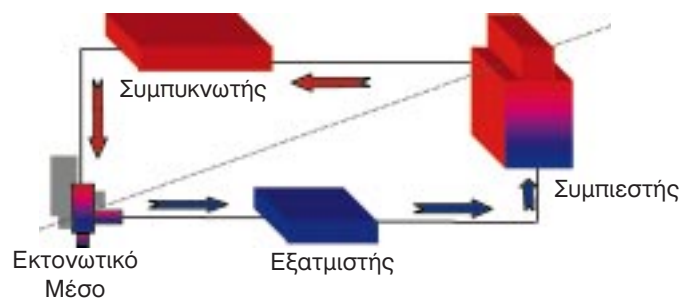


κεφάλαιο 2

ΒΑΣΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ, ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ



- 2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ
- 2.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΙΕΣΗΣ - ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ (p-h)
- 2.3 ΒΑΣΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ
- 2.4 ΗΜΙΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ
- 2.5 ΔΙΚΤΥΑ ΑΕΡΑΓΩΓΩΝ
- 2.6 ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
- 2.7 ΤΕΤΡΑΟΔΟΣ ΒΑΛΒΙΔΑ



Με την ολοκλήρωση του κεφαλαίου αυτού, οι μαθητές θα πρέπει :

- ✓ Να γνωρίζουν τους διάφορους τύπους μηχανημάτων, εξαρτημάτων και συσκευών, καθώς και τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε τύπου, που χρησιμοποιούνται στις μικρές κλιματιστικές μονάδες.
- ✓ Να περιγράφουν τη λειτουργία και τις βασικές διαφορές των διαφόρων μηχανημάτων, εξαρτημάτων και συσκευών, ανάλογα με την εφαρμογή.
- ✓ Να περιγράφουν τη συνολική λειτουργία μιας κλιματιστικής συσκευής, για κλιματισμό κατά τη χειμερινή ή θερινή περίοδο, καθώς και τη διαδικασία αφύγρανσης του αέρα.
- ✓ Να γνωρίζουν τα συστήματα αυτοματισμού, που χρησιμοποιούνται στις μικρές κλιματιστικές συσκευές.
- ✓ Να γνωρίζουν τη δομή και τη λειτουργία της τετράοδης βαλβίδας.

2.1 Εισαγωγή

Η υλοποίηση των επιδιώξεων του κλιματισμού επιτυγχάνεται με διάφορους τύπους κλιματιστικών μονάδων.

Τα βασικά στοιχεία αυτών των μονάδων είναι:

- Το ψυκτικό κύκλωμα
- Τα φίλτρα αέρα
- Οι ανεμιστήρες
- Οι διατάξεις ύγρυνσης και αφύγρανσης του αέρα

- Το σύστημα ελέγχου και λειτουργίας
- Η τετράοδος βαλβίδα αναστροφής του κύκλου λειτουργίας.

Η μείωση της θερμοκρασίας του αέρα με τα συστήματα κλιματισμού μπορεί να γίνει:

α) άμεσα ή

β) έμμεσα

Στην περίπτωση της άμεσης μείωσης της θερμοκρασίας, ο αέρας του εσωτερικού χώρου έρχεται σε επαφή με την εξωτερική επιφάνεια του στοιχείου του κυκλώματος ψύξης, μέσα στο οποίο ρέει το ψυκτικό ρευστό, με αποτέλεσμα αυτό να απορροφά τη θερμότητα από τον αέρα.

Στην έμμεση μείωση της θερμοκρασίας του αέρα, η αφαίρεση της θερμότητας από αυτόν, γίνεται με τη μεσολάβηση ενός άλλου ρευστού μεταφοράς θερμότητας, που, συνήθως, είναι το νερό. Αυτό το ρευστό, αφού πρώτα ψυχθεί στη μονάδα ψύξης, στη συνέχεια μεταφέρεται με σωληνώσεις στην κεντρική ή τοπική μονάδα επεξεργασίας του αέρα, ο οποίος με τη βοήθεια του ανεμιστήρα οδηγείται σε άμεση επαφή με την εξωτερική επιφάνεια του στοιχείου ψύξης, μέσα στο οποίο κυκλοφορεί, όπως είπαμε πιο πάνω, το ενδιάμεσο ρευστό μεταφοράς θερμότητας (π.χ. νερό).

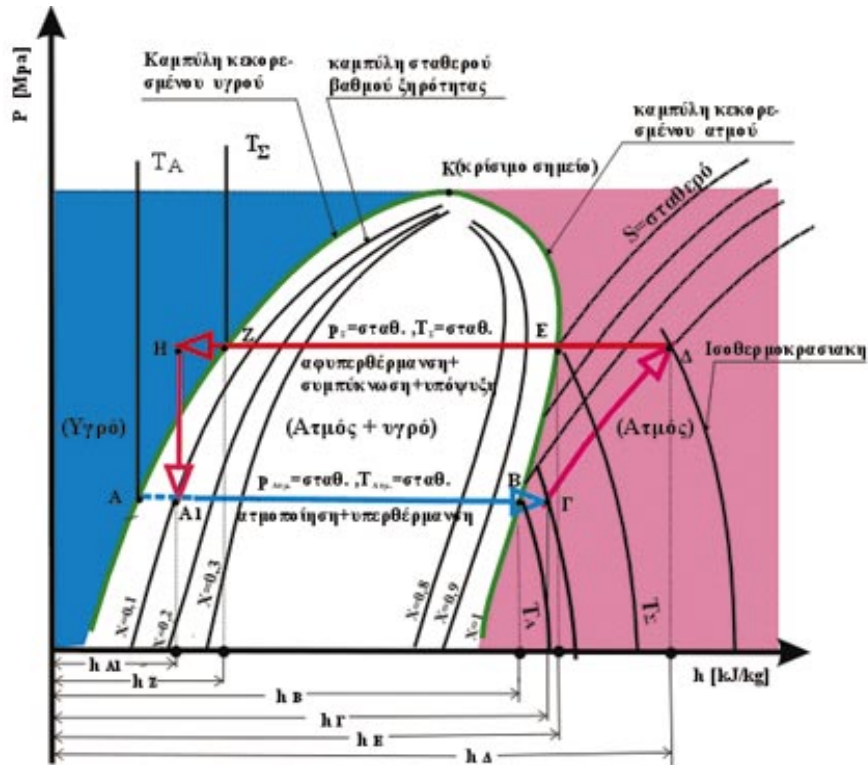
2.2 Διάγραμμα Πίεσης – Ενθαλπίας (p -h)

Απαραίτητο στοιχείο για τον τεχνικό ψύξης και κλιματισμού, το οποίο θα του επιτρέψει να κατανοήσει καλύτερα τις συνθήκες λειτουργίας, τις επιδόσεις των βασικών στοιχείων του ψυκτικού κυκλώματος μιας κλιματιστικής μονάδας, καθώς και τις πιθανές δυσλειτουργίες του συστήματος που στηρίζεται στον ψυκτικό κύκλο συμπίεσης ψυχρών ατμών, αποτελεί το «**Διάγραμμα πίεσης–ενθαλπίας (p–h)**».

Για κάθε ψυκτικό ρευστό υπάρχει και το αντίστοιχο διάγραμμα πίεσης – ενθαλπίας, μια απλοποιημένη μορφή του οποίου παρουσιάζεται στο Σχήμα. 2.1. Πιο αναλυτικά:

Το ψυκτικό ρευστό κυκλοφορεί μέσα στο ψυκτικό κύκλωμα και διαρρέοντας τα διάφορα επιμέρους βασικά του στοιχεία, υποβάλλεται σε θερμοδυναμικές μεταβολές, οι οποίες συνθέτουν τον ψυκτικό του κύκλο (A_1 -B-Γ-Δ-E-Z-H- A_1). Έτσι, σε άλλα τμήματα του ψυκτικού κυκλώματος συναντάμε το ψυκτικό ρευστό στην υγρή φάση, σε άλλα σε κατάσταση ατμού και αλλού σαν μίγμα ατμού και υγρού με διαφορετική πίεση, θερμοκρασία, ενθαλπία, πυκνότητα, βαθμό ξηρότητας κ.λ.π..

Αυτά τα μεγέθη των διαφόρων ψυκτικών ρευστών παρουσιάζονται στα **διαγράμματα της πίεσης –ενθαλπίας (p-h)**. Στον χ-άξονα αυτών των διαγραμμάτων υπάρχουν οι τιμές της **ενθαλπίας (h)**, σε **kJ/kg** ψυκτικού ρευστού και στον ψ-άξονα οι τιμές της απόλυτης πίεσης **p**, σε **MPa**.



Σχήμα 2.1: Σχηματική παράσταση ψυκτικού κύκλου στο διάγραμμα **p-h**, όπου A_1B =Ατμοποίηση, $BΓ$ = Υπερθέρμανση, $ΓΔ$ = Συμπίεση, $ΔΕ$ = Αφυπερθερμανση, $ΕΖ$ =Συμπύκνωση, $ΖΗ$ =υπόψυξη, $Η Α_1$ =εκτόνωση.

Θερμότητα ατμοποίησης $Q_A = h_{A1} - h_B$, θερμότητα υπερθέρμανσης $Q_{ΥΠ.} = h_B - h_Γ$, έργο συμπίεσης $W_Σ = h_Δ - h_Γ$, θερμότητα αφυπερθερμανσης $Q_{ΑΦ.} = h_Δ - h_E$, θερμότητα συμπύκνωσης $Q_{ΣΥΜ.} = h_E - h_Z$, θερμότητα υπόψυξης $Q_{ΥΠΟΨ.} = h_Z - h_H$

Ψυκτική ικανότητα $I = h_Γ - h_{A1}$ (με την προϋπόθεση ότι η υπερθέρμανση του κεκορεσμένου ατμού γίνεται μέσα στον εξατμιστή). Τα μεγέθη αναφέρονται στη μονάδα μάζας του ψυκτικού ρευστού. Έχουν θεωρηθεί αμελητέες οι πτώσεις της πίεσης του ψυκτικού μέσου στα στοιχεία του ψυκτικού κυκλώματος

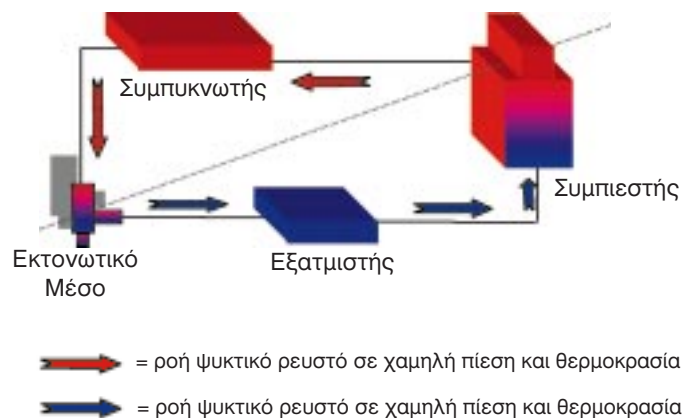
2.3 Βασικά εξαρτήματα κλιματιστικής μονάδας

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, ένα από τα βασικά στοιχεία της κλιματιστικής μονάδας είναι το ψυκτικό κύκλωμα.

Έτσι, το ψυκτικό κύκλωμα μιας κλιματιστικής μονάδας είναι ο συνδυασμός στοιχείων, που όταν συναρμολογούνται και ενεργοποιούνται σύμφωνα με το κατασκευαστικό τους σχέδιο, υλοποιούν τον ψυκτικό κύκλο. (Σχήμα 2.2)

Τα βασικά στοιχεία ενός ψυκτικού κυκλώματος είναι:

- Ο συμπιεστής
- Ο συμπυκνωτής
- Το εκτονωτικό μέσο
- Εξατμιστής (ατμοποιητής)



Σχήμα 2.2: Σχηματική παράσταση ψυκτικού κυκλώματος συμπίεσης ατμών ψυκτικού μέσου με τα βασικά του στοιχεία και τη φορά κυκλοφορίας του ψυκτικού ρευστού.

2.3.1. Συμπιεστής κλιματιστικών μονάδων

Ο συμπιεστής είναι το πιο ζωτικό στοιχείο του ψυκτικού κυκλώματος. Κύριος σκοπός του συμπιεστή είναι να αυξήσει τη θερμοκρασία του ψυκτικού ρευστού, ώστε να καταστεί δυνατή η «αυθόρμητη» απόρριψη στο περιβάλλον του συμπυκνωτή, της θερμότητας, η οποία είναι αποθηκευμένη και μεταφέρεται με το ψυκτικό ρευστό.

Άλλος σημαντικός σκοπός του συμπιεστή είναι να διασφαλίσει, με τη δημιουργία των απαραίτητων διαφορών πίεσης, και για όσο χρόνο θρίσκεται σε λειτουργία, τη συνεχή κυκλοφορία του ψυκτικού ρευστού μέσα στο κλειστό ψυκτικό κύκλωμα. Με αυτόν τον τρόπο, το ψυκτικό ρευστό, κατά τη διαδρομή του μέσα στον εξατμιστή, απορροφά συνεχώς θερμότητα από το περιβάλλον του, το οποίο μπορεί να είναι ο αέρας ή το νερό, και στη συνέχεια την απορρίπτει, μέσω του συμπυκνωτή, στο περιβάλλον αυτού του στοιχείου, το οποίο μπορεί να είναι, επίσης, ο αέρας ή το νερό.

Πιο αναλυτικά, με την άνοδο της πίεσης του ψυκτικού ρευστού, η οποία επιτυγχάνεται με τη λειτουργία του συμπιεστή, έχουμε και την ταυτόχρονη άνοδο της θερμοκρασίας του. Η τιμή της θερμοκρασίας του ψυκτικού ρευστού στην έξοδο του από το συμπιεστή είναι κατά 10-20°C μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος του συμπυκνωτή. Στο περιβάλλον του συμπυκνωτή, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, απορρίπτεται τελικά, τόσο η θερμότητα η οποία απορροφήθηκε από το ψυκτικό μέσο κατά τη ροή του μέσα στον εξατμιστή, όσο και η ενέργεια η οποία δαπανήθηκε για τη συμπίεσή του και η οποία επίσης έχει αποθηκευτεί σε αυτό υπό μορφή θερμότητας (βλέπε Σχήμα 2.1) .

Όπως θα αναφερθεί πιο διεξοδικά στη συνέχεια, με την εξέταση και των άλλων βασικών στοιχείων του ψυκτικού κυκλώματος, μέσα στον εξατμιστή το ψυκτικό μέσο απορροφώντας θερμότητα, αλλάζει κατάσταση και από υγρό μετατρέπεται σε ατμό. Ο ατμός αυτός αναρροφάται από τον συμπιεστή, ο οποίος ανυψώνει την πίεση του και επομένως και τη θερμοκρασία του, και στη συνέχεια τον στέλνει στον συμπυκνωτή, όπου θα αποδώσει στο μέσο ψύξης του (περιβάλλον) τη θερμότητα την οποία μεταφέρει, και τελικά θα μετατραπεί και πάλι σε υγρό.

Η πίεση αναρρόφησης του συμπιεστή, η πίεση δηλαδή που επικρατεί στην είσοδο του συμπιεστή και θεωρητικά και στον εξατμιστή, και η πίεση κατάθλιψης, η πίεση δηλαδή που επικρατεί στην έξοδο του συμπιεστή και θεωρητικά στον συμπυκνωτή, πρέπει να βρίσκονται μέσα στα όρια που προδιαγράφονται από τον κατασκευαστή του συμπιεστή.

Γι' αυτό, οποιαδήποτε απόκλιση των τιμών των παραπάνω πιέσεων από τις προκαθορισμένες, έχει αρνητική επίπτωση στη συνολική απόδοση της κλιματιστικής μονάδας. Πράγματι, όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε από το Σχήμα 2.1, μικρότερη πίεση και επομένως και θερμοκρασία ατμοποίησης, σημαίνει – με την προϋπόθεση ότι η πίεση συμπύκνωσης δεν αλλάζει – αφ' ενός μεν μικρότερο ποσό θερμότητας που απορροφά το ψυκτικό ρευστό κατά τη φάση της ατμοποίησής του, αφ' ετέρου δε δαπάνη περισσότερου μηχανικού έργου για τη συμπίεση των ατμών του ψυκτικού ρευστού.

Τα υλικά κατασκευής των συμπιεστών, καθώς και των άλλων στοιχείων του ψυκτικού κυκλώματος, που έρχονται σε επαφή με το ψυκτικό ρευστό, πρέπει να είναι συμβατά με το ψυκτέλαιο (λάδι λιπάνσεως του συμπιε-

στή), και αυτό για να μην έχουμε την εμφάνιση χημικών φαινομένων που μπορεί να βάλουν σε κίνδυνο τη σωστή λειτουργία του ψυκτικού κυκλώματος.

■ Κατηγορίες συμπιεστών

Τους συμπιεστές τους διακρίνουμε:

α) ανάλογα με την κίνηση, σε:

- Παλινδρομικούς
- Περιστροφικούς
- Φυγοκεντρικούς
- Κοχλιοφόρους και
- Σπειροειδείς (Scroll type)

β) ανάλογα με τη στεγανότητά τους, σε:

- Κλειστού τύπου ή ερμητικούς
- Ημιερμητικού τύπου και
- Ανοικτού τύπου.

Ένας συμπιεστής μπορεί να είναι παλινδρομικός κλειστού ή ημιερμητικού τύπου, περιστροφικός ανοικτού τύπου, κ.λ.π.

Στους συμπιεστές **κλειστού τύπου** δεν υπάρχει κίνδυνος διαρροής του ψυκτικού ρευστού στο περιβάλλον, γιατί ο κινητήρας και ο συμπιεστής βρίσκονται εγκιβωτισμένοι μέσα σ' ένα ερμητικά κλειστό κέλυφος, και σε περίπτωση βλάβης αντικαθίστανται, επειδή η επισκευή τους είναι δαπανηρή και οικονομικά ασύμφορη.

Στους συμπιεστές **ημιερμητικού τύπου**, ο συμπιεστής και ο κινητήρας του βρίσκονται επίσης μέσα στο ίδιο κέλυφος, σε ορισμένες θέσεις του οποίου, όμως, υπάρχουν κατάλληλες θυρίδες πρόσβασης στο εσωτερικό του. Οι θυρίδες αυτές είναι αναγκαίες για την επιθεώρηση ή την αποκατάσταση βλάβης του συγκροτήματος κινητήρα – συμπιεστή, και κλείνονται στεγανά με κατάλληλα καπάκια, παρεμβύσματα στεγανοποίησης με τους αντίστοιχους κοχλίες τους. Η στεγανότητα του ημιερμητικού συμπιεστή,

ως προς το περιβάλλον, είναι επίσης διασφαλισμένη.

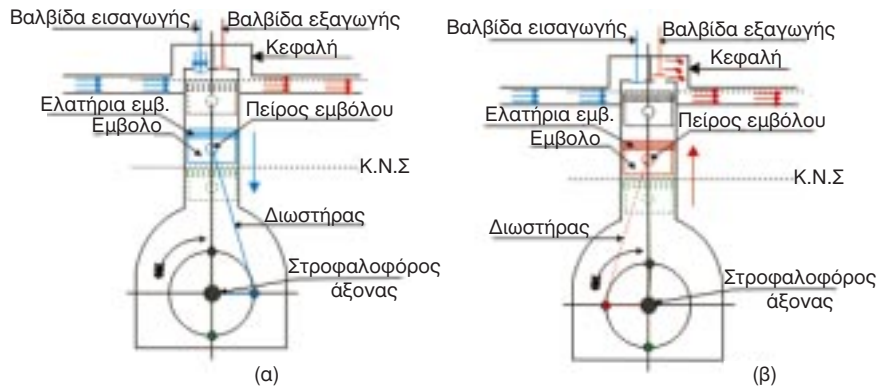
Στους συμπιεστές **ανοικτού τύπου**, αντίθετα από ό,τι συμβαίνει στους δύο προηγούμενους τύπους, ο κινητήρας είναι ανεξάρτητος και συνδέεται με τον συμπίεστή, είτε μέσω κατάλληλου συνδέσμου μετάδοσης της κίνησης, είτε μέσω τροχαλιών και ιμάντων.

Ο άξονας των συμπιεστών αυτού του τύπου διαπερνά το κέλυφος τους, και στο άκρο του εφαρμόζεται η κατάλληλη τροχαλία ή σύνδεσμος για τη μετάδοση της κίνησης, ενώ στη θέση εξόδου του (άξονα) από το κέλυφος τοποθετείται το κατάλληλο παρέμβυσμα στεγανοποίησης (τσιμούχα). Εδώ, ακριβώς, είναι και το σημαντικό πρόβλημα αυτών των συμπιεστών, γιατί λόγω φθοράς της τσιμούχας από τις μακροχρόνιες τριβές, ή λόγω ανεπαρκούς λίπανσης, μπορεί να υπάρξει διαρροή ψυκτικού ρευστού προς το περιβάλλον. Πιο αναλυτικά:

1) Παλινδρομικοί συμπίεστές

Τα βασικά στοιχεία του παλινδρομικού συμπίεστή είναι τα ακόλουθα, όπως φαίνονται και στο Σχήμα 2.3.:

- α)** Ο κύλινδρος,
- β)** Το έμβολο,
- γ)** Τα ελατήρια εμβόλου,
- δ)** Ο πείρος εμβόλου,
- ε)** Ο διωστήρας,
- στ)** Ο στροφαλοφόρος άξονας,
- ζ)** Τα έδρανα και οι τριβείς ολίσθησης
- η)** Η κεφαλή και η βαλβιδοφόρος πλάκα με τις βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης
- θ)** Το κυρίως σώμα και η έλαιολεκάνη.



Σχήμα 2.3: Σχηματική παράσταση βασικής δομής ενός παλινδρομικού συμπιεστή και αρχής λειτουργίας του. (α) φάση εισαγωγής, (β) φάση εξαγωγής.

■ Λειτουργία παλινδρομικού συμπιεστή

Στους παλινδρομικούς συμπιεστές (Σχήμα 2.3.) το έμβολο κινείται **παλινδρομικά**, μεταξύ δύο ακραίων θέσεων [**άνω νεκρού σημείου (Α.Ν.Σ.)**, και **κάτω νεκρού σημείου (Κ.Ν.Σ.)**], μέσα στον κύλινδρο. Με αυτήν την παραπάνω κίνησή του το έμβολο, όπως θα αναφερθεί αναλυτικά στη συνέχεια, προκαλεί αφενός την εκτόνωση του ψυκτικού μέσου, που έχει παραμείνει στον «**επιζήμιο χώρο***», και αφετέρου την αναρρόφηση, τη συμπίεση και τελικά, την εξαγωγή του υγρού αυτού από τον συμπιεστή.

Ο στροφαλοφόρος άξονας μαζί με τον διωστήρα και τον πείρο του εμβόλου, μετατρέπει την περιστροφική κίνηση του άξονα σε παλινδρομική κίνηση του εμβόλου.

Ας παρακολουθήσουμε, συνοπτικά, τις διεργασίες που συμβαίνουν μέσα στον κύλινδρο ενός συμπιεστή (Σχήμα 2.4):

Κατά την καθοδική πορεία του εμβόλου, από το άνω προς το κάτω νεκρό σημείο, και πριν ακόμη ανοίξει η βαλβίδα αναρρόφησης – με τη βαλβίδα κατάθλιψης να είναι κλειστή – ο ατμός του ψυκτικού ρευστού που δεν απομακρύνθηκε από τον κύλινδρο κατά τον προηγούμενο κύκλο συμπίεσης, εκτονώνεται, λόγω της αναπόφευκτης ύπαρξης του «**επιζήμιου χώρου**» – (**καμπύλη 1–2: «αδιαβατική εκτόνωση»**). Όσο μεγαλύτερη εί-

* Ο χώρος του κυλίνδρου μεταξύ του άνω νεκρού σημείου (ΑΝΣ) και της πλάκας των βαλβίδων του συμπιεστή. Αυτός ο χώρος είναι αναγκαίος, γιατί, διαφορετικά, το έμβολο στο τέλος της ανοδικής του πορείας (Α.Ν.Σ.) θα κτυπούσε στη πλάκα των βαλβίδων. Με την πάροδο του χρόνου και λόγω των φθορών των εδράνων του συμπιεστή, είναι δυνατόν να προκληθούν κτύποι του εμβόλου επάνω στην πλάκα των βαλβίδων, με απρόβλεπτες συνέπειες.

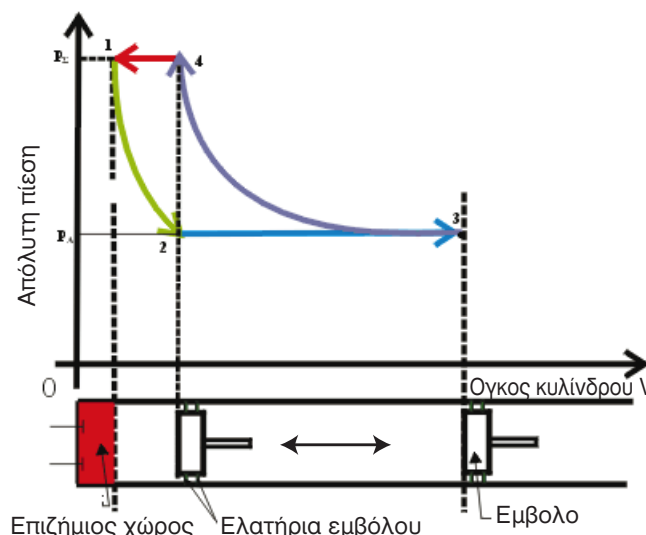
ναι η πίεση κατάθλιψης, τόσο μεγαλύτερη μάζα ψυκτικού μέσου παραμένει μέσα στον επιζήμιο χώρο, και αυτό το γεγονός είναι αρνητικό για την απόδοση του συμπιεστή.

Στη συνέχεια, και ενώ η πορεία του εμβόλου συνεχίζεται προς το κάτω νεκρό σημείο (ΚΝΣ), δημιουργούνται οι κατάλληλες συνθήκες (όπως είναι η μείωση της πίεσης στο εσωτερικό του κυλίνδρου) και ανοίγει η βαλβίδα αναρρόφησης. Στο σημείο αυτό, νέοι ψυχροί ατμοί από το ψυκτικό ρευστό εισέρχονται, δια μέσου της βαλβίδας εισαγωγής, στον κύλινδρο (**ευθύγραμμο τμήμα 2–3: «ισοβαρής αναρρόφηση»**).

Όταν το έμβολο φτάσει στο κάτω νεκρό σημείο, έχουμε στιγμιαία αναστροφή της κίνησής του, η οποία από καθοδική γίνεται ανοδική. Με την έναρξη της ανοδικής πορείας του εμβόλου, αρχίζει η φάση της συμπίεσης, και μόλις η τιμή της πίεσης ανυψωθεί λίγο τότε κλείνει η βαλβίδα αναρρόφησης, ενώ η βαλβίδα κατάθλιψης παραμένει κλειστή. Το έμβολο, συνεχίζοντας την πορεία του προς την πλάκα των βαλβίδων, συμπιέζει τους ατμούς του ψυκτικού ρευστού αυξάνοντας την πίεσή τους (**καμπύλη 3–4: «αδιαβατική συμπίεση»**).

Όταν η πίεση των ατμών του ψυκτικού ρευστού φτάσει σε μια προκαθορισμένη τιμή, τότε ανοίγει η βαλβίδα κατάθλιψης και οι ατμοί αυτοί δια μέσου αυτής οδηγούνται προς τον συμπυκνωτή, όπου και συμπυκνώνονται (**ευθύγραμμο τμήμα 4–1: «ισοβαρής απομάκρυνση» των ατμών του ψυκτικού μέσου από τον κύλινδρο του συμπιεστή**).

Το έμβολο, μετά από το άνω νεκρό σημείο, αρχίζει και πάλι την πορεία απομάκρυνσής του από την πλάκα των βαλβίδων, την πορεία, δηλαδή, προς το κάτω νεκρό σημείο. Η πίεση μέσα στον κύλινδρο αρχίζει να πέφτει και έτσι προκαλείται το κλείσιμο το βαλβίδας κατάθλιψης, ενώ μέχρις ότου αυτή η πτώση φτάσει σε μια επίσης προκαθορισμένη τιμή, η βαλβίδα αναρρόφησης παραμένει επίσης κλειστή και έτσι έχουμε, όπως προαναφέραμε, την εκτόνωση της μάζας των ατμών του ψυκτικού ρευστού που αντιστοιχεί στον όγκο του επιζήμιου χώρου, και η οποία δεν απομακρύνθηκε από τον κύλινδρο.



Σχήμα 2.4: Σχηματικό διάγραμμα μεταβολών της κατάστασης του ψυκτικού μέσου, μέσα στον κύλινδρο του συμπιεστή.

■ Λίπανση

Η λίπανση του κυλίνδρου ή των κυλινδρών των εδράνων, και γενικά, των εσωτερικών στοιχείων (εξαρτημάτων) των συμπιεστών, υλοποιείται :

- α) Στους μικρής ισχύος ερμητικούς συμπιεστές, με «**εκτίναξη**». Σύμφωνα, δηλαδή, με αυτό το σύστημα λίπανσης, το ψυκτέλαιο εκτινάσσεται, με τη βοήθεια περιστρεφόμενων στοιχείων, στο εσωτερικό του κελύφους του συμπιεστή.
- β) Στους μεγαλύτερης ισχύος ημιερμητικούς συμπιεστές, χρησιμοποιείται «**η δυναμική λίπανση**». Με αυτό το σύστημα λίπανσης, μια αντλία λαδιού η οποία παίρνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα, κυκλοφορεί το λιπαντικό μέσα από ειδικά κανάλια – που έχουν δημιουργηθεί γι' αυτόν ακριβώς το σκοπό – στο εσωτερικό του στροφαλοφόρου άξονα, στα σταθερά έδρανα, καθώς και στο κουζινέτο του διωστήρα. Η «δυναμική» αυτή λίπανση εφαρμόζεται, κυρίως, στους «ανοικτού τύπου» συμπιεστές, όπως και στους «ημιερμητικούς».

■ Ψύξη των κινητήρων παλινδρομικών συμπιεστών

Οι κινητήρες των ερμητικών και ημιερμητικών συμπιεστών, δεδομένου ότι βρίσκονται μέσα στο ίδιο κέλυφος με τους συμπιεστές, ψύχονται από τους ψυχρούς ατμούς του αναρροφούμενου ψυκτικού μέσου. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ατμοποίηση των σταγονιδίων του ψυκτικού υγρού που πιθανόν έχουν δημιουργηθεί, και, τα οποία μπορεί να παρασυρθούν από το ρεύμα των αναρροφούμενων ατμών του ψυκτικού μέσου, και έτσι έχουμε θετική συμβολή στην αποτροπή του φαινομένου της συμπίεσης του ψυκτικού υγρού.

Από τα παραπάνω προκύπτει η ανάγκη της συμβατότητας (συνεργασίας) του ψυκτικού ρευστού με τις περιελίξεις του ηλεκτροκινητήρα. Οι κινητήρες των ανοικτού τύπου συμπιεστών, επειδή βρίσκονται σε διαφορετική θέση από τον συμπιεστή, ψύχονται με τις συμβατικές μεθόδους ψύξης των ηλεκτροκινητήρων ή, εάν πρόκειται για κινητήρες εσωτερικής καύσης, που χρησιμοποιούνται σε περιοχές όπου δεν είναι διαθέσιμη ηλεκτρική ενέργεια, αυτοί ψύχονται με τους αντίστοιχους τρόπους ψύξης που γνωρίζουμε.

■ Χρήσεις παλινδρομικών συμπιεστών

Ο ερμητικός συμπιεστής, συνήθως, χρησιμοποιείται σε μικρές κλιματιστικές μονάδες. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η ισχύς του μπορεί να κυμαίνεται από κάποια δέκατα του kW έως 15 kW περίπου, ενώ ο αντίστοιχος ημιερμητικός χρησιμοποιείται σε μονάδες μέσης και μεγάλης ισχύος. Τέλος, ο «ανοικτού τύπου» συμπιεστής καλύπτει μια πολύ ευρεία περιοχή ισχύος και χρησιμοποιείται, για παράδειγμα, τόσο στον κλιματισμό των αυτοκινήτων, όσο και σε μεγάλα συγκροτήματα ψύξης νερού.

■ Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα παλινδρομικών συμπιεστών

I. Ανοικτού τύπου συμπιεστές

A. Πλεονεκτήματα:

- α) Εύκολη αποσυναρμολόγηση και συναρμολόγηση κατά τις εργασίες επισκευής και συντήρησής τους.
- β) Χρήση ηλεκτροκινητήρα κοινού τύπου, όπου δεν απαιτείται η συμβατότητα των περιελίξεών του με τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του ψυκτικού μέσου των συμπιεστών αυτών.
- γ) Δυνατότητα μεταβολής της ταχύτητας περιστροφής του άξονά του με τη χρήση τροχαλίων διαφόρων διαμέτρων.
- δ) Όταν είναι δυνατό, χρησιμοποιείται ο κινητήρας αυτών των συμπιεστών για την κίνηση του ανεμιστήρα, όπως συμβαίνει στις αερόψυκτες μικρές κλιματιστικές μονάδες.
- ε) Σε σύγκριση με τους αντίστοιχους ημιερμητικού τύπου ίδιου κυβισμού, οι συμπιεστές αυτοί μπορούν να αποδώσουν, αν και όχι σε μεγάλο ποσοστό, μεγαλύτερη ψυκτική ισχύ.

B. Μειονεκτήματα

- α) Παρουσιάζουν προβλήματα στεγανότητας στη θέση εξόδου του άξονά τους από το κέλυφος που τους περιβάλλει, λόγω φθοράς, ανεπαρκούς λίπανσης, καταστροφής ή κακής τοποθέτησης της τσιμούχας.

- β) Απαιτείται καλή ευθυγράμμιση των τροχαλίων, όταν χρησιμοποιείται ιμαντοκίνηση. Εξάλλου, η σύζευξη κινητήρα – συμπιεστή μπορεί να είναι και άμεση, με τη χρήση, δηλαδή, κατάλληλου συνδέσμου – μέθοδος που είναι και η πλέον διαδεδομένη –οπότε στην περίπτωση αυτή, απαιτείται ευθυγράμμιση των δύο αυτών στοιχείων (του κινητήρα και του συμπιεστή).

II. Ημιερμητικού τύπου συμπιεστές

A. Πλεονεκτήματα

- α) Δεν υπάρχει πρόβλημα διαρροής ψυκτικού υγρού στο περιβάλλον, λόγω άριστης στεγανότητας
- β) Δεν αντιμετωπίζεται πρόβλημα ευθυγράμμισης του κινητήρα και του συμπιεστή.
- γ) Σε σύγκριση με τους συμπιεστές ανοικτού τύπου, δεδομένου ότι η θερμότητα που αναπτύσσεται από τον κινητήρα, απορροφάται από το ψυκτικό μέσο, απαιτείται μικρότερης ισχύος κινητήρας για το ίδιο ψυκτικό αποτέλεσμα.

B. Μειονεκτήματα

- α) Σε σύγκριση με τους συμπιεστές ανοικτού τύπου και ίδιου κυβισμού, επειδή η θερμότητα του κινητήρα απορροφάται από το ψυκτικό μέσο, η απόδοση της συγκεκριμένης μονάδας στο σύνολό της, είναι μικρότερη.

III. Ερμητικοί συμπιεστές

A. Πλεονεκτήματα

- α) Δεν απαιτούνται ενδιάμεσα στοιχεία (μηχανισμοί) για τη μετάδοση της κίνησης από τον κινητήρα στον συμπιεστή, γιατί ο άξονας του ηλεκτροκινητήρα είναι προέκταση του στροφαλοφόρου άξονα του συμπιεστή.

B. Μειονεκτήματα

- α) Η επισκευή τους είναι δαπανηρή και ασύμφορη. Έτσι, όταν ο κινητήρας πάθει βλάβη, αντικαθίσταται.

2) Περιστροφικοί συμπίεστές (συμπίεστές τυμπάνου)

Οι περιστροφικοί συμπίεστές είναι σχετικά απλής κατασκευής, έχουν λίγα κινητά μέρη και, επομένως, είναι λιγότερο εκτεθειμένοι σε βλάβες από φθορές. Το μέγεθος τους είναι μικρότερο από εκείνο των αντίστοιχων παλινδρομικών, ενώ σαν μέσο ψύξης του κινητήρα τους, συνήθως αξιοποιούν το καταθλιβόμενο ψυκτικό μέσο.

Για τη συμπίεση του αερίου, εφαρμόζεται και σ' αυτούς τους συμπίεστές, όπως και στους παλινδρομικούς, η αρχή της εκτόπισης, σύμφωνα με την οποία, ορισμένος όγκος ψυκτικού ατμού εγκλωβίζεται σε ένα χώρο μεταξύ κελύφους – στροφείου και σύρτη (πτερυγίου), ενώ, στη συνέχεια, με την περιστροφική κίνηση του στροφείου συμπιέζεται μέχρι την επιθυμητή πίεση, και απομακρύνεται προς τον συμπυκνωτή, μέσω της βαλβίδας κατάθλιψης (Σχήματα 2.5., 2.6., 2.7.)

Η εισαγωγή ατμού του ψυκτικού μέσου, η συμπίεση και η εξαγωγή του, σε αντίθεση με ό,τι συμβαίνει στους παλινδρομικούς συμπίεστές, είναι σχεδόν αδιάλειπτη, και επομένως, σχεδόν αδιάλειπτη είναι και η ροή του ψυκτικού μέσου. Επίσης, οι περιστροφικοί συμπίεστές δεν έχουν το πρόβλημα του «επιζήμιου χώρου».

Οι αποδόσεις των περιστροφικών συμπίεστών, σε σύγκριση με τους παλινδρομικούς, είναι καλύτερες, και γι' αυτό αυτοί χρησιμοποιούνται σε μικρού και μεσαίου μεγέθους κλιματιστικές μονάδες.

Από κατασκευαστικής άποψης, οι περιστροφικοί συμπίεστές διακρίνονται σε δύο τύπους:

- Με σταθερό πτερύγιο (σύρτη) (Σχήμα 2.5).
- Με περιστρεφόμενο πτερύγιο (σύρτη) (Σχήμα 2.7).

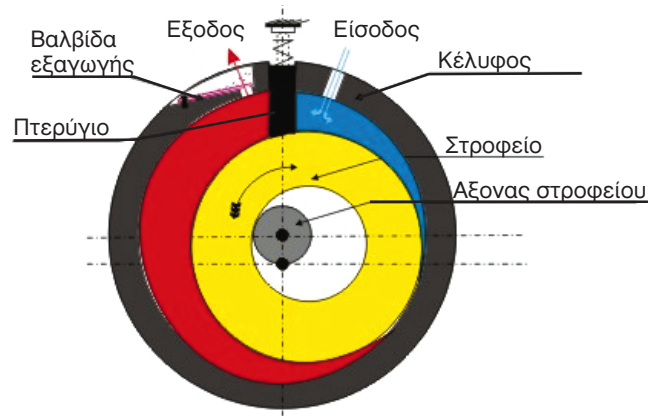
Πιο αναλυτικά:

■ Περιστροφικός συμπίεστής με σταθερά πτερύγια

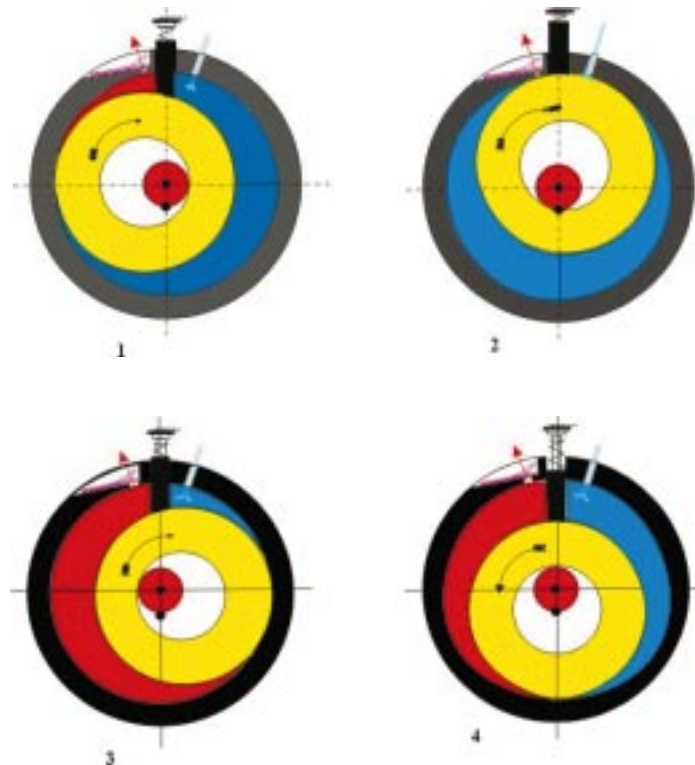
Τα βασικά στοιχεία ενός τέτοιου συμπίεστή, όπως φαίνονται και στο Σχήμα 2.5., είναι:

- α) Το κέλυφος,
- β) Το στροφείο,
- γ) Ο άξονας του στροφείου,

- δ) Τα πτερύγια με τα ελατήριά τους,
 ε) Η βαλβίδα εξαγωγής (κατάθλιψη).

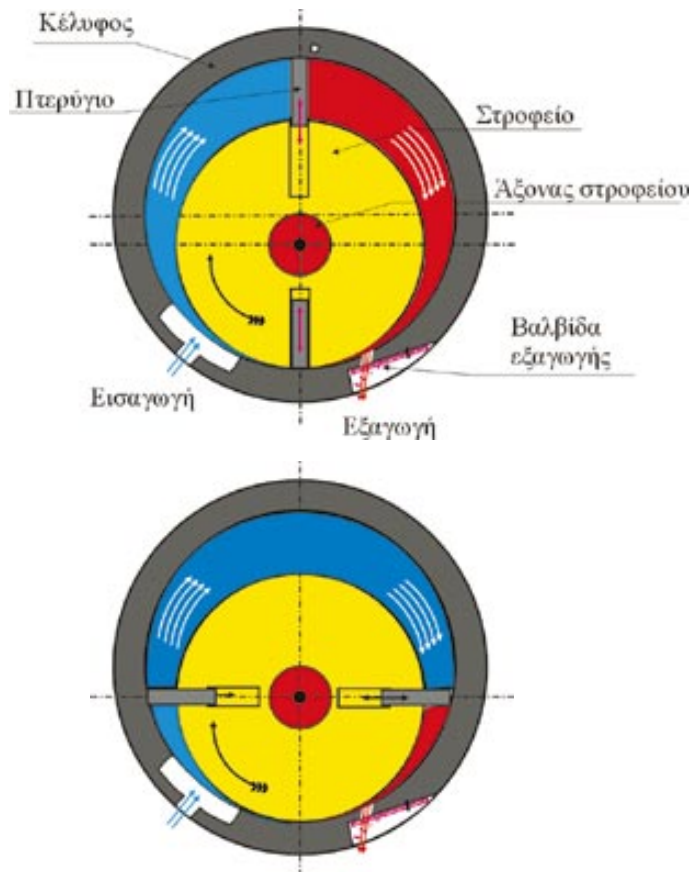


Σχήμα 2.5: Σχηματική παράσταση (σε τομή), βασικών δομικών στοιχείων περιστροφικού συμπιεστή με σταθερό σύρτη (πτερύγιο) και έκκεντρο στροφέιο.



Σχήμα 2.6: Σχηματική παράσταση αρχής λειτουργίας περιστροφικού συμπιεστή με σταθερό σύρτη και έκκεντρο στροφέιο.

■ Περιστροφικός συμπιεστής με περιστρεφόμενα πτερύγια



Σχήμα 2.7: Σχηματική παράσταση περιστροφικού συμπιεστή με περιστρεφόμενους σύρτες (πτερύγια).

■ Λειτουργία

Η αρχή λειτουργίας του περιστροφικού συμπιεστή με περιστρεφόμενα πτερύγια, παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.7. Σύμφωνα μ' αυτό, τα πτερύγια που περιστρέφονται μαζί με το στροφείο, παλινδρομούν μέσα στις αντίστοιχες έδρες τους και βρίσκονται σε συνεχή επαφή με την εσωτερική επιφάνεια του κελύφους τους. Με αυτόν τον τρόπο, το αέριο που εγκλωβίζεται ανάμεσά τους, στη συνέχεια συμπιέζεται. Σημειώνεται ότι, το στροφείο και ο άξονας του συμπιεστή έχουν το ίδιο κέντρο περιστροφής.

3) Κοχλιοφόροι συμπίεστές

Η αναρρόφηση και η συμπίεση στους κοχλιοφόρους συμπίεστές επιτυγχάνεται με την περιστροφική κίνηση δυο κοχλιόμορφων στοιχείων (Εικόνα 2.1.) τα οποία βρίσκονται σε λειτουργική σύζευξη.

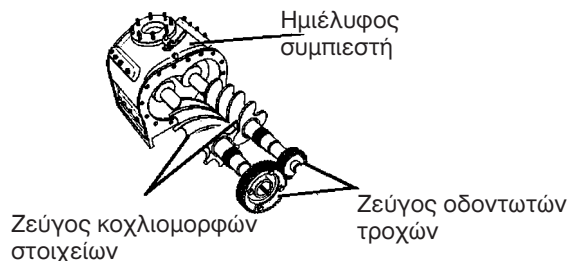
Κατά κύριο λόγο, οι συμπίεστές αυτοί ανήκουν στην κατηγορία των αντίστοιχων ημιερμητικών, κατασκευάζονται, όμως, και κοχλιοφόροι συμπίεστές «ανοικτού τύπου». Από κατασκευαστικής άποψης, συνήθως, διαθέτουν **ένα ζεύγος κοχλιόμορφων στοιχείων**, υπάρχει όμως και ο τύπος κοχλιοφόρου συμπίεστή – που συναντάται πολύ σπάνια – **με ένα κοχλιόμορφο στοιχείο σε λειτουργική εμπλοκή με δύο αντίστοιχα στροφεία – δορυφόρους**.

Οι συμπίεστές με ένα **ζεύγος κοχλιόμορφων στοιχείων** (Σχήμα 2.8) αποτελούνται από δύο στροφεία – αρσενικό και θηλυκό – με ελικοειδή και ασύμμετρο προφίλ διαμόρφωση μεγάλου βήματος, και τα οποία στροφεία βρίσκονται σε λειτουργική συνεργασία, μέσα στο ίδιο **κέλυφος**. Το αρσενικό κοχλιόμορφο στροφείο, συνήθως, συνδέεται άμεσα στον άξονα του κινητήρα, και συμπαρασύρει το αντίστοιχο θηλυκό, σε περιστροφική κίνηση αντίθετης φοράς.

Επίσης, η μετάδοση της κίνησης μπορεί να γίνει και με τη χρήση κατάλληλου **ζεύγους ή ζευγών οδοντωτών τροχών**. Οι συμπίεστές αυτής της κατηγορίας **δεν έχουν βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης** του ψυκτικού ατμού.



Εικόνα 2.1: Ζεύγος κοχλιόμορφων στροφείων σε συνεργασία.



Σχήμα 2.8: Βασικά στοιχεία κοχλιοφόρου συμπιεστή.

■ Λειτουργία

Καθώς το αρσενικό στοιχείο περιστρέφεται και συμπαρασύρει σε κίνηση το θηλυκό, στην πλευρά της αναρρόφησης δημιουργείται υποπίεση και, έτσι, ο ατμός του ψυκτικού μέσου, που βρίσκεται στην περιοχή της αναρρόφησης, εισέρχεται στο χώρο ο οποίος υπάρχει ανάμεσα στις αυλακώσεις των στροφείων, και στη συνέχεια, λόγω της γεωμετρικής μορφής των αυλακώσεων, εγκλωβίζεται. Η μάζα του ρευστού, η οποία εγκλωβίστηκε ανάμεσα στις αυλακώσεις των στροφείων, λόγω της κίνησής τους, ωθείται προς την έξοδο του συμπιεστή και, ταυτόχρονα, επειδή ο χώρος που έχει στη διάθεσή της μειώνεται συνεχώς, αυξάνει και η πίεσή της. Όταν η εγκλωβισμένη μάζα του ατμού, η οποία ωθείται συνεχώς, φτάσει στο τέλος των στροφείων, έχει αποκτήσει την επιθυμητή πίεση και απομακρύνεται από τον συμπιεστή. Επειδή η περιστροφική κίνηση των κοχλιόμορφων στοιχείων είναι συνεχής, όλη η μάζα του ατμού, η οποία αναρροφάται αδιάκοπα από αυτά, απομακρύνεται από τον συμπιεστή. Η κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου, με τους συμπιεστές αυτής της κατηγορίας, είναι σχεδόν συνεχής.

■ Λίπανση

Για τη λίπανση των κοχλιοφόρων συμπιεστών, συνήθως, χρησιμοποιείται ειδική αντλία που τροφοδοτείται με το κατάλληλο ψυκτέλαιο, το οποίο ψεκάζεται σε συγκεκριμένα σημεία του επάνω τμήματος των κοχλιόμορφων στοιχείων του συμπιεστή. Το λιπαντικό, λοιπόν, επιτελεί τις εξής λειτουργίες:

- α)** Λιπαίνει τις συνεργαζόμενες επιφάνειες των κοχλιόμορφων στοιχείων του συμπιεστή.
- β)** Λειτουργεί σαν στεγανοποιητικό, μειώνοντας, στο μέτρο του δυνατού, τις απώλειες λόγω εσωτερικών διαρροών, και έτσι ο «ογκομετρικός βαθμός*» του συμπιεστή διατηρείται σε υψηλά επίπεδα.

* Ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης του συμπιεστή ισούται με τον πραγματικό όγκο του ατμού του ψυκτικού μέσου που καταθλίβεται προς το θεωρητικό

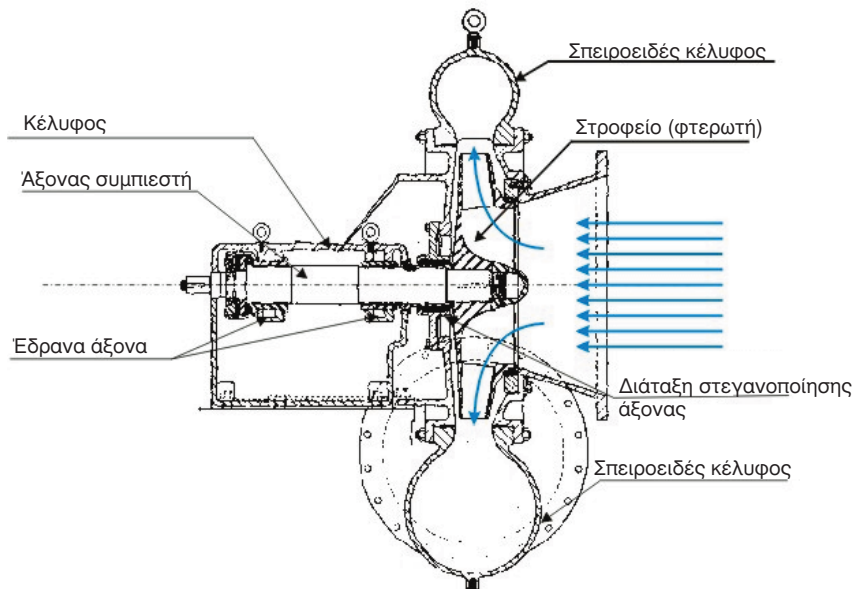
γ) Συμβάλλει στην ψύξη του συμπιεστή.

Το ψυκτέλαιο το οποίο αναμιγνύεται με το ψυκτικό μέσο, πρέπει να διαχωριστεί από αυτό, πριν ο ατμός του οδηγηθεί στον συμπυκνωτή, και στη συνέχεια να επιστρέψει στον συμπιεστή σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Ο διαχωρισμός αυτός γίνεται με ειδικές διατάξεις – τους διαχωριστήρες – οι οποίοι μπορεί να βρίσκονται μέσα ή έξω από τον συμπιεστή. Το ψυκτέλαιο το οποίο αρχικά συγκεντρώνεται στο διαχωριστήρα, στη συνέχεια και πριν από την επιστροφή του στον συμπιεστή, οδηγείται σε ένα ψύκτη για τη μείωση της θερμοκρασίας του.

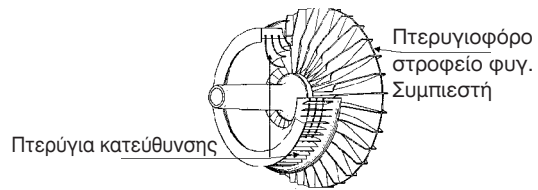
4) Φυγοκεντρικοί συμπιεστές

Τα βασικά στοιχεία ενός φυγοκεντρικού συμπιεστή (Σχήμα 2.9.) είναι:

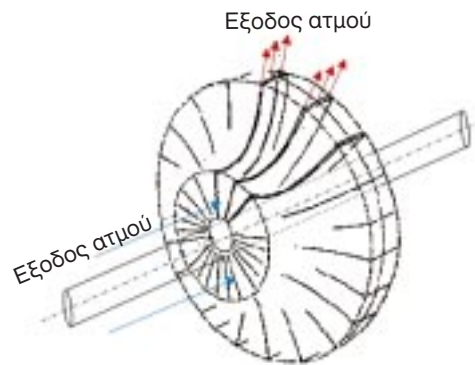
- α) Το στροφέιο (φτερωτή), του οποίου τα πτερύγια μπορεί να είναι ακτινικής απόκλισης ή με καμπυλότητα προς τα πίσω.
- β) Ο άξονας της φτερωτής.
- γ) Το σπειροειδές κέλυφος.
- δ) Το κέλυφος του κινητήρα– γραναζωτού πολλαπλασιαστή στροφών.
- ε) Τα έδρανα στήριξης του άξονα.
- στ) Τα πτερύγια κατεύθυνσης του ατμού στη φτερωτή (Σχήμα 2.10).



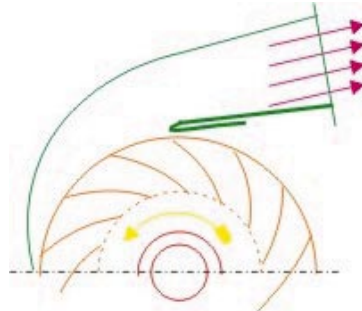
Σχήμα 2.9: Σχηματική παράσταση μονοβάθμιου φυγοκεντρικού συμπιεστή και της αρχής λειτουργίας του.



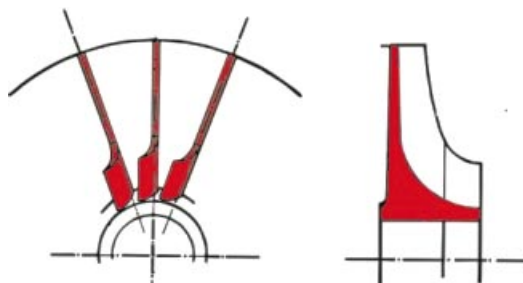
Σχήμα 2.10: Σχηματική παράσταση πτερυγιοφόρου στροφείου φυγοκεντρικού, συμπιεστή αξονικής εισόδου, με πτερύγια κατεύθυνσης.



Σχήμα 2.11: Πτερυγιοφόρο στοιχείο φυγοκεντρικού συμπιεστή, ακτινικής απόκλισης.



Σχήμα 2.12: Σχηματική παράσταση συμπιεστή με πτερύγια προς τα πίσω.



Σχήμα 2.13: Φτερωτή φυγοκεντρικού συμπιεστή με ακτινικά πτερύγια.

■ Λειτουργία

Το στροφέιο των φυγοκεντρικών συμπιεστών, με την περιστροφική του κίνηση δημιουργεί την απαραίτητη υποπίεση στο στόμιο αναρρόφησης, η οποία υποχρεώνει τον ατμό του ψυκτικού μέσου να εισέλθει στο χώρο των πτερυγίων, αφού πρώτα αυτός περάσει μέσα από τα κατευθυντήρια πτερύγια, που τον οδηγούν ομαλά (κατά τη διεύθυνση της εφαπτομένης) στα πτερύγια του στροφείου.

Ο ατμός ο οποίος βρίσκεται ανάμεσα στα πτερύγια, τίθεται και αυτός σε περιστροφική κίνηση με την ίδια ταχύτητα περιστροφής του στροφείου. Λόγω της περιστροφικής κίνησής του, ο ατμός αποκτά φυγοκεντρική επιτάχυνση, εξέρχεται από τα πτερύγια με υψηλή ταχύτητα και συλλέγεται από το σπειροειδές κέλυφος του συμπιεστή, με συνέπεια να μειώνεται η υψηλή ταχύτητά του και η κινητική του ενέργεια να μετατρέπεται σε υψηλή πίεση.

■ Είδη φυγοκεντρικών συμπιεστών

Οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στον κλιματισμό του αέρα, διακρίνονται σε:

α) Συμπιεστές ανοικτού τύπου.

β) Συμπιεστές ημιερμητικού τύπου.

Ο τύπος του φυγοκεντρικού συμπιεστή, που χρησιμοποιείται ευρέως στον κλιματισμό, είναι ο **ημιερμητικός**. Ο κινητήρας αυτού του τύπου βρίσκεται στο ίδιο κέλυφος με τον συμπιεστή και μεταξύ αυτού και του στροφείου παρεμβάλλεται ένας πολλαπλασιαστής στροφών με οδοντωτούς τροχούς, μέσω του οποίου επιτυγχάνεται η επιθυμητή ταχύτητα περιστροφής του στροφείου.

Στη θέση όπου ο κινητήριος άξονας εισέρχεται στο σπειροειδές κέλυφος του συμπιεστή, τοποθετείται διάταξη στεγανοποίησης, η οποία απομονώνει το χώρο συμπίεσης από το χώρο του κινητήρα – πολλαπλασιαστή στροφών, και έτσι, για την ψύξη του κινητήρα δεν αξιοποιείται ο ψυχρός ατμός του ψυκτικού μέσου, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί το συμπύκνωμα του ψυκτικού μέσου. Ορισμένη ποσότητα ψυκτικού μέσου αφαιρείται από τον συμπυκνωτή και οδηγείται στο χώρο του κινητήρα, όπου απορροφώντας τη θερμότητα που αναπτύσσει ο κινητήρας, ατμοποιείται, και στη συνέχεια οδηγείται – ως ατμός πλέον – πάλι στο συμπυκνωτή.

Η συμπίεση του ψυκτικού ατμού μπορεί να γίνεται, είτε με **μονοθάθμιο** (μιας φτερωτής) φυγοκεντρικό συμπιεστή, είτε, για ακόμη μεγαλύτερη συ-

μπίεση, με φυγοκεντρικό συμπιεστή **δύο βαθμίδων** (δύο φτερωτών). Στη δεύτερη περίπτωση, ο ατμός του ψυκτικού ατμού αφού συμπιεστεί στην πρώτη βαθμίδα, στη συνέχεια, οδηγείται αμέσως στη δεύτερη βαθμίδα, όπου συνεχίζεται η συμπίεσή του, ώστε να αποκτήσει την επιθυμητή τελική πίεση, πριν εισέλθει στον συμπυκνωτή.

5) Σπειροειδείς συμπιεστές (scroll)

Στους σπειροειδείς συμπιεστές, η συμπίεση των ψυκτικών ατμών γίνεται μέσω των δύο χαρακτηριστικών του στοιχείων: δηλαδή των «**σπειροειδών**» (Σχήμα 2.14).

Τα δύο αυτά σπειροειδή αποτελούν ζεύγος και τοποθετούνται το ένα μέσα στο άλλο. Στους σπειροειδείς συμπιεστές, συνήθως, ο κινητήρας βρίσκεται κάτω από τον συμπιεστή, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.2. Το επάνω σπειροειδές είναι σταθερό, ενώ το κάτω στερεώνεται έκκεντρα στον άξονα του συμπιεστή και καθώς παίρνει κίνηση απ' αυτόν, κινείται σε τροχιά γύρω από το αντίστοιχό του σταθερό. Με αυτήν ακριβώς την κίνηση, δημιουργούνται οι προϋποθέσεις για την αναρρόφηση και τον εγκλωβισμό των ατμών του ψυκτικού ρευστού μέσα στους θύλακες, που έχουν τη μορφή δρεπανιού και έτσι παράγεται, στη συνέχεια, η συμπίεσή τους.

Με την κίνηση του κάτω σπειροειδούς, ο ατμός του ψυκτικού ο οποίος έχει ήδη εισχωρήσει ανάμεσα σ' αυτό το σπειροειδές και το αντίστοιχο σταθερό, (Σχήμα 2.14.) εγκλωβίζεται και μεταφέρεται προς το κέντρο. Κατά τη διαδικασία της μεταφοράς, ο όγκος της εγκλωβισμένης μάζας του ατμού ελαττώνεται συνεχώς, και επομένως, συνεχής είναι και η συμπίεσή του μέχρι το κέντρο των σπειροειδών, από όπου τελικά – αφού έχει αποκτήσει την επιθυμητή πίεση κατάθλιψης – απομακρύνεται μέσω ενός κατάλληλου ανοίγματος, που έχει σ' αυτή τη θέση το σταθερό σπειροειδές. Οι διάφορες φάσεις αναρρόφησης και κατάθλιψης του ατμού είναι συνεχείς, και έτσι συνεχής είναι και η ροή του ψυκτικού ρευστού μέσα από τον συμπιεστή.

Οι σπειροειδείς συμπιεστές είναι σχεδόν απαλλαγμένοι από τον επιβαρυντικό παράγοντα του «επιζήμιου χώρου», και επομένως, σε σχέση με τους αντίστοιχους παλινδρομικούς, υπερτερούν, γιατί μπορούν να μετακινήσουν μεγαλύτερη μάζα ψυκτικού ρευστού. Επίσης, λόγω της ελαστικότητας που χαρακτηρίζει τα χαλύβδινα σπειροειδή στοιχεία τους, δεν είναι ευαίσθητοι στο ψυκτικό υγρό, το οποίο μπορεί να αναρροφηθεί από αυ-

τούς. Η φυγόκεντρος δύναμη που εξασκείται στο κινητό σπειροειδές στοιχείο, διασφαλίζει τη στεγανοποίηση των θυλάκων που σχηματίζονται μεταξύ αυτού και του αντίστοιχου σταθερού, ενώ η ψύξη του κινητήρα μπορεί να γίνεται με τον αναρροφούμενο ψυκτικό ατμό.

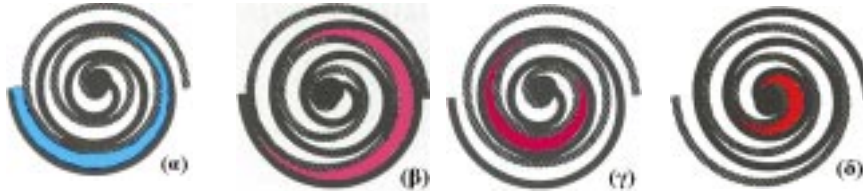
Τα σπειροειδή στοιχεία έχουν πολύ υψηλό βαθμό κατεργασίας, όμως το συνολικό κόστος του συμπιεστή είναι σχετικά χαμηλό, σε σύγκριση με τον αντίστοιχο παλινδρομικό, και αυτό γιατί για την κατασκευή του, απαιτούνται λιγότερα στοιχεία. Η επιστροφή του συμπιεσμένου ατμού στον συμπιεστή, εμποδίζεται με την τοποθέτηση βαλβίδας αντεπιστροφής στη σωλήνωση της κατάθλιψης.



Σχήμα 2.14: Σπειροειδή στοιχεία αντίστοιχου συμπιεστή.



Εικόνα 2.2: Σπειροειδής συμπιεστής.



Σχήμα 2.15: Συμπίεση ενός δρεπανοειδούς θύλακα σε σπειροειδή συμπίεστη.

2.3.2 Συμπυκνωτής

Ο συμπυκνωτής είναι, βασικά, ένας **εναλλάκτης θερμότητας**, στον οποίο, μέσω των κατάλληλων σωληνώσεων, φτάνει ο υπέρθερμος ατμός του ψυκτικού μέσου μετά την έξοδό του από τον συμπίεστη και ο οποίος αποβάλλει προς το περιβάλλον ψύξης του τη συνολική θερμότητα που απορρόφησε, κατά τη διαδρομή μέσα στο ψυκτικό κύκλωμα.

Ο σκοπός του συμπυκνωτή είναι η απομάκρυνση της συνολικής θερμότητας του ατμού του ψυκτικού μέσου την οποία αυτός μεταφέρει, ώστε κατά την έξοδό του από τον συμπυκνωτή, να έχει μετατραπεί, πλήρως, σε κεκορεσμένο υγρό.

Το ρευστό μεταφοράς θερμότητας (υπέρθερμος ατμός) είναι φορέας :

1. Της θερμότητας, την οποία απορρόφησε κατά τη διαδρομή του μέσα στον ατμοποιητή
2. Της θερμότητας της υπερθέρμανσής του
3. Του θερμικού ισοδυνάμου του έργου συμπίεσης

Στο συμπυκνωτή εκτελούνται οι παρακάτω λειτουργίες (Σχήμα 2.1):

1. **Η αφυπερθέρμανση**
2. **Η συμπύκνωση**
3. **Η υπόψυξη** (Αυτή η λειτουργία δεν πραγματοποιείται πάντοτε, ανάλογα με την κατασκευή του συμπυκνωτή).

■ Κατηγορίες συμπυκνωτών

Η απόρριψη της θερμότητας, η οποία είναι αποθηκευμένη στο ψυκτικό ρευστό, γίνεται στο περιβάλλον ψύξης του συμπυκνωτή (αέρα ή νερό).

Ανάλογα με το μέσο ψύξης τους, οι συμπυκνωτές διακρίνονται σε:

- α) Αερόψυκτους
- β) Υδρόψυκτους και
- γ) Εξατμιστικούς συμπυκνωτές

Ι. Αερόψυκτοι συμπυκνωτές

Οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές που χρησιμοποιούνται στις κλιματιστικές μονάδες είναι βεβιασμένης κυκλοφορίας, δηλαδή ο αέρας ψύξης του συμπυκνωτή κινείται μέσω ενός ανεμιστήρα.

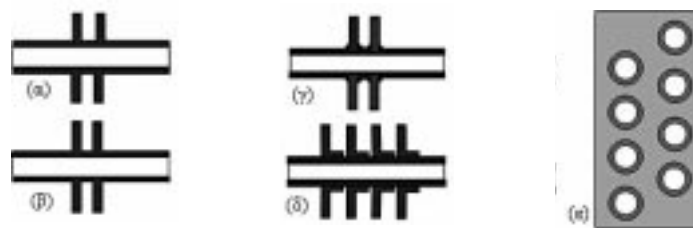
Τα βασικά στοιχεία (μηχανισμοί-εξαρτήματα) αυτού του είδους των συμπυκνωτών είναι:

- Το στοιχείο συμπύκνωσης
- Ο ανεμιστήρας με τον ηλεκτροκινητήρα του

Πιο αναλυτικά:

1) Στοιχείο συμπύκνωσης

Ο εναλλάκτης θερμότητας των αερόψυκτων συμπυκνωτών είναι κατασκευασμένος από μια ή περισσότερες σειρές σωλήνων, π.χ. χαλκοσωλήνων, η εξωτερική επιφάνεια των οποίων μπορεί να αυξηθεί τεχνητά, με την προσθήκη πτερυγίων. (Σχήμα 2.16)



Σχήμα 2.16: Διάφοροι τρόποι στερέωσης των πτερυγίων στους σωλήνες του συμπυκνωτή (α,β,γ,δ), (ε) μεγάλο πολλαπλό πτερύγιο.

Συνήθως, τα πτερύγια κατασκευάζονται από λεπτό φύλλο αλουμινίου και ή στερέωσή τους στην εξωτερική επιφάνεια των συμπυκνωτικών σωλήνων γίνεται, κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να διασφαλίζεται, πλήρως, η επαφή μεταξύ των δύο στοιχείων.

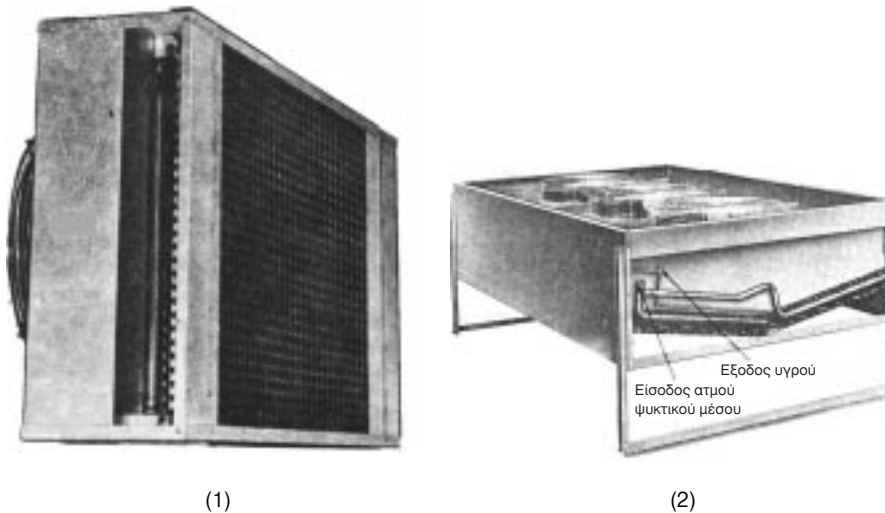
Βασικό στοιχείο των συμπυκνωτικών αυτών σωλήνων είναι η διάμε-

τρος, που επιλέγεται με βάση τις εξής παραμέτρους:

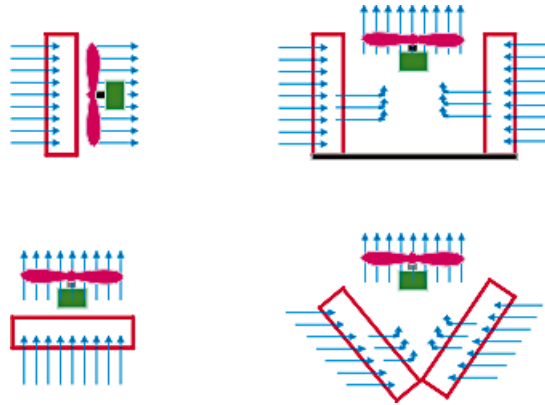
- α) Τις απώλειες πίεσης από την πλευρά ροής του ψυκτικού μέσου
- β) Τις απώλειες πίεσης από την πλευρά του αέρα και
- γ) Την ευκολία κατεργασίας τους.

Η εγκατάσταση ενός ή περισσότερων πτερυγιοφόρων στοιχείων εναλλαγής θερμότητας, μπορεί να γίνει (Σχήμα 2.17 και Εικόνα 2.3) σε:

- α) Κατακόρυφη θέση
- β) Οριζόντια θέση
- γ) Σχήμα V



(1) (2)
Εικόνα 2.3: Κατακόρυφο στοιχείο συμπύκνωσης (1) και οριζόντιο στοιχείο συμπύκνωσης (2).



Σχήμα 2.17: Σχηματική παράσταση θέσεων εγκατάστασης πτερυγιοφόρων στοιχείων εναλλαγής θερμότητας αερόψυκτου συμπυκνωτή.

■ Λειτουργία

Ο ατμός του ψυκτικού μέσου εισέρχεται από το επάνω μέρος του συμπυκνωτή και η εξαγωγή του γίνεται από το κάτω. Στην αρχή του συμπυκνωτή και σε μια μικρή περιοχή, που είναι περίπου 5% της συνολικής επιφάνειας του, πραγματοποιείται η αφυπερθέρμανση, ενώ στο κεντρικό του τμήμα, που είναι περίπου 80% της συνολικής επιφάνειας των στοιχείων εναλλαγής θερμότητας, γίνεται η συμπύκνωση. Τέλος στο υπόλοιπο τμήμα του συμπυκνωτή έχουμε την υπόψυξη του υγρού ψυκτικού μέσου, εφόσον, βέβαια, αυτή η λειτουργία προβλέπεται να γίνει στον συμπυκνωτή, με βάση τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.

Συνήθως, η ροή του ψυκτικού μέσου είναι αντίθετη από εκείνη του ρεύματος του αέρα ψύξης, ενώ η θερμοκρασία συμπύκνωσης είναι κατά 10 – 15°C μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου του αέρα.

Ο αέρας ψύξης κατά την έξοδό του από το στοιχείο συμπύκνωσης έχει απορροφήσει τόσο θερμότητα, ώστε η θερμοκρασία του να είναι μικρότερη κατά 5°C, περίπου, από τη θερμοκρασία συμπύκνωσης.

2) Ο ανεμιστήρας

Η δυναμική κυκλοφορία του αέρα ψύξης εξασφαλίζεται μέσω ενός ελικοειδούς ή ενός φυγοκεντρικού ανεμιστήρα. Όταν οι απώλειες της πίεσης είναι χαμηλές, τότε χρησιμοποιείται ο ελικοειδής ανεμιστήρας, ο οποίος δίνει μεγάλες παροχές με μικρή ανύψωση της πίεσης.

Ο φυγοκεντρικός ανεμιστήρας χρησιμοποιείται, όταν οι απώλειες της πίεσης είναι πιο υψηλές, όπως για παράδειγμα όταν ο αέρας ψύξης πρέπει

να κινείται μέσα σε αεραγωγούς.

Ο ηλεκτροκίνητος ανεμιστήρας του συμπυκνωτή στις κλιματιστικές μονάδες, συνήθως, τοποθετείται μετά το στοιχείο συμπύκνωσης (σε θέση αναρρόφησης), και αυτό, για να μην προκαλείται ανύψωση της θερμοκρασίας του ρεύματος του αέρα ψύξης από τη δράση του ανεμιστήρα και από τον ηλεκτροκινητήρα του.

Η ρύθμιση της παροχής του αέρα ψύξης του συμπυκνωτή, συνήθως, γίνεται με ένα από τους παρακάτω τρόπους:

- α) Με διακοπή λειτουργίας του ανεμιστήρα
- β) Με έλεγχο της θέσης ενός διαφράγματος αέρα
- γ) Με ρύθμιση του αριθμού στροφών του ανεμιστήρα

Ο **πρώτος** τρόπος χρησιμοποιείται στην περίπτωση ύπαρξης πολλών συμπυκνωτών, και ανάλογα με τη θερμοκρασία του αέρα του περιβάλλοντος, δίνεται εντολή για αναστολή της λειτουργίας ενός ή περισσοτέρων ανεμιστήρων. Με το **δεύτερο** τρόπο, ελέγχοντας, δηλαδή, τη θέση του διαφράγματος του αέρα, μέσω ενός σήματος, π.χ. με εντολή ενός θερμοστάτη, ο οποίος επιτηρεί τη θερμοκρασία του αέρα του περιβάλλοντος, ελέγχεται και η παροχή του αέρα, ώστε να διατηρείται σταθερή η πίεση συμπύκνωσης. Ο **τρίτος** τρόπος απαιτεί τη χρήση ηλεκτρονικής διάταξης για τη ρύθμιση των στροφών του ηλεκτροκινητήρα του ανεμιστήρα, οπότε σ' αυτή την περίπτωση, οι στροφές του ανεμιστήρα ρυθμίζονται ανάλογα, ώστε να διατηρείται σταθερή η πίεση συμπύκνωσης.

Η θέση εγκατάστασης του συμπυκνωτή πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να διασφαλίζεται η ελεύθερη ροή του αέρα προς και από τον συμπυκνωτή, με σκοπό να αποκλείεται η δυνατότητα αναρρόφησης του αέρα που απομακρύνεται.

Επίσης, θα πρέπει να δοθεί προσοχή, ώστε ο συμπυκνωτής να μην εγκαθίσταται κοντά σε θέσεις όπου υπάρχουν έξοδοι αέρα που περιέχει ρύπους, σκόνη κ.λ.π., και μακριά από θέσεις όπου μπορεί να συγκεντρωθούν φύλλα δένδρων ή άλλα σκουπίδια, τα οποία αν αναρροφηθούν, θα προκαλέσουν την απόφραξη του συμπυκνωτή, με προφανείς αρνητικές επιπτώσεις στη λειτουργία της κλιματιστικής μονάδας. Ο θόρυβος ο οποίος δημιουργείται κατά τη λειτουργία του συμπυκνωτή, πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη κατά την επιλογή της θέσης εγκατάστασής του, έτσι ώστε να είναι μακριά από κατοικήσιμους χώρους.

II. Υδρόψυκτοι συμπυκνωτές

Στους υδρόψυκτους συμπυκνωτές το μέσο ψύξης τους είναι το νερό, και από κατασκευαστικής άποψης, διακρίνονται σε συμπυκνωτές:

- α) Κελύφους – δέσμης σωλήνων (οριζόντιου ή κατακόρυφου τύπου)**
- β) Κελύφους – σπειρών (οριζόντιου ή κατακόρυφου τύπου)**
- γ) Ομοαξονικών σωλήνων**
- δ) Πλακοειδούς μορφής**

Πιο αναλυτικά:

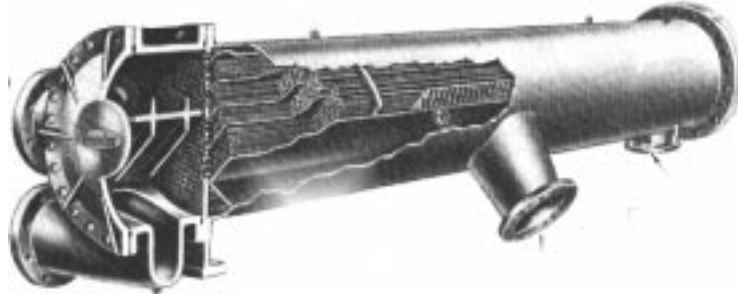
1) Συμπυκνωτές κελύφους – δέσμης σωλήνων

Ο υδρόψυκτος συμπυκνωτής κελύφους–δέσμης σωλήνων (Σχήμα 2.18 και Εικόνα 2.4), είναι ο πλέον συνηθισμένος και αποτελείται από ένα ανοξείδωτο και κατάλληλου μήκους κυλινδρικό κέλυφος.

Στο εσωτερικό του κελύφους τοποθετείται μια δέσμη κατάλληλου αριθμού σωλήνων, για τη δημιουργία της απαιτούμενης επιφάνειας εναλλαγής της θερμότητας. Οι σωλήνες της δέσμης αυτής είναι, συνήθως, κατασκευασμένες από χαλκό, ενώ στην εξωτερική τους επιφάνεια μπορεί να φέρουν και πτερύγια για την αύξηση της επιφανείας εναλλαγής της θερμότητας. Επίσης, στα άκρα της η δέσμη αυτή φέρει διάτρητες φλάντζες οι οποίες, συγκολλούνται στο κυλινδρικό κέλυφος, ενώ στις οπές τους στερεώνονται, στεγανά, οι σωλήνες.

Στα δύο άκρα του κελύφους υπάρχουν οι κεφαλές του συμπυκνωτή, οι οποίες στερεώνονται με τους κατάλληλους κοχλίες επάνω στις φλάντζες, ώστε να μπορούν εύκολα να αφαιρεθούν για να γίνει ο καθαρισμός της δέσμης των σωλήνων, μέσα στους οποίους ρέει το νερό ψύξης του συμπυκνωτή.

Οι κεφαλές αυτές στο εσωτερικό τους μέρος, συνήθως, είναι έτσι διαμορφωμένες, ώστε να είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν περισσότερες διαδρομές του νερού ψύξης, πριν από την έξοδό του από το συμπυκνωτή. Στο επάνω μέρος του κελύφους υπάρχει η είσοδος του υπέρθερμου ψυκτικού ατμού, ενώ στο κάτω μέρος βρίσκεται η έξοδος του ψυκτικού μέσου σε υγρή κατάσταση.



Εικόνα 2.4: Υδροψυκτος συμπυκνωτής κελύφους – δέσμης σωλήνων.

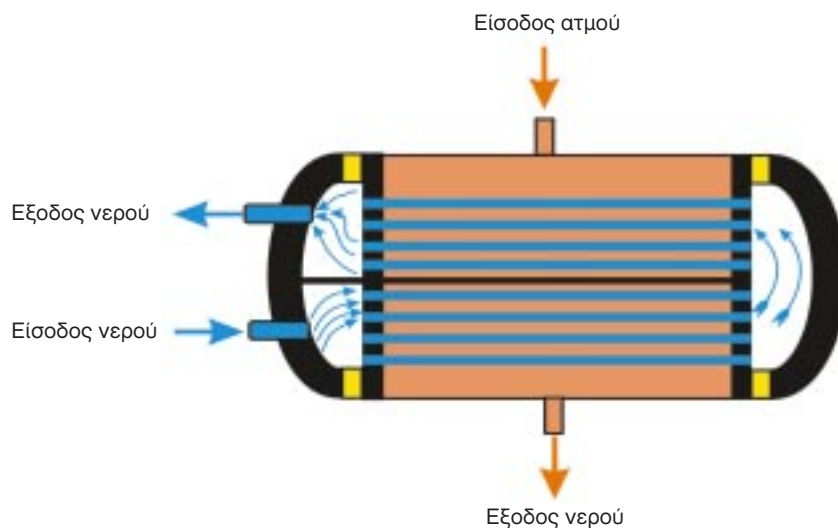
■ Λειτουργία

Ο υπέρθερμος ατμός του ψυκτικού μέσου, εισερχόμενος από το επάνω μέρος του κελύφους, όταν έλθει σε επαφή με την εξωτερική επιφάνεια της δέσμης των σωλήνων, μέσα στους οποίους κυκλοφορεί το νερό ψύξης, αποδίδει θερμότητα στο νερό και αρχικά αφυπερθερμαίνεται, ενώ στη συνέχεια υγροποιείται. Έτσι, το υγρό ψυκτικό μέσο συγκεντρώνεται στο κάτω μέρος του κελύφους, όπου δεν υπάρχουν συμπυκνωτικοί σωλήνες και το οποίο λειτουργεί και σαν συλλέκτης υγρού. Όταν προβλέπεται και το στάδιο της υπόψυξης του υγρού ψυκτικού μέσου, τότε, στο κάτω μέρος του κελύφους – το οποίο διαχωρίζεται από το υπόλοιπο τμήμα του – μπορεί να τοποθετηθεί μια επιπλέον δέσμη σωλήνων, μέσα από την οποία περνά πρώτα το νερό ψύξης, πριν αυτό εισέλθει στην κύρια δέσμη των συμπυκνωτικών σωλήνων. Αυτού του είδους οι συμπυκνωτές χρησιμοποιούνται σε μονάδες ισχύος από 10 – 1200 kW, περίπου.

Τα άλατα του νερού, καθώς και τα διάφορα στερεά σωματίδια, που μπορεί να κυκλοφορούν μαζί με το νερό ψύξης, δημιουργούν επικαθίσεις στο εσωτερικό των σωλήνων, οι οποίες μειώνουν την εσωτερική διάμετρο των σωλήνων, καθώς επίσης και τον συντελεστή μετάδοσης της θερμότητας από το ψυκτικό μέσο στο νερό, και αποτελούν αιτία σοβαρής δυσλειτουργίας της κλιματιστικής μονάδας (Εικόνα 2.5). Για την αποφυγή ανεπιθύμητων επιπτώσεων, γίνεται ο περιοδικός μηχανικός ή χημικός καθαρισμός του συμπυκνωτή και χρήση αποσκληρυμένου νερού. Στο Σχήμα 2.18. φαίνεται η αρχή λειτουργίας του συμπυκνωτή «κελύφους–δέσμης σωλήνων».



Εικόνα 2.5: Σχηματισμός κρούστας στους σωλήνες ενός υδρόψυκτου συμπυκνωτή. Επικαθήσεις όταν χρησιμοποιείται: α) αποσκληρυμένο νερό και β) με σκληρό νερό (δεν έχει γίνει αποσκλήρυνση).



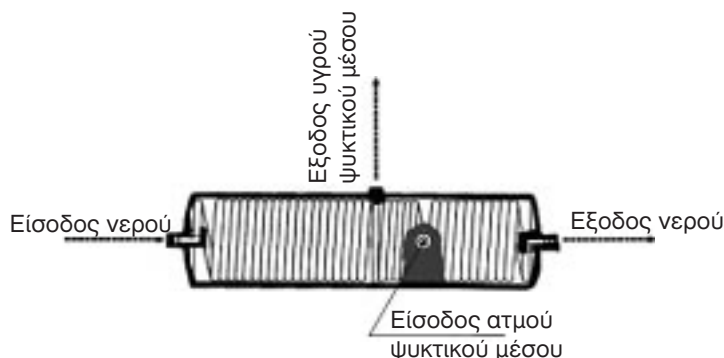
Σχήμα 2.18: Σχηματική παράσταση δομής και λειτουργίας υδρόψυκτου συμπυκνωτή κελύφους-δέσμης σωλήνων.

2) Συμπυκνωτής κελύφους – σπειρών

Στους συμπυκνωτές κελύφους-σπειρών (Σχήμα 2.19) το νερό ψύξης κυκλοφορεί μέσα σε ένα χαλκοσωλήνα σπειροειδούς μορφής, ο οποίος στην εξωτερική του επιφάνεια φέρει πτερύγια για την αύξηση της επιφάνειας εναλλαγής της θερμότητας. Στον κατακόρυφο τύπο, το ψυκτικό μέσο εισέρχεται από το επάνω μέρος, και συμπυκνούμενο, κατευθύνεται προς τον πυθμένα του κελύφους. Το κάτω μέρος του κελύφους, όπου συγκεντρώνεται το υγρό ψυκτικό μέσο, χρησιμεύει και σαν συλλέκτης του.

Οι δύο κεφαλές αυτού του τύπου συμπυκνωτή συγκολλούνται στα άκρα του κελύφους του και δεν παρουσιάζουν δυσκολίες στην κατασκευή τους, ενώ το κόστος τους είναι σχετικά μικρό και χρησιμοποιούνται σε μονάδες μικρής ισχύος.

Σ' αυτούς τους συμπυκνωτές είναι δυνατός **μόνο** ο χημικός καθαρισμός τους, αφού η αντικατάσταση του συμπυκνωτικού σωλήνα τους απαιτεί το κόψιμο και την επανασυγκόλληση των δύο κεφαλών, εργασία δηλαδή υψηλού σχετικά κόστους, και επομένως ασύμφορη.



Σχήμα 2.19: Υδροψυκτος συμπυκνωτής κελύφους – σπειροειδούς σωλήνα οριζοντίου τύπου.

3) Συμπυκνωτές ομοαξονικών σωλήνων

Από κατασκευαστικής άποψης, αυτού του είδους οι συμπυκνωτές αποτελούνται από δύο σωλήνες διαφορετικής διαμέτρου. Έτσι, ο ένας σωλήνας – με τη μικρότερη διάμετρο – τοποθετείται μέσα στον άλλο σωλήνα – με τη μεγαλύτερη διάμετρο – με αποτέλεσμα να διαμορφώνεται ένα ενιαίο σύνολο σπειροειδούς κυλινδρικής ή ελλειπτικής μορφής. Στα άκρα του εξωτερικού σωλήνα τοποθετούνται – με τρόπο που να διασφαλίζεται η απόλυτη στεγανότητα μεταξύ του περιβάλλοντος και των εξωτερικών επιφανειών των δύο σωλήνων – τα στοιχεία εισόδου και εξόδου του ρευστού που κυκλοφορεί μέσα σ' αυτόν. Ο καθαρισμός αυτών των συμπυκνωτών γίνεται με χημικά μέσα, διότι ο μηχανικός καθαρισμός τους είναι αδύνατος.

Το υλικό κατασκευής των σωλήνων αυτών μπορεί να είναι και για τους δύο ο χαλκός ή για τον μεν εσωτερικό, ο χαλκός, για τον δε εξωτερικό, ο ανοξείδωτος χάλυβας. Η σπειροειδής διαμόρφωση εφαρμόζεται σε συμπίεστρες μικρού μεγέθους, ενώ για τα μεγαλύτερα μεγέθη συμπυκνωτών,

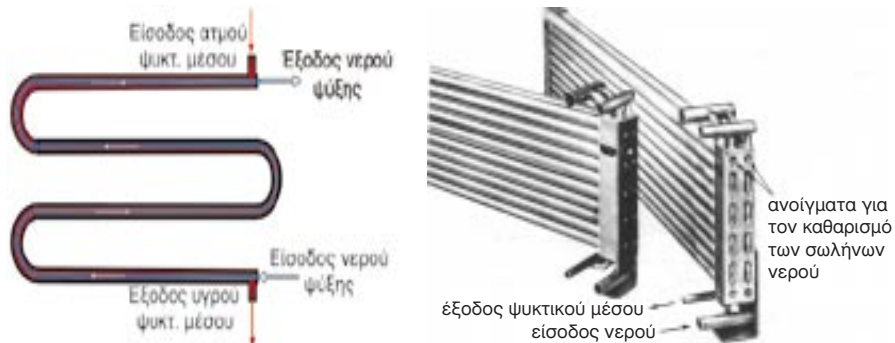
εφαρμόζεται η κατασκευαστική λύση της χρήσης πολλών παράλληλων ευθύγραμμων ομοαξονικών σωλήνων, η συναρμολόγηση των οποίων, γίνεται με διάφορους τρόπους.

Ένας τύπος συμπακνωτή παράλληλων ομοαξονικών σωλήνων φαίνεται στο Σχήμα 2.20. Στον συμπακνωτή αυτής της μορφής είναι δυνατός και ο μηχανικός καθαρισμός, ο οποίος γίνεται με τον τρόπο που φαίνεται στην Εικόνα 2.6. Η εξωτερική επιφάνεια του σωλήνα κυκλοφορίας του νερού μπορεί να φέρει πτερύγωση, για την αύξηση της επιφάνειας της θερμικής εναλλαγής. Πτερύγωση μπορεί να φέρει και η εσωτερική επιφάνεια του παραπάνω σωλήνα, με σκοπό την αύξηση του στροβιλισμού του νερού και, επομένως, και του ολικού συντελεστή μετάδοσης της θερμότητας. Παράλληλα για να προστατευθεί το ψυκτικό κύκλωμα από την είσοδο νερού σ' αυτό, λόγω θραύσης του σωλήνα ή διάβρωσής του, σε ορισμένες περιπτώσεις εφαρμόζεται και η λύση της επένδυσης του εσωτερικού σωλήνα με ειδικό μανδύα («πουκάμισο»).

■ Λειτουργία –χρήση

Στον εξωτερικό σωλήνα μπορεί να κυκλοφορεί το νερό ψύξης και στον εσωτερικό το ψυκτικό μέσο, ενώ είναι δυνατό να συμβαίνει και το αντίθετο. Οι ροές των δύο ρευμάτων (ψυκτικού μέσου και νερού ψύξης) μέσα στους αντίστοιχους σωλήνες, για λόγους καλύτερης μετάδοσης της θερμότητας, έχουν αντίθετες κατευθύνσεις (αντιρροή). Το νερό ψύξης εισέρχεται από το κάτω μέρος του συμπακνωτή και εξέρχεται από το επάνω, ενώ το ψυκτικό μέσο εισέρχεται από το επάνω και εξέρχεται από το κάτω μέρος. Έτσι, το ψυκτικό μέσο κατά την καθοδική διαδρομή του και καθώς ψύχεται, συναντά την όλο και πιο ψυχρή εξωτερική επιφάνεια του σωλήνα κυκλοφορίας του νερού ψύξης, με αποτέλεσμα να διευκολύνεται η απαγωγή της θερμότητας που διαθέτει.

Οι σπειροειδούς μορφής συμπακνωτές, συνήθως, χρησιμοποιούνται σε αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες, ενώ για τις μονάδες μεγάλου μεγέθους, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, χρησιμοποιούνται συμπακνωτές που συγκροτούνται από παράλληλους ευθύγραμμους ομοαξονικούς σωλήνες.



Σχήμα 2.20: Σπειροειδής ομοαξονικός σωλήνας (1) και στοιχείο υδρόψυκτου συμπυκνωτή με παράλληλους ομοαξονικούς σωλήνες (2). Ο μηχανικός καθαρισμός των σωλήνων νερού γίνεται αφού πρώτα αφαιρεθεί το πλευρικό σχετικό κάλυμμα.



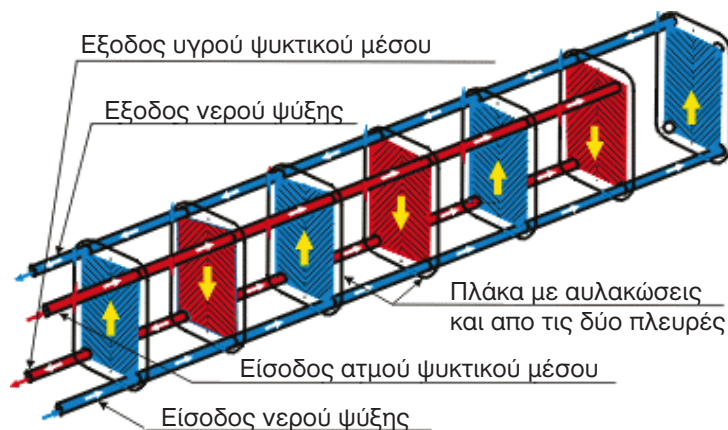
Εικόνα 2.6: Μηχανικός καθαρισμός εσωτερικού σωλήνων υδρόψυκτου συμπυκνωτή παράλληλων ομοαξονικών σωλήνων.

4) Πλακοειδείς συμπυκνωτές

Από κατασκευαστικής άποψης, οι συμπυκνωτές αυτού του τύπου αποτελούνται από ένα σύνολο παραλλήλων πλακών ανοξείδωτου χάλυβα, οι επιφάνειες των οποίων, και από τις δύο πλευρές, έχουν ειδικά διαμορφωμένες αυλακώσεις (π.χ. έχουν μορφή ψαροκόκαλου). Οι πλάκες αυτές είναι ειδικά διαμορφωμένες, ώστε όταν συναρμολογούνται, και με τη χρήση κατάλληλων παρεμβυσμάτων, να σχηματίζουν στα τέσσερα άκρα τους δύο ζευγάρια αγωγών κυκλοφορίας ρευστού. Έτσι στο ένα ζεύγος κυκλοφορεί το νερό ψύξης, ενώ στο άλλο, το ψυκτικό μέσο. Επίσης, ανάμεσα στις συναρμολογημένες πλάκες υπάρχουν λεπτά κατακόρυφα κανάλια, τα οποία λειτουργούν ως αγωγοί κυκλοφορίας του ρευστού (ψυκτικού μέσου ή νερού).

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.21, κάθε τέτοιο κατακόρυφο κανάλι κυκλοφορίας ψυκτικού μέσου βρίσκεται ανάμεσα σε δύο άλλα παρόμοια κανάλια νερού ψύξης, οπότε το πρώτο και το τελευταίο κανάλι του συμπυκνω-

τή προορίζονται για την κυκλοφορία του νερού ψύξης. Η ροή των δύο αυτών διαφορετικών ρευστών μέσα στα αντίστοιχα κανάλια, έχει αντίθετη φορά (αντιρροή) γιατί εάν κατά τη σύνδεση του συμπυκνωτή με τα κυκλώματα του ψυκτικού μέσου και του νερού, αντίστοιχα, συμβεί το αντίθετο, αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης του συμπυκνωτή και κατ' επέκταση όλου του ψυκτικού συγκροτήματος. Πριν από την πρώτη και μετά την τελευταία πλάκα του συμπυκνωτή – οι οποίες έχουν αυλακώσεις και από τις δύο πλευρές τους – τοποθετούνται «τυφλές» πλάκες, με αυλακώσεις από τη μια μόνο πλευρά τους. Οι αυλακώσεις αυτές είναι κάθετες στη διεύθυνση της ροής του ρευστού και διαμορφώνονται έτσι, ώστε να συμβάλλουν στην αύξηση του συντελεστή μετάδοσης της θερμότητας.



Σχήμα 2.21: Σχηματική παράσταση αρχής λειτουργίας πλακοειδούς συμπυκνωτή.

Τα κυριότερα **πλεονεκτήματα** των συμπυκνωτών αυτών έναντι των αντίστοιχων του τύπου «κελύφους - δέσμης σωλήνων ή κελύφους – σερπαντίνας», είναι ότι:

- Παρουσιάζουν μεγαλύτερο συντελεστή μετάδοσης θερμότητας
- Χρειάζονται μικρότερη ποσότητα ψυκτικού μέσου
- Έχουν μικρότερο μέγεθος και βάρος.

5) Συμπυκνωτές εξάτμισης νερού

Τα βασικά στοιχεία ενός συμπυκνωτή εξάτμισης νερού είναι:

α) Το κέλυφος, στον πυθμένα του οποίου βρίσκεται η λεκάνη νερού και η διάταξη βαλβίδας με πλωτήρα, για τη διατήρηση σταθερής στάθμης νερού στη λεκάνη.

β) Ο σπειροειδής συμπυκνωτικός σωλήνας, με λεία την εξωτερική του επιφάνεια

γ) Το κύκλωμα ανακυκλοφορίας του νερού συμπίκνωσης (αντλία ανακυκλοφορίας νερού, σωληνώσεις, ακροφύσια ψεκασμού νερού, φίλτρο νερού).

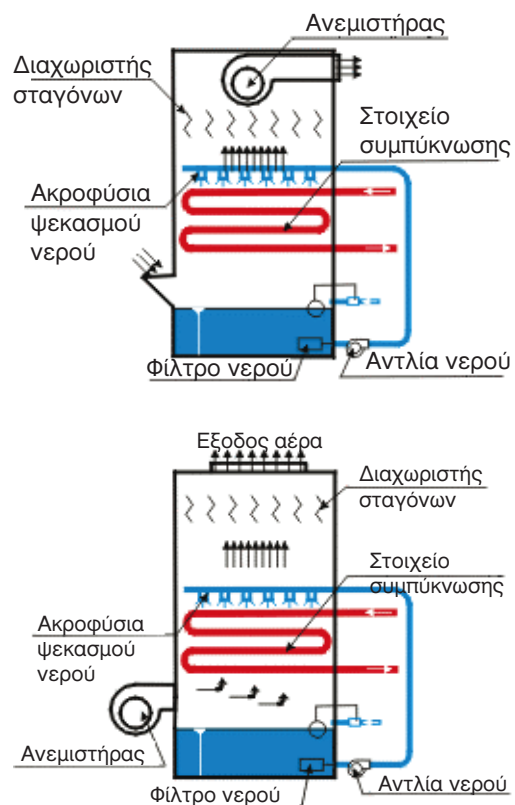
δ) Το στοιχείο συγκράτησης σταγόνων νερού.

ε) Ο ανεμιστήρας με τον κινητήρα του.

Υπάρχουν δύο τύποι συμπυκνωτών εξάτμισης νερού (Σχήμα 2.22):

α) Οι συμπυκνωτές αναρρόφησης και

β) Οι συμπυκνωτές κατάθλιψης



Σχήμα 2.22: Συμπυκνωτής εξάτμισης νερού: (α) τύπου αναρρόφησης και (β) τύπου κατάθλιψης.

■ Λειτουργία

Στους συμπακνωτές εξάτμισης νερού, ο υπέρθερμος ατμός του ψυκτικού μέσου κυκλοφορεί μέσα στο σπειροειδή σωλήνα και συμπακνώνεται, απορρίπτοντας τη θερμότητα – την οποία μεταφέρει – στο περιβάλλον ψύξης.

Στην εξωτερική επιφάνεια του συμπακνωτικού σωλήνα, μέσω των ακροφυσίων και από το επάνω μέρος ψεκάζεται νερό, το οποίο αντλείται από τη λεκάνη. Ταυτόχρονα η ίδια αυτή επιφάνεια είναι εκτεθειμένη στο ρεύμα του αέρα ψύξης, που δημιουργείται από τον ανεμιστήρα.

Η θερμότητα, την οποία αποβάλλει το ψυκτικό μέσο, κατά την συμπύκνωσή του, μεταφέρεται μέσω της εξωτερικής επιφάνειας του συμπακνωτικού σωλήνα στον αέρα ψύξης, τόσο σαν αισθητή, όσο και σαν λανθάνουσα κατά το μεγαλύτερο μέρος της, θερμότητα, λόγω της εξάτμισης του νερού από την εξωτερική επιφάνεια του συμπακνωτικού σωλήνα όπου βρίσκεται.

Έτσι, για να φέρει σε πέρας όλη την λειτουργική του αποστολή, ο συμπακνωτής αυτός χρειάζεται, όπως προαναφέρθηκε, τη συνεχή προσαγωγή αέρα και νερού. Το ρεύμα δηλαδή του αέρα ερχόμενο σε επαφή με το στοιχείο συμπύκνωσης, αφ' ενός αυξάνει τη θερμοκρασία του, αφ' ετέρου παρασύρει και οδηγεί, συνεχώς, στο εξωτερικό περιβάλλον τους υδρατμούς που δημιουργούνται, βοηθώντας έτσι τη διαδικασία της εξάτμισης.

Σαν αέρας ψύξης του συμπακνωτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί, όταν αυτό είναι δυνατό, και ο αέρας ο οποίος προέρχεται από τους κλιματιζόμενους χώρους. Σ' αυτή την περίπτωση μάλιστα, επιτυγχάνεται αύξηση της απόδοσης του συμπακνωτή, επειδή η θερμοκρασία του υγρού θερμομέτρου του αέρα που απομακρύνεται από το χώρο, είναι πιο χαμηλή από εκείνη του εξωτερικού περιβάλλοντος. Ο αέρας, κατά την πορεία του μέσα στο συμπακνωτή, εκτός από τους υδρατμούς συμπαρασύρει και σταγόνες νερού, οι οποίες διαχωρίζονται απ' αυτόν με το ειδικό «στοιχείο συγκράτησης σταγόνων».

Η εξωτερική επιφάνεια του συμπακνωτικού σωλήνα, συνήθως, είναι χωρίς πτερύγια, και αυτό για να ελαχιστοποιηθεί, κατά το δυνατό, το πρόβλημα σχηματισμού στρώματος (κρούστας) αλάτων. Η πίεση της συμπύκνωσης των συμπακνωτών εξάτμισης νερού ρυθμίζεται με τον έλεγχο λειτουργίας της αντλίας, και του ανεμιστήρα, καθώς και με κατάλληλα διαφράγματα ρύθμισης της παροχής του αέρα, ή και με τον ταυτόχρονο έλεγχο των στοιχείων που προαναφέρθηκαν.

Ο συμπακνωτής «τύπου κατάθλιψης» πλεονεκτεί έναντι του αντίστοιχου της αναρρόφησης γιατί το στροφέιο (φτερωτή) του ανεμιστήρα του λειτουργεί χωρίς δημιουργία σταγόνων νερού και κατ' επέκταση χωρίς παρουσία επικαθήσεων (λάσπης) στην ίδια τη φτερωτή όπως μπορεί να συμβεί στον τύπο αναρρόφησης, εάν η απόδοση του στοιχείου συγκράτησης σταγόνων δεν είναι ικανοποιητική. Μειονεκτεί, όμως, πάντα σε σχέση με αυτόν της αναρρόφησης, γιατί η εγκατάσταση του συγκεκριμένου τύπου απαιτεί περισσότερο χώρο.

2.3.3. Εκτονωτικές βαλβίδες

Ο σκοπός των εκτονωτικών βαλβίδων είναι να:

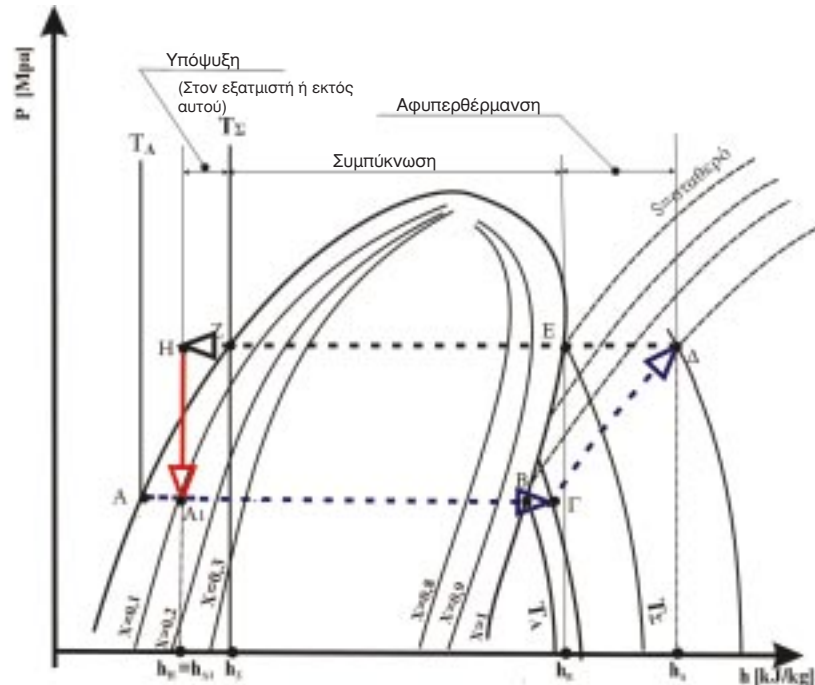
- α) Μειώνουν την πίεση του ψυκτικού υγρού από την πίεση συμπίκνωσης στην πίεση ατμοποίησης του
- β) Ρυθμίζουν την ποσότητα του ψυκτικού υγρού, η οποία ανά πάσα στιγμή εισέρχεται στον ατμοποιητή.

Πιο αναλυτικά, τα ψυκτικά συγκροτήματα των εγκαταστάσεων κλιματισμού του αέρα θα πρέπει κάθε στιγμή να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του ψυκτικού φορτίου, το οποίο μεταβάλλεται αισθητά, ανάλογα με την ώρα της ημέρας και με την εποχή του έτους. Αυτή η απαίτηση πρέπει να εκπληρώνεται με την αυτόματη προσαρμογή της ψυκτικής ικανότητας του ψυκτικού μέσου – και άρα της παρεχόμενης ποσότητάς του προς τον ατμοποιητή – στις μεταβολές του θερμικού κέρδους που μπορεί να εμφανιστούν.

Και οι δύο παραπάνω απαιτήσεις υλοποιούνται με τις εκτονωτικές βαλβίδες. Ο έλεγχος των εκτονωτικών βαλβίδων μπορεί να γίνεται με μεταβλητές, όπως είναι π.χ. η θερμοκρασία και η πίεση.

■ Λειτουργία

Το ψυκτικό μέσο, μετά την αφυπερθέρμανσή του, τη συμπίκνωσή του και την πιθανή υπόψυξή του στον συμπυκνωτή, πρέπει να επιστρέψει στον ατμοποιητή για να ολοκληρώσει έτσι τον ψυκτικό του κύκλο και να γίνει πάλι ατμός (Σχήμα 2.23). Για να γίνει όμως αυτό, πρέπει να οδηγηθεί από την υψηλή πίεση του συμπυκνωτή στην χαμηλή πίεση που επικρατεί στον εξατμιστή.



Σχήμα 2.23: Σχηματική παράσταση της ισοενθαλπικής εκτόνωσης του ψυκτικού μέσου σε διάγραμμα πίεσης - ενθαλπίας ($p - h$).

■ Είδη εκτονωτικών βαλβίδων

Τα βασικά είδη των εκτονωτικών μέσων (βαλβίδων) τα οποία χρησιμοποιούνται στις μονάδες κλιματισμού του αέρα είναι:

- α) Ο τριχοειδής σωλήνας
- β) Οι θερμοστατικές βαλβίδες εκτόνωσης
- γ) Οι πιεζοστατικές βαλβίδες εκτόνωσης (βαλβίδες σταθερής πίεσης)
- δ) Οι βαλβίδες με πλωτήρα

Πιο αναλυτικά:

A) Τριχοειδής σωλήνας

Ο τριχοειδής σωλήνας **χρησιμοποιείται** στις κλιματιστικές συσκευές τύπου «παραθύρου» και στις μικρές αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες, και

είναι το πιο απλό είδος εκτονωτικής «βαλβίδας». Συγκεκριμένα, είναι ένας χαλκοσωλήνας μικρής διαμέτρου ($d_{\text{εσωτ.}} = 0,6 \text{ H } 2,20 \text{ mm}$) και του οποίου τόσο η διάμετρός όσο και το μήκος, το οποίο μπορεί να αρχίζει από κάποια εκατοστά και να φτάνει ακόμη και τα 6 μέτρα, εξαρτώνται από τη διαφορά των πιέσεων συμπύκνωσης και ατμοποίησης, η οποία καθορίζεται αφ' ενός από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος που ψύχεται και την ψυκτική ισχύ, και αφετέρου από το είδος του ψυκτικού μέσου που χρησιμοποιείται.

Η παροχή του ψυκτικού υγρού μέσα στον τριχοειδή αυτό σωλήνα είναι σταθερή και δε ρυθμίζεται. Εάν οι συνθήκες λειτουργίας διαφέρουν από τις προκαθορισμένες, τότε ο τριχοειδής σωλήνας στέλνει περισσότερη ή λιγότερη από την απαιτούμενη ποσότητα ψυκτικού μέσου στον ατμοποιητή, με αποτέλεσμα να δημιουργείται πτώση της απόδοσης. Για να αποφευχθεί η αναρρόφηση υγρού από τον συμπιεστή, μπορεί να απαιτείται η χρήση διάταξης διαχωρισμού σταγόνων στην αναρρόφησή του.

Τα πλεονεκτήματα του τριχοειδή σωλήνα είναι το χαμηλό κόστος του και ότι δεν χρειάζεται συντήρηση. Μειονεκτεί, όμως, από λειτουργικής άποψης, γιατί ανταποκρίνεται ικανοποιητικά στην αποστολή του μόνο κάτω από τις συνθήκες που έχουν καθοριστεί από τη μελέτη του κατασκευαστή.

Β) Θερμοστατικές βαλβίδες εκτόνωσης

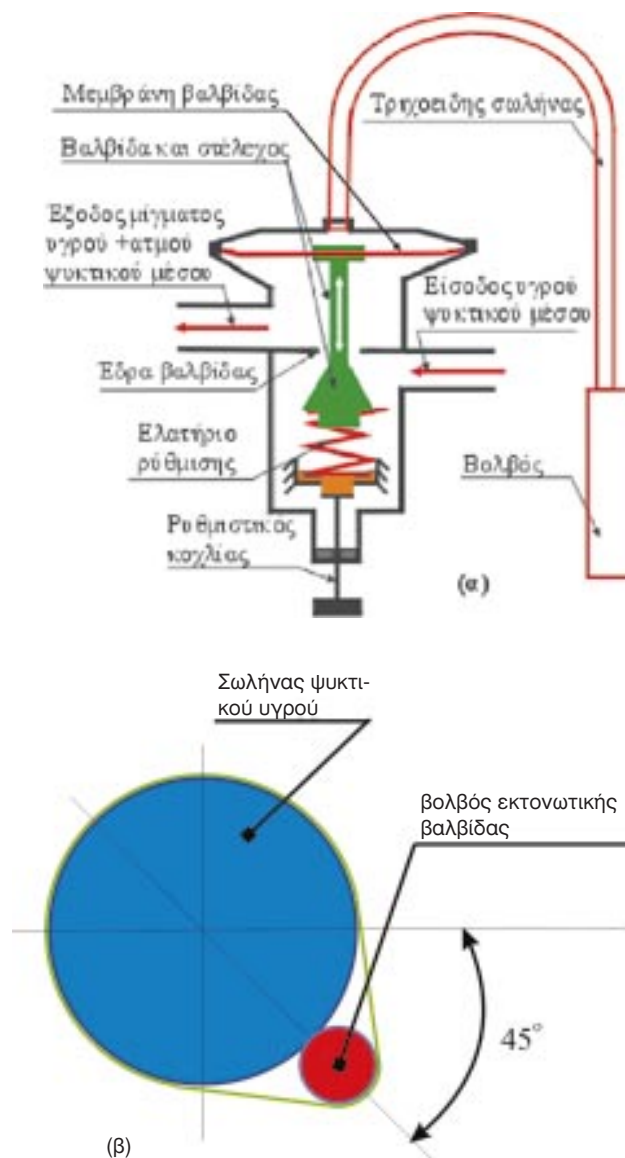
Οι θερμοστατικές βαλβίδες εκτόνωσης ρυθμίζουν την παροχή του ψυκτικού υγρού, ώστε:

- α)** Ο ατμοποιητής να τροφοδοτείται με την απαιτούμενη ποσότητα ψυκτικού μέσου για να μπορεί να ανταποκριθεί στις διάφορες συνθήκες ψυκτικού φορτίου που μπορεί να εμφανιστούν
- β)** Το ψυκτικό μέσο να φεύγει από τον ατμοποιητή, ελαφρώς υπέρθερμο.

Τα στοιχεία μιας θερμοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας (Σχήμα 2.24) είναι:

- Το κέλυφος
- Η βαλβίδα (βελονοειδής, δισκοειδής, κλπ)
- Η έδρα της βαλβίδας
- Το στέλεχος της βαλβίδας

- Η μεμβράνη βαλβίδας
- Ο βολβός (αισθητήριο)
- Ο τριχοειδής σωλήνας
- Το ελατήριο ρύθμισης υπερθέρμανσης
- Ο κοχλίας ρύθμισης υπερθέρμανσης.



Σχήμα 2.24: Σχηματική παράσταση: (α) τομής μιας θερμοστατικής βαλβίδας εκτόνωσης, (β) θέση τοποθέτησης του βολβού της θερμοστατικής βαλβίδας.

■ Είδη θερμοστατικών εκτονωτικών βαλβίδων

Υπάρχουν δύο τύποι θερμοστατικών εκτονωτικών βαλβίδων:

- α) Με εσωτερική εξίσωση της πίεσης.
- β) Με εξωτερική εξίσωση της πίεσης.

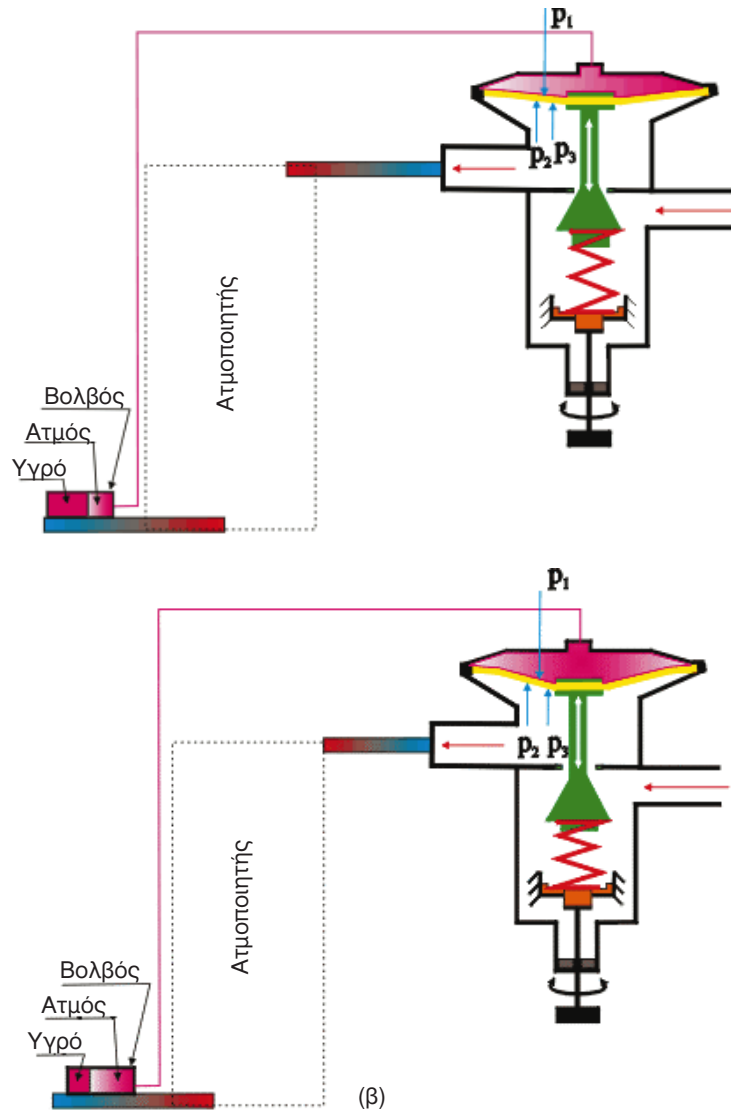
■ Βαλβίδα με εσωτερική εξίσωση της πίεσης (Σχήμα 2.25)

Σχηματικά, η λειτουργία της θερμοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας φαίνεται στο Σχήμα 2.25.



Σχήμα 2.25: Σχηματική παράσταση λειτουργίας θερμοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας με εσωτερική εξίσωση της πίεσης.

Στο Σχήμα 2.26 παρουσιάζεται, σχηματικά, η επίδραση της αύξησης της πίεσης του βολβού στη μεμβράνη. Δηλαδή, η αύξηση της πίεσης – λόγω της αύξησης της υπερθέρμανσης – στο επάνω μέρος της μεμβράνης, αυξάνει την παραμόρφωση της και έτσι η βαλβίδα κινείται προς τα κάτω, προκαλώντας αντίστοιχη αύξηση της παροχής του ψυκτικού μέσου προς τον εξατμιστή, οπότε η υπερθέρμανση επανέρχεται στην κανονική της τιμή.



Σχήμα 2.26: Επίδραση της πίεσης του ατμού του ψυκτικού μέσου του βολβού (λόγω αύξησης της υπερθέρμανσης) στη μεμβράνη. (α) βολβός ψυχρότερος. (β) βολβός θερμότερος (λόγω αύξησης της υπερθέρμανσης).

■ Λειτουργία (Σχήμα 2.26)

Οι κινήσεις της μεμβράνης, η οποία συνδέεται σταθερά με τη βαλβίδα, καθορίζουν και τη σχετική κάθε φορά θέση της ίδιας της βαλβίδας ως προς την έδρα της, και κατ' επέκταση την ποσότητα παροχής του ψυκτικού υγρού. Παράλληλα, στο χώρο πάνω από τη μεμβράνη αυτή, όπου και καταλήγει ο τριχοειδής σωλήνας του βολβού, επικρατεί η πίε-

ση (p_1) των ατμών του ψυκτικού μέσου του βολβού η οποία πιέζει τη μεμβράνη προς κάτω.

Έτσι, η κάτω επιφάνεια της μεμβράνης βρίσκεται υπό την επίδραση:

α) της πίεσης (p_2) που επικρατεί στον ατμοποιητή και

β) της πίεσης (p_3) που αντιστοιχεί στη δύναμη του ελατηρίου ρύθμισης της υπερθέρμανσης.

Όταν το άθροισμα των πιέσεων p_2 και p_3 είναι ίσο με την πίεση p_1 , τότε η βαλβίδα βρίσκεται σε θέση ισορροπίας και η παροχή του ψυκτικού υγρού προς τον ατμοποιητή για την αντιμετώπιση του ψυκτικού φορτίου, είναι σταθερή.

Εάν για οποιονδήποτε λόγο εμφανιστεί μείωση του ψυκτικού φορτίου, τότε η υπερθέρμανση του ψυκτικού ατμού μειώνεται, ενώ ανάλογα μειώνεται και η θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου του βολβού και, επομένως, η πίεσή του (p_1). Η μείωση της πίεσης p_1 έχει σαν αποτέλεσμα, η μεμβράνη να κινηθεί προς τα επάνω, κίνηση την οποία, μέσω του στελέχους της, εκτελεί και η βαλβίδα, οπότε έτσι έχουμε μείωση του ανοίγματος, μέσα από το οποίο περνά το ψυκτικό υγρό και, επομένως, και της παροχής του.

Στην αντίθετη περίπτωση, η αύξηση του ψυκτικού φορτίου προκαλεί αύξηση της υπερθέρμανσης και, κατά συνέπεια, της πίεσης (p_1), λόγω αύξησης της θερμοκρασίας του ατμού του ψυκτικού μέσου, με το οποίο έχει γεμίσει ο βολβός. Η αύξηση της πίεσης στο βολβό μεταφέρεται, μέσω του τριχοειδούς σωλήνα, στην επάνω επιφάνεια της μεμβράνης και έτσι με την ανάλογη κίνηση της βαλβίδας, έχουμε την αύξηση της διατομής, μέσα από την οποία περνά το ψυκτικό υγρό και, επομένως, της παροχής του ψυκτικού υγρού προς τον ατμοποιητή.

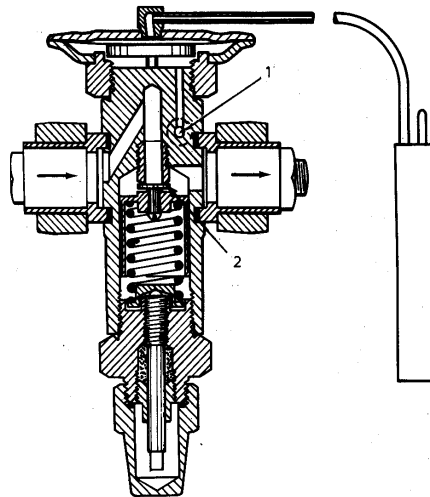
Η υπερθέρμανση λειτουργίας της θερμοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας ρυθμίζεται με την πίεση (p_3) του ελατηρίου, η οποία εκτελείται μέσω του ρυθμιστικού κοχλίου. Η αύξηση της πίεσεως (p_3) προκαλεί μείωση της παροχής του ψυκτικού υγρού και, επομένως, αύξηση της υπερθέρμανσης της βαλβίδας. Τα αντίθετα αποτελέσματα επιφέρει η μείωση της πίεσης (p_3).

■ Βαλβίδα με εξωτερική εξίσωση πίεσης

Η ροή του ψυκτικού μέσου μέσα στον ατμοποιητή μεγάλου μεγέθους, προκαλεί αισθητή πτώση πίεσης λόγω τριβών, με αποτέλεσμα η πίεση του ψυκτικού μέσου στην έξοδο της θερμοστατικής βαλβίδας να μην είναι ίδια με την πίεσή του στην έξοδο του στοιχείου ατμοποίησης. Αυτό το γεγονός, μερικές φορές, δημιουργεί λειτουργικά προβλήματα, όπως είναι η ανεπαρκής τροφοδοσία του ατμοποιητή με ψυκτικό μέσο.

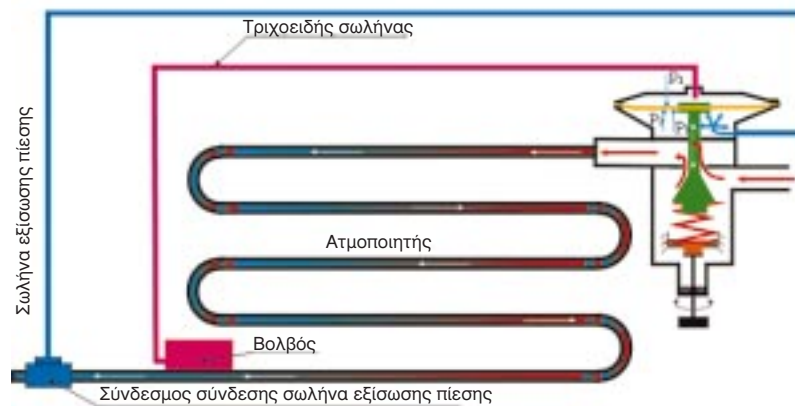
Για τη σωστή, λοιπόν, λειτουργία της θερμοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας και την αποφυγή των παραπάνω προβλημάτων, η πίεση που επικρατεί στην κάτω επιφάνεια της μεμβράνης θα πρέπει να είναι ίση με την πίεση που επικρατεί στην έξοδο του ατμοποιητή.

Όμως, όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, η πίεση στην κάτω επιφάνεια της μεμβράνης της βαλβίδας (εσωτερική πίεση) εξαρτάται από την πίεση του ψυκτικού μέσου στην είσοδο του ατμοποιητή. Έτσι, δημιουργήθηκε η ανάγκη επινόησης μιας βαλβίδας, της οποίας, η κάτω επιφάνεια της μεμβράνης να βρίσκεται αφενός κάτω από την επίδραση της πίεσης που επικρατεί κοντά στην έξοδο του ατμοποιητή, και αφετέρου κάτω από την επίδραση και της πίεσης που οφείλεται στη δύναμη του ελατηρίου. Αυτή, λοιπόν, η βαλβίδα, επειδή για τη λειτουργία της αξιοποιείται όχι η πίεση του ψυκτικού μέσου στο εσωτερικό της (πίεση στην είσοδο του εξατμιστή), αλλά η αντίστοιχη που ασκείται στην έξοδο του εξατμιστή, καθώς και η πίεση του βολβού που είναι συνάρτηση της υπερθέρμανσης, ονομάζεται **θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα με εξωτερική εξίσωση της πίεσης** (Σχήματα 2.27 και 2.28).



Σχήμα 2.27: Θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα με εξωτερική εξίσωση πίεσης.

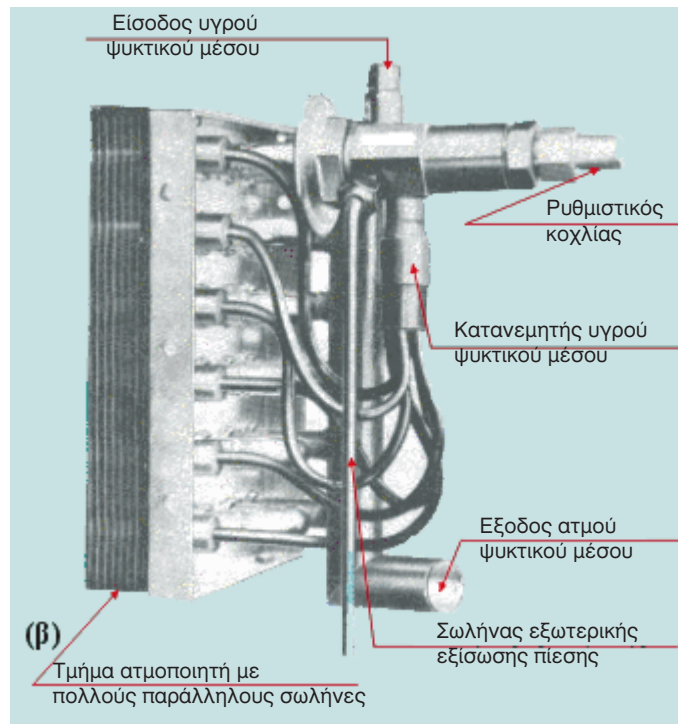
Στη θέση (1) συνδέεται ο εξωτερικός τριχοειδής σωλήνας εξίσωσης πίεσης και στη θέση (2) εφαρμόζεται η βαλβίδα με την έδρα της.



Σχήμα 2.28: Σχηματική παράσταση εγκατάστασης μιας θερμοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας με εξωτερική εξίσωση της πίεσης. Η θέση στην οποία θα γίνει η λήψη της πίεσης εξίσωσης πρέπει να είναι μετά από το βολβό (ακολουθώντας τη ροή του ψυκτικού μέσα στο ψυκτικό κύκλωμα).

Στις κλιματιστικές μονάδες, στις οποίες χρησιμοποιούνται ατμοποιητές με πολλά παράλληλα κυκλώματα που τροφοδοτούνται από την ίδια θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα, γίνεται χρήση θερμοστατικών εκτονωτικών βαλβίδων με εξωτερική εξίσωση και με πολλαπλή έξοδο (κατανεμητή) ψυκτικού υγρού, με σκοπό την κατανομή της παροχής της πίεσης σε ίσα, κατά το δυνατό – από κατασκευαστικής άποψης – κυκλώματα ατμοποίησης (Σχήμα 2.29).

Οι έξοδοι των κυκλωμάτων του ατμοποιητή συγκεντρώνονται σε ένα συλλέκτη, στην έξοδο του οποίου τοποθετείται ο βολβός της θερμοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας.



Σχήμα 2.29: (α) Θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα με εξωτερική εξίσωση πίεσης και πολλαπλή έξοδο. β) Θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα με εξισωτή πίεσης και με περισσότερες εξόδους εγκατεστημένη σε αντίστοιχο ατμοποιητή.

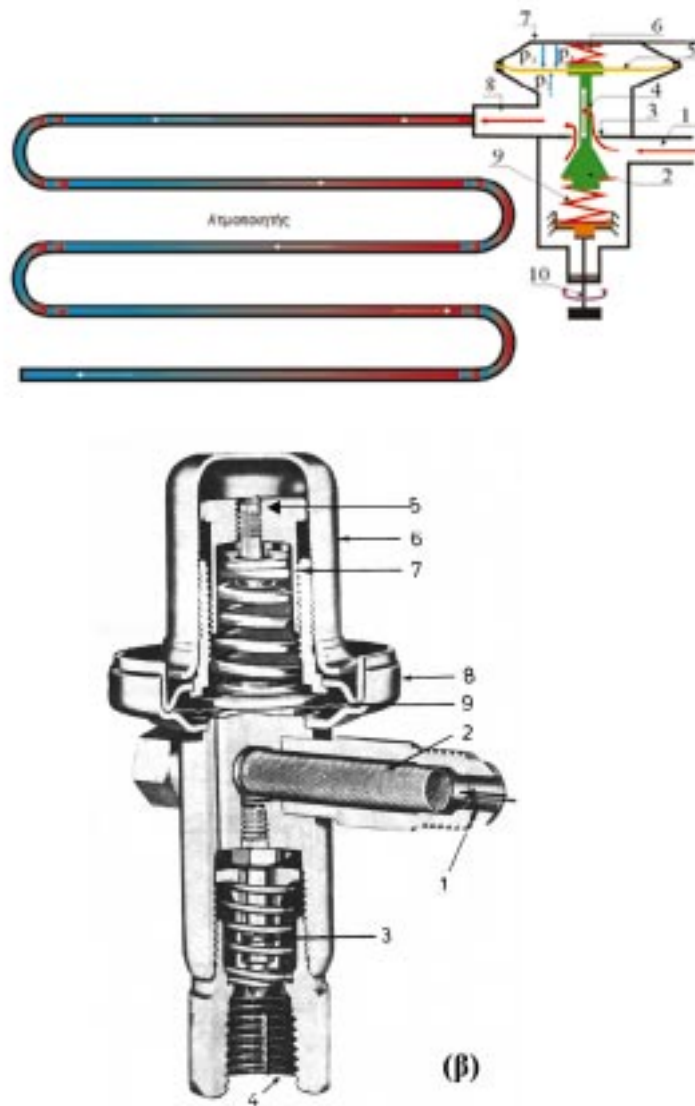
■ Λειτουργία

Οι θερμοστατικές εκτονωτικές βαλβίδες με εξωτερική εξίσωση πίεσης, λειτουργούν όπως και οι θερμοστατικές εκτονωτικές βαλβίδες με εσωτερική εξίσωση πίεσης, με τη διαφορά ότι η κάτω επιφάνεια της μεμβράνης,, δηλαδή ο χώρος ο οποίος είναι απομονωμένος, μέσου κατάλληλου διαφράγματος, από την επίδραση της πίεσης στην είσοδο του ατμοποιητή, βρίσκεται υπό την επίδραση της πίεσης του ελατηρίου και της πίεσης εξίσωσης (p_2) που ασκείται στην έξοδο του ατμοποιητή.

Γ) Πιεζοστατικές βαλβίδες εκτόνωσης σταθερής πίεσης (Σχήμα 2.30)

Η μεμβράνη ή ο πτυχωτός σωλήνας της πιεζοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας βρίσκεται υπό την επίδραση των παρακάτω πιέσεων:

- α) P_2 (δηλ. της πίεσης εισόδου στον ατμοποιητή)
- β) P_3 (δηλ. της πίεσης ελατηρίου προέντασης)
- γ) P_4 (δηλ. της ατμοσφαιρικής πίεσης ή της πίεσης αερίου, με το οποίο, πιθανώς, έχει πληρωθεί ο θάλαμος μεμβράνης της βαλβίδας.



Σχήμα 2.30: (α) Σχηματική παράσταση δομής και αρχής λειτουργίας πιεζοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας. 1. Είσοδος ψυκτικού υγρού. 2. βαλβίδα (βελονοειδής δι-σκοειδής κλπ). 3. Εδρα βαλβίδας. 4. Στέλεχος βαλβίδας. 5. Μembrάνη. 6. Ελατήριο προέντασης. 7. Καπάκι χώρου-θαλάμου μεμβράνης. 8. Έξοδος ψυκτικού μέσου (υγρό + ατμός). 9. Ελατήριο ρύθμισης. 10. κοχλίας ρύθμισης. (β) Εικόνα πιεζοστατικής βαλβίδας εκτόνωσης με μεμβράνη. 1. Είσοδος ψυκτικού μέσου. 2. Μεταλλικό φίλτρο. 3. Βαλβίδα και έδρα βαλβίδας. 4. Έξοδος ψυκτικού μέσου. 5. Ρύθμιση ελατηρίου και πίεσης ατμοποίησης. 6. Καπάκι βαλβίδας. 7. Ελατήριο ρύθμισης. 8. Κέλυφος. 9. Μembrάνη.

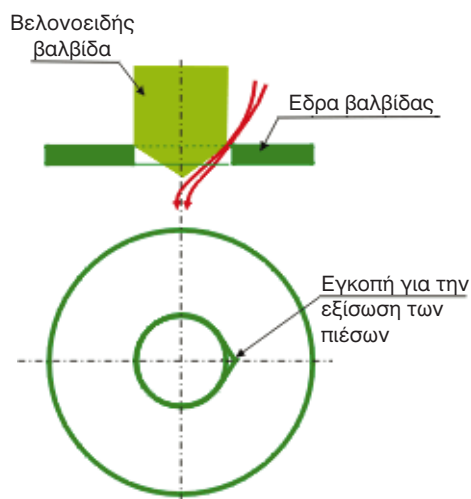
Η σχετική θέση της βαλβίδας, ως προς την έδρα της, ελέγχεται από την πίεση P_2 , και επομένως και η παροχή του ψυκτικού μέσου, το οποίο εισέρχεται στον ατμοποιητή.

Οι πιεζοστατικές βαλβίδες λειτουργούν κατά τρόπο που να μην επιτρέπεται μείωση της πίεσης ατμοποίησης κάτω από μια προκαθορισμένη τιμή, και επομένως, διατηρούν **σταθερή την πίεση μέσα στον ατμοποιητή**.

Τέτοιες βαλβίδες χρησιμοποιούνται σε μονάδες οι οποίες επεξεργάζονται σταθερό ψυκτικό φορτίο και δεν διασφαλίζουν την ενεργή συμμετοχή – κατά τη διαδικασία της ατμοποίησης – ολόκληρης της εσωτερικής επιφάνειας του ατμοποιητή. Εάν στη θέση της μεμβράνης τοποθετηθεί πτυχωτός σωλήνας, τότε έχουμε πιο ομαλή επικάλυψη της βαλβίδας στην έδρα της, γεγονός το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της φθοράς στις επιφάνειες της βαλβίδας και στην έδρα της.

Με την παύση της λειτουργίας της μονάδας, το ψυκτικό υγρό, για πολύ σύντομο διάστημα, συνεχίζει να εισρέει στον ατμοποιητή και δεν απομακρύνεται σαν ατμός από αυτόν, με αποτέλεσμα να προκαλείται αύξηση της πίεσης P_2 , η οποία αναγκάζει τη βαλβίδα να κινηθεί προς τα επάνω και να «**καθίσει**» πλήρως μέσα στην έδρα της.

Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη διατήρηση της διαφοράς πίεσης μεταξύ συμπυκνωτή και ατμοποιητή. Για την αντιμετώπιση αυτής της διαφοράς πίεσης, κατά την εκκίνηση του συμπιεστή απαιτείται αυξημένη ροπή. Η αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος επιτυγχάνεται με τη δημιουργία μιας πολύ μικρής εγκοπής στο χείλος της έδρας, η οποία επιτρέπει την εξίσωση των πιέσεων (Σχήμα 2.31), ή με τη χρήση ειδικού κινητήρα.



Σχήμα 2.31: Βελονοειδής βαλβίδα με την έδρα της για την εξίσωση των πιέσεων του συμπυκνωτή και του ατμοποιητή μετά από την παύση λειτουργίας της μονάδας.

Η πιεζοστατική βαλβίδα εκτόνωσης έχει το μειονέκτημα, ότι σε περίπτωση απότομης αύξησης ή μείωσης του ψυκτικού φορτίου, τείνει στιγμιαία να μειώσει ή να αυξήσει την παροχή ψυκτικού μέσου, τη στιγμή που η συμπεριφορά της θα έπρεπε να είναι η ακριβώς αντίθετη.

Για παράδειγμα, η απότομη εμφάνιση αυξημένου ψυκτικού φορτίου προκαλεί την επιτάχυνση της ατμοποίησης του ψυκτικού υγρού, και επομένως, την αύξηση της πίεσης, οπότε και ο ατμός υπερθερμαίνεται, με αποτέλεσμα, η νέα πίεση P_2 να υπερσχύει των πιέσεων P_3 και P_4 . Έτσι, η βαλβίδα κινείται προς τα επάνω και επέρχεται μείωση της παροχής του ψυκτικού μέσου στον ατμοποιητή, τη στιγμή που η συμπεριφορά της βαλβίδας θα έπρεπε να ήταν η ακριβώς αντίθετη. Το φαινόμενο αυτό διαρκεί πολύ λίγο, γιατί η μείωση της ποσότητας του ψυκτικού μέσου στον ατμοποιητή προκαλεί και τη μείωση της πίεσης P_2 , οπότε υπερσχύει και πάλι η δράση των πιέσεων P_3 και P_4 , με επακόλουθο η βαλβίδα να κινείται προς τα κάτω, και έτσι να έχουμε την επιθυμητή αύξηση της παροχής ψυκτικού υγρού η οποία απαιτείται για την αντιμετώπιση της νέας αυτής κατάστασης. Αντίθετη είναι η συμπεριφορά της βαλβίδας, σε περίπτωση απότομης μείωσης του ψυκτικού φορτίου.

Οι πιεζοστατικές εκτονωτικές βαλβίδες μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε μικρές μονάδες όπως π.χ. στις μικρές αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες αλλά και σε ειδικές εφαρμογές, στις οποίες όμως ενεργό ρόλο παίζουν θερμοστατικές βαλβίδες με ειδική γόμωση του βολβού, με μη συμπυκνούμενο αέριο.

Δ) Εκτονωτικές βαλβίδες με πλωτήρα

Οι εκτονωτικές βαλβίδες με πλωτήρα ονομάζονται και βαλβίδες ρύθμισης της στάθμης του υγρού, και σκοπός τους είναι η διατήρηση σταθερής της στάθμης του υγρού μέσα στον ατμοποιητή.

Το χαρακτηριστικό στοιχείο αυτών των βαλβίδων, όπως φαίνεται και από την ονομασία τους, είναι ο πλωτήρας που διαθέτουν.

Βασικά υπάρχουν δύο τύποι εκτονωτικών βαλβίδων με πλωτήρα:

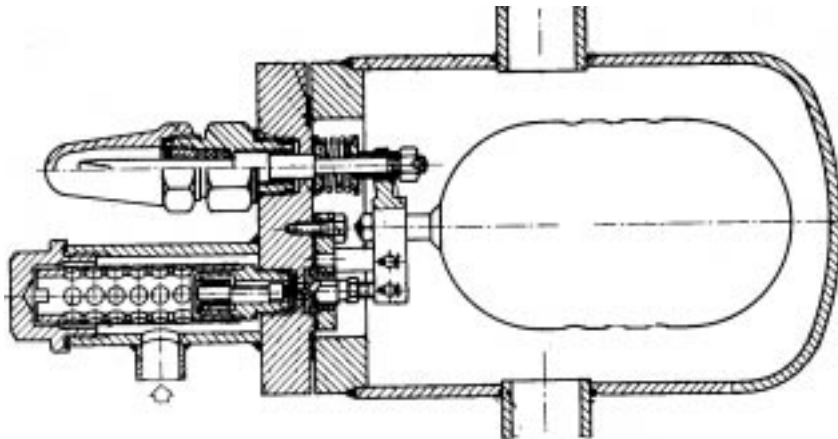
- α) Η εκτονωτική βαλβίδα με πλωτήρα στη χαμηλή πίεση** (Σχήμα 2.32) και
- β) Η εκτονωτική βαλβίδα με πλωτήρα στην υψηλή πίεση** (Σχήμα 2.33).

Πιο αναλυτικά:

■ Εκτονωτική βαλβίδα με πλωτήρα στη χαμηλή πίεση

Ο πλωτήρας αυτών των βαλβίδων ελέγχει τη βαλβίδα τροφοδοσίας με ψυκτικό μέσο του εξατμιστή, ώστε η στάθμη του υγρού μέσα σ' αυτόν να διατηρείται σταθερή (Σχήμα 2.32).

Με την εμφάνιση αυξημένου ψυκτικού φορτίου στον εξατμιστή, το υγρό ψυκτικό μέσο ατμοποιείται με γοργό ρυθμό και, έτσι, μειώνεται η στάθμη του με αποτέλεσμα την επέμβαση του πλωτήρα, ώστε να ανοίξει η βαλβίδα και να εισέλθει υγρό από την περιοχή της υψηλής πίεσης και, έτσι, να αντιμετωπιστεί η νέα αυτή κατάσταση. Η στάθμη του υγρού διατηρείται σταθερή όσο το φορτίο παραμένει σταθερό, ενώ όταν το φορτίο μειωθεί, τότε η στάθμη του υγρού ανεβαίνει και ο πλωτήρας προκαλεί, μέσω κατάλληλου συστήματος μοχλών, τη μετατόπιση της βαλβίδας σε νέα θέση, ώστε να μειωθεί και η παροχή του ψυκτικού υγρού. Γι' αυτόν το λόγο, οι συγκεκριμένες βαλβίδες χρησιμοποιούνται με τους εξατμιστές τύπου «υπερχείλισης».



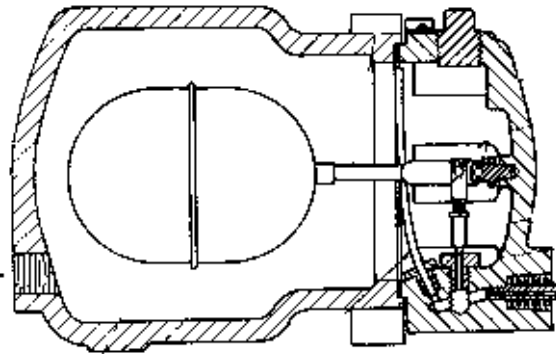
Σχήμα 2.32: Εκτονωτική βαλβίδα με πλωτήρα στη χαμηλή πίεση.

■ Εκτονωτική βαλβίδα με πλωτήρα στην υψηλή πίεση

Η εκτονωτική βαλβίδα με πλωτήρα στην υψηλή πίεση (Σχήμα 2.33) τοποθετείται στην περιοχή της υψηλής πίεσης και είναι παρόμοια με την προαναφερθείσα με τη διαφορά ότι ο πλωτήρας της κινείται ανάλογα με τη

στάθμη του υγρού στον συμπυκνωτή. Έτσι, όταν η ποσότητα του υγρού στον συμπυκνωτή ανέβει, ο πλωτήρας σηκώνεται και, μέσω της βαλβίδας, επιτρέπει το πέρασμα ψυκτικού υγρού προς τον εξατμιστή.

Από πρακτικής άποψης, αυτές οι βαλβίδες στέλνουν στον εξατμιστή τόση ποσότητα υγρού, όση είναι και αυτή που συμπυκνώνεται. Κατά την πλήρωση του ψυκτικού κυκλώματος, πρέπει να δίνεται πολύ μεγάλη προσοχή στην ποσότητα του ψυκτικού υγρού που θα εισέλθει στο κύκλωμα. Κατά κανόνα, αυτές οι βαλβίδες χρησιμοποιούνται σε μονάδες με φυγοκεντρικό συμπιεστή.



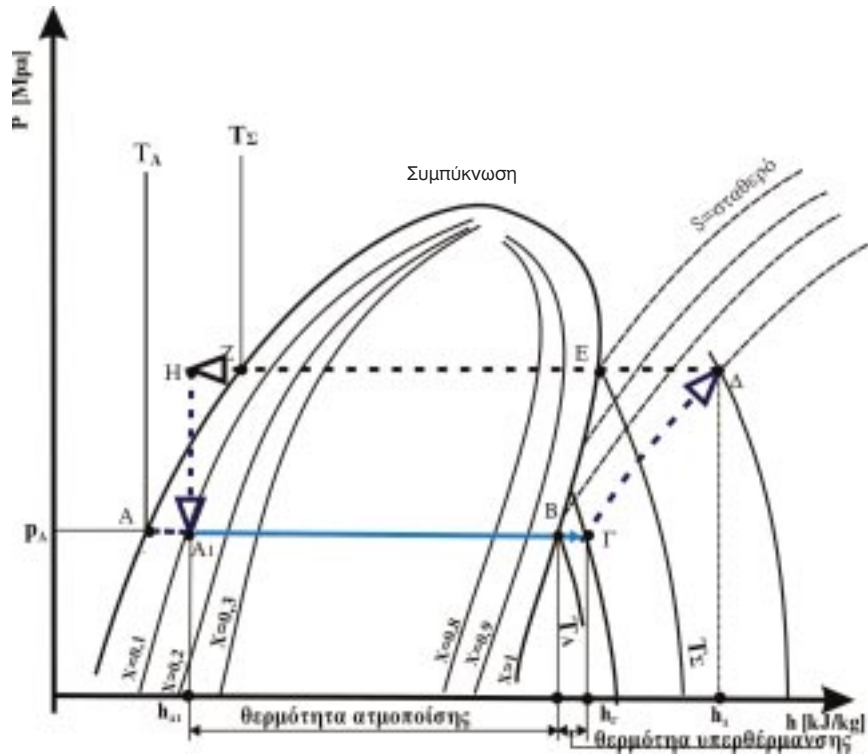
Σχήμα 2.33: Εκτονωτική βαλβίδα με πλωτήρα στην περιοχή της υψηλής πίεσης.

2.3.4. Εξατμιστής ή ατμοποιητής

Το στοιχείο του εξατμιστή ή ατμοποιητή είναι ένας **εναλλάκτης θερμότητας**, μέσω του οποίου το ψυκτικό υγρό, απορροφώντας θερμότητα από το περιβάλλον του ίδιου του εξατμιστή, αλλάζει κατάσταση και μετατρέπεται σε ατμό.

■ Λειτουργία

Η ποσότητα ψυκτικού μέσου, η οποία δημιουργήθηκε κατά τη διαδικασία της εκτόνωσης του και εισήλθε στον ατμοποιητή, συνεχίζει να παραμένει στην κατάσταση του κεκορεσμένου ατμού –στην πίεση δηλαδή ατμοποίησης - και δεν συμμετέχει στην αφαίρεση θερμότητας από το περιβάλλον του ατμοποιητή. Από θερμοδυναμικής άποψης, η ατμοποίηση του ψυκτικού μέσου, θεωρητικά, είναι μια ισοθερμοκρασιακή και ισοβαρής μεταβολή (Σχήμα 2.34).



Σχήμα 2.34: Σχηματική παράσταση της πορείας της ατμοποίησης (A,B) και της υπερθέρμανσης, εάν αυτή προβλέπεται (BΓ) ενός ψυκτικού μέσου, σε διάγραμμα πίεσης – ενθαλπίας (p-h).

Ο σκοπός του στοιχείου αυτού της ατμοποίησης είναι η αφαίρεση θερμότητας από το προς ψύξη ρευστό περιβάλλον (αέρα ή νερό), θερμότητα η οποία, μέσω της δομής του, μεταφέρεται στο ψυκτικό μέσο που μετατρέπεται σε κεκορεσμένο ή σε υπέρθερμο ατμό, στην περίπτωση, βέβαια, που προβλέπεται υπερθέρμανσή του.

■ Είδη

Ανάλογα με το σύστημα τροφοδοσίας τους, οι ατμοποιητές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Στους ατμοποιητές ξηρής εκτόνωσης και
- Στους ατμοποιητές υπερχειλίσσης.

Συγκεκριμένα:

Στην κατηγορία (α) ανήκουν οι ατμοποιητές εκείνοι στους οποίους το ψυκτικό μέσο ρέει μέσα σε σωλήνες μικρής, σχετικά, διαμέτρου, ενώ για την τροφοδοσία τους με ψυκτικό μέσο από τον συμπυκνωτή, συνήθως, χρησιμοποιούνται θερμοστατικές βαλβίδες εκτόνωσης.

Στη κατηγορία (β) ανήκουν εκείνοι οι ατμοποιητές, των οποίων η τροφοδοσία με ψυκτικό μέσο γίνεται μέσω βαλβίδων με πλωτήρα, και οι οποίοι διατηρούν, σε επίπεδο εφαρμογής, σταθερή τη στάθμη του υγρού ψυκτικού μέσου στο εσωτερικό τους.

Επίσης, ανάλογα με τη μορφή του μέσου το οποίο ψύχουν οι ατμοποιητές, διακρίνονται σε:

α) Ατμοποιητές ψύξης αέρα και

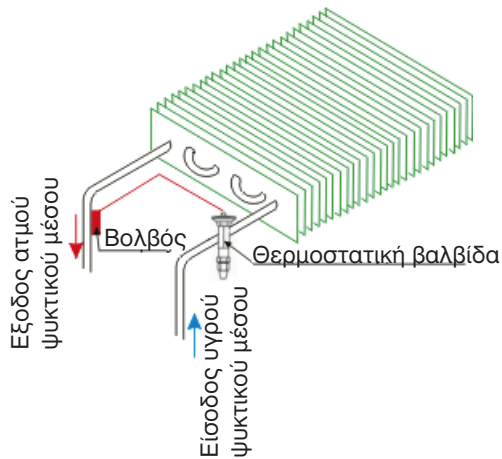
β) Ατμοποιητές ψύξης νερού

Πιο αναλυτικά:

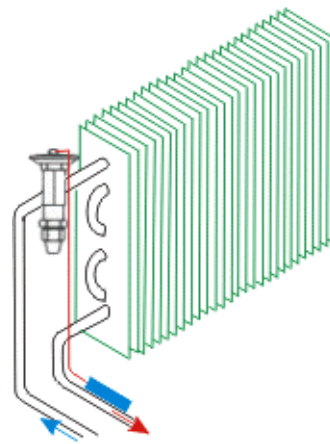
α) Ατμοποιητές ψύξης αέρα ή άμεσης εκτόνωσης

Οι ατμοποιητές αυτού του είδους χρησιμοποιούνται για την ψύξη αέρα και αποτελούνται από το στοιχείο (διάταξη) της ατμοποίησης και τον ανεμιστήρα.

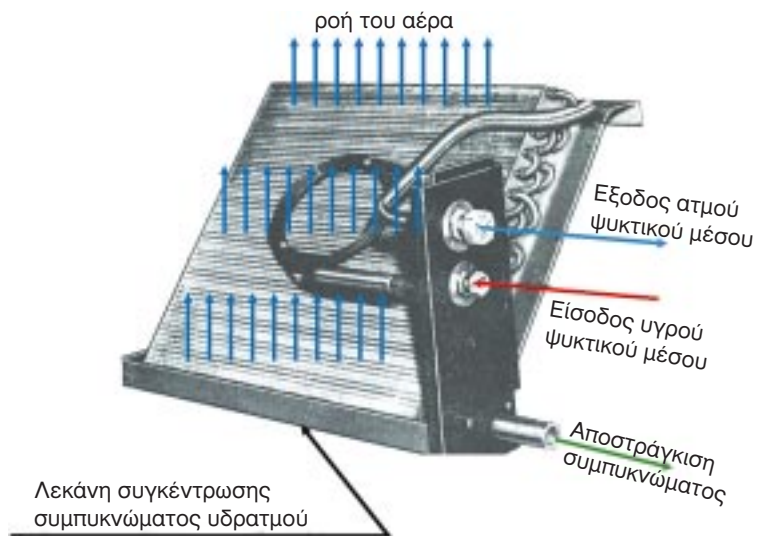
Το στοιχείο ατμοποίησης (Σχήματα 2.35-2.38), από κατασκευαστικής άποψης, αποτελείται από ένα ή περισσότερα κυκλώματα λείων ή πτερυγιοφόρων σωλήνων. Στον κλιματισμό, συνήθως, χρησιμοποιούνται οι πτερυγιοφόροι σωλήνες, το υλικό κατασκευής των οποίων, κατά κανόνα, είναι ο χαλκός, χωρίς να αποκλείεται, όμως, και το αλουμίνιο. Τα πτερύγια, τα οποία συνήθως κατασκευάζονται από αλουμίνιο, ενώ σε ειδικές εφαρμογές μπορεί να είναι και από χαλκό, φέρουν κατάλληλες οπές για την στερέωσή τους στους σωλήνες. Η επιφάνεια των πτερυγίων μπορεί να είναι λεία ή να έχει διαμορφωθεί με κατάλληλο προφίλ (σχήμα), ώστε να συντελεί στη βελτίωση του συντελεστή μετάδοσης της θερμότητας (k) από τον αέρα στο ψυκτικό μέσο.



Σχήμα 2.35: Οριζόντιο στοιχείο ατμοποίησης μιας σειράς σωλήνων τεσσάρων διαδρομών.

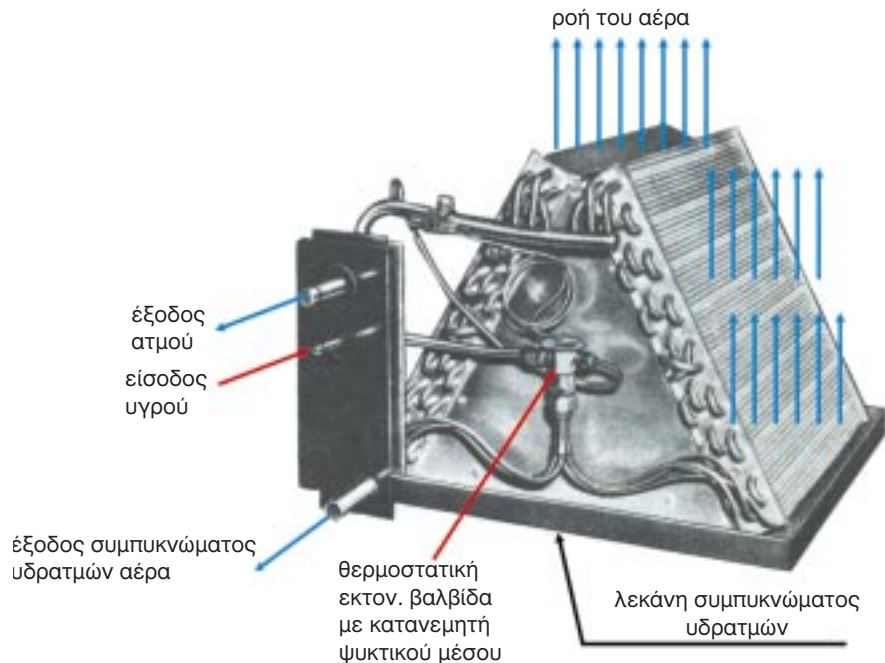


Σχήμα 2.36: Κατακόρυφο στοιχείο ατμοποίησης μιας σειράς σωλήνων τεσσάρων διαδρομών.



Σχήμα 2.37: Κεκλιμένο στοιχείο ατμοποίησης.

Το στοιχείο ατμοποίησης μπορεί να είναι μονό (είτε οριζόντιο, είτε κατακόρυφο είτε κεκλιμένο, με ένα ή περισσότερα κυκλώματα ψυκτικού μέσου) ή διπλό με δύο δηλαδή κεκλιμένα στοιχεία, τα οποία είναι τοποθετημένα σε σχήμα V (Σχήμα 2.38).



Σχήμα 2.38: Διπλό κεκλιμένο στοιχείο ατμοποίησης με έξι κυκλώματα.

Στην περίπτωση των στοιχείων ατμοποίησης με περισσότερα του ενός κυκλώματα, οι σωλήνες τροφοδοσίας που τους συνδέουν με τον καταναεμητή ψυκτικού υγρού, πρέπει να έχουν την ίδια διάμετρο και το ίδιο μήκος, ώστε να υπάρχει η ίδια πτώση πίεσης σε όλα τα κυκλώματα, και επομένως και η ίδια παροχή του υγρού.

Ο αέρας, κατά τη διέλευση του μέσα από αυτά τα στοιχεία, αποδίδει στο ψυκτικό μέσο «αισθητή και λανθάνουσα θερμότητα», και ψύχεται, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται και η υγρασία του. Τα συμπυκνώματα των υδρατμών του αέρα εμφανίζονται επάνω στα πτερύγια και στη συνέχεια ρέουν προς τα κάτω, όπου συγκεντρώνονται σε μια κατάλληλη λεκάνη από την οποία, στη συνέχεια, απομακρύνονται προς το περιβάλλον.

Πρέπει να τονιστεί ότι, αν για οποιανδήποτε λόγο (π.χ. λόγω κακής λειτουργίας της μονάδας) ο ατμοποιητής λειτουργήσει σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, υπάρχει κίνδυνος να αρχίσει να παγώνει το νερό επάνω στα πτερύγια με συνέπεια το σχηματισμό πάγου, ο οποίος βαθμιαία εμποδίζει τη διέλευση του αέρα. Το γεγονός αυτό μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ζημιές στο συμπιεστή, εάν δεν ενεργοποιηθεί, έγκαιρα, κάποιο σύστημα προστασίας για την τήξη του.

Η ταχύτητα του αέρα, που αντιστοιχεί στη μετωπική επιφάνεια του στοιχείου ατμοποίησης, συνήθως δεν ξεπερνά μια ορισμένη τιμή, γιατί έτσι, στην περίπτωση που υ-

πάρχει και αφύγρανση του κλιματιζόμενου αέρα, αποτρέπεται το φαινόμενο να παρασυχθούν σταγονίδια νερού απ' αυτόν. Αυτού του είδους τα στοιχεία ατμοποίησης, λόγω της μεγάλης σχετικά πτώσης της πίεσης που παρουσιάζουν από την πλευρά του ψυκτικού μέσου, χρησιμοποιούνται σε κλιματιστικές μονάδες που εξοπλίζονται με παλινδρομικούς κοχλιοφόρους συμπιεστές ή με συμπιεστές τύπου Scroll.

Οι μεγάλοι μεγέθους κλιματιστικές μονάδες εξοπλίζονται με ατμοποιητή, ο οποίος έχει δύο αυτόνομα, από πλευράς τροφοδοσίας, κυκλώματα ψυκτικού υγρού, και κάθε ένα από αυτά έχει τη δική του θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα και το δικό του κατανεμητή. Εμπρός από τη θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα τοποθετείται μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα διακοπής του ψυκτικού μέσου. Έτσι, όταν μειωθεί το φορτίο, δίνεται εντολή, μέσω ενός θερμοστάτη, σε μια από τις δύο ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες να διακόψει τη ροή του ψυκτικού υγρού προς το κύκλωμα εκείνο που τροφοδοτεί, με αποτέλεσμα να μειώνεται στο μισό η ενεργή επιφάνεια εναλλαγής της θερμότητας του ατμοποιητή, έτσι ώστε να αντιμετωπίζεται επιτυχώς το νέο (μειωμένο) φορτίο.

Αυτή η λύση είναι απαραίτητη για τις κλιματιστικές μονάδες μεγάλης ισχύος, γιατί αν όλα τα κυκλώματα του ατμοποιητή τροφοδοτούνται από έναν κατανεμητή, στην περίπτωση που το ψυκτικό φορτίο μειωθεί αισθητά, η τροφοδοσία των κυκλωμάτων με ψυκτικό υγρό δεν είναι η κανονική, οπότε η κλιματιστική μονάδα δεν αποδίδει τα αναμενόμενα.

6) Ατμοποιητές ψύξης νερού

Οι κύριοι ατμοποιητές ψύξης νερού είναι:

- α) Οι ατμοποιητές ψύξης νερού τύπου υπερχείλισης**
- β) Οι ατμοποιητές ξηρής εκτόνωσης**
- γ) Οι πλακοειδείς ατμοποιητές**

Πιο αναλυτικά:

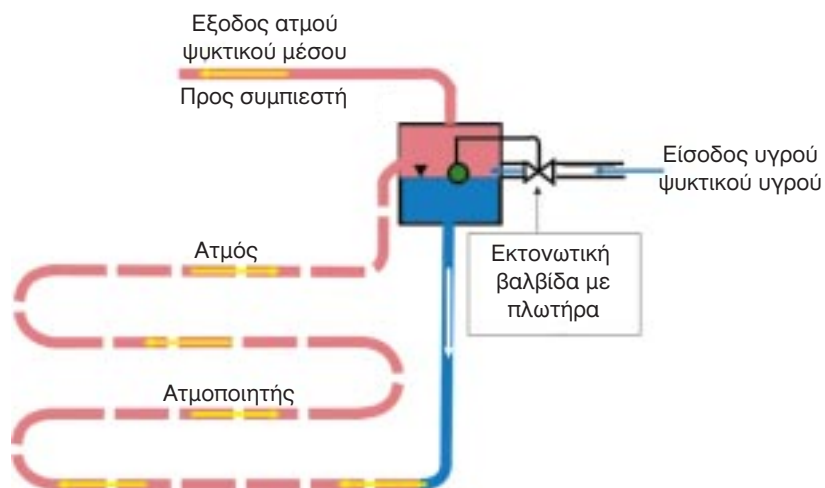
- Οι **ατμοποιητές τύπου υπερχείλισης**, είναι όμοιοι, από κατασκευαστικής άποψης με τους αντίστοιχους συμπυκνωτές (Σχήμα 2.39).

Έτσι, αποτελούνται από ένα κυλινδρικό κέλυφος, στο εσωτερικό του οποίου υπάρχει μια δέσμη ευθύγραμμων σωλήνων, ή μορφής **U**, οι οποίοι,

ανάλογα με τη μορφή τους, μέσω δηλαδή δύο φλαντζών (στην περίπτωση ευθύγραμμων σωλήνων) ή μιας φλάντζας (στην περίπτωση σωλήνων μορφής U), στερεώνονται με κοχλίες στο κέλυφος, στο ένα άκρο του οποίου υπάρχει το καπάκι, όπου έχουν διαμορφωθεί τόσο η είσοδος, όσο και η έξοδος του ψυχρού νερού.

Το προς ψύξη νερό κυκλοφορεί μέσα στους σωλήνες της δέσμης που προαναφέρθηκε, οι οποίοι, συνήθως, είναι κατασκευασμένοι από χαλκό, ενώ το ψυκτικό υγρό βρίσκεται εξωτερικά των σωλήνων αυτών και τους οποίους το υγρό καλύπτει πλήρως. Έτσι, το ψυκτικό υγρό οδηγείται μέσα στο κέλυφος από το κάτω μέρος του, κατανέμεται με ειδική διάταξη σε όλο το μήκος των σωλήνων, και η στάθμη του – μέσα στο κέλυφος του ατμοποιητή – καθορίζεται από τον πλωτήρα της εκτονωτικής βαλβίδας. Ο χώρος επάνω από τη στάθμη του ψυκτικού υγρού λειτουργεί σαν ατμοθάλαμος ψυχρού ατμού, ενώ στο σημείο της αναρρόφησης του ατμού, συνήθως, τοποθετείται διάταξη διαχωρισμού των σταγόνων του ψυκτικού μέσου.

Ο ατμοποιητής αυτού του είδους παρουσιάζει μικρές απώλειες από την πλευρά του ατμού και χρησιμοποιείται σε μεγάλες εγκαταστάσεις που διαθέτουν φυγοκεντρικούς συμπιεστές.



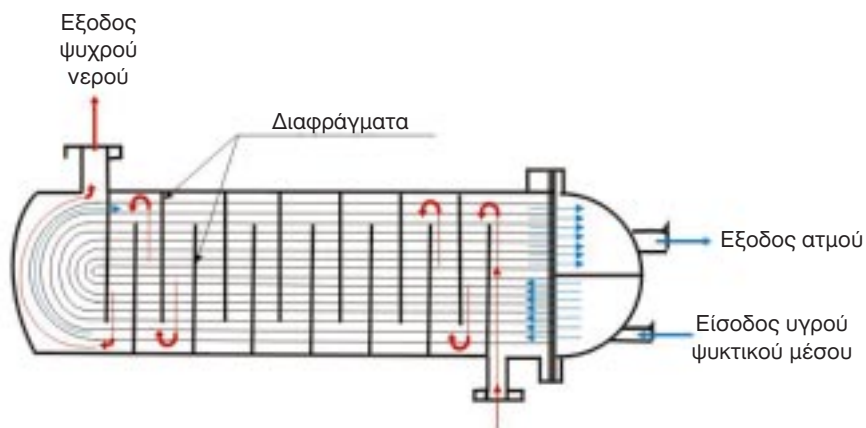
Σχήμα 2.39: Σχηματική παράσταση λειτουργίας ατμοποιητή υπερχειλίσης.

- Στον **ατμοποιητή ξηρής εκτόνωσης**, το ψυκτικό υγρό κυκλοφορεί μέσα στους σωλήνες της δέσμης, ενώ το προς ψύξη νερό στις εξωτερικές τους επιφάνειες (Σχήμα 2.40).

Κατά μήκος του κελύφους και στο εσωτερικό του τοποθετούνται κατάλληλα διαφράγματα, όπως φαίνονται στο Σχήμα 2.40. Ο σκοπός αυτών των διαφραγμάτων είναι να υποχρεώνουν το νερό να ακολουθεί μια πορεία μορφής ημίτονου μέσα στο κέλυφος και, επομένως, να έχει μια, μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας, έμμεση επαφή με το ψυκτικό ρευστό.

Επίσης, οι σωλήνες μεταφοράς του ψυκτικού μέσου, στην εσωτερική τους επιφάνεια μπορεί να φέρουν αυλακώσεις για τη βελτίωση της εναλλαγής της θερμότητας.

Συμπερασματικά, αυτοί οι ατμοποιητές παρουσιάζουν μεγάλη πτώση πίεσης από την πλευρά του ψυκτικού μέσου, και γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται σε όχι μεγάλης ισχύος εγκαταστάσεις, που διαθέτουν παλινδρομικούς, κοχλιοφόρους ή συμπιεστές τύπου Scroll, ενώ τροφοδοτούνται και με θερμοστατική βαλβίδα εκτόνωσης.



Σχήμα 2.40: Σχηματική παράσταση δομής και λειτουργίας ατμοποιητή για ψύξη νερού τύπου ξηρής εκτόνωσης.

- Σχετικά με τους **Πλακοειδείς ατμοποιητές**, η κατασκευή και η λειτουργία τους είναι όμοια με εκείνη των πλακοειδών συμπυκνωτών, για τους οποίους έγινε εκτενής αναφορά στην αντίστοιχη ενότητα.

2.3.5 Περιγραφή της ροής του αέρα στην κλιματιστική μονάδα

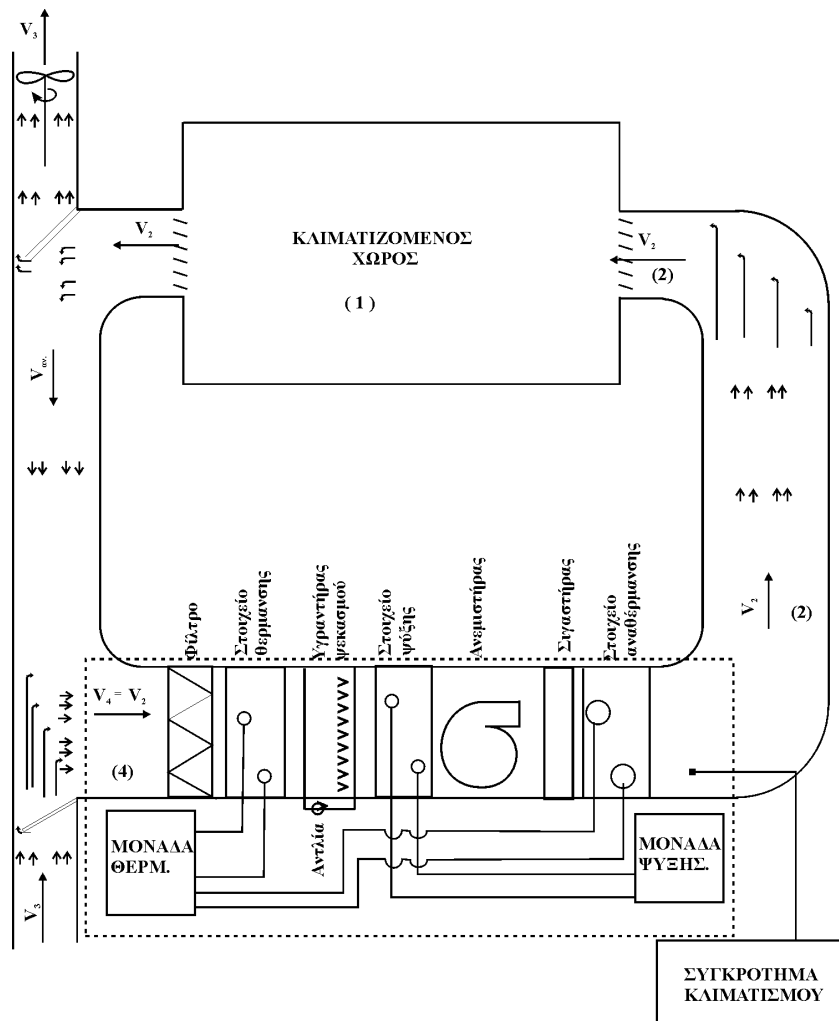
Η επίτευξη των στόχων του κλιματισμού γίνεται με τον έλεγχο της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της καθαρότητας του αέρα ενός εσωτερικού χώρου, σύμφωνα με τις επιθυμητές προδιαγραφές.

Έτσι, στο Σχήμα 2.41 δίνεται, σε σχηματική παράσταση, η κυκλοφορία του αέρα κλιματισμού, καθώς και τα βασικά στοιχεία όλου του συγκροτήματος του κλιματισμού. Πιο αναλυτικά, η παροχή του αέρα V_2 , ο οποίος απομακρύνεται από τον κλιματιζόμενο χώρο, κατά τη διαδρομή του προς τη μονάδα επεξεργασίας του χωρίζεται σε δύο μέρη. Το ένα (παροχής V_3) αποβάλλεται στο εξωτερικό περιβάλλον, ενώ το δεύτερο (παροχής V_{Av} ή αέρας ανακυκλοφορίας) οδεύει προ της μονάδας επεξεργασίας. Επειδή, όμως, η παροχή του αέρα που πρέπει να κυκλοφορεί μέσα στο χώρο για τη διασφάλιση των κλιματιστικών απαιτήσεων είναι ανάγκη να είναι σταθερή, πρέπει προφανώς να υπάρχει και αναρρόφηση από το περιβάλλον, μιας νέας μάζας αέρα (αέρα ανανέωσης), η ποσότητα της οποίας πρέπει να είναι ίση με εκείνη η οποία αποβλήθηκε στον ατμοσφαιρικό περιβάλλον. Η ανανέωση, λοιπόν, ενός τμήματος του αέρα κλιματισμού, είναι αναγκαία τόσο γιατί στο χώρο πρέπει να υπάρχει η σωστή ποσότητα οξυγόνου, όσο και για την απομάκρυνση των οσμών. Έτσι, ο αέρας ανανέωσης αναμειγνύεται κατάλληλα με τον αέρα ανακυκλοφορίας, οπότε προκύπτει και πάλι μια παροχή αέρα V_2 σε μια κατάσταση (4).

Ο αέρας, κατά την είσοδό του στην μονάδα επεξεργασίας, το πρώτο στοιχείο το οποίο συναντά, είναι το φίλτρο, το οποίο με τη δομή του διασφαλίζει, στον επιθυμητό βαθμό, την καθαρότητα του αέρα, πριν αυτός εισέλθει στο χώρο. Συνεχίζοντας την πορεία του προς την έξοδο της μονάδας, το ρεύμα αέρα έρχεται σε επαφή με το στοιχείο θέρμανσης, το οποίο αποτελείται από μια σειρά πτερυγιοφόρων σωλήνων, μέσα στους οποίους ρέει το ρευστό της θέρμανσης. Αυτό το στοιχείο είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας, ο οποίος προσδίδει στον αέρα θερμότητα, ρυθμίζοντας έτσι τη θερμοκρασία του στην επιθυμητή τιμή της. Το στοιχείο αυτό είναι ενεργό μόνο κατά τον χειμερινό κλιματισμό, εκτός αν δεν προβλέπεται διαφορετικά.

Στη συνέχεια, και αφού ο αέρας έχει αποκτήσει τη θερμοκρασία του, εισέρχεται στο τρίτο στοιχείο της μονάδας – τον υγραντήρα – όπου ψεκάζεται νερό διασκορπισμένο σε πολύ λεπτά σταγονίδια ή σε οποιαδήποτε άλλη μορφή, για να προστεθεί υγρασία στον αέρα. Το ψεκαζόμενο νερό

που δεν εξατμίστηκε, συγκεντρώνεται στον πυθμένα του υγραντήρα και, με τη βοήθεια μιας αντλίας, τίθεται εκ νέου σε κυκλοφορία στο κύκλωμα ψεκασμού.



Σχήμα 2.41: Σχηματική παράσταση της ροής του αέρα.

Μετά από τον υγραντήρα, το ρεύμα αέρα περνά μέσα από το στοιχείο ψύξης, το οποίο είναι, επίσης, ένας εναλλάκτης θερμότητας με πτερυγιοφόρους σωλήνες, και που στο εσωτερικό του κυκλοφορεί το ψυχρό ρευστό της κλιματιστικής μονάδας. Το στοιχείο αυτό της ψύξης είναι ενεργό, συνήθως, κατά τη θερινή περίοδο, αλλά και σε κάθε άλλη περίπτωση, όταν είναι επιθυμητή η μείωση της θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό ενός χώρου.

Η κυκλοφορία του αέρα μέσα στο δίκτυο των αεραγωγών, καθώς και μέσα στο χώρο, διασφαλίζεται με το πέμπτο, κατά σειρά στοιχείο της μονάδας, τον ανεμιστήρα. Αυτός διακινεί την απαιτούμενη μάζα αέρα και δημιουργεί την πίεση εκείνη, η οποία είναι απαραίτητη για την αντιμετώπιση των αντιστάσεων (τοπικών και κατανεμημένων), καθώς επίσης και για τη ροή του αέρα με την επιθυμητή ταχύτητα, αφού η ταχύτητα κυκλοφορίας του αέρα μέσα στο χώρο, όπως είναι γνωστό, επηρεάζει τόσο την άνεση όσων διαβιούν σ' αυτόν, όσο και τις συνθήκες παραγωγής σε ειδικές περιπτώσεις.

Μετά από τον ανεμιστήρα, στις μεγάλες μονάδες, βρίσκεται ο σιγαστήρας. Σκοπός αυτού του στοιχείου είναι η μείωση του θορύβου ο οποίος δημιουργείται από τους μεγάλους ανεμιστήρες και είναι προφανής η σπουδαιότητα αυτού του στοιχείου για την ακουστική άνεση μέσα στους κλιματιζόμενους χώρους.

Η υγρασία, όπως θα αναφερθεί και στη σχετική με τα φίλτρα παράγραφο, είναι ανεπιθύμητη, τόσο για λόγους υγιεινής, αφού συντελεί στη δημιουργία λάσπης, που αποτελεί πρόσφορο έδαφος για την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών, οι οποίοι, στη συνέχεια, με το ρεύμα αέρα μπορούν να μεταφερθούν στο χώρο, όσο και γιατί επιφέρει, με την πάροδο του χρόνου, τη διάβρωση των μεταλλικών στοιχείων της εγκατάστασης. Σε πολλές, πάντως, περιπτώσεις, είναι δυνατό να μην υπάρχει το φαινόμενο αυτό της υγρασίας, γιατί με τη «συμπύεση» του αέρα από μέρους του ανεμιστήρα, επέρχεται μια μικρή αύξηση της θερμοκρασίας του, η οποία δεν επιτρέπει την ανάπτυξη υγρασίας, οπότε και τα παραπάνω προβλήματα παύουν να υφίστανται.

2.3.6. Φίλτρα αέρα

Όπως γνωρίζουμε, η καθαρότητα του αέρα ενός εσωτερικού χώρου είναι ένας από τους στόχους του κλιματισμού και έχει άμεση σχέση, τόσο με την παραγωγική διαδικασία, όσο και με τις συνθήκες άνεσης και υγιεινής των ατόμων που αναπτύσσουν κάποια επαγγελματική δραστηριότητα μέσα στον κλιματιζόμενο αυτό χώρο.

Ο ανακυκλούμενος αέρας του χώρου, καθώς και ο αντίστοιχος του εξωτερικού περιβάλλοντος (ή ανανέωσης) οδηγούνται στο στοιχείο της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας προς επεξεργασία, πριν εισαχθούν εκ νέου στο χώρο. Γενικά, δηλαδή, ο αέρας θα πρέπει πρώτα να καθαριστεί, γιατί

τόσο αυτός του περιβάλλοντος όσο και εκείνος του χώρου, έχουν στη μάζα τους στερεά σωματίδια, ίνες, καπνούς, ατμούς, βακτηρίδια και διάφορους άλλους ρύπους σε στερεά ή αέρια κατάσταση.

Για να κατανοήσουμε, όμως, καλύτερα τη διαδικασία και τα μέσα με τα οποία επιτυγχάνεται ο παραπάνω σκοπός ενός κλιματιστικού, θα πρέπει να αναφέρουμε, εν συντομία, ορισμένα στοιχεία σχετικά με τη σύνθεσή του αέρα.

Έτσι, ο ξηρός καθαρός ατμοσφαιρικός αέρας είναι ένα μίγμα διάφορων αερίων, του οποίου η κατ' όγκο σύνθεσή, κατά κύριο λόγο, είναι η εξής: **άζωτο (N_2) 78%, οξυγόνο O_2 21%, και άλλα αέρια, όπως αργό, ήλιο, νέον κ.α (1%)**. Εκτός από τα παραπάνω στοιχεία, ο αέρας του περιβάλλοντος ενός χώρου περιέχει υδρατμούς και διαφόρους ρύπους, η δε περιεκτικότητά του σε υδρατμούς και ρύπους εξαρτάται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες που αναπτύσσονται στο χώρο και από τις καιρικές συνθήκες της εποχής. Η αέρας έχει την ιδιότητα να συγκρατεί, στη μάζα του, ένα μέγιστο ποσοστό υδρατμών, διαφορετικό για κάθε θερμοκρασία. Όταν συμβαίνει αυτό ο αέρας ονομάζεται **κεκορεσμένος** και οποιαδήποτε επιπλέον ποσότητα υδρατμών προστεθεί σ' αυτόν, θα αποβληθεί αμέσως υπό μορφή δρόσου. Η μέγιστη ποσότητα των υδρατμών που ο αέρας μπορεί να συγκρατήσει στη μάζα του, εξαρτάται από τη θερμοκρασία που βρίσκεται, και η οποία ποσότητα υδρατμών αυξομειώνεται, ανάλογα με τις αυξομειώσεις της ίδιας της θερμοκρασίας.

Όμως, ο ατμοσφαιρικός αέρας όχι μόνο δεν είναι καθαρός και ξηρός, αλλά όπως αναφέραμε και στην αρχή αυτής της παραγράφου, περιέχει και άλλα ανεπιθύμητα στοιχεία, τα οποία οφείλονται στην ανθρώπινη δραστηριότητα, τους γνωστούς μας δηλαδή **ρύπους**.

Τους ρύπους στον αέρα μπορούμε να τους συναντήσουμε στις εξής μορφές:

- Σε στερεή (σωματίδια σκόνης ή αιθάλης, ίνες κ.λ.π.)
- Σε υγρή (ομίχλες διαφόρων υγρών υλικών) και
- Σε αέρια (οξειδία του αζώτου NO_x , μονοξείδιο του άνθρακα CO , κ.λ.π.)

Η απομάκρυνση των ρύπων από τον αέρα επιτυγχάνεται με το φιλτράρισμα του μέσα από στοιχεία (διατάξεις), που χρησιμοποιούνται γι' αυτό το σκοπό και ονομάζονται φίλτρα.

Έτσι:

- Με τον όρο **φιλτράρισμα** του αέρα, εννοούμε εκείνη τη διαδικασία με την οποία αφαιρούμε (συγκρατούμε) απ' αυτόν τα ανεπιθύμητα στερεά σωματίδια και τους άλλους ρύπους, που αιωρούνται στη μάζα του.
- **Φίλτρα** αέρα είναι διατάξεις (στοιχεία) ή συσκευές, ικανές να αφαιρέσουν και να συγκρατήσουν τους ρύπους του αέρα.

Τα φίλτρα παρεμβάλλονται στο ρεύμα του αέρα το οποίο πρέπει να φιλτραρισθεί, επιτρέποντας τη διέλευσή του, αφαιρούν όμως απ' αυτόν τους διάφορους ρύπους στον επιθυμητό βαθμό, ο οποίος μπορεί να προσεγγίσει το 100%.

Η αφαίρεση των ρύπων από τον αέρα μπορεί να γίνει με τις εξής διεργασίες:

- α) Με μηχανικό αποκλεισμό:** Στην περίπτωση αυτή, τα σωματίδια ορισμένης διαμέτρου δεν μπορούν να περάσουν μέσα από τα διάκενα που υπάρχουν ανάμεσα στις ίνες του φίλτρου, οπότε και κατακρατούνται.
- β) Με προσκόλληση των σωματιδίων στις ίνες του φίλτρου:** Εδώ, τα σωματίδια, μετά την πρόσκρουσή τους στις ίνες του φίλτρου, συγκρατούνται από αυτές, αφού όλο το φίλτρο έχει, προηγουμένως, εμποτιστεί με ειδικές ουσίες που βοηθούν το σκοπό αυτό.
- γ) Με την έλξη των σωματιδίων από της ίνες του φίλτρου:** Κατά τη διαδικασία αυτή, τα στερεά σωματίδια, όταν περάσουν πάρα πολύ κοντά από τις ίνες τους φίλτρου, έλκονται από αυτές, λόγω των στοιχειωδών ηλεκτροστατικών δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ τους, με τελικό αποτέλεσμα τη συγκράτησή τους.
- δ) Με την ηλεκτροστατική δράση ενός ισχυρού ηλεκτρικού πεδίου:** (Σχήμα 2.42) Στην περίπτωση αυτή, είναι αναγκαία η παρουσία ηλεκτρικού φίλτρου, αφού τα σωματίδια των στερεών ρύπων, όταν εισέλθουν μαζί με το ρεύμα του αέρα σε ένα ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο, ιονίζονται θετικά και, στη συνέχεια, εισερχόμενα μέσα σε ένα ασθενέστερο ηλεκτρικό πεδίο έλκονται από τα αρνητικά ηλεκτρόδια (πλάκες) του ηλεκτρικού φίλτρου, οπότε συγκρατούνται από αυτά και, τελικά, με διάφορες διαδικασίες απομακρύνονται.

■ Ταξινόμηση

Ανάλογα με την απορρυπαντική τους δράση, και σύμφωνα με το πρότυπο **EN 779 1993**, τα φίλτρα αέρα ταξινομούνται στις εξής κατηγορίες:

α) Χονδροειδή φίλτρα, χαρακτηριζόμενα με το γράμμα (G)

Τα φίλτρα αυτής της κατηγορίας, ανάλογα με την ικανότητα κατακράτησης σκόνης, διακρίνονται σε τέσσερις ομάδες, με βάση τη μέση τιμή κατακράτησης ($A_m\%$):

- Ομάδα: G1 ($A_m < 65$)
- Ομάδα: G2 ($65 \leq A_m < 80$)
- Ομάδα: G3 ($80 \leq A_m < 90$)
- Ομάδα: G4 ($90 \leq A_m$)

β) Λεπτά φίλτρα χαρακτηριζόμενα με το γράμμα (F)

Τα φίλτρα αυτής της κατηγορίας, με βάση τον μέσο όρο απόδοσής τους ($E_m\%$), διακρίνονται σε πέντε ομάδες :

- Ομάδα: F5 ($40 \leq E_m < 60$)
- Ομάδα: F6 ($65 \leq E_m < 80$)
- Ομάδα: F7 ($80 \leq E_m < 90$)
- Ομάδα: F8 ($90 \leq E_m < 95$)
- Ομάδα: F9 ($95 \leq E_m$)

Τα φίλτρα πολύ υψηλής απόδοσης, σύμφωνα με το πρότυπο **EN 1822 1998**, κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες:

α) Απόλυτα φίλτρα HEPA (High Efficiency Particulate Air Filter) χαρακτηριζόμενα με το γράμμα (H).

Σε αυτή την κατηγορία φίλτρων, με βάση την μέση απόδοση $\bar{E} \% @ \text{MPPS (most penetration particle size 0,16)}$, διακρίνουμε τις παρακάτω ομάδες:

- Ομάδα: H10 ($85 \leq \bar{E}$)
- Ομάδα: H11 ($95 \leq \bar{E}$)
- Ομάδα: H12 ($99,5 \leq \bar{E}$)
- Ομάδα: H13 ($99,95 \leq \bar{E}$)
- Ομάδα: H14 ($99,995 \leq \bar{E}$)

β) Φίλτρα ULPA (Ultra Low Penetration Air Filter) χαρακτηριζόμενα με το γράμμα (U).

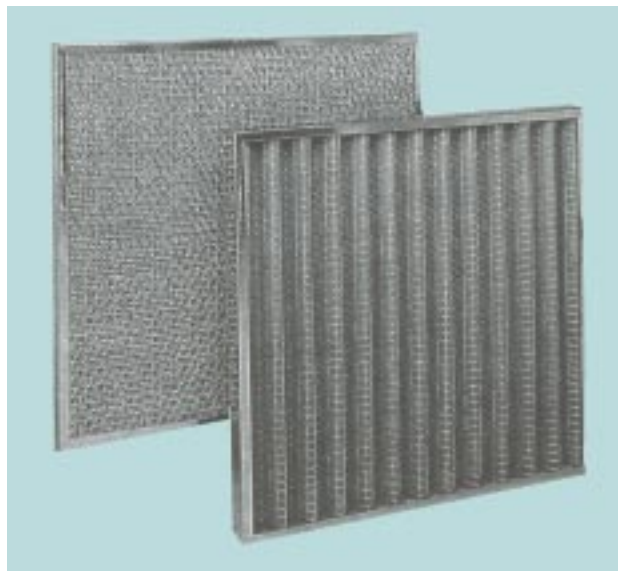
Και σ' αυτήν την κατηγορία φίλτρων, επίσης με βάση την $\bar{E} \%$, ανήκουν οι παρακάτω ομάδες:

- Ομάδα: U15 ($99,9995 \leq \bar{E}$)
- Ομάδα: U16 ($99,99995 \leq \bar{E}$)
- Ομάδα: U17 ($99,999995 \leq \bar{E}$)

Ανάλογα, τέλος με την κατασκευή τους, τα φίλτρα μπορούμε να τα διακρίνουμε στα εξής είδη:

α) Φίλτρα πλαισίου (Εικόνα 2.7)

Σε αυτά, το υλικό του φιλτραρίσματος, σε μορφή επίπεδη ή κυματοειδή ή «ζικ-ζακ», τοποθετείται μέσα σε ένα πλαίσιο από μέταλλο, σκληρό χαρτόνι, ή από άλλο ανθεκτικό υλικό. Αυτά τα φίλτρα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν μετά από σχετική αναγέννηση (καθαρισμός) ή είναι μιας χρήσης και χρησιμοποιούνται σαν στοιχεία κύριου φιλτραρίσματος ή σαν προ-φίλτρα ,που τοποθετούνται πριν από φίλτρα μεγαλύτερης απόδοσης.



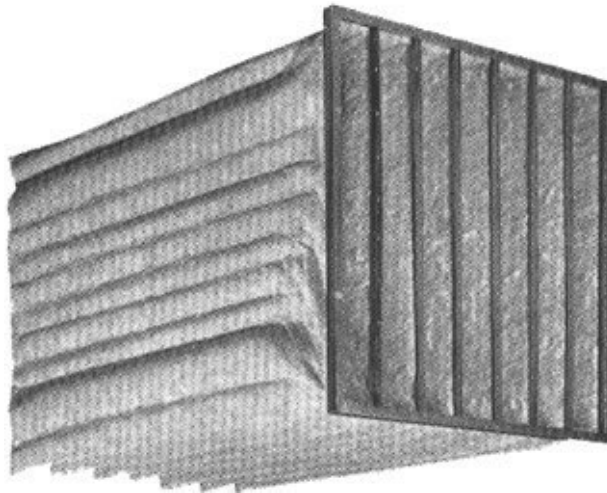
Εικόνα 2.7: Φίλτρα πλαισίου.

β) Σακόφιλτρα ή φίλτρα με θύλακες (Εικόνα 2.8)

Σε αυτά τα φίλτρα, κάθε σάκος φέρει μετωπικά ένα πλαίσιο στήριξης μεταλλικό ή κατασκευασμένο από άλλη ανθεκτική ύλη. Αυτά τα πλαίσια, αφ' ενός μεν συναρμολογούνται μεταξύ τους μηχανικά και έτσι σχηματίζεται η σειρά των σάκων που αποτελούν το φίλτρο, αφετέρου δε στερεώνονται μέσα σε ένα ενισχυμένο και άκαμπτο περιμετρικό πλαίσιο κεφαλής.

Ανήκουν στην κατηγορία των λεπτών φίλτρων (F), ενώ όταν «κορεσθούν», δεν μπορούν να αναγεννηθούν, οπότε επιβάλλεται η αντικατάστασή τους. Η ικανότητα συγκράτησης της σκόνης, όταν οι άλλες παράμετροι παραμένουν οι ίδιες, όσο μεγαλύτερο είναι και το μήκος των σάκων.

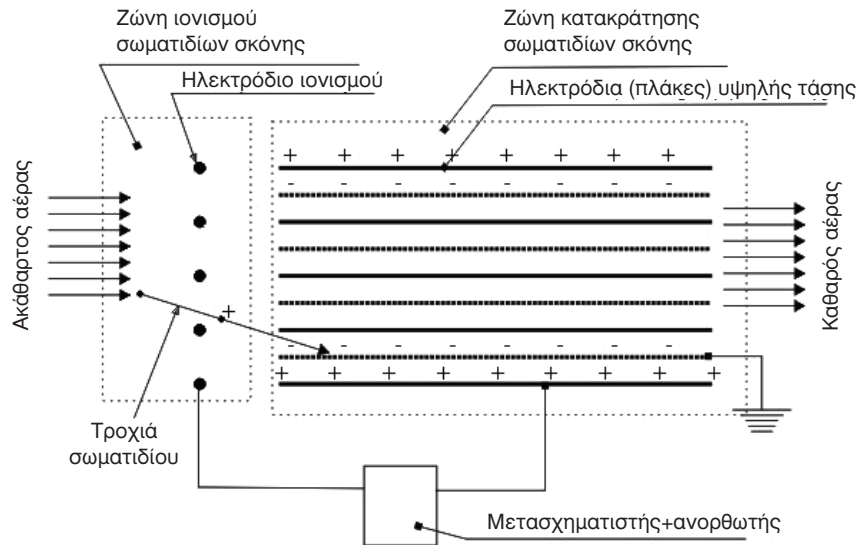
Οι αρχικές πτώσεις πίεσης (στην περίπτωση, δηλαδή, καθαρού φίλτρου) είναι της τάξης των 20-25 Pa ($v=1\text{ m/s}$) και 60-65 Pa ($v=2,5\text{ m/s}$) για φίλτρα χαμηλότερης απόδοσης. Για τα φίλτρα υψηλότερης απόδοσης (π.χ. για φίλτρα κατηγορίας F8), η αρχική πτώση πίεσης για $v=1\text{ m/s}$, είναι στα ίδια επίπεδα των προηγούμενων, ενώ όταν η ταχύτητά τους αυξηθεί, π.χ. σε $v=2,5\text{ m/s}$ ή $v=3\text{ m/s}$, η αντίστοιχη πτώση πίεσης μπορεί να είναι της τάξης των 135 και 160 Pa, αντίστοιχα.



Εικόνα 2.8: Σακόφιλτρο.

γ) Ηλεκτροστατικά φίλτρα. (Σχήμα 2.42)

Αυτά τα φίλτρα έχουν στην περιοχή εισόδου του αέρα μια «ζώνη» ιονισμού, όπου υπάρχουν τα αντίστοιχα ηλεκτρόδια που επιτελούν τη διαδικασία του ιονισμού, ενώ σε κάποια απόσταση από αυτή, συναντάμε την άλλη «ζώνη» κατακράτησης της σκόνης, όπου εδώ υπάρχουν τα αρνητικά ηλεκτρόδια σε μορφή πλάκας, με τα οποία γίνεται και η κατακράτηση της σκόνης. Η ικανότητα φιλτραρίσματος αυτών των φίλτρων είναι πάρα πολύ υψηλή, δεδομένου ότι μπορούν να κατακρατήσουν υπερμικροσκοπικά σωματίδια, διαστάσεων της τάξης ακόμη και του $0,01\text{ }\mu\text{m}$.



Σχήμα 2.42: Σχηματική παράσταση αρχής λειτουργίας ηλεκτρικού φίλτρου.

δ) Απόλυτα φίλτρα (Εικόνα 2.9)

Τα απόλυτα φίλτρα, όπως προαναφέρθηκε, έχουν υψηλότερες αποδόσεις. Μπορούν, δηλαδή, να συγκρατήσουν σωματίδια διαστάσεων μικρότερων από $1\mu\text{m}$, ενώ οι ίνες τους είναι, επίσης, πάρα πολύ μικρών διαστάσεων (κάτω από $1\mu\text{m}$). Η ταχύτητα του αέρα κυμαίνεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα (της τάξης των ολίγων εκατοστών ανά δευτερόλεπτο) ακριβώς για να διασφαλιστεί η ομαλή ροή του αέρα μέσα από το υλικό αυτών των φίλτρων, το οποίο τοποθετείται, διαμορφωμένο σε πυκνές πτυχώσεις, μέσα σε πλαίσια, ώστε να εξασφαλιστεί η μεγαλύτερη δυνατή επιφάνεια φιλτραρίσματος του αέρα.



Εικόνα 2.9: Απόλυτο φίλτρο HEPA.

ε) Φίλτρα ενεργού άνθρακα

Για την αφαίρεση των οσμών από τον αέρα, χρησιμοποιούνται **φίλτρα ενεργού άνθρακα**, επειδή ο ενεργός άνθρακας εξουδετερώνει πολλές οσμές, απαλλάσσοντας, έτσι, τον αέρα από αυτές.

Ο ενεργός άνθρακας που χρησιμοποιείται σ' αυτά τα φίλτρα, είναι σε μορφή μικρών κόκκων, ενώ πριν απ' αυτά (τα φίλτρα) πρέπει να τοποθετούνται και προφίλτρα, για να μην προκαλείται το πρώιμο φράξιμό τους. Επομένως, η χρήση των φίλτρων ενεργού άνθρακα στον αγωγό του αέρα ανακυκλοφορίας επιφέρει τη μείωση του απαιτούμενου εξωτερικού αέρα ανανέωσης, του οποίου η απαιτούμενη παροχή είναι πολύ σημαντική, στις περιπτώσεις κλιματισμού χώρων όπου η παρουσία των οσμών είναι έντονη.

■ Εφαρμογές των φίλτρων

Ανάλογα με το επιθυμητό αποτέλεσμα, στον πολύ σημαντικό τομέα της καθαρότητας του αέρα, και λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος και το είδος των ρύπων, χρησιμοποιούμε φίλτρο της κατάλληλης κατηγορίας ή και συνδυασμούς ακόμη φίλτρων. Πάντως, στις κλιματιστικές μονάδες οικιακού τύπου και για μικρούς επαγγελματικούς χώρους, κατά κύριο λόγο, χρησιμοποιούνται φίλτρα πλαισίου, το υλικό των οποίων, αφενός αποτελείται από ένα λεπτό στρώμα συνθετικών ινών (στεγνών ή εμποτισμένων με μη τοξικό κολλώδες υλικό) και αφετέρου έχει διευθετηθεί μέσα σε ένα

χάρτινο, μεταλλικό, ή άλλου ανθεκτικού υλικού, πλαίσιο. Σε αυτά τα φίλτρα, η αφαίρεση της σκόνης από τον αέρα γίνεται με το μηχανικό αποκλεισμό, ενώ όταν είναι εμποτισμένα, με την προσκόλληση των σωματιδίων στην κολλώδη ουσία που διαθέτουν. Τα φίλτρα τύπου πλαισίου χρησιμοποιούνται και σαν προφίλτρα, στις περιπτώσεις που το φιλτράρισμα του αέρα γίνεται σε περισσότερες βαθμίδες (στάδια).

Τα «απόλυτα φίλτρα» χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές, όπου ο αέρας πρέπει να είναι απόλυτα καθαρός, όπως π.χ. στα χειρουργεία, στην φαρμακευτική, στην μικροηλεκτρονική, σε ειδικές διαδικασίες παρασκευής τροφίμων, κ.λ.π. Αυτά τα φίλτρα έχουν τη δυνατότητα να συγκρατήσουν ρύπους μεγέθους μικρότερου από 1 μm , όπως τα φίλτρα HEPA και ULPA που συγκρατούν ρύπους, μεγέθους μόλις 0,3 μm και 0,16 μm , αντίστοιχα. Στα «απόλυτα» αυτά φίλτρα, για ευνόητους λόγους και προκειμένου να εκτελέσουν άριστα την αποστολή τους, θα πρέπει όλη η ποσότητα του αέρα να περάσει μέσα από το πορώδες στοιχείο τους, δηλαδή πρέπει να αποκλειστεί, τελείως, οποιαδήποτε διαφυγή αέρα μέσω παρακαμπτήριας διαδρομής (by-pass).

■ Πτώση πίεσης

Στο στάδιο μελέτης, καθώς και κατά τη διάρκεια συντήρησης των εγκαταστάσεων κλιματισμού, πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη τόσο η αρχική πτώση πίεσης της ροής του αέρα την οποία προκαλούν κατ' ανάγκη, όλα τα καινούργια (καθαρά) φίλτρα, κατά τη διέλευση του αέρα απ' αυτά, όσο και η αντίστοιχη τελική, στην περίπτωση ακάθαρτων φίλτρων, όπου χρειάζεται η αντικατάστασή τους. Αυτή, λοιπόν, η πτώση πίεσης της ροής του αέρα είναι συνάρτηση της ταχύτητας του (**v**).

Πριν από ένα απόλυτο φίλτρο, πρέπει να τοποθετείται, οπωσδήποτε, ένα προφίλτρο μικρότερης κατηγορίας, γιατί αυτό διαχωρίζει (αφαιρεί) από τον αέρα τα μεγαλύτερων διαστάσεων σωματίδια, με αποτέλεσμα να αυξάνει την ενεργή ζωή του απόλυτου φίλτρου.

Τα απόλυτα φίλτρα δημιουργούν υψηλότερες πτώσεις πίεσης του αέρα σε σχέση με τα υπόλοιπα φίλτρα, αφού εμφανίζουν π.χ. αρχική αντίσταση της τάξης των 250 - 300 Pa, για ταχύτητες αέρα της τάξης του 1,5 m/s. Φυσικά, για μικρότερες ταχύτητες η πτώση πίεσης που δημιουργούν είναι μικρότερη (π.χ. για ταχύτητα $v = 0,5$ m/s, η αρχική πτώση πίεσης (Δp) είναι της τάξης των 100 ή 150 Pa).

Φυσικά, αυτή η πτώση πίεσης της ροής του αέρα, η οποία – ως σημειωθεί – ελέγχεται με ένα σύστημα διαφορικού μανομέτρου, αυξάνει με την αύξηση του χρόνου λειτουργίας του φίλτρου και θα πρέπει, οπωσδήποτε, όταν αυτή φτάσει στο ανώτατο αποδεκτό όριο, που προδιαγράφει ο κατασκευαστής του, το φίλτρο να αντικατασταθεί.

2.3.7. Ανεμιστήρες

Η διατήρηση της θερμοκρασίας ενός χώρου στα επιθυμητά επίπεδα, απαιτεί τη **συνεχή** μεταφορά θερμότητας από ή προς το χώρο αυτόν. Ο φορέας μεταφοράς θερμότητας στα κλιματιστικά συστήματα αέρα, είναι ο ίδιος ο αέρας. Έτσι, για την επίτευξη αυτού του στόχου, πρέπει ο αέρας του χώρου να βρίσκεται **συνεχώς** σε κυκλοφορία, αποστολή την οποία αναλαμβάνει ο **ανεμιστήρας**.

Ο **ανεμιστήρας** είναι ένα μηχανήμα, που με την περιστροφική κίνηση ενός στοιχείου του – του έλικα (ή φτερωτής) – δίνει στον αέρα ενέργεια, σε μορφή πίεσης ή ταχύτητας και τον αναγκάζει να κινηθεί με συνεχή και κανονική ροή. Ο αέρας, κατά τη ροή του μέσα στους αεραγωγούς και κατά το πέρασμά του μέσα από θερμαντικά ή ψυκτικά στοιχεία, μέσα από τα φίλτρα, από τα στόμια προσαγωγής και επιστροφής αέρα κ.λ.π., δαπανά ένα μεγάλο μέρος της ενέργειάς του για να υπερνικήσει τόσο τις **αντιστάσεις τριβής**, όσο και τις τοπικές ή **δυναμικές αντιστάσεις**. Συνεπώς, για να διασφαλιστεί η κυκλοφορία της επιθυμητής παροχής (**V**) αέρα σε [**m³/h**] αφενός, και η διάχυσή του μέσα στον κλιματιζόμενο χώρο να είναι η επιθυμητή αφετέρου, θα πρέπει ο αέρας να έχει επαρκή ενέργεια, ώστε να υπερνικηθούν οι παραπάνω αντιστάσεις.

Σ' αυτό το σημείο, θεωρείται σκόπιμη μια σύντομη αναφορά-επεξήγηση ορισμένων στοιχείων τα οποία θα συμβάλλουν στην καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας, καθώς και στην επιλογή του κατάλληλου τύπου ανεμιστήρα.

Πιο συγκεκριμένα:

- **Παροχή αέρα του ανεμιστήρα V [m³/h]:** Είναι ο όγκος του αέρα, ο οποίος περνά μέσα από τον ανεμιστήρα στη μονάδα του χρόνου.
- **Πίεση P [Pa]:** Είναι το αίτιο («δύναμη») που προκαλεί την κίνηση του αέρα.
- **Δυναμική πίεση P_Δ [Pa]:** Είναι η ενέργεια που έχει η μονάδα μάζας του αέρα, και η οποία εξαρτάται από την ταχύτητα του· είναι δε ανάλογη του τετραγώνου αυτής.
- **Στατική πίεση P_Σ [Pa]:** Είναι η πίεση την οποία εξασκεί η μάζα του αέρα στα τοιχώματα ενός αεραγωγού, μέσα στον οποίο ρέει.
- **Ολική πίεση ΔP_{ολ} [Pa] του ανεμιστήρα:** Είναι το άθροισμα της δυναμικής και της στατικής πίεσης, που μπορεί να δημιουργήσει ο ανεμιστήρας.

■ Τεχνικά χαρακτηριστικά των ανεμιστήρων

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ανεμιστήρων, με βάση τα οποία γίνεται και η επιλογή τους μέσα από τους καταλόγους των κατασκευαστών, είναι:

- α) **Η παροχή του αέρα V σε $[m^3/h]$** , που προκύπτει από τον υπολογισμό του ψυκτικού φορτίου.
- β) **Η εξωτερική στατική πίεση $[Pa]$** , που καθορίζεται από τους υπολογισμούς της ολικής πτώσης πίεσης στο δυσμενέστερο κλάδο του δικτύου αεραγωγών.
- γ) **Η ταχύτητα περιστροφής n σε $[στρ./λεπτό]$** του ανεμιστήρα.
- δ) **Η ισχύς του κινητήρα του.**

Οι ανεμιστήρες οι οποίοι χρησιμοποιούνται στον κλιματισμό, διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

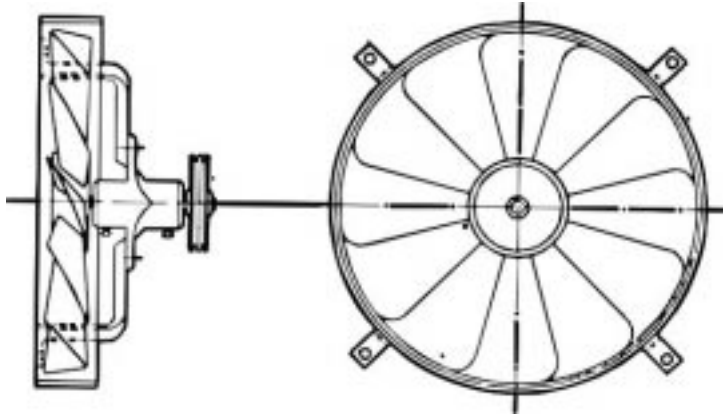
- 1) **Στους αξονικούς ή ελικοειδείς.**
- 2) **Στους φυγοκεντρικούς ή ακτινικούς ανεμιστήρες**

Πιο αναλυτικά:

1. Αξονικοί ανεμιστήρες (Σχήμα 2.43)

Οι αξονικοί ανεμιστήρες αποτελούνται από:

- **Το κέλυφος** μέσα στο οποίο περιστρέφεται ο έλικας (φτερωτή).
- **Τα έδρανα** στήριξης και περιστροφής του άξονα του ανεμιστήρα.
- **Τον άξονα**, στο ένα άκρο του οποίου στερεώνεται ο έλικας, ενώ στο άλλο τοποθετείται ο σύνδεσμος ή η τροχαλία, αν απαιτείται. Ας σημειωθεί, ότι ο άξονας του ανεμιστήρα μπορεί να είναι ο ίδιος με τον άξονα του ηλεκτροκινητήρα.
- **Τον έλικα** με την πλήμνη (κέντρο) του, από την οποία διαμορφώνονται (ξεκινούν) περισσότερα του ενός πτερύγια, σαν ένα είδος ακτίνων.



Σχήμα 2.43: Αξονικός ανεμιστήρας.

Στους αξονικούς ανεμιστήρες, ο έλικας με την περιστροφή του, αριστερόστροφη ή δεξιόστροφη, «αποκόπτει», συνεχώς, με τα πτερύγιά του μάζες αέρα, τις οποίες ωθεί σε κίνηση κατά τη διεύθυνση του άξονά του, είτε προς τα εμπρός, είτε προς τα οπίσω, ανάλογα με το εάν το επιθυμητό αποτέλεσμα είναι η αναρρόφηση ή η κατάθλιψη (απώθηση-εκροή) του αέρα.

Η ταχύτητα ροής του αέρα έχει τη διεύθυνση του άξονα περιστροφής του έλικα. Οι αξονικοί ανεμιστήρες χρησιμοποιούνται για μεγάλες παροχές και με μικρές πιέσεις, ενώ η λειτουργία τους είναι σχετικά θορυβώδης. Στον κλιματισμό των κτιρίων οι ανεμιστήρες αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται για την ψύξη των συμπυκνωτών των κλιματιστικών μονάδων διαιρούμενου ή ημικεντρικού τύπου όπου απαιτούνται μεγάλες, σχετικά, παροχές αέρα μέσα από χαμηλό αριθμών στροφών για να περιοριστεί ο παραγόμενος θόρυβος.

Ο αξονικός ανεμιστήρας κοστίζει ολιγότερο από τους φυγοκεντρικούς, είναι όμως πιο θορυβώδης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί, κυρίως, όταν η στάθμη του θορύβου που προκαλεί δεν δημιουργεί προβλήματα. Βέβαια, η αυξημένη πίεση, όταν αυτή ζητείται, επιτυγχάνεται με την αύξηση των στροφών, γεγονός όμως, που έχει σαν αποτέλεσμα και την αύξηση της στάθμης του παραγόμενου θορύβου.

2. Φυγοκεντρικοί ανεμιστήρες (Εικόνα 2.10)

Οι ανεμιστήρες αυτού του τύπου διακρίνονται, ανάλογα με την κλίση των πτερυγίων τους, σε φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες με:

- **πτερύγια με καμπυλότητα προς τα εμπρός**
- **πτερύγια με ευθεία απόκλιση**
- **πτερύγια με καμπυλότητα προς τα πίσω**

Εδώ, ας σημειωθεί, ότι το είδος και η κατεύθυνση της καμπυλότητας των πτερυγίων, έχουν άμεση σχέση με τη φορά περιστροφής τους.

Τα βασικά μέρη ενός φυγοκεντρικού ανεμιστήρα είναι τα ακόλουθα:

- **Το κέλυφος («σαλίγκαρος»):** Συνήθως, είναι κατασκευασμένο από λαμαρίνα και σε εγκάρσια τομή, η μορφή του είναι σπειροειδής (ελικοειδής).
- **Τα έδρανα** στήριξης του άξονα περιστροφής της φτερωτής.
- **Ο άξονας** της φτερωτής
- **Η φτερωτή:** Φέρει κατάλληλης μορφής πτερύγια, σε ακτινική διάταξη
- **Το ακροφύσιο εισαγωγής αέρα:** Οδηγεί ομαλά τον αέρα στην φτερωτή. Αν ο ανεμιστήρας είναι διπλής αναρρόφησης, τότε έχει δύο ακροφύσια εισαγωγής.



Εικόνα 2.10: Φυγοκεντρικού τύπου ανεμιστήρες.

■ Λειτουργία

Ο αέρας ο οποίος βρίσκεται ανάμεσα στα πτερύγια, με την περιστροφή της φτερωτής μπαίνει σε περιστροφική κίνηση, οπότε η φυγόκεντρος δύναμη, η οποία αναπτύσσεται στις περιστρεφόμενες μάζες του αέρα – που είναι ήδη εγκλωβισμένες ανάμεσα στα διαδοχικά πτερύγια του ανεμιστήρα – ωθεί τις μάζες αυτές προς την περιφέρεια της

φτερωτής, απ' όπου συλλέγονται από το κέλυφος, το οποίο, τελικά, τις οδηγεί προς το στόμιο εξόδου.

Ταυτόχρονα, από το στόμιο αναρρόφησης, το οποίο βρίσκεται στο κέντρο της πλευράς του κελύφους – απέναντι από τον ηλεκτροκινητήρα – εισέρχεται νέος αέρας ο οποίος αναρροφάται από την φτερωτή, λόγω της υποπίεσης που δημιουργείται από την περιστροφή της σ' αυτήν την περιοχή. Με τη συνεχή, λοιπόν, και κανονική περιστροφή της φτερωτής, διασφαλίζεται, έτσι, η συνεχής και κανονική ροή του αέρα μέσα από την φτερωτή και, επομένως, και η κυκλοφορία του αέρα.

Για τον ίδιο αριθμό στροφών και για την ίδια διάμετρο φτερωτής (δηλαδή για την ίδια περιφερειακή ταχύτητα) η πίεση που παρέχουν οι φυγοκεντρικοί ανεμιστήρες με πτερύγια προς τα εμπρός, είναι μεγαλύτερη από εκείνη των αντίστοιχων με ευθεία πτερύγια, και η οποία, με τη σειρά της, είναι μεγαλύτερη από εκείνη των φυγοκεντρικών ανεμιστήρων με πτερύγια προς τα οπίσω. Σ' αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί, ότι για την ίδια ταχύτητα περιστροφής και για την ίδια διάμετρο, οι φυγοκεντρικοί ανεμιστήρες παρέχουν μικρότερη πίεση από τους αξονικούς.

Η ισχύς (I), η οποία απορροφάται από τον ηλεκτροκίνητο ανεμιστήρα, δίνεται από τη σχέση:

$$I = \frac{V \cdot P_{ολ}}{\eta \cdot 3600} \quad (W) \quad \text{όπου} \quad 1W = 1 \frac{J}{s} = 1 \frac{N \cdot m}{s}$$

όπου:

V = παροχή σε m³/s

P_{ολ} = ολική πίεση σε Pa

η = ολικός βαθμός απόδοσης του ανεμιστήρα

■ Χρήση

Για τον κλιματισμό των κτιρίων, συνήθως, χρησιμοποιείται ο φυγοκεντρικός ανεμιστήρας, γιατί οι επιθυμητές πιέσεις επιτυγχάνονται με χαμηλές ταχύτητες περιστροφής, γεγονός το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα να εκπέμπεται θόρυβος χαμηλής στάθμης, αφού μείωση του αριθμού των στροφών σημαίνει και μείωση της στάθμης του εκπεμπόμενου θορύβου. Στις κλιματιστικές μονάδες οικιακού τύπου, η εσωτερική μονάδα φέρει φυγοκεντρικό ανεμιστήρα με πτερύγια προς τα εμπρός, ενώ η εξωτερική μονάδα συμπύκνωσης είναι εφοδιασμένη με ελικοειδή ανεμιστήρα..

■ Εγκατάσταση – Έλεγχος

Κατά την εγκατάσταση, των φυγοκεντρικών ανεμιστήρων, καθώς και μετά από επεμβάσεις συντήρησης τους, πρέπει να έχουμε υπόψη τα εξής:

1. Η στερέωσή τους καλό θα είναι να γίνεται επάνω σε αντικραδασμικές βάσεις, για την αποφυγή μετάδοσης των κραδασμών που πιθανόν να δημιουργούνται (π.χ. λόγω επικαθίσεων σκόνης επάνω στα πτερύγια), στο κτίριο.
2. Η σύνδεση των στομιών αναρρόφησης και κατάθλιψης με τους αεραγωγούς, πρέπει να γίνεται με την παρεμβολή εύκαμπτων στοιχείων, ώστε να αποφεύγεται η μετάδοση των κραδασμών στους αεραγωγούς.
3. Δεν πρέπει να υπάρχουν καμπύλες στους αεραγωγούς αμέσως μετά από το στόμιο εξόδου του αέρα από τον ανεμιστήρα.
4. Όταν η μετάδοση της κίνησης γίνεται με τροχαλίες, πρέπει να ελέγχεται η ευθυγράμμιση τους, γιατί η κακή ευθυγράμμιση προκαλεί τη γρήγορη φθορά του ιμάντα.
5. Η διατομή του παραπάνω ιμάντα πρέπει να είναι ίδια με εκείνη της τροχαλίας, γιατί διατομή ιμάντα, μικρότερη από εκείνη της τροχαλίας, σημαίνει μη κανονική μετάδοση της κίνησης, ενώ διατομή ιμάντα, μεγαλύτερη από εκείνη της τροχαλίας, σημαίνει μειωμένη πλευρική επιφάνεια επαφής μεταξύ ιμάντα και τροχαλίας, γεγονός το οποίο προκαλεί είτε την ολίσθηση του ιμάντα με αρνητικές επιπτώσεις στη σχέση μετάδοσης, είτε ακόμη και τον εκτροχιασμό του (έξοδο) από τις τροχαλίες.
6. Η τάνυση (τέντωμα) του ιμάντα πρέπει να είναι κανονική, γιατί αν είναι υπερβολική, τότε είναι επιζήμια για τη διάρκεια ζωής των ρουλεμάν, ενώ αν είναι μικρότερη από την κανονική, τότε έχει αρνητική επίπτωση στη σχέση μετάδοσης, λόγω της ολίσθησης του ιμάντα που θα προκύψει στην τελευταία αυτή περίπτωση.
7. Η φτερωτή πρέπει να είναι στο κέντρο του κελύφους και να περιστρέφεται ελεύθερα, χωρίς να ακουμπά, κατά την περιστροφή της, σ' αυτό.
8. Πρέπει να υπάρχει πρόσβαση και ελεύθερος χώρος γύρω από τον ανεμιστήρα, για τη συντήρησή του (επισκευή κινητήρα, αντικατάσταση ιμάντων, κλπ).
9. Πρέπει να υπάρχει, πάντοτε, το κατάλληλο προστατευτικό κάλυμμα του ιμάντα, για την αποφυγή της ακούσιας επαφής με αυτόν, όταν περιστρέφεται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του ανεμιστήρα.

2.3.8 Τρόποι ύγρανσης και αφύγρανσης σε κλιματιστικές μονάδες

- **Ύγρανση του αέρα:** Με τον όρο «ύγρανση του αέρα», εννοούμε τη διαδικασία εκείνη, κατά την οποία, με την προσθήκη νερού στον αέρα (σε υγρή κατάσταση ή σε κατάσταση ατμού) αυξάνουμε την ειδική υγρασία του.
- **Ειδική υγρασία του αέρα (x):** Είναι το βάρος των υδρατμών ανά μονάδα μάζας του ξηρού αέρα και μετράται σε kg/kg ξηρού αέρα.
- **Αφύγρανση του αέρα:** Με τον όρο «αφύγρανση του αέρα» εννοούμε εκείνη τη διαδικασία, κατά την οποία, με αφαίρεση υγρασίας από τον αέρα μειώνουμε την ειδική υγρασία του.

Πιο αναλυτικά:

A. Ύγρανση του αέρα

Η πρώτη επεξεργασία που υφίσταται ο αέρας, μετά από το φιλτράρισμα, όπως ήδη αναφέρθηκε, είναι εκείνη της ύγρανσής του, η οποία επιτυγχάνεται με τους υγραντήρες (συσκευές ύγρανσης).

Έτσι, η ύγρανση του αέρα στον κλιματισμό μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

- α) Με **απευθείας προσθήκη υδρατμού**. Ο ατμός μπορεί να παράγεται είτε τοπικά, με τη χρήση λεκάνης με νερό και στοιχείου ατμοποίησης και να απορροφάται από το ρεύμα του αέρα, είτε κεντρικά, με απευθείας εισαγωγή του ίδιου του ατμού στο ρεύμα αέρα. Εάν, πάντως, το νερό που χρησιμοποιείται, δεν είναι πλήρως αφαλατωμένο, τότε πιθανόν να υπάρξουν προβλήματα στη σωστή ύγρανση του αέρα.
- β) Με **διασκορπισμό νερού, μέσω ακροφυσίων (μπεκ)**. Το νερό ψεκάζεται στο ρεύμα του αέρα σε μορφή πολύ μικρών σταγονιδίων και τα οποία, απορροφώντας αισθητή θερμότητα από αυτόν, ατμοποιούνται. Η επίτευξη μεγαλύτερου ή μικρότερου διασκορπισμού νερού εξαρτάται από την πίεση και το είδος του ακροφύσιου.

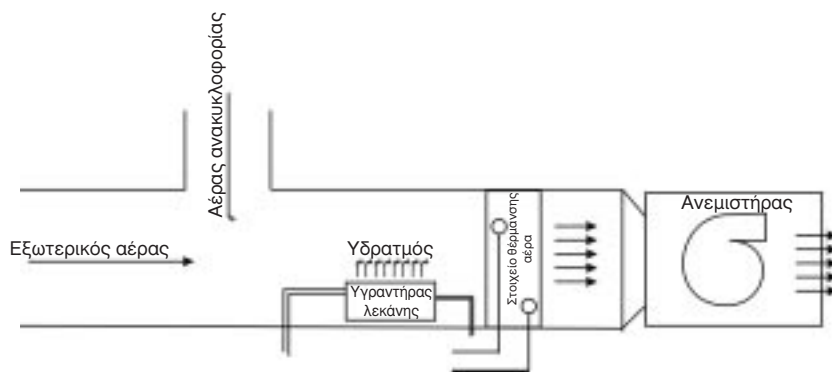
Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται στον κλιματισμό, για τον έλεγχο της υγρασίας, είναι κατά σειρά τα εξής:

α) Υγραντήρες με λεκάνη και στοιχείο ατμοποίησης (Σχήμα 2.44)

Οι συσκευές αυτές αποτελούνται από μια λεκάνη νερού με τον πλωτήρα της, για να διασφαλίζεται πάντα η σωστή στάθμη νερού σ' αυτή και από ένα στοιχείο ατμοποίησης του νερού, π.χ. σερπαντίνα ατμού.

Οι υγραντήρες αυτοί χρησιμοποιούνται, κυρίως, για μικρές απαιτήσεις ύγρανσης του αέρα και παρουσιάζουν μια αδράνεια, αναφορικά με την αντιμετώπιση του φορτίου. Ο αέρας, λοιπόν, που περνά πάνω από τη λεκάνη – η οποία τοποθετείται πριν από το στοιχείο θέρμανσής του – απορροφά στη μάζα του υδρατμούς.

Με αυτό το σύστημα έχουμε μεν αύξηση της θερμοκρασίας του υγρού θερμομέτρου του αέρα, ταυτόχρονα, όμως, παρατηρείται και μια αύξηση, σε μικρότερο βαθμό, της θερμοκρασίας του ξηρού θερμομέτρου του αέρα.

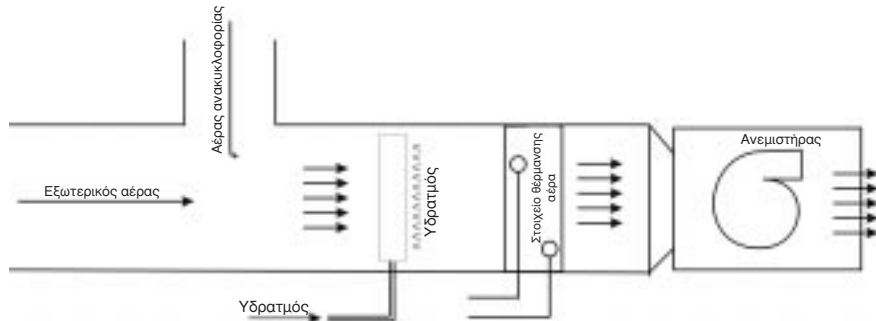


Σχήμα 2.44: Σχηματική παράσταση ύγρανσης του με υγραντήρα λεκάνης.

β) Υγραντήρες ατμού (Σχήμα 2.45)

Με αυτές τις διατάξεις, οι οποίες ας – σημειωθεί – τοποθετούνται πριν από το στοιχείο θέρμανσης του αέρα, ο ατμός του δικτύου εισάγεται κατευθείαν στο ρεύμα του αέρα, ενώ η ανταπόκρισή τους στις εντολές για τη ρύθμιση της σχετικής υγρασίας, είναι γρήγορη. Κατά τη διαδικασία της ύγρανσης, με αυτό το σύστημα, μπορεί να θεωρηθεί ότι η θερμοκρασία του ξηρού θερμομέτρου του αέρα διατηρείται σταθερή.

Οι υγραντήρες αυτού του τύπου, χρησιμοποιούνται, όταν υπάρχει διαθέσιμος ατμός χαμηλής πίεσης, και με την προϋπόθεση ότι αυτός (ο ατμός) δε δημιουργεί προβλήματα δυσοσμίας στον κλιματιζόμενο χώρο.



Σχήμα 2.45: Σχηματική παράσταση ύγρανση αέρα με υγραντήρα ατμού.

γ) Υγραντήρες με θάλαμο ψεκασμού (Σχήμα 2.46)

Αυτές οι διατάξεις οι οποίες, κατά κύριο λόγο, χρησιμοποιούνται στον κλιματισμό των κτιρίων, μπορούν να τροφοδοτούνται με νερό από το υδραγωγείο ή, κυρίως, με νερό ανακύκλωσης. Η μη ατμοποιημένη μάζα του νερού, που ψεκάζεται μέσω των ακροφυσίων ή μέσω ενός σωλήνα, ο οποίος φέρει κατάλληλες οπές, συγκεντρώνεται στη λεκάνη του υγραντήρα, απ' όπου με την κατάλληλη αντλία οδηγείται εκ νέου στο κύκλωμα ψεκασμού (διαδικασία ανακύκλωσης). Η λεκάνη αυτή συνδέεται με το δίκτυο ύδρευσης μέσω ενός πλωτήρα, ο οποίος διασφαλίζει τη σταθερότητα της στάθμης του νερού μέσα σ' αυτή, ενώ ολόκληρη η διάταξη τοποθετείται πριν από το στοιχείο ψύξης του αέρα. Η θερμότητα που απαιτείται για την ατμοποίηση του τμήματος του ψεκαζόμενου νερού – το οποίο και θα αυξήσει την υγρασία του αέρα – παρέχεται από τον επεξεργασμένο αέρα. Έτσι, ο αέρας αποδίδει στο νερό μέρος από την «αισθητή του θερμότητα» και επομένως ψύχεται (φαινόμενο μείωσης της θερμοκρασίας ξηρού θερμομέτρου). Ωστόσο, η θερμότητα αυτή παραμένει στον αέρα, αυξάνοντας τη «λανθάνουσα», οπότε και η ολική του (του αέρα) θερμότητα (αισθητή + λανθάνουσα) παραμένει σταθερή. Κατά τη διαδικασία της ύγρανσης, επομένως, παρατηρείται μια μείωση της «αισθητής» και μια αντίστοιχη αύξηση της «λανθάνουσας» θερμότητας του αέρα.

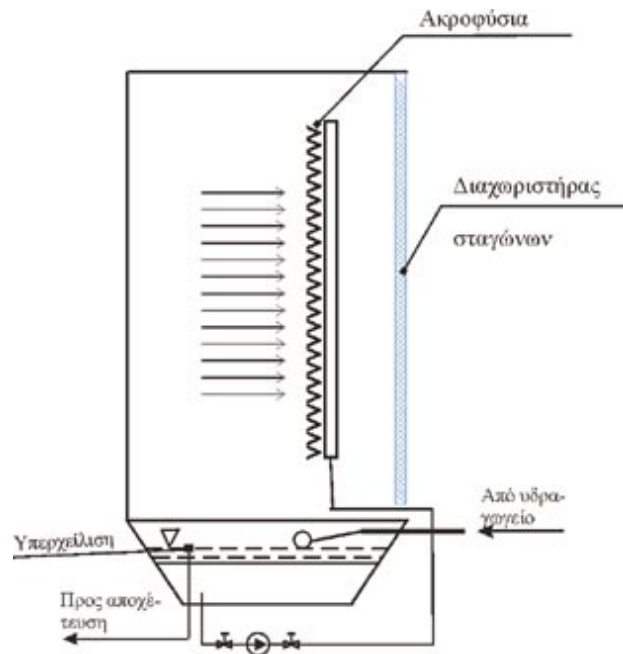
Η ολική ενθαλπία του αέρα, κατά τη διάρκεια της ύγρανσης, δεν μεταβάλλεται, και αυτό γιατί όταν η εγκατάσταση βρίσκεται σε κανονική πορεία, η θερμοκρασία του νερού είναι η ίδια με εκείνη του αέρα στην είσοδο του υγραντήρα, και επομένως πρόκειται για μια «ισοενθαλπική μεταβολή» ($h_{\alpha\epsilon\rho\alpha} = \text{σταθ}$). Επίσης, η ύγρανση, από θερμοδυναμικής άποψης, μπορεί να θεωρηθεί «αδιαβατική», αφού η επίδραση της θερμοκρα-

σίας του ψεκαζόμενου νερού είναι ανεπαίσθητη και η ανταλλαγή θερμότητας του θαλάμου με το περιβάλλον θεωρείται αμελητέα. Επειδή η ύγρανση είναι μια ισοενθαλπική μεταβολή, παρομοίως και το νερό, σε όλο το δίκτυο της εγκατάστασης, διατηρεί σταθερή την ενθαλπία του, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία του να είναι σταθερή και να ταυτίζεται με εκείνη του **κεκορεσμένου αέρα** μέσα στο θάλαμο ψεκασμού.

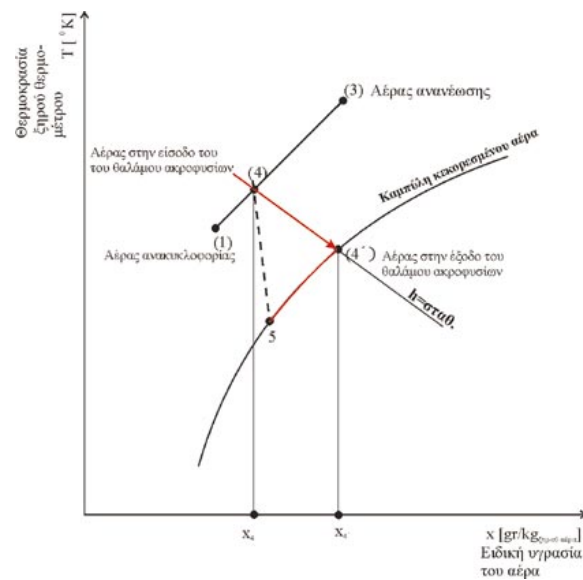
Πίσω από τα ακροφύσια και στην κατεύθυνση ροής του αέρα, τοποθετείται ο διαχωριστήρας σταγονιδίων, σκοπός του οποίου είναι η συγκράτηση των σταγονιδίων που παρασύρονται από το ρεύμα αέρος. Έτσι, όταν αυτά τα σταγονίδια προσκρούσουν στα ελάσματα του διαχωριστήρα, διαχωρίζονται από τον αέρα, ενώ τα πολύ λεπτά, τα οποία δεν είναι δυνατόν να συγκρατηθούν από το διαχωριστήρα, ατμοποιούνται σε πολύ μικρή απόσταση πίσω από αυτόν.

Πρέπει, πάντως, να τονισθεί, ότι για την απόλυτη διασφάλιση των κανόνων υγιεινής του κλιματιζόμενου χώρου, η λεκάνη του υγραντήρα, πρέπει όχι μόνο να καθαρίζεται σε τακτικά χρονικά διαστήματα για να αφαιρούνται οι επικαθήσεις («πουρί») που θα έχουν σχηματιστεί αλλά και να απολυμαίνεται, γιατί είναι ένας χώρος ο οποίος προσφέρεται για την καλλιέργεια και την ανάπτυξη αποικιών παθογόνων μικροοργανισμών, που μπορεί να παρασυρθούν και να μεταφερθούν στο χώρο, μαζί με τον αέρα κλιματισμού.

Στο Σχήμα 2.46 δίνεται σχηματική παράσταση ενός θαλάμου ψεκασμού, ενώ στο Σχήμα 2.47 η μεταβολή της κατάστασης του αέρα (ύγρανση) σε διάγραμμα T-x (διάγραμμα Mollier).



Σχήμα 2.46: Θάλαμος ακροφυσίων.



Σχήμα 2.47: Σχηματική παράσταση της ύγρανσης στο διάγραμμα του Mollier.

Β. Αφύγρανση

Η μείωση της ειδικής υγρασίας του αέρα μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο μεθόδους:

- α) Με τη μείωση της θερμοκρασίας του** σε τέτοιο επίπεδο, ώστε αυτή να είναι μικρότερη από την αντίστοιχη του σημείου δρόσου του αέρα και
- β) Με τη μέθοδο της απορρόφησης** της υγρασίας του αέρα από υγροσκοπικές ουσίες, οι οποίες την δεσμεύουν όταν έλθει σε επαφή με αυτές.

Πιο αναλυτικά λοιπόν:

Στις κλιματιστικές μονάδες, και στα πλαίσια της πρώτης μεθόδου μείωσης της υγρασίας του αέρα, η μεταβολή της κατάστασης του επιτυγχάνεται, είτε

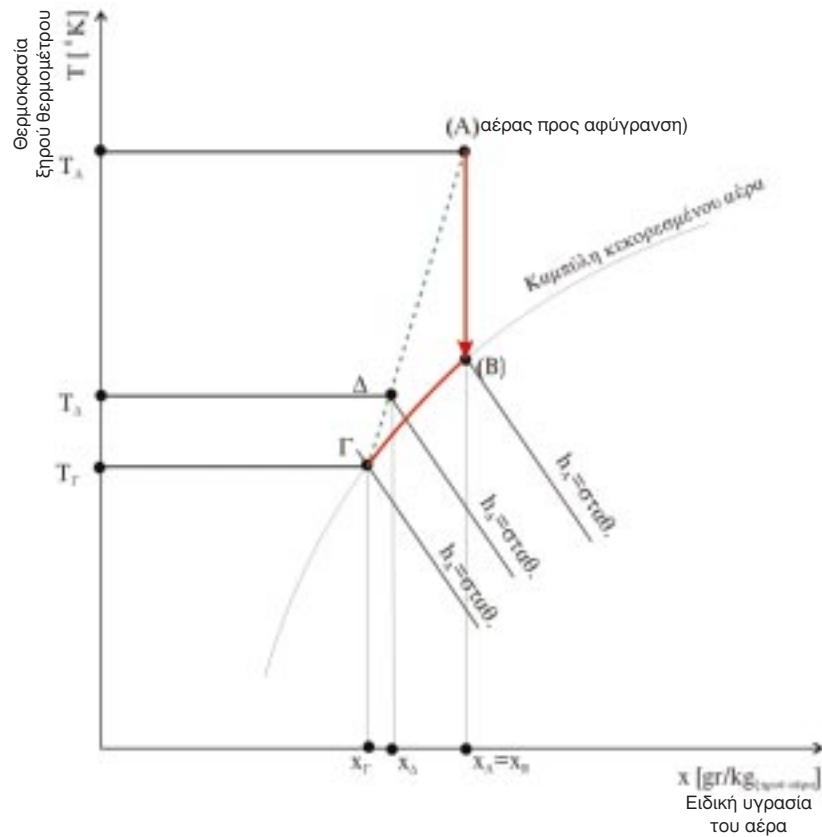
- οδηγώντας τον προς επεξεργασία αέρα σε επαφή με την εξωτερική επιφάνεια ενός πτερυγιοφόρου στοιχείου – στο εσωτερικό του οποίου κυκλοφορεί το ρευστό ψύξης – και η οποία επιφάνεια, ως εκ τούτου, έχει θερμοκρασία μικρότερη από εκείνη που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία δρόσου του αέρα, είτε
- με τον ψεκασμό ψυχρού νερού, η θερμοκρασία του οποίου είναι και αυτή μικρότερη από εκείνη του σημείου δρόσου του αέρα.

Έτσι, στην περίπτωση χρήσης ενός πτερυγιοφόρου στοιχείου ως μέσου αφύγρανσης, ο αέρας αποβάλλει την πλεονάζουσα ποσότητα υγρασίας, υπό μορφή συμπυκνώματος, επάνω στην ψυχρή επιφάνειά του. Το συμπύκνωμα αυτό, κάτω από την επίδραση της βαρύτητας ρέει επάνω στην επιφάνεια του πτερυγιοφόρου στοιχείου και στη συνέχεια συγκεντρώνεται σε ειδική λεκάνη, που βρίσκεται στο κάτω μέρος του απ' όπου, τελικά, διοχετεύεται προς την αποχέτευση.

Από την άλλη πλευρά, στην περίπτωση, δηλαδή, του ψεκασμού με ψυχρό νερό, οι υδρατμοί του αέρα όταν έλθουν σε επαφή με τα ψυχρά σταγονίδια του νερού, υγροποιούνται και, έτσι, επέρχεται η αφύγρανση του αέρα, η οποία – με τη σειρά της – επιφέρει, ταυτόχρονα, και την ψύξη του αέρα, όπως συνοπτικά περιγράφηκε παραπάνω.

Για να κατανοηθεί, πάντως, το φαινόμενο της αφύγρανσης (Σχήμα 2.48), μπορούμε να θεωρήσουμε απλά, ότι ο αέρας που πρόκειται να αφυγρανθεί, χωρίζεται σε δύο μέρη, από τα οποία:

- Το ένα έρχεται σε άμεση επαφή με την ψυχρή επιφάνεια και επομένως αφού αρχικά ψυχθεί, (κατακόρυφο ευθύγραμμο τμήμα AB) στο σχήμα 2.50 και μέχρι να αποκτήσει τη θερμοκρασία της ψυχρής επιφάνειας (T_B), του στοιχείου, οδηγείται στην κατάσταση κορεσμού και, στη συνέχεια, χάνει ένα μέρος της ειδικής υγρασίας του (καμπυλόγραμμο τμήμα BΓ) οπότε και εγκαταλείπει τον αφυγραντήρα σε κατάσταση κορεσμού (δηλαδή, ο αέρας αυτός θα έχει θερμοκρασία T_B , ειδική υγρασία x_B και ενθαλπία h_B).
- Το άλλο παρακάμπτει την ψυχρή επιφάνεια του στοιχείου και, επομένως, δεν υφίσταται καμία μεταβολή της κατάστασής του (δηλαδή ο αέρας αυτός θα έχει θερμοκρασία T_A , ειδική υγρασία x_A και ενθαλπία h_A).



Σχήμα 2.48: Αφύγρανση του αέρα με ψύξη στο διάγραμμα του Mollier.

Στη συνέχεια, τα δύο αυτά μέρη του αέρα αναμιγνύονται, και η νέα κατάσταση του μίγματος αέρα που προκύπτει, χαρακτηρίζεται από μια θερμοκρασία T_Δ , μια απόλυτη υγρασία x_Δ και από μια ενθαλπία h_Δ .

Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί, ότι:

- Το σημείο A - αντιπροσωπευτικό της επιθυμητής κατάστασης του αέρα του χώρου - στο διάγραμμα του Mollier, εντοπίζεται με βάση π.χ. την επιθυμητή σχετική υγρασία και τη θερμοκρασία του ξηρού θερμομέτρου του αέρα του χώρου.
- Τα σημεία του ευθυγράμμου τμήματος ΑΓ αντιπροσωπεύουν τις δυνατές καταστάσεις του αέρα, ο οποίος πρέπει να εισαχθεί στο χώρο για να αντιμετωπιστούν, ταυτόχρονα τόσο το αισθητό όσο και το «λανθάνον» φορτίο του χώρου.
- Η κλίση του ευθυγράμμου τμήματος ΑΒ είναι αυτή, η οποία προκύπτει από το λόγο του αισθητού φορτίου του χώρου προς το ολικό φορτίο του (αισθητό + λανθάνον)

Συμπερασματικά, ο αφυγραντήρας είναι μια μονάδα ψύξης του αέρα, το στοιχείο της οποίας είναι αυτό με το οποίο επιτελείται και η αφύγρανση του αέρα. Έτσι, μετά το πτερυγιοφόρο στοιχείο ψύξης – ακολουθώντας την κατεύθυνση ροής του αέρα προς το χώρο- τοποθετείται το στοιχείο της μεταθέρμανσης του αέρα. Στους φορητούς, μάλιστα, αφυγραντήρες, τη θέση του μεταθερμαντήρα μπορεί να πάρει ο συμπυκνωτής του ψυκτικού συγκροτήματος.

2.4 Ημικεντρικές κλιματιστικές μονάδες

Οι ημικεντρικές μονάδες κλιματισμού περιέχουν μέσα στο κέλυφός τους όλα εκείνα τα στοιχεία (εξαρτήματα) που απαιτούνται, για να ικανοποιηθούν οι στόχοι του κλιματισμού του αέρα και μπορούν να συνδεθούν σε δίκτυο αεραγωγών, στην περίπτωση που το μέσο κλιματισμού του αέρα του χώρου είναι ο αέρας, ή σε δίκτυο σωληνώσεων όταν ο κλιματισμός του χώρου γίνεται με σύστημα νερού ή με αντίστοιχο μικτό(νερού / αέρα).

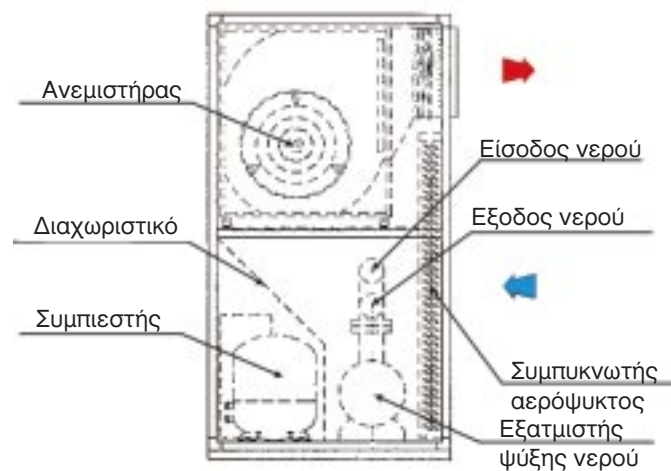
Οι μονάδες αυτές παρέχουν τη δυνατότητα αφενός της ανανέωσης του εσωτερικού αέρα με τη λήψη της αναγκαίας ποσότητας ατμοσφαιρικού (νωπού) αέρα – είτε απευθείας είτε μέσω κατάλληλων αεραγωγών και των αντίστοιχων ελεγχόμενων διαφραγμάτων αέρα – και αφετέρου της ύγρανσής του, μέσω υγραντήρων ψεκασμού ή υγραντήρων ατμού.

Έτσι, ανάλογα με τον τύπο του εξατμιστή του ψυκτικού κυκλώματος της μονάδας, αν είναι δηλαδή υδρόψυκτος ή αερόψυκτος, οι ημικεντρικές κλιματιστικές μονάδες διακρίνονται σε:

α) Αερόψυκτες και**β) Υδρόψυκτες**

Πιο αναλυτικά:

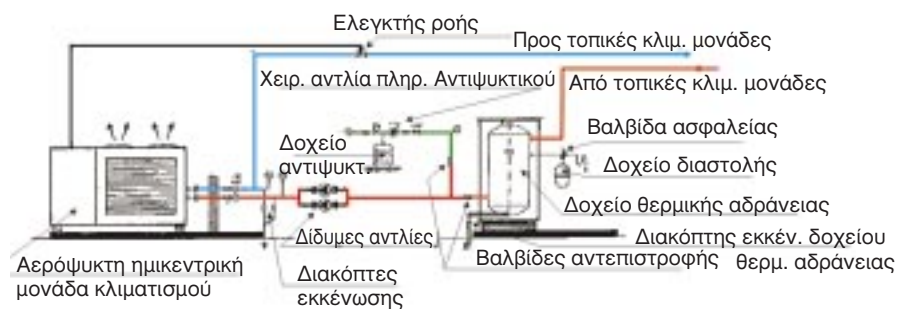
- Οι αερόψυκτες ημικεντρικές κλιματιστικές μονάδες τοποθετούνται στο εξωτερικό περιβάλλον, ενώ το κλιματιστικό μέσο (νερό ή αέρας), μετά την επεξεργασία του στη μονάδα, μεταφέρεται μέσα στο χώρο με τους ανάλογους αγωγούς (σωλήνες νερού ή αεραγωγούς). Έτσι, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον κλιματισμό, κυρίως, μικρών κατοικιών και μικρών επαγγελματικών χώρων.
- Οι υδρόψυκτες ημικεντρικές κλιματιστικές μονάδες τοποθετούνται μέσα στον κλιματιζόμενο χώρο, ενώ για την ψύξη του συμπυκνωτή τους μπορεί να χρησιμοποιηθεί ή πόσιμο νερό – εφόσον αυτό είναι διαθέσιμο και η επίπτωση στο λειτουργικό κόστος της μονάδας δεν κρίνεται ασύμφορος – ή πύργος ψύξης. Οι μονάδες αυτού του τύπου αναρροφούν τον αέρα του χώρου από το κάτω μέρος τους και αφού τον επεξεργαστούν, τον εισάγουν και πάλι στο χώρο από το επάνω μέρος τους (Σχήματα 2.49-2.51).



Σχήμα 2.49: Αερόψυκτη ημικεντρική μονάδα κλιματισμού- ψύξης νερού - με φυγοκεντρικό ανεμιστήρα (τομή σε κατακόρυφο επίπεδο).



Σχήμα 2.50: Όψεις και σχηματική παράσταση της ροής του αέρα ψύξης μιας αερόψυκτης ημικεντρικής μονάδας κλιματισμού για ψύξη νερού.



Σχήμα 2.51: Σχηματική παράσταση υδραυλικής σύνδεσης ημικεντρικής αερόψυκτης μονάδας κλιματισμού, σε ένα σύστημα κλιματισμού νερού με δύο σωλήνες.

2.5 Δίκτυα αεραγωγών

Ο αέρας, μετά από την επεξεργασία του στην κεντρική μονάδα, πρέπει να μεταφερθεί και να διαχυθεί μέσα στους κλιματιζόμενους χώρους, διαμέσου των στομιών ή των τερματικών κλιματιστικών μονάδων. Προηγουμένως, όμως, η μεταφορά του αέρα στις θέσεις κλιματισμού γίνεται με τους αεραγωγούς, οι οποίοι με την κατάλληλη μεταξύ τους συναρμολόγηση, σχηματίζουν τα δίκτυα των αεραγωγών.

Ένα, λοιπόν, δίκτυο αεραγωγών, στη γενική του μορφή, αποτελείται από:

- Τον κύριο αεραγωγό,
- Τους κύριους κλάδους και
- Τους αγωγούς διανομής (Σχήμα 2.52)

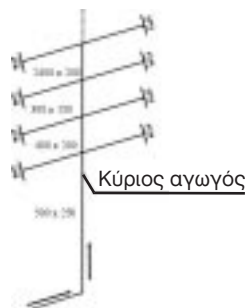
Τα πιο συνηθισμένα δίκτυα αεραγωγών διαμορφώνονται ανάλογα με τη θέση της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας αέρα στο κτίριο και διακρίνονται σε:

- Δίκτυα κύριου αγωγού με κύριους κλάδους, σταθερής διατομής, και αγωγούς διανομής (δίκτυα κεντρικής διακλάδωσης). (Σχήμα 2.52)
- Δίκτυα κύριου αγωγού, μειούμενης διατομής, με ή χωρίς αγωγούς διανομής (Σχήμα 2.53).

Πιο λεπτομερής παρουσίαση των δικτύων αεραγωγών δίνεται στο Κεφάλαιο 4.



Σχήμα 2.52: Σχηματική παράσταση δικτύου κεντρικής διακλάδωσης.



Σχήμα 2.53: Σχηματική παράσταση δικτύου με κεντρικό αγωγό μειούμενης διατομής.

2.6 Εξαρτήματα ελέγχου και λειτουργίας

Ο έλεγχος και η ρύθμιση των λειτουργιών των κλιματιστικών μονάδων γίνεται με το σύστημα αυτόματου ελέγχου και ρυθμίσεων. Σήμερα, οι αυτόνομες και οι ημικεντρικές μονάδες κλιματισμού, κατά κανόνα, είναι εφοδιασμένες από το εργοστάσιο κατασκευής τους με το ανάλογο σύστημα αυτομάτου ελέγχου, και αυτό γιατί οι λειτουργίες τους είναι δεδομένες και κατά συνέπεια, δεν μπορεί να είναι συμβατές με το όποιο σύστημα.

Σκοπός, λοιπόν, ενός αυτόματου συστήματος ελέγχου στον κλιματισμό, είναι να παρακολουθεί συνεχώς, το μέγεθος που ελέγχει και αυτόματα να προκαλεί την επέμβαση του μέσου (μηχανισμού) εκείνου που ρυθμίζει αυτό το μέγεθος, ώστε να αντισταθμιστεί η τυχόν απόκλιση του από την προκαθορισμένη τιμή του.

Έτσι, π.χ. για τον έλεγχο της θερμοκρασίας και της υγρασίας του κλιματιζόμενου χώρου, χρησιμοποιούνται τα ανάλογα συστήματα ελέγχου αυτών των μεγεθών.

Τα στοιχεία, λοιπόν, ενός συστήματος ελέγχου, στη γενική του μορφή, είναι:

α) Το αισθητήριο

β) Ο ρυθμιστής και

γ) Το τελικό στοιχείο ρύθμισης

Πιο αναλυτικά:

- **Το αισθητήριο** ανιχνεύει το ελεγχόμενο μέγεθος και δημιουργεί ένα σήμα το οποίο, αν είναι αξιοποιήσιμο (αναγνωρίζεται) από το τελικό στοιχείο του συστήματος ρύθμισης, γίνεται αποδεκτό, σε αντίθετη όμως περίπτωση, αυτό πρέπει να αποσταλεί στο ενδιάμεσο στοιχείο του συστήματος, για επεξεργασία.

Για παράδειγμα, η αύξηση ή μείωση της θερμοκρασίας του αέρα μπορεί να γίνεται αισθητή με την αντίστοιχη διαστολή ή συστολή του υγρού, το οποίο είναι τοποθετημένο στο βολβό ενός θερμοστάτη, ενώ η μεταβολή της υγρασίας του αέρα μπορεί να γίνεται αισθητή με τη μεταβολή του μήκους ενός νήματος, το υλικό κατασκευής του οποίου είναι ευαίσθητο στις μεταβολές της υγρασίας αυτής.

- **Ο ρυθμιστής** είναι ένας δέκτης ο οποίος, αφενός, δέχεται το σήμα που του στέλνει το αισθητήριο και, αφετέρου, επεξεργάζεται το σήμα αυτό, το συγκρίνει με την προεπιλεγμένη τιμή του μεγέθους (της παραμέτρου) που ελέγχεται και, τέλος, δίνει εντολή (σήμα) στο τελικό στοιχείο του συστήματος ρύθμισης να δράσει ανάλογα.

Έτσι, τα συστήματα ρύθμισης είναι δύο ειδών:

α) Τα ανοικτά και

β) Τα κλειστά.

Με τα ανοικτού τύπου συστήματα, έχουμε έμμεσο έλεγχο και ρύθμιση της τιμής του, υπό επιτήρηση, μεγέθους. Απλό παράδειγμα τέτοιου συστήματος αποτελεί εκείνο της ρύθμισης της θερμοκρασίας ενός χώρου – που θερμαίνεται μέσω κεντρικής θέρμανσης – η οποία ρύθμιση μπορεί να γίνει έμμεσα, με τον έλεγχο, δηλαδή, της θερμοκρασίας του νερού προσαγωγής στα θερμαντικά σώματα.

Ένα τέτοιο σύστημα ρύθμισης (Σχήμα 2.54) περιλαμβάνει:

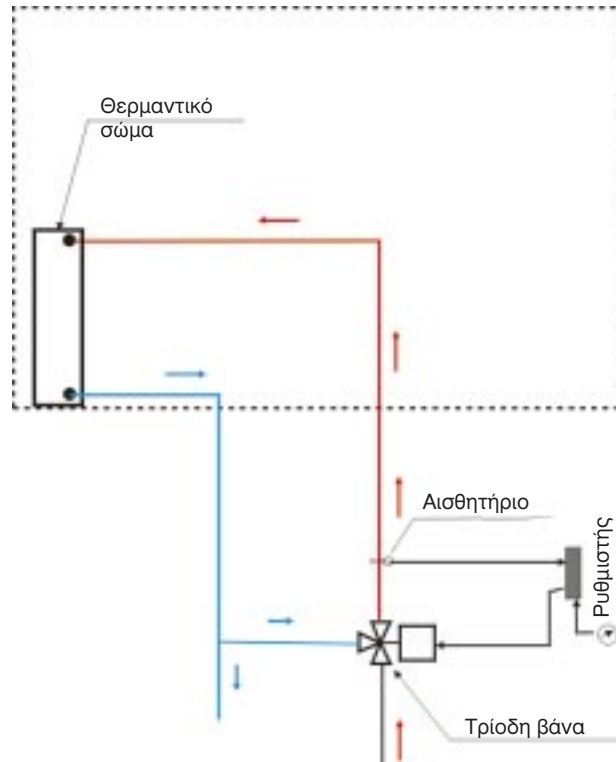
α) Ένα αισθητήριο θερμοκρασίας του νερού τροφοδοσίας (θερμοστάτη)

β) Τον ρυθμιστή και

γ) Μια τρίοδη ή τετράοδη βάνα ανάμιξης με σερβοκινητήρα

Σύμφωνα με τα παραπάνω, ο ρυθμιστής, παίρνοντας το σήμα από το αισθητήριο θερμοκρασίας (θερμοστάτη), το επεξεργάζεται με βάση τις ρυθμίσεις που επιλέγονται (έχουν καθοριστεί) στο στάδιο της μελέτης και δίνει εντολή στη βάνα ανάμιξης να στείλει περισσότερο ή λιγότερο ζεστό νερό στο θερμαντικό σώμα, ώστε η θερμοκρασία στο χώρο να είναι πάντοτε η επιθυμητή. Με τα κλειστού τύπου συστήματα ο έλεγχος και η ρύθμιση του – υπό επιτήρηση – μεγέθους είναι άμεσος.

Κλασικό παράδειγμα, τέτοιας διαδικασίας, είναι ο έλεγχος της θερμοκρασίας ενός χώρου – ο οποίος κλιματίζεται με σύστημα αέρα δύο αεραγωγών και διαθέτει τερματική μονάδα ανάμιξης – μέσω ενός θερμοστάτη, ενός ηλεκτρονικού ρυθμιστή και ενός διαφράγματος αέρα με ηλεκτροκίνητο σερβομηχανισμό (Σχήμα 2.55).



Σχήμα 2.54: Σχηματική παράσταση ελέγχου της θερμοκρασίας του χώρου, με ανοικτό κύκλωμα.

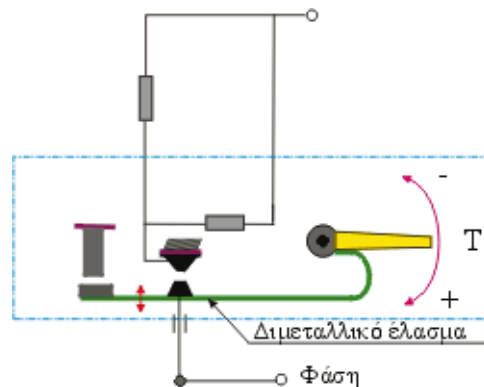
1. Έλεγχος της θερμοκρασίας

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας γίνεται με τους **θερμοστάτες**. Το αισθητήριο αυτών των διατάξεων μπορεί να είναι ή ένα διμεταλλικό έλασμα* (Σχήμα 2.58), ή ένας βολβός μαζί με ένα τριχοειδή σωλήνα που έχουν πληρωθεί (γεμίσει) με κάποιο ρευστό.

Ανάλογα με το είδος του αισθητηρίου στοιχείου, έχουμε και τους αντίστοιχους θερμοστάτες:

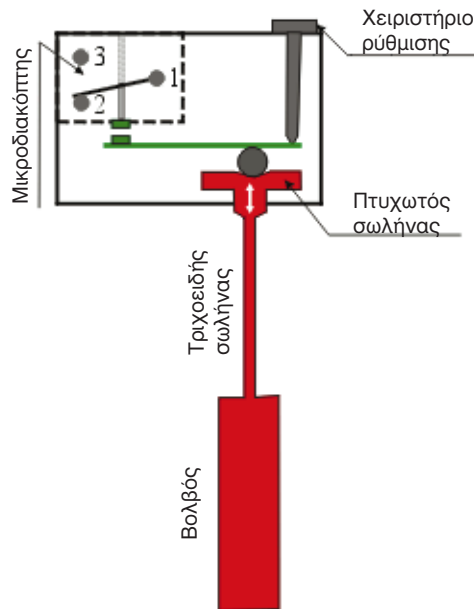
α) Θερμοστάτης διμεταλλικού ελάσματος (Σχήμα 2.56)

β) Θερμοστάτης βολβού (Σχήμα 2.57)



Σχήμα 2.56: Σχηματική παράσταση θερμοστάτη με διμεταλλικό έλασμα. Η αρχή λειτουργίας του έχει ως εξής: Όταν αυξηθεί η θερμοκρασία, το διμεταλλικό έλασμα παραμορφώνεται και κλείνει τις ηλεκτρικές επαφές έτσι, ενεργοποιείται το τελικό στοιχείο επέμβασης (π.χ. το διάφραγμα του αέρα). Αντίθετα αποτελέσματα έχει η μείωση της θερμοκρασίας.

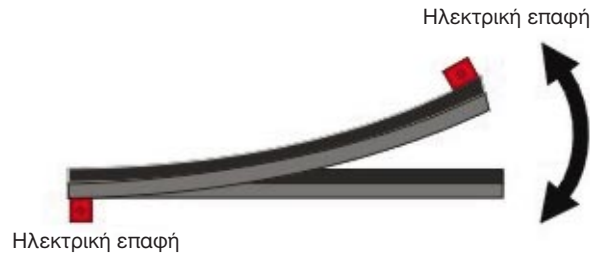
* Το διμεταλλικό έλασμα αποτελείται από δύο επιμήκη ελάσματα, τα οποία έχουν ενωθεί (συγκολληθεί), ώστε να σχηματίζουν ένα ενιαίο σύνολο, ενώ το κάθε ένα έχει διαφορετικό συντελεστή θερμικής διαστολής. Όταν λοιπόν, υπάρξει μια μεταβολή της θερμοκρασίας, η μεταβολή του μήκους των ελασμάτων είναι διαφορετική και έτσι προκαλείται η παραμόρφωση του διμεταλλικού ελάσματος. Αυτή η παραμόρφωση αξιοποιείται για το άνοιγμα ή το κλείσιμο ενός ηλεκτρικού κυκλώματος τροφοδοσίας του συστήματος ρύθμισης της θερμοκρασίας.



Σχήμα 2.57: Σχηματική παράσταση αρχής λειτουργίας θερμοστάτη με βολβό:

Με την αύξηση της θερμοκρασίας, αυξάνεται και ο όγκος του ρευστού που βρίσκεται μέσα στο βολβό και στον τριχοειδή σωλήνα, με αποτέλεσμα το μέγεθος της «φυσούνας» να αυξάνει και, έτσι, να επέρχεται το κλείσιμο των ηλεκτρικών επαφών, οπότε ενεργοποιείται το τελικό στοιχείο επέμβασης.

Εκτός από τους παραπάνω θερμοστάτες, υπάρχουν και οι αντίστοιχοι ηλεκτρονικοί, καθώς και οι πνευματικοί (πιεστικοί) θερμοστάτες. Στους πρώτους, το αισθητήριο είναι ηλεκτρικές αντιστάσεις (νήμα από νίκελ ή πλάτινα, ημιαγωγοί κλπ) όπου – για την ενεργοποίηση ή την απενεργοποίηση του ηλεκτρικού κυκλώματος τροφοδοσίας του τελικού στοιχείου του συστήματος ρύθμισης – αξιοποιείται η μεταβολή της ηλεκτρικής αντίστασης σε σχέση με τη θερμοκρασία. Στους δεύτερους, αξιοποιείται το συνεχές πνευματικό σήμα (πίεση), το οποίο αποστέλλεται στο ρυθμιστή και μετατρέπεται σε σήμα δύο θέσεων (ανοικτής ή κλειστής).



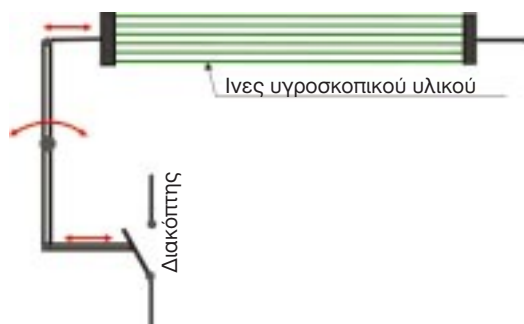
Σχήμα 2.58: Σχηματική παράσταση αρχής λειτουργίας διμεταλλικού ελάσματος.

2. Έλεγχος της σχετικής υγρασίας

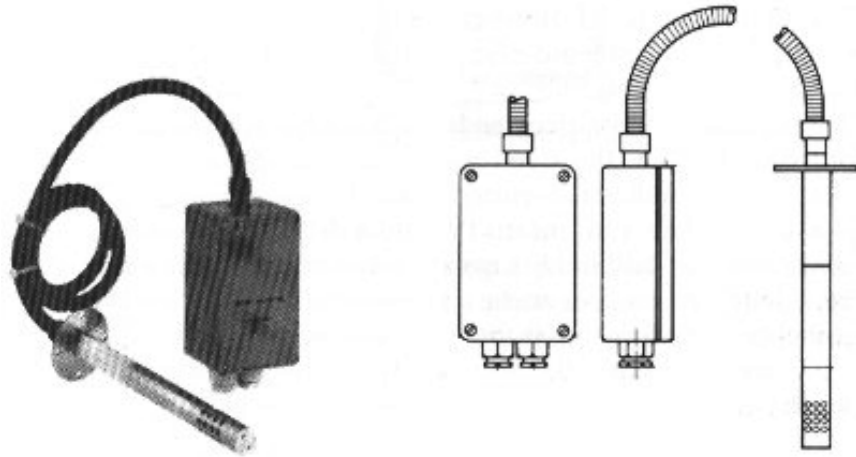
Ο έλεγχος της σχετικής υγρασίας του κλιματιζόμενου αέρα γίνεται με ειδικές διατάξεις, τους **υγροστάτες** (Σχήματα 2.59 και 2.60)

Το αισθητήριο στοιχείο στους υγροστάτες είναι, κατά βάση, δύο τύπων:

- α) Αισθητήριο, το μήκος του οποίου μεταβάλλεται ανάλογα με τις μεταβολές της σχετικής υγρασίας του υλικού του, γιατί διαφορετικά συμπεριφέρεται π.χ. το βαμβάκερό νήμα, το συνθετικό νήμα από υγροσκοπικό υλικό, κ.λ.π.
- β) Αισθητήριο ηλεκτρικό, με το οποίο αξιοποιείται η μεταβολή της χωρητικότητας ενός πυκνωτή, η οποία προκύπτει από τη μεταβολή της κατάστασης του διηλεκτρικού του, σε συνάρτηση με την επικρατούσα υγρασία του αέρα.



Σχήμα 2.59: Σχηματική παράσταση υγροστάτη και αρχής λειτουργίας του: Η μεταβολή του μήκους των υγροσκοπικών νημάτων, μέσω του συστήματος των μοχλών, προκαλεί το άνοιγμα ή το κλείσιμο του ηλεκτρικού διακόπτη.



Σχήμα 2.60: Υγροστάτης που λειτουργεί αξιοποιώντας τη μεταβολή της κατάστασης του διηλεκτρικού ενός πυκνωτή, σε συνάρτηση με τις μεταβολές της υγρασίας του αέρα.

3. Έλεγχος της πίεσης

Η ρύθμιση της πίεσης γίνεται με **πιεζοστάτες**. Ο τύπος του πιεζοστάτη που, συνήθως, χρησιμοποιείται, είναι ο ονομαζόμενος «**στεγανού θαλάμου**».

Πιο αναλυτικά:

● Οι **πιεζοστάτες στεγανού θαλάμου** αποτελούνται από:

α) Το στεγανό κέλυφος, το οποίο χωρίζεται σε δύο μέρη, με ένα εύκαμπτο διάφραγμα.

β) Το κινητό στέλεχος.

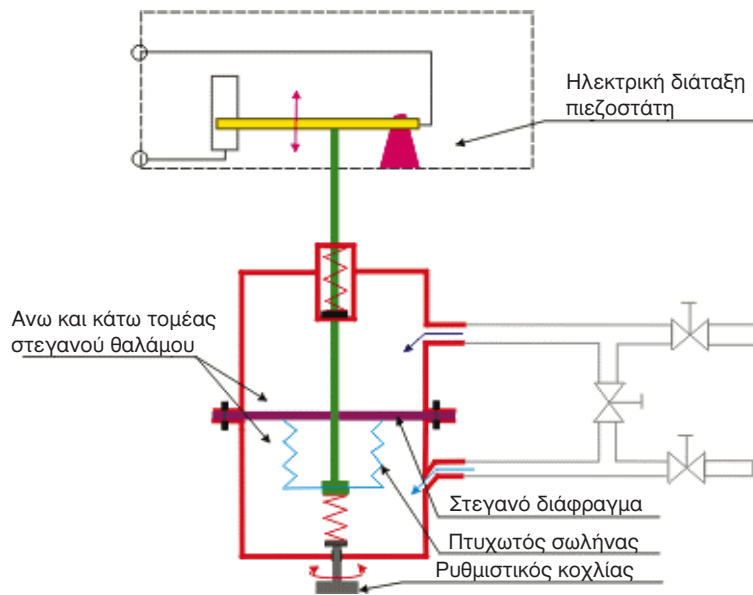
γ) Τη μεμβράνη ή φυσούνα.

δ) Το ρυθμιστικό κοχλία.

Έτσι, το στέλεχος μεταφέρει τις κινήσεις της μεμβράνης σε μια ηλεκτρική διάταξη μέσω της οποίας αυτές μετατρέπονται σε μεταβολές ηλεκτρικής τάσης ή έντασης, όπως συμβαίνει με τους ηλεκτρικούς πιεζοστάτες (Σχήμα 2.61). Ο επάνω και ο κάτω θάλαμος, μέσω δύο αγωγών, επικοινωνούν με τους χώρους, των οποίων θέλουμε να μετρήσουμε την πίεση. Στην περίπτωση που ο ένας θάλαμος επικοινωνεί με την ατμόσφαιρα και ο άλλος με το χώρο στον οποίο γίνεται η μέτρηση της πίεσης, τότε ο πιεζο-

στάτης μετρά την σχετική πίεση του χώρου, ενώ αν και οι δύο αγωγοί συνδεθούν με δύο χώρους διαφορετικής πίεσης, τότε θα μετρήσει τη διαφορά πίεσης μεταξύ αυτών των δυο χώρων.

Εκτός από τους ηλεκτρικούς πιεζοστάτες, υπάρχουν και οι ηλεκτρονικοί, οι πνευματικοί και οι πιεζοηλεκτρικοί, στους οποίους αξιοποιείται το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο.



Σχήμα 2.61: Σχηματική παράσταση ηλεκτρικού πιεζοστάτη και αρχής λειτουργίας του.

4. Συστήματα αποπάγωσης (τήξης)

Κατά τη χειμερινή λειτουργία των αντλιών θερμότητας και όταν η θερμοκρασία του αέρα πέσει κάτω από το μηδέν, αναπόφευκτα θα σχηματιστεί πάγος στο στοιχείο της ατμοποίησης. Όταν, λοιπόν, αρχίσει να σχηματίζεται πάγος στην πτερυγιοφόρο επιφάνεια του ατμοποιητή, ελαττώνεται η διατομή διέλευσης του αέρα, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας ατμοποίησης, η οποία επιδρά θετικά στην αύξηση της σχηματιζόμενης ποσότητας πάγου. Μείωση της θερμοκρασίας ατμοποίησης σημαίνει, όμως, και ταυτόχρονη μείωση της πίεσης ατμοποίησης, και εάν δεν ληφθεί, έγκαιρα, μέριμνα για την απομάκρυνση του πάγου, κάποια στιγμή θα επέλθει ο πιεζοστάτης χαμηλής πίεσης και θα σταματήσει η λειτουργία της μονάδας. Ένας πρόσθετος και πολύ σοβαρός λόγος, για

τον οποίο επιβάλλεται η απομάκρυνση του σχηματιζόμενου πάγου, είναι το ότι σε ακραίες καταστάσεις μπορεί να προκληθεί το φράξιμο ολόκληρης της επιφάνειας του ατμοποιητή, γεγονός το οποίο θα έχει καταστρεπτικές συνέπειες για τη μονάδα, αφού θα υπάρξει αναρρόφηση σημαντικής ποσότητας υγρού από τον συμπιεστή.

5. Μέθοδοι αποπάγωσης

Οι μέθοδοι αποπάγωσης, που συνήθως εφαρμόζονται, είναι δύο:

α) Χρήση ζεστού ατμού ψυκτικού μέσου

β) Χρήση ηλεκτρικών αντιστάσεων

- Για το λιώσιμο του σχηματιζόμενου πάγου με τη **χρήση ζεστού ατμού του ψυκτικού μέσου**, εφαρμόζεται είτε η αναστροφή του κύκλου λειτουργίας της μονάδας (λειτουργία σε θερινό κλιματισμό της αντλίας θερμότητας), μέσω μιας τετράοδης βαλβίδας, είτε η αποστολή μιας ορισμένης ποσότητας θερμού ατμού ψυκτικού μέσου στον ατμοποιητή, μέσω μιας παρακαμπτήριας βαλβίδας. Μετά από το λιώσιμο του πάγου, το σύστημα επανέρχεται στην κανονική του λειτουργία.

Η μέθοδος αυτή, όμως, έχει και ένα μειονέκτημα. Καθώς ο πάγος απορροφά θερμότητα από τον ζεστό ατμό και σιγά - σιγά λιώνει, αυτός υγροποιείται, με συνέπεια να αυξάνει η ποσότητα του υγρού μέσα στον ατμοποιητή και να υπάρχει ο κίνδυνος αναρρόφησης – από τον συμπιεστή – υγρού ψυκτικού μέσου, το οποίο ίσως δεν θα μπορέσει να ατμοποιηθεί με τη θερμότητα του κινητήρα και, έτσι, θα προχωρήσει στο χώρο συμπίεσης, με αποτέλεσμα να έχουμε τα γνωστά καταστρεπτικά αποτελέσματα, αφού η συμπίεση υγρού σε συνδυασμό με την αυξημένη ποσότητα του, μπορεί να προξενήσει σοβαρά προβλήματα στη λίπανση των εδράνων του συμπιεστή με απρόβλεπτες συνέπειες. Για την αποτροπή, πάντως, αυτών των παραπάνω αρνητικών συνεπειών, εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι. Αναφορικά με τις μικρές αντλίες θερμότητας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας συλλέκτης υγρού στο σημείο της αναρρόφησης, στον οποίο οι σταγόνες υγρού που συγκεντρώνονται, οδηγούνται σε ατμοποίηση. Πρέπει να σημειωθεί, όμως, ότι ο συλλέκτης υγρού από μόνος του δεν λύνει, τελείως, το πρόβλημα και, εάν δεν ληφθούν

επιπρόσθετα μέτρα – όπως είναι η χρήση ειδικών ηλεκτρονικών διατάξεων οι οποίες δίνουν εντολή αποπάγωσης, μόνο όταν είναι απαραίτητο – η διάρκεια ζωής του συμπιεστή θα μειωθεί αισθητά, ειδικά, στις μεγάλες μονάδες.

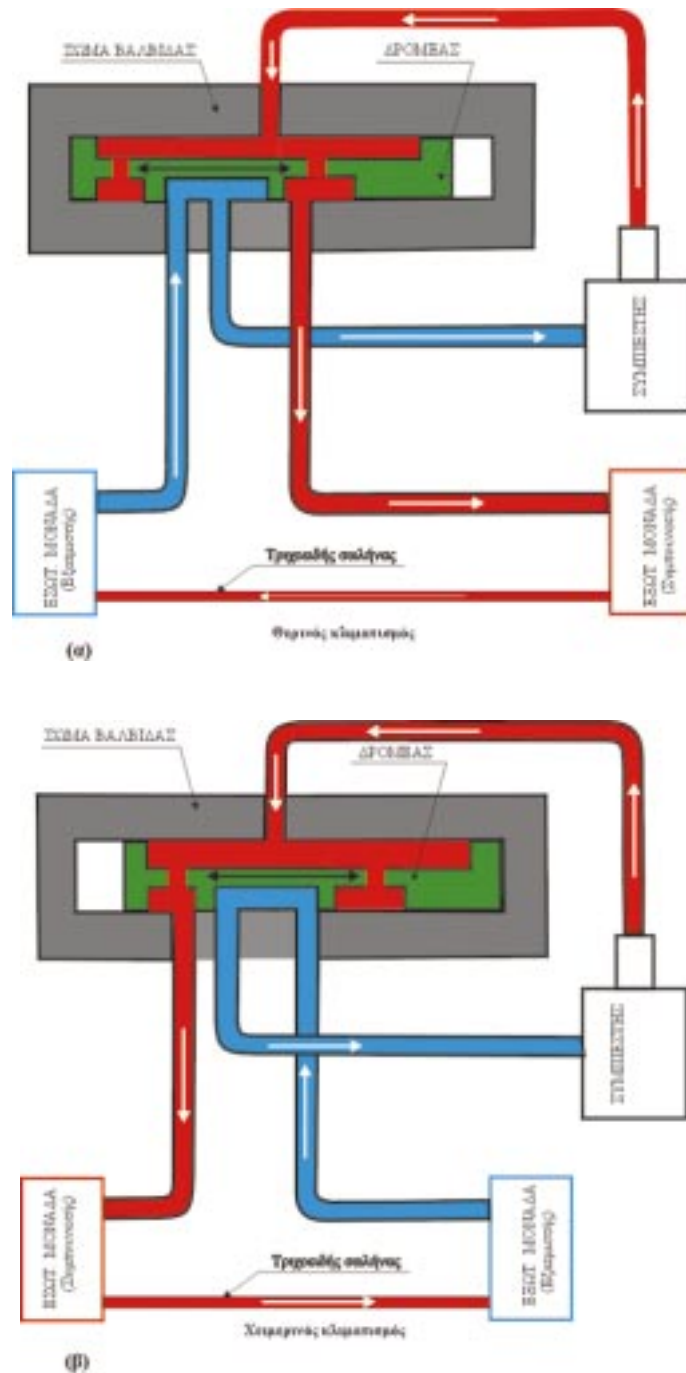
- **Με την ηλεκτρική μέθοδο**, χρησιμοποιούνται κατάλληλες ηλεκτρικές αντιστάσεις οι οποίες τοποθετούνται με σωστό τρόπο επάνω στο στοιχείο ατμοποίησης. Και αυτή η μέθοδος, όμως, εμπεριέχει τα προβλήματα που προαναφέρθηκαν και, επομένως, πρέπει να γίνεται και εδώ χρήση των ειδικών διατάξεων, που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη περίπτωση.

2.7 Τετράοδος βαλβίδα

Στις αντλίες θερμότητας τύπου «αέρα-αέρα», οι ρόλοι των δύο εναλλακτών θερμότητας της εσωτερικής και της εξωτερικής μονάδας, δεν είναι σταθεροί αλλά εναλλάσσονται, ανάλογα με το εάν η μονάδα κλιματισμού βρίσκεται σε θερινή ή σε χειμερινή λειτουργία. Έτσι, κατά τη διάρκεια του θερινού κλιματισμού, στον εναλλάκτη θερμότητας της εξωτερικής μονάδας εκτελείται η λειτουργία της συμπύκνωσης του ψυκτικού υγρού, ενώ στον εναλλάκτη της εσωτερικής μονάδας εκτελείται η λειτουργία της ατμοποίησης του ατμού του ψυκτικού μέσου. Κατά τη διάρκεια του χειμερινού κλιματισμού, οι ρόλοι των εναλλακτών αντιστρέφονται, οπότε είναι απαραίτητη και η αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου, ενώ το μέσο με το οποίο αυτή επιτυγχάνεται, είναι η ονομαζόμενη **τετράοδος βαλβίδα**.

Έτσι, τα βασικά δομικά στοιχεία της τετράοδης βαλβίδας (Σχήμα 2.62) είναι δύο:

- α) Το κυρίως σώμα
- β) Ο δρομέας με τις αντίστοιχες κοιλότητές του.

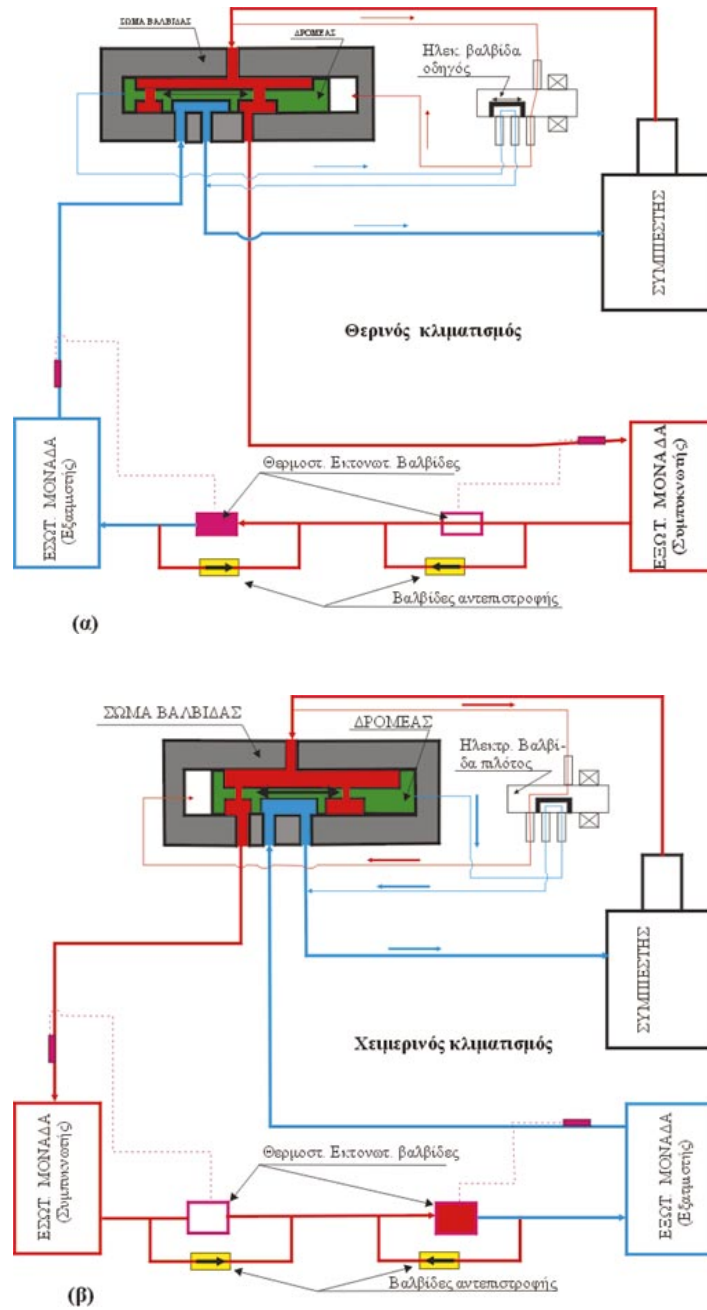


Σχήμα 2.62: Σχηματική παράσταση τετράοδης βαλβίδας και αρχής λειτουργίας της, σε αντλία θερμότητας, με τριχοειδή σωλήνα, η οποία λειτουργεί: (α) σε θερινό και (β) σε χειμερινό κλιματισμό.

■ Λειτουργία

Στα Σχήματα 2.62α και 2.62β δίνεται, σχηματικά, η αρχή λειτουργίας μίας τετράοδης βαλβίδας σε μια αντλία θερμότητας με τριχοειδή σωλήνα. Συγκεκριμένα, με την ολίσθηση του δρομέα προς τη μια ή την άλλη κατεύθυνση – η οποία γίνεται με την **ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα** / πιλότο (Σχήμα 2.63) – η αναρρόφηση του συμπιεστή μπορεί να έρχεται σε επικοινωνία με την εσωτερική ή την εξωτερική μονάδα (ανάλογα με τον εάν η βαλβίδα-πιλότος ενεργοποιείται σε θερινή ή σε χειμερινή λειτουργία) και έτσι να επιτυγχάνεται η αντίστοιχη επιθυμητή λειτουργία της αντλίας θερμότητας.

Στην περίπτωση που η αντλία θερμότητας λειτουργεί με θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα, χρησιμοποιούνται δύο βαλβίδες αυτού του είδους, καθώς και δύο βαλβίδες αντεπιστροφής, οι οποίες τοποθετούνται σε αντίστοιχους παρακαμπτηρίους αγωγούς (Σχήμα 2.63) και επιτρέπουν τη ροή σε κατεύθυνση αντίθετη από εκείνη που ακολουθείται μέσω της αντίστοιχης θερμοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας. Έτσι, σε κάθε κατάσταση λειτουργίας της αντλίας (θερινού ή χειμερινού κλιματισμού) λειτουργεί μία μόνο θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα, και η ροή, στην περίπτωση που η βαλβίδα δε λειτουργεί, γίνεται μέσω του παρακαμπτηρίου αγωγού όπου υπάρχει η βαλβίδα της αντεπιστροφής, η οποία επιτρέπει τη ροή του ψυκτικού στην επιθυμητή κατεύθυνση.



Σχήμα 2.63: Σχηματική παράσταση τετράοδης βαλβίδας και αρχής λειτουργίας της, σε αντλία θερμότητας, με θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα, η οποία λειτουργεί: (α) σε θερινό και (β) σε χειμερινό κλιματισμό.

**ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ**

- Τα βασικά στοιχεία ενός συστήματος κλιματισμού είναι:
 - α) Ο συμπιεστής
 - β) Ο συμπυκνωτής
 - γ) Το εκτονωτικό μέσο
 - δ) Ατμοποιητής (Εξατμιστής)
- Σκοπός του συμπιεστή είναι:
 - α) Να ανυψώσει την πίεση και, επομένως, τη θερμοκρασία των αναρροφούμενων ατμών του ψυκτικού μέσου.
 - β) Να διασφαλίσει, για όσο χρόνο βρίσκεται σε λειτουργία, τη συνεχή κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου μέσα στο κύκλωμα.
- Τους συμπιεστές μπορούμε να τους διακρίνουμε:
 - α) Ανάλογα με την κίνηση, σε:
 - Παλινδρομικούς
 - Περιστροφικούς
 - Φυγοκεντρικούς
 - Κοχλιοφόρους
 - Σπειροειδείς (Scroll type) και
 - β) Ανάλογα με τη στεγανότητά τους, σε:
 - Κλειστού τύπου ή ερμητικούς
 - Ημιερμητικού τύπου και
 - Ανοικτού τύπου.
- Ο συμπυκνωτής είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας, του οποίου σκοπός είναι η απομάκρυνση από το αέριο ψυκτικό μέσο της συνολικής θερμότητας την οποία μεταφέρει, ώστε στην έξοδο του από αυτόν, το αέριο αυτό να έχει μετατραπεί, πλήρως, σε υγρό.

- Ανάλογα με το μέσο ψύξη τους οι συμπυκνωτές διακρίνονται σε:
 - Αερόψυκτους
 - Υδρόψυκτους
 - Εξατμιστικούς
- Το ψυκτικό μέσο μετά τον συμπυκνωτή, πρέπει να επιστρέψει στον ατμοποιητή, για να ολοκληρώσει, έτσι, τον ψυκτικό του κύκλο και να γίνει και πάλι ατμός. Για να γίνει, όμως, αυτό, πρέπει να οδηγηθεί από την υψηλή πίεση του συμπυκνωτή στην χαμηλή, που επικρατεί στον εξατμιστή. Αυτό επιτυγχάνεται με τις εκτονωτικές βαλβίδες.
- Ο σκοπός των εκτονωτικών βαλβίδων, είναι διπλός:
 - α) Μειώνουν την πίεση του ψυκτικού υγρού, από την πίεση συμπύκνωσης στην πίεση ατμοποίησής του
 - β) Ρυθμίζουν την ποσότητα του ψυκτικού υγρού, που εισέρχεται στον εξατμιστή.
- Τα βασικά είδη εκτονωτικών μέσων, τα οποία χρησιμοποιούνται στις μονάδες κλιματισμού του αέρα είναι:
 - α) Ο τριχοειδής σωλήνας
 - β) Οι θερμοστατικές βαλβίδες εκτόνωσης
 - γ) Οι πιεζοστατικές βαλβίδες εκτόνωσης (σταθερής πίεσης)
 - δ) Οι βαλβίδες με πλωτήρα
- Ο εξατμιστής είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας, στον οποίο το ψυκτικό υγρό, απορροφώντας θερμότητα από το περιβάλλον του, αλλάζει κατάσταση και μετατρέπεται σε ατμό.

Ανάλογα με το σύστημα τροφοδοσίας τους, οι εξατμιστές διακρίνονται σε:

- α) Εξατμιστές ξηρής εκτόνωσης
- β) Εξατμιστές υπερχειλίσας

Ανάλογα με το εάν το μέσο το οποίο ψύχουν οι εξατμιστές, είναι αέρας ή νερό, αυτοί διακρίνονται σε:

- α) Εξατμιστές ψύξης αέρα
- β) Εξατμιστές ψύξης νερού

- Φίλτρα αέρα είναι οι συσκευές που αφαιρούν και συγκρατούν στη δομή τους, τους ρύπους του αέρα. Τα φίλτρα παρεμβάλλονται στο ρεύμα του αέρα επιτρέποντας τη διέλευσή του, αφαιρούν, όμως, απ' αυτόν τους ρύπους.

Η αφαίρεση των ρύπων από τον αέρα μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους:

- α) Με μηχανικό αποκλεισμό
- β) Με προσκόλληση των σωματιδίων στις ίνες του φίλτρου
- γ) Με την έλξη των σωματιδίων από της ίνες του φίλτρου
- δ) Με την ηλεκτροστατική δράση ενός ισχυρού ηλεκτρικού πεδίου

- Ο ανεμιστήρας είναι ένα μηχάνημα, το οποίο δίνοντας στον αέρα ενέργεια, υπό μορφή πίεσης ή ταχύτητας, με την περιστροφική κίνηση ενός στοιχείου του (φτερωτής), τον αναγκάζει (τον αέρα) να κινηθεί με συνεχή και κανονική ροή.
- Οι ανεμιστήρες οι οποίοι χρησιμοποιούνται στον κλιματισμό, διακρίνονται στις δύο παρακάτω κατηγορίες:
 - α) Στους αξονικούς ή ελικοειδείς και
 - β) Στους φυγοκεντρικούς ή ακτινικούς ανεμιστήρες
- Ύγρανση του αέρα είναι η διαδικασία εκείνη, με την οποία, προσθέτοντας νερό (σε υγρή κατάσταση ή σε κατάσταση ατμού) αυξάνουμε την ειδική υγρασία του.
- Αφύγρανση του αέρα είναι η διαδικασία εκείνη, με την οποία, αφαιρώντας υγρασία από τον αέρα, μειώνουμε την ειδική υγρασία του.

- Οι ημικεντρικές μονάδες κλιματισμού είναι αυτές που περιέχουν στο κέλυφός τους όλα εκείνα τα στοιχεία (εξαρτήματα), που απαιτούνται για να ικανοποιηθούν οι στόχοι του κλιματισμού του αέρα και τα οποία μπορούν να συνδεθούν είτε σε δίκτυο αεραγωγών, στην περίπτωση που το μέσο κλιματισμού του αέρα του χώρου είναι ο αέρας, είτε σε δίκτυο σωληνώσεων όταν ο κλιματισμός του χώρου γίνεται με σύστημα νερού ή με αντίστοιχο μικτό (νερού / αέρα).
- Ο έλεγχος και η ρύθμιση των λειτουργιών των κλιματιστικών μονάδων γίνεται με το σύστημα αυτόματου ελέγχου και ρυθμίσεων.
- Τα στοιχεία ενός συστήματος αυτομάτου ελέγχου είναι:
 - α) Το αισθητήριο
 - β) Ο ρυθμιστής
 - γ) Το τελικό στοιχείο ρύθμισης
- Στον κλιματισμό τα μεγέθη (παράμετροι) που, κατά κανόνα, ρυθμίζονται, είναι:
 - α) Η θερμοκρασία
 - β) Η σχετική υγρασία και
 - γ) Η πίεση
- Στις αντλίες θερμότητας οι ρόλοι των δύο εναλλακτών θερμότητας, τόσο της εσωτερικής, όσο και της εξωτερικής μονάδας, δεν είναι σταθεροί, αλλά εναλλάσσονται, ανάλογα με το εάν η μονάδα κλιματισμού βρίσκεται σε θερινή ή σε χειμερινή λειτουργία.

Έτσι, η αναστροφή των ρόλων των εναλλακτών θερμότητας απαιτεί και την αναστροφή του ψυκτικού κύκλου, ενώ το μέσο με το οποίο επιτυγχάνεται η αναστροφή του ψυκτικού κύκλου, είναι η τετράσδος βαλβίδα.

**ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ**

1. Γιατί οποιαδήποτε απόκλιση των τιμών της πίεσης κατάθλιψης και της πίεσης ατμοποίησης από τις προκαθορισμένες τους τιμές, έχει αρνητική επίπτωση στην ολική απόδοση μιας κλιματιστικής μονάδας;
2. Γιατί τα ψυκτέλαια πρέπει να είναι συμβατά τόσο με τα υλικά κατασκευής του ψυκτικού κυκλώματος όσο και με την περιέλιξη του ηλεκτροκινητήρα, στην περίπτωση των ερμητικών και ημιερμητικών συμπιεστών;
3. Γιατί η ψύξη των ερμητικών και των ημιερμητικών συμπιεστών – με χρήση του ψυκτικού μέσου – αποτελεί θετικό στοιχείο γι' αυτούς τους τύπους των συμπιεστών;
4. Τι θα συμβεί, αν κατά τη λειτουργία ενός περιστροφικού συμπιεστή, για οποιονδήποτε λόγο, δεν διασφαλίζεται η τέλεια και συνεχής επαφή μεταξύ του πτερυγίου ή των πτερυγίων και του στροφείου, και ποιες θα είναι οι λειτουργικές επιπτώσεις αυτού του γεγονότος;
5. Κατά τη διαδικασία λίπανσης των κοχλιοφόρων συμπιεστών, ψεκάζεται αρκετή ποσότητα ψυκτέλαιου σε συγκεκριμένα σημεία των συνεργαζόμενων κοχλιόμορφων στοιχείων του. Το γεγονός αυτό έχει θετική ή αρνητική επίπτωση στον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης του συμπιεστή; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.
6. Γιατί σε ένα αερόψυκτο συμπυκνωτή προτιμάται η κατασκευαστική λύση της τοποθέτησης του ανεμιστήρα σε θέση αναρρόφησης;
7. Γιατί η θέση, στην οποία εγκαθίσταται ένας αερόψυκτος συμπυκνωτής, αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την αποτελεσματική λειτουργία του;
8. Αναπτύξτε, αναλυτικά, όσα έχουν σχέση με τη ρύθμιση της παροχής του αέρα ψύξης ενός αερόψυκτου συμπυκνωτή.
9. Γιατί οι επικαθίσεις στο εσωτερικό των σωλήνων ενός υδρόψυκτου συμπυκνωτή είναι αιτία σοβαρής δυσλειτουργίας της κλιματιστικής μονάδας;

10. Γιατί σε ορισμένους τύπους υδρόψυκτων συμπυκνωτών ο καθαρισμός τους γίνεται μόνο με τη χημική μέθοδο, ενώ σε άλλους μπορούν να χρησιμοποιηθούν, για το σκοπό αυτό, και μηχανικά μέσα; Να αναφερθούν σχετικά παραδείγματα.
11. Για πιο λόγο δε συνιστάται η διακοπή της λειτουργίας του ανεμιστήρα ενός συμπυκνωτή εξάτμισης νερού, κατά τη διαδικασία ελέγχου της πίεσης συμπύκνωσης του;
12. Πότε και γιατί συνιστάται η διακοπή της λειτουργίας ενός συμπυκνωτή εξάτμισης νερού, προκειμένου να ρυθμιστεί η πίεση συμπύκνωσης του;
13. Τι θα συμβεί, αναφορικά με την απόδοση μιας κλιματιστικής μονάδας – στην οποία ως εκτονωτικό μέσο χρησιμοποιείται ο τριχοειδής σωλήνας – εάν οι λειτουργικές συνθήκες διαφοροποιηθούν, αισθητά, από τις αντίστοιχες συνθήκες μελέτης; (Να δικαιολογηθεί η απάντησή σας).
14. Πώς θα αντιδράσει μια θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα με εσωτερική εξίσωση της πίεσης, σε μια απότομη αύξηση του ψυκτικού φορτίου του ατμοποιητή, προκειμένου να αντιμετωπιστεί η νέα αυτή κατάσταση;
15. Σε έναν ατμοποιητή μεγάλου σχετικά μεγέθους, (με μεγάλο δηλαδή, μήκος ατμοποιητικών σωλήνων) τι είδους θερμοστατική βαλβίδα θα χρησιμοποιηθεί και γιατί;
16. Όταν σε ατμοποιητή πολλών κυκλωμάτων ατμοποίησης παρουσιαστεί ανάγκη αντικατάστασης του σωληνίσκου τροφοδοσίας ενός κυκλώματός του, τι πρέπει να λάβουμε υπόψη μας, αναφορικά με τον καινούργιο σωληνίσκο που θα χρησιμοποιηθεί; Να δικαιολογηθεί η απάντησή σας.
17. Ποιο είδος εκτονωτικού μέσου χρησιμοποιείται στους ατμοποιητές τύπου υπερχειλίσης, και ποιο στους ατμοποιητές τύπου ξηρής εκτόνωσης, και γιατί;
18. Γιατί ένας αερόψυκτος ατμοποιητής δεν πρέπει να λειτουργεί σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες; (Να δικαιολογηθεί η απάντησή σας).
19. Στα «απόλυτα φίλτρα»: α) γιατί η ταχύτητα του αέρα κατά τη διέλευσή του μέσα από το υλικό τους πρέπει να βρίσκεται σε πολύ

χαμηλά επίπεδα; και β) γιατί πρέπει να εξασφαλιστούν οι προϋποθέσεις εκείνες, σύμφωνα με τις οποίες, ολόκληρη η ποσότητα του προς φιλτράρισμα αέρα πρέπει να περάσει μέσα από αυτά τα φίλτρα, χωρίς δηλαδή, να έχουμε το φαινόμενο της παράκαμψης της ροής του αέρα, γνωστό ως «by-pass».

20. Γιατί οι υγραντήρες του θαλάμου ψεκασμού τοποθετούνται πριν από το στοιχείο ψύξης του αέρα;
21. Από πού «αντλείται» η θερμότητα, η οποία απαιτείται για την ατμοποίηση του ψεκαζόμενου νερού, προκειμένου να ανυψωθεί η υγρασία του αέρα κλιματισμού, και ποια είναι η επίπτωση αυτού του γεγονότος στην ολική θερμότητα (αισθητή + λανθάνουσα) του αέρα κλιματισμού;
22. Γιατί, κατά τη χειμερινή λειτουργία μιας αντλίας θερμότητας σε θερμοκρασίες κάτω του μηδενός, μπορεί να έχουμε την επέμβαση του πιεζοστάτη χαμηλής πίεσης;
23. Εάν κατά τη χειμερινή λειτουργία μιας αντλίας θερμότητας, η θερμοκρασία του αέρα του περιβάλλοντος πέσει κάτω από το μηδέν και δεν επέμβει ο πιεζοστάτης χαμηλής πίεσης, τι επιπτώσεις θα έχει αυτό το γεγονός στην κλιματιστική μονάδα, και γιατί;
24. Ποιους κινδύνους εμπεριέχουν οι μέθοδοι αποπάγωσης που εφαρμόζονται σε αντλίες θερμότητας, και γιατί δημιουργούνται αυτοί οι κίνδυνοι;