτικού μέσου του βολβού καθορίζεται από τη θερμοκρασία του αισθητηρίου βολβού. Η πίεση όμως του κύριου ψυκτικού μέσου του δεν είναι η ίδια σε όλο το μήκος του στοιχείου ατμοποίησης και έτσι μερικές φορές δημιουργούνται προβλήματα.

Για τη σωστή λειτουργία της θερμοστατικής βαλβίδας εκτονώσεως, η πίεση του κύριου ψυκτικού μέσου, που δρα στη μεμβράνη, πρέπει να είναι η πίεση που επικρατεί στην έξοδο του στοιχείου ατμοποίησης. Η πίεση όμως αυτή μπορεί να διαφέρει από την πίεση που επικρατεί στην είσοδο του στοιχείου ατμοποίησης σημαντικά. Η διαφορά αυτή οφείλεται στην πτώση πίεσεως λόγω τριβών κατά μήκος του στοιχείου ατμοποίησης. Στο σχήμα:



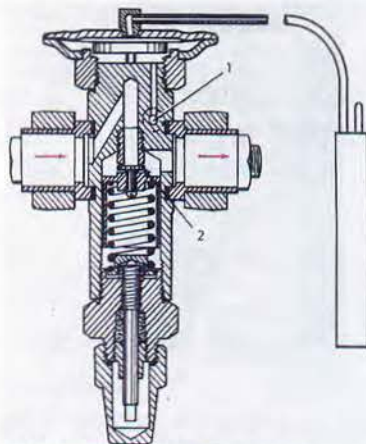
Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 322. Σχήμα 4.5α. Εξωτερική εξίσωση πίεσης θερμοστατικής βαλβίδας εκτονώσεως.

φαίνεται η αρχή λειτουργίας των θερμοστατικών βαλβίδων εκτονώσεως με εξωτερική εξίσωση πίεσης. Σε αυτές ο χώρος κάτω από τη μεμβράνη συνδέεται με κατάλληλο στόμιο και σωλήνα με την έξοδο του στοιχείου ατμοποίησης από όπου και παίρνει την πίεση. Ο τρόπος συνδεσμολογίας - θερμοστατικών βαλβίδων εκτονώσεως με εξωτερική εξίσωση πίεσης φαίνεται στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 323. Σχήμα 4.5γ. Συνδεσμολογία θερμοστατικής εκτονωτικής με εξωτερική πίεση.

Μια θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα με εξωτερική εξίσωση πίεσης φαίνεται στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 323. Σχήμα 4.5δ. Θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα με εξωτερική εξίσωση πίεσης.

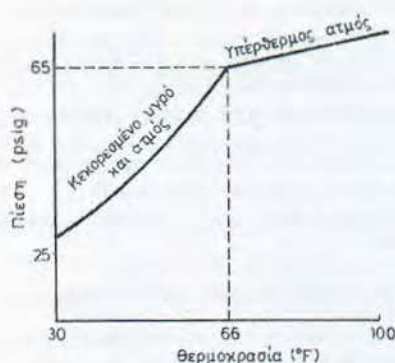


### 5.6.3.4. Γόμωση αισθητηρίων βολβών των θερμοστατικών βαλβίδων ΕΚΤΟΝΩΣΕΩΣ

Ο αισθητήριος βολβός της θερμοστατικής βαλβίδας εκτονώσεως έχει γόμωση υγρού - ατμού ή μόνο ατμού ψυκτικού μέσου. Η γόμωση αυτή ελέγχει τη θερμοκρασία στη θέση του βολβού, παρέχει όμως και την αντίστοιχη πίεση για τη μετατόπιση της μεμβράνης. Ανάλογα με την εφαρμογή, ο βολβός της θερμοστατικής βαλβίδας μπορεί να έχει γόμωση από το ίδιο ψυκτικό μέσο της εγκαταστάσεως ή γόμωση από διαφορετικό ψυκτικό μέσο. Η διάκριση του είδους της γομώσεως γίνεται ανάλογα με τη φάση του ψυκτικού μέσου, δηλαδή υγρή ή αέρια γόμωση, και ανάλογα με το είδος του ψυκτικού, δηλαδή ομοειδής ή ετεροειδής γόμωση. Συνεπώς, οι τέσσερις δυνατότητες που υπάρχουν για τη γόμωση ενός βολβού θερμοστατικής βαλβίδας είναι: <sup>(85)</sup>

- Ομοειδής γόμωση υγρού.
- Ετεροειδής γόμωση υγρού.
- Ομοειδής γόμωση αερίου.
- Ετεροειδής γόμωση αερίου.

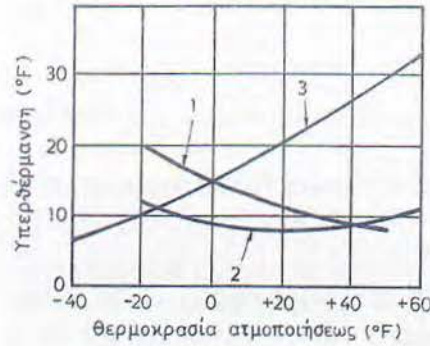
Κάθε μια από τις παραπάνω δυνατότητες έχει ορισμένα πλεονεκτήματα αλλά και περιορισμούς, οι οποίοι την καθιστούν κατάλληλη για συγκεκριμένες εφαρμογές. Στο σχήμα:



**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 325. Σχήμα 4.6α. Μεταβολή της πίεσεως του ψυκτικού μέσου R -12 με την θερμοκρασία.**

φαίνονται οι μεταβολές της πίεσεως του ψυκτικού μέσου R12 με την θερμοκρασία για σταθερό όγκο. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες για διάφορους τύπους γομώσεων φαίνονται στο σχήμα:

<sup>85</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>. Διατάξεις στραγγαλισμού. 4.6. Γόμωση αισθητηρίων βολβών των θερμοστατικών βαλβίδων.



**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 326. Σχήμα 4.6β. Χαρακτηριστικές καμπύλες υπερθέρμανσης για διάφορες γομώσεις.**

Από αυτές διακρίνεται η συμπεριφορά των θερμοστατικών βαλβίδων, με τις διάφορες γομώσεις: <sup>(86)</sup>

- Η χαρακτηριστική της μορφής (1), που προκύπτει από ομοειδή γόμωση υγρού, αυξάνει την τιμή της υπερθέρμανσης καθώς η θερμοκρασία ατμοποίησης μειώνεται. Αυτό το φαινόμενο περιορίζει τη χρήση αυτής της γομώσεως σε εφαρμογές με σχετικά υψηλές θερμοκρασίες ατμοποίησης.
- Η χαρακτηριστική της μορφής (2), που αφορά την ετεροειδή γόμωση υγρού, δίνει σταθερή σταθερότερη τιμή υπερθέρμανσης καθώς μεταβάλλεται η θερμοκρασία ατμοποίησης. Για το παράδειγμα της γομώσεως της καμπύλης (2), η υπερθέρμανση μένει πρακτικά αμετάβλητη στο πεδίο των θερμοκρασιών 0°F μέχρι 40°F (−17,8°C μέχρι 4,4°C). Γομώσεις του είδους αυτού χρησιμοποιούνται για ψύξη σε συνηθισμένες θερμοκρασίες.
- Η χαρακτηριστική καμπύλη (3) που περιγράφει πάλι τη συμπεριφορά μιας ετεροειδούς γομώσεως υγρού, όπως και η αντίστοιχη καμπύλη (2) αλλά με μεγαλύτερη θετική κλίση τώρα, είναι κατάλληλη για ψυκτικές εγκαταστάσεις χαμηλών θερμοκρασιών. Όταν η ατμοποίηση γίνεται σε μεγάλη θερμοκρασία, δηλαδή όταν η εγκατάσταση είναι ακόμα σχετικά ζεστή, τότε η υπερθέρμανση μειώνεται και η θερμοστατική βαλβίδα ελαττώνει τη ροή του ψυκτικού μέσου προς το στοιχείο ατμοποίησης. Με τον τρόπο αυτό δεν υπερφορτίζεται ο συμπιεστής της εγκαταστάσεως.

### **5.6.3.5. Μέγεθος θερμοστατικών βαλβίδων εκτονώσεως**

Οι θερμοστατικές βαλβίδες εκτονώσεως εξυπηρετούν τις συνηθισμένες εφαρμογές των ψυκτικών διατάξεων οι οποίες κατατάσσονται συνήθως ως εξής: <sup>(87)</sup>

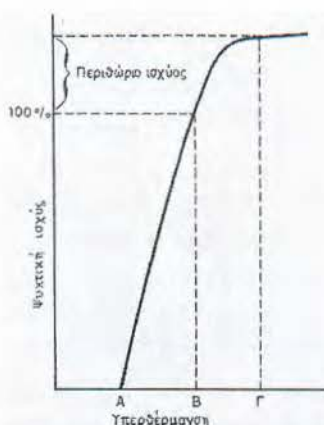
<sup>86</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>. Διατάξεις στραγγαλισμού. 4.6. Γόμωση αισθητηρίων βολβών των θερμοστατικών βαλβίδων.

<sup>87</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>. Διατάξεις στραγγαλισμού. 4.7. Μέγεθος θερμοστατικών βαλβίδων εκτονώσεως.



- Θερμοστατικές εγκαταστάσεων κλιματισμού για  $+10^{\circ}\text{C}$  ως  $-1^{\circ}\text{C}$ .
- Θερμοστατικές επαγγελματικών ψυγείων για  $+2^{\circ}\text{C}$  ως  $-18^{\circ}\text{C}$ .
- Θερμοστατικές εγκαταστάσεων κατεψυγμένων για  $-18^{\circ}\text{C}$  ως  $-40^{\circ}\text{C}$ .
- Θερμοστατικές εγκαταστάσεων χαμηλών θερμοκρασιών για  $-40^{\circ}\text{C}$  και κάτω.

Για κάθε μια περιοχή από αυτές η θερμοστατική βαλβίδα πρέπει να εξασφαλίζει σταθερή τιμή υπερθερμάνσεως με διακύμανση όχι μεγαλύτερη από  $1,5^{\circ}\text{C}$  περίπου. Ανάλογα με την εγκατάσταση που εξυπηρετούν, οι θερμοστατικές βαλβίδες έχουν και το κατάλληλο μέγεθος. Το μέγεθός τους χαρακτηρίζεται από την ψυκτική ισχύ που εξασφαλίζουν και η οποία είναι συνάρτηση της υπερθερμάνσεως του ατμού στην έξοδο του στοιχείου ατμοποίησης. Η μεταβολή της ψυκτικής ισχύος της θερμοστατικής βαλβίδας εκτονώσεως με την υπερθέρμανση φαίνεται στο σχήμα:



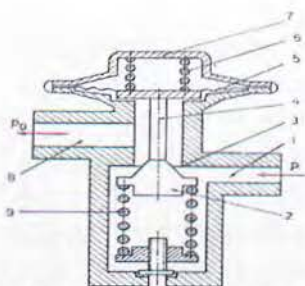
**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 327. Σχήμα 4.7α. Τυπική μεταβολή της ψυκτικής ισχύος θερμοστατικής βαλβίδας εκτόνωσης με την υπερθέρμανση.**

Η ονομαστική ψυκτική ισχύς της θερμοστατικής βαλβίδας δίνεται από τους κατασκευαστές για διάφορες θερμοκρασίες ατμοποίησης και πτώσεως πίεσεως στα άκρα της βαλβίδας. Πρέπει να τονισθεί ότι η διαφορά πίεσεως ανάμεσα στην έξοδο και είσοδο του συμπιεστή δεν είναι η διαφορά πίεσεως στα άκρα της θερμοστατικής βαλβίδας. Αυτό συμβαίνει γιατί υπάρχουν και όλες οι άλλες απώλειες κατά τη ροή του ψυκτικού μέσου από την έξοδο του συμπιεστή μέχρι την είσοδο της βαλβίδας εκτονώσεως και από την έξοδο της βαλβίδας εκτονώσεως μέχρι την είσοδο του συμπιεστή.

#### **5.6.3.6. Πιεζοστατική βαλβίδα εκτονώσεως**

Οι πιεζοστατικές βαλβίδες εκτονώσεως λειτουργούν έτσι, ώστε να διατηρούν σταθερή πίεση ατμοποίησης μέσα στο στοιχείο ατμοποίησης. Χρησιμοποιούνται σε ψυκτικές εγκαταστάσεις που έχουν σταθερό ψυκτικό φορτίο και δεν εξασφαλίζουν, όπως οι θερμοστατικές βαλβίδες εκτονώσεως, τη χρήση ολόκληρου του στοιχείου ατμοποίησης, ένα τμήμα του οποίου μπορεί να μένει στεγνό. Η αρχή λειτουργίας της πιεζοστατικής βαλβίδας φαίνεται στο σχήμα:





Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 328. Σχήμα 4.8α. Σχηματική αρχή λειτουργίας πιεζοστατικής βαλβίδας εκτονώσεως.

1. Είσοδος.
2. Βαλβίδα.
3. Έδρα (ακροφύσιο).
4. Στέλεχος βαλβίδας.
5. Μembrάνη.
6. Ελατήριο προεντάσεως.
7. Χώρος-θάλαμος membrάνης.
8. Έξοδος ψυκτικού μέσου.
9. Ρυθμιστικό ελατήριο.
10. Στέλεχος ρυθμίσεως ελατηρίου.

Στις βαλβίδες αυτές η πίεση στη μεμβράνη ασκείται από ένα ελατήριο, που βρίσκεται στο χώρο πίσω από τη μεμβράνη. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο θάλαμο πίσω από τη μεμβράνη, γιατί εκεί υπάρχει αέριο, στεγανά κλεισμένο, που αλλάζει όμως πίεση καθώς η μεμβράνη ανεβοκατεβαίνει και συνεπώς αλλάζει τη ρύθμιση της προεντάσεως του ελατηρίου. Σε άλλου είδους κατασκευές, στις οποίες ο χώρος θάλαμος συγκοινωνεί με την ατμόσφαιρα, αυτό το μειονέκτημα αποφεύγεται αλλά εμφανίζεται άλλο, δηλαδή η ανάγκη να ρυθμίζεται η βαλβίδα με τη μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσεως.

Οι πιεζοστατικές εκτονωτικές βαλβίδες χρησιμοποιούνται μόνο για ειδικές εφαρμογές αλλά και εκεί ακόμη μπορούν να αντικατασταθούν από θερμοστατικές εκτονωτικές με γόμωση αερίου που δεν συμπυκνώνεται. Έχουν επί πλέον το πλεονέκτημα της εύκολης προσαρμογής στις διάφορες πιέσεις ατμοποίησης του ψυκτικού μέσου με απλή αλλαγή της πίεσεως του αδρανούς αερίου της γομώσεως.

Εκτός όμως από την κύρια αποστολή των πιεζοστατικών βαλβίδων, η οποία είναι ο στραγγαλισμός και η ρύθμιση παροχής του ψυκτικού μέσου, υπάρχουν και άλλες εφαρμογές, για τις οποίες οι πιεζοστατικές βαλβίδες είναι κατάλληλες. Μια συνηθισμένη εφαρμογή τους είναι η ρύθμιση της πίεσεως στην έξοδο του στοιχείου ατμοποίησης ή στην αναρρόφηση του συμπιεστή. Σε πολλές εγκαταστάσεις η έξοδος του στοιχείου ατμοποίησης και η αναρρόφηση του συμπιεστή απέχουν πολύ μεταξύ τους λόγω της εκτάσεως της εγκαταστάσεως, σε άλλες περιπτώσεις υπάρχουν πολλά παράλληλα στοιχεία ατμοποίησης που εκβάλλουν στην κοινή αναρρόφηση του συμπιεστή. Σε τέτοιες περιπτώσεις απαιτείται έλεγχος και ρύθμιση της πίεσεως του ατμού του ψυκτικού μέσου στην έξοδο κάθε στοιχείου ατμοποίησης καθώς επίσης και έλεγχος της πίεσεως στην αναρρόφηση του συμπιεστή. Τα μεν στοιχεία ατμοποίησης δεν επιτρέπεται να λειτουργούν σε πιέσεις χαμηλότερες από ένα κάτω όριο, ο δε συμπιεστής δεν επιτρέπεται να αναρροφά ατμό με πίεση πάνω από κάποιο όριο ασφάλειας. Στις ειδικές αυτές εφαρμογές, οι πιεζοστατικές βαλβίδες δεν στραγγαλίζουν το υγρό ψυκτικό μέσο για παραγωγή ψυκτικής ισχύος, αλλά προστατεύουν την εγκατάσταση ή ελέγχουν τη λειτουργία της.



Όταν η εγκατάσταση σταματήσει να λειτουργεί, αποφράζουν τελείως το συμπυκνωτή από το στοιχείο ατμοποίησης και έτσι διατηρείται η διαφορά πίεσεως ανάμεσα στα δύο μέρη της εγκαταστάσεως. Κατά τη νέα εκκίνηση του κινητήρα και του συμπιεστή, λόγω της διαφοράς αυτής της πίεσεως, απαιτείται μεγάλη ροπή εκκινήσεως και κινητήρας ειδικού τύπου. Αν όμως η ψυκτική εγκατάσταση δεν διαθέτει αντίστοιχο κινητήρα, τότε πρέπει κατά τη διάρκεια που παύει να λειτουργεί να εξισώνεται η πίεση συμπυκνωτή - στοιχείου ατμοποίησης, ώστε η εκκίνηση να γίνεται χωρίς διαφορά πίεσεως. Για σκοπό αυτό στις πιεζοστατικές βαλβίδες υπάρχει συνήθως μια μικρή εγκοπή στο χείλος της έδρας της βαλβίδας, από την οποία ξεθυμαίνει η πίεση και γίνεται παντού η ίδια.

### **5.6.3.7. Θερμοηλεκτρική εκτονωτική βαλβίδα**

Η αρχή λειτουργίας των θερμοηλεκτρικών βαλβίδων εκτονώσεως είναι πρακτικά η ίδια με την αντίστοιχη αρχή των θερμοστατικών βαλβίδων εκτονώσεως. Στις θερμοηλεκτρικές βαλβίδες όμως η μέτρηση της θερμοκρασίας του υπέρθερμου ατμού γίνεται με ηλεκτρικό τρόπο και η εντολή για το άνοιγμα ή κλείσιμο της βαλβίδας δίνεται με ηλεκτρικό σήμα.

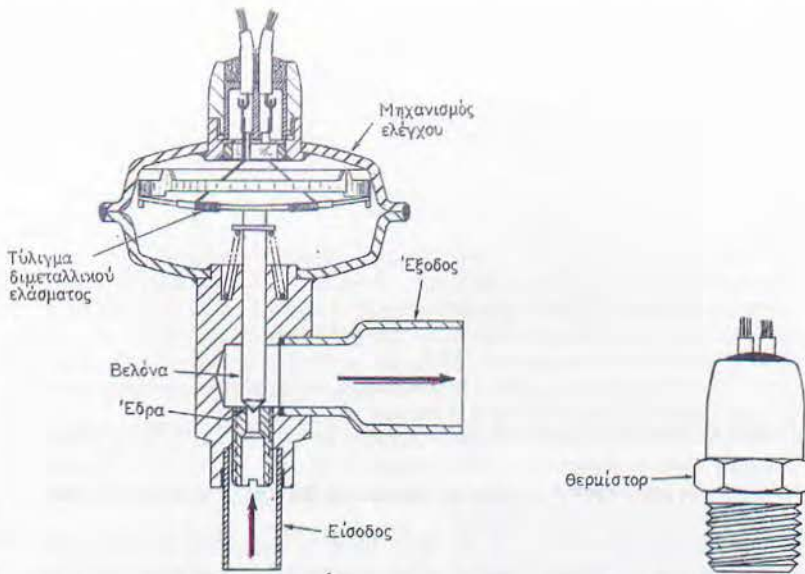
Η θερμοηλεκτρική βαλβίδα εκτονώσεως αποτελείται από τρία κύρια μέρη από τις καλωδιώσεις που τα συνδέουν μεταξύ τους. Τα μέρη αυτά είναι τα εξής: <sup>(88)</sup>

- Αισθητήριο θερμοκρασίας (θερμίστορ).
- Διμεταλλική ηλεκτρική βαλβίδα εκτονώσεως.
- Μετασχηματιστής τροφοδοτήσεως.

### **5.6.3.8. Εκτονωτική βαλβίδα πλωτήρα υψηλής πίεσης**

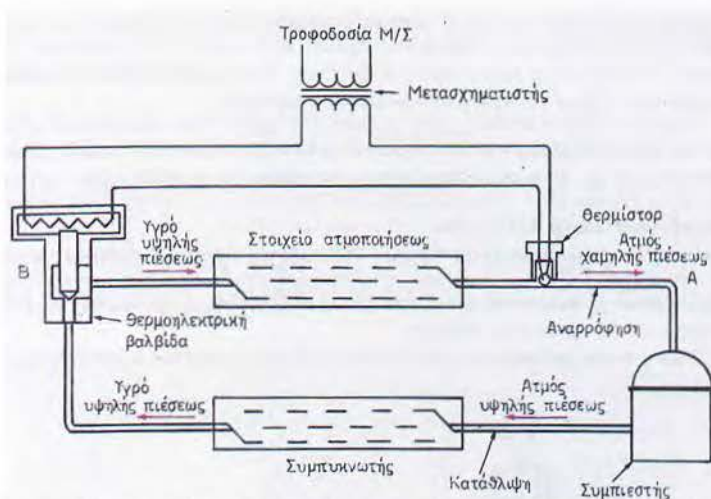
Το αισθητήριο της θερμοκρασίας είναι ένα θερμίστορ, δηλαδή ένας ημιαγωγός με ηλεκτρική αντίσταση που έχει αρνητικό συντελεστή θερμοκρασίας. Στα συνηθισμένα υλικά η ηλεκτρική αντίσταση μεγαλώνει, όταν αυξάνει η θερμοκρασία του υλικού. Στο θερμίστορ όμως γίνεται το αντίθετο, δηλαδή όταν αυξάνει η θερμοκρασία του, τότε η αντίστασή του μικραίνει σημαντικά. Η θερμοηλεκτρική βαλβίδα, όπως φαίνεται στο σχήμα:

<sup>88</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Κεφάλαιο 4°. Διατάξεις στραγγαλισμού. 4.9. Θερμοηλεκτρική εκτονωτική βαλβίδα.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 333. Σχήμα 4.9α. Θερμοηλεκτρική βαλβίδα εκτονώσεως με θερμίστορ.

έχει στο επάνω μέρος ένα διμεταλλικό έλασμα, που φέρει ένα τύλιγμα ηλεκτρικό που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, τόσο πιο ζεστό διατηρείται το διμεταλλικό έλασμα και ανοίγει τη βαλβίδα, ώστε να περνάει περισσότερο ψυκτικό μέσο. Η ηλεκτρική συνδεσμολογία της θερμοηλεκτρικής εκτονωτικής βαλβίδας φαίνεται στο σχήμα:



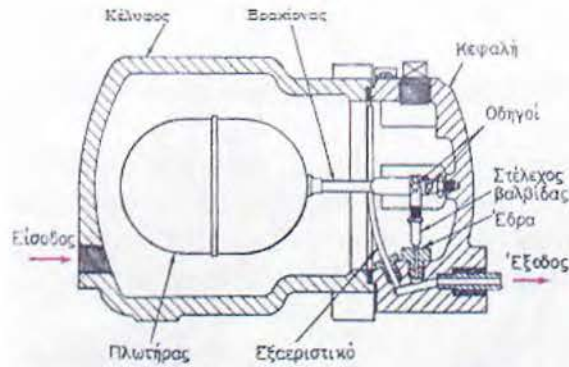
Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 334. Σχήμα 4.9β. Ηλεκτρική συνδεσμολογία θερμοηλεκτρικής βαλβίδας εκτονώσεως.

### 5.6.3.9. Εκτονωτική βαλβίδα πλωτήρα χαμηλής πίεσης

Με τις εκτονωτικές βαλβίδες πλωτήρα υψηλής πίεσεως ελέγχεται και διατηρείται σε σταθερό ύψος η στάθμη του υγρού ψυκτικού μέσου μέσα στο συμπυκνωτή της εγκαταστάσεως. Έτσι εξασφαλίζεται η παροχή του ψυκτικού μέσου από το συμπυκνωτή στο στοιχείο ατμοποίησης να είναι ίση προς την παροχή του συμπιεστή.

Μια τυπική κατασκευή του είδους αυτού εκτονωτικής βαλβίδας φαίνεται στο σχήμα:





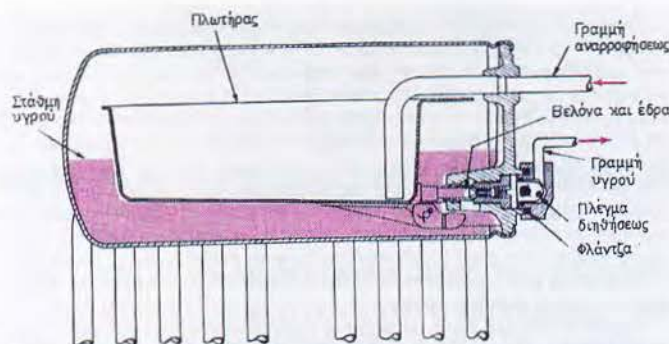
Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 336. Σχήμα 4.10. Εκτονωτική βαλβίδα πλωτήρα υψηλής πίεσης.

Όταν η στάθμη στο συμπυκνωτή ανέβει, τότε ο πλωτήρας ανυψώνεται και ανοίγει τη βαλβίδα, οπότε το ψυκτικό μέσο κατευθύνεται στο στοιχείο ατμοποίησης. Με τη βαλβίδα του τύπου αυτού πρακτικά ολόκληρη η ποσότητα του ψυκτικού μέσου βρίσκεται στο στοιχείο ατμοποίησης, που είναι υπερχειλισμένο.

Η βαλβίδα και η έδρα της βρίσκονται στο κάτω μέρος του κελύφους για να είναι πάντοτε κάτω από τη στάθμη του υγρού και να μη μπορεί να περάσει θερμός ατμός ψυκτικού μέσου από το συμπυκνωτή προς το στοιχείο ατμοποίησης. Με τη διάταξη εξάλλου αυτή αποφεύγεται και η ροή αδρανών αερίων, που παράγονται, από το συμπυκνωτή προς το στοιχείο ατμοποίησης.

Οι εκτονωτικές βαλβίδες πλωτήρα υψηλής πίεσης δεν ελέγχουν τη στάθμη του ψυκτικού μέσου στο στοιχείο ατμοποίησης. Η μόνη δυνατότητα που υπάρχει είναι να διατηρείται σταθερή η ποσότητα του ψυκτικού μέσου που υπάρχει στο κύκλωμα. Έτσι η σταθερή στάθμη στο συμπυκνωτή εξασφαλίζει και τη σωστή στάθμη υγρού ψυκτικού μέσου στο στοιχείο ατμοποίησης.

Ένας πλωτήρας με κατάλληλο σχήμα ελέγχει τη στάθμη του υγρού ψυκτικού στο στοιχείο ατμοποίησης και ανοιγοκλείνει τη βαλβίδα προσαγωγής ψυκτικού μέσου. Η μορφή της εκτονωτικής βαλβίδας αυτής, όπως επίσης και οι αντίστοιχες θερμοστατικές βαλβίδες, επιτρέπει τη χρήση πολλών παραλλήλων στοιχείων ατμοποίησης, που τροφοδοτούνται από την ίδια θέση, δηλαδή από το θαλάμου πλωτήρα. Σχηματική περιγραφή βαλβίδας με πλωτήρα χαμηλής πίεσης φαίνεται στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 337. Σχήμα 4.11α. Εκτονωτική βαλβίδα πλωτήρα χαμηλής πίεσης.

## 5.6.4. Διατάξεις ελέγχου ρυθμίσεως προστασίας

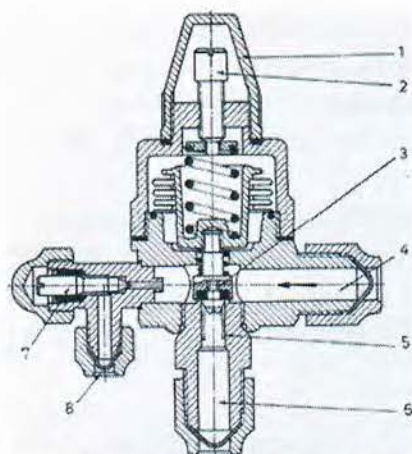
### 5.6.4.1. Ρυθμιστικές βαλβίδες κυκλώματος ψυκτικού μέσου

Οι περισσότερες από τις διατάξεις ελέγχου ρυθμίσεως και προστασίας συγκροτούν ένα σύστημα αυτοματισμού. Άλλες πάλι λειτουργούν μετά από έλεγχο και επέμβαση του τεχνικού που επιβλέπει την εγκατάσταση. Στις ψυκτικές εγκαταστάσεις συναντούμε κυρίως τριών ειδών αυτοματισμού, οι οποίοι εξυπηρετούν αντίστοιχους σκοπούς: <sup>(89)</sup>

- Αυτοματισμούς ρυθμίσεως λειτουργίας.
- Αυτοματισμούς επιτηρήσεως (ελέγχου) λειτουργίας.
- Αυτοματισμούς ασφάλειας (προστασίας) λειτουργίας.

#### 5.6.4.1.1. Ρυθμιστικές βαλβίδες ελάχιστης πίεσεως στοιχείου ατμοποίησης

Η ρυθμιστική αυτή βαλβίδα τοποθετείται στην έξοδο του στοιχείου ατμοποίησης. Σκοπός της να ελέγχει την ελάχιστη τιμή της πίεσεως στο στοιχείο ατμοποίησης και να τη ρυθμίζει κατάλληλα. Όταν δηλαδή η πίεση ατμοποίησης και η θερμοκρασία ατμοποίησης, πέσουν κάτω από την επιθυμητή τιμή, τότε η ρυθμιστική βαλβίδα παίρνει εντολή και κλείνει, ώστε να αφήσει να περάσει ψυκτικό μέσο. Έτσι η πίεση ατμοποίησης συντηρείται πάνω από την οριακή τιμή. Μια βαλβίδα του τύπου αυτού φαίνεται στο σχήμα:

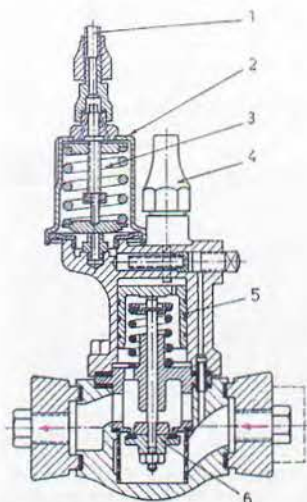


Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 345. Σχήμα 5.2α. Ρυθμιστική βαλβίδα ελάχιστης πίεσεως στοιχείου ατμοποίησης.

Σε ορισμένες κατασκευές η κύρια βαλβίδα ρυθμίσεως της ελάχιστης πίεσεως ενεργοποιείται κατ' ευθείαν από κάποιο πνευματικό κύκλωμα, που στέλνει πεπιεσμένο αέρα και ελέγχει τη λειτουργία της. Μια βαλβίδα του τύπου αυτού φαίνεται στο σχήμα:

<sup>89</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. 5.2. Ρυθμιστικές βαλβίδες κυκλώματος ψυκτικού μέσου.





Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 348. Σχήμα 5.2στ. Ρυθμιστική βαλβίδα ελάχιστης πίεσης με πνευματική τηλεκίνηση.

1. Σύνδεση πεπιεσμένου αέρα.
2. Βαλβίδα – πιλότος.
3. Ρυθμιστικό στέλεχος.
4. Στέλεχος χειροκίνητης λειτουργίας.
5. Εμβολο.
6. Έδρα και βαλβίδα.

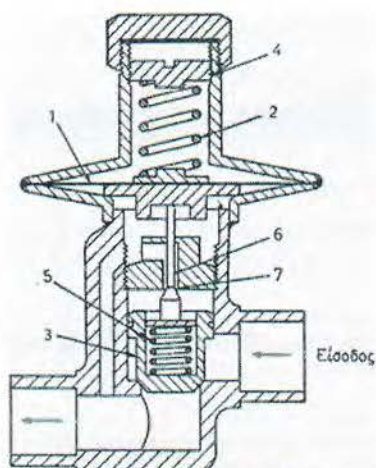
#### 5.6.4.1.2. Ρυθμιστικές βαλβίδες πίεσης εκκινήσεως (αναρροφήσεως)

Οι βαλβίδες αυτές ρυθμίζουν την πίεση στην αναρρόφηση του συμπιεστή και πολλές φορές αναφέρονται με το όνομα ρυθμιστικές πίεσης αναρροφήσεως σκοπό έχουν να διατηρούν την πίεση του ατμού του ψυκτικού μέσου, στην αναρρόφηση του συμπιεστή, σε τιμές χαμηλότερες από ένα προκαθορισμένο όριο. Ο λόγος για τον οποίο απαιτείται η ύπαρξη του ορίου αυτού, μπορεί να είναι ένας από τους εξής: <sup>(90)</sup>

- Αποφυγή υπερβολικού φορτίου κατά την εκκίνηση.
- Αποφυγή υπερβολικής πίεσης μετά από αποπάγωση.
- Αποφυγή παρατεταμένης λειτουργίας με υψηλή πίεση αναρροφήσεως.
- Αποφυγή λειτουργίας με υψηλή πίεση αναρροφήσεως και χαμηλή τάση δικτύου.

Υπάρχουν και εδώ βαλβίδες διαφόρων τύπων κατάλληλες για τις διάφορες εφαρμογές. Σαν παράδειγμα, αναφέρεται η κατασκευή του σχήματος, με εσωτερική εξίσωση πίεσης και εμβολοβαλβίδα:

<sup>90</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. 5.2. Ρυθμιστικές βαλβίδες κυκλώματος ψυκτικού μέσου. 5.2.2. Ρυθμιστικές βαλβίδες αναρροφήσεως.

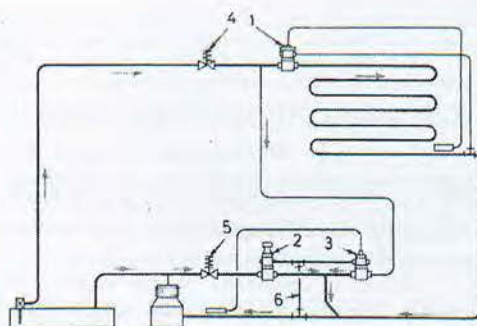


Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 350. Σχήμα 5.2η. Βαλβίδα ρυθμίσεως πίεσεως εκκινήσεως με εσωτερική εξίσωση πίεσεως και εμβολοβαλβίδα.

1. Μembrάνη.
2. Ελατήριο αντισταθμίσεως.
3. Έμβολο.
4. Ρυθμιστικός κοχλίας.
5. Βοηθητικό ελατήριο.
6. Στέλεχος βαλβίδας-πυλότητος.
7. Βαλβίδα-πυλότητος.

### 5.6.4.1.3. Ρυθμιστικές βαλβίδες ψυκτικής ισχύος (παράκαμψης)

Όταν ένας συμπιεστής ψυκτικού μέσου εξυπηρετεί περισσότερους χώρους που εμφανίζονται ψυκτικά φορτία, που μεταβάλλονται με το χρόνο υπάρχει κάποια δυνατότητα ρυθμίσεως της ψυκτικής ισχύος. Για απλές περιπτώσεις, στις οποίες ο συμπιεστής λειτουργεί με σταθερό αριθμό στροφών και δεν έχει άλλη δυνατότητα ρυθμίσεως της παροχής του ψυκτικού μέσου, χρησιμοποιείται η μέθοδος της τεχνητής φορτίσεως του συμπιεστή με παράκαμψη θερμού ατμού υψηλής πίεσεως ή επί πλέον και με παράκαμψη του υγρού ψυκτικού μέσου. Για την πραγματοποίηση των λειτουργιών αυτών απαιτούνται οι κατάλληλες βαλβίδες ατμού ή υγρού ψυκτικού μέσου. Στο σχήμα:



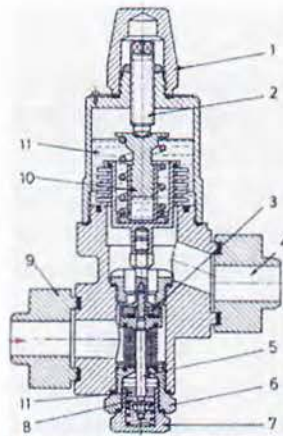
Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 351. Σχήμα 5.2ι. Διάγραμμα ψυκτικής εγκαταστάσεως με ρύθμιση ψυκτικής ισχύος μέσω παράκαμψης θερμού ατμού και επανεγχύσεως ψυκτικού μέσου.

φαίνεται ένας τρόπος πραγματοποίησεως της κατάλληλης συνδεσμολογίας για τη ρύθμιση της ψυκτικής ισχύος με παράκαμψη θερμού ατμού. Ο θερμός ατμός που δεν



συμπυκνώνεται περνάει από την ηλεκτρομαγνητική αποφρακτική βαλβίδα (σημείο 5) προς τη ρυθμιστική βαλβίδα παρακάμψεως (σημείο 2) όπου στραγγαλίζεται η πίεσή του. Στη συνέχεια αναμιγνύεται με το ψυκτικό μέσο που από τη θερμοστατική βαλβίδα επανεγχύσεως (σημείο 3) και ψύχεται. Έτσι στην αναρρόφηση του συμπιεστή, ο ατμός έχει χαμηλή θερμοκρασία και δεν προκαλεί την θέρμανση του συμπιεστή. Η θερμοκρασία του ατμού στην αναρρόφηση του συμπιεστή ελέγχεται και ρυθμίζεται από τη θερμοστατική βαλβίδα επανεγχύσεως η οποία έχει τον αισθητήριο βολβό της στην αναρρόφηση του συμπιεστή.

Μια ρυθμιστική βαλβίδα παρακάμψεως θερμού ατμού φαίνεται στο σχήμα:



**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 352. Σχήμα 5.2ια. Βαλβίδα ρυθμίσεως ψυκτικής ισχύος με παράκαμψη θερμού ατμού.**

1. Βαλβίδα ρυθμίσεως ψυκτικής ισχύος με παράκαμψη θερμού ατμού.
2. Προστατευτικό κάλυμμα.
3. Ρυθμιστικό στέλεχος.
4. Βαλβίδα-έδρα.
5. Έξοδος ατμού.
6. Στέλεχος ρυθμίσεως αποσβέσεως ταλαντώσεων.
7. Περικόχλιο συναρμολογήσεως διατάξεως αποσβέσεων
8. Περικόχλιο-πώμα.
9. Έμβολο αποσβέσεως ταλαντώσεων.
10. Είσοδος ατμού ψυκτικό.
11. Έμβολο για απόσβεση ταλαντώσεων, εμβαπτισμένο σε λάδι.
12. Γόμωση λαδιού

#### **5.6.4.1.4. Τετραοδικές βαλβίδες μεταγωγής ψυκτικού μέσου**

Όταν η ψυκτική εγκατάσταση λειτουργεί κανονικά, τότε θερμότητα προσδίδετε στο στοιχείο ατμοποίησης και αντίστοιχα απορρίπτεται θερμότητα από το συμπυκνωτή. Στην περίπτωση αυτή, η εγκατάσταση λειτουργεί με αντικειμενικό σκοπό να προσδοθεί θερμότητα από τον ψυκτικό θάλαμο προς το στοιχείο ατμοποίησης, δηλαδή την παραγωγή ψυκτικής ισχύος. Στο είδος αυτό λειτουργίας η θερμότητα που απορρίπτεται από το συμπυκνωτή παραμένει αχρησιμοποίητη. Όταν πραγματοποιηθεί μεταγωγή στην εγκατάσταση, αντιστρέφονται οι ρόλοι του συμπυκνωτή και του στοιχείου ατμοποίησης. Τώρα το στοιχείο ατμοποίησης δεν τροφοδοτείται με κρύο υγρό ψυκτικό μέσο, αλλά με τον υπέρθερμο ατμό και λειτουργεί πλέον ως συμπυκνωτής.



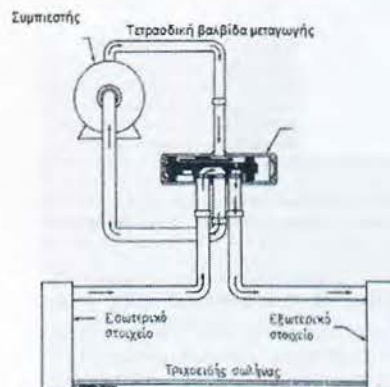
Αντίστοιχα ο συμπυκνωτής δεν τροφοδοτείται πλέον με υπέρθερμο ατμό, όπως πριν, αλλά με υγρό ψυκτικό μέσο και λειτουργεί ως στοιχείο ατμοποίησης. Με τη μεταγωγή λοιπόν η επιφάνεια που πριν ήταν κρύα (στοιχείο ατμοποίησης) τώρα είναι ζεστή, και αντίστροφα η επιφάνεια που ήταν ζεστή (συμπυκνωτής) τώρα είναι κρύα. Η μεταγωγή της λειτουργίας της ψυκτικής εγκαταστάσεως επιδιώκεται για δυο κυρίως λόγους: <sup>(91)</sup>

- Είναι δυνατή η λειτουργία της ίδιας εγκαταστάσεως τόσο ως ψυκτικής, όσο και ως θερμαντικής συσκευής, δηλαδή ως αντλίας θερμότητας.
- Είναι δυνατή η τροφοδότηση του στοιχείου ατμοποίησης με θερμό ατμό ψυκτικού μέσου, ώστε να γίνεται ταχεία αποπάγωση των εξωτερικών επιφανειών του.

Ανεξάρτητα από το σκοπό που εξυπηρετεί η μεταγωγή του ψυκτικού μέσου, οι απαιτούμενες βαλβίδες και διατάξεις είναι οι ίδιες. Επειδή όμως, με τη μεταγωγή οι λειτουργίες του συμπυκνωτή και του στοιχείου ατμοποίησης αντιστρέφονται, είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθούν, στην ανάπτυξη που ακολουθεί, οι όροι συμπυκνωτής και στοιχείο ατμοποίησης. Μια και η μεταγωγή γίνεται κυρίως για την εξυπηρέτηση αντλιών θερμότητας, θα χρησιμοποιήσουμε τους όρους: <sup>(93)</sup>

- Εξωτερικό στοιχείο ψυκτικού μέσου.
- Εσωτερικό στοιχείο ψυκτικού μέσου.

Οι όροι αυτοί δείχνουν πού είναι εγκαταστημένο το αντίστοιχο στοιχείο. Μέσο στο δωμάτιο ή το γραφείο είναι πάντοτε εγκαταστημένο το εσωτερικό στοιχείο, το οποίο το μεν καλοκαίρι λειτουργεί ως στοιχείο ατμοποίησης και ψύχει το χώρο το δε χειμώνα λειτουργεί ως συμπυκνωτής και θερμαίνει το χώρο. Αντίθετα έξω από το δωμάτιο ή γραφείο, στο ύπαιθρο, είναι τοποθετημένο το εξωτερικό στοιχείο. Το εξωτερικό αυτό στοιχείο το καλοκαίρι είναι ζεστό, γιατί λειτουργεί σαν συμπυκνωτής και αποβάλλει θερμότητα, ενώ το χειμώνα είναι κρύο, γιατί λειτουργεί ως στοιχείο ατμοποίησης και αφαιρεί (παίρνει) θερμότητα από το περιβάλλει και την δίνει στο χώρο που θερμαίνεται. Στο σχήμα:

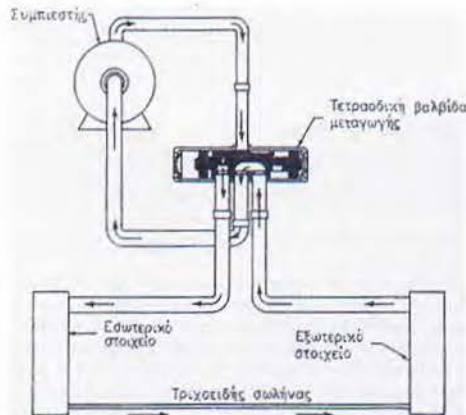


**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 354. Σχήμα 5.2ια. Βασικό κύκλωμα αντλίας θερμότητας με τη βαλβίδα μεταγωγής σε θέση ψύξεως.**

<sup>91</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. 5.2. Ρυθμιστικές βαλβίδες κυκλώματος ψυκτικού μέσου. 5.2.3. Ρυθμιστικές βαλβίδες παράκαμψης.

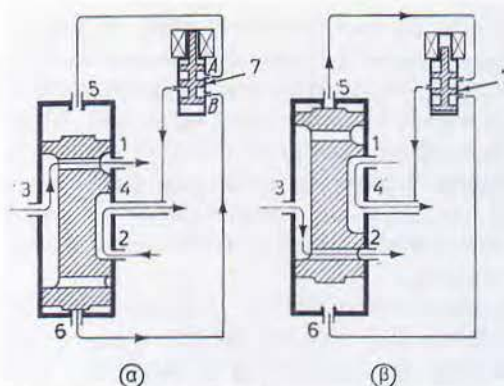


φαίνεται το βασικό κύκλωμα μιας αντλίας θερμότητας με τη βαλβίδα μεταγωγής σε τέτοια θέση, ώστε η εγκατάσταση να λειτουργεί ως ψυκτική μονάδα. Μέσα στην τετραοδική μεταγωγική βαλβίδα υπάρχει ένας σύρτης με δυο θέσεις. Στο παραπάνω σχήμα είναι στην αριστερή θέση και συνδέει την αναρρόφηση του συμπιεστή με την έξοδο του εσωτερικού στοιχείου, το οποίο έτσι λειτουργεί ως στοιχείο ατμοποίησης, ενώ το εξωτερικό στοιχείο αναλαμβάνει τη συμπύκνωση. Έτσι η αντλία θερμότητας λειτουργεί ως ψυκτική μονάδα κατά τη θερινή περίοδο. Στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 355. Σχήμα 5.2ιβ. Βασικό κύκλωμα αντλίας θερμότητας με τη βαλβίδα μεταγωγής σε θέση θέρμανσης.

ο σύρτης της μεταγωγικής έχει αλλάξει θέση προς τα δεξιά του σχήματος. Στη θέση αυτή η αναρρόφηση του συμπιεστή συνδέεται στην έξοδο του εξωτερικού στοιχείου το οποίο τώρα λειτουργεί ως στοιχείο ατμοποίησης. Το εξωτερικό στοιχείο λειτουργεί ως στοιχείο συμπύκνωσης και θερμαίνει τον εσωτερικό χώρο. Έτσι η αντλία θερμότητας λειτουργεί ως θερμαντική συσκευή κατά την χειμερινή περίοδο.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 356. Σχήμα 5.2ιδ. Σχηματική παράσταση τετραοδικής βαλβίδας μεταγωγής με ηλεκτρικό έλεγχο.

- α) Θέση συρτοβαλβίδας για ψύξη εσωτερικού χώρου
- β) Θέση συρτοβαλβίδας για θέρμανση εσωτερικού χώρου
1. Σύνδεση εξωτερικού στοιχείου.
2. Σύνδεση εσωτερικού στοιχείου.
3. Είσοδος υπέρθερμου ατμού υψηλής πίεσης.
4. Αναρρόφηση κρύου ατμού χαμηλής πίεσης.
5. Σύνδεση με βαλβίδα - πιλότο.
6. Βαλβίδα - πιλότος.

Στο παραπάνω σχήμα παριστάνεται η αρχή λειτουργίας καθώς και ο τρόπος επενέργειας της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας - πιλότου που κατευθύνει τη συρτοβαλβίδα.

Η λειτουργία της τετραοδικής μεταγωγής μπορεί να γίνει και με άλλες πιο σύνθετες διατάξεις με απλούστερες όμως βαλβίδες. Για παράδειγμα, η τετραοδική μπορεί να αντικατασταθεί με έξι απλές αποφρακτικές βαλβίδες, ή με δυο τριοδικες βαλβίδες. Οι τριοδικές αυτές βαλβίδες έχουν ανά ένα στόμιο συνδεδεμένο συμπιεστή, το συμπυκνωτή και το στοιχείο ατμοποίησης.



### **5.6.4.2. Ρυθμιστικές βαλβίδες νερού συμπυκνωτή**

Οι υδρόψυκτες ψυκτικές εγκαταστάσεις, ως προς τις συνθήκες λειτουργίας, πλεονεκτούν σε σύγκριση με τις αερόψυκτες, γιατί λειτουργούν με χαμηλή πίεση συμπυκνώσεως και συνεπώς απαιτούν και λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια την ίδια ψυκτική ισχύ. Ως προς τη λειτουργία λοιπόν, οι βαλβίδες νερού του συμπυκνωτή μπορεί να διακριθούν σε δυο κύρια είδη, δηλαδή σε: <sup>(92)</sup>

- Ρυθμιστικές βαλβίδες νερού.
- Αποφρακτικές βαλβίδες νερού.

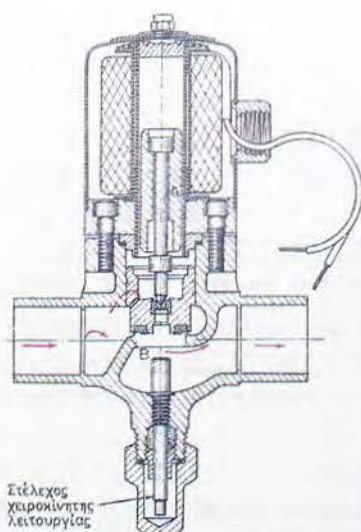
Υπάρχουν βέβαια και κατασκευές που συνδυάζουν και τις δυο λειτουργίες αν οι ρυθμιστικές βαλβίδες νερού πάντοτε μπορεί να διακόψουν τελείως την παροχή. Η ρύθμιση της αναλογίας γίνεται από κάποιο μέγεθος, πίεση ή θερμοκρασία, το οποίο ελέγχει τη θέση της τριοδικής βαλβίδας. Ανάλογα με τον τρόπο ενεργοποίησής τους, οι βαλβίδες νερού του συμπιεστή μπορούν να διακριθούν σε τέσσερις κατηγορίες: <sup>(94)</sup>

- Ηλεκτροκίνητες.
- Πιεζοστατικές.
- Θερμοστατικές.
- Χειροκίνητες.

#### **5.6.4.2.1. Ηλεκτροκίνητες βαλβίδες νερού**

Οι ηλεκτροκίνητες βαλβίδες νερού ενεργοποιούνται με κατάλληλο ηλεκτρικό σήμα. Μπορεί να κατασκευάζονται είτε ως βαλβίδες δυο θέσεων (ανοικτή - κλειστή), όταν λειτουργούν ως αποφρακτικές βαλβίδες, είτε ως βαλβίδες με ενδιάμεσες θέσεις, όταν λειτουργούν ως βαλβίδες ρυθμίσεως της παροχής. Η εντολή στις βαλβίδες αυτές για να αλλάζουν κατάσταση δίνεται από ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, που τροφοδοτεί ή το πηνίο ενός ηλεκτρομαγνήτη ή ένα ειδικό ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος περιστρέφει ανάλογα το στέλεχος της βαλβίδας. Όταν οι βαλβίδες έχουν ηλεκτροκινητήρα, τότε μπορούν να ρυθμίζονται και σε ενδιάμεσες θέσεις. Το πηνίο της ηλεκτροκίνητης βαλβίδας νερού μπορεί να τροφοδοτείται είτε από την ηλεκτρική τάση του δικτύου, είτε για προστασία από ηλεκτροπληξία, να τροφοδοτείται με χαμηλότερη τάση μέσω ενός μετασχηματιστή. Όταν η ψυκτική εγκατάσταση είναι μεγαλύτερη και φυσικά η παροχή νερού αυξημένη, απαιτούνται ηλεκτροκίνητες αποφρακτικές βαλβίδες νερού, που εξασφαλίζουν μεγαλύτερη δύναμη για το άνοιγμα και κλείσιμο της βαλβίδας. Στο σχήμα:

<sup>92</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. 5.3. Ρυθμιστικές βαλβίδες νερού συμπυκνωτή.

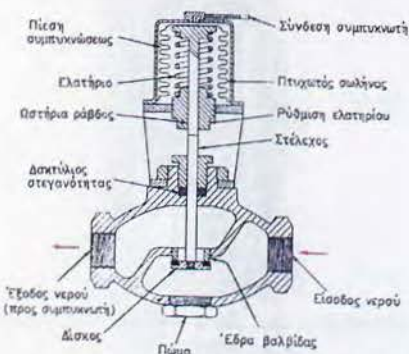


Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 358. Σχήμα 5.3α. Ηλεκτροκίνητη βαλβίδα νερού με βαλβίδα - πιλότο και εμβολοβαλβίδα.

φαίνεται το σχέδιο μιας σχετικά μεγάλης βαλβίδας που λειτουργεί με μια μικρή ηλεκτροκίνητη βαλβίδα - πιλότο και με μια κύρια βαλβίδα. Όταν οι παροχές νερού στο συμπιεστή είναι ακόμα μεγαλύτερες, χρησιμοποιούνται βαλβίδες νερού με ηλεκτροκίνητη. Στις βαλβίδες αυτές το στέλεχος τους, είτε περιστρέφεται είτε παλινδρομεί. Και για τις δυο περιπτώσεις χρειάζεται ένας κατάλληλος ενδιάμεσος μηχανισμός ανάμεσα στον άξονα του ηλεκτροκίνητη και στο στέλεχος της βαλβίδας. Ο μηχανισμός αυτός προσαρμόζει την ταχύτητα και το είδος της κινήσεως, δηλαδή κάποιο είδος μειωτήρα με μηχανισμό ατέρμονου κοχλία ή οδοντωτό κανόνα.

#### 5.6.4.2.2. Πιεζοστατικές βαλβίδες νερού

Οι βαλβίδες αυτές ρυθμίζουν την παροχή του νερού του συμπυκνωτή σύμφωνα με εντολή που παίρνουν από την υψηλή πίεση του ατμού του ψυκτικού μέσου που επικρατεί στο συμπυκνωτή. Η πίεση του ατμού του ψυκτικού μέσου επενεργεί σε ένα πτυχωτό σωλήνα και με το μηχανισμό αυτό μετατοπίζεται το στέλεχος της βαλβίδας και η ίδια η βαλβίδα. Στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 360. Σχήμα 5.3γ. Δίοδος ρυθμιστική βαλβίδας νερού συμπυκνωτή με πιεζοστατικό έλεγχο.

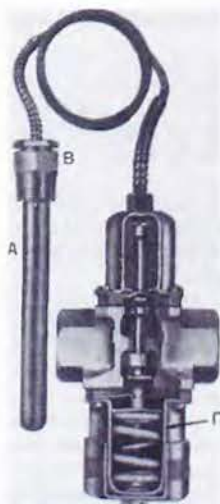


φαίνεται η διαμόρφωση μιας ρυθμιστικής βαλβίδας νερού συμπυκνωτή σε αυτήν επιδρά η πίεση του δικτύου νερού από κατεύθυνση που κλείνει η βαλβίδα, όταν η πίεση συμπυκνώσεως πέφτει. Στο πάνω μέρος της βαλβίδας φαίνεται ο πτυχωτός σωλήνας και η σύνδεση του σωλήνα με το σημείο της εγκαταστάσεως, από όπου ενεργεί η πίεση του ατμού του ψυκτικού μέσου που συμπυκνώνεται. Όταν η πίεση συμπυκνώσεως αυξάνεται, ο πτυχωτός σωλήνας πιέζεται προς τα κάτω και κινεί το στέλεχος της βαλβίδας προς τα κάτω. Έτσι ανοίγει η δίοδος μεταξύ δίσκου βαλβίδας και της έδρας της και αυξάνει η παροχή του νερού του συμπυκνωτή. Το αντίθετο συμβαίνει όταν πέφτει η πίεση συμπυκνώσεως οπότε κλείνει η δίοδος και μειώνεται η παροχή του νερού. Όταν ο συμπιεστής δε λειτουργεί, η πίεση στο συμπυκνωτή πέφτει και έτσι κλείνει τελείως η βαλβίδα πάνω στην έδρα της. Στο κάτω μέρος του σώματος της βαλβίδας του παραπάνω σχήματος υπάρχει ένα πώμα. Αν αφαιρεθεί το πώμα αυτό και τοποθετηθεί στην θέση του ένας μαστός, τότε μπορεί να συνδεθεί και νέος σωλήνας, οπότε η βαλβίδα μετατρέπεται σε τριοδική.

#### 5.6.4.2.3. Θερμοστατικές βαλβίδες νερού

Οι θερμοστατικές βαλβίδες νερού ελέγχονται από τη θερμοκρασία που έχει το ίδιο το νερό ψύξεως στην έξοδό του από το συμπυκνωτή έτσι με τη μεταβολή της παροχής του νερού εξασφαλίζεται σταθερή θερμοκρασία νερού στην έξοδο – υδρόψυκτου συμπυκνωτή.

Οι θερμοστατικές κινούν το στέλεχος της βαλβίδας με τη δύναμη που εξασκεί ένας πτυχωτός σωλήνας πιέζεται από κάποιο κατάλληλο ρευστό. Εδώ όμως το ρευστό αυτό, που εξασκεί την πίεσή του στον πτυχωτό σωλήνα, ανάλογα με τη θερμοκρασία στην οποία βρίσκεται, δεν είναι αναγκαστικά ίδιο με το ψυκτικό μέσο της εγκαταστάσεως. Ο χώρος πίσω από τον πτυχωτό σωλήνα καθώς και ο χώρος στον αισθητήριο βολβό στο σωληνάκι που τα συνδέει είναι γεμάτος με γόμωση άλλου ρευστού. Θερμοστατική βαλβίδα ρυθμίσεως παροχής νερού φαίνεται στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 363. Σχήμα 5.37. Θερμοστατική βαλβίδα ρυθμίσεως παροχής νερού του συμπυκνωτή.

- A) Αισθητήριο βολβός θερμοκρασίας.
- B) Ρακόρ στερεώσεως κελύφους βολβού.

Γ) *Ρύθμιση θερμοκρασίας νερού.*

Ο αισθητήριος βολβός τοποθετείται στην έξοδο του νερού από το συμπυκνωτή και ελέγχει τη θερμοκρασία του νερού σ αυτή τη θέση.

#### **5.6.4.2.4. Χειροκίνητες βαλβίδες νερού**

Οι χειροκίνητες βαλβίδες νερού χρησιμοποιούνται κυρίως ως αποφρακτικά όργανα, για να διακόψουν την παροχή, να απομονώσουν ορισμένα τμήματα του κυκλώματος νερού για συντήρηση ή επισκευή ή τέλος για να εκκενώσουν ή να γεμίσουν τα τμήματα αυτά. Για τις βαλβίδες αυτές δεν υπάρχει λόγος να αναφερθούν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ή γνωρίσματα, γιατί είναι οι γνωστές βαλβίδες, που χρησιμοποιούνται για πολλές εφαρμογές. Αν όμως πρόκειται για τοξικά ή οξειδωτικά ψυκτικά μέσα, όπως είναι π.χ. η αμμωνία, τότε χρειάζεται κάποια προσοχή ακόμα και στην εκλογή των βαλβίδων του νερού, οι οποίες πρέπει να αντέχουν και στην επίδραση του ψυκτικού μέσου που μπορεί να φθάσει σε αυτές από διαρροή ή βλάβη.



### **5.6.4.3. Πιεζοστατική ρύθμιση - προστασία του συστήματος συμπιεστή - κινητήρα**

Ο συμπιεστής καθώς και ο ηλεκτροκινητήρας του προστατεύονται, εκτός από τις διατάξεις υπερθερμάνσεως και εκκινήσεως και από τρεις άλλες ακόμα διατάξεις προστασίας: <sup>(93)</sup>

- Πιεζοστατική προστασία με έλεγχο του ψυκτικού μέσου.
- Πιεζοστατική προστασία με έλεγχο του λαδιού λιπάνσεως.
- Θερμοστατική προστασία.

Με τον όρο πιεζοστατική προστασία κινητήρα εννοείται η διάταξη και οι συσκευές που σταματούν ή ξαναξεκινούν τον ηλεκτροκινητήρα και το συμπιεστή, όταν η πίεση του ψυκτικού μέσου ή του λαδιού λιπάνσεως ξεπεράσει ορισμένα όρια προς τα πάνω ή προς τα κάτω.

Ο όρος θερμοστατική προστασία αναφέρεται σε αντίστοιχες διατάξεις, οι οποίες όμως μετρούν και αντιδρούν σε θερμοκρασίες. Στη συνέχεια θα μελετήσουμε διατάξεις πιεζοστατικής προστασίας, ενώ στην επόμενη παράγραφο θα αναφερθούμε στις διατάξεις της θερμοστατικής προστασίας.

Με μια διάταξη πιεζοστατικής προστασίας μπορεί να ελέγχεται: <sup>(95)</sup>

- Η χαμηλή πίεση, στην οποία διακόπτεται η λειτουργία του κινητήρα.
- Η υψηλή πίεση, στην οποία ο κινητήρας τίθεται πάλι σε λειτουργία.

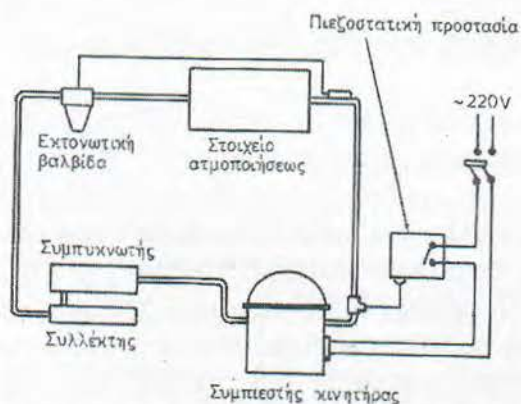
Για το σκοπό αυτό οι πιεζοστάτες φέρουν συνήθως δυο κλίμακες, με τις οποίες μπορεί να ρυθμίζονται οι τιμές της πιέσεως εκκινήσεως (START ή CUT – IN) και της πιέσεως διακοπής (STOP ή CUT-OUT).

Ως διαφορική πίεση ορίζεται η απόλυτη τιμή της διαφοράς των πιέσεων εκκινήσεως και διακοπής. Σε ένα πιεζοστάτη μπορεί να ρυθμίζεται μια από τις δυο πιέσεις εκκινήσεως ή διακοπής καθώς και η διαφορική πίεση. Σε κάθε πιεζοστάτη που ρυθμίζεται και ελέγχεται η διαφορά των δυο τιμών πιέσεων, η ρύθμιση λέγεται διαφορική και αντίστοιχα η προστασία, που παρέχεται, πιεζοστατική διαφορική προστασία.

#### **5.6.4.3.1. Πιεζοστατική προστασία με έλεγχο του ψυκτικού μέσου**

Κατά την προστασία αυτή ελέγχεται η πίεση του ψυκτικού μέσου, ώστε να διακόπτεται η λειτουργία του κινητήρα του συμπιεστή όταν η πίεση ξεπεράσει τα επιθυμητά όρια, είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω. Στο σχήμα:

<sup>93</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, 5.4. Πιεζοστατική ρύθμιση - προστασία του συστήματος συμπιεστή - κινητήρα.



**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 364. Σχήμα 5.4α. Πιεζοστατική προστασία κινητήρα με έλεγχο πίεσεως αναρροφήσεως.**

φαίνεται διαγραμματικά η συνδεσμολογία μιας πιεζοστατικής προστασίας, που ελέγχεται από τη χαμηλή πίεση του ψυκτικού μέσου στο στοιχείο ατμοποίησης. Όταν η πίεση στην αναρρόφηση του συμπιεστή γίνει πολύ χαμηλή, τότε η διαφορική πιεζοστατική προστασία δίνει εντολή και διακόπτεται η λειτουργία του κινητήρα. Όταν μετά η ώρα η πίεση αναρροφήσεως αυξηθεί περισσότερο από το ανώτατο όριο (πίεση εκκινήσεως), τότε ο κινητήρας ξαναλειτουργεί.

Υπάρχουν εφαρμογές, στις οποίες απαιτείται τόσο η πιεζοστατική ρύθμιση της χαμηλής πίεσεως, όσο και η πιεζοστατική προστασία της υψηλής πίεσεως. Για τις περιπτώσεις αυτές υπάρχουν σύνθετοι πιεζοστάτες, οι οποίοι εκτελούν και τις δυο λειτουργίες. Συνήθως οι πιεζοστάτες υψηλής πίεσεως ρυθμίζονται στις εξής τιμές, ανάλογα με το ψυκτικό μέσο που εξυπηρετούν: <sup>(94)</sup>

- R12 150 ως 270 psi
- R22 260 ως 270 psi
- R502 280 ως 290 psi
- R500 190 ως 200 psi

Όσο πιο μικρή είναι η διακύμανση της πίεσεως στη ρύθμιση, τόσο μεγαλύτερη σταθερότητα θερμοκρασίας επιτυγχάνεται. Στην περίπτωση αυτή όμως ο κινητήρας ξεκινάει και σταματάει πολύ συχνά. Αν η διακύμανση γίνει μεγαλύτερη, τότε η θερμοκρασία των ψυχομένων προϊόντων υφίσταται μεγαλύτερη ταλάντωση, αλλά ο συμπιεστής εργάζεται για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα και αποφεύγονται συχνές εκκινήσεις, που τον καταπονούν.

Όταν δεν υπάρχουν άλλες οδηγίες ρυθμίσεως, τότε η συνηθισμένη τιμή διακυμάνσεως της χαμηλής πίεσεως, για τα διάφορα συνηθισμένα ψυκτικά μέσα, εκλέγεται ως εξής: <sup>(94)</sup>

- για R12 περίπου 20 psi
- για R22 περίπου 22 psi
- για R500 περίπου 16 psi
- για R502 περίπου 25 psi

<sup>94</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. 5.4.1. Πιεζοστατική προστασία με έλεγχο του ψυκτικού μέσου.



#### **5.6.4.3.2. Πιεζοστατική προστασία με έλεγχο του λαδιού λιπάνσεως**

Κατά τη λειτουργία του συμπιεστή δεν πρέπει η πίεση του λαδιού λιπάνσεώς του, να πέσει κάτω από μια ελάχιστη τιμή. Ταυτόχρονα, σε ορισμένους τύπους συμπιεστών, η χαμηλή πίεση του ψυκτικού μέσου πρέπει να παραμένει πάντοτε μικρότερη από την πίεση του λαδιού λιπάνσεως. Αυτό είναι αναγκαίο για να εξασφαλίζεται η ροή του λαδιού μέσα στους αγωγούς του συμπιεστή, όπου επικρατεί χαμηλή πίεση του ψυκτικού μέσου. Αν η χαμηλή πίεση του ψυκτικού μέσου γίνει μεγαλύτερη από την πίεση του λαδιού λιπάνσεως, τότε η τροφοδοτική αντλία λαδιού ενδεχομένως να μη μπορεί να στείλει λάδι. Στις περιπτώσεις αυτές είναι απαιτητό να διακόπτεται αμέσως η λειτουργία του συμπιεστή. Ο περιορισμός αυτός εξαρτάται από το είδος της κατασκευής του συμπιεστή, έτσι η χαμηλή πίεση του ψυκτικού μέσου μπορεί να εφαρμόζεται και στην αναρρόφηση της αντλίας λαδιού, οπότε δεν παρουσιάζεται αυτό το πρόβλημα. Όταν πρέπει να προστατεύεται η εγκατάσταση από την πίεση λαδιού, χρησιμοποιείται ένας διαφορικός πιεζοστάτης, που ελέγχει ταυτόχρονα την πίεση του λαδιού και του ψυκτικού μέσου και διακόπτει τη λειτουργία του συμπιεστή, όταν η διαφορά των δυο πιέσεων γίνει μικρότερη από την τιμή ρυθμίσεως.

#### **5.6.4.4. Θερμοστάτες και θερμοστατική ρύθμιση και προστασία**

Οι θερμοστάτες ρυθμίσεως είναι εξαρτήματα που τοποθετούνται στις ψυκτικές εγκαταστάσεις για να ελέγχουν τη θερμοκρασία στους ψυκτικούς θαλάμους θέτοντας σε λειτουργία ή σταματώντας το συμπιεστή της μονάδας.

Έτσι ένας θερμοστάτης ρυθμίσεως, ρυθμίζει μεν τη λειτουργία του συμπιεστή αλλά και τον προστατεύει, όπως π.χ. στις περιπτώσεις που οι άλλοι αυτοματισμοί που υπάρχουν στην ψυκτική εγκατάσταση δε διακόψουν έγκαιρα τη λειτουργία του.

Γενικά, το φυσικό μέγεθος θερμοκρασία είναι εκείνο που μετράται και ελέγχεται περισσότερο στις εγκαταστάσεις ψύξεως, θερμάνσεως και κλιματισμού. Υπάρχει πλήθος από θερμοστάτες διαφόρων μορφών για διάφορες ανάγκες. Στη συνέχεια θα ασχοληθούμε μόνο με τους πιο συνηθισμένους τύπους, που καλύπτουν τις στοιχειώδεις ανάγκες των εγκαταστάσεων ψύξεως.

Ο θερμοστατικός έλεγχος και η ρύθμιση της λειτουργίας του κινητήρα του συμπιεστή μοιάζει με τον πιεζοστατικό. Η κύρια βέβαια διαφορά είναι στο μέγεθος που ελέγχεται, δηλαδή: <sup>(95)</sup>

- η πίεση κατά τον πιεζοστατικό έλεγχο.
- η θερμοκρασία κατά το θερμοστατικό.

Οι θερμοστατικοί ρυθμιστές έχουν αισθητήριους βολβούς που αντιδρούν στην θερμοκρασία. Όταν η θερμοκρασία του αισθητήριου βολβού πέσει χαμηλότερα από την προκαθορισμένη τιμή, ο ρυθμιστικός θερμοστάτης ανοίγει το κύκλωμα και διακόπτει τη λειτουργία του ηλεκτροκινητήρα.

Πολλοί θερμοστάτες ρυθμίσεως έχουν και πρόσθετες βοηθητικές ηλεκτρικές επαφές, που ανοιγοκλείνουν ταυτόχρονα με την επαφή που ελέγχει τον ηλεκτρικό κινητήρα. Με αυτές παρέχεται η δυνατότητα να αυτοματοποιηθούν και άλλες λειτουργίες, όπως είναι η κίνηση ανεμιστήρων ή διατάξεων αποπαγώσεως.

##### **5.6.4.4.1. Ρύθμιση θερμοστάτη**

Πριν εξετασθούν οι τρόποι ρυθμίσεως των θερμοστατών πρέπει να υπολογίσουμε ορισμένους απαραίτητους όρους: <sup>(96)</sup>

**Θερμοκρασία εκκινήσεως.** Η τιμή της θερμοκρασίας του ψυχόμενου χώρου, στην οποία αρχίζει να λειτουργεί ο συμπιεστής.

**Θερμοκρασία διακοπής.** Η τιμή της θερμοκρασίας του ψυχόμενου χώρου, στην οποία παύει να λειτουργεί ο συμπιεστής.

**Διακύμανση.** Η διαφορά των δυο ανωτέρω τιμών, δηλαδή:

**(διακύμανση) = (θερμοκρασία εκκινήσεως) – (θερμοκρασία διακοπής).**

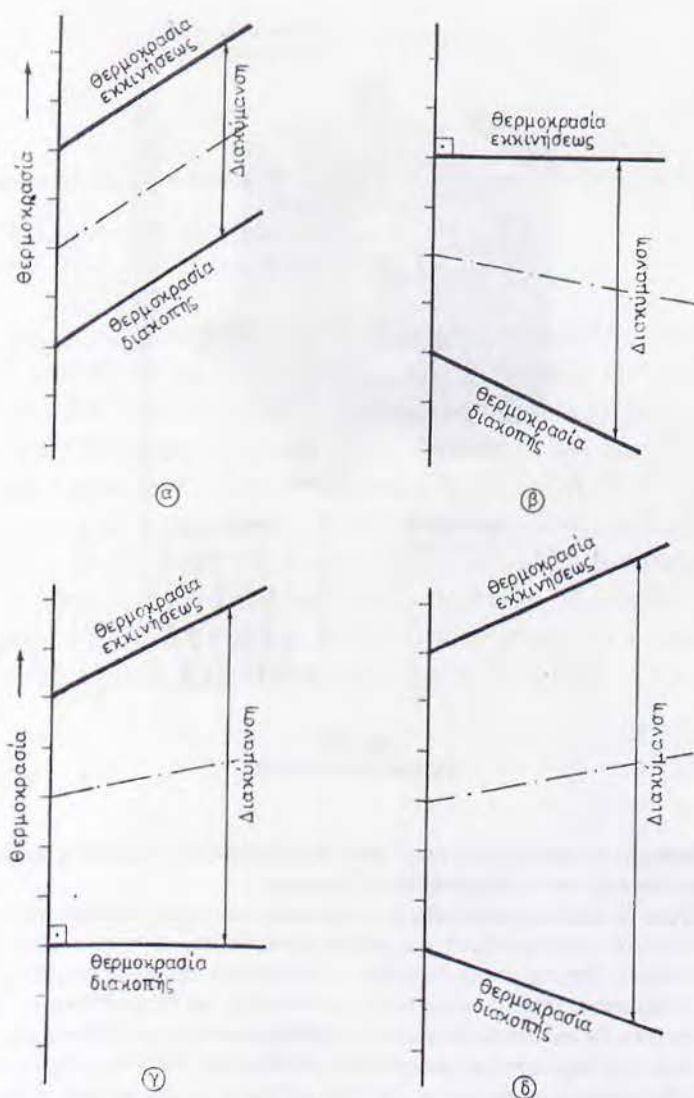
<sup>95</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. 5.5. Θερμοστάτες και θερμοστατική ρύθμιση και προστασία.

<sup>96</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. 5.5.1. Ρύθμιση θερμοστάτη.



**Περιοχή.** Το ζεύγος των δυο τιμών θερμοκρασιών, δηλαδή η θερμοκρασία εκκινήσεως και η θερμοκρασία διακοπής.

Οι διάφορες διατάξεις ρυθμίσεως ή ασφάλειας, που έχουν μεταβλητές τιμές των μεγεθών αυτών, εξασφαλίζουν μια μεγάλη ποικιλία που ανταποκρίνεται στις διάφορες ανάγκες. Στις πιο απλές διατάξεις η διακύμανση παραμένει σταθερή στην τιμή που ρυθμίστηκε από το εργοστάσιο κατασκευής του θερμοστάτη και δεν μπορεί να αλλάξει. Σε πιο σύνθετες κατασκευές θερμοστατών ρυθμίζεται και η διακύμανση, οπότε οι θερμοστάτες ονομάζονται διαφορικοί. Κατά τη ρύθμιση ενός διαφορικού θερμοστάτη, ανάλογα με τον τύπο κατασκευής του, μπορεί να διατηρείται σταθερή μια από τις δυο θερμοκρασίες, είτε η θερμοκρασία εκκινήσεως, είτε η θερμοκρασία διακοπής, και να ρυθμίζεται η διακύμανση. Μπορεί επίσης να ρυθμίζονται και οι δυο θερμοκρασίες, δηλαδή τόσο η θερμοκρασία διακοπής όσο και η θερμοκρασία εκκινήσεως. Οι δυνατότητες αυτές φαίνονται παραστατικά στο σχήμα:



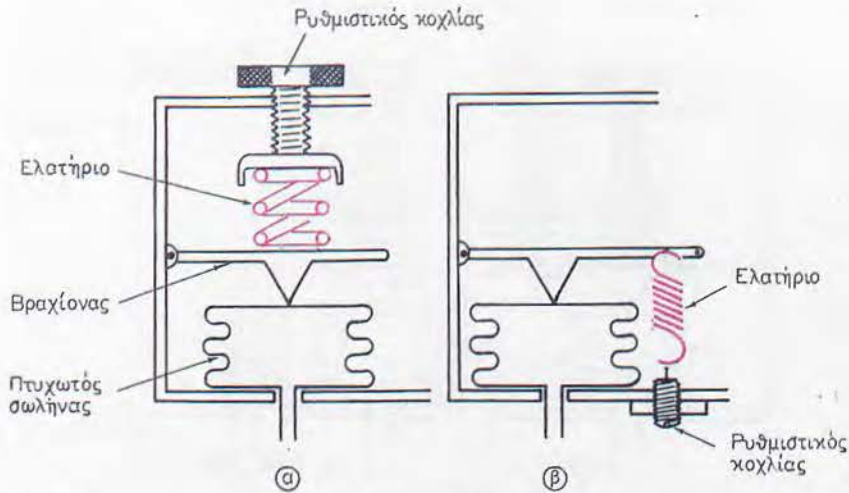
Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 372. Σχήμα 5.5β. Διάφοροι τρόποι ρυθμίσεως για απλές διαφορικές διατάξεις.

- α) Σταθερής διακυμάνσεως.  
β) Μεταβλητής θερμοκρασίας διακοπής.

γ) Μεταβλητής θερμοκρασίας εκκινήσεως.

δ) Μεταβλητής θερμοκρασίας διακοπής και εκκινήσεως.

Κατά τη ρύθμιση με σταθερή διακύμανση (σημείο α) μεταβάλλονται τόσο η θερμοκρασία εκκινήσεως, όσο και η θερμοκρασία διακοπής, αλλά έτσι ώστε η διαφορά τους, δηλαδή η διακύμανση, να παραμένει σταθερή. Στο σχήμα:



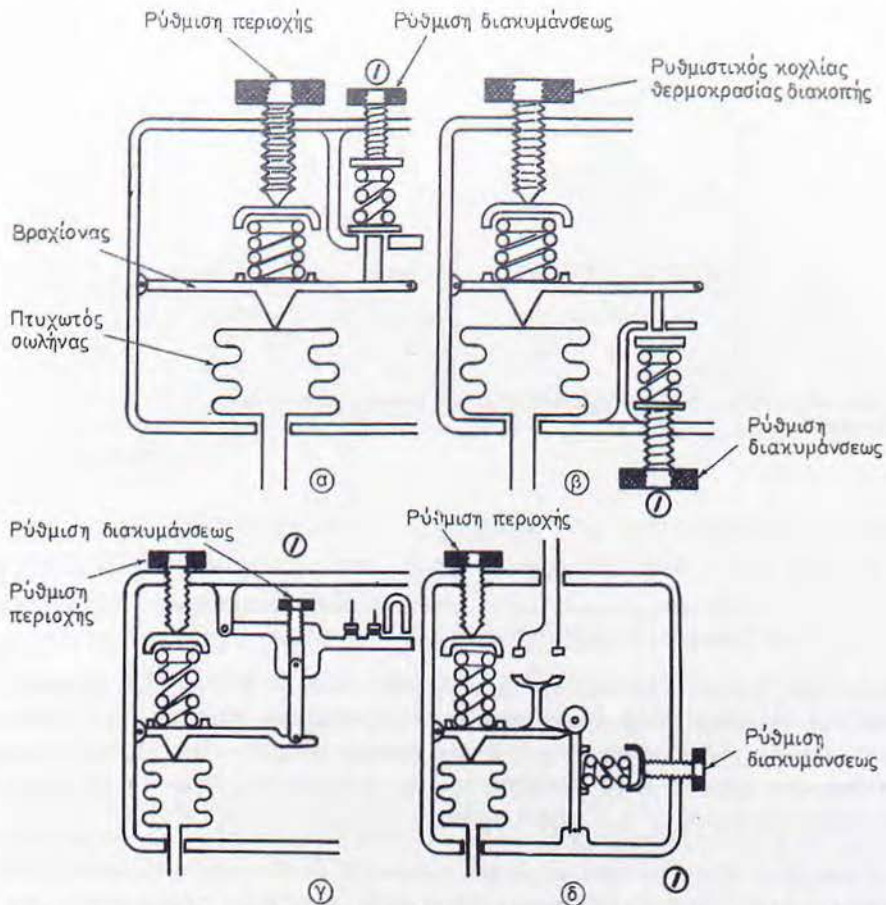
Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 373. Σχήμα 5.5γ. Μηχανισμός θερμοστατικής ρυθμίσεως σταθερής διακυμάνσεως.

α) Ρυθμιστικό ελατήριο θλιπτικό.

β) Ρυθμιστικό ελατήριο εκφυλιστικό.

φαίνεται ένας μηχανισμός θερμοστατικής ρυθμίσεως σταθερής διακυμάνσεως. Πάνω στον πτυχωτό σωλήνα στηρίζεται ένας βραχίονας, ο οποίος κινεί ένα ηλεκτρικό διακόπτη, που δεν φαίνεται στο σχήμα. Ο βραχίονας συγκρατείται επάνω στον πτυχωτό σωλήνα με ένα σπειροειδές ελατήριο. Το ελατήριο αυτό είτε είναι συμπιεσμένο είτε είναι εφελκυστικό τεντωμένο σπρώχνει ή έλκει αντίστοιχα το βραχίονα πάνω στον πτυχωτό σωλήνα. Όταν περιστρέφεται ο ρυθμιστικός κοχλίας, στον οποίο στηρίζεται η άλλη άκρη του ελατηρίου, αλλάζει η προένταση του ελατηρίου και έτσι αλλάζει και η πίεση μέσα στον πτυχωτό σωλήνα, η οποία προκαλεί την ενεργοποίηση του ηλεκτρικού διακόπτη. Μέσα στον πτυχωτό σωλήνα επικρατεί η πίεση του ψυκτικού μέσου της γομώσεως του αισθητήριου βολβού. Στο σχήμα:



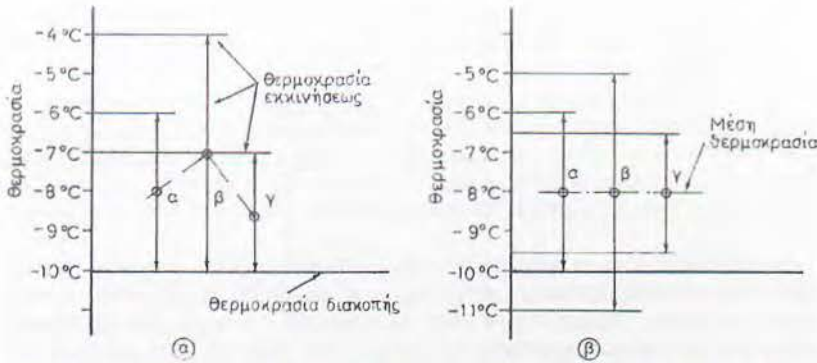


**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 374. Σχήμα 5.5δ. Μηχανισμός ρυθμίσεως διακυμάνσεως θερμοκρασιών ψυκτικών εγκαταστάσεων.**

- α) Τύπος μεταβλητής θερμοκρασίας εκκινήσεως.
- β) Τύπος μεταβλητής θερμοκρασίας διακοπής.
- γ) Τύπος μεταβλητής θερμοκρασίας εκκινήσεως με μαγνήτη.
- δ) Τύπος μεταβλητής θερμοκρασίας εκκινήσεως και διακοπής.

φαίνονται οι αρχές λειτουργίας μερικών διαφορικών θερμοστατικών μηχανισμών, δηλαδή θερμοστατών, στους οποίους είναι δυνατή και η ρύθμιση της διακυμάνσεως, εκτός από τη μια από τις θερμοκρασίες διακοπής ή εκκινήσεως.

Έτσι η πίεση στον πτυχωτό σωλήνα, που θα ενεργοποιήσει την ηλεκτρική επαφή του διακόπτη, καθορίζεται από τα δυο ελατήρια ταυτόχρονα. Ο μηχανισμός αυτός με κατάλληλη ρύθμιση των δυο ελατηρίων, μπορεί να αλλάζει και την περιοχή θερμοκρασιών (μεγάλο ελατήριο), αλλά και τη θερμοκρασία εκκινήσεως, λόγω μεταβολής της διακυμάνσεως. Στο σχήμα:



- α) Επίδραση της μεταβολής μόνο του μικρού ελατηρίου (ρύθμιση διακυμάνσεως) .  
 β) Μεταβολή ταυτόχρονη και των δύο ελατηρίων ώστε η μέση θερμοκρασία να παραμείνει σταθερή.

Στο (σημείο α) φαίνεται η επίδραση της μεταβολής της προεντάσεως μικρού ελατηρίου, που ρυθμίζει τη διακύμανση, όταν το μεγάλο ελατήριο, που ρυθμίζει την περιοχή θερμοκρασιών μένει σταθερό.

Ο διαφορικός μηχανισμός του σχήματος (σημείο β) έχει το μικρό ελατήριο στην αντίθετη κατεύθυνση. Έτσι μπορεί και αφαιρείται δύναμη από το κύριο ελατήριο, ανάλογη με την προένταση που εφαρμόζεται στο μικρό ελατήριο. Η λειτουργία του τύπου αυτού του μηχανισμού μπορεί να περιγραφεί σύντομα ως εξής:

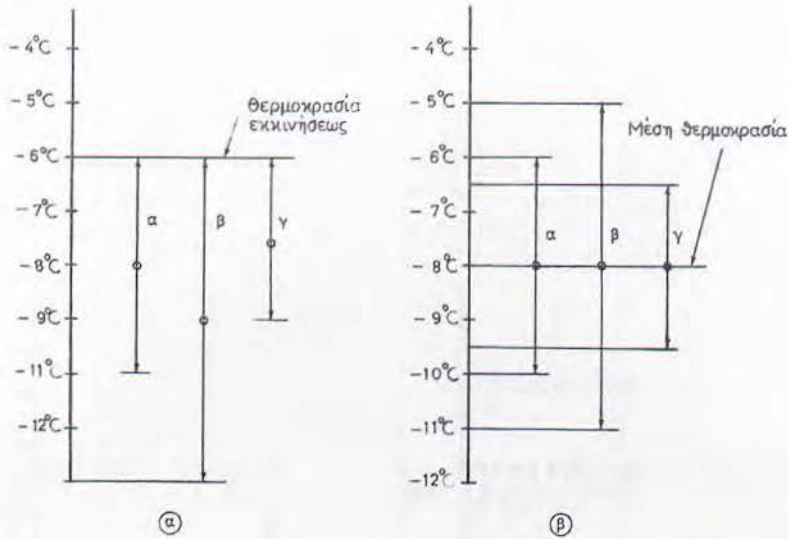
Όταν η πίεση στον πτυχωτό σωλήνα αυξηθεί πέρα από την οριακή τιμή μεγάλο ελατήριο υποχωρεί και ο ηλεκτροκινητήρας του συμπιεστή ξεκινάει η πίεση στον πτυχωτό σωλήνα αρχίζει να υποχωρεί, τότε το μεγάλο ελατήριο πιέζει τον πτυχωτό σωλήνα προς τα κάτω. Μετά από ορισμένη διαδρομή, ο βραχίονας πιέζει και το μικρό ελατήριο που ρυθμίζει τη διακύμανση. Μόνο όταν η πίεση αρκετά μικρή στον πτυχωτό σωλήνα, δρα το μεγάλο ελατήριο, υπερνικάει την αντίσταση του μικρού ελατηρίου και ανοίγει τον ηλεκτρικό διακόπτη σταματώντας τη λειτουργία του ηλεκτροκινητήρα. <sup>(97)</sup>

Με το μηχανισμό αυτό ρυθμίζεται η τιμή της θερμοκρασίας διακοπής λειτουργίας του κινητήρα. Όσο περισσότερο πιέζει το μικρό ελατήριο, τόσο πρέπει να γίνεται η πίεση μέσα στον πτυχωτό σωλήνα, για την οποία σταματάει ο κινητήρας. Έτσι η αύξηση της προεντάσεως του μικρού ελατηρίου, και θερμοκρασία διακοπής λειτουργίας και αντίθετα η μείωση της προεντάσεως του μικρού ελατηρίου, αυξάνει τη θερμοκρασία διακοπής λειτουργίας του συμπιεστή.

Για σταθερή προένταση του μεγάλου ελατηρίου, δηλαδή για σταθερή περιοχή θερμοκρασιών, το σχήμα:

<sup>97</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. 5.5.1. Ρύθμιση θερμοστάτη.





- α) Επίδραση της μεταβολής του μικρού ελατηρίου στην ρύθμιση της διακυμάνσεως.  
 β) Ταυτόχρονη ρύθμιση και των δύο ελατηρίων, ώστε να επιτυγχάνεται σταθερή θερμοκρασία.

### **5.6.4.5. Αποφρακτικές βαλβίδες**

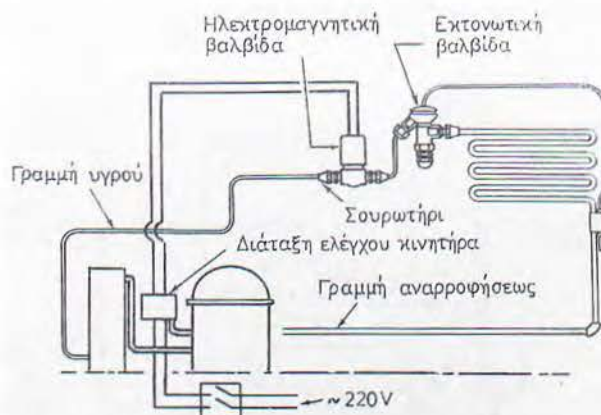
Οι αποφρακτικές βαλβίδες τοποθετούνται στα απαραίτητα σημεία του κυκλώματος της ψυκτικής εγκαταστάσεως, για να διακόπτουν τη ροή του ψυκτικού μέσου, όταν λόγοι προστασίας της εγκαταστάσεως ή λόγοι ρυθμίσεως της το επιβάλουν. Οι αποφρακτικές βαλβίδες μπορεί να είναι είτε ηλεκτρομαγνητικές είτε χειροκίνητες.

#### **5.6.4.5.1. Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ψυκτικού μέσου**

Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ανοιγοκλείνουν με κατάλληλο ηλεκτρομαγνήτη. Το πηνίο του ηλεκτρομαγνήτη είναι τοποθετημένο γύρω από ένα σωλήνα από μη μαγνητικό υλικό, μέσα στον οποίο ολισθαίνει ο οπλισμός, που είναι και στέλεχος της βαλβίδας. Η βαλβίδα του τύπου αυτού ανοίγει με την ενεργοποίηση του πηνίου που έλκει το στέλεχος και κλείνει με τη δράση της διαφοράς πίεσεως ψυκτικού μέσου ή με ελατήριο επανεντάξεως ή με το βάρος του στελέχους της. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι δράσεις των δυνάμεων είναι αντίθετες, δηλαδή η βαλβίδα κλείνει με τη δύναμη του ηλεκτρομαγνήτη και ανοίγει με την άλλη δύναμη.

Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες είναι ή ανοικτές ή κλειστές, χωρίς να υπάρχει δυνατότητα για ενδιάμεση θέση ώστε να ρυθμίζεται η παροχή. Χρησιμοποιούν για αυτό μόνο ως αποφρακτικές βαλβίδες. Λόγω της ηλεκτρικής ενεργοποίησης των βαλβίδων, είναι εύκολο να συνδεθούν με κυκλώματα τηλεχειρισμού, τα οποία ελέγχουν από διάφορες θέσεις και μάλιστα από πολλές θέσεις ταυτόχρονα.

Οι ηλεκτρομαγνητικές αποφρακτικές βαλβίδες χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το κύκλωμα μιας απλής εγκαταστάσεως με θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα:



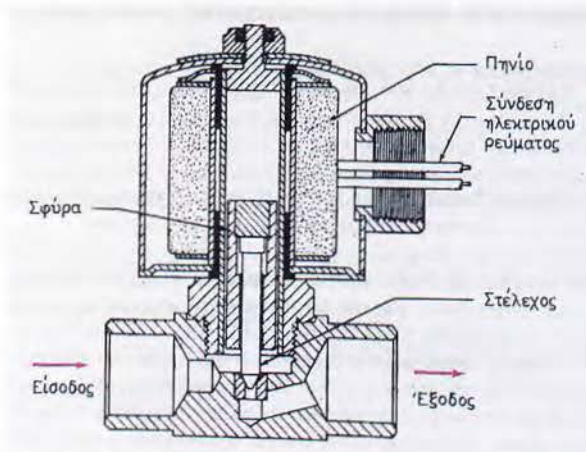
Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 391. Σχήμα 5.6α. Ψυκτικό κύκλωμα με ηλεκτρομαγνητική αποφρακτική βαλβίδα.

Όταν ο κινητήρας δε λειτουργεί, η ηλεκτρομαγνητική κλείνει τη γραμμή υγρού ψυκτικού μέσου και αποτρέπει την υπερπλήρωση του στοιχείου ατμοποίησης. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ελέγχεται από ένα ηλεκτρικό πιεζοστάτη της χαμηλής πίεσης.

Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες διακρίνονται σε δυο κατηγορίες ανάλογα με το αν ανοίγουν ή αν κλείνουν όταν τροφοδοτούνται με ρεύμα στο πηνίο τους. Έτσι υπάρχουν: <sup>(98)</sup>

- Κανονικά κλειστές βαλβίδες, που μένουν κλειστές, όταν δεν τροφοδοτούνται με ρεύμα.
- Κανονικά ανοικτές βαλβίδες, που μένουν ανοικτές, όταν δεν τροφοδοτούνται με ρεύμα.

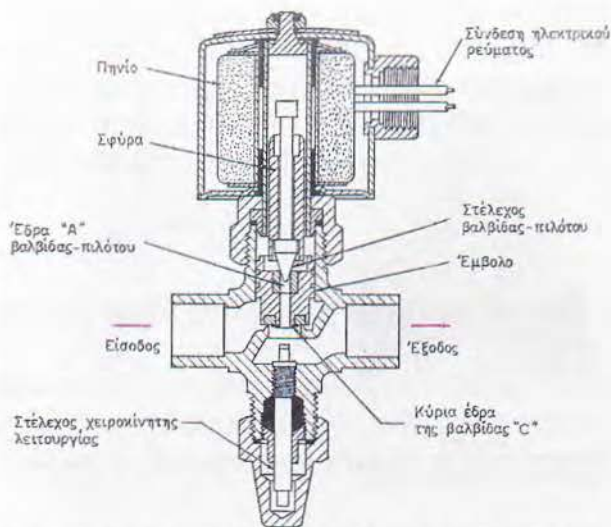
Επίσης συχνά χρησιμοποιούνται και βαλβίδες πολλαπλού σκοπού, οι οποίες ανοίγουν ή κλείνουν ταυτόχρονα περισσότερους σωλήνες. Έτσι υπάρχουν τριοδικές ή τετραοδικές ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες κλπ. Η μορφή μιας ηλεκτρομαγνητικής αποφρακτικής βαλβίδας, η οποία είναι κανονικά κλειστή, φαίνεται στο σχήμα:



<sup>98</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, 5.5.1. Ρύθμιση θερμοστάτη.



**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 392. Σχήμα 5.6γ. Ηλεκτρομαγνητική αποφρακτική βαλβίδα με σφύρα.** Μια ηλεκτρομαγνητική αποφρακτική βαλβίδα με βαλβίδα-πιλότο φαίνεται στο σχέδιο του σχήματος:



**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 395. Σχήμα 5.6δ. Χειροκίνητη αποφρακτική βαλβίδα - πιλότο και σφύρα.**

Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες που κλείνουν με τη βαρύτητα, πρέπει να είναι εγκατεστημένες σε οριζόντια τμήματα σωλήνων, δηλαδή με το πηνίο κατακόρυφο και πάνω από το σώμα της βαλβίδας έτσι ώστε να δρουν οι δυνάμεις της βαρύτητας. Για μεγαλύτερες ψυκτικές ισχύεις, χρησιμοποιούνται ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες με εξωτερικές βαλβίδες - πιλότους.

Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ψυκτικού μέσου χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις σε όλες τις θέσεις, όπου το ψυκτικό μέσο μπορεί να είναι υγρό, ή ατμός χαμηλής πίεσεως ή θερμός ατμός υψηλής πίεσεως. Ανάλογα με τη φάση ψυκτικού μέσου πρέπει να εκλέγεται και η κατάλληλη βαλβίδα. Ο σκοπός που εξυπηρετούν οι ηλεκτρομαγνητικές αποφρακτικές βαλβίδες ποικίλλει.

#### **5.6.4.5.1.1. Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες υγρού ψυκτικού μέσου**

Εγκαθίστανται πριν από την εκτονωτική βαλβίδα και ελέγχουν τη ροή του υγρού ψυκτικού μέσου, όταν απαιτείται: <sup>(99)</sup>

- Πρόληψη υπερχειλίσεως του στοιχείου ατμοποίησης, όταν ο συμπιεστής είναι εκτός λειτουργίας.
- Εξασφάλιση διαφορετικής θερμοκρασίας χώρου σε παράλληλους 4 νους χώρους, που ελέγχονται από θερμοστάτες.
- Έλεγχος παραλλήλων στοιχείων ατμοποίησης κλιματιστικών συμπιεστών μεταβλητού ψυκτικού φορτίου.

<sup>99</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. 5.6.2 Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες υγρού ψυκτικού μέσου.

#### **5.6.4.5.1.2. Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ψυχρού ατμού χαμηλής πίεσεως**

Τοποθετούνται συνήθως ταυτόχρονα με ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ψυκτικού μέσου, ώστε να απομονώνονται και από τις δυο πλευρές τα στοιχεία ατμοποίησης, όταν πρόκειται για εγκαταστάσεις πολλαπλών παράλληλων στοιχείων ατμοποίησης. Με την αμφίπλευρη απομόνωση των ατμοποίησης αποφεύγεται συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων ψυκτικές σε ανεπιθύμητες ή επικίνδυνες θέσεις.

#### **5.6.4.5.1.3. Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες θερμού ατμού υψηλής πίεσεως**

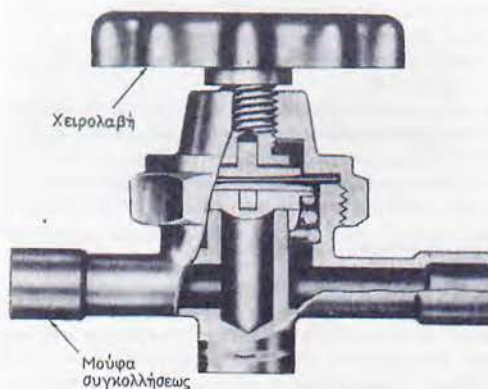
Φράζουν αγωγούς θερμού ατμού, οι οποίοι ανοίγουν μόνον κατά την αποπάγωση στοιχείων ατμοποίησης, οπότε ο θερμός ατμός οδηγείται προς αυτά. Επίσης χρησιμοποιούνται σε διατάξεις ρυθμίσεως ψυκτικής ισχύος με τη της παρακάμφεως, όπως αναφέρθηκε ήδη.

Εκτός από ψυκτικό μέσο οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες χρησιμοποιώ για νερό ή αέρα. Η μορφή και αυτών των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων η ίδια περίπου με αυτές που ήδη περιγράφηκαν.



### 5.6.4.5.2. Χειροκίνητες αποφρακτικές βαλβίδες ψυκτικού μέσου

Σε πολλές θέσεις των ψυκτικών κυκλωμάτων χρησιμοποιούνται χειροκίνητες αποφρακτικές βαλβίδες, οι οποίες απομονώνουν διάφορα τμήματα, όταν απαιτείται συντήρηση ή επισκευή. Οι βαλβίδες αυτές είναι τύπου μεμβράνης για να εξασφαλίζεται στεγανότητα. Μια χειροκίνητη αποφρακτική βαλβίδα φαίνεται στο σχήμα:

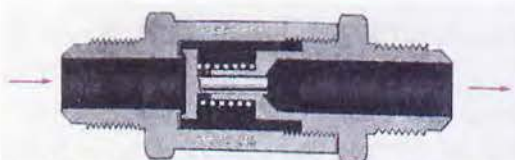


Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 395. Σχήμα 5.6ε. Χειροκίνητη αποφρακτική βαλβίδα με μεμβράνη.

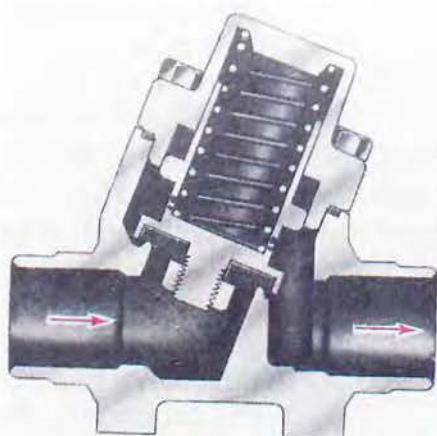
Η μορφή των βαλβίδων αυτών είναι συνηθισμένη για ψυκτικά μέσα αλογονομένων υδραγονανθράκων, ενώ για αμμωνία η μορφή είναι συνήθως διαφορετική.

### 5.6.4.5.3. Βαλβίδες αντεπιστροφής ψυκτικού μέσου

Οι βαλβίδες αντεπιστροφής εμποδίζουν τη ροή του ψυκτικού μέσου. λανθασμένη κατεύθυνση και επιτρέπουν ροή μόνο προς την ορθή κατεύθυνση. Συνήθως οι βαλβίδες αντεπιστροφής ανοίγουν και κλείνουν μηχανικά, ο μηχανισμός τους ενεργοποιείται από τη διαφορά πίεσεως που επικρατεί μεταξύ εισόδου και εξόδου. Συγκεκριμένα οι βαλβίδες αντεπιστροφής ανοίγουν όταν υπάρχει λίγο μεγαλύτερη πίεση στην είσοδο από ότι στην έξοδο και αφήνουν το ρευστό να κινείται προς τη σωστή κατεύθυνση. Όταν η διαθέσιμη πίεση είναι πολύ μικρή, τότε η βαλβίδα δεν μπορεί να ανοίξει και συνεπώς δε λειτουργεί ούτε προς τη σωστή κατεύθυνση. Όταν η πίεση στην έξοδο γίνει μεγαλύτερη από ότι η πίεση στην είσοδο, τότε η βαλβίδα κλείνει εμποδίζοντας έτσι τη ροή του ρευστού κατά τη μη επιθυμητή κατεύθυνση. Υπάρχουν δυο τύπων μηχανικές βαλβίδες αντεπιστροφής οι ευθύγραμμες και εμβολοφόρες.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 398. Σχήμα 5.6ι. Ευθύγραμμη βαλβίδα αντεπιστροφής.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 398. Σχήμα 5.6ι. Εμβολοφόρα βαλβίδα αντεπιστροφής.

Οι βαλβίδες αντεπιστροφής χρησιμοποιούνται σε διάφορες θέσεις της ψυκτικής εγκαταστάσεως, αλλά κυρίως στις εξής θέσεις: <sup>(100)</sup>

- Στον αγωγό υψηλής πίεσεως μεταξύ εξόδου συμπιεστή και εισόδου συμπυκνωτή, ώστε να αποφεύγεται αντίστροφη ροή, όταν ο συμπιεστής είναι εκτός λειτουργίας.
- Στον αγωγό υγρού ψυκτικού μέσου μεταξύ εξόδου συμπυκνωτή και διατάξεως στραγγαλισμού. Στη θέση αυτή χρησιμοποιείται σε αντλίες θερμότητας, για να προλαβαίνει αντίστροφη ροή μέσα από στραγγαλιστικές διατάξεις, που δεν χρησιμοποιούνται. Χρησιμοποιείται επίσης σε συνηθισμένες ψυκτικές διατάξεις, για να μη γίνεται αντίστροφη ροή κατά τη διάρκεια της περιόδου αποπαγώσεως, αν αυτή γίνεται με θερμό ατμό ψυκτικού μέσου.
- Στη γραμμή αναρροφήσεως (εξόδου) ενός στοιχείου ατμοποίησης χαμηλής πίεσεως, όταν υπάρχουν πολλά παράλληλα στοιχεία που απολήγουν σε κοινό αγωγό αναρροφήσεως του συμπιεστή.

#### **5.6.4.5.4. Ασφαλιστικές βαλβίδες και βαλβίδες ανακουφίσεως του ψυκτικού μέσου**

Οι ασφαλιστικές βαλβίδες, που τοποθετούνται συνήθως στην περιοχή της υψηλής πίεσεως μιας ψυκτικής εγκαταστάσεως, είναι μηχανικές βαλβίδες. Κατά την ομαλή λειτουργία της εγκαταστάσεως οι βαλβίδες αυτές παραμένουν κλειστές. Όταν η πίεση στο σημείο της εγκαταστάσεως που προστατεύουν υπερβεί το προκαθορισμένο όριο, τότε ανοίγουν και επιτρέπουν σε μέρος της ποσότητας του ψυκτικού μέσου ή και σε όλη την ποσότητα του να εκτονωθεί είτε προς την ατμόσφαιρα είτε σε κάποια περιοχή της χαμηλής πίεσεως της εγκαταστάσεως.

Οι βαλβίδες ανακουφίσεως τοποθετούνται σε σημεία της ψυκτικής εγκαταστάσεως στην περιοχή της υψηλής πίεσεως και έχουν ως σκοπό να διατηρούν την πίεση σε τιμές

<sup>100</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. 5.6.3. Βαλβίδες αντεπιστροφής ψυκτικού μέσου.



μικρότερες από την ονομαστική τους τιμή. Αυτό επιτυγχάνεται με το άνοιγμα της βαλβίδας, όταν η πίεση υπερβαίνει το επιτρεπτό όριο, και την ανακούφιση της πίεσως με εκτόνωση του ψυκτικού μέσου προς κάποια άλλη θέση της εγκαταστάσεως στην περιοχή της χαμηλής πίεσως. Στη συνέχεια, όταν η πίεση επανέλθει σε επιτρεπτά όρια, η βαλβίδα ανακουφίσεως κλείνει οπότε εξασφαλίζεται ομαλή και απρόσκοπτη λειτουργία της ψυκτικής εγκαταστάσεως.

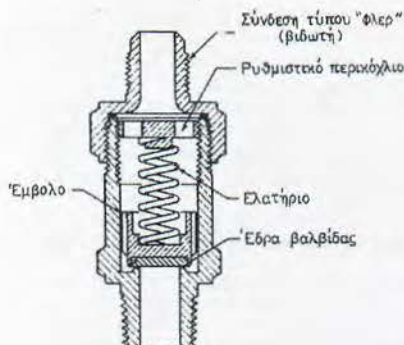
Στην ουσία δηλαδή οι ανακουφιστικές βαλβίδες ρυθμίζουν ώστε η πίεση, να μην υπερβαίνει το άνω όριο της ενώ αντίθετα οι ασφαλιστικές βαλβίδες προστατεύουν την εγκατάσταση από τις υπερπιέσεις. Είναι φανερό ότι οι ανακουφιστικές βαλβίδες δρουν ενδεχομένως συνεχώς κατά τη λειτουργία της ψυκτικής εγκαταστάσεως, ενώ οι ασφαλιστικές δρουν όταν απαιτείται μία μόνο φορά και προστατεύουν την εγκατάσταση ενώ διακόπτεται ταυτόχρονα η λειτουργία της.

Οι ασφαλιστικές βαλβίδες, που είναι γνωστές και ως ασφαλιστικά υπερπιέσεως κατασκευάζονται συνήθως σε δυο τύπους: <sup>(101)</sup>

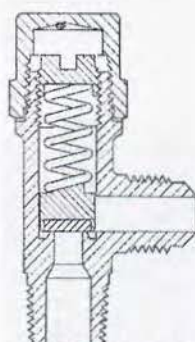
- Με ελατήριο.
- Με μεμβράνη.

Στον τύπο με ελατήριο η βαλβίδα συγκρατείται κλειστή κατά την ομαλή λειτουργία της εγκαταστάσεως με ελατήριο.

Τα ασφαλιστικά υπερπιέσεως με ελατήριο είναι δυο κυρίως τύπων, δηλαδή ευθύγραμμο και γωνιακά.



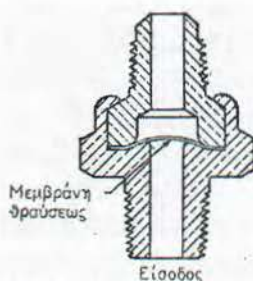
Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 400. Σχήμα 5.6β. Ευθύγραμμο ασφαλιστικό υπερπιέσεως.



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 401. Σχήμα 5.6δ. Ρυθμιζόμενο ασφαλιστικό υπερπιέσεως γωνιακού τύπου.

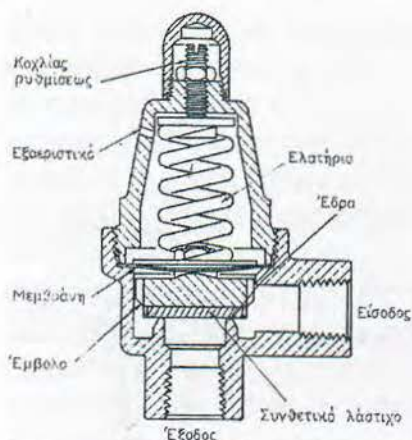
<sup>101</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. 5.6.3. Βαλβίδες αντεπιστροφής ψυκτικού μέσου.

Τα ασφαλιστικά υπερπιέσεως με μεμβράνες θραύσεως εξασφαλίζουν μεγαλύτερη ασφάλεια από αυτήν που εξασφαλίζουν τα ασφαλιστικά με ελατήριο, επειδή υπάρχει πάντοτε ο φόβος, σε κρίσιμες στιγμές πυρκαγιάς, κλπ, να αστοχήσουν οι ασφαλιστικές βαλβίδες ελατηρίου. Ένα είδος ασφαλιστικού υπερπιέσεως με μεμβράνη φαίνεται στο σχήμα:



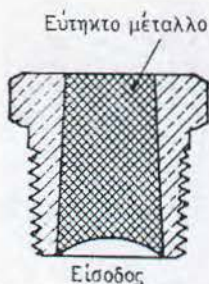
Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 401. Σχήμα 5.6ιε. Ασφαλιστικό υπερπιέσεως με μεμβράνη θραύσεως.

Οι βαλβίδες ανακουφίσεως έχουν, για λόγους στεγανότητας, μια μεμβράνη που διαχωρίζει το χώρο βαλβίδας - έδρας από το χώρο του ελατηρίου και του ρυθμιστικού κοχλίου προεντάσεως. Μια κατασκευή αυτού του είδους φαίνεται στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 402. Σχήμα 5.6ιστ. Βαλβίδα ανακουφίσεως με μεμβράνη.

Τα τηκτικά υπερθερμοκρασίας έχουν ένα πώμα από εύτηκτο μίγμα που λιώνει μόλις η θερμοκρασία του γίνει ίση με τη θερμοκρασία τήξεως. Η μορφή του πώματος είναι κωνική, ώστε η πίεση του ψυκτικού μέσου να μην ωθεί το πώμα έξω, όπως φαίνεται στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 402. Σχήμα 5.6ιζ. Τηκτικό ασφαλιστικό υπερθερμοκρασίας.



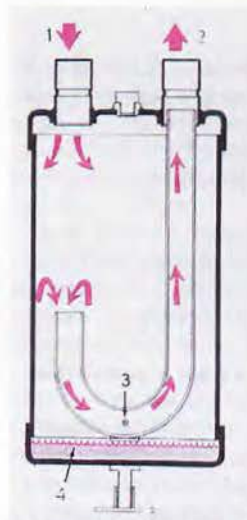
## **5.6.4.6. Ειδικά εξαρτήματα προστασίας**

### ***5.6.4.5.1. Παγίδες σταγόνων ψυκτικού μέσου***

Οι εμβολοφόροι συμπιεστές παθαίνουν σημαντικές βλάβες από τις σταγόνες του υγρού ψυκτικού μέσου, που αναρροφώνται από το συμπιεστή. Από θερμοδυναμική άποψη, όταν ο ατμός που φθάνει στην αναρρόφηση του συμπιεστή είναι υπέρθερμος, δεν μπορεί να έχει μέσα του σταγόνες. Επειδή όμως η ταχύτητα του ατμού είναι σχετικά μεγάλη, μπορεί να συμπαρασύρει μηχανικά σταγόνες υγρού, ιδίως μάλιστα όταν η ατμοποίηση είναι έντονη και υπάρχει μίγμα υγρού - ατμού ψυκτικού μέσου σε στενά περάσματα του στοιχείου ατμοποίησης. Ο κίνδυνος αναρροφήσεως σταγόνων είναι πιο μεγάλος τις στιγμές που το ψυκτικό φορτίο αλλάζει γρήγορα ή αποπαγώνει το στοιχείο ατμοποίησης με μεταγωγή του θερμού ατμού. Τις στιγμές αυτές μπορεί να φθάσουν στο συμπιεστή όχι μόνο σταγόνες, αλλά και μεγαλύτερες ποσότητες υγρού ψυκτικού μέσου λόγω των αιφνίδιων μικρομεταβολών στην πίεση του στοιχείου ατμοποίησης.

Για να προστατευθούν οι συμπιεστές, εκτός από τα κατασκευαστικά μέτρα που έχουν ληφθεί στον ίδιο το συμπιεστή εφαρμόζονται διάφορες μεθόδους που προσπαθούν είτε να ατμοποιήσουν το υγρό ψυκτικό μέσο είτε να το συγκρατήσουν κάπου μηχανικά. Η ατμοποίηση των σταγόνων του υγρού ψυκτικού μέσου γίνεται φυσικά με πρόσδοση θερμότητας. Η θερμότητα αυτή προσάγεται με διάφορους τρόπους μερικοί από τους οποίους είναι η έγχυση υπέρθερμου ατμού από την έξοδο του συμπιεστή στην αναρρόφηση, ηλεκτρική θέρμανση του ατμού στην αναρρόφηση, συναλλαγή θερμότητας μεταξύ υπέρθερμου ατμού υψηλής πίεσεως και ατμού χαμηλής πίεσεως στην αναρρόφηση κλπ.

Η μηχανική συγκράτηση του υγρού ψυκτικού μέσου πριν από την αναρρόφηση του συμπιεστή, περιλαμβάνει ουσιαστικά δυο λειτουργίες, πρώτα το διαχωρισμό της υγρής από την ατμώδη φάση, και ύστερα την ατμοποίηση του υγρού. Μια σχηματική παράσταση διατάξεως του είδους αυτού φαίνεται στο σχήμα:



**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 404. Σχήμα 5.7α. Παγίδα σταγόνων ψυκτικού μέσου.**

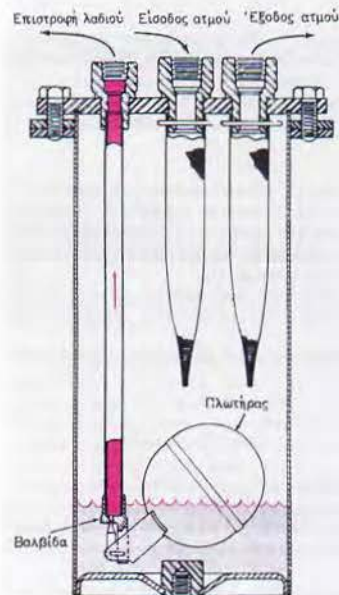
1. Είσοδος ατμού σταγόνων.
2. Έξοδος ατμού.
3. Οπή αναρροφήσεως επιστροφής λαδιού.
4. Παγιδευμένο υγρό ψυκτικό μέσο που περιμένει να ατμοποιηθεί.



### 5.6.4.6.2. Ελαιοδιαχωριστές

Ο μηχανικός διαχωρισμός των σταγόνων του λαδιού, από τον υπέρθερμο ατμό υψηλής πίεσεως που φεύγει από το συμπιεστή γίνεται με τη βαρύτητα, δηλαδή με ελεύθερη πτώση των σταγόνων μέσα από τον ατμό του ψυκτικού μέσου. Και απαιτείται μικρή ταχύτητα κινήσεως του ατμού του ψυκτικού μέσου, ώστε να προλαβαίνουν οι σταγόνες του λαδιού να κατακαθίσουν. Εκτός όμως από τη μέθοδο αυτή πολλές φορές χρησιμοποιούνται και μηχανικά πλέγματα με μικρά ανοίγματα, τα οποία λειτουργούν σα φίλτρα και συγκρατούν τις σταγόνες λαδιού.

Το λάδι, που σιγά-σιγά συγκεντρώνεται στον πυθμένα των ελαιοδιαχωριστών πρέπει να επιστρέφει στη φυσιολογική του θέση, δηλαδή στην ελαιολεκάνη του συμπιεστή. Συνήθως η επιστροφή αυτή επιτυγχάνεται με τη διαφορά πίεσεως που επικρατεί μεταξύ εξόδου και αναρρόφησεως του συμπιεστή· δηλαδή ο ελαιοδιαχωριστής συνδέεται με ένα σωλήνα προς κάποιο κατάλληλο τμήμα του συμπιεστή, όπου επικρατεί χαμηλή πίεση. Για να μην υπάρχει όμως βραχυκύκλωμα και περνάει συνεχώς και ατμός υψηλής πίεσεως προς την αναρρόφηση του συμπιεστή τοποθετείται μια βαλβίδα κατάλληλου τύπου. Συνήθως για τη λειτουργία αυτή χρησιμοποιείται μια βαλβίδα πλωτήρα, η οποία αφήνει το λάδι να επιστρέφει όταν έχει συγκεντρωθεί μια ποσότητα λαδιού ικανή να ενεργοποιήσει τον πλωτήρα, ώστε να ανοίξει η βαλβίδα. Η αρχή λειτουργίας και η σχηματική παράσταση των ελαιοδιαχωριστήρων αυτού του τύπου φαίνεται στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 406. Σχήμα 5.7γ. Ελαιοδιαχωριστήρας πλωτήρας με σακόφιλτρα.

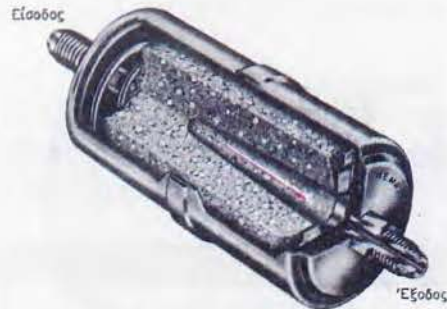
### 5.6.4.6.3. Φίλτρα - Ξηραντές ψυκτικού μέσου

Οι λειτουργίες των φίλτρων και των ξηραντήρων είναι τελείως διαφορετικές. Τα φίλτρα έχουν ως αποστολή να συγκρατούν τα στερεά σωματίδια που κυκλοφορούν με το



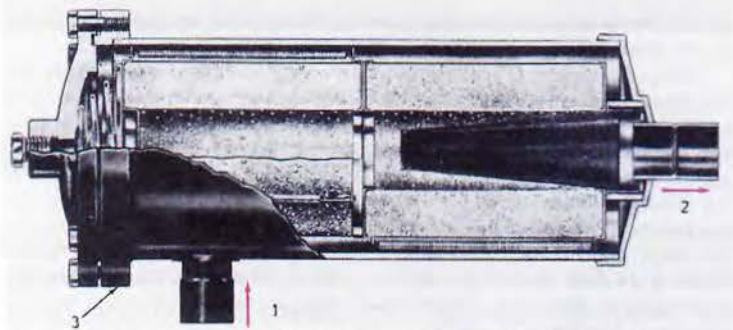
ψυκτικό μέσο, και να αποτρέπουν έτσι φθορές και βλάβες στο συμπιεστή και στην εκτονωτική βαλβίδα ή τις άλλες βαλβίδες του κυκλώματος. Οι ξηραντήρες πρέπει να διαχωρίζουν και να συγκρατούν τα ίχνη του υδρατμού που εμφανίζονται μέσα στο ψυκτικό μέσο.

Πολλές φορές οι δυο αυτές διαφορετικές λειτουργίες συνδυάζονται σε ένα κέλυφος, που περιέχει το φίλτρο - ξηραντήρα. Ο φιλτροξηραντήρας μπορεί να τοποθετηθεί στη σωλήνωση του υγρού ψυκτικού μέσου ή στην αναρρόφηση του συμπατή, όπου κυκλοφορεί ο ατμός. Η τομή ενός φιλτροξηραντήρα του είδους αυτού φαίνεται στο σχήμα:



**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 407. Σχήμα 5.7ε. Φιλτροξηραντήρας με στοιχείο που δεν αντικαθίσταται.**

Υπάρχουν βέβαια και φιλτροξηραντήρες με στοιχεία που αντικαθίστανται. Στο σχήμα φαίνεται ένας φιλτροξηραντήρας του τύπου αυτού:



**Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 408. Σχήμα 5.7στ. Φιλτροξηραντήρας με αφαιρετό διπλό στοιχείο.**

1. Είσοδος ψυκτικού μέσου.
2. Έξοδος ψυκτικού μέσου.
3. Αφαιρούμενο πώμα.

Η κατάσταση του φιλτροξηραντήρα και του ψυκτικού μέσου ελέγχονται με δυο τρόπους: <sup>(102)</sup>

- Κατά τον ένα τρόπο ελέγχεται η περιεκτικότητα σε υγρασία του υγρού ψυκτικού μέσου. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται κατάλληλοι δείκτες υγρασίας, οι οποίοι αλλάζουν χρώμα, ανάλογα με την περιεκτικότητα σε υγρασία του ψυκτικού μέσου.

<sup>102</sup> Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, 5.7.3. Φίλτρα - Ξηραντές ψυκτικού μέσου.

- Κατά το δεύτερο τρόπο ελέγχεται η μηχανική κατάσταση του φιλτροξηραντήρα, δηλαδή, η πτώση πιέσεως που προκαλεί κατά τη λειτουργία του.

Οι εφαρμογές φιλτροξηραντήρων για αλογονομένα ψυκτικά μέσα φαίνονται στον πίνακα:

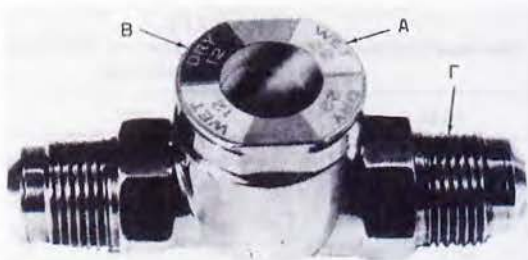
Ψυκτικό μέσο	Θερμοκρασία ατμοποίησης		
	Χαμηλή	Μέση	Υψηλή
R12 και R500	2	6	8
R22 και R502	3	9	14

Η πτώση πιέσεως εξαρτάται από τη σύσταση του μέσου ξηράνσεως και από τη δομή του. Αρκετά υλικά είναι κατάλληλα για το σκοπό αυτό, παρόλο ότι υπάρχουν σημαντικές απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται. Ένας σύντομος κατάλογος των υλικών που χρησιμοποιούνται στους φιλτραντήρες δίνεται στον πίνακα:

Υλικό Ξηραντήρα	Ατμός ψυκτικού μέσου	Υγρό ψυκτικό μέσο
Οξειδίο του πυριτίου, μπλε	Όλα τα ψυκτικά μέσα.	Όλα τα ψυκτικά μέσα.
Οξειδίο του αλουμινίου ( $Al_2O_3$ )		
Ενεργός άνθρακας ως πρόσθετο		
Πεντοξειδίο του φωσφόρου ( $P_2O_5$ )	Όλα τα ψυκτικά μέσα, εκτός $NH_3$	Όλα τα ψυκτικά μέσα, εκτός $NH_3$
CaO ως πρόσθετο στο $Al_2O_3$	Όλα τα ψυκτικά μέσα.	Όλα τα ψυκτικά μέσα.
Θειικό ασβέστιο ( $CaSO_4$ )		
Χλωριακό ασβέστιο ( $CaCl_2$ )	Για λίγο χρόνο μόνο	Να αποφεύγεται.
Μοριακό φίλτρο	R12	R12

#### 5.6.4.6.4. Ενδεικτικά υγρασίας ψυκτικού μέσου

Η περιεκτικότητα υγρασίας του ψυκτικού μέσου παρακολουθείται εύκολα με μια μικρή διάταξη που περιλαμβάνει ένα χημικό άλας, που αλλάζει χρώμα ανάλογα με την ποσότητα μορίων νερού που έχει συγκρατήσει. Μία συνηθισμένη κατασκευή ενός ενδεικτικού υγρασίας φαίνεται στο σχήμα:



Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις, σελίδα 411. Σχήμα 5.7θ. Ενδεικτικό υγρασίας ψυκτικό μέσου.

- Ένδειξη <<υγρασίας>>.
- Ένδειξη <<ξηρό>>.
- Σπείρωμα συνδέσεως.

Το χημικό άλας που υπάρχει στην περιφέρεια γύρω από το γυαλί αλλάζει χρώμα και γίνεται ροζ, όταν υπάρχει υγρασία περισσότερη από το επιτρεπόμενο όριο. Αν η



υγρασία είναι λίγη ή ανεκτή, το χρώμα είναι μπλε για ψυκτικά μέσα R12, R13, R113 ή R114 ή γίνεται πράσινο για ψυκτικά μέσα R22, R500 ή R502. Μερικά ενδεικτικά υγρασίας έχουν και τις λέξεις «wet» (υγρό) ή «dry» (ξηρό), οι λέξεις εμφανίζονται ανάλογα με την κατάσταση του ψυκτικού μέσου ταυτόχρονα με την αλλαγή του χρώματος.<sup>(103)</sup>

**6. Ψύξη τροφίμων, προσδιορισμός τεχνικών χαρακτηριστικών****6.1. Υπολογισμός του θερμικού φορτίου ενός ψυκτικού θαλάμου****6.1.1. Παραδοχές**

Για να υπολογίσουμε τα θερμικά φορτία ενός ψυκτικού θαλάμου και βάσει αυτών τα χαρακτηριστικά στοιχεία της ψυκτικής εγκατάστασης, ξεκινούμε από κάποιες σταθερές παραμέτρους, που είναι: <sup>(104)</sup>

	Θερμοκρασία περιβάλλοντος	40°C
	Θερμοκρασία περιβάλλοντος σε στεγασμένο χώρο	35°C
	Θερμοκρασία υπεδάφους	20°C
	Αποθηκευόμενο βάρος προϊόντων ανά m <sup>3</sup> θαλάμου	200-250 kgs
	Μέση θερμοκρασία κρυστάλλωσης ευπαθών	-2°C
	Μέση ειδική θερμότητα ΑΝQ του σημείου κρυστάλλωσης	c <sub>1</sub> = 0,85 Kcal/kg°C
	Μέση ειδική θερμότητα ΚΑΤQ του σημείου κρυστάλλωσης	o <sub>2</sub> = 0,5 Kcal/kg°C
	Μέση ειδική θερμότητα θερμικής αναπνοής	c <sub>a</sub> = 0,6 Kcal/kg 24 h
	Μέση λανθάνουσα θερμότητα φρούτων και λαχανικών	R <sub>1</sub> = 70 Kcal/kg
	Μέση λανθάνουσα θερμότητα ψαρικών	R <sub>2</sub> = 56 Kcal/kg
	Μέση λανθάνουσα θερμότητα κρεάτων	R <sub>3</sub> = 60 Kcal/kg
<b>Θάλαμοι συντήρησης νωπών προϊόντων</b>	Θερμοκρασία θαλάμου	0°C
	Θερμοκρασία προϊόντων που εισάγονται στο θάλαμο, λαμβάνεται	25°C
	Ημερήσια ποσότητα εισαγόμενων προϊόντων, ως προς την ολική χωρητικότητα	7%
	Χρόνος ψύξης εισαγόμενων προϊόντων από τους 25°C στους 0°C	24h
	Πάχος χρησιμοποιούμενων πανέλλων πολυουρεθάνης	80-100mm
<b>Θάλαμοι συντήρησης κατεψυγμένων προϊόντων</b>	Θερμοκρασία θαλάμου	-18°C
	Θερμοκρασία κατάψυξης προϊόντων σε φούρνους βαθιάς κατάψυξης	-25°C
	Θερμοκρασία προϊόντων που εισάγονται στο θάλαμο, λαμβάνεται	-5%
	Ημερήσια ποσότητα εισαγόμενων προϊόντων, ως προς την ολική χωρητικότητα	5%
	Χρόνος κατάψυξης εισαγόμενων προϊόντων από -5°C στους -18°C	24 h

<sup>104</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 1. Παραδοχές.



	Πάχος πανέλλων, που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή	100-120mm
--	---	-----------

### 6.1.2. Υπολογισμός του θερμικού φορτίου ενός ψυκτικού θαλάμου

Το θερμικό φορτίο ενός ψυκτικού θαλάμου είναι το σύνολο των πιο κάτω θερμικών απωλειών: <sup>(105)</sup>

- Απώλειες των τοιχωμάτων (και του δαπέδου).
- Απώλειες των προϊόντων.
- Απώλειες λόγω εισροής ατμοσφαιρικού αέρα από τις ανοιχτές πόρτες.
- Απώλειες λόγω της παρουσίας εργαζόμενων ατόμων.
- Απώλειες λόγω φωτισμού και λειτουργούντων ηλεκτροκινητήρων και cark
- Απώλειες λόγω σχηματισμού στρώματος πάγου στα πτερύγια των αεροψυκτήρων
- Απώλειες λόγω αποπάγωσης των αεροψυκτήρων.

Το σύνολο αυτών των θερμικών απωλειών πρέπει να αναπληρώνεται από τη ψυκτική εγκατάσταση ώστε να διατηρείται ο θάλαμος στην επιθυμητή θερμοκρασία.

### 6.1.3. Απώλειες των τοιχωμάτων

Για να υπολογίσουμε την ωριαία θερμική απώλεια των τοιχωμάτων  $Q_T$  ενός ψυκτικού θαλάμου, χρησιμοποιούμε τον τύπο:

$$Q_T = K * F * (t_n - t_\theta) \quad (106)$$

όπου:

- $Q_T$  : θερμική απώλεια τοιχωμάτων σε kcal/h.
- $K$  : συντελεστής θερμοπερατότητας των πανελων σε kcal/m<sup>2</sup>h°C.
- $F$  : επιφάνεια των τοιχωμάτων σε m<sup>2</sup> συμπεριλαμβανομένης της επιφάνειας της οροφής και του δαπέδου (εξωτερική).
- $t_n$  : θερμοκρασία του περιβάλλοντος, που λαμβάνεται 40°C αν ο θάλαμος είναι στο ύπαιθρο κάτω από υπόστεγο ή 35°C αν ο θάλαμος είναι κατασκευασμένος σε στεγασμένο χώρο.
- $t_\theta$  : θερμοκρασία του θαλάμου, που λαμβάνεται 0°C για τους θαλάμους συντήρησης νωπών και -18°C για τους θαλάμους συντήρησης κατεψυγμένων προϊόντων.

<sup>105</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 2. Υπολογισμός του θερμικού φορτίου ενός ψυκτικού θαλάμου.

<sup>106</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 3. Οι απώλειες των τοιχωμάτων.



Ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $K$  των πανέλλων είναι η ποσότητα της θερμότητας σε  $Kcal/h$  που θα περνά από το θερμό περιβάλλον προς το εσωτερικό του ψυχρού θαλάμου, από κάθε τετραγωνικό μέτρο της εξωτερικής επιφάνειας του θαλάμου. Η ποσότητα θερμότητας, που θα περνά προς τα μέσα εξαρτάται ακόμη από τη διαφορά θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και του εσωτερικού του θαλάμου. Όσο πιο μεγάλη είναι αυτή η διαφορά, τόσο περισσότερη θερμότητα θα διαρρέει προς το εσωτερικό του θαλάμου. Αυτό σημαίνει, ότι συντελεστής θερμοπερατότητας  $K$  εκφράζεται σε  $Kcal / h m^2 \text{ } ^\circ C$ , δηλαδή  $Kcal$  ανά ώρα, ανά  $m^2$  επιφανείας ανά  $^\circ C$ .

Η εξωτερική επιφάνεια των τοιχωμάτων περιλαμβάνει την παράπλευρη επιφάνεια, την επιφάνεια της οροφής και την επιφάνεια του δαπέδου. Είναι αλήθεια, ότι το δάπεδο δεν υπόκειται στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, αλλά στη θερμοκρασία του υπεδάφους, που είναι πιο χαμηλή και λαμβάνεται  $20^\circ C$ . Η θερμική απώλεια του δαπέδου είναι λίγο πιο χαμηλή σε κάθε τετραγωνικό μέτρο. Είναι όμως τόσο ασήμαντη η διαφορά, που κάνει τους μελετητές να υπολογίζουν και την επιφάνεια του δαπέδου με τον ίδιο συντελεστή, όπως η παράπλευρη επιφάνεια και η οροφή.

Ο συντελεστής υπολογίζεται από τον τύπο :

$$K = \frac{1000 * \lambda}{S} \quad (110)$$

όπου:

- $\lambda$  : ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας =  $0,018 \text{ kcal}/\text{mh}^\circ C$ .  
 $S$  : το πάχος των πανέλλων σε mm

#### 6.1.4. Η θερμική απώλεια των προϊόντων σε θαλάμους συντήρησης νωπών

Η θερμική απώλεια των προϊόντων σε θαλάμους συντήρησης νωπών έχει δύο σκέλη. Πρώτον, υπολογίσουμε την απώλεια που προκαλείται, όταν ένα προϊόν εισάγεται στο θάλαμο, και δεύτερον, υπολογίζουμε την απώλεια που προκαλείται από τα αποθηκευμένα προϊόντα.

Όταν ένα νωπό προϊόν, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ή έστω σε θερμοκρασία  $25^\circ C$ , εισάγεται μέσα σε ένα θάλαμο συντήρησης, θερμοκρασίας  $0^\circ C$ , είναι προφανές, ότι θα δημιουργήσει μία θερμική απώλεια, μέχρις ότου η θερμοκρασία του εξισωθεί με τη θερμοκρασία του θαλάμου.

Αυτή η θερμική απώλεια εξαρτάται από το βάρος (και τον όγκο) του εισαγόμενου προϊόντος, από το είδος και από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, ή ακριβέστερα από τη θερμοκρασία εισαγωγής. Το βάρος και η θερμοκρασία εισαγωγής είναι μεγέθη κατανοητά. Ας εξετάσουμε λοιπόν το <<είδος>> του προϊόντος, που χαρακτηρίζεται από την ειδική του θερμότητα.

Ειδική θερμότητα ενός προϊόντος ονομάζουμε την ποσότητα θερμότητας που πρέπει να χορηγήσουμε σε  $1kg$  αυτού το προϊόντος για να ανέβει η θερμοκρασία του κατά  $1^\circ C$  ή αντίστροφα είναι η θερμότητα που πρέπει να αφαιρέσουμε από  $1 kg$  ενός προϊόντος για να πέσει η θερμοκρασία του κατά  $1^\circ C$ . Έτσι, όταν λέμε ότι η ειδική θερμότητα του νερού είναι  $1$ , εννοούμε ότι αν σε ένα  $1 kg$  νερό χορηγήσουμε θερμότητα, ώστε η θερμοκρασία του να ανεβεί κατά  $1^\circ C$ , τότε η θερμότητα που χορηγήσαμε είναι  $1 kcal$ .



Αντίστροφα αν αφαιρέσουμε από το νερό μια ποσότητα θερμότητας, ώστε η θερμοκρασία να πέσει κατά  $1^{\circ}\text{C}$ , τότε η ποσότητα θερμότητας, που αφαιρέσαμε είναι πάλι 1 kcal. Αυτή η ποσότητα θερμότητας είναι η ειδική θερμότητα του προϊόντος, που παριστάνεται με το γράμμα C και εκφράζεται σε kcal/kg $^{\circ}\text{C}$ . Σε κάθε προϊόν διακρίνουμε δύο ειδικές θερμότητες. Την και τη  $C_2$ . Η  $C_1$  είναι εκείνη που μετράται πάνω από το σημείο κρυστάλλωσης του προϊόντος και χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς των θαλάμων συντήρησης νωπών. Η  $C_2$  είναι εκείνη που μετράται κάτω από το σημείο κρυστάλλωσης του προϊόντος και χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς των θαλάμων κατάψυξης.

Ο υπολογισμός της θερμικής απώλειας του προϊόντος  $Q_n$ , όταν αυτό εισάγεται μέσα στο θάλαμο, που υπολογίζεται με τον τύπο:

$$Q_n = C_1 * B * (t_{\epsilon} - t_{\theta}) \text{ kcal } (107)$$

όπου:

B	:	βάρος εισαγόμενου προϊόντος σε kg
$t_{\epsilon}$	:	θερμοκρασία εισαγωγής = $25^{\circ}\text{C}$
$t_{\theta}$	:	θερμοκρασία θαλάμου = $0^{\circ}\text{C}$

Εφ' όσον η απώλεια  $Q_n$  προέρχεται από την ημερήσια εισαγωγή συμπεραίνεται, ότι η θερμοκρασία της εισαγόμενης ποσότητας πρέπει να πέσει από τους  $25^{\circ}\text{C}$  στους  $0^{\circ}\text{C}$  σε 24 h. άρα η ποσότητα  $Q_n$  σε kcal / 24ωρο.

Για να ελαττωθεί αυτή η απώλεια του θαλάμου, πρέπει να γίνει πρόψυξη του προϊόντος, σε θαλάμους πρόψυξης, μέσα στους οποίους ελαττώνεται η θερμοκρασία της εισαγόμενης ποσότητας από τους  $25^{\circ}\text{C}$  στους  $0^{\circ}\text{C}$ . Όταν υπολογίζουμε τα θερμικά φορτία ενός θαλάμου, πάντοτε παίρνουμε υπ'όψη την απώλεια  $Q_n$ .

Το δεύτερο σκέλος της θερμικής απώλειας των προϊόντων αφορά τα προϊόντα εκείνα, που είναι ήδη αποθηκευμένα και βρίσκονται ήδη σε θερμοκρασία συντήρησης  $0^{\circ}\text{C}$ . Αν τα προϊόντα αυτά είναι φυτικής προέλευσης, δηλ. φρούτα, λαχανικά, οπωροκηπευτικά κ.λπ., τότε αυτά διατηρούνται ζωντανά και αναπνέουν. Με την αναπνοή τους παραλαμβάνουν οξυγόνο από τον αέρα του θαλάμου και ζουν. Με την εκπνοή τους εκπέμπουν μέσα στο θάλαμο διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), αιθυλένιο ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ), υδρατμούς νερού ( $\text{H}_2\text{O}$ ), και θερμότητα. Αυτή η ποσότητα θερμότητας, που παράγεται μέσα στο θάλαμο με τη θερμική αναπνοή ονομάζεται "ειδική θερμότητα αναπνοής" μετράται σε kcal/kg/24h και σημαίνει kcal που παράγονται από 1 kg κάποιου

αποθηκευμένου προϊόντος ανά 24ωρο. Παριστάνεται με το γράμμα  $C_a$ . Πάντως αν λάβουμε στους υπολογισμούς μας μια μέση τιμή  $C_a = 0,6 \text{ kcal / kg / 24h}$  για κάθε αποθηκευμένο προϊόν, πάλι δεν απέχουμε σημαντικά από την πραγματικότητα.

Αντίθετα μάλιστα, πρέπει να παίρνουμε μέσες τιμές γιατί σε ένα ψυκτικό θάλαμο αποθηκεύεται ποικιλία νωπών προϊόντων και το καθένα έχει δική του  $C_a$ .

Η ποσότητα θερμότητας, που εκπέμπεται μέσα στο θάλαμο με τη θερμική αναπνοή των προϊόντων δίδεται από τον τύπο:

$$Q_{av} = B * C_a \text{ kcal / 24ωρο } (108)$$

<sup>107</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 4. Η θερμική απώλεια των προϊόντων σε θαλάμους συντήρησης νωπών.



όπου:

- $Q_{av}$  : απώλεια θερμικής αναπνοής προϊόντων σε kcal / 24ωρο  
 $B$  : βάρος αποθηκευμένων προϊόντων σε kg.  
 $C_a$  : ειδική θερμότητα αναπνοής = 0,6 kcal / kg / 24h.

### 6.1.5. Η θερμική απώλεια των προϊόντων σε ένα θάλαμο συντήρησης κατεψυγμένων

Ένα ευπαθές προϊόν, καταψύχεται σε φούρνους βαθιάς και γρήγορης κατάψυξης σε θερμοκρασία που κυμαίνεται από  $-25^{\circ}\text{C}$  έως  $-30^{\circ}\text{C}$ . Τα προϊόντα αυτά, στη συνέχεια, αποθηκεύονται σε ψυκτικούς θαλάμους συντήρησης κατεψυγμένων, σε θερμοκρασία  $-18^{\circ}\text{C}$ . Ένας από τους λόγους που τα ευπαθή προϊόντα καταψύχονται στους  $-25^{\circ}\text{C}$  και αποθηκεύονται στους  $-18^{\circ}\text{C}$  είναι να μεταφερθούν στο θάλαμο αποθήκευσης χωρίς η θερμοκρασία τους να ανεβεί πάνω από τους  $-18^{\circ}\text{C}$ . Στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχει θερμική απώλεια μέσα στον ψυκτικό θάλαμο. Αν μάλιστα το προϊόν εισαχθεί σε χαμηλότερη θερμοκρασία, π.χ. στους  $-20^{\circ}\text{C}$  ή στους  $-25^{\circ}\text{C}$  τότε υπάρχει και θερμικό πλεόνασμα, αντί απώλειας.

Δυστυχώς όμως, πολλές φορές, τα ευπαθή εισάγονται στους θαλάμους σε πιο υψηλές θερμοκρασίες, ακόμη και στους  $-5^{\circ}\text{C}$ . Στις περιπτώσεις αυτές θα δημιουργηθεί θερμική απώλεια μέσα στο θάλαμο, μέχρις ότου η θερμοκρασία εισαγωγής εξισωθεί με τη θερμοκρασία διατήρησης  $-18^{\circ}\text{C}$ . Ο θάλαμος συντήρησης κατεψυγμένων να παίξει το ρόλο του φούρνου κατάψυξης και να κατεβάσει τη θερμοκρασία των εισαγόμενων ευπαθών από τους  $-5^{\circ}\text{C}$  στους  $-18^{\circ}\text{C}$ . Αυτή η ψύξη πρέπει να γίνει, όσο το δυνατό πιο γρήγορα, το αργότερο σε 24 ώρες, ώστε να μην αρχίσει η αλλοίωση του προϊόντος. Η απώλεια αυτή δίδεται από τον τύπο:

$$Q_n = C_2 \cdot B(t_e - t_\theta) \quad \text{kcal} \quad (109)$$

όπου:

- $Q_n$  : απώλεια του προϊόντος σε kcal.  
 $C_2$  : ειδική θερμότητα κάτω του σημείου κρυστάλλωσης και λαμβάνεται.  
 $C_2 = 0,5 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$ .  
 $t_e$  : θερμοκρασία εισαγωγής, λαμβάνεται  $-5^{\circ}\text{C}$ .  
 $t_\theta$  : θερμοκρασία θαλάμου =  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Σε λίγες, αλλά πάντως υπαρκτές περιπτώσεις εισάγονται σε θαλάμους συντήρησης κατεψυγμένων νωπά προϊόντα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, ώστε να καταψυχθούν στους  $-18^{\circ}\text{C}$ , δηλαδή χρησιμοποιούν το θάλαμο συντήρησης κατεψυγμένων σαν

<sup>108</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 4. Η θερμική απώλεια των προϊόντων σε θαλάμους συντήρησης νωπών.

<sup>109</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 5. Η θερμική απώλεια των προϊόντων σε ένα θάλαμο συντήρησης κατεψυγμένων.



φούρνο κατάψυξης. Αυτό είναι μια πολύ κακή συνήθεια, που οδηγεί σε κακή κατάψυξη των προϊόντων.

Αν αντιμετωπίσετε τέτοια περίπτωση, πρέπει να λάβετε υπ' όψη σας, ότι η θερμική απώλεια του προϊόντος  $Q_p$  δίδεται από τον τύπο:

$$Q_p = C_1 - B (t_e - t_k) + C_2 * B (t_k - t_\theta) + B * R \quad (113)$$

όπου:

$t_k$  : θερμοκρασία κρυστάλλωσης προϊόντος, που λαμβάνεται  $-2^\circ\text{C}$ .  
 $R$  : λανθάνουσα θερμότητα του προϊόντος.

Η λανθάνουσα θερμότητα  $R$  είναι μια ποσότητα θερμότητας, που δεν προκαλεί μεταβολή της θερμοκρασίας σε ένα προϊόν, προκαλεί όμως αλλαγή κατάστασης δηλαδή μετατρέπει σε πάγο την ποσότητα του νερού, που περιέχει προϊόν.

### 6.1.6. Θερμική απώλεια λόγω εισροής ατμοσφαιρικού αέρα μέσα στο θάλαμο από τις ανοιχτές πόρτες

Κάθε φορά που ανοίγουν οι πόρτες του ψυκτικού θαλάμου, μπαίνει μέσα σ' αυτόν ατμοσφαιρικός αέρας, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η ποσότητα αυτή του αέρα γίνεται αφορμή μιας σημαντικής θερμικής απώλειας, αφού πρέπει να δαπανηθεί ενέργεια, ώστε να χαμηλώσει η θερμοκρασία του αέρα και τελικά να εξισωθεί με τη θερμοκρασία του θαλάμου.

Αν μάλιστα αναλογιστούμε, ότι υπάρχουν ψυκτικοί θάλαμοι, που οι πόρτες τους παραμένουν ανοιχτές συνέχεια, ολόκληρο οκτάωρο, όταν οι ανάγκες αυξημένης διακίνησης το απαιτούν, τότε δεν πρόκειται για θερμική απώλεια, αλλά για μια σοβαρότατη απώλεια.

Βέβαια γίνεται προσπάθεια και παίρνονται μέτρα, ώστε να περιορίζεται η εισροή μεγάλης ποσότητας ατμοσφαιρικού αέρα, με πόρτες που ανοιγοκλείνουν αυτόματα, με φωτοκύτταρα ή με διακόπτες δαπέδου, με αεροκουρτίνες ή με κουρτίνες από χοντρά φύλλα PVC. Η εμπειρία διδάσκει, ότι το προσωπικό που ασχολείται με τη διακίνηση των προϊόντων, απομονώνουν τον αυτοματισμό λειτουργίας των θυρών, ώστε να παραμένουν συνέχεια ανοικτές και να μη δυσκολεύεται η γρήγορη κυκλοφορία των *clark*. Έτσι παρά τις φιλότιμες προσπάθειες η εισροή αέρα περιορίζεται ελαφρά μόνο. Οι μελετητές λοιπόν των ψυκτικών εγκαταστάσεων και οι κατασκευαστές των ψυκτικών θαλάμων, πρέπει να μεριμνούν, ώστε να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη ισχύς της εγκατάστασης, για την απορρόφηση της θερμότητας του αέρα, που εισρέει στο θάλαμο από τις ανοιχτές πόρτες.

Οι αλλαγές του αέρα ανά 24ωρο και την ποσότητα  $q$ , υπολογίζονται από τον τύπο:

$$Q_\theta = q * \eta * V \quad \text{Kcal/24ωρο} \quad (110)$$

όπου:

<sup>110</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 6. Θερμική απώλεια λόγω εισροής ατμοσφαιρικού αέρα μέσα στο θάλαμο από τις ανοιχτές πόρτες.



$Q_{\theta}$	:	θερμική απώλεια λόγω εισροής αέρα από τις πόρτες σε kcal / 24ωρο.
$V$	:	όγκος του θαλάμου σε $m^3$
$Q$	:	η ποσότητα θερμότητας που πρέπει να αφαιρεθεί από κάθε $m^3$
$\eta$	:	οι αλλαγές του αέρα του θαλάμου ανά 24ωρο

### 6.1.7. Θερμική απώλεια λόγω της παρουσίας εργαζομένων

Κάθε εργαζόμενος μέσα σ' ένα ψυκτικό θάλαμο εκλύει μια ποσότητα θερμότητας, που είναι κι αυτή μια θερμική απώλεια. Η θερμότητα αυτή είναι τόσο περισσότερη, όσο πιο χαμηλή είναι η θερμοκρασία του θαλάμου. Αυτή η θερμική απώλεια δίδεται από τον τύπο:

$$Q_s = N * \rho * h \quad \text{kcal} \quad (111)$$

όπου:

$N$	:	ο αριθμός των εργαζομένων
$h$	:	οι ώρες ανά 24ωρο, που εργάζονται μέσα στο θάλαμο
$\rho$	:	η θερμότητα σε kcal/hr, που εκλύεται από κάθε εργαζόμενο στις συνθήκες του ψυκτικού.

### 6.1.8. Άλλες θερμικές απώλειες

Υπάρχουν ακόμη τρεις θερμικές απώλειες μέσα σε ένα ψυκτικό θάλαμο. Η μια είναι η θερμότητα που εκλύουν οι ηλεκτρικές αντιστάσεις αποπάγωσης, ή το σύστημα αποπάγωσης με την αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου και την κυκλοφορία θερμού αερίου στους αεροψυκτήρες.

Η δεύτερη είναι η θερμότητα που εκλύουν τα μηχανήματα διακίνησης προϊόντων, δηλ. τα ηλεκτροκίνητα clark.

Η τρίτη είναι η απώλεια λόγω σχηματισμού στρώματος πάγου πάνω στα πτερύγια και τους οχετούς των αεροψυκτήρων, που δυσκολεύουν τόσο τη διέλευση του ψυχρού αέρα, όσο και τη μετάδοση της θερμότητας από τον αέρα στον αεροψυκτήρα, επειδή ο πάγος είναι θερμομονωτικός.

Για να αποφεύγεται η επίπονη διαδικασία υπολογισμού, έχει προσδιοριστεί εμπειρικά, ότι οι τρεις παραπάνω θερμικές απώλειες προσεγγίζουν το 18% των συνολικών απωλειών. Αν λοιπόν, αθροίσουμε τις απώλειες και πάρουμε το 18% αυτού του αθροίσματος, έχουμε προσδιορίσει τις τρεις απώλειες που εξετάστηκαν, δηλαδή:

$$Q_{\mu} = (Q_T + Q_{\eta} + Q_{αν} + Q_{\theta} + Q_{\eta} + Q_{\epsilon}) * 0,18 \quad \text{kcal/hr} \quad (112)$$

<sup>111</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 8. Θερμική απώλεια λόγω της παρουσίας εργαζομένων μέσα στο θάλαμο.

<sup>112</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 9. Άλλες θερμικές απώλειες.



## 6.2. Σύντομη, κατά προσέγγιση, υπολογισμός του θερμικού φορτίου ενός ψυκτικού θαλάμου

### 6.2.1. Οι απώλειες των τοιχωμάτων - σύντομος υπολογισμός

Όταν λέμε απώλειες των τοιχωμάτων ενός ψυκτικού θαλάμου εννοούμε την ποσότητα της θερμότητας που θα περνάει κάθε μια ώρα από το θερμό περιβάλλον προς το εσωτερικό του ψυχρού θαλάμου, μέσα από τα τοιχώματα. Η ποσότητα της θερμότητας που θα περάσει προς το εσωτερικό εξαρτάται από τη διαφορά της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και του εσωτερικού του θαλάμου. Όσο πιο μεγάλη είναι αυτή η διαφορά, τόσο περισσότερη θερμότητα θα διαρρέει. Η ποσότητα της θερμότητας εξαρτάται ακόμη από το πάχος του τοιχώματος, αλλά και το είδος του.

Στην περίπτωση του σύντομου υπολογισμού της θερμικής απώλειας των τοιχωμάτων του θαλάμου, το πρόβλημα απλουστεύεται, αν λάβουμε υπ' όψη μας τα παρακάτω: <sup>(113)</sup>

- Η διαφορά της θερμοκρασίας είναι δεδομένη, διότι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος λαμβάνεται +40°C Η θερμοκρασία του θαλάμου συντήρησης νωπών 0°C. Η θερμοκρασία του θαλάμου συντήρησης κατεψυγμένων -18°C και σε μερικές περιπτώσεις -20°C ή -25°C.
- Το είδος του τοιχώματος είναι επίσης δεδομένο. Είναι πανέλλα πολυουρεθάνης, πυκνότητας 40-43 kg/m<sup>3</sup>, επενδυμένα με λαμαρίνα βαμμένη ή με ανοξειδωτά φύλλα.
- Τα πανέλλα αυτά, της πολυουρεθάνης έχουν ορισμένη μονωτική ικανότητα ανάλογα με το πάχος τους.

Θερμοκρασία περιβάλλοντος:	40°C	40°C	40°C	40°C
Θερμοκρασία ψυκτικού θαλάμου:	0°C	-18°C	-20°C	-25°C
Διαφορά θερμοκρασίας περιβάλλοντος και ψυκτικού θαλάμου:	40°C	58°C	60°C	65°C
Πάχος πανέλων σε mm				
80	9,2			
100	7,2	10,44		
120	6	8,7	9	9,75
140	5,2	7,54	7,8	8,45
150	4,8	6,96	7,2	7,8
160	4,4	6,38	6,6	7,15
180	4	5,8	6	6,5
200	3,6	5,22	5,4	5,85

<sup>113</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 14. Οι απώλειες των τοιχωμάτων - σύντομος υπολογισμός.



Στην αριστερή στήλη αναφέρεται το πάχος των πανέλλων. Στην επικεφαλίδα αναφέρεται η θερμοκρασία του περιβάλλοντος (+40°C), η θερμοκρασία του θαλάμου (0°C) ή (-18°C) ή (-20°C) ή (25°C), καθώς και η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και του θαλάμου, που είναι αντίστοιχα 40°C, 58°C, 60°C και 65°C.

### 6.2.2. Σύντομος υπολογισμός της θερμικής απώλειας λόγω της θερμικής αναπνοής των προϊόντων

Τα προϊόντα φυτικής προέλευσης, δηλαδή φρούτα, λαχανικά, οπωροκηπευτικά, που είναι αποθηκευμένα μέσα σε θαλάμους συντήρησης νωπών προϊόντων σε θερμοκρασία 0°C, διατηρούνται ζωντανά και αναπνέουν. Με την αναπνοή τους παραλαμβάνουν οξυγόνο από τον αέρα του θαλάμου και ζουν. Με την εκπνοή τους εκπέμπουν μέσα στο θάλαμο διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), αιθυλένιο (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) υδρατμούς νερού (H<sub>2</sub>O) και θερμότητα. Αυτή η ποσότητα θερμότητας, που παράγεται μέσα στο θάλαμο με τη θερμική αναπνοή ονομάζεται "ειδική θερμότητα αναπνοής" μετράται σε Kcal/ ανά 24ωρο, ανά kg. αποθηκευμένων οπωροκηπευτικών.

Αν λοιπόν ξέρουμε πόσο βάρος προϊόντων μπορούν να χωρέσουν σε ένα γεμάτο θάλαμο συντήρησης λαχανικών και πολλαπλασιάσουμε αυτό το βάρος επί 0,6 τότε βρίσκουμε τη θερμική απώλεια αναπνοής σε Kcal / 24ωρο.

Δηλαδή, η απώλεια θερμικής αναπνοής  $Q_{av}$  είναι: <sup>(114)</sup>

$$Q_{av} = Q \times \text{Βάρος προϊόντων θαλάμου} \times 0,6 \text{ Kcal} / 24\omega\text{ρο.}$$

Εννοείται ότι η απώλεια ανά ώρα είναι:

$$Q_{av} = \frac{\text{Βαρος προϊόντων} \times 0,6 \text{ Kcal}}{24}$$

### 6.2.3. Σύντομος υπολογισμός της θερμικής απώλειας λόγω της ημερησίας εισαγωγής προϊόντων

Όταν ένα προϊόν εισάγεται μέσα σε ένα ψυκτικό θάλαμο και η θερμοκρασία του είναι πιο υψηλή από τη θερμοκρασία του θαλάμου είναι προφανές, ότι θα δημιουργηθεί μια θερμική απώλεια. Αν για παράδειγμα εισαχθεί σε ένα θάλαμο συντήρησης θερμοκρασίας 0°C ένα προϊόν σε θερμοκρασία 25°C, τότε θα δημιουργηθεί μια θερμική απώλεια, μέχρι η θερμοκρασία του εισαγόμενου προϊόντος εξισωθεί με τη θερμοκρασία του θαλάμου. Αυτή η θερμική απώλεια εξαρτάται από το βάρος του εισαγόμενου προϊόντος και τη θερμοκρασία εισαγωγής.

Για να υπολογίσουμε λοιπόν τη θερμική απώλεια του θαλάμου μας λόγω της ημερησίας εισαγωγής προϊόντων, πρέπει στην ουσία να υπολογίσουμε την απώλειά μας για να ψύξουμε αυτή την ημερήσια ποσότητα, από τη θερμοκρασία εισαγωγής στη θερμοκρασία του θαλάμου μας σε 24 ώρες.

Για τους θαλάμους συντήρησης νωπών προϊόντων

<sup>114</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 15. Σύντομος υπολογισμός της θερμικής απώλειας λόγω της θερμικής αναπνοής των προϊόντων.



Η θερμική απώλεια, λόγω της ημερήσιας εισαγωγής  $Q_n$  είναι:

$$Q_n = 21,25 * B \text{ σε Kcal} \quad (115)$$

### 6.2.4. Σύντομος υπολογισμός των υπόλοιπων θερμικών απωλειών του ψυκτικού θαλάμου (απώλειες χρήσης)

Για να ολοκληρωθεί ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών του ψυκτικού θαλάμου, πρέπει να υπολογίσουμε ακόμη τις "απώλειες χρήσης" που περιλαμβάνουν: <sup>(116)</sup>

- τις απώλειες λόγω εισροής αέρα από τις ανοιχτές πόρτες
- τις απώλειες λόγω της παρουσίας των εργαζομένων ατόμων
- τις απώλειες λόγω φωτισμού και λειτουργούντων ηλεκτρονικητήρων
- τις απώλειες λόγω σχηματισμού πάγου στα πτερύγια των αεροψυκτήρων
- τις απώλειες λόγω αποπάγωσης των αεροψυκτήρων.

Γίνεται κατανοητό, ότι οι απώλειες χρήσης δεν είναι τυποποιημένες και ο υπολογισμός τους γίνεται κατά προσέγγιση, εφ' όσον όλοι οι συντελεστές μπορούν να διαφέρουν από τον ένα ψυκτικό θάλαμο στον άλλο, όπως ο φωτισμός, οι εργαζόμενοι, οι ανοιχτές πόρτες κ.λπ. Στον κατά προσέγγιση υπολογισμό των "απωλειών χρήσης" θα χρησιμοποιήσουμε τον πίνακα:

<b>Θερμοκρασία περιβάλλοντος:</b>	40°C	40°C	40°C	40°C
<b>Θερμοκρασία ψυκτικού θαλάμου:</b>	0°C	-18°C	-20°C	-25°C
<b>Διαφορά θερμοκρασίας περιβάλλοντος και ψυκτικού θαλάμου:</b>	40°C	58°C	60°C	65°C
<b>Όγκος ψυκτικού θαλάμου σε m<sup>3</sup></b>				
5 - 10	63	70	71	73
10 - 20	58	65	66	68
20 - 30	53	60	61	63
30 - 40	47	54	55	57
40 - 50	34	41	42	44
50 - 80	26	33	34	36
80 - 100	25	32	33	35
100 - 150	23	30	31	33
150 - 200	22	26	28	30
200 - 250	20	25	27	29
250 - 300	19	24	26	28
300 - 400	19	23	25	27
400 - 500	18	22	24	26

<sup>115</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 16. Σύντομος υπολογισμός της θερμικής απώλειας λόγω της ημερήσιας εισαγωγής προϊόντων.

<sup>116</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 17. Σύντομος υπολογισμός των υπόλοιπων θερμικών απωλειών χρήσης.



500 - 600	18	20	23	25
600 - 700	16	20	22	24
700 - 800	15	20	21	23
800 - 900	14	19	20	22
900 - 1000	12	18	19	21

που μας δίνει τους συντελεστές εκείνους με τους οποίους πρέπει να πολλαπλασιάσουμε τον εσωτερικό όγκο ενός θαλάμου, για να υπολογίσουμε την ωριαία απώλεια σε Kcal. Στην ουσία αυτοί οι συντελεστές του πίνακα είναι η απώλεια κάθε κυβικού μέτρου του όγκου του θαλάμου, ανάλογα με τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ περιβάλλοντος και θαλάμου.

Αν λοιπόν ξέρουμε τον εσωτερικό όγκο ενός ψυκτικού θαλάμου και τον πολλαπλασιάζουμε επί τον συντελεστή του πίνακα, τότε βρίσκουμε τη θερμική απώλεια χρήσης σε Kcal ανά ώρα.

### **6.3. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος και επιλογή των κυρίων συγκροτημάτων μιας ψυκτικής εγκατάστασης**

#### **6.3.1. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος του συμπιεστή**

Το σύνολο των θερμικών απωλειών  $Q_{ολ}$ , του ψυκτικού θαλάμου μας δίνει την απόδοση που πρέπει να έχει ο συμπιεστής της ψυκτικής εγκατάστασης αυτού του θαλάμου. Οι ολικές απώλειες πρέπει να καλύπτονται κάθε ώρα και επί 24 ώρες ημερησίως.

Η λειτουργία όμως του συμπιεστή είναι αδύνατο να είναι συνεχής, τόσο για λόγους καθαρά τεχνικούς, όσο και πρακτικούς, εφ' όσον έχουμε υποχρεωτικές διακοπές της λειτουργίας για αποπαγώσεις των αεροψυκτήρων, συντήρηση κλπ.

Στο στάδιο της μελέτης παραδεχόμαστε, ότι η λειτουργία του συμπιεστή θα είναι 16 έως 20 ώρες ανά 24ωρο. Έτσι η ψυκτική ισχύς  $Q_{σ}$ , του συμπιεστή, δίδεται από τον τύπο:

$$Q_{σ} = Q_{ολ} * 1,5 \text{ Kcal / hr} \quad (117)$$

##### **6.3.1.1. Ο εταιροχρονισμός και ο συντελεστής του**

Ο όρος "εταροχρονισμός" αναφέρεται σε ψυκτικές εγκαταστάσεις στις οποίες ένας συμπιεστής εξυπηρετεί περισσότερους από ένα ψυκτικούς θαλάμους.

Όταν ένας ψυκτικός θάλαμος εξυπηρετείται από ένα συμπιεστή, τότε η ψυκτική ισχύς του συμπιεστή υπολογίζεται με τον τύπο, που αναφέρθηκε πιο πάνω. Αν όμως ένας αριθμός ψυκτικών θαλάμων εξυπηρετούνται από ένα συμπιεστή, τότε μπορεί να γίνει μια ποσοστιαία έκπτωση στη συνολική απαιτούμενη ισχύ χωρίς κινδύνους. Στην

<sup>117</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 21. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος του συμπιεστή.



περίπτωση αυτή υποθέτουμε ότι δεν θα λειτουργούν όλοι οι θάλαμοι ταυτόχρονα, αλλά πρακτικά μπορεί όταν λειτουργούν μερικοί, να είναι σταματημένος κάποιος άλλος.

### **6.3.1.2. Πίνακες ψυκτικής ισχύος των συμπιεστών των κατασκευαστών**

Οι πληροφορίες που μας δίνει αφορούν την ψυκτική ισχύ που αναπτύσσει κάθε τύπος συμπιεστή αυτού του συγκεκριμένου κατασκευαστή σε διάφορες καταστάσεις, δηλαδή σε διάφορες θερμοκρασίες αναρρόφησης και διάφορες θερμοκρασίες κατάθλιψης. Είναι πίνακες πάρα πολύ χρήσιμοι και δεν πρέπει να λείπουν από κανένα συνεργείο, που ασχολείται με ψυκτικά.

Ο παρακάτω πίνακας είναι μια σελίδα από το τεχνικό εγχειρίδιο ενός κατασκευαστή συμπιεστών (για ψυκτικό μέσο R22):

Model	Θερμοκρασία συμπύκνωσης	Θερμοκρασία αναρρόφησης (ή εξάτμισης) °C.											
		12,5	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
A	30	87608	85353	71823	59629	48722	39041	30564	22240				
	40	78204	76076	63306	51831	41613	32620	24812	17380				
	50	68216	66242	54404	43800	34433	26260	19262	12860				
B	30												
	40							37167	27760	20820	15040		
	50							31901	23140	16900			
Γ	30												
	40							40914	31130	24160	18070		
	50							36256	27090	20530			
Δ	30	120999	117699	97900	80623	65675	52864	41978	31400				
	40	106861	103875	85960	70334	56804	45188	35294	25740	20730			
	50	91890	89282	73635	60004	48196	38038	29329	20930	16710			
E	30				87196	71600	57969	46150	34430				
	40	116026	112909	94204	76937	62516	49907	39061	28250	21640			
	50	101789	98933	81798	66111	53128	41755	31860	22300	16460			
Z	30	126198	123006	103855	86781	71640	58303	46636	34920				
	40	113635	110661	92816	76886	62759	50292	39365	28560				
	50	100069	97953	81059	66516	53604	42200	32174	22400				
H	30												
	40							52966	39800	30500	22650		
	50							46180	34120	25590			
Θ	30				111835	92584	75732	61088	46370				
	40	148300	144435	121244	99855	82021	66384	66384	39250	31220			
	50	128262	125183	106711	87196	71053	56895	56895	32380	24950			
I	30	166283	161996	136273	113658	93910	76805	76805	47470				
	40	149340	145418	121882	101171	83094	67407	67407	40510				
	50	131189	127705	106802	88411	72339	72339	58272	34330				

### **6.3.1.3. Συντελεστές υπολογισμού της διακύμανσης της ισχύος**

Σε πολλές περιπτώσεις οι κατασκευαστές δίνουν τη ψυκτική ισχύ ενός συμπιεστή σε μια τυποποιημένη κατάσταση, που είναι συνήθως η θερμοκρασία εξάτμισης  $-10^{\circ}\text{C}$  και η θερμοκρασία συμπύκνωσης  $+35^{\circ}\text{C}$ .

Ο παρακάτω πίνακας δίνει τον συντελεστή με τον υπολογίζεται η ψυκτική ισχύ ενός οποιουδήποτε συμπιεστή, που λειτουργεί με R22, όταν σας είναι γνωστή η ισχύς του.

Θερμοκρασία αναρρόφησης ή εξάτμισης	Θερμοκρασία συμπύκνωσης ή καταθλιψης			
	+30°C	+35°C	+40°C	+45°C
+10°C	2,33	2,18	2,03	1,6
+7,5°C	2,13	1,99	1,85	1,46
+5°C	1,94	1,81	8	1,33
0°C	1,62	1,51	1,4	1,11
-5°C	1,33	1,24	1,15	0,91
-10°C	1,07	1	0,93	0,79
-15°C	0,88	0,82	0,76	0,6
-20°C	0,68	0,64	0,6	0,47
-25°C	0,54	0,5	0,46	0,36
-30°C	0,41	0,38	0,35	0,28



### 6.3.2. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος του αεροψυκτήρα και της σχετικής υγρασίας του ψυκτικού θαλάμου

Οι ψυκτικοί θεωρούν το συμπιεστή σαν την "καρδιά" της ψυκτικής εγκατάστασης. Τότε σίγουρα ο αεροψυκτήρας όταν λειτουργεί σωστά, εξασφαλίζει σωστή. Ο προορισμός του δεν είναι μόνο να ψύχει τον αέρα και να τον κυκλοφορεί μέσα στο θάλαμο πετυχαίνοντας σωστή και ομοιόμορφη θερμοκρασία, αλλά και να διατηρεί τη σχετική υγρασία μέσα στο θάλαμο, στα επιθυμητά επίπεδα.

#### 6.3.2.1. Η ψυκτική ισχύς του αεροψυκτήρα και η σχετική υγρασία του θαλάμου

Λογικά θα έπρεπε η ψυκτική ισχύς του αεροψυκτήρα να είναι ίση με τη ψυκτική ισχύ του συμπιεστή. Τα πράγματα θα ήταν τόσο υπεραπλουστευμένα αν δεν υπήρχε ο μπελάς της σχετικής υγρασίας του ψυκτικού θαλάμου. Η υγρασία σε συνάρτηση με τη λειτουργία του αεροψυκτήρα μπορεί να εξασφαλιστεί με δύο τρόπους: <sup>(118)</sup>

- μέσω της διαφορικής θερμοκρασίας αεροψυκτήρα και θαλάμου  $\Delta t$ .
- και μέσω της μέσης διαφορικής θερμοκρασίας  $\Delta t_m$  του αεροψυκτήρα.

Οι δύο αυτοί τρόποι είναι της ίδιας σπουδαιότητας, της ίδιας ακριβείας. Άλλοι κατασκευαστές αεροψυκτών υιοθετούνταν ένα και άλλοι τον άλλο, χωρίς να δικαιολογούν τεκμηριωμένα την προτίμησή τους αυτή. Και δεν τη δικαιολογούν, διότι δεν υπάρχει καμιά διαφορά, ως προς το τελικό αποτέλεσμα.

#### 6.3.2.1.1. Εξασφάλιση υγρασίας

##### 6.3.2.1.1.1. Η υγρασία του ψυκτικού θαλάμου μέσω της διαφορικής θερμοκρασίας $\Delta t$

Η διαφορική θερμοκρασία, το γνωστό μας  $\Delta t$ , είναι η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας αναρρόφησης  $t_{av}$  (ή εξάτμισης του ψυκτικού υγρού μέσα στον αεροψυκτήρα) και της θερμοκρασίας  $t_\theta$  του θαλάμου, δηλαδή:

$$\Delta t = t_\theta - t_{av} \quad (122)$$

Η διαφορά αυτή, ρυθμίζει τη σχετική υγρασία μέσα στο θάλαμο. Πρέπει να σημειώσουμε, ότι υψηλές τιμές του  $\Delta t$  αφυγραίνουν πιο πολύ τον αέρα που περνά μέσα από τις πτερυγώσεις του αεροψυκτήρα και έτσι προκαλούν χαμηλή σχετική

<sup>118</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 22. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος του αεροψυκτήρα - σχετική υγρασία του θαλάμου.



υγρασία μέσα στο θάλαμο. Αυτό σημαίνει πρακτικά, ότι όσο μεγαλώνει το  $\Delta t$ , τόσο χαμηλώνει η σχετική υγρασία.

Ένας αεροψυκτήρας, μπορεί να παρουσιάσει μεγάλη διακύμανση της ισχύος του ανάλογα με την τιμή του  $\Delta t$ . Όσο μεγαλύτερο είναι το  $\Delta t$ , τόσο πιο μεγάλη θα είναι και η ισχύς που θα αναπτύσσει. Αντίθετα, όσο πιο μικρό είναι το  $\Delta t$ , τόσο πιο μικρή θα είναι η ισχύς.

### **6.3.2.1.1.1. Η υγρασία του ψυκτικού θαλάμου μέσω της μέσης διαφορικής θερμοκρασίας $\Delta t_m$ του αεροψυκτήρα**

Η μέση διαφορική θερμοκρασία του αεροψυκτήρα, το γνωστό μας  $\Delta t_m$ , ονομάζεται η διαφορά της μέσης θερμοκρασίας  $t_m$  του αέρα που περνά από τις πτερυγώσεις του αεροψυκτήρα και της θερμοκρασίας αναρρόφησης ή εξάτμισης του ψυκτικού υγρού, μέσα στον αεροψυκτήρα  $t_{av}$ :

$$\Delta t_m = t_{av} - t_m \quad (119)$$

Η μέση θερμοκρασία  $t_m$  του αέρα είναι το ημίθροισμα των θερμοκρασιών στην είσοδο και στην έξοδο των πτερυγώσεων του αεροψυκτήρα.

Η μέση διαφορική θερμοκρασία  $\Delta t_m$  ρυθμίζει τη σχετική υγρασία μέσα στο θάλαμο, όπως έκανε και η  $\Delta t$ . Έτσι, αν ρυθμίσουμε στη σωστή θερμοκρασία την εξάτμιση του υγρού μέσα στον αεροψυκτήρα, δηλαδή αν ρυθμίσουμε την απαιτούμενη θερμοκρασία αναρρόφησης, τότε θα πετύχουμε μέσα στο θάλαμο την επιθυμητή σχετική υγρασία.

### **6.3.2.1.2. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος του αεροψυκτήρα**

Ο αεροψυκτήρας δεν προορίζεται μόνο για να ψύχει και να κυκλοφορεί τον αέρα, αλλά και για να διατηρεί τη σχετική υγρασία του θαλάμου σε επιθυμητά επίπεδα.

Για να απλουστευθεί ακόμη το παράδειγμά μας ας υποθέσουμε, ότι έχουμε δύο ψυκτικούς θαλάμους, του ίδιου όγκου, της ίδιας χωρητικότητας και της ίδιας θερμοκρασίας συντήρησης, 0°C. Στον ένα θάλαμο θα συντηρούνται λαχανικά σε σχετική υγρασία 90% και στον άλλο θα συντηρούνται όσπρια σε σχετική υγρασία 70%. Η μόνη διαφορά αυτών των δύο θαλάμων είναι η σχετική υγρασία τους. Εκείνος ο θάλαμος με την υψηλή σχετική υγρασία 90% χρειάζεται αεροψυκτήρα υπερδιπλάσιας ισχύος από το θάλαμο με την χαμηλότερη σχετική υγρασία 70%.

Συνδυάζοντας όλα τα προαναφερθέντα μπορούμε να καταλήξουμε σε ένα ακόμη συμπέρασμα. Μπορούμε να επιλέξουμε ένα αεροψυκτήρα για τη συγκεκριμένη εξυπηρέτηση ενός θαλάμου. Ο ίδιος αυτός αεροψυκτήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάποιο άλλο θάλαμο με πολύ πιο μεγάλο όγκο, φτάνει να επιλεγεί πιο μεγάλο  $\Delta t$ , που όμως αυτό συνεπάγεται πιο χαμηλή σχετική υγρασία μέσα στο ψυκτικό θάλαμο. Όλα αυτά απλουστεύονται και η πιθανότητα λάθους μειώνεται στο ελάχιστο ή ακόμη και μηδενίζεται με τη χρησιμοποίηση του συντελεστή  $f$  της ψυκτικής ονομαστικής

<sup>119</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 22. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος του αεροψυκτήρα - σχετική υγρασία του θαλάμου.



ισχύος του αεροψυκτήρα. Η ονομαστική ισχύς του αεροψυκτήρα είναι εκείνη, που χρειάζεται ο δικός μας ο θάλαμος, για τις δικές μας συνθήκες λειτουργίας. Αυτός ο συντελεστής  $f$  είναι το σωστό κλειδί για την πόρτα της ισχύος σε σχέση με τη σχετική υγρασία. Αυτός ο ίδιος συντελεστής  $f$  έχει ακόμη ένα σημαντικό προορισμό, να "διορθώσει" την ισχύ του αεροψυκτήρα από τις συνθήκες των τεχνικών εγχειριδίων των κατασκευαστών στις συνθήκες τις δικές μας, γι' αυτό και ονομάζεται και "συντελεστής διόρθωσης" επίσης (correction factor), που οδηγεί τελικά την ισχύ του συμπιεστή μας στην ισχύ του αεροψυκτήρα.

Η ψυκτική ονομαστική ισχύς του αεροψυκτήρα δίδεται από τον τύπο:

$$Q_{oN} = \frac{\zeta \sigma}{\epsilon} \quad (120)$$

όπου:

- $Q_{\sigma}$  : είναι η ψυκτική ισχύς του συμπιεστή και  
 $F$  : είναι ο συντελεστής ονομαστικής ισχύος ή διόρθωσης.

<sup>120</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 22. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος του αεροψυκτήρα - σχετική υγρασία του θαλάμου.

### 6.3.3. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος ενός αεροψυκτήρα φυσικής κυκλοφορίας αέρα

Ο αεροψυκτήρας φυσικής κυκλοφορίας χρησιμοποιείται, όπως γνωρίζουμε, σε ψυκτικούς θαλάμους που απαιτείται υψηλή σχετική υγρασία και όσο το δυνατό πιο χαμηλή ταχύτητα αέρα. Είναι οι θάλαμοι με "υγρή ψύξη" όπως έχει επικρατήσει να ονομάζονται. Στις περιπτώσεις αυτές δεν αφυδατώνονται τα αποθηκευμένα προϊόντα, που είναι συνήθως ψάρια, οστρακοειδή και αλιεύματα που διατηρούνται σε νωπή κατάσταση, η επιφάνειά τους διατηρείται γυαλιστερή, με ζωηρά τα φυσικά της χρώματα και τα εμπορικά της χαρακτηριστικά.

Για τις εγκαταστάσεις που λειτουργούν με FREON, κατασκευάζονται συνήθως από χαλκοσωλήνες Φ28 με πάχος 1.5 mm ή Φ22 με πάχος 1 mm. Για τις περιπτώσεις εγκαταστάσεων που λειτουργούν με αμμωνία κατασκευάζονται από αντίστοιχης διαμέτρου σιδερένιους σωλήνες χωρίς ραφή (τούμπα). Οι σερπαντίνες τοποθετούνται στην οροφή του θαλάμου, ώστε να διευκολύνεται η κυκλοφορία του κρύου αέρα, που γίνεται αργά, με χαμηλή ταχύτητα, χωρίς ανεμιστήρες. Αν η επιφάνεια της οροφής δεν επαρκεί, τότε ένας αριθμός σερπαντινών τοποθετείται και στα πλευρικά τοιχώματα.

#### 6.3.3.1. Υπολογισμός της ψυκτικής επιφάνειας της σερπαντίνας

Για να υπολογίσουμε την επιφάνεια της σερπαντίνας χρησιμοποιούμε τον τύπο

$$Q_{ON} = \kappa * F * \Delta t \quad (121)$$

όπου:

- $Q_{on}$  : ονομαστική ισχύς του αεροψυκτήρα σε kcal / h  
 $K$  : συντελεστής θερμοπερατότητας σε kcal / h / m<sup>2</sup> / °C.  
 $K = 110$  kcal / m<sup>2</sup> \* h°C για σερπαντίνα από χαλκοσωλήνα.  
 $K = 100$  kcal / m<sup>2</sup> \* h°C για σερπαντίνα από τούμπα.  
 $\Delta t$  : διαφορική θερμοκρασία  $\Delta t$   
 $F$  : ψυκτική επιφάνεια της σερπαντίνας σε m<sup>2</sup>

#### 6.3.3.2. Υπολογισμός του μήκους του σωλήνος

Έχει αναφερθεί ότι οι σερπαντίνες για εγκαταστάσεις που λειτουργούν με Freon κατασκευάζονται από χαλκοσωλήνα Φ28 x 1,5 mm ή Φ22 x 1 mm. Μπορούν όμως να κατασκευαστούν και από σιδηροσωλήνα χωρίς ραφή (τούμπα) αντίστοιχης διατομής. Για εγκαταστάσεις αμμωνίας χρησιμοποιείται μόνο τούμπα και απαγορεύεται η χρησιμοποίηση χαλκού.

Κάθε τρέχον μέτρο χαλκοσωλήνα Φ28 έχει επιφάνεια:

<sup>121</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 23. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος του αεροψυκτήρα φυσικής κυκλοφορίας αέρα.



$$3.14 * 2.8 * 100 = 879\text{cm}^2 = 0,0879\text{m}^2 \quad (122)$$

Κάθε τρέχον μέτρο χαλκοσωλήνα Φ22 έχει επιφάνεια:

$$3.14 * 2.2 * 100 = 691\text{cm}^2 = 0,0691\text{m}^2 \quad (126)$$

Αν λοιπόν, για το παράδειγμά μας, θα χρησιμοποιηθεί χαλκοσωλήνα Φ28 για την κατασκευή της σερπαντίνας, χρειαζόμαστε  $11.6 : 0,0879 = 132 \text{ m}$ .

Αν η σερπαντίνα κατασκευαστεί από χαλκοσωλήνα Φ22 τότε χρειαζόμαστε  $11.6 : 0,0691 = 167 \text{ m}$ .

---

<sup>122</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 23. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος του αεροψυκτήρα φυσικής κυκλοφορίας αέρα.

## 6.3.4. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος του συμπυκνωτή

### 6.3.4.1. Θερμοδυναμικά στοιχεία

Για να γίνει κατανοητός ο υπολογισμός της ισχύος του συμπυκνωτή μιας ψυκτικής εγκατάστασης, πρέπει να θυμηθούμε λίγα βασικά θερμοδυναμικά στοιχεία του κύκλου λειτουργίας των ψυκτικών.

Όταν φτάνει στην εκτονωτική βαλβίδα το ψυκτικό υγρό έχει πίεση ίση με την πίεση κατάθλιψης του συμπιεστή και θερμοκρασία ίση με τη θερμοκρασία συμπύκνωσης. Στη βαλβίδα το υγρό θα εκτονωθεί, δηλαδή θα πέσει η πίεση και η θερμοκρασία του, ενώ θα αυξηθεί η ταχύτητα και ο όγκος του. Αυτό σημαίνει πρακτικά ότι το υγρό μετατρέπεται σε υδρατμό χαμηλής πίεσης, δηλαδή υγρό υδρατμό και στην κατάσταση αυτή μπαίνει μέσα στον αεροψυκτήρα.

Μέσα στον αεροψυκτήρα η πίεση είναι χαμηλή και ίση με την πίεση αναρρόφησης του συμπιεστή. Η χαμηλή πίεση βοηθά τους υδρατμούς να μετατραπούν από υγρό σε ξηρό ατμό απορροφώντας θερμότητα από το θάλαμο και από τα αποθηκευμένα προϊόντα.

Έτσι η θερμοκρασία του θαλάμου κατεβαίνει, τα προϊόντα "ψύχονται" ενώ οι ξηροί ατμοί του ψυκτικού υγρού αναρροφούνται από τον συμπιεστή.

Ο συμπιεστής αναρροφά τους ξηρούς ατμούς σε χαμηλή πίεση και σε χαμηλή θερμοκρασία, τη γνωστή μας πίεση αναρρόφησης και την τόσο σημαντική θερμοκρασία αναρρόφησης ή εξάτμισης.

Ο συμπιεστής συμπιέζει τους ατμούς, που έτσι υπερθερμαίνονται και στο τέλος της συμπίεσης έχουν αποκτήσει τόση πίεση ώστε η θερμοκρασία κορεσμού, που αντιστοιχεί στην πίεση αυτή να είναι πιο χαμηλή από τη θερμοκρασία του μέσου που ψύχει τον συμπυκνωτή, δηλαδή του αέρα ή του νερού. Στην κατάσταση αυτή οι υπέρθερμοι ατμοί καταθλίβονται μέσα στο συμπυκνωτή.

Στο συμπυκνωτή απορρίπτεται η θερμότητα, που απορρόφησαν οι ατμοί από το θάλαμο, δηλαδή η αισθητή θερμότητα. Απορρίπτεται όμως και η προσδοθείσα από τον συμπιεστή, κατά τη συμπίεση, δηλαδή η λανθάνουσα θερμότητα, οπότε προκαλείται η συμπύκνωση. Η ψύξη των ατμών γίνεται σε τρεις διαδοχικές φάσεις: <sup>(123)</sup>

- αφυπερθέμανση, δηλαδή μείωση της θερμοκρασίας των υπέρθερμων ατμών σε θερμοκρασία κορεσμού.
- συμπύκνωση, δηλαδή απελευθέρωση της λανθάνουσας θερμότητας των ατμών και κατά συνέπεια η μετατροπή τους σε υγρό, σε θερμοκρασία κορεσμού και
- υπόψυξη, δηλαδή μείωση της θερμοκρασίας του συμπυκνώματος πιο κάτω από τη θερμοκρασία κορεσμού.

### 6.3.4.2. Ισχύς συμπυκνωτή

Είναι προφανές, ότι για να φέρει σε σωστό πέρας ο συμπυκνωτής τον προορισμό του πρέπει να είναι ικανός να απορρίψει την ποσότητα θερμότητας, που απορροφήθηκε

<sup>123</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 24. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος ενός συμπυκνωτή.



από το θάλαμο και τα αποθηκευμένα προϊόντα, μέσω του αεροψυκτήρα και την ποσότητα θερμότητας που προσδόθηκε στους ατμούς κατά τη συμπίεση από το συμπιεστή.

Πρακτικά όλα τα παραπάνω σημαίνουν, ότι η ψυκτική ισχύς του συμπυκνωτή ισούται με το άθροισμα της ψυκτικής ισχύος του αεροψυκτήρα και της ισχύος του ηλεκτροκινητήρα του συμπιεστή.

$$Q_a = Q_{on} + N_{\eta\lambda} \quad (124)$$

όπου:

- $Q_a$  : ψυκτική ισχύς του συμπυκνωτή
- $Q_{on}$  : ονομαστική ψυκτική ισχύς του αεροψυκτήρα
- $N_{\eta\lambda}$  : ισχύς του ηλεκτροκινητήρα του συμπιεστή.

Στον τύπο αυτό είναι απαραίτητο η ισχύς του αεροψυκτήρα καθώς και η ισχύς του ηλεκτροκινητήρα του συμπιεστή να εκφράζονται στην ίδια μονάδα, δηλαδή σε W ή σε Kcal / hr. Υπενθυμίζεται ότι η σχέση ανάμεσα στις δύο μονάδες είναι  $Kcal / hr = W \times 0,86$ . Η ψυκτική ισχύς του συμπυκνωτή ονομάζεται ακόμη και απορριπτόμενη.

<sup>124</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 24. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος ενός συμπυκνωτή.

### 6.3.5. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος ενός υδρόψυκτου συμπυκνωτή

Ο υδρόψυκτος συμπυκνωτής έχει υψηλή και σταθερή απόδοση. Είναι ισχυρής κατασκευής και μικρού αναλογικά μεγέθους. Το μεγάλο μειονέκτημά του είναι η απαιτούμενη μεγάλη κατανάλωση νερού, που υπολογίζεται σε 900 λίτρα ανά ίππο, ανά ώρα. Είναι η βασική αιτία που επεκράτησαν ολοκληρωτικά στις ναυτικές ψυκτικές εγκαταστάσεις, αφού κατά τη λειτουργία τους χρησιμοποιούν θαλασσινό νερό, σαν ειδικές κατασκευές με αυλούς από νικελιούχο χαλκό (curo-nickel), ώστε να αντιστέκονται στις διαβρώσεις.

Στις ψυκτικές εγκαταστάσεις ξηράς χρησιμοποιούνται πολύ σπάνια και πάντα σε συνδυασμό με πύργο ψύξης, ώστε να ανακυκλώνεται η χρήση του νερού και να περιορίζεται αισθητά η μεγάλη τους κατανάλωση. Για τη λειτουργία τους χρησιμοποιούνται 900 - 1000 λίτρα ανά ίππο ανά ώρα, ψυχόμενο στον πύργο. Η χρησιμοποίηση του συνδυασμού υδρόψυκτου συμπυκνωτή και πύργου είναι μία ακριβή λύση και έτσι επικράτησαν άλλοι τύποι συμπυκνωτών.

Κατασκευαστικά υπολογίζονται για διαφορική θερμοκρασία νερού  $\Delta t = 5^{\circ}\text{C}$ , δηλαδή το νερό ψύξης βγαίνει από τον συμπυκνωτή σε θερμοκρασία  $5^{\circ}\text{C}$  υψηλότερη από τη θερμοκρασία εισόδου. Η διαφορική θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού είναι  $\Delta t = 10^{\circ}\text{C}$ . Η ενεργός επιφάνεια εναλλαγής υπολογίζεται  $0,5 \text{ m}^2$  ανά ίππο ισχύος του ηλεκτροκινητήρα του συμπιεστή. Με θερμοκρασία νερού  $25^{\circ}\text{C}$ , πετυχαίνουν θερμοκρασία συμπύκνωσης  $+35^{\circ}\text{C}$  και τότε η πίεση συμπύκνωσης, δηλαδή η πίεση κατάθλιψης του συμπιεστή είναι  $12,5 \text{ kg/c m}^2$  για το R22 και τα αντίστοιχά του. Η ψυκτική ισχύς ή απορριπτόμενη θερμότητα  $Q_{\text{on}}$  ενός υδρόψυκτου συμπυκνωτή υπολογίζεται από το βασικό τύπο της ισχύος:

$$Q_{\text{on}} = Q_{\text{on}} + N_{\eta\lambda} \text{ (}^{125}\text{)}$$

όπου:

- $Q_{\text{on}}$  : ονομαστική ψυκτική ισχύς των αεροψυκτήρων  
 $N_{\eta\lambda}$  : ισχύς του ηλεκτροκινητήρα του συμπιεστή

Η ισχύς  $Q_{\text{on}}$ ,  $Q_{\text{ON}}$  και  $N_{\eta\lambda}$  πρέπει να εκφράζονται στην ίδια μονάδα, δηλαδή W ή KW ή kcal /hr.

### 6.3.6. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος ενός αερόψυκτου συμπυκνωτή

Είναι ο πιο οικονομικός τύπος συμπυκνωτή της ψυκτικής εγκατάστασης, ο απλός στην εγκατάστασή του, ο πιο ελαφρύς κατά τη λειτουργία του και ο πιο εύκολος στη συντήρησή του.

<sup>125</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 25. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος ενός υδρόψυκτου συμπυκνωτή.



Το μεγάλο του μειονέκτημα είναι, ότι η πίεση και η θερμοκρασία συμπύκνωσης αυξάνονται υπερβολικά με την αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, με ταυτόχρονη μείωση όχι μόνο της ισχύος του συμπυκνωτή, αλλά ολόκληρης της εγκατάστασης.

Επί πλέον η αύξηση της πίεσης κατάθλιψης του συμπιεστή οδηγεί σε πιο γρήγορη φθορά και αυξημένο κόστος συντήρησης, αλλά και περισσότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή αυξημένο λειτουργικό κόστος.

Κατασκευαστικά υπολογίζονται για διαφορική θερμοκρασία  $\Delta t = 15^\circ\text{C}$ , δηλαδή η θερμοκρασία συμπύκνωσης είναι  $15^\circ\text{C}$  πιο πάνω από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Έτσι, όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι  $25^\circ\text{C}$ , τότε η θερμοκρασία συμπύκνωσης είναι  $40^\circ\text{C}$ . Στη θερμοκρασία αυτή το R22 και τα αντίστοιχα του ψυκτικά υγρά αναπτύσσουν πίεση συμπύκνωσης ή πίεση κατάθλιψης συμπιεστή  $14.3 \text{ kg/cm}^2$ . Όταν όμως η θερμοκρασία περιβάλλοντος ανέβει στους  $35^\circ\text{C}$  τότε η θερμοκρασία συμπύκνωσης είναι  $50^\circ\text{C}$ , το R22 αναπτύσσει πίεση κατάθλιψης του συμπιεστή  $19,03 \text{ kg/m}^2$  και μείωση της απόδοσης 15%.

Οι κατασκευαστές αερόψυκτων συμπυκνωτών υιοθετούν τα ακόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά: <sup>(126)</sup>

- ενεργό ψυκτική επιφάνεια συμπυκνωτή 4 έως 4,5 m<sup>2</sup> ανά 1000 kcal / hr (1163 W) ψυκτικής ισχύος.
- ροή αέρα ψύξης 350 m<sup>3</sup> /hr, ανά 1000 kcal / hr ψυκτικής ισχύος.
- ταχύτητα αέρα 2.5 m/sec.
- όγκο σωλήνων 0,45 λίτρα ανά 1000 kcal / hr ψυκτικής ισχύος.
- ισχύ ηλεκτροκινητήρων ανεμιστήρων 1 HP ανά 2600 m<sup>3</sup> /hr.

Η ψυκτική ισχύς ή η απορριπτόμενη θερμότητα  $Q_{ap}$  ενός αερόψυκτου συμπυκνωτή υπολογίζεται από τον τύπο:

$$Q_{ap} = (Q_{on} + Q_{ηλ}) * f \quad (130)$$

Μέσα στην παρένθεση είναι πάλι ο βασικός τύπος υπολογισμού της ισχύος του συμπυκνωτή, που είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, δηλαδή η ονομαστική ισχύς των αεροψυκτών  $Q_{on}$  και η ισχύς του ηλεκτροκινητήρα του συμπιεστή. Τώρα όμως έχει προστεθεί ο συντελεστής ισχύος  $f$ , που είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα και της αντίστοιχης διακύμανσης της πίεσης συμπύκνωσης. Γι' αυτό ο συντελεστής ονομάζεται ακόμη και συντελεστής διόρθωσης (correction factor). Η ψυκτική ισχύς ή απορριπτόμενη θερμότητα ενός αερόψυκτου συμπυκνωτή μιας ψυκτικής εγκατάστασης μπορεί να υπολογιστεί και με άλλο τρόπο, αν δεν γνωρίζουμε την ισχύ του ηλεκτροκινητήρα του συμπιεστή, χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$Q_{ap} = Q_{on} * f_1 * f_2 * f_3 * f_4 \quad (127)$$

όπου:

<sup>126</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 26. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος ενός αερόψυκτου συμπυκνωτή.

<sup>127</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 26. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος ενός αερόψυκτου συμπυκνωτή.



- f1 : συντελεστής συμπύκνωσης  
 = 1.68 για θερμοκρασία περιβάλλοντος 20°C και συμπύκνωσης 35°C  
 = 1.70 για θερμοκρασία περιβάλλοντος 25°C και συμπύκνωσης 40°C  
 = 1.72 για θερμοκρασία περιβάλλοντος 30°C και συμπύκνωσης 45°C  
 = 1.75 για θερμοκρασία περιβάλλοντος 35°C και συμπύκνωσης 50°C  
 = 2.00 για θερμοκρασία περιβάλλοντος 40°C και συμπύκνωσης 55°C
- f2 : συντελεστής "τύπου" του συμπιεστή  
 = 0,94 για συμπιεστές ανοικτού τύπου  
 = 1,00 για συμπιεστές ημίκλειστου τύπου  
 = 1.06 για συμπιεστές κλειστού τύπου
- f3 : συντελεστής Δt συμπύκνωσης  
 = 1 για διαφορική θερμοκρασία συμπύκνωσης Δt = 15  
 = 1,5 για Δt = 10  
 = 0,75 για Δt = 20
- f4 : συντελεστής θερμοκρασίας του περιβάλλοντος  
 = 1 για θερμοκρασία περιβάλλοντος 25°C  
 = 1,1 για 30°C  
 = 1,03 για 35°C  
 = 1,05 για 40°C  
 = 1,06 για 45°C

### 6.3.7. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος ενός εξατμιστικού συμπυκνωτή

Η υψηλή κατανάλωση νερού των υδρόψυκτων συμπυκνωτών και η χαμηλή απόδοση των αερόψυκτων σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος επέβαλαν τη χρήση των εξατμιστικών συμπυκνωτών, ιδιαίτερα στις βιομηχανικές ψυκτικές εγκαταστάσεις μεγάλης ισχύος.

Οι εξατμιστικοί συμπυκνωτές έχουν απώλεια νερού 10% κατά τη λειτουργία τους, κατά συνέπεια η εξοικονόμηση φθάνει στο 90% σε σύγκριση με τους καθαρά υδρόψυκτους. Έτσι η χρησιμοποίησή τους είναι μια σωστή επιλογή ακόμα και μέσα σε μεγάλες πόλεις ή σε περιοχές με περιορισμούς κατανάλωσης νερού.

Το μεγάλο πλεονέκτημα των εξατμιστικών συμπυκνωτών είναι ότι μπορούν να διατηρούν σταθερή τη θερμοκρασία συμπύκνωσης στους 40°C ακόμη και αν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι 35°C, αν γίνει σωστή επιλογή, κατά το στάδιο της μελέτης μιας ψυκτικής εγκατάστασης.

Το μειονέκτημά τους είναι το μεγάλο βάρος λειτουργίας, που οφείλεται τόσο στο μεγάλο βάρος που έχουν σαν κατασκευές, όσο και στο προστιθέμενο, αφού στο κάτω μέρος τους είναι η δεξαμενή αποθήκευσης του νερού που χρησιμοποιούν κατά τη λειτουργία.



Ο εξατμιστικός συμπυκνωτής μπορεί να εγκατασταθεί σε υπαίθριο χώρο, οπουδήποτε κοντά στο μηχανοστάσιο, ενώ οι ταρατσες των κτιρίων είναι το πιο συνηθισμένο μέρος. Αυτό κρίνεται απαραίτητο επειδή το βάρος του συμπυκνωτή είναι μεγάλο και επιπρόσθετα επειδή το μεγαλύτερο βάρος του βρίσκεται στο ανώτερο τμήμα του, εκεί που τοποθετείται το βαρύ συγκρότημα συμπύκνωσης και οι ανεμιστήρες. Αυτό είναι ένα επιβαρυντικό σημείο, ιδιαίτερα για τις περιπτώσεις των σεισμών.

Ο εξατμιστικός συμπυκνωτής έχει δύο ομάδες αυλών. Η μία ομάδα λέγονται αυλοί αφυπερθέρμανσης ή απλά αφυπερθερμαντήρες. Η άλλη ομάδα λέγονται αυλοί συμπύκνωσης.

Ο συμπιεστής καταθλίβει υπέρθερμους ατμούς του ψυκτικού υγρού στους αυλούς αφυπερθέρμανσης, μέσα στους οποίους οι ατμοί αφυπερθερμαίνονται, δηλαδή ψύχονται, μερικά, μέχρι να φτάσουν σε θερμοκρασία κορεσμού. Η ψύξη αυτή γίνεται από ένα ισχυρό ρεύμα αέρα που κυκλοφορεί έξω από τους αυλούς.

Σε θερμοκρασία κορεσμού οι ατμοί μπαίνουν στη δεύτερη ομάδα αυλών, δηλαδή στους αυλούς συμπύκνωσης μέσα στους οποίους ψύχονται με ψεκασμό νερού, αποβάλλουν τη λανθάνουσα θερμότητα και συμπυκνώνονται, δηλαδή γίνονται υγρό.

Το ψεκαζόμενο νερό ψύχει τους ατμούς του ψυκτικού υγρού, αλλά θερμαίνεται και ένα μέρος του εξατμίζεται προς στιγμή. Οι ατμοί του νερού ψύχονται από το υπόλοιπο ψεκαζόμενο νερό και αυτό με τη σειρά του ψύχεται από το ισχυρό ρεύμα του αέρα και πέφτει στο κάτω μέρος του συμπυκνωτή που είναι διαμορφωμένο σε δεξαμενή νερού.

Από εδώ αναρροφά η αντλία ανακυκλοφορίας νερού και το καταθλίβει στους ψεκαστήρες, που το ψεκάζουν σε μορφή νέφους πάνω στους αυλούς. Μια μικρή ποσότητα υδρατμών και σταγονιδίων του ψεκαζόμενου νέφους φεύγουν προς τα έξω και είναι αυτά που δημιουργούν την απώλεια νερού, που όπως έχει ήδη αναφερθεί υπολογίζεται σε 10% της ποσότητας που ανακυκλοφορεί. Το νερό μέσα στη δεξαμενή του συμπυκνωτή είναι κρύο και υπάρχει κίνδυνος να παγώσει κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Οι κατασκευαστές τοποθετούν μια ηλεκτρική αντίσταση που θερμαίνει το νερό ελαφρά, ώστε να μην παγώνει.

Οι κατασκευαστές εξατμιστικών συμπυκνωτών υιοθετούν τα ακόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά για κάθε 100 KW (86000 kcal / hr) ψυκτικής ισχύος: <sup>(128)</sup>

- Ανακυκλοφορία νερού 10.000 m<sup>3</sup> / hr.
- Ισχύς ηλεκτροκινητήρων ανεμιστήρων 0,75 KW (1 HP)
- Ισχύς ηλεκτροκινητήρα αντλίας 0,3 HP
- Βάρος λειτουργίας 580-600 kgs (ανά 100 KW ισχύος).

### **6.3.7.1. Η ψυκτική ισχύς**

Η ονομαστική ψυκτική ισχύς ή η απορριπτόμενη θερμότητα υπολογίζεται με το γνωστό μας τύπο:

$$Q_{ap} = (Q_{on} + N_{ηλ}) * f \quad (129)$$

<sup>128</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 26. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος ενός εξατμιστικού συμπυκνωτή.

Ο συντελεστής ισχύος του εξατμιστικού συμπυκνωτή εξαρτάται από την πίεση και τη θερμοκρασία συμπύκνωσης, καθώς και από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος υγρού βολβού. Ο μελετητής της εγκατάστασης είναι εκείνος που επιλέγει τις συνθήκες συμπύκνωσης. Για το R22 και τα ομοειδή του ψυκτικά υγρά η ιδεώδης πίεση συμπύκνωσης είναι  $12,53 \text{ kg/cm}^2$ . Σ' αυτή την πίεση συμπύκνωσης και κατάθλιψης του συμπιεστή αντιστοιχεί θερμοκρασία συμπύκνωσης  $35^\circ\text{C}$  και θερμοκρασία περιβάλλοντος υγρού βολβού  $25^\circ\text{C}$ .

### **6.3.7.2. Η κλιμάκωση της ισχύος (capacity control)**

Για να διατηρείται σταθερή η πίεση συμπύκνωσης, όταν τα φορτία της εγκατάστασης είναι μειωμένα και η ζήτηση των ψυκτικών θαλάμων είναι περιορισμένη, γίνεται κλιμάκωση της ισχύος του συμπυκνωτή όπως και με την περίπτωση των συμπιεστών. Τα βήματα της κλιμάκωσης είναι: <sup>(133)</sup>

1. Λειτουργία χωρίς ψεκασμό νερού
2. Λειτουργία με ψεκασμό νερού, χωρίς ανεμιστήρες.
3. Λειτουργία με ψεκασμό και ανεμιστήρες στη χαμηλή ταχύτητα.
4. Λειτουργία με ψεκασμό και ανεμιστήρες στην υψηλή ταχύτητα.

Στην περίπτωση που οι κινητήρες των ανεμιστήρων είναι μεταβλητής συχνότητας (inverters), τότε η κλιμάκωση της ισχύος έχει ακόμη περισσότερα βήματα.

---

<sup>129</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 26. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος ενός εξατμιστικού συμπυκνωτή.



## **6.4. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος και προσδιορισμός στοιχείων των βοηθητικών συγκροτημάτων και των συσκευών μιας ψυκτικής εγκατάστασης**

### **6.4.1. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος ενός ψυκτήρα νερού (chiller) που λειτουργεί με R22**

Ο πιο συνηθισμένος τύπος είναι ένα δοχείο κυλινδρικό με αφαιρετά πώματα στα άκρα του και με μια δέσμη αυλών στο εσωτερικό του.

Το κυλινδρικό δοχείο είναι κατασκευασμένο από χαλύβδινο σωλήνα χωρίς ραφή (τουμπό) μέχρι διάμετρο  $\Phi$  400 mm. Από τη διάμετρο αυτή και πάνω είναι χαλύβδινο, με ραφή πιστοποιημένης ποιότητας.

Οι αυλοί είναι χαλκοσωλήνες  $\Phi 10 \times 0,7$  mm. Σε ειδικές περιπτώσεις οι αυλοί είναι κατασκευασμένοι από νικελιούχο χαλκό (cupronickel), για ανθεκτικότητα υψηλών προδιαγραφών.

Χρησιμοποιούνται για να ψύχουν νερό μέχρι τους  $+4^{\circ}\text{C}$  και πάντα με θερμοστάτη ασφαλείας, για να αποφεύγεται το πάγωμα, που αν συμβεί είναι μια πλήρης καταστροφή του ψυκτήρα. Εξωτερικά μονώνονται με φύλλο Armaflex πάχους  $1/2''$  (12,5 mm).

#### **6.4.1.1. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος**

Για να υπολογίσουμε την ονομαστική ψυκτική ισχύ ενός ψυκτήρα νερού χρησιμοποιούμε το γνωστό μας τύπο:

$$Q_{ON} = C_1 * (t_{εισ} - t_{εξ}) * B \quad \text{σε kcal / hr.} \quad (130)$$

όπου:

- $C_1$  : ειδική θερμότητα του νερού = 1 kcal /kg.  $0^{\circ}\text{C}$
- $B$  : βάρος του νερού ανά ώρα σε kg (για το νερό 1 kg = 1 lit)
- $t_{εισ}$  : θερμοκρασία εισόδου του νερού στο ψυκτήρα
- $t_{εξ}$  : θερμοκρασία εξόδου του ψυγμένου νερού

#### **6.4.1.2. Υπολογισμός της ενεργού (ψυχόμενης) επιφάνειας του ψυκτήρα νερού**

Για να υπολογίσουμε την ψυχόμενη (ενεργό) επιφάνεια, που πρέπει να έχει ένας ψυκτήρας νερού, που λειτουργεί με R22, σε θερμοκρασία αναρρόφησης η εξάτμισης  $0^{\circ}\text{C}$ . Η ονομαστική ψυκτική ισχύ  $q$  ανά  $\text{m}^2$  της ψυχόμενης επιφάνειας και τον τύπο:

<sup>130</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 29. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος ενός ψυκτήρα νερού (CHILLER) με R22.

$$F = \frac{Q_{ON}}{q} \quad (131)$$

όπου:

- F : η ψυχόμενη επιφάνεια σε m<sup>2</sup>  
Q<sub>ON</sub> : η ονομαστική ψυκτική ισχύς kcal / hr ή KW

---

<sup>131</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 29. Υπολογισμός της ψυκτικής ισχύος ενός ψυκτήρα νερού (CLILLER) με R22.



### 6.4.2. Ψυκτήρες μίγμάτων γλυκόλης που λειτουργούν με αμμωνία

Ο πιο συνηθισμένος τύπος είναι ένα δοχείο κυλινδρικό, με αφαιρετά πώματα στα άκρα του και με μία δέσμη αυλών στο εσωτερικό του.

Το κυλινδρικό δοχείο είναι κατασκευασμένο από χαλύβδινο σωλήνα χωρίς ραφή (τούμπο) μέχρι διάμετρο Φ400 mm. Από τη διάμετρο αυτή και πάνω είναι χαλύβδινο, με ραφή πιστοποιημένης ποιότητας.

Οι αυλοί είναι χαλύβδινοι σωλήνες, χωρίς ραφή (τούμπα). Η συνηθέστερη διάμετρος των αυλών είναι Φ25 x 2 mm πάχος.

Χρησιμοποιούνται για να ψύχουν μίγματα γλυκόλης, συνήθως προπυλενογλυκόλη 30% ή εθυλενογλυκόλη 30%, στους  $-5^{\circ}\text{C}$  και πάντα με θερμοστάτη ασφαλείας, ώστε να αποφεύγονται, τα παγώματα, που οδηγούν το ψυκτήρα σε πλήρη καταστροφή. Εξωτερικά μονώνονται με φύλλο Armaflex πάχους 1/2 (12.5 mm) για λειτουργία μέχρι τους  $-10^{\circ}\text{C}$  και 1" (25,4 mm) για λειτουργία κάτω από τους  $-10^{\circ}\text{C}$ .

#### Συνθήκες Λειτουργίας: <sup>(132)</sup>

Θερμοκρασία αναρρόφησης αμμωνίας  $-10^{\circ}\text{C}$

$\Delta t_m$  ψυκτήρα :  $7^{\circ}\text{C}$

$\Delta t$  μίγματος γλυκόλης :  $5^{\circ}\text{C}$

Θερμοκρασία εξόδου της ψυγμένης γλυκόλης :  $-3^{\circ}\text{C}$ .

Θερμοκρασία εισόδου της γλυκόλης στο ψυκτήρα :  $+2^{\circ}\text{C}$

Ισχύς ανά  $\text{m}^2$  επιφανείας :  $3,45 \text{ KW}/\text{m}^2 = 2967 \text{ kcal} / \text{hr}/\text{m}^2$

Παροχή ψυγμένης γλυκόλης :  $670 \text{ lit.}/\text{m}^2 / \text{hr}$

### 6.4.3. Θερμοεκτονωτικές βαλβίδες

Σκοπός τους είναι να ρυθμίζουν την έγχυση, δηλαδή τον ψεκασμό του ψυκτικού υγρού μέσα στους αεροψυκτήρες και να το εκτονώνουν λίγο πριν μπει σ αυτούς. Κατά την εκτόνωση συμβαίνουν οι τέσσερις πιο κάτω αλλαγές: <sup>(133)</sup>

- πέφτει η πίεση του υγρού
- αυξάνεται η ταχύτητά του
- πέφτει η θερμοκρασία
- αυξάνεται ο όγκος.

Η πτώση της πίεσης διευκολύνει το βρασμό, που θα ακολουθήσει μέσα στον αεροψυκτήρα, με την απορρόφηση θερμότητας από το περιβάλλον του θαλάμου (ψύξη). Η αύξηση της ταχύτητας είναι ο ψεκασμός. Η πτώση της θερμοκρασίας βοηθά στην αποφυγή απώλειας έργου και η αύξηση του όγκου σημαίνει νεφοποίηση του υγρού.

<sup>132</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 30. Προσδιορισμός των στοιχείων ενός ψυκτήρα μίγματος γλυκόλης (CHILLER) με  $\text{NH}_4$ .

<sup>133</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 31. Θερμοεκτονωτικές βαλβίδες.



Έτσι το ψυκτικό υγρό ενώ φθάνει στη θερμοεκτονωτική βαλβίδα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, φεύγει από αυτήν σαν ένα ψυχρό νέφος, που ψεκάζεται με μεγάλη ταχύτητα μέσα στον αεροψυκτήρα.

Κατασκευάζονται για ισχύ από 0,5 KW μέχρι 1900 KW για το R22 και για περιοχές: <sup>(134)</sup>

- κανονικών θερμοκρασιών (+10°C έως -40°C)
- χαμηλών θερμοκρασιών (-15°C έως -60°C).

Η περιοχή κανονικών θερμοκρασιών έχει τρεις γομώσεις βολβού: (+ 10°C έως -40°C), (-5°C έως -45°C) και (-15°C έως -60°C).

Η περιοχή χαμηλών θερμοκρασιών έχει μόνο μία γόμωση βολβού: (-15°C έως -60°C). Μπορούν να επιλεγούν με MOP ή χωρίς MOP. Όταν λέμε MOP εννοούμε τη Μέγιστη Πίεση λειτουργίας. Όταν επιλέγουμε μία θερμοεκτονωτική βαλβίδα με MOP, αυτό σημαίνει ότι η βαλβίδα διακόπτει την έγχυση του υγρού μέσα στον αεροψυκτήρα σε μια προεπιλεγμένη Μέγιστη πίεση εξάτμισης ή αναρρόφησης (MOP). Με τον τρόπο αυτό εμποδίζει την αύξηση της πίεσης αναρρόφησης πέραν των επιθυμητών ορίων και προφυλάσσει το συμπιεστή από υπερβολικές αυξήσεις της πίεσης αναρρόφησης. Πιο πρακτικά, όταν φθάσει στο MOP, η εντολή του βολβού παύει να προκαλεί άνοιγμα της βαλβίδας.

Αν μεταβληθεί η αρχική ρύθμιση της βαλβίδας μεταβάλλεται και το MOP. Όταν η αρχική ρύθμιση αυξάνεται το σημείο MOP ελαττώνεται και αντίστροφα όταν η αρχική ρύθμιση χαμηλώνει το MOP ανεβαίνει.

Το MOP εξασφαλίζεται με τη χρησιμοποίηση μιας οπής απόλυτης ακριβείας, που επιτρέπει να περάσει μια συγκεκριμένη ποσότητα υγρού σε μια χρονική μονάδα. Είναι το γνωστό μας ORIFICE (μπεκ).

#### **6.4.3.1. Προσδιορισμός του μεγέθους της απαιτούμενης θερμοεκτονωτικής βαλβίδας**

Θεωρητικά, η ισχύς της θερμοεκτονωτικής βαλβίδας πρέπει να είναι ίση, με την ονομαστική ισχύ του αεροψυκτήρα, που θα εξυπηρετήσει. Πρακτικά όμως διαφοροποιείται ελαφρά. Το μέγεθος εξαρτάται από: <sup>(138)</sup>

- την ονομαστική ψυκτική ισχύ του αεροψυκτήρα
- τη θερμοκρασία αναρρόφησης ή εξάτμισης
- τη θερμοκρασία κατάθλιψης ή συμπύκνωσης.
- την υπόψυξη του ψυκτικού υγρού στο συμπυκνωτή
- την πτώση πίεσης του ψυκτικού υγρού λόγω των τριβών του και των άλλων παθητικών αντιστάσεων μέσα στην εκτονωτική βαλβίδα, στην υγρά γραμμή, στα ξηραντικά φίλτρα, στον υαλοδείκτη ροής, στις βάνες, στο διανομέα, στους σωληνίσκους του διανομέα, στις κατακόρυφες υγρές γραμμές, κλπ.

Για να προσδιορίσουμε λοιπόν την ψυκτική ισχύ της θερμοεκτονωτικής βαλβίδας, που μας είναι απαραίτητη, πρέπει να υπολογίσουμε την πτώση πίεσης που προκαλεί στο

<sup>134</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 31. Θερμοεκτονωτικές βαλβίδες.



ψυκτικό υγρό. Αυτή η πτώση πίεσης  $\Delta p$  οδηγεί στη ψυκτική ισχύ της βαλβίδας και είναι ίση με τη διαφορά μεταξύ της πίεσης κατάθλιψης  $P_{κατ}$  και της πίεσης αναρρόφησης  $P_{αν}$  του συμπιεστή, δηλαδή:

$$\Delta p = P_{κατ} - P_{αν} \quad (135)$$

Συμβαίνουν όμως και κάποιες της πίεσης λόγω των τριβών του ψυκτικού υγρού, έχει παρατηρηθεί εμπειρικά: <sup>(139)</sup>

- η πτώση πίεσης μέσα στην υγρά γραμμή  $\Delta p_1$
- η πτώση πίεσης στις κατακόρυφες υγρές γραμμές λόγω της υψομετρικής διαφοράς,  $\Delta p_2$
- η πτώση πίεσης στα ξηραντικά φίλτρα, τον υαλοδείτη ροής και τις βάνες,  $\Delta p_3$
- η πτώση πίεσης στο διανομέα,  $\Delta p_4$
- η πτώση πίεσης στους σωληνίσκους του διανομέα  $\Delta p_5$

Όπως γίνεται κατανοητό, το άθροισμα όλων αυτών των αντιστάσεων, όλες αυτές οι πτώσεις πίεσεως του ψυκτικού υγρού είναι απώλειες, που λαμβάνονται δηλαδή: <sup>(139)</sup>

$$\Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_4 + \Delta p_5$$

Αυτή η πίεση πρέπει να αφαιρείται από την πτώση πίεσης της θερμοεκτονωτικής βαλβίδας, ώστε μετά την αφαίρεσή τους να μένει μόνο η  $\Delta p$  της βαλβίδας, που θα οδηγήσει στην ισχύ, που θα είναι ίση με την ονομαστική ισχύ του αεροψυκτήρα.

<sup>135</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 31. Θερμοεκτονωτικές βαλβίδες.

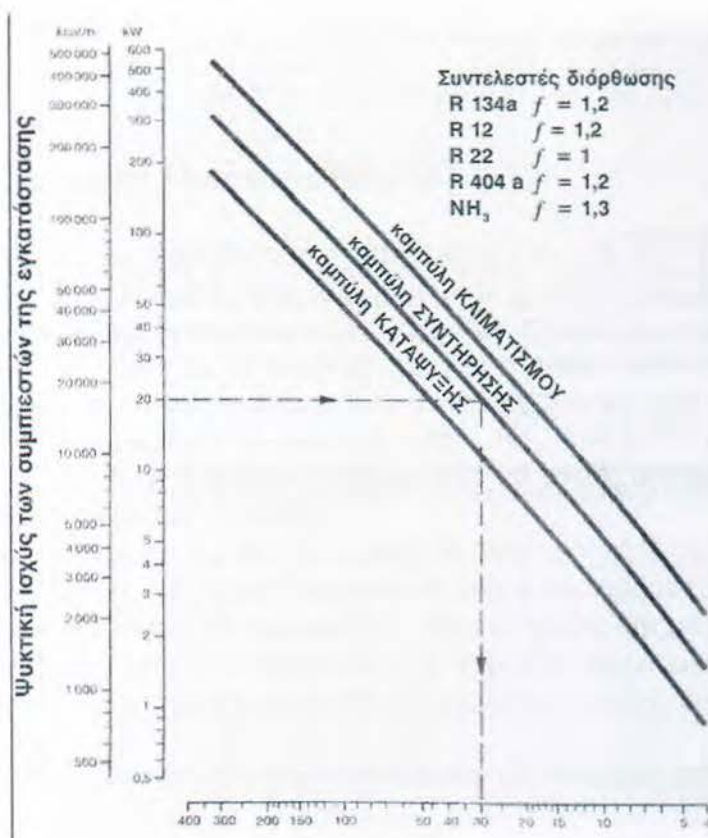
### 6.4.4. Δοχεία ψυκτικού υγρού (receivers)

Είναι χαλύβδινα δοχεία, κυλινδρικά, οριζόντιας ή κατακόρυφης εγκατάστασης, συγκολλητής κατασκευής με πιστοποίηση συγκολλήσεων, με ένα δύο ή και τρεις γυάλινους δείκτες στάθμης, υψηλής αντοχής. Η μέγιστη επιτρεπόμενη υπερπίεση είναι 28 bar και η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία λειτουργίας είναι 120°C.

Η χωρητικότητα του δοχείου υγρού καθορίζεται σύμφωνα με τη ψυκτική ισχύ των συμπιεστών και το μήκος των δικτύων μιας ψυκτικής εγκατάστασης. Το δοχείο υγρού πρέπει να έχει τέτοια χωρητικότητα, ώστε να μπορεί να αποθηκεύσει όλη την ποσότητα του ψυκτικού υγρού, που κυκλοφορεί στην εγκατάσταση και επί πλέον 20% αεροθάλαμο.

#### 6.4.4.1. Προσδιορισμός χωρητικότητας του δοχείου

Η γραφική παράσταση του διαγράμματος:



σας δίνει τη χωρητικότητα του δοχείου υγρού, ανάλογα με τη ψυκτική ισχύ των συμπιεστών μιας ψυκτικής εγκατάστασης και τον προορισμό της. Το διάγραμμα αποτελείται από δύο κάθετους άξονες. Στον κατακόρυφο σημειώνεται η ψυκτική ισχύς των συμπιεστών της εγκατάστασης σε kcal / hr και σε KW. Στον οριζόντιο άξονα σημειώνεται η χωρητικότητα του δοχείου σε dm<sup>3</sup> (λίτρα).



Οι καμπύλες του Διαγράμματος είναι τα αποτελέσματα πολυετών παρατηρήσεων, στατιστικών καταγραφών και χιλιάδων ικανοποιητικών εφαρμογών σε παγκόσμια κλίμακα.

Η πρώτη καμπύλη αφορά εγκαταστάσεις κλιματισμού.

Η μεσαία αφορά ψυκτικές εγκαταστάσεις συντήρησης και η

Η τρίτη εγκαταστάσεις χαμηλών θερμοκρασιών (κατάψυξης).

Η χρήση του διαγράμματος είναι πολύ εύκολη και απλή. Στον κατακόρυφο άξονα σημειώνετε τη ψυκτική ισχύ των συμπιεστών της εγκατάστασής σας. Από το σημείο εκείνο τραβάτε μια οριζόντια γραμμή μέχρι να συναντήσετε την καμπύλη της δικής σας εγκατάστασης. Από το σημείο τομής της καμπύλης φέρνετε μια κάθετη γραμμή στον οριζόντιο άξονα της χωρητικότητας και διαβάζετε τη χωρητικότητα σε λίτρα του δοχείου, που θα χρησιμοποιήσετε.

Αν σε μια μεγάλη εγκατάσταση έχετε μια κατάσταση μικτή, δηλαδή το κεντρικό μηχανοστάσιο να εξυπηρετεί ταυτόχρονα κλιματισμό, συντήρηση και κατάψυξη, τότε η χωρητικότητα του δοχείου θα υπολογιστεί για την πιο δυσμενή κατάσταση, την κατάψυξη. Όλη η εγκατάσταση θα θεωρηθεί "κατάψυξη" ως προς το δοχείο.

*Παρατήρηση: Αν η εγκατάστασή σας έχει πιο μεγάλη ισχύ από αυτή που σημειώνεται στο διάγραμμα (π.χ. 900 KW) θα διασπάσετε την ισχύ σε τρία κομμάτια των 300 KW οι στο τέλος θα προσθέσετε τις χωρητικότητες. Θα χρησιμοποιήσετε τότε δοχείο :25 + 325 + 325 = 975 dm<sup>3</sup> ή 1000 dm<sup>3</sup>.*

#### 6.4.5. Παγίδες υγρών (accumulators)

Η εκτονωτική βαλβίδα, που τοποθετείται στην υγρά γραμμή κοντά στην είσοδο του αεροψυκτήρα, ρυθμίζει την ποσότητα του ψυκτικού υγρού, που πρέπει να χορηγηθεί σ' αυτόν, ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε χρονική στιγμή. Αυτή η ζυγισμένη ποσότητα υγρού εκτονώνεται με στραγγαλισμό και η πίεση από υψηλή (κατάθλιψης) πέφτει σε πολύ χαμηλή (αναρρόφησης), ενώ ταυτόχρονα το υγρό ψεκάζεται σε μορφή νέφους μέσα στον αεροψυκτήρα. Η χαμηλή πίεση, που επικρατεί στο εσωτερικό του αεροψυκτήρα βοηθά αυτό το νέφος να μετατραπεί σε ατμό, απορροφώντας θερμότητα από το περιβάλλον του θαλάμου (ψύξη).

Θεωρητικά, λοιπόν, σύμφωνα με τα πιο πάνω, οι συμπιεστές θα έπρεπε να αναρροφούν μόνο ατμούς, εφ' όσον τα ψυκτικά υγρά εξατμίζονται μέσα στους αεροψυκτήρες. Πρακτικά όμως οι συμπιεστές αναρροφούν και μια μικρή ποσότητα σταγονιδίων του νέφους, που δεν πρόλαβαν να ατμοποιηθούν μέσα στους αεροψυκτήρες, οπότε εξατμίζονται μέσα στους σωλήνες αναρρόφησης των συμπιεστών.

Αυτή η μικροποσότητα των σταγονιδίων μπορεί να είναι ακόμη μεγαλύτερη αν η εκτονωτική βαλβίδα χορηγεί υγρό περισσότερο από το απαραίτητο, δηλαδή είναι πολύ ανοικτή. Είναι λοιπόν απαραίτητο, να τοποθετείται μια παγίδα σταγονιδίων (accumulator) πάνω στην αναρρόφηση, κοντά στο συμπιεστή. Είναι ένα δοχείο κυλινδρικό και υπάρχουν δύο τύποι, ανάλογα με την αρχή της λειτουργίας τους: <sup>(136)</sup>

<sup>136</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 33. Παγίδες υγρών (accumulators).

- Ο πρώτος τύπος έχει τέτοια διάμετρο κελύφους, ώστε να κρατά χαμηλή την ταχύτητα αναρρόφησης, ώστε να αναγκάζει τα σταγονίδια του υγρού να διαχωρίζονται από τους ατμούς, να καταπέφτουν στο κάτω μέρος του δοχείου, ενώ οι ατμοί αναρροφώνται από το επάνω.
- Ο δεύτερος τύπος λειτουργεί όπως ο πρώτος, αλλά χρησιμοποιεί και μια σερπαντίνα, μέσα από την οποία περνά ψυκτικό υγρό, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, που οδεύει προς τις εκτονωτικές και βοηθά τα σταγονίδια να εξατμιστούν. Ο τύπος αυτός της παγίδας υγρών ενεργεί σαν ένα είδος εναλλάκτη θερμότητας (heat exchanger). Τα πλεονεκτήματά του έναντι του πρώτου είναι προφανή. Εκτός από την ατμοποίηση των σταγονιδίων κάνει και μια μικρή πρόψυξη του ψυκτικού υγρού πριν μπει στην εκτονωτική βαλβίδα και ανεβάζει λίγο την απόδοσή της.

Οι παγίδες υγρών παγιδεύουν και σταγονίδια ψυκτελαίου που κυκλοφορούν μαζί με τους ατμούς. Αυτά τα σταγονίδια μαζεύονται στο κάτω μέρος του δοχείου και από εκεί οδηγούνται στο στροφαλοθάλαμο του συμπιεστή ή στην κοινή δεξαμενή ψυκτελαίου, στην περίπτωση εγκαταστάσεων με πολλούς συμπιεστές.

#### **6.4.5.1. Προσδιορισμός του μεγέθους του accumulator.**

Το μέγεθος προσδιορίζεται με τη διάμετρο αναρρόφησης του συμπιεστή kg. τον όγκο του accumulator σε  $\text{dm}^3$  (λίτρα). Εξαρτάται όμως από τη ψυκτική ισχύ του συμπιεστή που εξυπηρετεί και τη θερμοκρασία αναρρόφησης. Ο προσδιορισμός του μεγέθους γίνεται με τη βοήθεια της γραφικής παράστασης.



### 6.4.6. Ελαιοδιαχωριστές

Τοποθετούνται κοντά στο συμπιεστή, στο σωλήνα κατάθλιψης, με σκοπό να διαχωρίζουν τα σταγονίδια του ψυκτελαίου που καταθλίβονται μαζί με τους ατμούς του ψυκτικού υγρού από τους συμπιεστές.

Το μίγμα των ατμών του ψυκτικού υγρού και του ψυκτελαίου μπαίνει μέσα στο δοχείο του διαχωριστή και αμέσως αναγκάζεται να αλλάξει διεύθυνση ροής και να ελαττώσει την ταχύτητά του. Αυτή η αλλαγή αναγκάζει τα σταγονίδια του ψυκτελαίου να διαχωριστούν από τους ατμούς, οπότε οι μεν ατμοί βγαίνουν προς το συμπυκνωτή το δε ψυκτέλαιο φιλτράρεται και μαζεύεται στο κάτω μέρος του διαχωριστή σε υψηλή θερμοκρασία. Όταν η ποσότητα του λαδιού αυξηθεί και ανεβεί η στάθμη του, μια βαλβίδα με πλωτήρα ανοίγει και το λάδι οδηγείται στο στροφαλοθάλαμο του συμπιεστή, βοηθούμενο από την πίεση κατάθλιψης. Έτσι ο διαχωριστής εμποδίζει την κυκλοφορία μεγάλης ποσότητας ψυκτελαίου στο δίκτυο, που θα προκαλούσε μείωση της απόδοσης του συμπυκνωτή και του αεροψυκτήρα, ενώ ταυτόχρονα προφυλάσσει και το συμπιεστή, εφ' όσον του επιστρέφει το λάδι.

#### 6.4.6.1. Προσδιορισμός του μεγέθους του ελαιοδιαχωριστή

Το μέγεθος προσδιορίζεται με τη διάμετρο του σωλήνα κατάθλιψης του συμπιεστή που θα εξυπηρετεί και με τον με τον όγκο του διαχωριστή. Εξαρτάται όμως από τη ψυκτική ισχύ του συμπιεστή, ο προσδιορισμός του όγκου γίνεται με τη βοήθεια της σχέσης: Για κάθε 1000 kcal/hr ψυκτική ισχύ συμπιεστή χρησιμοποιούμε ελαιοδιαχωριστή όγκου  $0,3 \text{ dm}^3$  . ή για κάθε 1 KW ψυκτική ισχύ συμπιεστή χρησιμοποιούμε ελαιοδιαχωριστή όγκου  $0,26 \text{ dm}^3$ . <sup>(137)</sup>

<sup>137</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 34. Ελαιοδιαχωριστές.



### 6.4.7. Εναλλάκτες θερμότητας (heat exchangers)

Σκοπός του είναι να κάνει εναλλαγή θερμότητας μεταξύ δύο επιφανειών με διαφορετικές θερμοκρασίες, δηλαδή του σωλήνα αναρρόφησης του συμπιεστή και της "υγρής γραμμής" που οδηγεί το ψυκτικό υγρό προς τις εκτονωτικές βαλβίδες, περίπου σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Αποτελείται από δύο ξεχωριστούς θαλάμους, ο ένας μέσα στον άλλο. Οι αναρροφώμενοι ατμοί περνούν από τον εσωτερικό, σε ευθεία τροχιά χωρίς αλλαγές διευθύνσεως, ώστε να μην παρουσιάζονται αντιστάσεις ροής. Μια σειρά σταθερών οδηγητικών πτερυγίων τους αναγκάζει να περνούν με στροβιλώδη κίνηση από την είσοδο μέχρι την έξοδο. Το ψυκτικό υγρό, που οδεύει προς τις εκτονωτικές βαλβίδες και τους αεροψυκτήρες, περνά από τον εξωτερικό θάλαμο, που βρίσκεται γύρω από τον εσωτερικό σαν ένας μανδύας. Η ροή των ατμών και του ψυκτικού υγρού έχουν αντίθετη φορά.

Κατά την εναλλαγή που συμβαίνει, φεύγει από το υγρό μια ποσότητα θερμότητας, που απορροφάται από το σωλήνα αναρρόφησης, με αποτέλεσμα: <sup>(138)</sup>

- τη μικρή πτώση της θερμοκρασίας του υγρού, που θα φθάσει τώρα στην εκτονωτική βαλβίδα και τον αεροψυκτήρα πιο δροσερό, οπότε θα αυξήσει την απόδοσή τους,
- την ελαφρά αύξηση της θερμοκρασίας στο σωλήνα αναρρόφησης, που γίνεται αφορμή να εξατμιστούν τα σταγονίδια του ψυκτικού υγρού, που δεν πρόλαβαν να ατμοποιηθούν μέσα στον αεροψυκτήρα και οδεύουν τώρα προς το συμπιεστή, στον οποίο θα μπορούσαν να προκαλέσουν ανεπιθύμητα αποτελέσματα.

#### 6.4.7.1. Προσδιορισμός του μεγέθους

Χρειάζεται αυξημένη προσοχή, όταν προσδιορίζουμε το μέγεθος του εναλλάκτη θερμότητας, που θα χρησιμοποιήσουμε. Το σωστό μέγεθος έχει τα ευεργετικά αποτελέσματα, που μόλις αναφέρθηκαν, ενώ μέγεθος μεγαλύτερο του κανονικού προκαλεί υψηλή θερμοκρασία κατάθλιψης, δηλαδή συμπύκνωσης, που οδηγεί σε μείωση της απόδοσης όλης της εγκατάστασης.

Το μέγεθος προσδιορίζεται με τη διάμετρο του σωλήνα αναρρόφησης του συμπιεστή και τη διάμετρο της υγρής γραμμής. Εξαρτάται όμως απόλυτα από τη ψυκτική ισχύ του συμπιεστή.

Οι κατασκευαστές σχεδιάζουν τους εναλλάκτες θερμότητας κατά τέτοιο τρόπο, ώστε η διάμετρος της αναρρόφησης και της υγρής γραμμής να είναι ίδιες με τις αντίστοιχες της εγκατάστασης. Αυτό σημαίνει, ότι ο εναλλάκτης θα έχει τότε και την ανάλογη ισχύ, οι αναρροφώμενοι ατμοί θα αναπτύσσουν μέσα σ' αυτόν ανάλογη ταχύτητα και η πτώση πίεσης θα είναι η χαμηλότερη δυνατή, η δε απόδοσή του θα είναι η επιθυμητή. Για το σωστό προσδιορισμό του μεγέθους οι κατασκευαστές μας εφοδιάζουν με τεχνικά εγχειρίδια των συσκευών τους, στο οποίο εμφανίζεται το ψυκτικό υγρό, που το αφορά.

<sup>138</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 35. Εναλλάκτες θερμότητας (heat exchangers).



Στον αριστερό κατακόρυφο άξονα αναφέρεται η ψυκτική ισχύς του συμπιεστή  $Q_{\sigma}$  σε KW. Στον οριζόντιο άξονα, κάτω, αναφέρεται η θερμοκρασία αναρρόφησης του συμπιεστή.

Σημειώνουμε στον κατακόρυφο άξονα την ψυκτική ισχύ του συμπιεστή μας και από το σημείο αυτό σύρουμε μια οριζόντια διακεκομμένη γραμμή. Στον οριζόντιο (κάτω) άξονα εντοπίζουμε τη θερμοκρασία αναρρόφησης του συμπιεστή μας. Από το σημείο αυτό υψώνουμε μια κάθετη διακεκομμένη γραμμή, μέχρι να συναντήσουμε την προηγούμενη οριζόντια γραμμή, που σύραμε από το σημείο της ισχύος. Το σημείο τομής βρίσκεται μεταξύ δύο καμπυλών, που κάθε μία αντιπροσωπεύει ένα τύπο ένα εναλλάκτη.

Μερικοί κατασκευαστές δίνουν την επιφάνεια εναλλαγής των δύο θαλάμων του εναλλάκτη θερμότητας, στα τεχνικά τους εγχειρίδια.

Στην περίπτωση αυτή η ψυκτική ισχύς  $Q_{\epsilon\nu}$  του εναλλάκτη που θα χρειαστούμε δίνεται από τον τύπο: <sup>(139)</sup>

$$Q_{\epsilon\nu} = \kappa * F * \Delta t$$

όπου:

- $\kappa$  : συντελεστής θερμοπερατότητας = 300 W/m<sup>2</sup>°C
- $F$  : η επιφάνεια εναλλαγής σε m<sup>2</sup> που δίνει το εγχειρίδιο
- $\Delta t$  : η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αναρρόφησης και υγρού

**Σημείωση** : Το μέγεθος εναλλάκτη θερμότητας εξαρτάται από τη διάμετρο της υγρής γραμμής, τη διάμετρο αναρρόφησης του συμπιεστή σας και το είδος του ψυκτικού υγρού της εγκατάστασης.

<sup>139</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 35. Εναλλάκτες θερμότητας (heat exchangers).

### 6.4.8. Αμμωνιοδιαχωριστές

Στις εγκαταστάσεις βιομηχανικής ψύξης, που λειτουργούν με αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ) οι συμπιεστές δεν αναρροφούν ατμούς από τους αεροψυκτήρες, αλλά από ένα δοχείο, που τοποθετείται ανάμεσα στους αεροψυκτήρες και τους συμπιεστές, τον αμμωνιοδιαχωριστή. Είναι μια κυλινδρική, οριζόντια, χαλύβδινη δεξαμενή, ισχυρής κατασκευής, με πιστοποιημένες συγκολλήσεις. Κατασκευάζεται από ειδικό λεπτόκοκκο χάλυβα, πάχους 15 mm, για να διατηρεί τα μηχανικά του χαρακτηριστικά σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Ο αμμωνιοδιαχωριστής έχει μια ξεχωριστή θέση στις ψυκτικές εγκαταστάσεις αμμωνίας, γιατί κάνει τις πιο κάτω κρίσιμες λειτουργίες: <sup>(140)</sup>

- μέσα σ' αυτόν ψύχεται στην επιθυμητή θερμοκρασία η υγρή αμμωνία και αναρροφάται από τις αντλίες, που την κυκλοφορούν στους αεροψυκτήρες των ψυκτικών θαλάμων, όπως γίνεται περίπου με τη γλυκόλη.
- η αμμωνία μετά τους αεροψυκτήρες καταλήγει πάλι σ' αυτό το δοχείο, με πιο υψηλή θερμοκρασία για να ξαναψυχθεί. Επιστρέφει όμως όχι σε υγρή μορφή όπως ξεκίνησε, αλλά σαν ένα μίγμα υγρού και ατμών. Οι ατμοί θα ξεχωρίσουν από το υγρό και από αυτό το διαχωρισμό πήρε το όνομά της η δεξαμενή.
- ύστερα από το διαχωρισμό, οι ατμοί θα αναρροφηθούν από το συμπιεστή με πίεση αναρρόφησης ανάλογη με τη θερμοκρασία, που θέλουμε να ψύξουμε την υγρή αμμωνία, που παραμένει μέσα στο διαχωριστή.

Μπορούμε λοιπόν να συμπεράνουμε, ότι ο αμμωνιοδιαχωριστής είναι ένα accumulator, αφού ξεχωρίζει τους ατμούς από την υγρή αμμωνία. Είναι ταυτόχρονα ένας ψυκτήρας (chiller), χωρίς αυλούς μέσα στον οποίο ψύχεται η υγρή αμμωνία στην επιθυμητή θερμοκρασία. Είναι τέλος μια δεξαμενή για την αποθήκευση της παγωμένης υγρής αμμωνίας, από την οποία την αναρροφούν οι αντλίες, που θα την κυκλοφορήσουν στα δίκτυα και τους αεροψυκτήρες.

#### 6.4.8.1. Προσδιορισμός του όγκου του αμμωνιοδιαχωριστή

Ο όγκος του αμμωνιοδιαχωριστή είναι ανάλογος της ποσότητας της αμμωνίας που κυκλοφορεί στην εγκατάσταση και είναι ανάλογη της ψυκτικής ισχύος των συμπιεστών. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα σχολαστικών υπολογισμών:

Ο όγκος του αμμωνιοδιαχωριστή υπολογίζεται σε  $7\text{dm}^3$  ανά  $1000\text{ kcal/h}$  ή  $6\text{ dm}^3$  ανά  $\text{KW}$  ψυκτικής ισχύος του συμπιεστή.

Αν λοιπόν ονομάσουμε: <sup>(144)</sup>

$V_{\text{αμ}}$  : τον όγκο του αμμωνιοδιαχωριστή σε  $\text{dm}^3$  και

$Q_{\text{σ}}$  : τη ψυκτική ισχύ των συμπιεστών σε  $\text{kcal / hr}$  ή  $\text{KW}$

τότε η σχέσεις που μας δίνει τον όγκο είναι:

<sup>140</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 36. Αμμωνιοδιαχωριστές.



$$v_{\alpha\mu} = Q_{\sigma} * 6 \quad \text{αν η ισχύς των συμπιεστών δίνεται σε KW}$$

$$Q_{\alpha\mu} = \frac{Q_{\sigma} * 7}{1000}$$

αν η ισχύς των συμπιεστών δίνεται σε kcal / hr

Με τα στοιχεία αυτά προκύπτουν τέτοιες διαστάσεις του αμμωνιοδιαχωριστή, ώστε: <sup>(141)</sup>

- η ελεύθερη επιφάνεια της υγρής αμμωνίας είναι σε τέτοια στάθμη, ώστε να μην υπάρχει περίπτωση προβολής της στην αναρρόφηση των συμπιεστών.
- η μέγιστη ταχύτητα των ατμών δεν ξεπερνά τα 1.6 m/sec
- έχει τη δυνατότητα ο αμμωνιοδιαχωριστής να χωρέσει όλη την ποσότητα της υγρής αμμωνίας του δικτύου στο χώρο που καθορίζεται από την κατώτατη επιτρεπόμενη στάθμη μέχρι την ανώτατη στάθμη ασφαλείας.

<sup>141</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 36. Αμμωνιοδιαχωριστές.

### 6.4.9. Αντλίες κυκλοφορίας ψυγμένης υγρής αμμωνίας

Είναι συνήθως ανοξειδωτες. Τοποθετούνται κάτω από τον αμμωνιοδιαχωριστή. αναρροφούν από αυτόν παγωμένη υγρή αμμωνία και την κυκλοφορούν στα δίκτυα και στους αεροψυκτήρες.

Για να εξασφαλίζεται θετική πίεση αναρρόφησης, οι αντλίες τοποθετούνται σε ύψος 1 m τουλάχιστον, από την είσοδο της αμμωνίας στην αντλία μέχρι την έξοδο της από τον αμμωνιοδιαχωριστή.

Ο αριθμός των αντλιών, που πρέπει να εγκατασταθούν, πρέπει να είναι 30% πιο μεγάλος από τον αριθμό των αντλιών που θα λειτουργούν. Αν για παράδειγμα, θα λειτουργούν τέσσερις αντλίες, για να καλύπτουν τις ανάγκες μιας εγκατάστασης, τότε πρέπει να εγκατασταθούν έξι, ώστε οι δύο από αυτές να περιμένουν σε ετοιμότητα εφεδρείας.

Οι αντλίες θα είναι συνδεδεμένες σε παράλληλη διάταξη. Κάθε μια θα έχει δική της σωλήνωση αναρρόφησης με μεταλλικό πλέγμα (strainer). Η διάμετρος της σωλήνωσης αναρρόφησης πρέπει να είναι ένα ακέραιο μέγεθος πιο μεγάλο από τη διάμετρο του στομίου της αντλίας. Αν για παράδειγμα η διάμετρος του στομίου είναι 2", τότε η σωλήνωση αναρρόφησης από τον αμμωνιοδιαχωριστή μέχρι την αντλία θα γίνει 3". Έτσι εξασφαλίζεται ακόμη πιο θετική πίεση αναρρόφησης της αντλίας.

Οι αντλίες πρέπει να κυκλοφορούν στους αεροψυκτήρες αμμωνία σε αναλογία 4 προς 1 παρεχόμενη προς την εξατμιζόμενη, δηλαδή η ποσότητα αμμωνίας που θα παρέχουν πρέπει να είναι τετραπλάσια εκείνης, που προκύπτει από τη ψυκτική ισχύ των αεροψυκτήρων.

#### 6.4.9.1. Υπολογισμός της παροχής των αντλιών αμμωνίας

Η ποσότητα της ψυγμένης υγρής αμμωνίας, που κυκλοφορεί στο δίκτυο μιας εγκατάστασης είναι ανάλογη της ψυκτικής ισχύος των συμπιεστών.

Η παροχή των αντλιών κυκλοφορίας υγρής αμμωνίας, σε θερμοκρασία  $-10^{\circ}\text{C}$  πρέπει να είναι  $1\text{m}^3$  ( $1000\text{ dm}^3$ ) ανά 50 KW ή 4300 kcal / hr. Ψυκτικής ισχύος των συμπιεστών.

Αυτό σημαίνει πρακτικά ότι για να πάρουμε 43 kcal πρέπει να κυκλοφορήσουμε  $1\text{ dm}^3$  υγρή αμμωνία, θερμοκρασίας  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Αν λοιπόν ονομάσουμε: <sup>(142)</sup>

- $P_a$  : την παροχή των αντλιών σε  $\text{m}^3/\text{hr}$   
 $Q_{\sigma}$  : τη ψυκτική ισχύ των συμπιεστών σε kcal / hr ή KW

Τότε οι σχέσεις που μας δίνουν την παροχή είναι:

$$P_a = \frac{Q_{\sigma}}{50} \text{ αν η ισχύς των συμπιεστών δίνεται σε KW}$$

<sup>142</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 37. Αντλίες κυκλοφορίας ψυγμένης υγρής αμμωνίας.



$$P_a = \frac{Q \cdot \sigma}{43 \cdot 1000} = \frac{Q \cdot \sigma}{43000} \quad \text{αν η ισχύς των συμπιεστών δίνεται σε kcal / hr}$$

## 6.5. Δίκτυα σωληνώσεων και εξαρτήματα δικτύων μιας ψυκτικής εγκατάστασης

### 6.5.1. Μελέτη σωληνώσεων μιας ψυκτικής εγκατάστασης

Όταν μελετούμε τα δίκτυα των σωληνώσεων μιας ψυκτικής εγκατάστασης πρέπει να επιτευχτεί: <sup>(143)</sup>

- το χαμηλότερο δυνατό κόστος των σωληνώσεων,
- την ελάχιστη δυνατή πτώση πίεσης λόγω τριβών,
- τις σωστές ταχύτητες των ατμών μέσα στις σωληνώσεις,
- την επιστροφή του ελαίου στο συμπιεστή από τα δίκτυα,
- τον περιορισμό του θορύβου και των κραδασμών στο ελάχιστο.

Έτσι μπορούμε να πούμε, ότι κατά τη μελέτη των δικτύων των σωληνώσεων συνδυάζουμε το κόστος, τη σωστή λειτουργία και την υψηλή απόδοση.

Είναι εύκολο να καταλάβει κανείς, πως οι σωληνώσεις μικρής διατομής έχουν χαμηλότερο κόστος από τις σωληνώσεις μεγαλύτερης διατομής. Από την άποψη του κόστους προτιμούμε σωληνώσεις όσο το δυνατό μικρότερης διατομής.

Όμως η πτώση πίεσεως είναι αντιστρόφως ανάλογη της διατομής, που σημαίνει, ότι οι σωληνώσεις που μας συμφέρουν από την άποψη του κόστους, παρουσιάζουν μεγάλη πτώση πίεσης, που προκαλεί σοβαρή απώλεια ισχύος και απόδοσης του συμπιεστή.

Η μελέτη λοιπόν ενός δικτύου σωληνώσεων μιας ψυκτικής εγκατάστασης είναι η εύρεση της "χρυσής τομής" του κόστους και της απόδοσης.

Στόχος της μελέτης είναι ακόμη: <sup>(147)</sup>

- ο περιορισμός του μήκους των σωληνώσεων, όσο είναι δυνατό, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η πτώση πίεσης,
- η εγκατάσταση σε τέτοια σημεία του χώρου, στα οποία θα είναι προφυλαγμένες από χτυπήματα και κακώσεις.
- να υπάρχει εύκολη πρόσβαση για επιθεώρηση και επεμβάσεις,
- να στηρίζονται σωστά για να μην προκαλούν κραδασμούς και θορύβους
- όπου απαιτείται θερμική μόνωση να μονώνονται σωστά.

### 6.5.2. Μελέτη σωληνώσεων αναρρόφησης

Πτώση πίεσεως μέσα στις σωληνώσεις αναρρόφησης σημαίνει απώλεια ισχύος της ψυκτικής εγκατάστασης, διότι ο συμπιεστής αναγκάζεται να λειτουργήσει σε πιο χαμηλή πίεση αναρρόφησης, ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται η μηχανική ισχύς του ηλεκτροκινητήρα.

<sup>143</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 38. Μελέτη σωληνώσεων μιας ψυκτικής εγκατάστασης.



Για να γίνει πιο κατανοητό ας δούμε το παρακάτω πίνακα. Στην πρώτη σειρά παρατηρούμε, ότι χωρίς πτώση πίεσης αναρρόφησης, ένας συμπιεστής αποδίδει ψυκτική ισχύ στο 100% της ικανότητάς του και ο ηλεκτροκινητήρας του απορροφά ισχύ επίσης 100%.

Πτώση πίεσης αναρρόφησης ισοδύναμη σε θερμοκρασία	Ψυκτική ισχύς συμπιεστή	Μηχανική ισχύ κινητήρα
Χωρίς πτώση	100%	100%
Πτώση 1°C	96%	103%
Πτώση 2°C	93%	107%

Στη δεύτερη σειρά διαβάζουμε ότι ο ίδιος συμπιεστής αν λειτουργήσει με πτώση πίεσης αναρρόφησης ισοδύναμη με θερμοκρασία 1°C τότε η ψυκτική ισχύς του συμπιεστή πέφτει στο 96%, ενώ ταυτόχρονα η ισχύς, που απορροφά ο ηλεκτροκινητήρας είναι 103%.

Στην τρίτη σειρά διαβάζουμε, ότι ο ίδιος συμπιεστής αν λειτουργήσει με πτώση πίεσης αναρρόφησης, ισοδύναμη με θερμοκρασία 2°C, τότε η ψυκτική ισχύς του συμπιεστή πέφτει στο 93%, ενώ ταυτόχρονα η ισχύς που απορροφά ο κινητήρας είναι 107%.

Ο υπολογισμός της σωστής διατομής γίνεται ακόμη πιο κρίσιμος, αν αναλογιστεί κανείς, ότι η σωλήνωση αναρρόφησης πρέπει να βοηθά την επιστροφή του ψυκτελαίου στο συμπιεστή από τους αεροψυκτήρες και το δίκτυο, ενώ ταυτόχρονα πρέπει να εμποδίζει την επιστροφή ψυκτικού υγρού στο συμπιεστή κατά τις χρονικές περιόδους διακοπής της λειτουργίας.

Η συνήθης πρακτική είναι να μεριμνούμε στο στάδιο της μελέτης, ώστε δίκτυο των σωλήνων αναρρόφησης να παρουσιάζει πτώση πίεσης λόγω τριβών πιο μικρή από το ισοδύναμο 2°C αλλαγής στη θερμοκρασία κορεσμού για τις εγκαταστάσεις που λειτουργούν με Freon και 1°C για εκείνες που λειτουργεί με αμμωνία.

Αυτή η πτώση πίεσης, δηλαδή το ισοδύναμο των 2°C δεν είναι το ίδιο σε όλες τις θερμοκρασίες αναρρόφησης του συμπιεστή. Εξαρτάται πάντα από την περιοχή της θερμοκρασίας αναρρόφησης, αλλά και από το είδος του ψυκτικού υγρού, που χρησιμοποιείται στην εγκατάσταση.

Η διάμετρος των δικτύων αναρρόφησης των συμπιεστών εξαρτάται από: <sup>(144)</sup>

- το είδος του ψυκτικού υγρού, που θα χρησιμοποιηθεί
- την ονομαστική ψυκτική ισχύ του συμπιεστή
- την θερμοκρασία αναρρόφησης (εξάτμισης)
- τα υλικά κατασκευής των σωλήνων (χάλκινοι ή χαλύβδινοι)
- το μήκος του δικτύου και την πτώση πίεσης μέσα σε αυτό.

### 6.5.3. Μελέτη σωληνώσεων κατάθλιψης

Πτώση πίεσεως λόγω τριβών μέσα στις σωληνώσεις κατάθλιψης σημαίνει απώλεια ισχύος της ψυκτικής εγκατάστασης, διότι ο συμπιεστής αναγκάζεται να λειτουργήσει σε

<sup>144</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 39. Μελέτη σωληνώσεων αναρρόφησης.



πιο υψηλή πίεση κατάθλιψης, για να υπερνικήσει τις παθητικές αντιστάσεις, οπότε αυξάνεται και η μηχανική ισχύς του ηλεκτροκινητήρα.

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει την απώλεια ψυκτικής ισχύος της εγκατάστασης με ταυτόχρονη αύξηση της μηχανικής ισχύος του ηλεκτροκινητήρα, δηλ. της απορροφόμενης ηλεκτρικής ισχύος.

Πτώση πίεσης αναροφήσης ισοδύναμη σε θερμοκρασία	Ψυκτική ισχύς συμπιεστή	Μηχανική ισχύ κινητήρα
Χωρίς πτώση	100%	100%
Πτώση 1°C	98,2%	103,1%
Πτώση 2°C	96,7%	106,3%

Στην πρώτη σειρά παρατηρούμε, ότι χωρίς πτώση πίεσης κατάθλιψης ένας συμπιεστής αποδίδει 100% της ικανότητας του και ο ηλεκτροκινητήρας του απορροφά 100% της ισχύος του.

Στη δεύτερη σειρά διαβάζουμε ότι ο ίδιος συμπιεστής αν, λειτουργήσει με πτώση πίεσης κατάθλιψης ισοδύναμη με θερμοκρασία 1°C, τότε η ψυκτική ισχύς του συμπιεστή πέφτει στο 98,2%, ενώ ταυτόχρονα η ισχύς που απορροφά ο ηλεκτροκινητήρας είναι 103,1%.

Στην τρίτη σειρά διαβάζουμε, ότι ο ίδιος συμπιεστής αν λειτουργήσει με πτώση πίεσης κατάθλιψης, ισοδύναμη με θερμοκρασία 2°C, τότε η ψυκτική ισχύς του συμπιεστή πέφτει στο 96,7%, ενώ ταυτόχρονα η ισχύς, που απορροφά ο ηλεκτροκινητήρας αυξάνεται στο 106,3%.

Ο υπολογισμός της σωστής διατομής γίνεται ακόμη πιο κρίσιμος, αν αναλογιστεί κανείς, ότι πρέπει να αποφεύγεται η δημιουργία παγίδων ελαίου, ιδιαίτερα κατά τη λειτουργία σε χαμηλά φορτία. Πρέπει ακόμη να περιορίζεται ο θόρυβος λόγω κραδασμών.

Η διάμετρος των δικτύων κατάθλιψης των συμπιεστών εξαρτάται από: <sup>(145)</sup>

- το είδος του ψυκτικού υγρού, που θα χρησιμοποιηθεί
- την ονομαστική ψυκτική ισχύ του συμπιεστή
- τη θερμοκρασία κατάθλιψης (συμπύκνωσης)
- το υλικό κατασκευής των σωλήνων (χάλκινοι ή χαλύβδινοι)
- το μήκος του δικτύου και την πτώση πίεσης μέσα σ' αυτό.

#### 6.5.4. Μελέτη σωληνώσεων ροής ψυκτικού υγρού

Η πτώση πίεσης λόγω τριβών μέσα στις σωληνώσεις ροής των ψυκτικών υγρών (υγρές γραμμές) δεν είναι τόσο κρίσιμη όσο στα δίκτυα αναρρόφησης και κατάθλιψης. Πάντως και σ' αυτές πρέπει να αποφεύγεται η υπερβολική πτώση πίεσης, επειδή μπορεί να προκαλέσει σχηματισμό αερίου μέσα στην υγρά γραμμή, με αποτέλεσμα την κακή λειτουργία και τη μειωμένη απόδοση της θερμοεκτονωτικής βαλβίδας.

Η συνήθης πρακτική είναι πάλι να μεριμνούμε στο στάδιο της μελέτης, ώστε το δίκτυο των σωλήνων ροής του ψυκτικού υγρού να παρουσιάζει πτώση πίεσης λόγω τριβών

<sup>145</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 40. Μελέτη σωληνώσεων κατάθλιψης.



πιο μικρή από το ισοδύναμο 2°C για τις εγκαταστάσεις που λειτουργούν με Freon και 1°C για εκείνες που λειτουργούν, με αμμωνία.

Η μέγιστη πτώση πίεσης σε kg/cm<sup>2</sup>, για διάφορες θερμοκρασίες συμπύκνωσης, σε ισοδύναμο 2°C για διάφορα Freon και 1°C για την αμμωνία, ισχύει και για τις υγρές γραμμές. Αν η συνολική πτώση πίεσης του δικτύου της υγρής γραμμής, στη διάμετρο που έχει επιλεγεί, ξεπεράσει την μέγιστη τιμή, τότε πρέπει να αυξηθεί η διάμετρο, επιλέγοντας την αμέσως μεγαλύτερη.

### 6.5.5. Στηρίγματα σωλήνων

Ανάμεσα στους στόχους της μελέτης ενός δικτύου σωληνώσεων και ενός δικτύου σωληνώσεων είναι και η σωστή στήριξη τους, ώστε να μην προκαλούνται κραδασμοί και συχνές αστοχίες της σωληνώσεως. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία στηριγμάτων σωλήνων στην αγορά και από άποψη ποιότητας και από άποψη τιμής.

Εν τούτοις, κρίθηκε σκόπιμο να αναφερθεί πιο κάτω η μέγιστη απόσταση τοποθέτησης δύο διαδοχικών στηριγμάτων, ανάλογα με τη διάμετρο των σωλήνων του δικτύου.

Διάμετρος σωληνών δικτύων	Μέγιστη απόσταση στηριγμάτων		Διάμετρος ράβδου στήριξης
	Οριζόντια στήριξη	Κατακόρυφη στήριξη	
1"	2,5 m	2,5 m	Φ 10 mm
1 1/4 "	2,5 m	3 m	Φ 12 mm
1 1/2 "	3 m	3,5 m	Φ 12 mm
2"	3 m	3,5 m	Φ 12 mm
2 1/2 "	3 m	4 m	Φ 16 mm
3"	3 m	4 m	Φ 16 mm
4"	3,5 m	4,5 m	Φ 16 mm

### 6.5.6. Εξαρτήματα δικτύου

Με τον όρο εξαρτήματα δικτύου, εννοούνται: <sup>(146)</sup>

- τα ξηραντικά φίλτρα

Αφαιρούν την υγρασία από τα δίκτυα και φιλτράρουν σωματίδια διαμέτρου μέχρι 20 μm (εκατομμυριοστά του μέτρου).

Η επιλογή τους γίνεται με βάση:

- το ψυκτικό υγρό
- τη ψυκτική ισχύ του δικτύου και
- τον τρόπο σύνδεσης στο δίκτυο (βιδωτά, κολλητά, κ.λπ.)

<sup>146</sup> Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης. 42. Στηρίγματα σωλήνων.



Ο όγκος του επιλεγόμενου ξηραντικού φίλτρου είναι  $30 \text{ cm}^3$  ανά  $1 \text{ KW}$  ψυκτικής ισχύος μιας ψυκτικής εγκατάστασης ή  $60 \text{ cm}^3$  ανά  $1 \text{ KW}$  ψυκτικής ισχύος μιας εγκατάστασης κλιματισμού.

- τα φίλτρα πλέγματος (strainers)

Η επιλογή τους γίνεται σύμφωνα:

- με το ψυκτικό υγρό για το οποίο προορίζονται
- τη διάμετρο της υγρής γραμμής στην οποία θα χρησιμοποιηθούν
- με τον τρόπο σύνδεσής τους (βιδωτά κολλητά).

- οι υαλοδείκτες ροής και υγρασίας

Η επιλογή τους γίνεται σύμφωνα:

- με το ψυκτικό υγρό για το οποίο προορίζονται
- τη διάμετρο της υγρής γραμμής στην οποία θα χρησιμοποιηθούν
- με τον τρόπο σύνδεσής τους στο δίκτυο.

- οι βάνες

Η επιλογή τους γίνεται σύμφωνα με:

- την διάμετρο της σωλήνωσης στην οποία θα χρησιμοποιηθούν.
- τον τρόπο σύνδεσης.
- τον απαιτούμενο τύπο (με διάφραγμα, με βαλβίδα και έδρα τεφλόν, ball valve κλπ).

- οι βαλβίδες αντεπιστροφής (check valves)

Χρησιμοποιούνται σε σωληνώσεις αναρρόφησης, κατάθλιψης και ροής υγρού για να διασφαλίζουν την σωστή κατεύθυνση. Η επιλογή τους γίνεται με κριτήριο:

- την διάμετρο της σωλήνωσης στην οποία θα χρησιμοποιούν
- την ελάχιστη πίεση στην οποία θα ανοίγει η βαλβίδα
- το είδος του ψυκτικού υγρού της εγκατάστασης.

- οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες

Κατασκευάζονται σε μεγάλη ποικιλία για να καλύψουν τις ανάγκες της αγοράς.

Κατασκευάζονται σε δύο τύπους ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους:

- N.C. (Normally Closed (κανονικά κλειστή))
- N.O. (Normally Opened (κανονικά ανοιχτή))

Η περιοχή των θερμοκρασιών λειτουργίας είναι συνήθως  $-40^\circ\text{C}$  έως  $+160^\circ\text{C}$ .

Το υλικό κατασκευής τους είναι ορείχαλκος για τις εγκαταστάσεις, που λειτουργούν με R και ανοξειδωτος χάλυβας για τις εγκαταστάσεις αμμωνίας.

Για ειδικές περιπτώσεις εγκαταστάσεων κατασκευάζονται απόλυτα στεγανές, ώστε να παρέχουν ασφάλεια από σπινθήρες, στις εγκαταστάσεις εύφλεκτων ή εκρηκτικών αερίων.

Προσδιορίζονται σύμφωνα με:

- την διάμετρο του δικτύου
  - το είδος του ψυκτικού υγρού
  - τον τρόπο λειτουργίας (NC ή NO)
  - τον τρόπο προσαρμογής τους
  - τις ιδιαίτερες απαιτήσεις της εγκατάστασης
-



## 7.2. Περιγραφή εξοπλισμού.

Ο εξοπλισμός που αναφέρεται στο P&I είναι:

ΚΩΔΙΚΟΣ P&I	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
A01	Πίεση στην έξοδο του reciever
A02	Ροή αμμωνίας στην έξοδο του reciever - είσοδο του συμπυκνωτή
A03	Θερμοκρασία θαλάμου (PT-100) - Θάλαμος 1
A04	Θερμοκρασία θαλάμου (PT-100) - Θάλαμος 2
A05	Θερμοκρασία θαλάμου (PT-100) - Θάλαμος 3
A06	Θερμοκρασία θαλάμου (PT-100) - Θάλαμος 4
M01	Αντλία αποπάγωσης
M02	Αντλία αποπάγωσης
M03	Συμπυκνωτής αμμωνίας
M04	Συμπιεστής
M05	Συμπιεστής
M06	Αντλία αμμωνίας
M07	Αντλία αμμωνίας
M08	Αεροψυκτύρας θαλάμου 1 (ζευγος των τριών ανεμιστήρων)
M09	Αεροψυκτύρας θαλάμου 2 (ζευγος των τριών ανεμιστήρων)
M10	Αεροψυκτύρας θαλάμου 3 (ζευγος των τριών ανεμιστήρων)
M11	Αεροψυκτύρας θαλάμου 4 (ζευγος των τριών ανεμιστήρων)
V01	Βαλβίδα ψύξης συμπιεστή - M05
V02	Βαλβίδα ψύξης συμπιεστή - M06
V03	Βαλβίδα εισαγωγής αμμωνίας στον ψυκτικό θάλαμο 1
V04	Βαλβίδα εισαγωγής αμμωνίας στον ψυκτικό θάλαμο 2
V05	Βαλβίδα εισαγωγής αμμωνίας στον ψυκτικό θάλαμο 3
V06	Βαλβίδα εισαγωγής αμμωνίας στον ψυκτικό θάλαμο 4
LS01	Ψηφιακό σήμα στάθμης δεξαμενής νερού
LS02	Τερματικός διακόπτης πόρτας θαλάμου1
LS03	Τερματικός διακόπτης πόρτας θαλάμου2
LS04	Τερματικός διακόπτης πόρτας θαλάμου3
LS05	Τερματικός διακόπτης πόρτας θαλάμου4



## 7.2. Περιγραφή λειτουργίας εξοπλισμού.

### **A01.** Πίεση στην έξοδο του receiver.

Μέτρηση πίεσεως αμμωνίας, στην έξοδο του receiver - είσοδος ανατροφοδότησης συμπυκνωτή, από τον αμμωνοδιαχωριστή στον συμπυκνωτή.

### **A02.** Ροή αμμωνίας στην έξοδο του receiver - είσοδο του συμπυκνωτή.

Μέτρηση ροής αμμωνίας, στην έξοδο του receiver - είσοδος ανατροφοδότησης συμπυκνωτή, από τον αμμωνοδιαχωριστή στον συμπυκνωτή.

### **A03.** Θερμοκρασία θαλάμου (PT-100) - Θάλαμος 1.

Μέτρηση θερμοκρασίας θαλάμου 1. Η μέτρηση αυτή είναι η είσοδος για τον σχετικό PID ελεγκτή του θαλάμου 1 (**P01**), στην αυτόματη λειτουργία.

### **A04.** Θερμοκρασία θαλάμου (PT-100) - Θάλαμος 2.

Μέτρηση θερμοκρασίας θαλάμου 2. Η μέτρηση αυτή είναι η είσοδος για τον σχετικό PID ελεγκτή του θαλάμου 2 (**P02**), στην αυτόματη λειτουργία.

### **A05.** Θερμοκρασία θαλάμου (PT-100) - Θάλαμος 3.

Μέτρηση θερμοκρασίας θαλάμου 3. Η μέτρηση αυτή είναι η είσοδος για τον σχετικό PID ελεγκτή του θαλάμου 3 (**P03**), στην αυτόματη λειτουργία.

### **A06.** Θερμοκρασία θαλάμου (PT-100) - Θάλαμος 4.

Μέτρηση θερμοκρασίας θαλάμου 4. Η μέτρηση αυτή είναι η είσοδος για τον σχετικό PID ελεγκτή του θαλάμου 4 (**P04**), στην αυτόματη λειτουργία.

### **M01 - M02.** Αντλία αποπάγωσης.

Οι αντλίες αποπάγωσης παίρνουν νερό από την δεξαμενή νερού (Water Tank) και το οδηγούν στους θαλάμους ψύξης. Λειτουργούν κατά την διαδικασία της αποπάγωσης.

### **M03.** Συμπυκνωτής αμμωνίας.

Ο συμπυκνωτής ζεσταίνει νερό με μία θερμική αντίσταση μέχρι να φτάσει την καθορισμένη, από τον κατασκευαστή, θερμοκρασία  $T_0$ . Όταν η θερμοκρασία του νερού φτάσει την επιθυμητή τιμή  $T_0$ , τότε ένας θερμοστάτης διακόπτει την τροφοδοσία της αντίστασης με ρεύμα. Αν το νερό που υπάρχει στην εσωτερική δεξαμενή του συμπυκνωτή δεν επαρκεί, τότε ενεργοποιείτε μία ψηφιακή ένδειξη LS1. Η ψηφιακή ένδειξη LS1 ενεργοποιεί την βαλβίδα εισαγωγής νερού V1. Όταν ανοίξει η βαλβίδα V1, τότε το νερό από την δεξαμενή νερού (Water Tank), συμπληρώνει την απαιτούμενη ποσότητα νερού στον συμπυκνωτή.

### **M04 - M05.** Συμπιεστής.

Οι συμπιεστές αυτοί λειτουργούν σε 3 σταθερές τιμές της ονομαστικής μέγιστης απόδοσης τους, οι οποίες είναι 50%, 80% και 100%. Η επιθυμητή ισχύ καλύπτεται με την συνδυαστική λειτουργία των συμπιεστών. Η σειρά εκκίνησης τους καθορίζεται από τις ώρες λειτουργίας, για τον σκοπό αυτό είναι απαραίτητοι δύο μετρητές χρόνου (Timer) **T01** για τον **M04** και **T02** για τον **M05**. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ακόμα και αρκεί ένας συμπιεστής να καλύψει το μέγιστο φορτίο θα πρέπει να υπάρχει ένας ακόμα, αυτό γιατί σε περίπτωση βλάβης του ενός, ο δεύτερος πρέπει να καλύψει την απαιτούμενη ισχύ, έτσι ώστε να τροφοδοτούνται οι θάλαμοι με αμμωνία. Η ψύξη των συγκεκριμένων συμπιεστών γίνεται με νερό. Όταν απαιτείται



νερό από τον συμπιεστή, τότε αυτός στέλνει αίτημα στο PLC και το PLC ανοίγει την Βαλβίδα ψύξης συμπιεστή (**V01** και **V02**). Όταν χαθεί το σήμα της αίτησης απο τον συμπιεστή, τότε το PLC κλίνει την βαλβίδα.

**M06 - M07.** Αντλία αμμωνίας.

Οι αντλίες οδηγούν την αμμωνία από τον αμονοδιαχωριστή στους θαλάμους ψύξης. Αν λειτουργούν δύο αεροψυκτύρες (Aircooler) τότε λειτουργεί μόνο μία αντλία, ενώ αν λειτουργούν 3 ή 4 αεροψυκτήρες λειτουργεί και η δεύτερη αντλία. Η σειρά εκκίνησης των αντλιών καθορίζεται από τις ώρες λειτουργίας, για τον σκοπό αυτό είναι απαραίτητοι δύο Timer T03 για τον M05 και T04 για τον M06.

**M08 - M09 - M10 - M11.** Αεροψυκτύρας θαλάμου (ζεύγος των τριών ανεμιστήρων).

Ο αεροψυκτήρας θαλάμου διαχέει αέρα που ψύχει η αμμωνία. Ο αέρας είναι αυτός που υπάρχει μέσα στο θάλαμο. Η λειτουργία του αεροψυκτύρα καθορίζεται από τους PID σε κάθε θάλαμο, αν η Βαλβίδα εισαγωγής αμμωνίας στον ψυκτικό θάλαμο είναι ανοιχτή, καθώς και όταν η πόρτα του θαλάμου (ενεργοποίηση του Τερματικού διακόπτη πόρτας θαλάμου) είναι ανοιχτή. Επίσης κατά την διαδικασία της αποπάγωσης οι αεροψυκτήρες πρέπει να είναι σε στάση.

**V01.** Βαλβίδα ψύξης συμπιεστή - M05.

Οι βαλβίδα ενεργοποιείται όταν υπάρχει απαίτηση ψύξης από τον συμπιεστή M05 και απενεργοποιείται όταν δεν υπάρχει.

**V02.** Βαλβίδα ψύξης συμπιεστή M06.

Οι βαλβίδα ενεργοποιείται όταν υπάρχει απαίτηση ψύξης από τον συμπιεστή M06 και απενεργοποιείται όταν δεν υπάρχει.

**V03 - V04 - V05 - V06.** Βαλβίδα εισαγωγής αμμωνίας στον ψυκτικό θάλαμο.

Οι βαλβίδες εισαγωγής ανοίγουν λίγο πριν την ενεργοποίηση των αεροψυκτήρων και σταματούν λίγο μετά από το σταμάτημα τους. Επίσης κατά την διαδικασία της αποπάγωσης οι βαλβίδες αυτές πρέπει να παραμείνουν κλειστές.

**LS01.** Ψηφιακό σήμα στάθμης δεξαμενής νερού.

Η τροφοδοσία της δεξαμενής νερού δεν ελέγχεται από το PLC, είναι όμως να απαραίτητο να υπάρχει επαρκής ποσότητα νερού για την λειτουργία του συμπυκνωτή, την ψύξη των συμπιεστών και την αποπάγωση. Το κύκλωμα του νερού είναι κλειστό και έτσι δεν υπάρχει η ανάγκη ελέγχου της τροφοδοσίας νερού, γιατί το απόθεμα που υπάρχει στην δεξαμενή διαρκεί για μεγάλο χρονικό διάστημα.

**LS02 - LS03 - LS04 - LS05.** Τερματικός διακόπτης πόρτας θαλάμου.

Αν ο τερματικός διακόπτης πόρτας θαλάμου ενεργοποιηθεί, τότε ενεργοποιείτε ο αεροψυκτήρας του θαλάμου.



### 7.3. Ομάδες λειτουργίας εξοπλισμού.

Κωδικός	Ομάδα	Στοιχεία	Περιγραφή στοιχείου
G01.	Συμπυκνωτής.	A01.	Πίεση στην έξοδο του receiver
		A02.	Ροή αμμωνίας στην έξοδο του receiver - είσοδο του συμπυκνωτή.
		M03.	Συμπυκνωτής αμμωνίας.
G02.	Συμπιεστής.	M04.	Συμπιεστής 1.
		M05.	Συμπιεστής 2.
		T01.	Ο χρόνος λειτουργίας του συμπιεστή 1.
		T02.	Ο χρόνος λειτουργίας του συμπιεστή 2.
		V01.	Βαλβίδα ψύξης συμπιεστή - M05.
		V02.	Βαλβίδα ψύξης συμπιεστή - M06.
		G03.	Αντλίες αμμωνίας.
M07.	Αντλία αμμωνίας 2.		
T03.	Ο χρόνος λειτουργίας της αντλίας αμμωνίας 1.		
T04.	Ο χρόνος λειτουργίας της αντλίας αμμωνίας 2.		
T05.	Ο συνολικός χρόνος λειτουργίας του ζευγους.		
G04.	Αντλίες αποπάγωσης.	M01.	Αντλία αποπάγωσης.
M02.		Αντλία αποπάγωσης.	
G05.	Θάλαμος 1.	A03.	Θερμοκρασία θαλάμου (PT-100) - Θάλαμος 1.
		M08.	Αεροψυκτύρας θαλάμου 1 (ζευγος των τριών ανεμιστήρων).
		P01.	Ελεγκτής θερμοκρασίας θαλάμου 1.
		V03.	Βαλβίδα εισαγωγής αμμωνίας στον ψυκτικό θάλαμο 1.
G06.	Θάλαμος 2.	A04.	Θερμοκρασία θαλάμου (PT-100) - Θάλαμος 2.
		M09.	Αεροψυκτύρας θαλάμου 2 (ζεύγος των τριών ανεμιστήρων).
		P02.	Ελεγκτής θερμοκρασίας θαλάμου 2.
		V04.	Βαλβίδα εισαγωγής αμμωνίας στον ψυκτικό θάλαμο 2.
G07.	Θάλαμος 3.	A05.	Θερμοκρασία θαλάμου (PT-100) - Θάλαμος 3.
		M10.	Αεροψυκτύρας θαλάμου 3 (ζεύγος των τριών ανεμιστήρων).
		P03.	Ελεγκτής θερμοκρασίας θαλάμου 3.
		V05.	Βαλβίδα εισαγωγής αμμωνίας στον ψυκτικό θάλαμο 3.
G08.	Θάλαμος 4.	A06.	Θερμοκρασία θαλάμου (PT-100) - Θάλαμος 4.
		M11.	Αεροψυκτύρας θαλάμου 4 (ζευγος των τριών ανεμιστήρων).
		P04.	Ελεγκτής θερμοκρασίας θαλάμου 4.
		V06.	Βαλβίδα εισαγωγής αμμωνίας στον ψυκτικό θάλαμο 4.
G09.	Αποπάγωση.	M01.	Αντλία αποπάγωσης.



Κωδικός	Ομάδα	Στοιχεία	Περιγραφή στοιχείου
		M02.	Αντλία αποπάγωσης.
		M04.	Συμπιεστής 1.
		M05.	Συμπιεστής 2.
		M06.	Αντλία αμμωνίας 1.
		M07.	Αντλία αμμωνίας 2.
		M08.	Αεροψυκτύρας θαλάμου 1 (ζευγος των τριών ανεμηστήρων).
		M09.	Αεροψυκτύρας θαλάμου 2 (ζευγος των τριών ανεμηστήρων).
		M10.	Αεροψυκτύρας θαλάμου 3 (ζευγος των τριών ανεμηστήρων).
		M11.	Αεροψυκτύρας θαλάμου 4 (ζευγος των τριών ανεμηστήρων).
		T05.	Ο συνολικός χρόνος λειτουργίας του ζευγους αντλιών αμμωνίας.
		V03.	Βαλβίδα εισαγωγής αμμωνίας στον ψυκτικό θάλαμο 1.
		V04.	Βαλβίδα εισαγωγής αμμωνίας στον ψυκτικό θάλαμο 2.
		V04.	Βαλβίδα εισαγωγής αμμωνίας στον ψυκτικό θάλαμο 3.
		V05.	Βαλβίδα εισαγωγής αμμωνίας στον ψυκτικό θάλαμο 4.

Η διαδικασία της αποπάγωσης μπορεί να ξεκινήσει είτε αυτόματα (βάση ενός εμπειρικά προκαθορισμένου χρόνου και του **T05**), είτε χειροκίνητα. Η διαδικασία της αποπάγωσης λειτουργεί με τα εξής βήματα:

1. Βάζει όλες τις ομάδες σε θέση OFF.
2. Απενεργοποιεί τους συμπιεστες (**M04** και **M05**).
3. Απενεργοποιεί τις αντλίες αμμωνίας (**M06** και **M07**).
4. Κλείνει τις βαλβίδες εισαγωγής αμμωνίας στους ψυκτικούς θαλάμους (**V03**, **V04**, **V05**, και **V06**).
5. Απενεργοποιεί τους αεροψυκτήρες (**M08**, **M09**, **M10** και **M11**).
6. Ενεργοποιεί τις αντλίες αποπάγωσης (**M01** και **M02**).

Αν για οποιοδήποτε λόγο δεν μπορούν να εκτελεστούν οι παραπάνω χειρισμοί τότε η διαδικασία ματαιώνεται και όλες οι ομάδες και ο εξοπλισμός επανέρχονται στην προηγούμενη κατάσταση.

## 7.4. Περιγραφή του Scada.

Το σύστημα αυτοματισμού έχει τα εξής σήματα με τα οποία αλληλεπιδρά με την εγκατάσταση:

	Αναλογικό όργανο (6)	Βαλβίδα (6)	Συμπυκνωτής (1)	Συμπιεστής (2)	Κινητήρας (8)	Ψυφιακά σήματα (5)	Άθροισμα
<b>DI</b>	0	186	94	24	312	5	<b>621</b>
<b>DO</b>	0	42	18	64	64	0	<b>188</b>
<b>AI</b>	5	30	18	64	64	0	<b>181</b>
<b>AI/O</b>	5	24	14	48	48	0	<b>139</b>

Με βάση τα ανωτέρω εκτελείται ο βρόγχος ελέγχου του συστήματος. Όμως, ο τελικός χρήστης του συστήματος, ο χειριστής του Scada, δεν χρειάζεται όλες τις πληροφορίες που παρέχονται για κάθε στοιχείο του εξοπλισμού.

Κάθε στοιχείο εξοπλισμού, βαλβίδα, κινητήρας κτλ, εμφανίζει τα στοιχεία που το αφορούν σε ένα ξεχωριστό παράθυρο με διαφορετικό interface, ελεγκτής, για κάθε είδος:

- Αναλογικό όργανο.
- Βαλβίδα.
- Κινητήρας.
- Συμπυκνωτή.
- Συμπιεστή.



### 7.4.1. Αναλογικός ελεγκτής.

A01	Πίεση στην έξοδο του receiver		
Άνω όριο κλιμακας	10,20	<b>1,56</b>	
Κάτω όριο κλιμακας	1,02		
Πολύ υψηλό όριο	9,00	Κατάσταση	80
Υψηλό όριο	8,00		
Χαμηλό όριο	1,00		
Πολύ χαμηλό όριο	0,50		

Στοιχείο.	Περιγραφή.
Κωδικός (A01).	Σε αυτό το πεδίο εμφανίζεται ο κωδικός του στοιχείου στο P&I.
Περιγραφή (Πίεση στην έξοδο του receiver).	Σε αυτό το πεδίο εμφανίζεται η περιγραφή του οργάνου.
Άνω όριο κλιμακας.	Σε αυτά τα πεδία εμφανίζονται η ανώτερη και η κατώτερη τιμή που δείχνει το όργανο. Δηλαδή, η κατώτερη τιμή αντιστοιχεί στο 0mA και η ανώτερη στα 20mA.
Κάτω όριο κλιμακας.	
Πολύ υψηλό όριο.	Σε αυτά τα τέσσερα πεδία ορίζονται οι κρίσιμες τιμές για τον βρόγχο ελέγχου.
Υψηλό όριο.	
Χαμηλό όριο.	
Πολύ χαμηλό όριο.	

## 7.4.2. Ελεγκτής βαλβίδας.

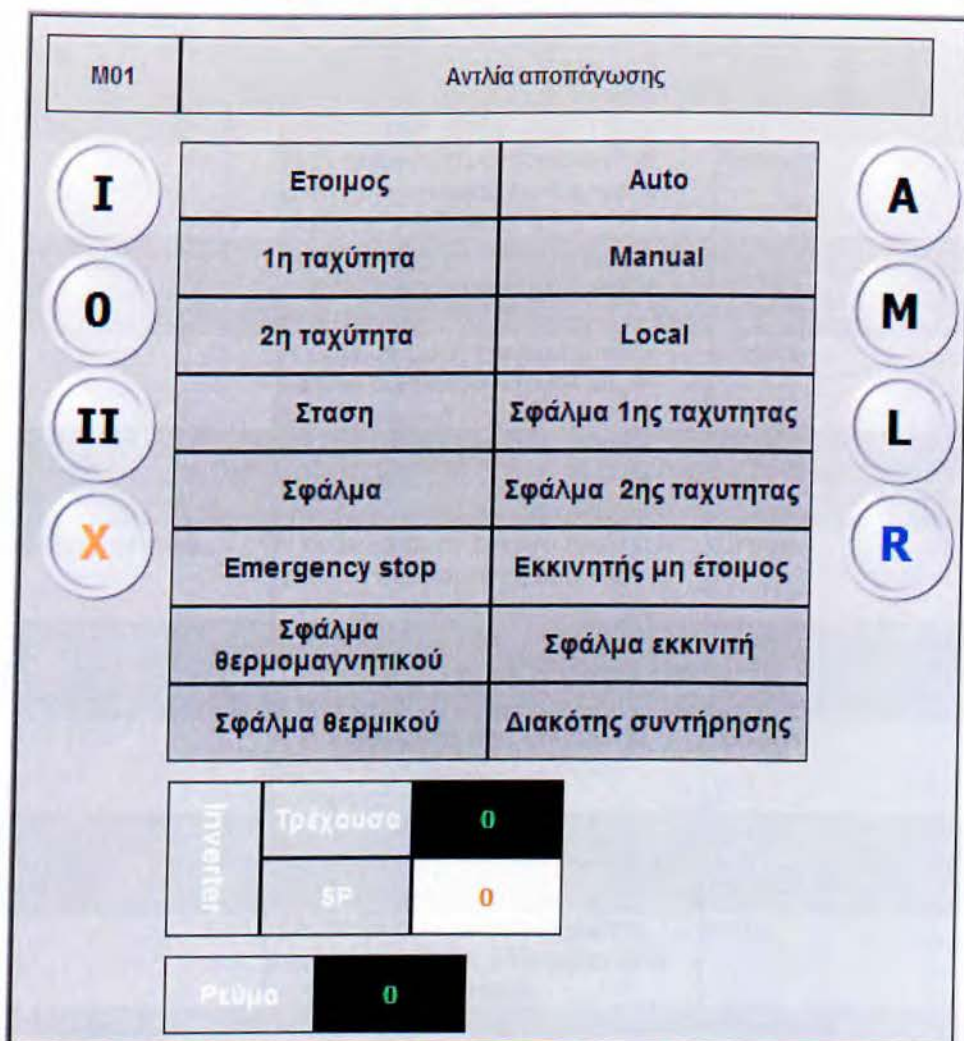
V01	Βαλβίδα ψύξης συμπιεστή M05	
<b>O</b>	Ανοιχτή	Auto
<b>O</b>	Κλειστή	Manual
<b>C</b>	Ανοίγμα	Local
<b>X</b>	Κλεισιμο	Emergency stop
	Σφάλμα οριακού διακόπτη-ανοιχτή	Σφάλμα
	Σφάλμα οριακού διακόπτη-κλειστή	Διακότης συντήρησης
		<b>A</b>
		<b>M</b>
		<b>L</b>
		<b>R</b>

Στοιχείο.	Περιγραφή.	Χρώμα ενεργοποίησης.
<b>Κωδικός (V01).</b>	Σε αυτό το πεδίο εμφανίζεται ο κωδικός του στοιχείου στο P&I.	
<b>Περιγραφή (Βαλβίδα ψύξης συμπιεστή).</b>	Σε αυτό το πεδίο εμφανίζεται η περιγραφή της βαλβίδας.	
<b>O.</b>	Εντολή ανοίγματος.	
<b>O.</b>	Εντολή στάσης.	
<b>C.</b>	Εντολή κλεισίματος	
<b>X.</b>	Εντολή απενεργοποίησης στοιχείου.	
<b>Ανοιχτή.</b>	Βαλβίδα ανοιχτή.	Πράσινο.
<b>Κλειστή.</b>	Βαλβίδα κλειστή.	Κόκκινο.
<b>Ανοίγμα.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται κατά την διάρκεια ανοίγματος της βαλβίδας.	Πράσινο / γκρι.
<b>Κλεισιμο.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται κατά την διάρκεια κλεισίματος της βαλβίδας.	Κόκκινο / γκρι.
<b>Σφάλμα οριακού διακόπτη - ανοιχτή.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται αν υπάρχει σφάλμα του οριακού διακόπτη στην θέση ανοιχτή.	Κίτρινο.
<b>Σφάλμα οριακού διακόπτη - κλειστή.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται αν υπάρχει σφάλμα του οριακού διακόπτη στην θέση κλειστή.	Κίτρινο.
<b>Auto.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν η βαλβίδα ελέγχεται αυτόματα.	Πράσινο.
<b>Manual.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν η βαλβίδα ελέγχεται από τον χειριστή.	Πράσινο.
<b>Local.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν η βαλβίδα ελέγχεται από το τοπικό χειριστήριο.	Μπλε.



Στοιχείο.	Περιγραφή.	Χρώμα ενεργοποίησης.
<b>Emergency stop.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν πατηθεί το μπουτόν έκτακτης ανάγκης (μανιτάρι).	Κίτρινο.
<b>Σφάλμα.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται κάποιο σφάλμα λειτουργίας, ή εκκινήσεως, ή ηλεκτρομηχανικό.	Κίτρινο.
<b>Διακόπτης συντήρησης.</b>	Πριν την εκτέλεση συντήρησης του εξοπλισμού, ενεργοποιείται το σχετικό μπουτόν στο τοπικό χειριστήριο, τότε ενεργοποιείται η ένδειξη.	Κίτρινο.
<b>A.</b>	Εντολή λειτουργίας σε αυτόματο έλεγχο.	
<b>M.</b>	Εντολή λειτουργίας σε χειροκίνητο έλεγχο.	
<b>L.</b>	Εντολή λειτουργίας σε τοπικό έλεγχο.	
<b>R.</b>	Εντολή επανακαθορισμού σφάλματος.	

## 7.4.3. Ελεγκτής κινητήρα.



Στοιχείο.	Περιγραφή.	Χρώμα ενεργοποίησης.
Κωδικός (M01).	Σε αυτό το πεδίο εμφανίζεται ο κωδικός του στοιχείου στο P&I.	
Περιγραφή (Αντλία αποπάγωσης).	Σε αυτό το πεδίο εμφανίζεται η περιγραφή του κινητήρα.	
I.	Εντολή πρώτης ταχύτητας	
O.	Εντολή στάσης.	
II.	Εντολή δεύτερης ταχύτητας.	
X.	Εντολή απενεργοποίησης στοιχείου.	
A.	Εντολή λειτουργίας σε αυτόματο έλεγχο.	
M.	Εντολή λειτουργίας σε χειροκίνητο έλεγχο.	
L.	Εντολή λειτουργίας σε τοπικό έλεγχο.	
R.	Εντολή επανακαθορισμού σφάλματος.	
Ετοιμος.	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν ο κινητήρας δεν έχει	Πράσινο.



Στοιχείο.	Περιγραφή.	Χρώμα ενεργοποίησης.
	σφάλμα και εκπληρώνονται οι προϋποθέσεις για την εκκίνηση του κινητήρα.	
<b>1η ταχύτητα.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν ο κινητήρας λειτουργεί σε πρώτη ταχύτητα.	Πράσινο.
<b>2η ταχύτητα.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν ο κινητήρας λειτουργεί σε δεύτερη ταχύτητα.	Πράσινο.
<b>Στάση.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν ο κινητήρας βρίσκεται σε στάση.	Κόκκινο.
<b>Σφάλμα.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται κάποιο σφάλμα λειτουργίας, ή εκκινήσεως, ή ηλεκτρομηχανικό.	Κίτρινο.
<b>Emergency stop.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν πατηθεί το μπουτόν έκτακτης ανάγκης (μανιτάρι).	Κίτρινο.
<b>Σφάλμα θερμομαγνητικού.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν το θερμομαγνητικό του κινητήρα παρουσιάσει σφάλμα.	Κίτρινο.
<b>Σφάλμα θερμικού.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν το θερμικό του κινητήρα παρουσιάσει σφάλμα.	Κίτρινο.
<b>Auto.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν η κινητήρας ελέγχεται αυτόματα.	Πράσινο.
<b>Manual.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν η κινητήρας ελέγχεται από τον χειριστή.	Πράσινο.
<b>Local.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν η κινητήρας ελέγχεται από το τοπικό χειριστήριο.	Μπλε.
<b>Σφάλμα 1ης ταχύτητας.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν υπάρχει σφάλμα στην λειτουργία της πρώτης ταχύτητας.	Κίτρινο.
<b>Σφάλμα 2ης ταχύτητας.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν υπάρχει σφάλμα στην λειτουργία της δεύτερης ταχύτητας.	Κίτρινο.
<b>Εκκινήτης μη έτοιμος.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν ο εκκινήτης του κινητήρα δεν μπορεί να λειτουργήσει, π.χ. σφάλμα συνδεσμολογίας.	Κίτρινο.
<b>Σφάλμα εκκινήτη.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν κατά την λειτουργία του εκκινήτη παρουσιαστεί κάποιο σφάλμα.	Κίτρινο.
<b>Διακόπτης συντήρησης.</b>	Πριν την εκτέλεση συντήρησης του εξοπλισμού, ενεργοποιείται το σχετικό μπουτόν στο τοπικό χειριστήριο, τότε ενεργοποιείται η ένδειξη.	Κίτρινο.
<b>Inverter - Τρέχουσα.</b>	Η πραγματική τιμή του inverter, το νούμερο που εμφανίζεται στο πεδίο είναι μεταξύ 0Hz - 60Hz	

<b>Στοιχείο.</b>	<b>Περιγραφή.</b>	<b>Χρώμα ενεργοποίησης.</b>
<b>Inverter - SP.</b>	Η επιθυμητή τιμή του inverter, το νούμερο που εισάγεται στο πεδίο είναι μεταξύ 0Hz - 60Hz	
<b>Ρεύμα.</b>	Η τιμή του ρεύματος που καταναλώνει ο κινητήρας	



## 7.4.4. Ελεγκτής συμπίεστή.

M04	Συμπίεστής 1	
<b>I</b>	Ετοιμος	Auto
	1η βαθμίδα	Manual
<b>II</b>		
	2η βαθμίδα	Local
<b>III</b>		
	3η βαθμίδα	Σφάλμα εκκίνησης 1ης βαθμίδας
	Σταση	Σφάλμα εκκίνησης 2ης βαθμίδας
<b>O</b>	Αίτηση ψύξης	Σφάλμα εκκίνησης 3ης βαθμίδας
	Σφάλμα ψύξης	Σφάλμα θερμομαγνητικού
<b>X</b>	Σφάλμα	Σφάλμα θερμικού
	Emergency stop	Διακότης συντήρησης

Στοιχείο.	Περιγραφή.	Χρώμα ενεργοποίησης.
<b>Κωδικός (M04).</b>	Σε αυτό το πεδίο εμφανίζεται ο κωδικός του στοιχείου στο P&I.	
<b>Περιγραφή (Συμπίεστής 1).</b>	Σε αυτό το πεδίο εμφανίζεται η περιγραφή του συμπίεστή.	
<b>I.</b>	Εντολή εκκίνησης 1ης βαθμίδας συμπίεστή.	
<b>II.</b>	Εντολή εκκίνησης 2ης βαθμίδας συμπίεστή.	
<b>III.</b>	Εντολή εκκίνησης 3ης βαθμίδας συμπίεστή.	
<b>O.</b>	Εντολή στάσης συμπίεστή.	
<b>X.</b>	Εντολή απενεργοποίησης στοιχείου.	
<b>A.</b>	Εντολή λειτουργίας σε αυτόματο έλεγχο.	
<b>M.</b>	Εντολή λειτουργίας σε χειροκίνητο έλεγχο.	
<b>L.</b>	Εντολή λειτουργίας σε τοπικό έλεγχο.	
<b>R.</b>	Εντολή επανακαθορισμού σφάλματος.	
<b>Ετοιμος.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν ο συμπίεστής δεν έχει σφάλμα και εκπληρώνονται οι προϋποθέσεις για την εκκίνηση	Πράσινο.



Στοιχείο.	Περιγραφή.	Χρώμα ενεργοποίησης.
	του.	
<b>1η βαθμίδα.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν ο συμπιεστής λειτουργεί στην 1η βαθμίδα.	Πράσινο.
<b>2η βαθμίδα.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν ο συμπιεστής λειτουργεί στην 2η βαθμίδα.	Πράσινο.
<b>3η βαθμίδα.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν ο συμπιεστής λειτουργεί στην 3η βαθμίδα.	Πράσινο.
<b>Στάση.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν ο συμπιεστής βρίσκεται σε στάση.	Κόκκινο.
<b>Αίτηση ψύξης.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν ο συμπιεστής χρειάζεται ψύξη.	Πράσινο.
<b>Σφάλμα ψύξης.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν ο συμπιεστής χρειάζεται ψύξη και η εγκατάσταση δεν μπορεί να απόδοση την ψύξη στον συμπιεστή.	Κίτρινο.
<b>Σφάλμα.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται κάποιο σφάλμα λειτουργίας, ή εκκινήσεως, ή ηλεκτρομηχανικό.	Κίτρινο.
<b>Emergency stop.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν πατηθεί το μπουτόν έκτακτης ανάγκης (μανιτάρι).	Κίτρινο.
<b>Auto.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν η συμπιεστής ελέγχεται αυτόματα.	Πράσινο.
<b>Manual.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν η συμπιεστής ελέγχεται από τον χειριστή.	Πράσινο.
<b>Local.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν η συμπιεστής ελέγχεται από το τοπικό χειριστήριο.	Μπλε.
<b>Σφάλμα εκκίνησης 1ης βαθμίδας.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν κατά την λειτουργία της 1ης βαθμίδας προκύπτει ηλεκτρομηχανικό σφάλμα, ή σφάλμα λειτουργίας.	Πράσινο.
<b>Σφάλμα εκκίνησης 2ης βαθμίδας.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν κατά την λειτουργία της 2ης βαθμίδας προκύπτει ηλεκτρομηχανικό σφάλμα, ή σφάλμα λειτουργίας.	Πράσινο.
<b>Σφάλμα εκκίνησης 3ης βαθμίδας.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν κατά την λειτουργία της 3ης βαθμίδας προκύπτει ηλεκτρομηχανικό σφάλμα, ή σφάλμα λειτουργίας.	Πράσινο.
<b>Σφάλμα θερμομαγνητικού.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν το θερμομαγνητικό του συμπιεστή παρουσιάσει σφάλμα.	Κίτρινο.
<b>Σφάλμα θερμικού.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν το θερμικό του συμπιεστή	Κίτρινο.



Στοιχείο.	Περιγραφή.	Χρώμα ενεργοποίησης.
Διακόπτης συντήρησης.	παρουσιάζει σφάλμα. Πριν την εκτέλεση συντήρησης του εξοπλισμού, ενεργοποιείται το σχετικό μπουτόν στο τοπικό χειριστήριο, τότε ενεργοποιείται η ένδειξη.	Κίτρινο.

## 7.4.5. Ελεγκτής συμπυκνωτή.

M03	Συμπυκνωτής αμμωνίας	
<b>I</b>	Βαλβίδα αμμωνίας	Auto
<b>O</b>	Βαλβίδα νερού	Manual
<b>X</b>	Αντίσταση εντός	Local
	Χαμηλή σταθμη νερού	Χαμηλή σταθμη αμμωνίας
	Σφάλμα βαλβίδας αμμωνίας	Σφάλμα βαλβίδας νερού
	Emergency stop	Διακότης συντήρησης
		<b>A</b>
		<b>M</b>
		<b>L</b>
		<b>R</b>

Στοιχείο.	Περιγραφή.	Χρώμα ενεργοποίησης.
<b>Κωδικός (M03).</b>	Σε αυτό το πεδίο εμφανίζεται ο κωδικός του στοιχείου στο P&I.	
<b>Περιγραφή (Συμπυκνωτής αμμωνίας).</b>	Σε αυτό το πεδίο εμφανίζεται η περιγραφή του συμπυκνωτή.	
<b>I.</b>	Εντολή εκκίνησης συμπυκνωτή.	
<b>O.</b>	Εντολή στάσης συμπυκνωτή.	
<b>X.</b>	Εντολή απενεργοποίησης στοιχείου.	
<b>A.</b>	Εντολή λειτουργίας σε αυτόματο έλεγχο.	
<b>M.</b>	Εντολή λειτουργίας σε χειροκίνητο έλεγχο.	
<b>L.</b>	Εντολή λειτουργίας σε τοπικό έλεγχο.	
<b>R.</b>	Εντολή επανακαθορισμού σφάλματος.	
<b>Βαλβίδα αμμωνίας.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν η ανοίγει η βαλβίδα αμμωνίας του συμπυκνωτή.	Πράσινο.
<b>Βαλβίδα νερού.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν η ανοίγει η βαλβίδα νερού του συμπυκνωτή.	Πράσινο.
<b>Αντίσταση εντός.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν ενεργοποιείται η αντίσταση του συμπυκνωτή.	Πράσινο.
<b>Auto.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν ο συμπυκνωτής ελέγχεται αυτόματα.	Πράσινο.
<b>Manual.</b>	Εντολή λειτουργίας σε χειροκίνητο έλεγχο.	Πράσινο.
<b>Local.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται	Μπλε.



Στοιχείο.	Περιγραφή.	Χρώμα ενεργοποίησης.
	όταν ο συμπυκνωτής ελέγχεται από το τοπικό χειριστήριο.	
<b>Χαμηλή στάθμη νερού.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν ενεργοποιείται ο ψηφιακός διακόπτης της δεξαμενής του νερού.	Κίτρινο.
<b>Χαμηλή στάθμη αμμωνίας.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν ενεργοποιείται ο ψηφιακός διακόπτης της δεξαμενής της αμμωνίας.	Κίτρινο.
<b>Σφάλμα βαλβίδας αμμωνίας.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν υπάρχει σφάλμα της βαλβίδας αμμωνίας,	Κίτρινο.
<b>Σφάλμα βαλβίδας νερού.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν υπάρχει σφάλμα της βαλβίδας νερού,	Κίτρινο.
<b>Emergency stop.</b>	Η ένδειξη αυτή ενεργοποιείται όταν πατηθεί το μπουτόν έκτακτης ανάγκης (μανιτάρι).	Κίτρινο.
<b>Διακόπτης συντήρησης.</b>	Πριν την εκτέλεση συντήρησης του εξοπλισμού, ενεργοποιείται το σχετικό μπουτόν στο τοπικό χειριστήριο, τότε ενεργοποιείται η ένδειξη.	Κίτρινο.

## **8.Επίλογος**

Η πτυχιακή εργασία αποτελεί το τελικό στάδιο των σπουδών μου στο τμήμα της αυτοματισμού. Η ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας ήταν ο τελευταίος στόχος για να ολοκληρώσω τις σπουδές μου και αποτελεί μια απόδειξη ότι η φοίτηση μου στη σχολή αυτή και οι γνώσεις που αποκόμισα, θα αποτελούν σημαντικά εφόδια για το μέλλον.

Η ενασχόληση μου με την πτυχιακή εργασία μου έδωσε τη δυνατότητα να ασχοληθώ με ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον θέμα. Η επιλογή του θέματος ήταν μια επιθυμία μου να ασχοληθώ εκτενέστερα με το θεωρητικό κομμάτι της βιομηχανικής ψύξης.

---



## 9. Βιβλιογραφία

- Καρακασόγλου Γ. Βασίλειος. 2002. *Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων*. Εκδόσεις Ρεβέκκα, Μιαούλη 15 – Νέα Φιλαδέλφεια, Αθήνα.
- Yunus A. Cengel – Michael A. Boles. 1998. *Θερμοδυναμική για μηχανικούς (Thermodynamics, an engineering approach)*. Εκδόσεις Τζίολα, Αρμενοπούλου 23, Θεσσαλονίκη.
- Δημητρίου Α. Κουρεμένου. 2009. *Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις*. Εκδόσεις ιδρύματος Ευγενιδίου, Αθήνα.
- Α. Α. Ζήσος. 1999. *Φυσική 1 Μηχανική και θερμότητα*. Σύγχρονη εκδοτική, Σόλωνος 120, Αθήνα.
- Δημήτρης Α. Μενεγάκης. 2007. *Απλοποιημένη μέθοδος μελέτης εγκαταστάσεων βιομηχανικής ψύξης*. Αποκλειστική διάθεση Δημήτρης Μενεγάκης, Ζανή 55-56, Πειραιά.
- Προστασία ηλεκτροκινητήρων: <http://www.pacontrol.com/download/Electric-Motor-Controls-Tutorial.pdf>
- <http://www.mikeholt.com/mojonewsarchive/EES-HTML/HTML/ElectricalCircuitBreakers~20030621.htm>
- Η Μηχανή του Stirling: [http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING\\_ENGINE\\_FYSIKOS\\_KOSMOS.pdf](http://users.sch.gr/nborbil/STIRLING_ENGINE_FYSIKOS_KOSMOS.pdf)
- Σημειώσεις πανεπιστημιακής φυσικής (μηχανική – κυματική – θερμοδυναμική): [http://www.pansmekade.gr/UPLOADS/Borbilas/BIBLIO\\_MHXANIKHS\\_N\\_A\\_BORBILA.pdf](http://www.pansmekade.gr/UPLOADS/Borbilas/BIBLIO_MHXANIKHS_N_A_BORBILA.pdf)
- Θερμοδυναμική: [http://www.physics.ntua.gr/~dris/FYS\\_B\\_LYK.PDF/B\\_FYBL25-170.pdf](http://www.physics.ntua.gr/~dris/FYS_B_LYK.PDF/B_FYBL25-170.pdf)
- Εξοικονόμηση ενέργειας στην βιομηχανική ψύξη: <http://www.soldatos.gr/html/industrial.html>

