

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο

### **8. ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ**

- Ο αυτοματισμός του οικιακού ψυγείου
- Τα συστήματα αυτοματισμού των ψυκτικών κυκλωμάτων
- Οι αυτοματισμοί των επαγγελματικών εγκαταστάσεων
- Το ηλεκτρικό μέρος των αυτοματισμών

## 8. ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

### Στόχοι:

Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου οι μαθητές θα πρέπει να γνωρίζουν τα εξής:

- Τη λειτουργία του οικιακού ψυγείου
- Τη λειτουργία του ψυκτικού κυκλώματος και τα εξαρτήματα αυτοματισμού που μπορεί να συναντήσουμε πάνω σε αυτό.
- Τα συστήματα αυτοματισμού της λειτουργίας των ψυκτικών κυκλωμάτων.
- Το κλασικό ηλεκτρικό σύστημα αυτοματισμού ενός ψυκτικού μηχανήματος κατασκευασμένο αποκλειστικά από ηλεκτρικά ρελέ.
- Τη λειτουργία ενός αντίστοιχου ψυκτικού κυκλώματος με σύστημα PLC.
- Τι είναι τα ηλεκτρονικά συστήματα διάγνωσης βλαβών των ψυκτικών μηχανημάτων.

### 8-1. Τα συστήματα αυτοματισμού των ψυκτικών κυκλωμάτων

Στο κεφάλαιο 6, και συγκεκριμένα στον πίνακα (6-1) κάναμε διάκριση των αυτοματισμών σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Ελέγχου των συνθηκών των χώρων
- Λειτουργίας και προστασίας

Οι αυτοματισμοί των ψυκτικών κυκλωμάτων ανήκουν κυρίως στη δεύτερη κατηγορία και έχουν σκοπό τον έλεγχο της λειτουργίας και την προστασία του εξοπλισμού από τυχόν βλάβη. Πολλά από αυτά είναι ανοικτού βρόχου, δηλαδή δίνουν μία εντολή και δεν δέχονται απάντηση για τα αποτελέσματα της.

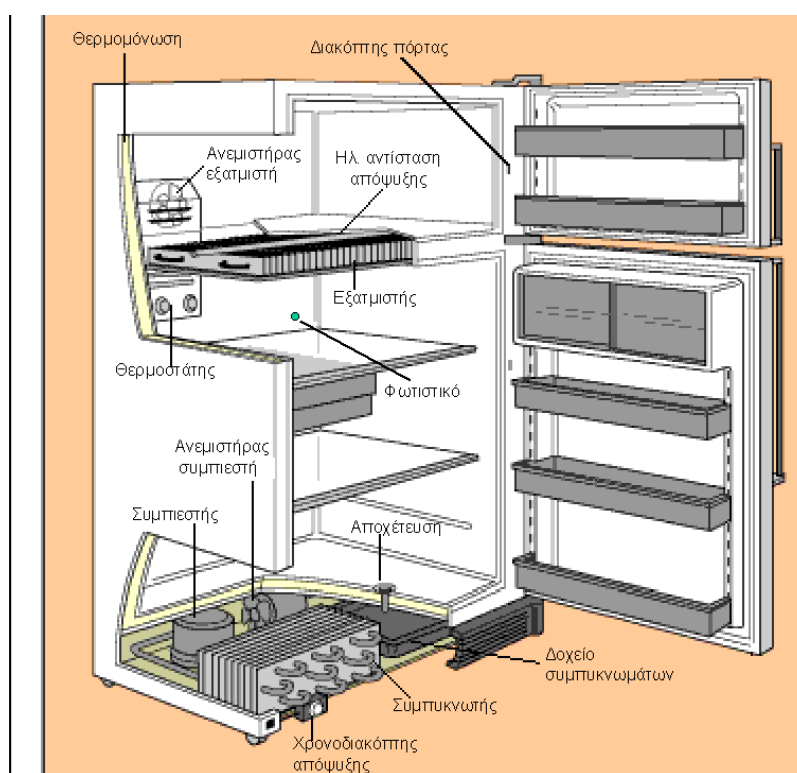
Τα ψυκτικά κυκλώματα περιλαμβάνουν δύο επί μέρους συστήματα αυτοματισμού, που λειτουργούν σχεδόν ανεξάρτητα το ένα από το άλλο και τα οποία είναι τα εξής:

- Ο αυτοματισμός του ψυκτικού κυκλώματος, ο οποίος αποτελεί τυπικό παράδειγμα αυτοματισμού όπου το μέσο που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της λειτουργίας του είναι το ίδιο το ψυκτικό ρευστό. Σχετικός με αυτό, είναι και ο πίνακας (6-2), περίπτωση 3, όπου τα συστήματα αυτοματισμού έχουν καταταχτεί βάσει του μέσου που χρησιμοποιούν για τη λειτουργία τους.
- Ο αυτοματισμός του ηλεκτρικού κυκλώματος. Αυτός σκοπό έχει κυρίως τη λειτουργία του συμπιεστή καθώς και την προστασία του από τυχόν καταστροφή.

Προτού προχωρήσουμε στην ανάπτυξη των κάπως περίπλοκων συστημάτων αυτοματισμού, θα αναφερθούμε στην πλέον απλή περίπτωση αυτοματισμού ψυκτικού κυκλώματος που είναι του συνηθισμένου και γνωστού σε όλου μας οικιακού ψυγείου.

## 8-2. Το οικιακό ψυγείο

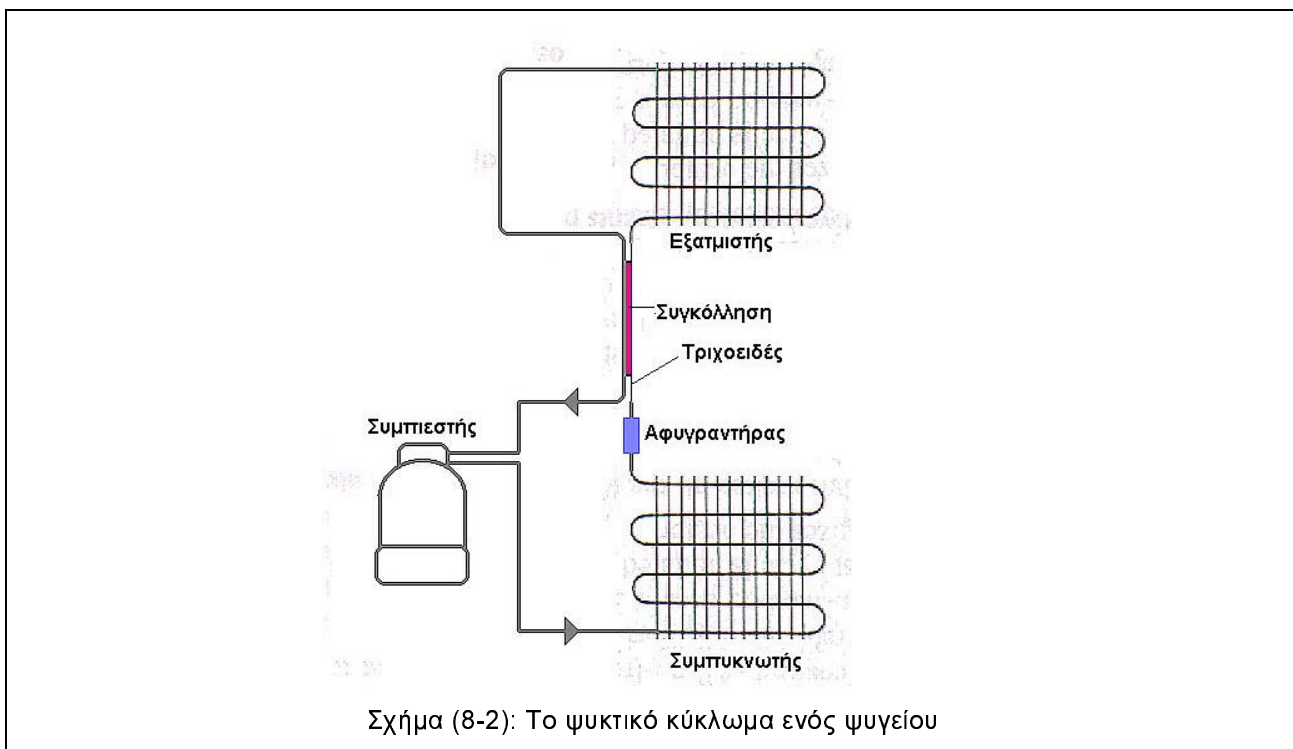
Η μορφή του οικιακού ψυγείου είναι όπως φαίνεται στο σχήμα (8-1). Το ψυγείο, όπως και κάθε άλλο ψυκτικό κύκλωμα περιλαμβάνει τον συμπιεστή, τον εξατμιστή και τον συμπυκνωτή. Στο σχήμα (8-1) μπορείτε να δείτε τις θέσεις στις οποίες τοποθετείται το κάθε ένα από αυτά τα βασικά εξαρτήματα. Εκτός από αυτά υπάρχουν και αρκετά ακόμη εξαρτήματα σε ένα οικιακό ψυγείο, όπως φαίνονται στο σχήμα.



Σχήμα (8-1): Η τυπική μορφή του οικιακού ψυγείου

Το λειτουργικό διάγραμμα του ψυκτικού κυκλώματος του οικιακού ψυγείου φαίνεται στο σχήμα (8-2). Το κύκλωμα του ψυγείου δεν χρησιμοποιεί θερμοεκτονωτική βαλβίδα για την πτώση της πίεσης του ψυκτικού υγρού αλλά ένα πολύ λεπτό σωλήνα που αποκαλείται **τριχοειδής**. Στο σχήμα (8-2), ένα τμήμα του τριχοειδούς σωλήνα είναι συγκολλημένο πάνω στο κρύο σωλήνα που αναχωρεί από τον εξατμιστή. Με αυτό τον τρόπο, ο θερμός τριχοειδής σωλήνας θερμαίνει την επιφάνεια του κρύου σωλήνα, που εξέρχεται από τον εξατμιστή, και εμποδίζει το σχηματισμό συμπυκνωμάτων. Περαιτέρω διερεύνηση της λειτουργίας (που δεν θα γίνει εδώ), αποδεικνύει ότι με την παραπάνω συγκόλληση του τριχοειδούς σωλήνα, βελτιώνεται και η ενεργειακή απόδοση (συντελεστής COP). Δεν θα επε-

κταθούμε στον τρόπο λειτουργίας και υπολογισμού του τριχοειδούς σωλήνα, επειδή αυτός αποτελεί αντικείμενο της τεχνολογίας της ψύξης. Θα αναφερθούμε μόνο στο σύστημα αυτοματισμού της λειτουργίας του ψυκτικού κυκλώματος.



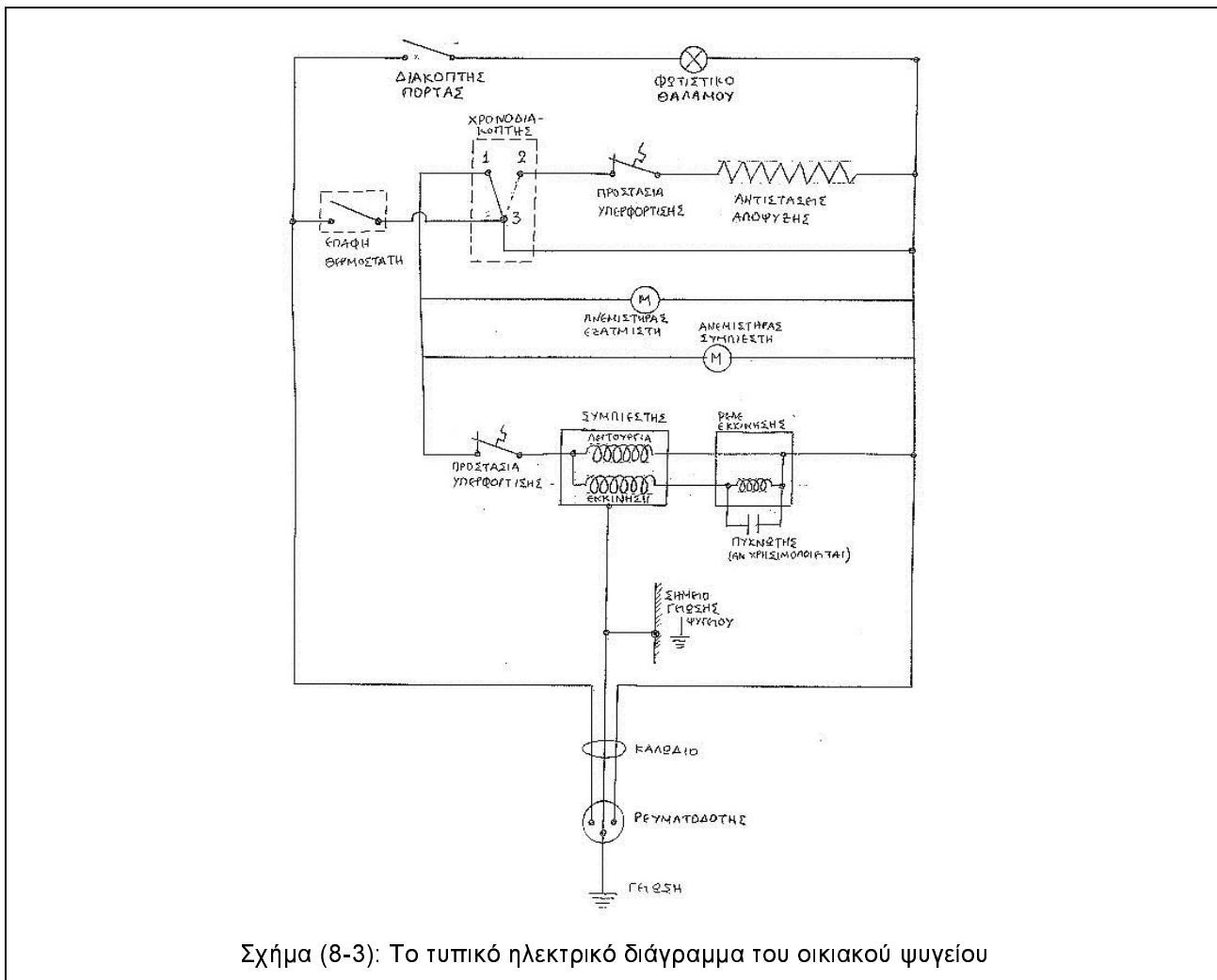
Η απλότητα του ψυκτικού κυκλώματος κάνει το σχήμα (8-2) απόλυτα κατανοητό. Η ρύθμιση της θερμοκρασίας του ψυγείου γίνεται με τη βοήθεια ενός θερμοστάτη, ο οποίος δίνει εντολή στον συμπιεστή να σταματήσει τη λειτουργία του, όταν η θερμοκρασία έχει φθάσει στην επιθυμητή τιμή και να εκκινήσει πάλι όταν θα έχει πέσει κάτω από κάποιο ελάχιστο όριο. Ο χρονοδιακόπτης απόψυξης, κατά διαστήματα, προκαλεί την αυτόματη απόψυξη του ψυγείου, διακόπτοντας τη λειτουργία του ψυκτικού κυκλώματος και θέτοντας σε λειτουργία την ηλεκτρική αντίσταση απόψυξης.

Την τυπική ηλεκτρική συνδεσμολογία του οικιακού ψυγείου τη βλέπουμε στο σχήμα (8-3). Η λειτουργία, συνοπτικά, έχει ως εξής:

- Όλα ελέγχονται από το θερμοστάτη εκτός από το φωτάκι του ψυγείου. Όταν η επαφή του θερμοστάτη είναι ανοικτή τότε δεν μπορεί να λειτουργήσουν ούτε ο συμπιεστής αλλά ούτε και οι αντιστάσεις απόψυξης.
- Ο χρονοδιακόπτης ελέγχει ένα μεταγωγικό διακόπτη, δηλαδή μία ηλεκτρική επαφή δύο θέσεων. Όταν ο μεταγωγικός διακόπτης είναι στην κανονική του θέση 1-3, επιτρέπει τη λειτουργία του συμπιεστή και αποκλείει τη λειτουργία της αντίστασης απόψυξης. Το αντίθετο ακριβώς συμβαίνει όταν η επαφή του χρονοδιακόπτη, κάποια στιγμή, μετακινηθεί στη θέση 2-3 (αυτόματη απόψυξη).



Τόσο ο συμπιεστής, όσο και η αντίσταση απόψυξης προστατεύονται από τα τυχόν ισχυρά ρεύματα, που θα προκαλούσαν την καταστροφή τους, μέσω των διακοπών που βλέπουμε στο σχήμα (8-3). Οι διακόπτες που συμβολίζονται με αυτόν τον τρόπο ονομάζονται **διακόπτες θερμικής προστασίας**. Για την εκκίνηση του συμπιεστή, ο οποίος κινείται από μονοφασικό κινητήρα, υπάρχει το ρελέ εκκίνησης. Τέλος, όλα τα μεταλλικά μέρη του ψυγείου είναι ενωμένα στο σημείο γείωσης, για την προστασία σε περίπτωση βραχυκυκλώματος. Αν τυχόν συμβεί κάποιο βραχυκύκλωμα, θα καεί η ασφάλεια ή θα πέσει ο μικροαυτόματος του κεντρικού πίνακα της κατοικίας.

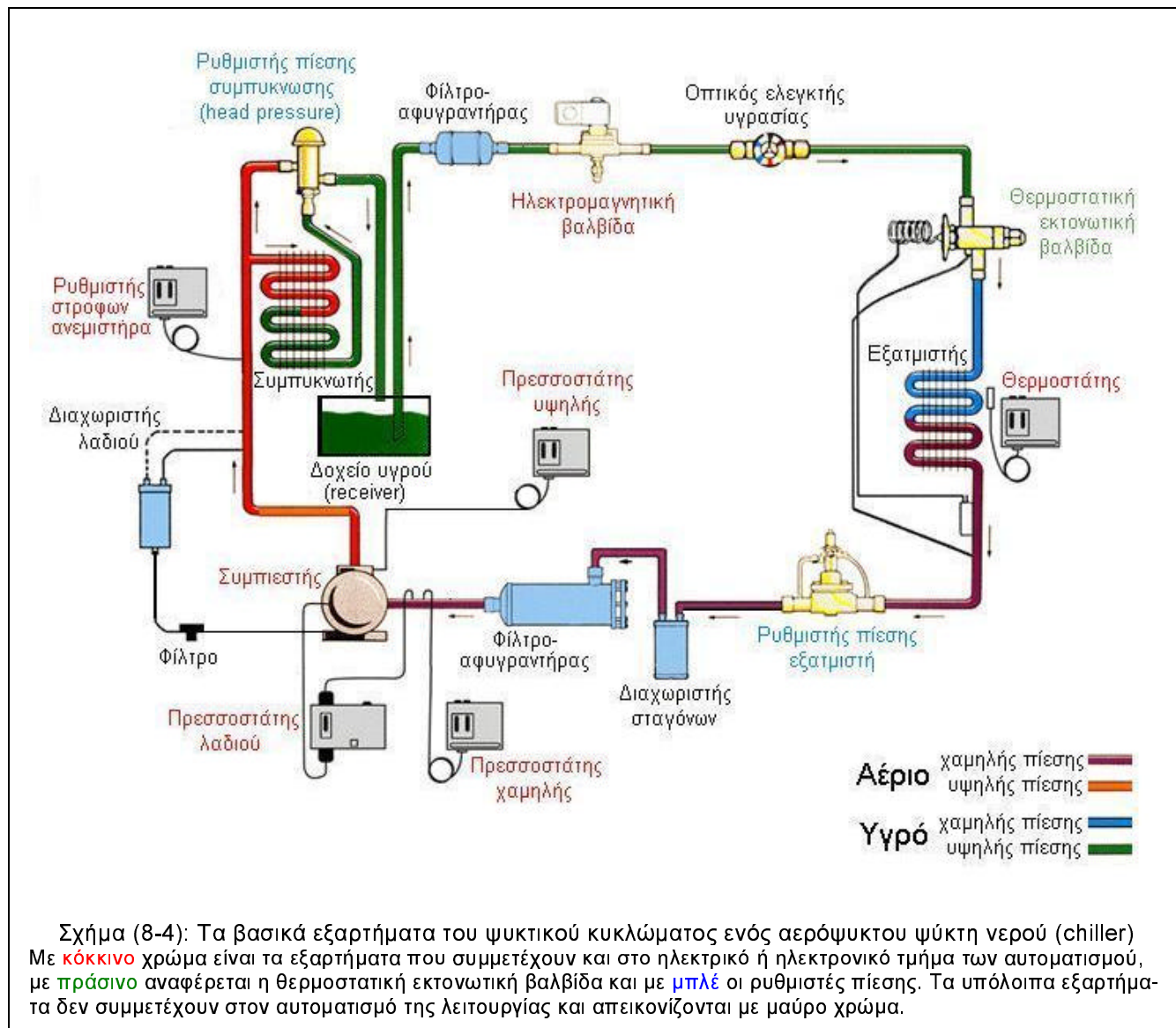


### 8-3. Το ψυκτικό κύκλωμα

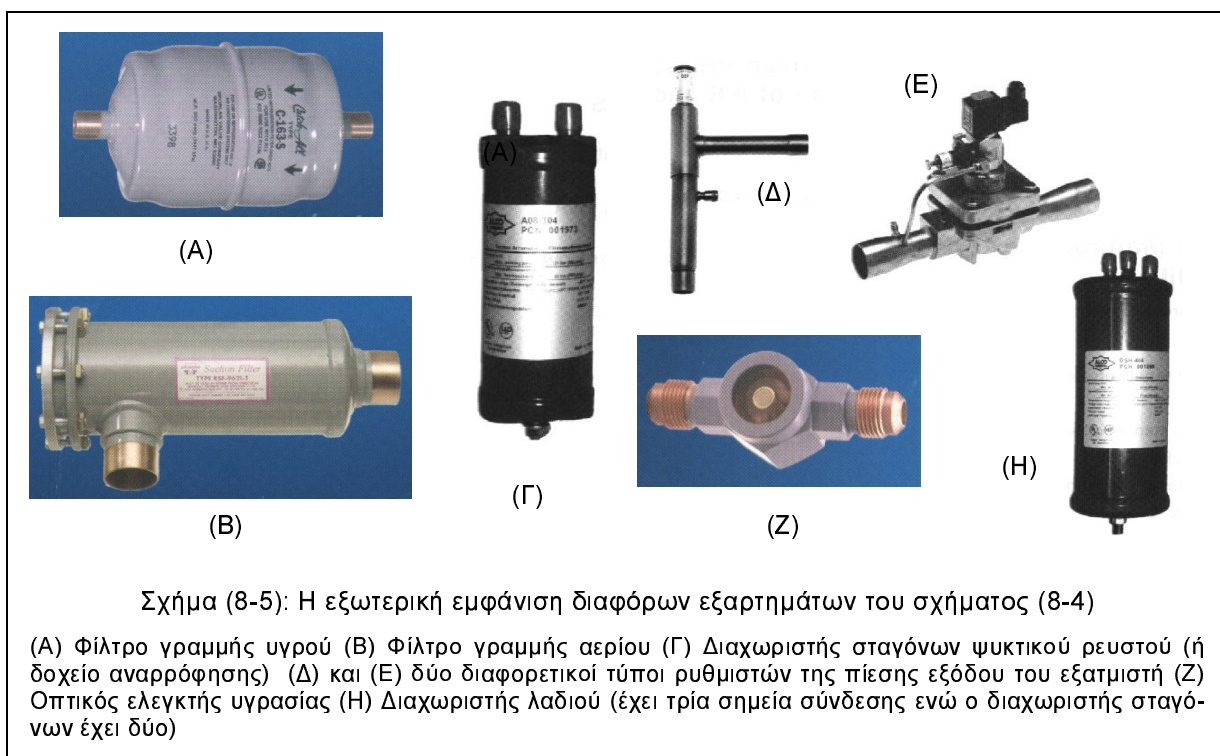
Η λεπτομερής ανάπτυξη όλων των εξαρτημάτων των ψυκτικών κυκλωμάτων είναι αντικείμενο του μαθήματος της τεχνολογίας της ψύξης. Το αντικείμενο μας, στο μάθημα αυτό, είναι οι αυτοματισμοί της λειτουργίας και γι' αυτό το ψυκτικό κύκλωμα θα το μελετήσουμε μόνο από την πλευρά των αυτοματισμών του. Αλλά για να μην υπάρχουν κενά που θα δυσκόλευαν στην κατανόηση του κειμένου, όπου χρειάζεται, θα γίνεται αναφορά και στα υπόλοιπα εξαρτήματα, έστω και αν αυτά δεν συμμετέχουν στον αυτοματισμό. Ευνόητο είναι ότι η αναφορά αυτή θα είναι πάρα πολύ συνοπτική και

ότι δεν παρεκκλίνουμε από το στόχο μας, δηλαδή από την ανάπτυξη των τεχνικών του αυτοματισμού των ψυκτικών κυκλωμάτων.

Η τυπική μορφή του ψυκτικού κυκλώματος φαίνεται στο σχήμα (8-4). Τα εξαρτήματα του σχήματος **δεν** είναι όλα όσα μπορούν να συναντηθούν σε ένα ψυκτικό κύκλωμα αλλά μόνο τα απολύτως αναγκαία. Τα κυριότερα εξαρτήματα που συμμετέχουν στον αυτοματισμό του ψυκτικού κυκλώματος του σχήματος (8-4) έχουν σημειωθεί με ιδιαίτερα χρώματα (με κόκκινο, πράσινο και μπλε, όπως εξηγείται και στο υπόμνημα του σχεδίου), ενώ τα εξαρτήματα που δεν συμμετέχουν στον αυτοματισμό αναγράφονται με μαύρο χρώμα.



Δεν θα γίνει λεπτομερής αναφορά στην επεξήγηση του σχήματος (8-4), επειδή, εκτός του ότι είναι αρκετά απλό και αυτονόητο, θα πρέπει να είναι ήδη γνωστό από την τεχνολογία της ψύξης. Η λειτουργία των βασικότερων εξαρτημάτων αυτοματισμού που συμμετέχουν σ' αυτό αναπτύχθηκε στο κεφάλαιο 5. Τα κυριότερα από τα υπόλοιπα, φαίνονται στο σχήμα (8-5).



Συνοπτικά, για λόγους υπενθύμισης, αναφέρουμε ότι η λειτουργία του ψυκτικού κυκλώματος του σχήματος (8-4) έχει ως εξής:

- Το ψυκτικό υγρό βρίσκεται συγκεντρωμένο στο δοχείο το οποίο είναι περισσότερο γνωστό με τον Αγγλικό όρο **receiver**.

Οι ανάγκες σε ψυκτικό υγρό είναι μεταβλητές, ανάλογα με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αλλά και με τον τρόπο λειτουργίας. Ιδιαίτερα μάλιστα, αν πρόκειται για αντλία θερμότητας, το χειμώνα οι ανάγκες σε ψυκτικό υγρό είναι πολύ μειωμένες. Η απουσία του receiver στα μεγάλα ψυκτικά κυκλώματα μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα. Αντίθετα στα μικρά, όπως στα split units, το εξάρτημα αυτό μπορεί να μην είναι απαραίτητο.

- Η απαιτούμενη ποσότητα του ψυκτικού υγρού αποστέλλεται προς τον εξατμιστή, με υψηλή πίεση. Όταν υπάρχει receiver, η αποστολή του ψυκτικού υγρού εξασφαλίζεται από το αέριο που υπάρχει υπό πίεση, στο πάνω μέρος του receiver. Στη συνέχεια, το υγρό διέρχεται από το φίλτρο όπου καθαρίζεται και αφαιρείται η τυχόν υγρασία του. Στη θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα, την οποία για συντομία θα τη γράφουμε στη συνέχεια ως **ΘΕΒ**, δημιουργείται η κατάλληλη πτώση πίεσης. Η θερμότητα απάγεται μέσω της εξάτμισης του ψυκτικού υγρού που προκαλείται στον εξατμιστή. Μέσω του **ρυθμιστή πίεσης του εξατμιστή**<sup>1</sup>, τυπικές μορφές του οποίου βλέπουμε στο σχήμα (8-5) (Δ και Ε), εξασφαλίζεται ότι η πίεση στην έξοδο του εξατμιστή δεν θα πέσει κάτω από μία ορισμένη τιμή.

Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα κλείνει όταν ο συμπιεστής είναι εκτός λειτουργίας. Ο έλεγχος της υγρασίας γίνεται από τον οπτικό ελεγκτή ο οποίος αλλάζει χρώμα όταν το ψυκτικό υγρό περιέχει υγρασία.

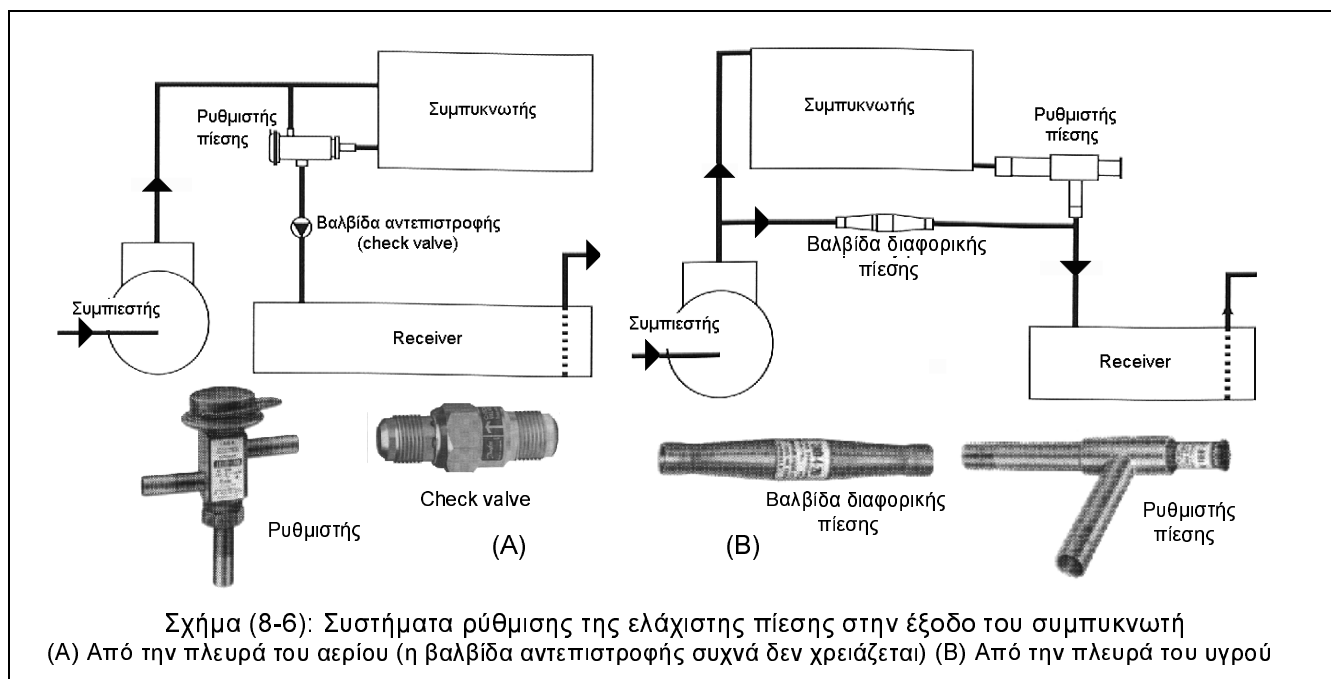
<sup>1</sup> Σ' αυτό το σύστημα θα αναφερθούμε και αργότερα με λεπτομέρειες, κατά την ανάπτυξη των συστημάτων αυτοματισμού του ψυκτικού κυκλώματος.

- Το αέριο, υπό χαμηλή πίεση, συγκεντρώνεται στον διαχωριστή σταγονιδίων ή δοχείο τροφοδοσίας (accumulator). Η τυχόν αναρρόφηση σταγονιδίων ενδέχεται να προκαλέσει βλάβη στον συμπιεστή. Πριν εισέλθει το αέριο στον συμπιεστή, φιλτράρεται εκ νέου και αφαιρείται η τυχόν υγρασία του. Ο συμπιεστής αναρροφά το αέριο χαμηλής πίεσης και το αποστέλλει στον συμπυκνωτή.

*Το λιπαντικό λάδι και το αέριο, στον συμπιεστή συνυπάρχουν στο ίδιο περιβάλλον και διαχωρίζονται μέσω του διαχωριστή λαδιού.*

- Στο συμπυκνωτή υγροποιείται το ψυκτικό ρευστό και συγκεντρώνεται στο receiver. Στα αερόψυκτα συστήματα, όταν η παροχή ψύξης είναι απαραίτητη και κατά το χειμώνα (π.χ. στους ψυκτικούς θαλάμους), πρέπει να υπάρχει και ένας ρυθμιστής για τη διατήρηση της **αρχικής πίεσης** (head pressure), δηλαδή της πίεσης που επικρατεί στο receiver, σε μία ελάχιστη τιμή. Η αντιμετώπιση των πτώσεων πίεσης στο ψυκτικό κύκλωμα, καθιστά απαραίτητη την ύπαρξη μίας ελάχιστης πίεσης στο receiver, η οποία αποτελεί προϋπόθεση για τη σωστή λειτουργία του ψυκτικού κυκλώματος.

Ο ρυθμιστής της αρχικής πίεσης<sup>2</sup>, χρειάζεται επειδή η θερμοκρασία του αέρα το χειμώνα είναι πολύ χαμηλή. Όταν η θερμοκρασία του αέρα πέσει κάτω από κάποια τιμή, θα πέσει και η θερμοκρασία συμπύκνωσης κάτω από ένα ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο. Με το ρυθμιστή πίεσης, εξασφαλίζεται ότι θα υπάρχει πάντοτε η ελάχιστη απαιτούμενη πίεση για τη λειτουργία του ψυκτικού κυκλώματος. Αυτό, όπως φαίνεται στο σχήμα (8-6), επιτυγχάνεται παρακάμπτοντας μία ποσότητα αερίου και στέλνοντάς την απευθείας στο receiver, ανεβάζοντας την πίεση στο χώρο του receiver, οπότε εξαναγκάζεται και ο συμπιεστής να λειτουργεί σε μεγαλύτερη πίεση.



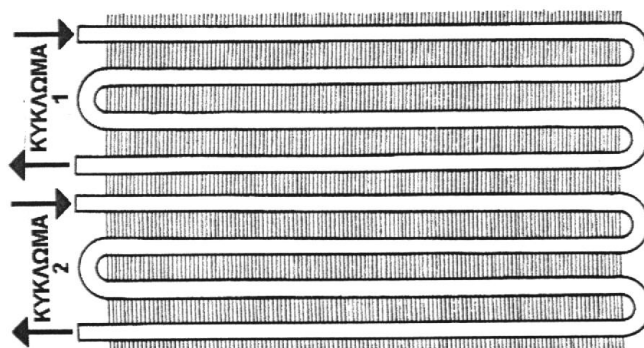
<sup>2</sup> Σ' αυτό το σύστημα θα αναφερθούμε και στους αυτοματισμούς του ψυκτικού κυκλώματος.

#### 8-4. Ο αυτοματισμός της λειτουργίας του ψυκτικού κυκλώματος

Το κυριότερο εξάρτημα που συναντάμε είναι προφανώς η ΘΕΒ, της οποίας η λειτουργία αναπτύχθηκε στο κεφάλαιο 5. Η ΘΕΒ του σχήματος (8-4) είναι με εξωτερικό εξισωτή. Η ελεγχόμενη παράμετρος, σε τελευταία ανάλυση, είναι το μήκος του σωλήνα μέσα στο οποίο λαμβάνει χώρα η υπερθέρμανση του ψυκτικού ρευστού. Το μήκος αυτό του σωλήνα θέλουμε να το διατηρήσουμε κατά το δυνατό μικρότερο επειδή το τμήμα του εξατμιστή, στο οποίο έχουμε αποκλειστικά και μόνο αέριο, μας είναι σχεδόν άχρηστο.

Τώρα που είμαστε σε θέση να διακρίνουμε τους ελεγκτές σε τύπου P, PI και PID, μπορούμε να αντιληφθούμε καλύτερα τη λειτουργία του εξωτερικού εξισωτή της ΘΕΒ. Η λειτουργία της βαλβίδας χωρίς τον εξωτερικό εξισωτή είναι αντίστοιχη με αυτήν ενός ελεγκτή τύπου P και γι' αυτό δεν μπορεί να μας εξασφαλίσει ότι το τμήμα μέσα στο οποίο θα έχουμε υπερθέρμανση θα είναι πάντοτε αρκετά μικρό. Η προσθήκη του εξωτερικού εξισωτή, είναι σαν να τοποθετούμε μία ολοκληρωτική ρύθμιση η οποία σκοπό έχει να μειώσει αυτό το μήκος. Δηλαδή η λειτουργία της ΘΕΒ με εξωτερικό εξισωτή είναι κάτι αντίστοιχο με τη λειτουργία ενός ελεγκτή τύπου PI.

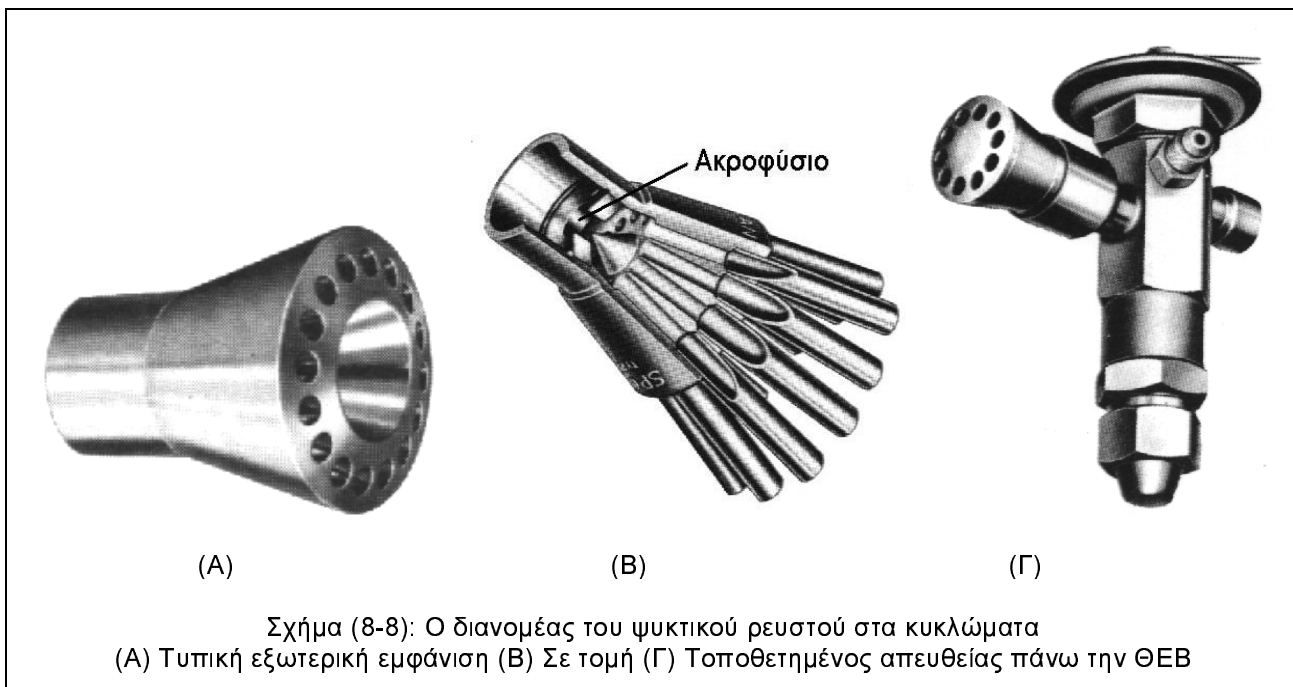
Η ΘΕΒ αποτελεί τυπικό παράδειγμα αυτοματισμού όπου το μέσο που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία είναι το ίδιο το διερχόμενο ψυκτικό ρευστό. Αυτή, στην κατάταξη που έγινε των αυτοματισμών, ανήκει στην περίπτωση 3 του πίνακα (6-2), όπου οι αυτοματισμοί διακρίθηκαν ανάλογα με το μέσο λειτουργίας που χρησιμοποιούν.



Σχήμα (8-7): Τα κυκλώματα ενός εναλλάκτη θερμότητας

Το ψυκτικό ρευστό μετά την έξοδο του από τη ΘΕΒ, κατανέμεται στα κυκλώματα του εξατμιστή. Ένας εξατμιστής μπορεί να έχει περισσότερα του ενός κυκλώματα, όπως φαίνεται στο σχήμα (8-7), όπου βλέπουμε τι εννοούμε με τον όρο κυκλώματα.

Για την κατανομή του ψυκτικού υγρού στα κυκλώματα, χρησιμοποιούνται τα εξαρτήματα που ονομάζονται διανομείς. Τέτοιο εξάρτημα βλέπουμε στο σχήμα (8-8α) ενώ στο σχήμα (8-8β), βλέπουμε μία ΘΕΒ με τον εξατμιστή απευθείας συνδεδεμένο πάνω στην ΘΕΒ.



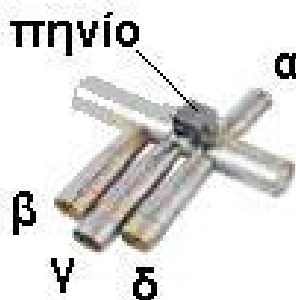
### 8-5. Ο αυτοματισμός της λειτουργίας της αντλίας θερμότητας

Ο αυτοματισμός της λειτουργίας του ψυκτικού κυκλώματος των αντλιών θερμότητας παρουσιάζει ιδιαίτερο τεχνικό ενδιαφέρον.

Η λειτουργία των αντλιών θερμότητας, θεωρητικά τουλάχιστον είναι πολύ απλή. Γίνεται αναστροφή της ροής του ψυκτικού ρευστού και ο συμπυκνωτής γίνεται εξατμιστής ενώ ο εξατμιστής γίνεται συμπυκνωτής. Η αναστροφή της λειτουργίας γίνεται μέσω μίας τετράοδης βάνας αναστροφής της ροής (reversing valve) την οποία βλέπουμε στο σχήμα (8-9). Η λειτουργία της τετράοδης βάνας βασίζεται στο πηνίο το οποίο μετακινεί ένα εσωτερικό έμβολο. Χάρης σ' αυτό το έμβολο η οπή α μπορεί να συνδέεται:

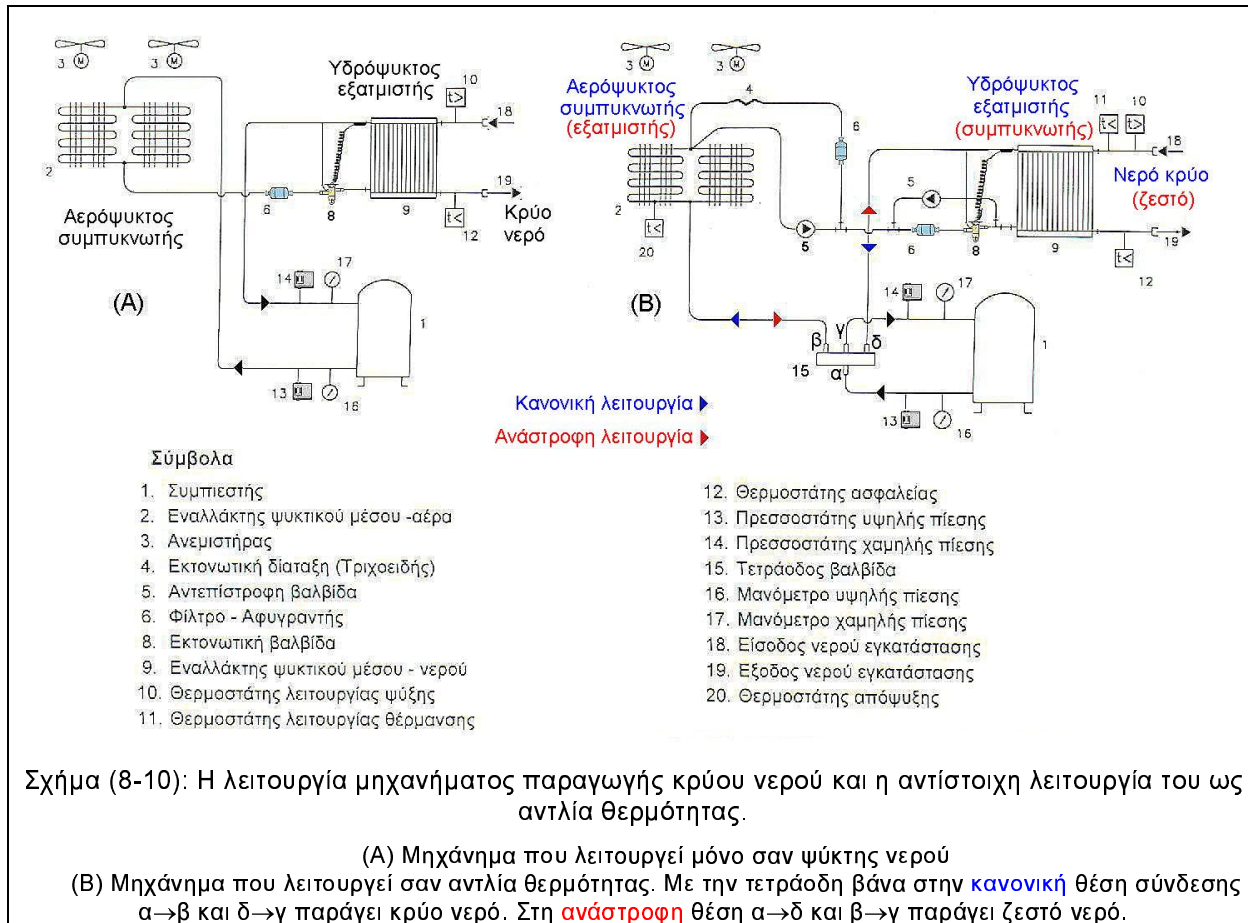
- Είτε με την οπή β, ενώ συγχρόνως οι γ και η δ συνδέονται και αυτές μεταξύ τους.
- Είτε με την δ με αντίστοιχη σύνδεση των β και γ.

Στο σχήμα (8-10), φαίνεται πως λειτουργεί ο αυτοματισμός που αναστρέφει τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας. Στην περίπτωση (Α), έχουμε το απλό σύστημα ψύξης. Στην περίπτωση (Β) βλέπουμε το ίδιο κύκλωμα, το οποίο λειτουργεί ως αντλία θερμότητας, με την αναστροφή της λειτουργίας. Στο συγκεκριμένο διάγραμμα, διακρίνουμε ότι κατά την ανάστροφη λειτουργία χρησιμοποιείται τριχοειδής σωλήνας επειδή συμβαίνει να επαρκεί για τη λειτουργία του χειμώνα. **Η απαιτούμενη παροχή ψυκτικού υγρού κατά το χειμώνα είναι μικρότερη από ότι το καλοκαίρι**, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι πάντοτε ένα τριχοειδές θα επαρκεί. Στα μηχανήματα με μεγάλη ισχύ θέρμανσης, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιείται και μία δεύτερη θερμοεκτονωτική βαλβίδα κατά την ανάστροφη λειτουργία.



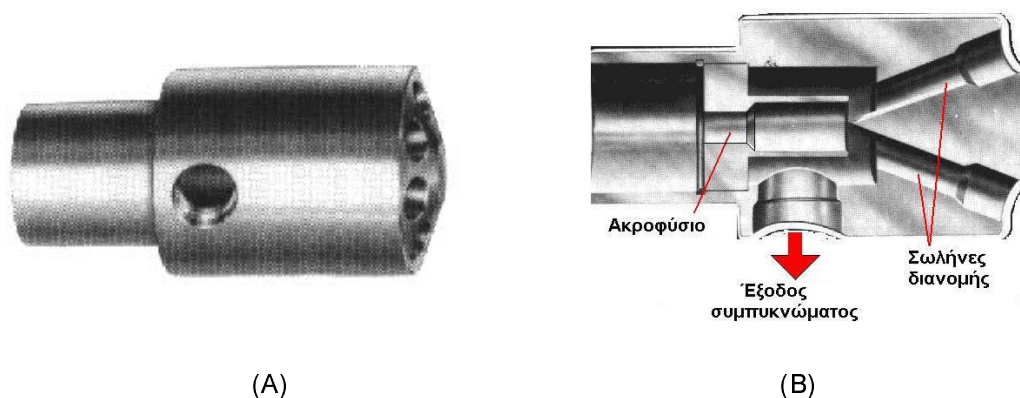
Σχήμα (8-9): Η τετράοδη βάνα

Κατά την αντιστροφή της λειτουργίας, δημιουργείται το πρόβλημα της παράκαμψης της ΘΕΒ και του διανομέα. Το σχήμα (8-10<sup>B</sup>) δείχνει παραστατικά τον τρόπο με τον οποίο επιτυγχάνεται η παράκαμψη, όταν έχουμε να κάνουμε **με ένα μόνο κύκλωμα** οπότε δεν έχουμε ανάγκη από διανομέα. Για να γίνουν καλύτερα αντιληπτές οι διαφορές που υπάρχουν από την απλή λειτουργία της ψύξης, στο σχήμα (8-10<sup>A</sup>) φαίνεται πως είναι το ίδιο κύκλωμα όταν λειτουργεί μόνο σε ψύξη. Προκειμένου να υπάρχει απλότητα στα εν λόγω σχήματα και να επικεντρωθεί η προσοχή στα κύρια σημεία, δεν έχουν αναφερθεί όλα τα εξαρτήματα του κάθε ψυκτικού κυκλώματος (π.χ. το receiver, ο διαχωριστής σταγόνων κλπ.) τα οποία όμως είναι αυτονόητο ότι υπάρχουν.



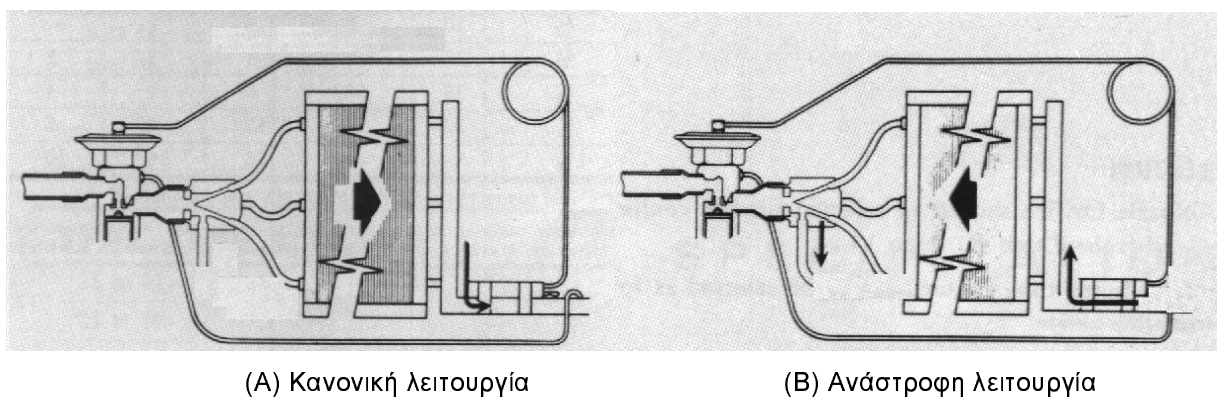


Το πρόβλημα είναι πως θα επιτευχθεί η παράκαμψη της ΘΕΒ όταν έχουμε επιπλέον στο κύκλωμα και τον διανομέα (δηλαδή όταν ο εξατμιστής έχει πολλά κυκλώματα). Στην περίπτωση αυτή, όπως φαίνεται και στα σχήματα (8-8B) και (8-11B), υπάρχει μία στένωση (το ακροφύσιο), την οποία παρουσιάζει ο διανομέας πριν από τους σωλήνες που κατανέμουν το ψυκτικό ρευστό στα κυκλώματα. Η στένωση αυτή δεν επαρκεί για υποδεχτεί την παροχή του ψυκτικού υγρού κατά ανάστροφη λειτουργία του κυκλώματος. Αν επαρκούσε θα μπορούσε μεταξύ του διανομέα και της ΘΕΒ να παρεμβάλλεται ένας κατάλληλος σωλήνας για την παράκαμψη της ΘΕΒ, κατά τον ίδιο τρόπο που γίνεται η παράκαμψη στο σχήμα (8-10).



Σχήμα (8-11): Ο ειδικός διανομέας που μπορεί να λειτουργεί και ανάστροφα  
(Α) Εξωτερική εμφάνιση (Β) Ροή κατά την ανάστροφη λειτουργία

Η δυσκολία της συγκέντρωσης του συμπυκνωμένου ψυκτικού υγρού κατά την ανάστροφη λειτουργία έχει επιλυθεί με διάφορους τρόπους. Ο συνηθέστερος, μικρού κατασκευαστικού κόστους, αλλά όχι και ο καλύτερος<sup>3</sup>, είναι με τη χρήση ενός ειδικού διανομέα, ο οποίος φαίνεται στο σχήμα (8-11). Ο διανομέας αυτός διαθέτει μία οπή μεταξύ του ακροφυσίου και των σωλήνων διανομής του ψυκτικού υγρού, για την απομάκρυνση του ψυκτικού ρευστού κατά την ανάστροφη λειτουργία, όπως φαίνεται και στο σχήμα (8-12).



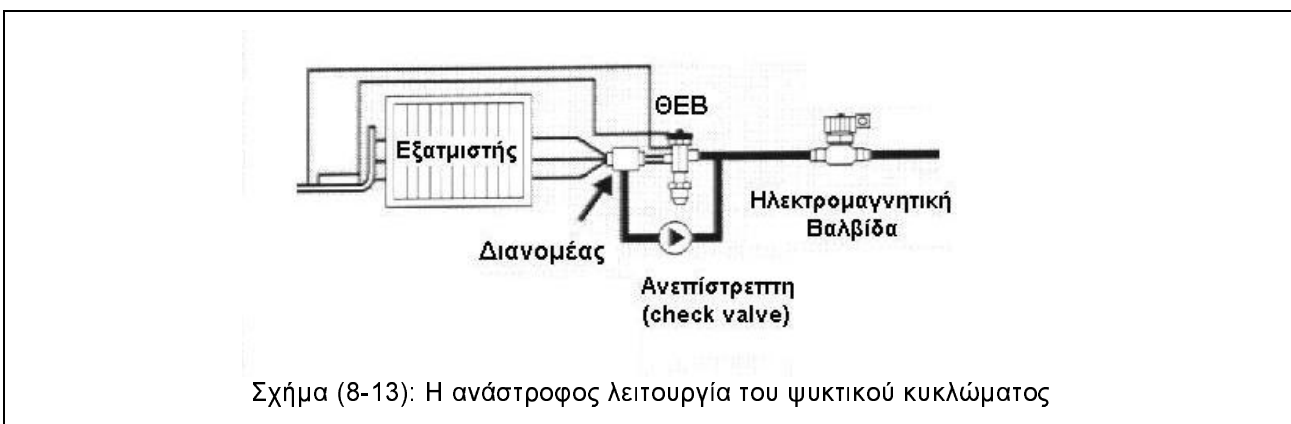
Σχήμα (8-12): Η κανονική και η ανάστροφη λειτουργία του διανομέα του σχήματος (8-11)

<sup>3</sup> Ο καλύτερος τρόπος είναι με τον συνδυασμό διανομέα και συλλέκτη, αλλά η τεχνική αυτή δεν αναπτύσσεται εδώ επειδή δεν έχει σχέση με τους αυτοματισμούς. Επίσης χρησιμοποιείται σπάνια λόγω του υψηλού κόστους.



Για την αποφυγή της επιστροφής του ρευστού όταν η λειτουργία είναι κατά την κανονική φορά, συνήθως παρεμβάλλεται μία βαλβίδα αντεπιστροφής ή μία ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα στην έξοδο του ψυκτικού υγρού από τον διανομέα. Στο σχήμα (8-13) βλέπουμε το κρίσιμο αυτό τμήμα του αυτοματισμού του ψυκτικού κυκλώματος της αντλίας θερμότητας.

Στα μεγάλα μηχανήματα, η τοποθέτηση ενός τριχοειδούς σωλήνα στην πλευρά του συμπυκνωτή (για τη λειτουργία του ως εξατμιστής κατά την ανάστροφη λειτουργία), κατά τον τρόπο που φαίνεται στο σχήμα (8-10B), μπορεί να μην επαρκεί για να γίνεται η εκτόνωση. Οπότε, προφανώς, θα πρέπει να υπάρχει ακόμη ένα σύστημα, όπως αυτό του σχήματος (8-13) στην πλευρά του συμπυκνωτή, που θα λειτουργεί όταν θα έχουμε αναστροφή της λειτουργίας.



Ο ειδικός αυτός διανομέας, δεν βρίσκει εφαρμογή μόνο στη συγκέντρωση των συμπυκνωμάτων. Όπως θα δούμε αργότερα, μπορεί η πλάγια οπή να χρησιμοποιείται εξ ίσου καλά και για την αυτόματη ρύθμιση του φορτίου της εγκατάστασης ή για την αποφυγή δημιουργίας πάγου.

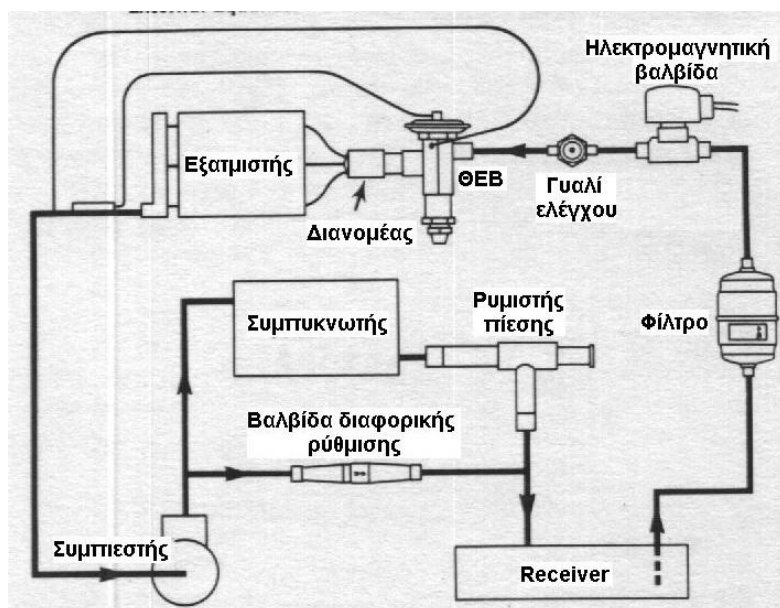
Τέλος ένα σημείο που θα πρέπει να αναφερθεί, αν και δεν έχει άμεση σχέση με τον αυτοματισμό είναι το μέγεθος του receiver. Κατά το χειμώνα η απαιτούμενη ποσότητα του ψυκτικού υγρού είναι μικρότερη από ότι κατά το καλοκαίρι. Κατά συνέπεια τίθεται θέμα αποθήκευσης του πλεονάζοντος ψυκτικού υγρού. Αυτό επιλύεται πολύ απλά με την εγκατάσταση ενός μεγαλύτερου receiver. Δηλαδή, αν έχουμε δύο μηχανήματα όπως αυτά του σχήματος (8-10), και τα δούμε στην πραγματική τους κατασκευή, δεν θα πρέπει να μας προκαλέσει έκπληξη αν διαπιστώσουμε ότι, ενώ κατασκευαστικά είναι σχεδόν τα ίδια, αυτό που λειτουργεί ως αντλία θερμότητας να έχει μεγαλύτερο receiver.

#### 8-6. Η ρύθμιση της πίεσης στο receiver (head pressure)

Στο σύστημα αυτής της ρύθμισης αναφερθήκαμε συνοπτικά και στην παράγραφο (8-3). Αν η θερμοκρασία του αέρα το χειμώνα είναι πολύ χαμηλή, υπάρχει κίνδυνος να πέσει και η θερμοκρασία συμπύκνωσης κάτω από ένα ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο με αποτέλεσμα να πέσει και η πίεση στο receiver κάτω από μία ελάχιστη πίεση που είναι απαραίτητη για τη λειτουργία του ψυκτικού κυκλώ-

ματος (η εξήγηση του φαινομένου είναι αντικείμενο της τεχνολογίας της ψύξης). Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με τον ρυθμιστή της πίεσης στο receiver την οποία θα την αποκαλούμε και **αρχική πίεση** (head pressure).

Στο (8-14), βλέπουμε το σύστημα του ρυθμιστή πίεσης ο οποίος συνδυάζεται με μία διαφορική βαλβίδα ελέγχου της πίεσης. Επίσης στο σχήμα (8-15) βλέπουμε σε τομή το ρυθμιστή πίεσης και τη βαλβίδα διαφορικής ρύθμισης της πίεσης.



Σχήμα (8-14): Σύστημα ρύθμισης της αρχικής πίεσης (head pressure) με ρυθμιστή πίεσης και βαλβίδα διαφορικής ρύθμισης

Έστω ότι ο ρυθμιστής πίεσης είναι ρυθμισμένος για να ανοίγει στα 800 kPa. Επίσης η βαλβίδα διαφορικής πίεσης είναι ρυθμισμένη να ανοίγει στα 140 kPa και ως εκ τούτου ρυθμίζει τη διαφορά πίεσης μεταξύ της εισόδου του συμπυκνωτή και του receiver έτσι ώστε αυτή να είναι κάτω από 140 kPa. Τότε το σύστημα του σχήματος θα έχει πάντοτε στο receiver πίεση τουλάχιστον 800 kPa. Η πίεση πριν από τον συμπυκνωτή θα είναι το πολύ μέχρι 140 kPa μεγαλύτερη από την πίεση που θα υπάρχει στο receiver. Αν π.χ. η πίεση στο receiver είναι 1000 kPa η πίεση πριν τον συμπυκνωτή θα είναι μικρότερη από 1140 kPa.

#### **Μονάδες και σύμβολα**

Η τυπική μονάδα μέτρησης της πίεσης στο σύστημα SI είναι το kPa.

Στην πράξη όμως, κατά το χρόνο συγγραφής του παρόντος βιβλίου, χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά το bar. Ισχύει η σχέση:

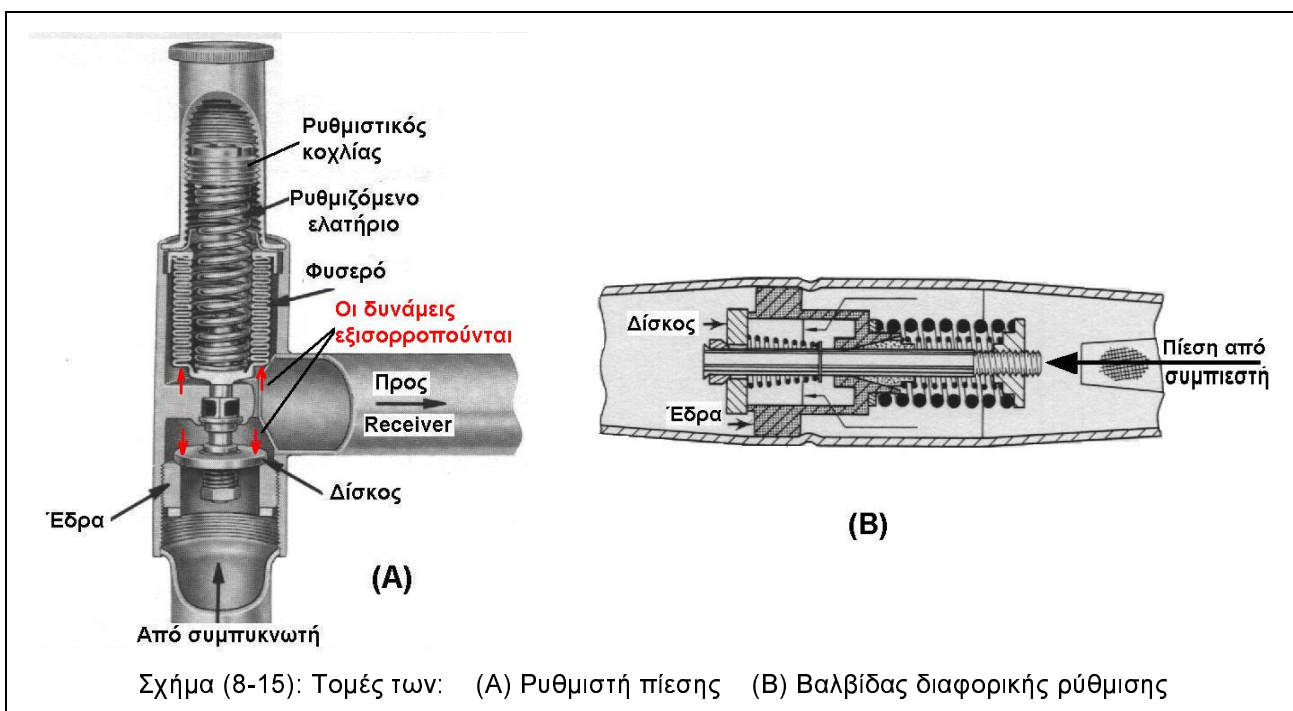
$$1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa}$$

Παλαιότερα ήταν σε χρήση το psi που είναι η τυπική μονάδα πίεσης του συστήματος I-P. Ισχύουν οι σχέσεις:

$$1 \text{ bar} = 14,5 \text{ psi}$$

$$1 \text{ psi} = 6,9 \text{ kPa}$$

Οι μονάδες πίεσης που χρησιμοποιούνται στο βιβλίο, είναι του συστήματος SI, δηλαδή το kPa. Αν η προτίμηση για τις πιέσεις είναι το bar, η μετατροπή τους είναι εύκολη, απλά διαιρούμε με το 100.

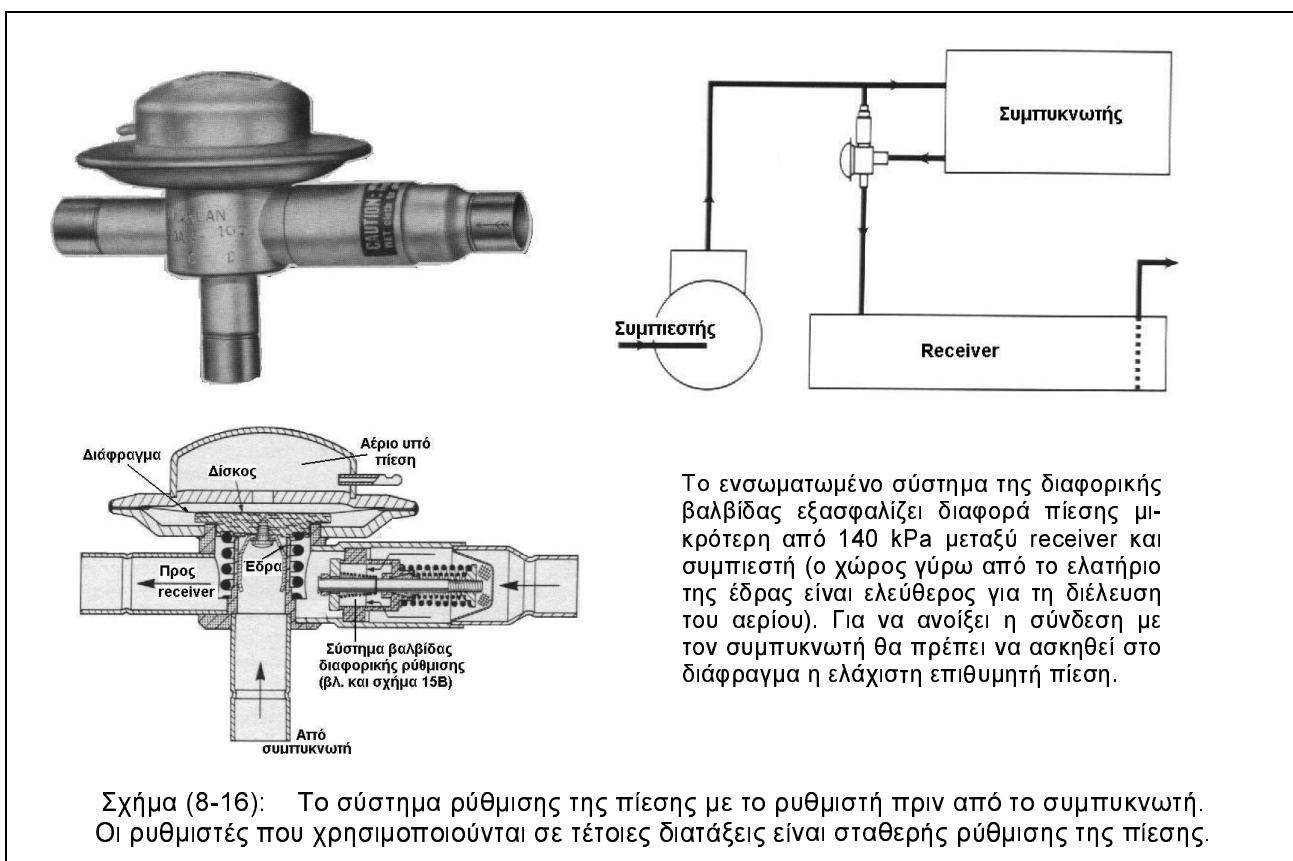


Η βαλβίδα ρύθμισης του σχήματος (8-15<sup>A</sup>), παρουσιάζει την ιδιότητα **να μην επηρεάζεται από την πίεση που επικρατεί μέσα στο receiver**. Αυτό συμβαίνει επειδή **η επιφάνεια του φυσερού και η επιφάνεια του δίσκου είναι ακριβώς οι ίδιες** οπότε οι δυνάμεις που εφαρμόζονται από την πίεση του αερίου που υπάρχει στο πάνω μέρος του receiver, αλληλοεξουδετερώνονται.

Αναλυτικότερα, το σύστημα αυτοματισμού λειτουργεί ως εξής:

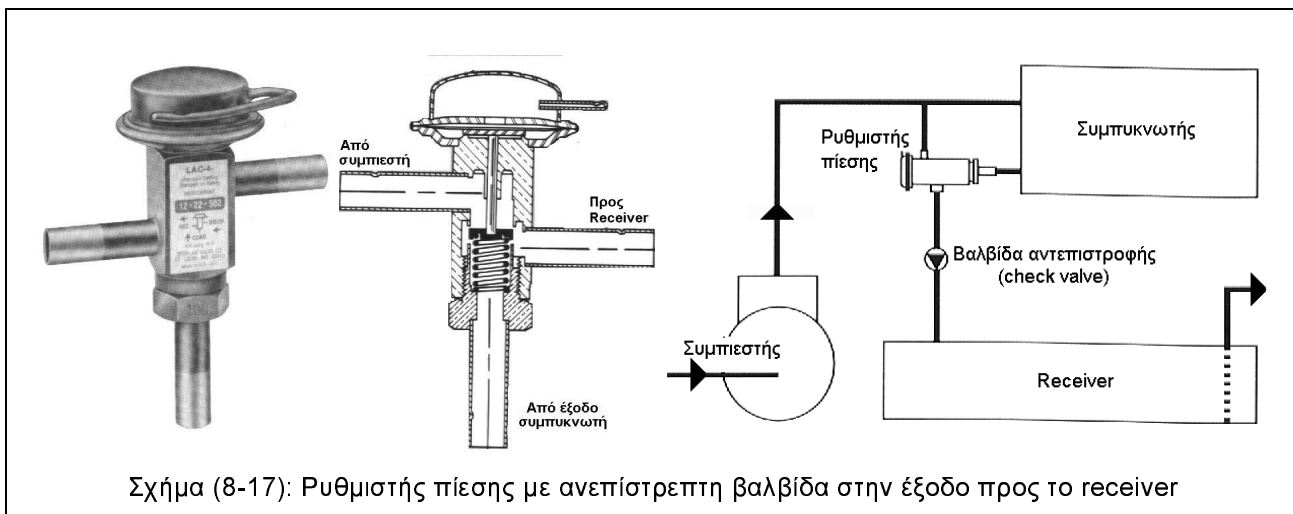
- Αν κάποια στιγμή η διαφορική πίεση στο receiver πέσει κάτω από 800 kPa, που είναι η αντίσταση του ελατηρίου του ρυθμιστή του σχήματος (8-15<sup>A</sup>), τότε κλείνει ο ρυθμιστής και υποχρεώνει το συμπιεστή να ανεβάσει την πίεση μέχρι που να αρχίσει να ανοίγει, πράγμα που θα αρχίσει να συμβαίνει μόλις η πίεση γίνει πάλι 800 kPa.
- Όσο η διαφορά πίεσης μεταξύ της εισόδου συμπυκνωτή και του receiver είναι μικρότερη από 140 kPa, η βαλβίδα διαφορικής ρύθμισης παραμένει κλειστή. Αν όμως αυτή η διαφορά πίεσης φθάσει στα 140 kPa, ανοίγει η βαλβίδα διαφορικής πίεσης και διοχετεύει αέριο με υψηλή πίεση στο receiver, ανεβάζοντας την πίεση. Η βαλβίδα θα κλείσει πάλι μόλις η διαφορά πίεσης πέσει κάτω από 140 kPa.

Ο ρύθμισης της πίεσης του σχήματος (8-15<sup>A</sup>) έχει το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό ότι η πίεση στον ρυθμιστή **μπορεί να μεταβάλλεται** με τη βοήθεια του ρυθμιστικού κοχλία που φαίνεται στο σχήμα. Η περιοχή ρύθμισης του συνήθως είναι από 450 μέχρι 1550 kPa. Η ρύθμιση από το εργοστάσιο είναι περί τα 800 kPa.



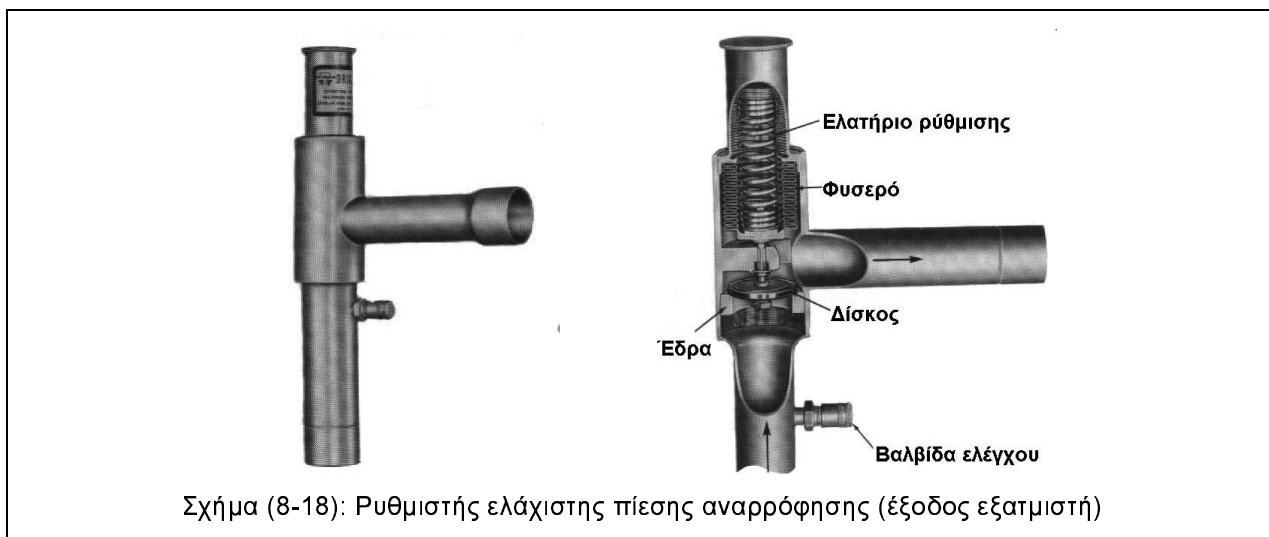
Εκτός από το παραπάνω σύστημα ρύθμισης της αρχικής πίεσης, υπάρχει ένα ακόμη σύστημα στο οποίο ο ρυθμιστής τοποθετείται πριν τον συμπυκνωτή. Τη διάταξη αυτή τη βλέπουμε στο σχήμα (8-16). Με αυτή χρησιμοποιούνται διαφορετικής κατασκευής ρυθμιστές, όπως αυτός που φαίνεται στο σχήμα (8-16). Η ρύθμιση της πίεσης σ' αυτού του τύπου τους ρυθμιστές **είναι σταθερή από το εργοστάσιο** και ο χρήστης δεν μπορεί να την μεταβάλλει. Η ρύθμιση εξαρτάται από το είδος του ψυκτικού ρευστού (π.χ. R-22, R-134a, R404A, R407C, R502 κλπ). Κατά την παραγγελία τους πρέπει να καθορίζεται το ψυκτικό ρευστό ή η επιθυμητή πίεση.

Στο σχήμα (8-17) βλέπουμε έναν άλλο τύπο ρυθμιστή της αρχικής πίεσης, που είναι επίσης κατάλληλος για να τοποθετηθεί πριν από τον συμπυκνωτή. Η λειτουργία του είναι πολύ απλή όπως φαίνεται και από την τομή του σχήματος. Όμως, μετά την έξοδο του με την οποία επικοινωνεί με το receiver πρέπει να παρεμβάλλεται βαλβίδα αντεπιστροφής (check valve). Ο λόγος είναι ότι η κατασκευή του είναι τέτοια που δεν απομονώνει το receiver, οπότε μπορεί να υπάρξει επιστροφή του ψυκτικού υγρού όταν ο συμπιεστής είναι εκτός λειτουργίας. Οι ρυθμιστές αυτού του τύπου έχουν επίσης σταθερή ρύθμιση που καθορίζεται από το εργοστάσιο, ανάλογα με το ψυκτικό ρευστό που χρησιμοποιείται.

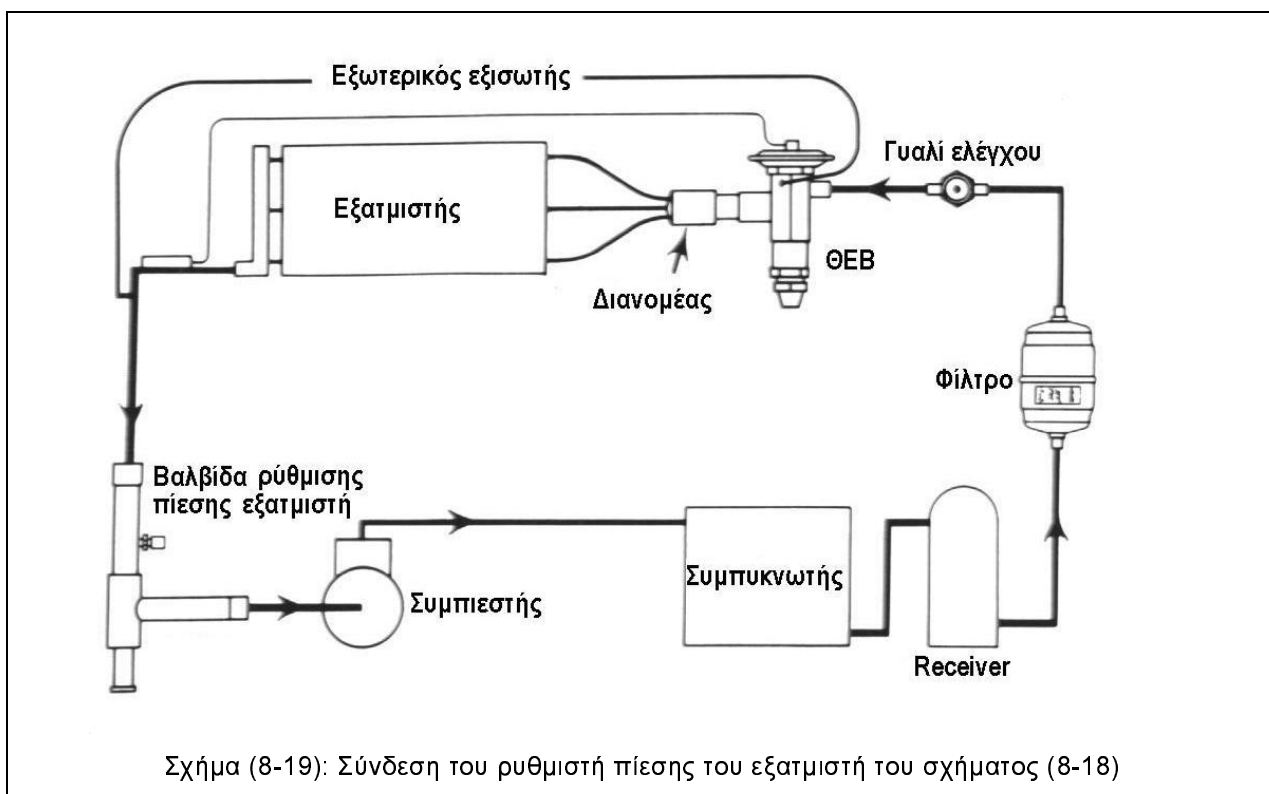


### 8-7. Η ρύθμιση της πίεσης στη γραμμή αναρρόφησης

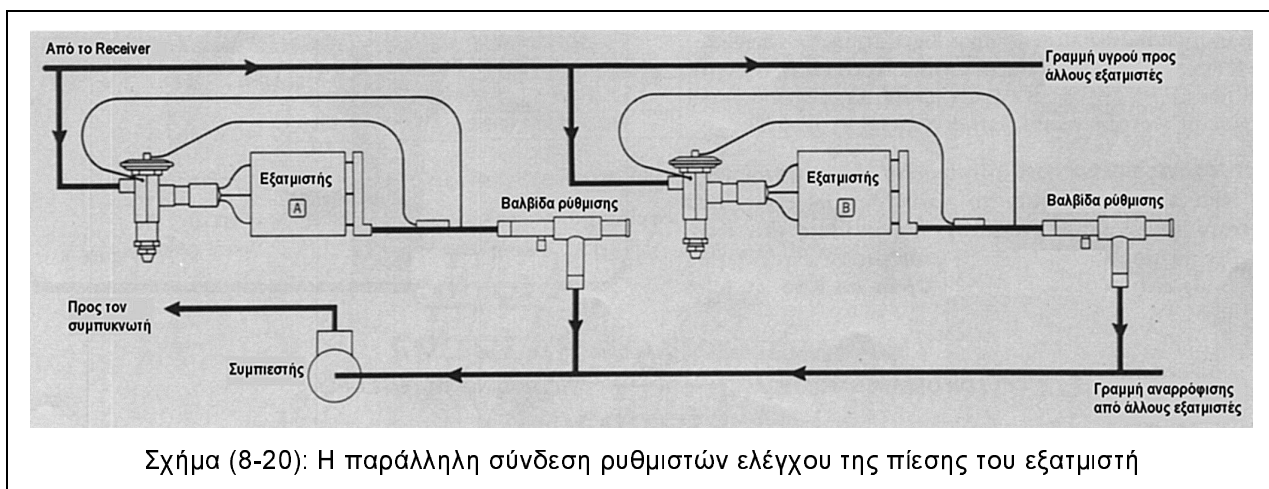
Στον ρυθμιστή της πίεσης αναρρόφησης, δηλαδή αμέσως μετά τον εξατμιστή αναφερθήκαμε συνοπτικά και στην παράγραφο (8-3). Ο σκοπός του είναι να εξασφαλίζει μία ελάχιστη επιθυμητή πίεση στην έξοδο του εξατμιστή γι' αυτό και οι ρυθμιστές αυτοί ονομάζονται **ρυθμιστές πίεσης του εξατμιστή**. Η απλούστερη μορφή τους φαίνεται στο σχήμα (8-18). Μοιάζει πολύ με αυτή του ρυθμιστή σχήματος (8-15), αλλά διαφέρει ως προς την περιοχή ρύθμισης του ελατηρίου, το οποίο ασκεί πολύ μικρότερη δύναμη.



Το σημείο ρύθμισης συνήθως δεν υπερβαίνει τα 450 kPa και η μέγιστη δυνατή ρύθμιση είναι κάτω από 700 kPa. Στο εμπόριο υπάρχει συνήθως σε δύο τύπους με αντίστοιχες περιοχές ρύθμισης από 0-350 kPa και 200-700 kPa. Η λειτουργία και η σύνδεση του ρυθμιστή του σχήματος (8-18) φαίνεται στο σχήμα (8-19).

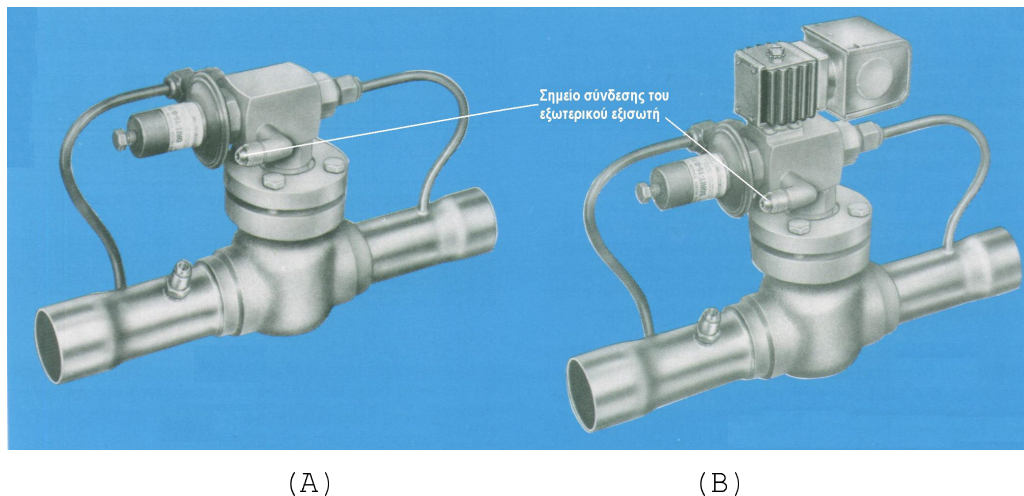


Ενδιαφέρουσα είναι η περίπτωση κατά την οποία υπάρχουν δύο εξατμιστές στο ίδιο κύκλωμα. Η συνδεσμολογία αυτή φαίνεται στο σχήμα (8-20).



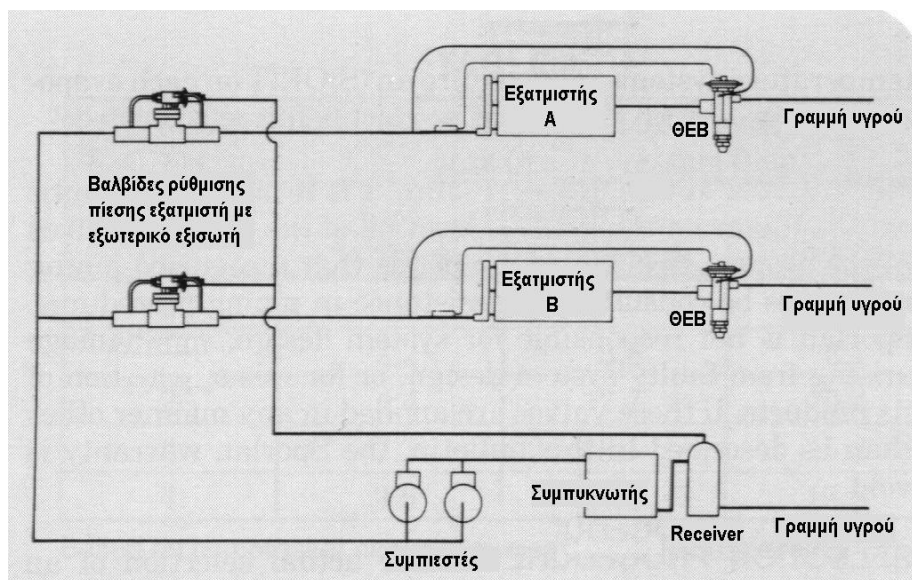
Υπάρχουν ακόμη και ρυθμιστές, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η ρύθμιση με μεγάλη ακρίβεια. Τέτοιοι είναι οι ρυθμιστές που φαίνονται στο σχήμα (8-21). Αυτοί διαθέτουν και εξωτερικό εξισωτή που βελτιώνει εξαιρετικά την ακρίβεια ρύθμισης, όπως ακριβώς συμβαίνει και με τις ΘΕΒ. Οι ρυθμιστές αυτού του τύπου έχουν τη δυνατότητα αξιόπιστης ρύθμισης ακόμη και όταν επιδιώκεται ακρίβεια ρύθμισης της τάξεως των 5 kPa.





Σχήμα (8-21): Ρυθμιστής ελάχιστης πίεσης του συμπυκνωτή, υψηλής ακρίβειας ρύθμισης

Η σύνδεση του ρυθμιστή του σχήματος (8-21<sup>A</sup>) φαίνεται στο σχήμα (8-22). Ο ρυθμιστής του σχήματος (8-21<sup>B</sup>) χρησιμοποιείται στα συστήματα στα οποία υπάρχει και πρόβλεψη αποπαγοποίησης. Είναι ο όμοιος με τον ρυθμιστή του σχήματος (8-21<sup>A</sup>), με μόνη διαφορά ότι η λειτουργία του ελέγχεται επιπλέον και από ένα πηνίο που είναι απαραίτητο για κλείνει κατά τη λειτουργία της αποπαγοποίησης. Τον αυτοματισμό αυτό θα τον δούμε σε επόμενη παράγραφο.

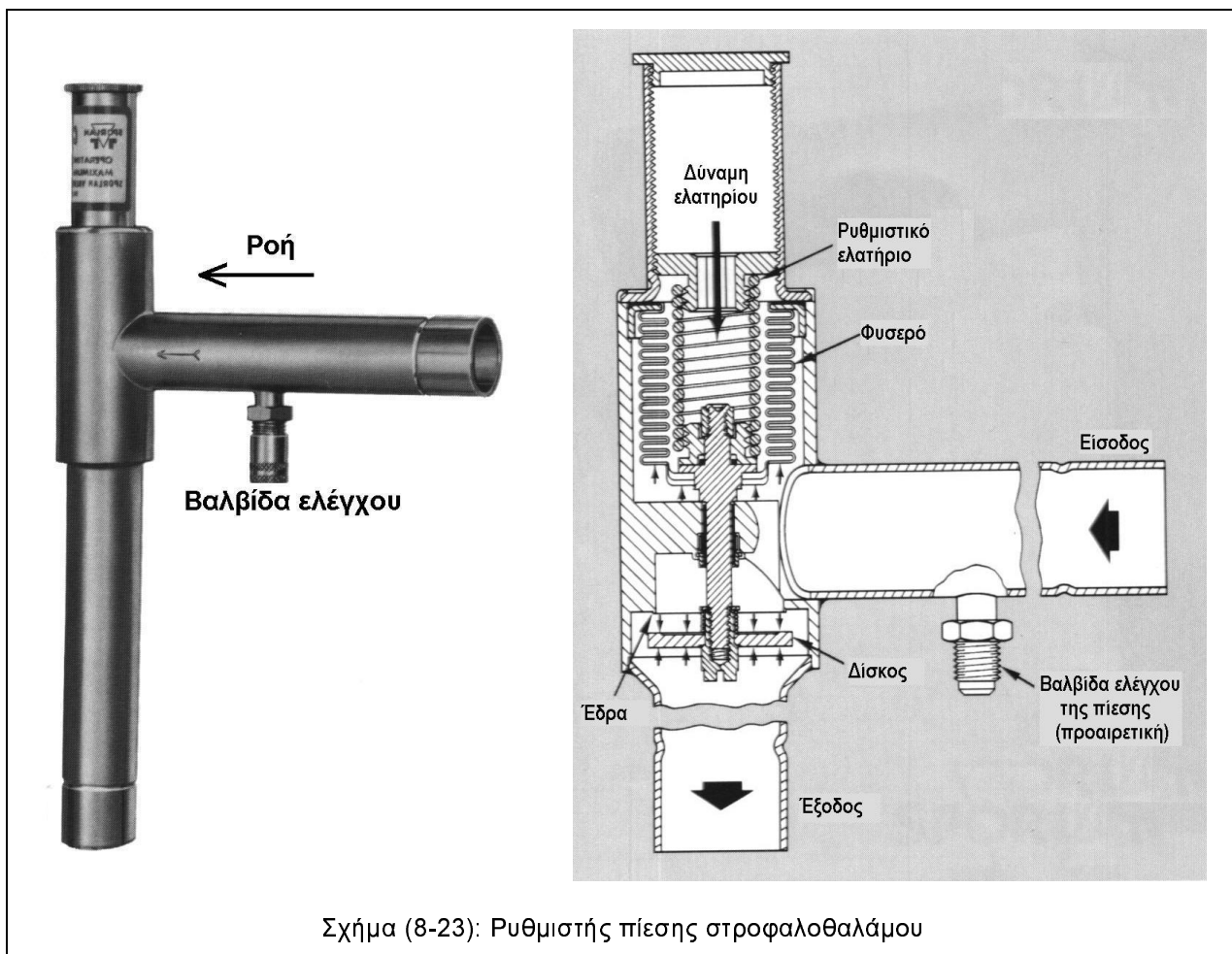


Σχήμα (8-22): Σύνδεση του ρυθμιστή πίεσης του εξατμιστή του σχήματος (8-21<sup>A</sup>)

### 8-8. Η ρύθμιση της πίεσης στο στροφαλοθάλαμο του συμπιεστή.

Οι ρυθμιστές αυτού του τύπου φαίνονται στο σχήμα (8-23). Μοιάζουν με τους ρυθμιστές των σχημάτων (8-15) και (8-18), αλλά η διαφορά τους είναι η σύνδεση τους είναι με την αντίστροφη φορά, όπως μπορείτε να αντιληφθείτε συγκρίνοντας τα σχήματα. Επίσης η βαλβίδα μέτρησης της πίεσης είναι στο αντίθετο σκέλος από

αυτό που βλέπουμε στο σχήμα (8-18), ενώ η έδρα του δίσκου είναι τοποθετημένη αντίθετα. Η περιοχή ρύθμισης τους, δεν υπερβαίνει τα 750 kPa. Συνήθως ρυθμίζονται σε μία πίεση που αντιστοιχεί σε θερμοκρασία κατά 5°C μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία εξάτμισης.

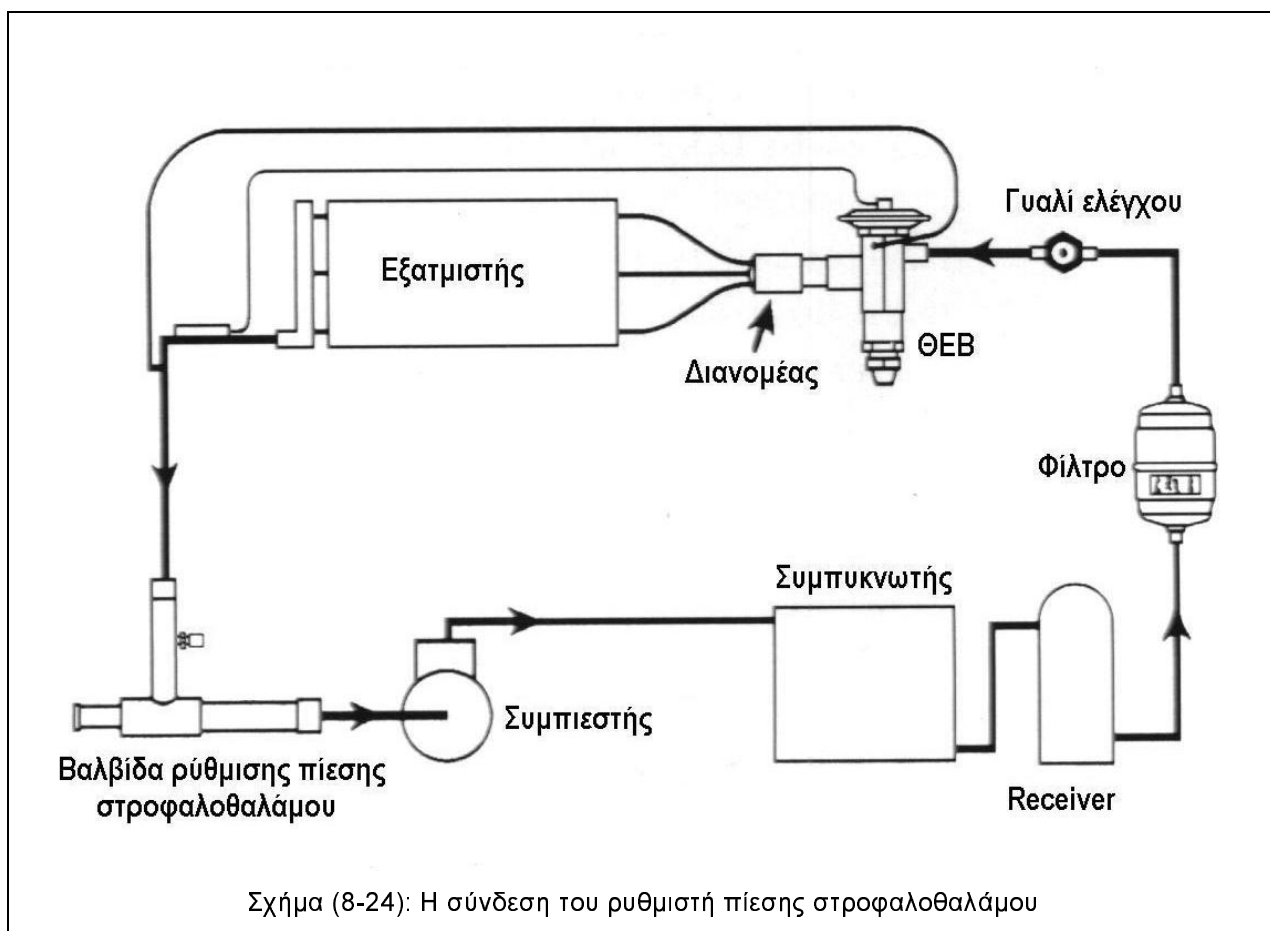


Σχήμα (8-23): Ρυθμιστής πίεσης στροφαλοθαλάμου

Ο ρυθμιστές αυτοί περιορίζουν την υπερφόρτιση του συμπιεστή, ελαττώνοντας την διαφορά πίεσης που έχει να αντιμετωπίσει ο συμπιεστής κατά την εκκίνηση του, μετά από μία περίοδο διακοπής της λειτουργίας. Όπως φαίνεται και από το σχήμα (8-23), δημιουργείται στην έξοδο της βαλβίδας, δηλαδή στην πλευρά του συμπιεστή, μία ελάχιστη δυνατή πίεση, η οποία ρυθμίζεται από τη δύναμη του ελατηρίου. Η πίεση που υπάρχει στην είσοδο (δηλαδή στην πλευρά της εξατμιστή), επειδή η επιφάνεια του φυσερού και η επιφάνεια του δίσκου είναι οι ίδιες, δεν έχει καμία επίδραση και οι δυνάμεις από την πίεση εισόδου αλληλοεξουδετερώνονται. Ως εκ τούτου, οι μόνες δυνάμεις που επενεργούν είναι του ελατηρίου και της πίεσης του στροφαλοθαλάμου του συμπιεστή.

Η συνδεσμολογία των ρυθμιστών πίεσης του στροφαλοθαλάμου είναι πολύ απλή, όπως φαίνεται και στο σχήμα (8-24).

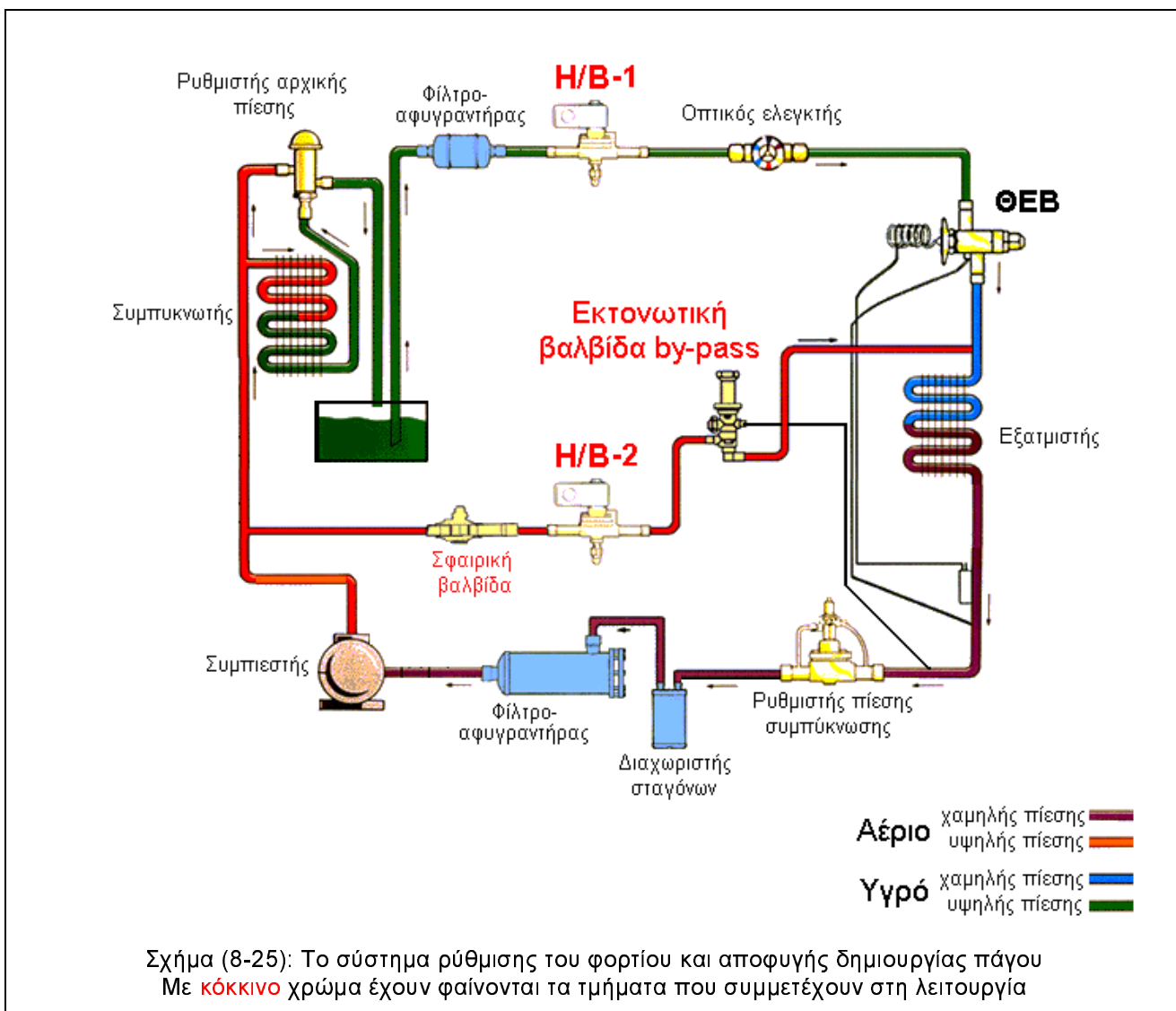




### 8-10. Η αυτόματη ρύθμιση του φορτίου και η αποφυγή δημιουργίας πάγου στον εξατμιστή

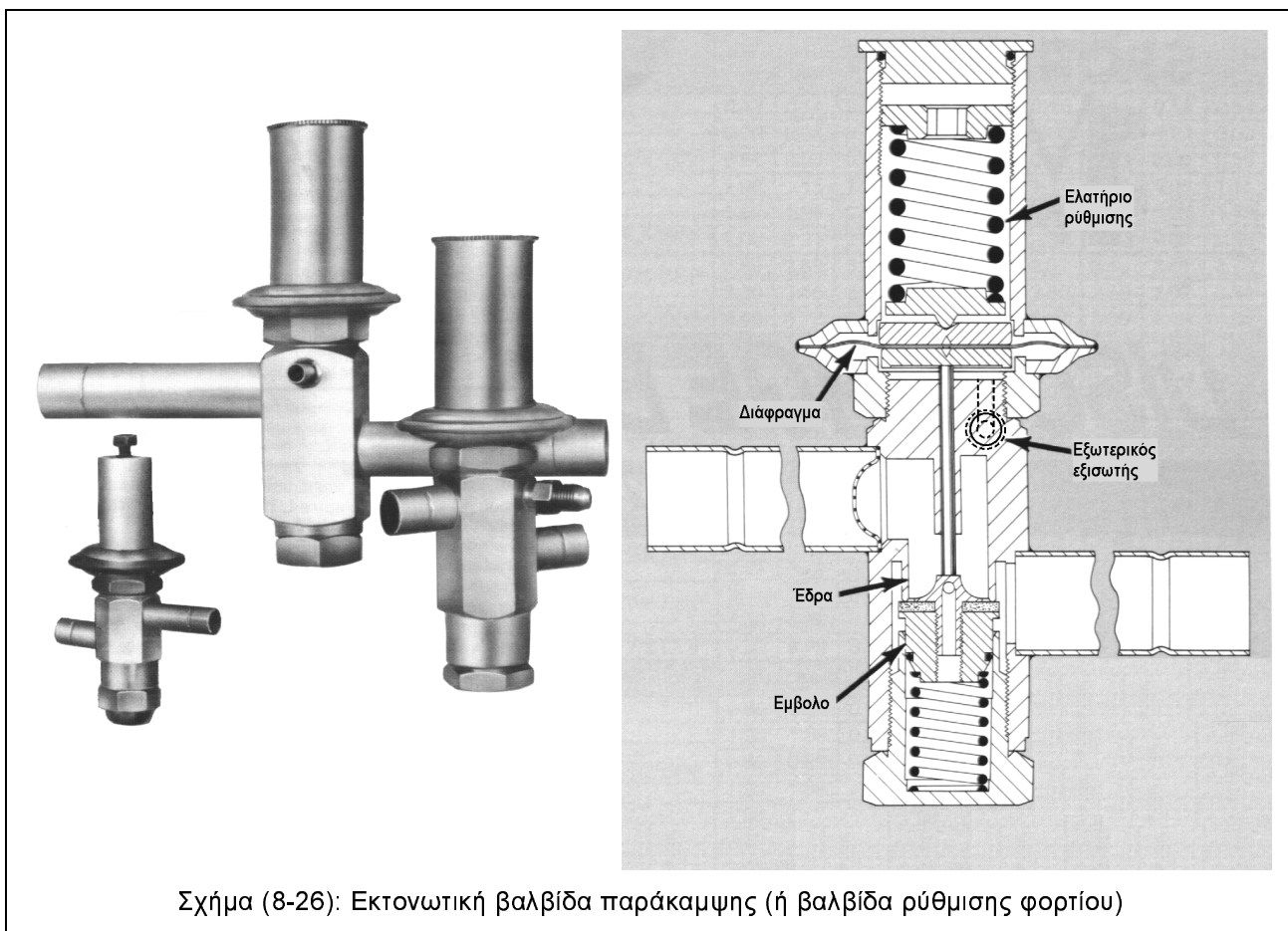
Τα ψυκτικά κυκλώματα, είτε χρησιμοποιούνται για ψύξη, είτε για κλιματισμό, αντιμετωπίζουν δύο βασικά προβλήματα:

- (α) Με ποιο τρόπο θα ρυθμίζεται το φορτίο ανάλογα με τις ανάγκες. Στην ψύξη, το πρόβλημα αυτό συχνά αντιμετωπίζεται πολύ απλά, μόνο με τη διακοπή της λειτουργίας του συμπιεστή. Είναι όμως περισσότερο έντονο στον κλιματισμό, όπου έχουμε συνεχείς και σημαντικές μεταβολές του φορτίου. Ένας τρόπος ελέγχου, που χρησιμοποιείται πολύ στα chillers των κλιματιστικών εγκαταστάσεων, είναι με την χρήση συστημάτων αποφόρτισης των κυλίνδρων των συμπιεστών (cylinder unloaders), η λειτουργία των οποίων αποτελεί αντικείμενο της τεχνολογίας της ψύξης.
- (β) Με ποιο τρόπο θα αποφευχθεί η δημιουργία πάγου στην επιφάνεια του εξατμιστή, όταν οι θερμοκρασίες που επιζητούμε είναι ιδιαίτερα χαμηλές.

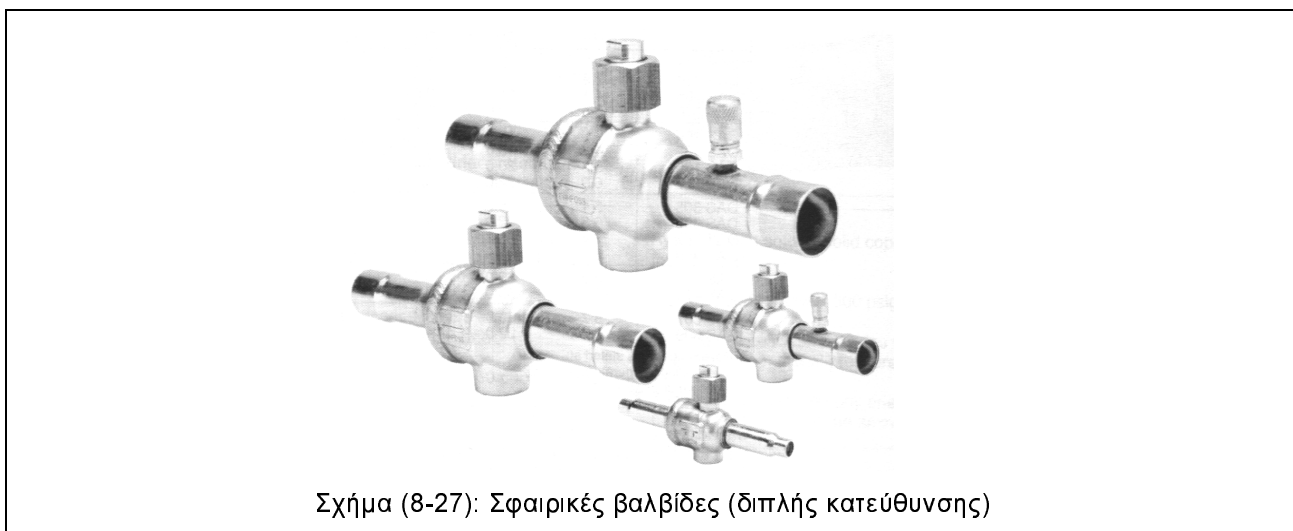


Τα παραπάνω δύο προβλήματα επιλύονται και με τον κατάλληλο αυτοματισμό στη λειτουργία του ψυκτικού κυκλώματος. Στο σχήμα (8-25), βλέπουμε τη βασική μορφή που έχει ένα σύστημα που επιτρέπει τον αυτόματο έλεγχο του φορτίου με παράλληλη αποφυγή δημιουργίας πάγου. Αυτό είναι επέκταση του σχήματος (8-4) που είνα η βασική μορφή του ψυκτικού κυκλώματος το οποίο αναπτύχθηκε στην παράγραφο (8-3). Τα τμήματα τα οποία συμμετέχουν στη λειτουργία του συστήματος φαίνονται στο σχήμα (8-25) με κόκκινα γράμματα.

Η λειτουργία ρυθμίζεται μέσω των δύο ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων (H/B). Όταν το σύστημα είναι σε πλήρη λειτουργία, τότε η H/B-1 είναι ανοικτή και η H/B-2 είναι κλειστή ενώ όταν γίνεται μόνο αποπαγοποίηση, συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο. Το πλέον όμως σύνηθες είναι και οι δύο H/B να είναι ανοικτές και το κύκλωμα της H/B-1 να στέλνει το ψυκτικό υγρό ενώ το κύκλωμα της H/B-2 να παρακάμπτει θερμό αέριο προς την είσοδο του εξατμιστή, μειώνοντας τη θερμοκρασία του ψυκτικού ρευστού πριν την είσοδο του στον εξατμιστή. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται η ρύθμιση του φορτίου ανάλογα με τις ανάγκες.



Το καινούριο εξάρτημα του σχήματος (8-25) είναι η εκτονωτική βαλβίδα παράκαμψης (discharge by-pass valve) την οποία τη συναντάμε και με την ονομασία ρυθμιστής φορτίου (capacity regulator). Η τυπική μορφή και η τομή της φαίνονται στο σχήμα (8-26). Η βαλβίδα αυτή φέρει εξωτερικό εξισωτή για τον έλεγχο της πίεσης στην έξοδο του εξατμιστή.

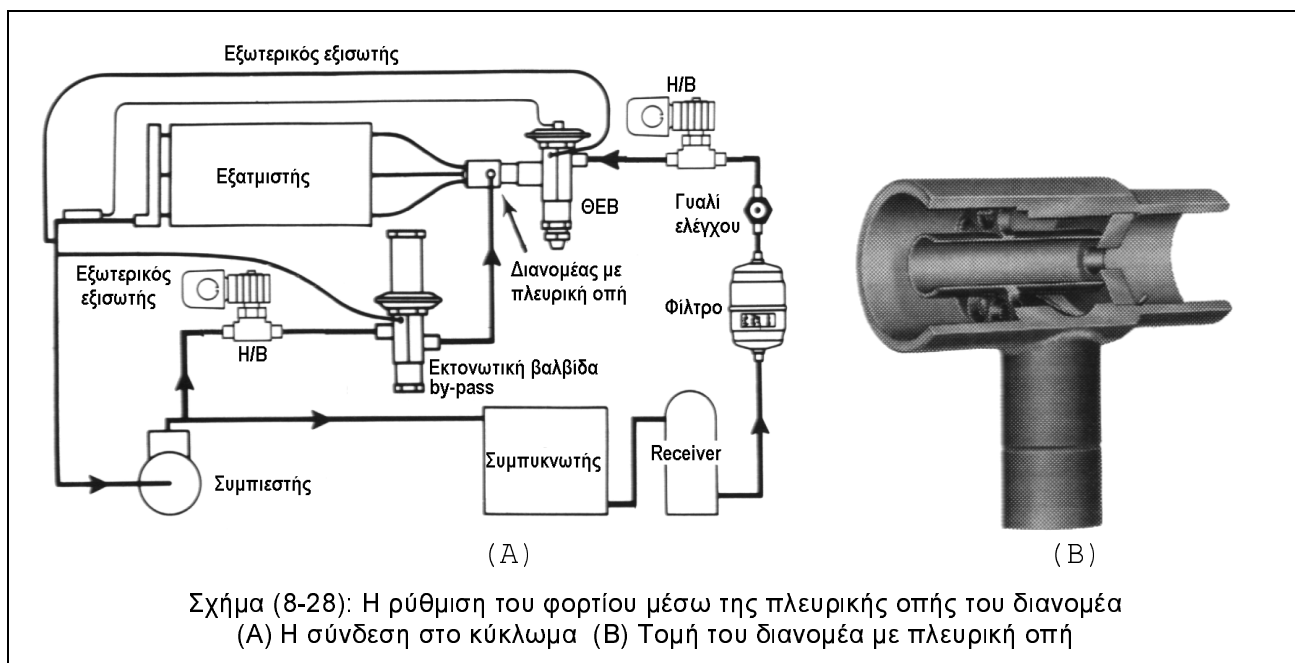


Η σφαιρική βαλβίδα που αναφέρεται στο σχήμα (8-25) δεν είναι παρά μία χειροκίνητη βαλβίδα με την οποία μπορεί να γίνεται μία επιπλέον ρύθμιση της ροής (χειροκίνητη) ή ακόμη και η πλήρης α-

ποκοπή του συστήματος ρύθμισης του φορτίου. Στο σχήμα (8-27) φαίνονται τέτοιες βαλβίδες. Ορισμένες από αυτές διαθέτουν και βαλβίδα μέτρησης της πίεσης.

Για να μην έχουμε δημιουργία πάγου, θα πρέπει η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του στοιχείου να μην βρεθεί κάτω από  $0^{\circ}\text{C}$ . Η θερμοκρασία αυτή είναι πάντοτε πάνω από τη θερμοκρασία του ρευστού στους σωλήνες (αλλιώς δεν θα υπήρχε εναλλαγή θερμότητας). Συνήθως, θερμοκρασία ψυκτικού ρευστού από  $-2^{\circ}\text{C}$  μέχρι  $-4^{\circ}\text{C}$ , επαρκεί για να μην έχουμε δημιουργία πάγου στην επιφάνεια του εξατμιστή. Η θερμοκρασία, ελέγχεται έμμεσα, επειδή αντιστοιχεί σε μία συγκεκριμένη τιμή της πίεσης (access valve).

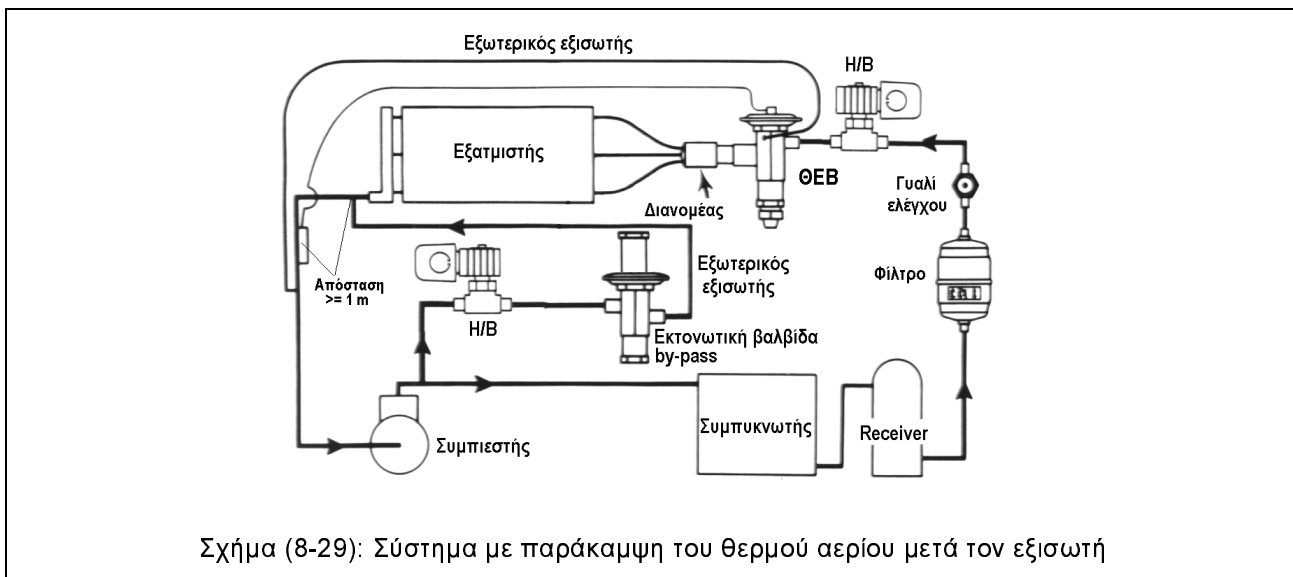
Με τον έλεγχο της πίεσης στην έξοδο του εξατμιστή, μέσω του εξωτερικού εξισωτή, επιτυγχάνεται η διατήρηση της θερμοκρασίας εξάτμισης σε επίπεδα στα οποία αποφεύγεται η δημιουργία του πάγου. Η θερμοκρασία αυτή, λόγω της υπερθέρμανσης στην έξοδο του εξατμιστή, είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία εξάτμισης, η διαφορά αυτή όμως μας είναι σχεδόν γνωστή (συνήθως  $5^{\circ}\text{C}$ ). Κατά συνέπεια, η εκτονωτική βαλβίδα παράκαμψης μπορεί να ρυθμιστεί κατάλληλα, βάσει αυτής της πίεσης, έτσι ώστε η θερμοκρασία εξάτμισης να βρίσκεται στην ασφαλή περιοχή δηλαδή από  $-2^{\circ}\text{C}$  μέχρι  $-4^{\circ}\text{C}$ .



Σχήμα (8-28): Η ρύθμιση του φορτίου μέσω της πλευρικής οπής του διανομέα  
(Α) Η σύνδεση στο κύκλωμα (Β) Τομή του διανομέα με πλευρική οπή

Όταν υπάρχουν πολλά κυκλώματα, χρησιμοποιείται για την ανάμιξη διανομέας με την πλάγια οπή, όπως αυτός που είδαμε στην παράγραφο (8-5) και στο σχήμα (8-11). Όπως αναφέραμε, η χρήση του διανομέα αυτού του τύπου δεν περιορίζεται μόνο στις αντλίες θερμότητας. Στο σχήμα (8-28<sup>A</sup>), βλέπουμε την εκτονωτική βαλβίδα παράκαμψης να στέλνει το θερμό αέριο στην οπή του διανομέα. Η κατασκευή του συγκεκριμένου διανομέα είναι τέτοια που επιτρέπει την καλή ανάμιξη του κρύου ρευστού με το θερμό αέριο. Ένας τύπος διανομέα, με πλάγια οπή, που προορίζεται για την ανάμιξη

θερμού αερίου με ψυκτικό υγρό φαίνεται σε τομή στο σχήμα (8-28<sup>B</sup>).



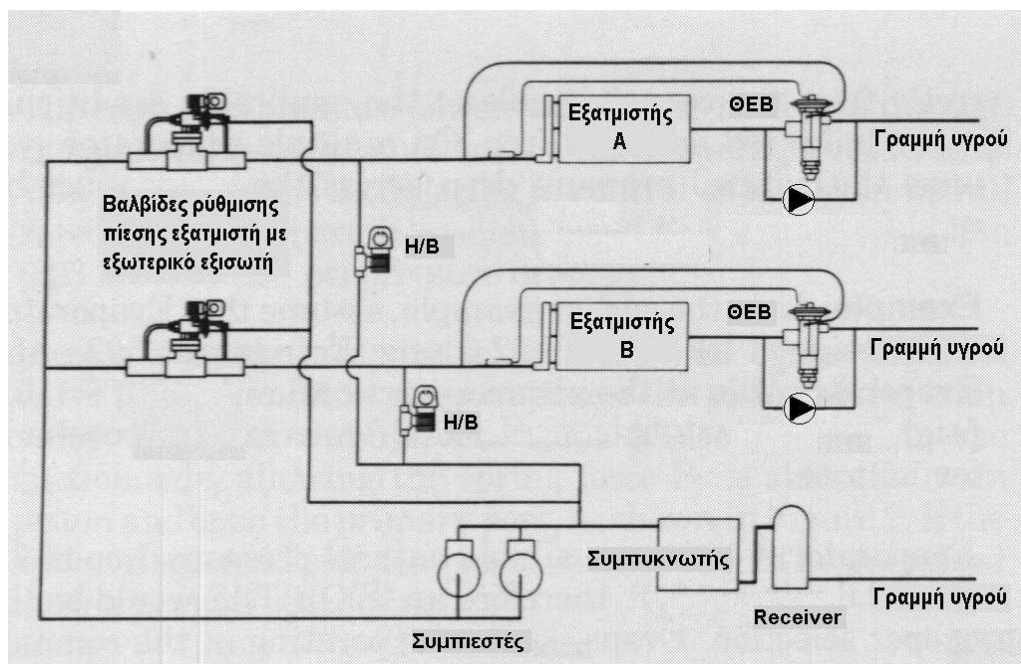
Αν το σύστημα δεν διαθέτει τον κατάλληλο διανομέα που να διαθέτει την πλευρική οπή, αν π.χ. πρόκειται για παλιό σύστημα που του προστίθεται ο αυτοματισμός ρύθμισης του φορτίου, υπάρχει δυνατότητα να γίνεται ρύθμιση του φορτίου παρακάμπτοντας ένα μέρος από θερμό αέριο, προς στην έξοδο του εξατμιστή (το οποίο αέριο είναι κάτω από υψηλή πίεση). Το σύστημα αυτό φαίνεται στο σχήμα (8-29) και λειτουργεί ανεβάζοντας την πίεση στην έξοδο του εξατμιστή όταν συμβεί η θερμοκρασία συμπύκνωσης να έχει πέσει κάτω από το όριο ασφαλείας. Αναγκαστικά τότε, το σύστημα θα ανεβάσει την πίεση και στην είσοδο του εξατμιστή, οπότε θα λειτουργήσει σε μεγαλύτερη θερμοκρασία εξάτμισης.

Το σύστημα του σχήματος (8-29) παρουσιάζει το μειονέκτημα ότι αν δεν κατασκευαστεί σωστά μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση ή ακόμη και καταστροφή του συμπιεστή. Επίσης η απόσταση μεταξύ του βολβού της ΘΕΒ και του εξισωτή της βαλβίδας by-pass θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 1 m (καλό είναι να παρεμβάλλεται και κάποια καμπύλη), για να επιτυγχάνεται η καλή ανάμιξη του θερμού και του ψυχρού ρευστού πριν το σημείο όπου δέχεται εντολή η ΘΕΒ. Το πλεονέκτημα όμως του συστήματος του σχήματος (8-29) είναι ότι εφαρμόζεται εύκολα, ακόμη και σε υπάρχοντα συστήματα, καθ' όσον η αντικατάσταση του διανομέα είναι σχεδόν αδύνατη. Συνήθως τα συστήματα αυτού του τύπου λειτουργούν χωρίς προβλήματα.

### 8-11. Η αυτόματη αποαγοποίηση του εξατμιστή

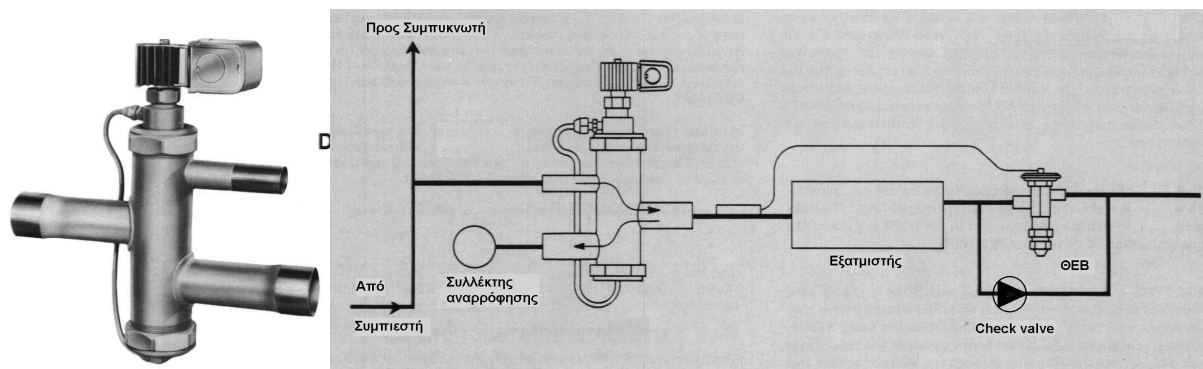
Όταν η λειτουργία της ψύξης γίνεται σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, ο εξατμιστής συγκεντρώνει πάγο στην επιφάνεια του και κατά διαστήματα θα πρέπει να του γίνεται αποαγοποίηση. Αυτή επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του κατάλληλου αυτοματισμού, μέσω του οποίου γίνεται η αντιστροφή της λειτουργίας. Κατ' αυτήν και για πολύ μικρό χρονικό διάστημα, το θερμό αέριο, από το πάνω μέρος του receiver ή από την έξοδο των συμπυκνωτών, διέρχεται μέσω

του εξατμιστή και τον αποψύχει. Στον αυτοματισμό συμμετέχουν ηλεκτρομαγνητικές βάνες, οι οποίες κατά διαστήματα δέχονται την ανάλογη εντολή από τον ηλεκτρικό πίνακα.



Σχήμα (8-30): Η αρχή λειτουργίας του συστήματος αποπαγοποίησης

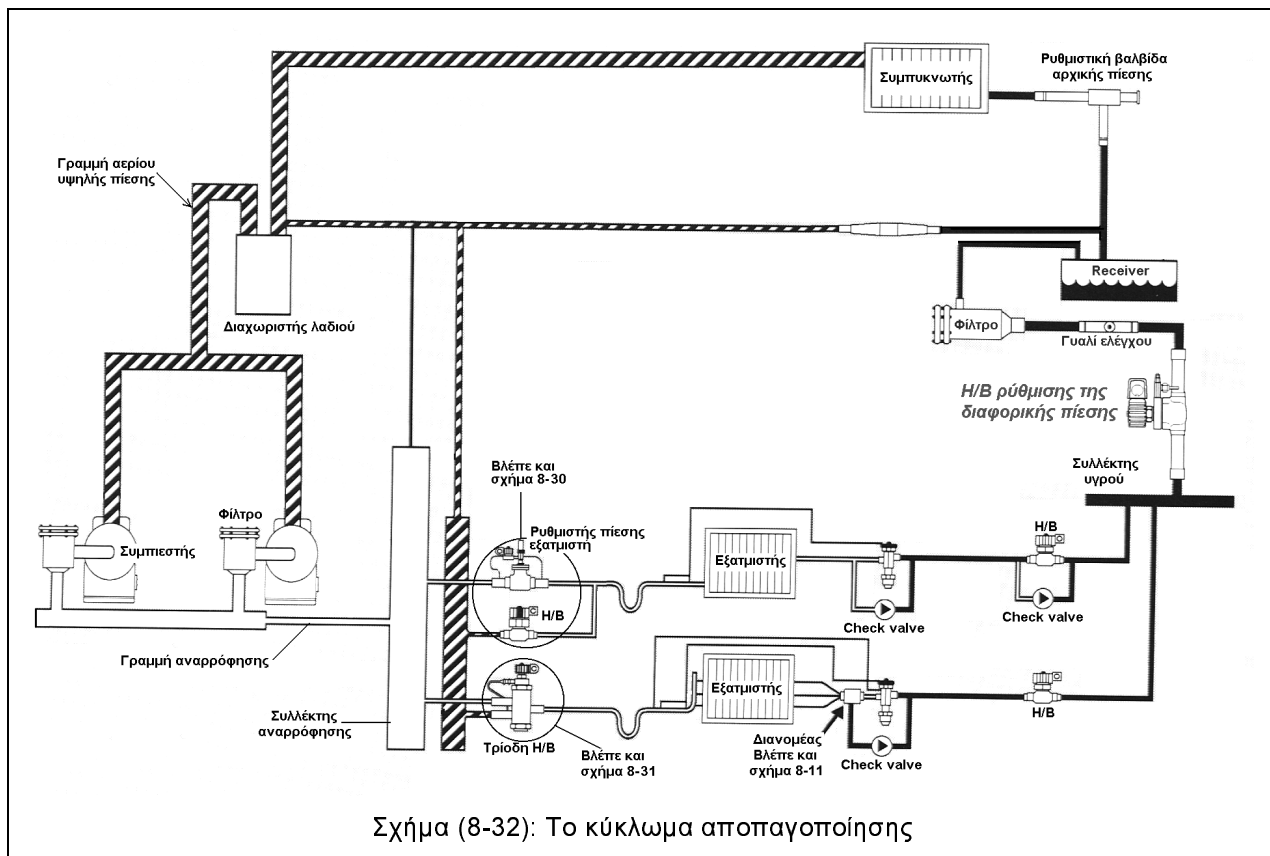
Τη βασική λειτουργία του συστήματος αποπαγοποίησης με τη χρήση του ρυθμιστή της πίεσης του εξατμιστή του σχήματος (8-21<sup>B</sup>) τη βλέπουμε στο σχήμα (8-30), όπου έχουμε δύο εξατμιστές, ελεγχόμενους από δύο διαφορετικά συστήματα αποπαγοποίησης. Προφανώς, όπως καταλαβαίνουμε από το σχήμα, όταν κλείνει η βάνα ρύθμισης της πίεσης του εξατμιστή, ανοίγει μία απλή ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα που ενώνει απευθείας την έξοδο του συμπιεστή με την είσοδο του εξατμιστή. Οι ΘΕΒ παρακάμπτονται μέσω των βαλβίδων αντεπιστροφής που φαίνονται στο σχήμα.



Σχήμα (8-31): Η τρίοδη βάνα αποπαγοποίησης και η συνδεσμολογία της

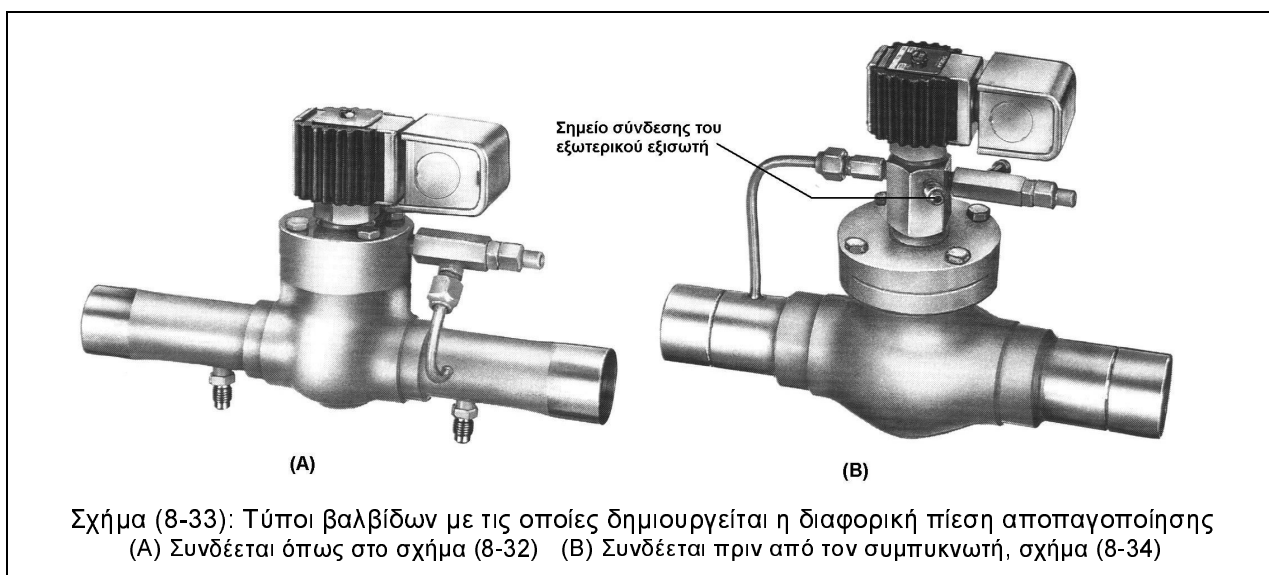
Εκτός από τη διάταξη του σχήματος (8-30), υπάρχει και η διάταξη του σχήματος (8-31), όπου χρησιμοποιείται μία τρίοδη ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα. Όταν το πηνίο δεν είναι ενεργοποιημένο,

έχουμε τη ροή κατά την κανονική κατεύθυνση. Όταν το πηνίο ενεργοποιηθεί έχουμε ροή κατά την αντίθετη κατεύθυνση.

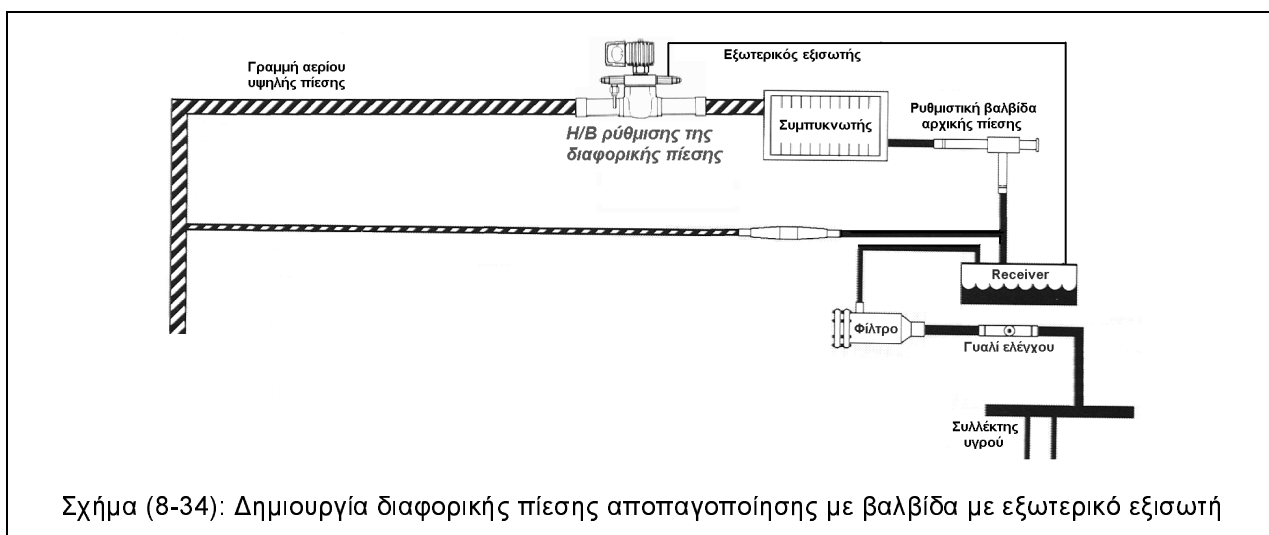


Τη διάταξη ενός συστήματος αποπαγοποίησης τη βλέπουμε στο σχήμα (8-32). Το σύστημα χρειάζεται να έχει δύο τουλάχιστον κυκλώματα εξατμιστών, πράγμα που στις επαγγελματικές εγκαταστάσεις ψύξης συνήθως ισχύει. Στο σχήμα (8-32), υπάρχουν δύο κυκλώματα, κατασκευασμένα τελείως διαφορετικά το ένα από το άλλο. Όταν γίνεται η αποπαγοποίηση στο ένα από τα δύο, το θερμό αέριο, συμπυκνώνεται στον «εξατμιστή» κατά την ανάστροφη λειτουργία και συγκεντρώνεται στον συλλέκτη υγρού που βλέπουμε στο σχήμα, μαζί με το ψυκτικό ρευστό που προέρχεται από την κανονική λειτουργία της συμπύκνωσης. Τα άλλα κυκλώματα εξακολουθούν να λειτουργούν κανονικά και να τροφοδοτούνται με το ψυκτικό υγρό που προέρχεται τόσο από τον συμπυκνωτή όσο από το κύκλωμα εξατμιστή που βρίσκεται στη φάση της αποπαγοποίησης.

Το πρόβλημα για να μπορέσει να λειτουργήσει η αποπαγοποίηση είναι με ποιο τρόπο θα δημιουργήσουμε αυτή την ανάστροφη ροή. Ο συλλέκτης υγρού και η πλευρά του θερμού αερίου παρουσιάζουν πολύ μικρή διαφορά πίεσης μεταξύ τους, η οποία ενδέχεται να μην επαρκεί για να δημιουργήσει την κατάλληλη ανάστροφη ροή. Το πρόβλημα είναι ακόμη μεγαλύτερο, όταν το θερμό αέριο προέρχεται από το πάνω μέρος του receiver.



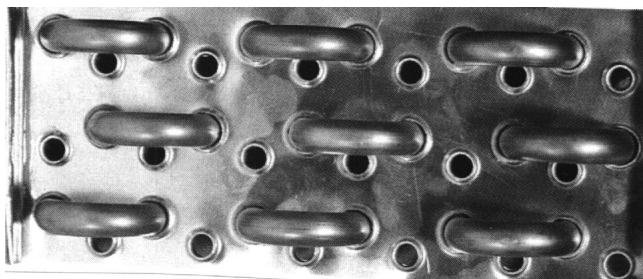
Το παραπάνω πρόβλημα της δημιουργίας των προϋποθέσεων για τη δημιουργία της ανάστροφης ροής επιλύεται με την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα διαφορικής πίεσης, η συνδεσμολογία της οποίας φαίνεται στο σχήμα (8-32), ενώ η ίδια η βαλβίδα φαίνεται στο σχήμα (8-33<sup>A</sup>). Όταν το πηνίο είναι απενεργοποιημένο, η βαλβίδα αυτή είναι σαν να μην υπάρχει. Όταν όμως ενεργοποιηθεί, δημιουργείται μία διαφορά πίεσης μεταξύ του receiver και του συλλέκτη υγρού, που είναι συνήθως 130-150 kPa, η λεγόμενη διαφορική πίεση (η βαλβίδα αυτή δεν διακόπτει τη ροή).



Υπάρχει επίσης και τύπος βαλβίδας δημιουργίας διαφορικής πίεσης η οποία τοποθετείται πριν από τον συμπυκνωτή. Η βαλβίδα που χρησιμοποιείται σ' αυτό το σύστημα φαίνεται στο σχήμα (8-33<sup>B</sup>) και για να δημιουργήσει την διαφορική έχει και εξωτερικό εξισωτή που συνδέεται με το πάνω μέρος του receiver, όπως βλέπουμε στο σχήμα (8-34). Έχοντας την πληροφορία για την πίεση που υπάρχει στο receiver δημιουργεί την κατάλληλη πτώση πίεσης (διαφορική πίεση) πάνω στη γραμμή του θερμού αερίου. Όταν δεν είναι ενεργοποιημένο το πηνίο της, η βαλβίδα αυτή είναι επίσης σαν να μην υπάρχει στο κύκλωμα.



Το σύστημα αποπαγοποίησης του σχήματος (8-32) απαιτεί, για να λειτουργήσει σωστά, να υπάρχουν τουλάχιστον δύο εξατμιστές που να λειτουργούν παράλληλα. Αν το κύκλωμα είναι μόνο ένα, τότε η μόνη λύση για την αποπαγοποίηση, είναι η παράκαμψη μέρους του θερμού αερίου, με τη διάταξη την οποία είδαμε στην παράγραφο (8-10) και στο σχήμα (8-25).



Σχήμα (8-35): Στοιχείο εξατμιστή στο οποίο φαίνονται οι οπές για τη διέλευση των ηλεκτρικών αντιστάσεων αποπαγοποίησης.

Για την αποπαγοποίηση υπάρχουν και άλλες τεχνικές λύσεις όπως π.χ. με τη χρήση ηλεκτρικών αντιστάσεων οι οποίες βρίσκονται τοποθετημένες σε ειδικές υποδοχές των στοιχείων του εξατμιστή. Τέτοιο στοιχείο βλέπουμε στο σχήμα (8-35), όπου οι οπές που φαίνονται στο στοιχείο προορίζονται για τη διέλευση των ηλεκτρικών αντιστάσεων. Στην περίπτωση αυτή, κατά τη φάση της αποπαγοποίησης, ο ηλεκτρικός αυτοματισμός του συστήματος, κλείνει τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες και διακόπτει την παροχή ψυκτικού υγρού προς το στοιχείο που αποπαγοποιείται. Συγχρόνως στέλνει ηλεκτρικό ρεύμα προς τις ηλεκτρικές αντιστάσεις.

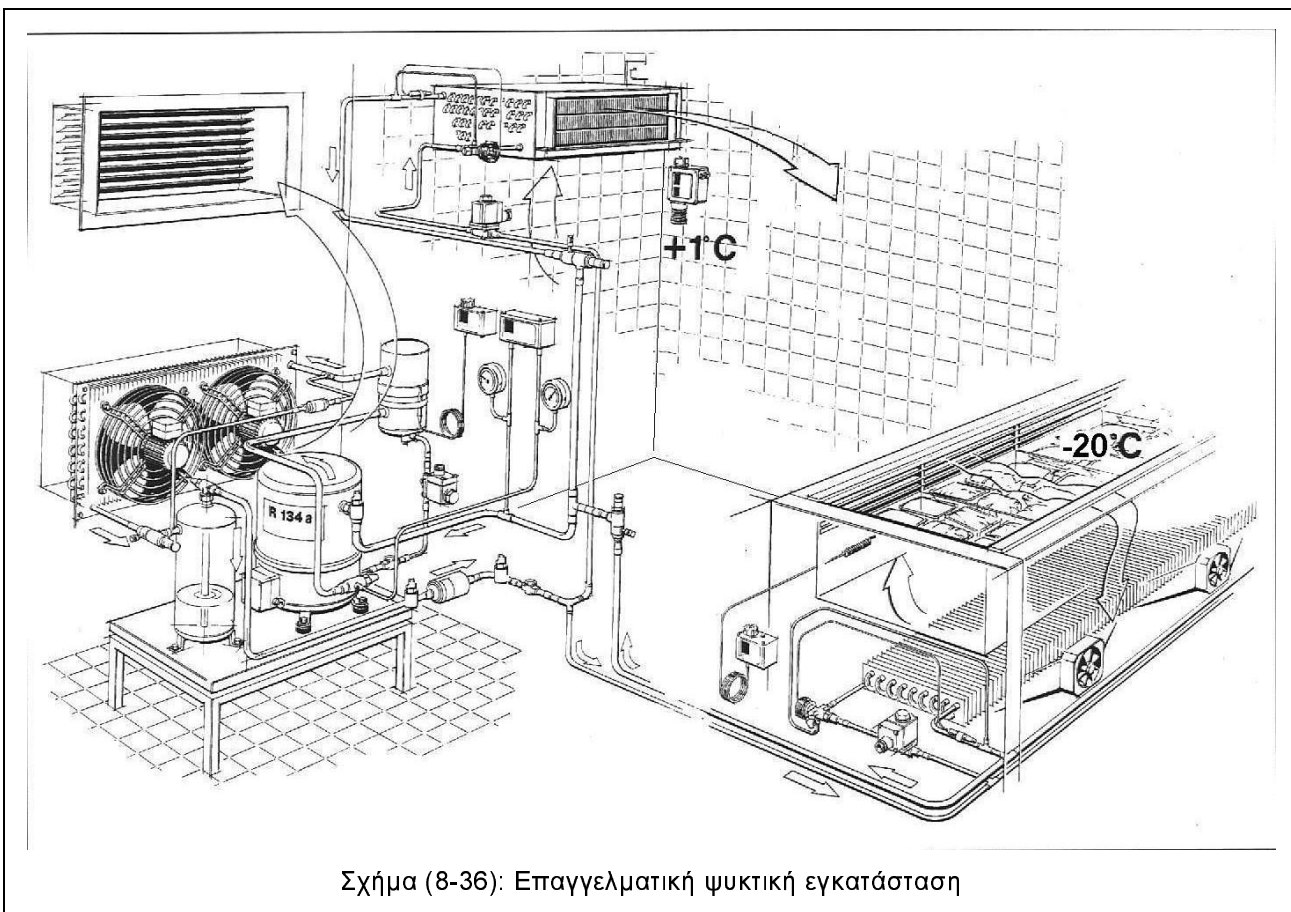
## 8-12. Η επαγγελματική ψυκτική εγκατάσταση

Στο σχήμα (8-36) βλέπουμε σχηματικά την εγκατάσταση και τον αυτοματισμό της λειτουργίας μίας επαγγελματικής ψυκτικής εγκατάστασης. Το κύκλωμα αυτό περιλαμβάνει τους περισσότερους από τους αυτοματισμούς που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Δεν περιλαμβάνει μόνο τη διάταξη αυτόματης αποπαγοποίησης<sup>4</sup>.

Το λειτουργικό διάγραμμα του παραπάνω κυκλώματος φαίνεται στο σχήμα (8-37). Έχουμε δύο διακεκριμένες περιοχές που τροφοδοτούνται από το ψυκτικό υγρό, την Α με θερμοκρασία  $-20^{\circ}\text{C}$  και την Β με  $+1^{\circ}\text{C}$ . Η λειτουργία, με σημείο εκκίνησης το receiver, συνοπτικά έχει ως εξής:

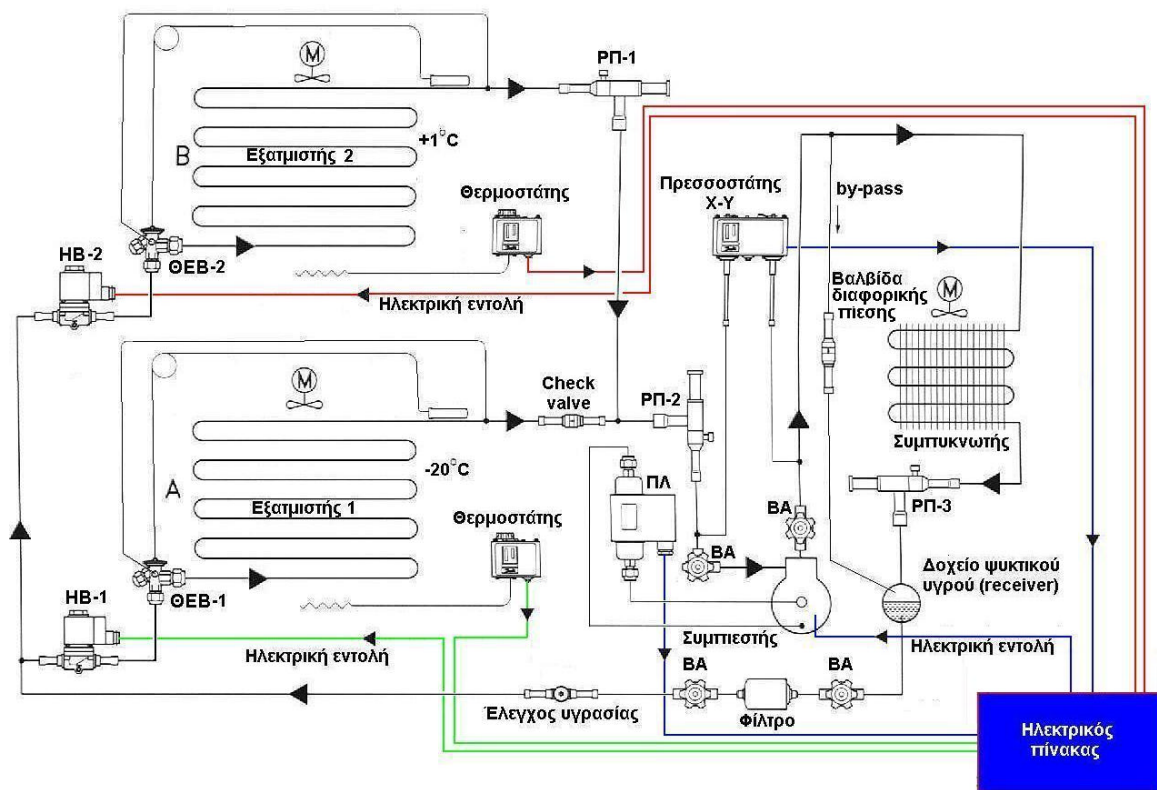
- Το ψυκτικό υγρό φιλτράρεται, διέρχεται από το γυαλί ελέγχου της υγρασίας, και φθάνει στις δύο ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες HB-1 και HB-2. Προσέξτε ότι εκατέρωθεν του φίλτρου είναι δύο βαλβίδες αποκοπής, των οποίων η μορφή είναι όπως στο σχήμα (8-38) (shut-off valves). Αυτές προορίζονται για να μπορεί να αντικατασταθεί το φίλτρο χωρίς να φύγει το ψυκτικό ρευστό.

<sup>4</sup> Προβλέπεται να συμπληρωθεί από τους μαθητές, κατά στις ασκήσεις.



Σχήμα (8-36): Επαγγελματική ψυκτική εγκατάσταση

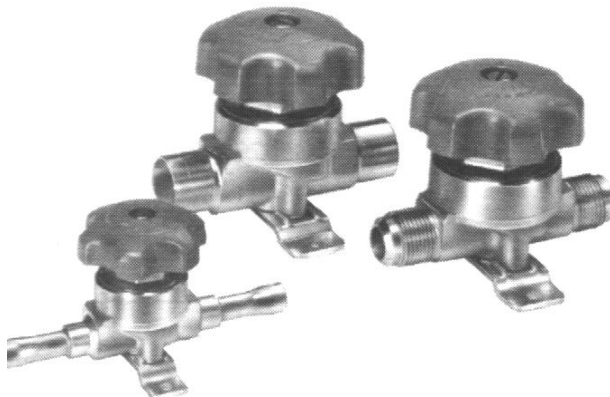
- Οι ηλεκτρομαγνητικές βάνες ελέγχονται μέσω θερμοστατών. Όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από τη ρύθμιση, κλείνουν και δεν επιτρέπουν τη λειτουργία του κυκλώματος. Όταν κλείσουν και οι δύο, μέσω κατάλληλου αυτοματισμού που υπάρχει στον γενικό πίνακα διακόπτεται και η λειτουργία του συμπιεστή.
- Η εκτόνωση γίνεται μέσω των ΘΕΒ-1 και ΘΕΒ-2.
- Ο ρυθμιστής πίεσης ΡΠ-1 εξασφαλίζει ότι στην έξοδο των εξατμιστών η πίεση θα έχει μία ελάχιστη τιμή. Για να αποφευχθεί η επιστροφή υγρού μέσω του κυκλώματος 2, όταν το 2 είναι εκτός λειτουργίας έχει τοποθετηθεί μία βαλβίδα αντεπιστροφής (check valve).
- Πριν την είσοδο στον συμπιεστή, οι ρυθμιστική βαλβίδα πίεσης του στροφαλοθαλάμου, η ΡΠ-3 προστατεύει τον κινητήρα του συμπιεστή έναντι υπερφόρτισης κατά την εκκίνηση.
- Στη συνέχεια το θερμό αέριο από την έξοδο του συμπιεστή, οδηγείται στον συμπυκνωτή. Η ελάχιστη πίεση λειτουργίας που χρειάζεται το ψυκτικό κύκλωμα για να λειτουργήσει, εξασφαλίζεται από τον ρυθμιστή πίεσης ΡΠ-3. Στο by-pass έχει τοποθετηθεί μία βαλβίδα διαφορικής πίεσης.
- Μέσω του πρεσσοστάτη λαδιού ΠΛ ελέγχεται η διαφορική πίεση του λαδιού και αν αυτή δεν είναι στα επιτρεπόμενα όρια, δίδεται εντολή διακοπής της λειτουργίας του συμπιεστή.



Σχήμα (8-37): Το λειτουργικό διάγραμμα της ψυκτικής εγκατάστασης του σχήματος (8-36)

**Άσκηση:** Φωτοτυπήστε το σχήμα (8-36), και αναγράψτε επάνω τα επιμέρους εξαρτήματα. Σε ξεχωριστή σελίδα να περιγράψετε τον αυτοματισμό της λειτουργία του ψυκτικού κυκλώματος. Μπορείτε να συμβουλευέστε και το σχήμα (8-37).

**Σημείωση:** Ένα σημείο που θα πρέπει να προσεχτεί στο σχήμα (8-36) είναι ότι το receiver είναι διαφανές, πράγμα που μας επιτρέπει, χωρίς τον έλεγχο των πιέσεων, να δούμε αν το κύκλωμα έχει επαρκή ποσότητα ψυκτικού υγρού.

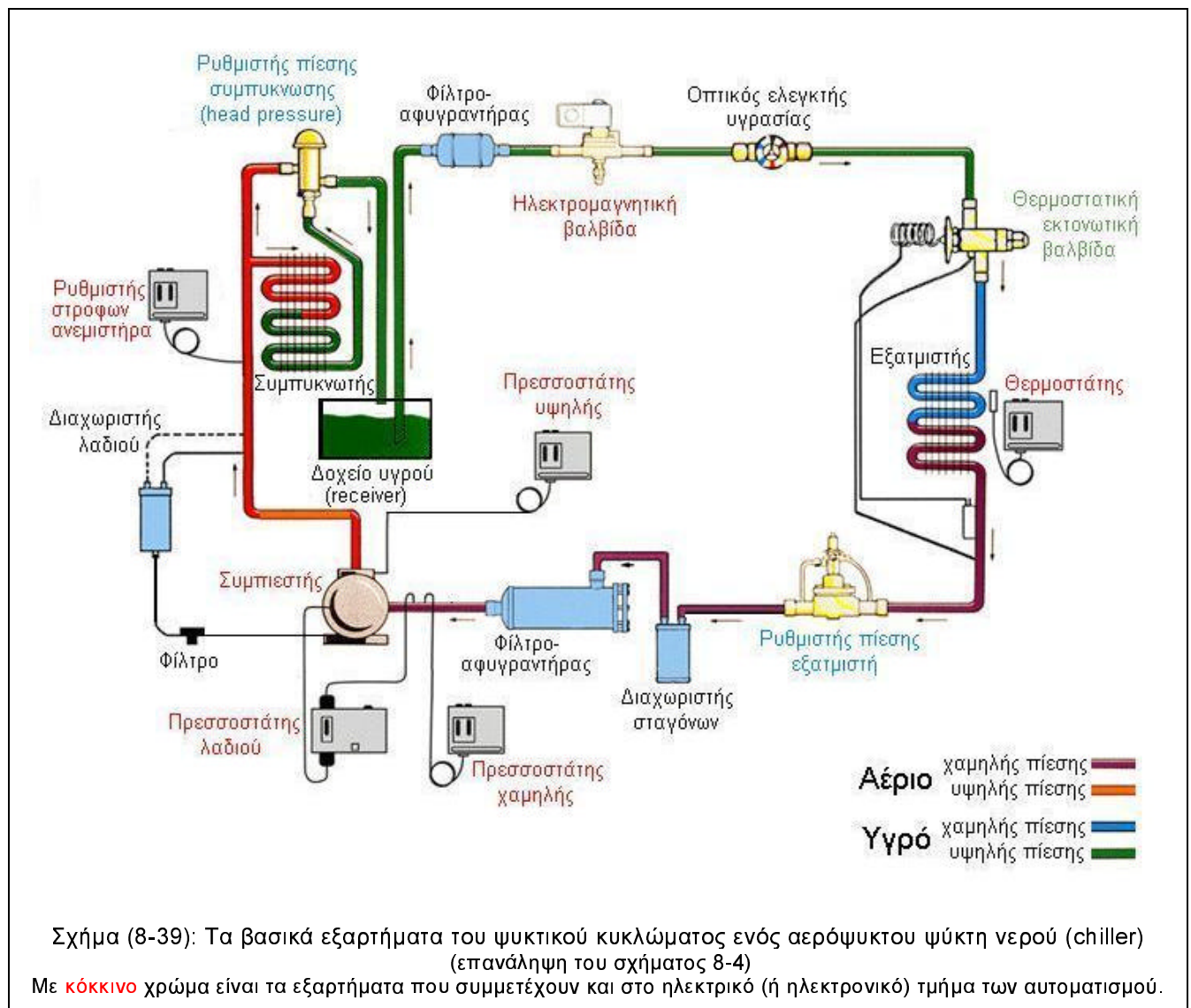


Σχήμα (8-38): Βαλβίδες αποκοπής (shut-off valves)

### 8-13. Ο ηλεκτρικός αυτοματισμός

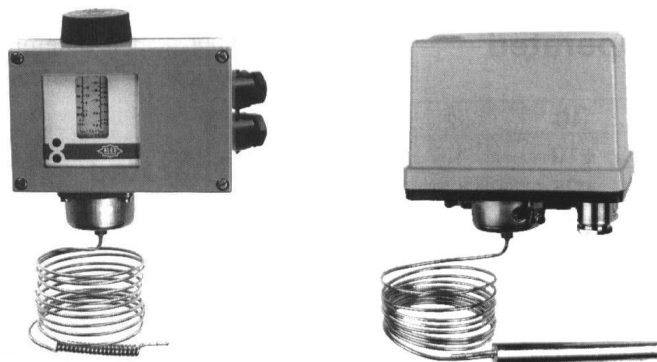
Εκτός από τη ΘΕΒ που είναι ο βασικότερος αυτοματισμός του ψυκτικού κυκλώματος καθώς και των άλλων διατάξεων αυτοματισμού που αναπτύχθηκαν, αναπόσπαστο τμήμα ενός ψυκτικού κυκλώματος είναι και ο ηλεκτρικός (ή ο ηλεκτρονικός) αυτοματισμός. Οι λειτουργίες αυτού του συστήματος είναι οι εξής:

- (α) Ρυθμίζει τη λειτουργία των συμπιεστών και τους προστατεύει από τυχόν υπερφόρτιση, μέσω των θερμικών προστασίας.
- (β) Δέχεται εντολές από ορισμένα όργανα του ψυκτικού κυκλώματος, τα οποία φαίνονται στο σχήμα (8-39). Το σχήμα αυτό είναι το ίδιο με το σχήμα (8-4) και απεικονίζεται εκ νέου για διευκόλυνση της μελέτης. Ο ηλεκτρικός αυτοματισμός, ανάλογα με τις εντολές που δέχεται, δίνει με τη σειρά του εντολές, π.χ. κλείνει ή ανοίγει κάποιο τμήμα του κυκλώματος αν ο θερμοστάτης δώσει αντίστοιχη εντολή (ανοίγει η κλείνει την αντίστοιχη ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα), ή σταματάει τη λειτουργία του συμπιεστή αν η υψηλή πίεση υπερβεί το όριο ασφαλείας κλπ.



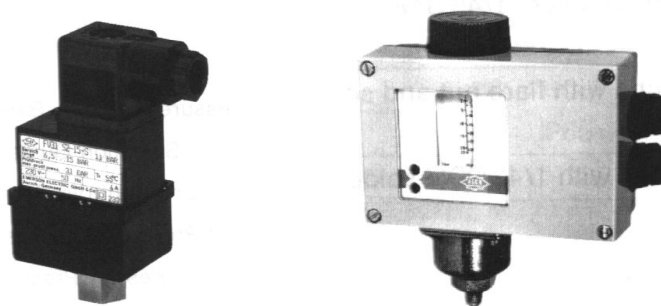
Αναλυτικότερα, τα σημεία στα οποία συνδέεται ο ηλεκτρικός αυτοματισμός με το ψυκτικό κύκλωμα, είναι τα εξής:

- Με τους ηλεκτροκινητήρες στους οποίους παρέχει την απαραίτητη για τη λειτουργία τους ηλεκτρική ισχύ. Ηλεκτροκινητήρες υπάρχουν στον συμπιεστή και στους ανεμιστήρες των αερόψυκτων συστημάτων.
- Με τα ασφαλιστικά λειτουργίας του συμπιεστή που είναι οι πρεσσοστάτες υψηλής και χαμηλής καθώς και ο πρεσσοστάτης του λαδιού. Αυτοί αποτελούν συστήματα ανοικτού βρόχου, δηλαδή δίνουν την εντολή διακοπής, όταν παραστεί ανάγκη, αλλά μετά δεν ενδιαφέρονται για τίποτε περισσότερο. Η επαναφορά του συστήματος σε λειτουργία γίνεται χειροκίνητα.
- Με τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες η οποίες κλείνουν όταν το σύστημα ή κάποιο τμήμα αυτού, είναι εκτός λειτουργίας.



Σχήμα (8-40): Τυπικές μορφές θερμοστάτη ελέγχου θερμοκρασίας χώρου

- Με το θερμοστάτη που ελέγχει τη θερμοκρασία στο χώρο. Τυπικές μορφές αυτού του θερμοστάτη βλέπουμε στο σχήμα (8-40).



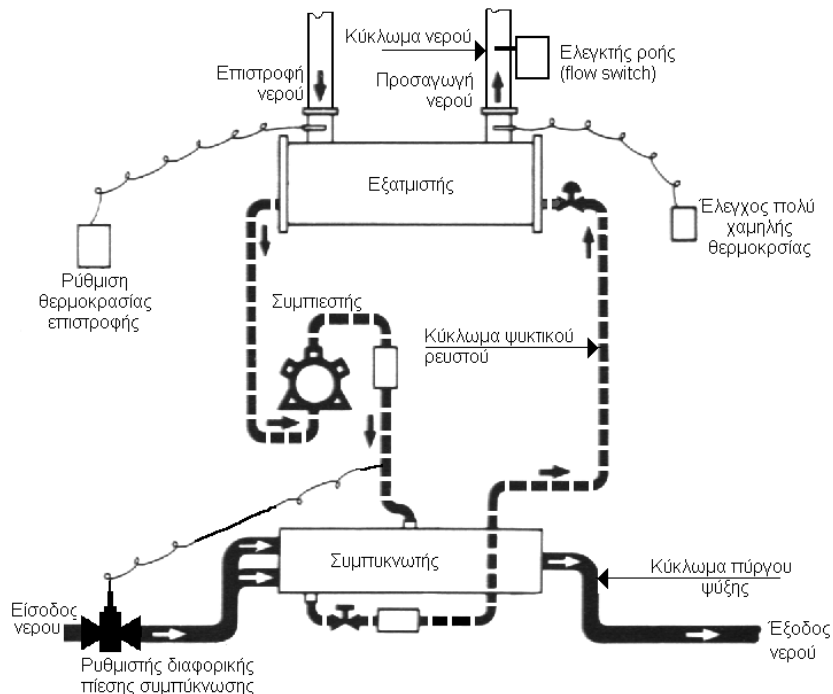
Σχήμα (8-41): Τυπικές μορφές ρυθμιστή στροφών ανεμιστήρα

- Με τον ρυθμιστή των στροφών του ανεμιστήρα. Το όργανο αυτό, το οποίο το βλέπουμε στο σχήμα (8-41), ανάλογα με την πίεση συμπύκνωσης, ρυθμίζει τις στροφές του ανεμιστήρα. Έτσι, όταν π.χ. όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι πολύ χαμηλή, οπότε η πίεση συμπύκνωσης πέφτει, ρίχνει τις στροφές του ανεμιστήρα, και ανεβάζει κατά τον τρόπο αυτό την πίεση.



Σχήμα (8-42): Ηλεκτρονικό όργανο ελέγχου, πολλαπλών χρήσεων, ελεγχόμενο με τηλεκοντρόλ

Τέλος θα πρέπει να αναφερθούμε στην ύπαρξη ηλεκτρονικών οργάνων τα οποία, σε πολλές περιπτώσεις ελέγχονται μέσω συστήματος με τηλεκοντρόλ. Στο σχήμα (8-42), βλέπουμε ένα τέτοιο όργανο, προγραμματιζόμενο πολλαπλών χρήσεων. Το όργανο αυτό μπορεί να μετράει τη θερμοκρασία και την υγρασία του ψυκτικού θαλάμου, την πίεση, να δίνει σήμα συναγερμού κλπ. Τέτοια όργανα προσφέρουν και εξόδους που μπορούν να συνδεθούν με το σύστημα αυτοματισμού του ηλεκτρικού πίνακα.



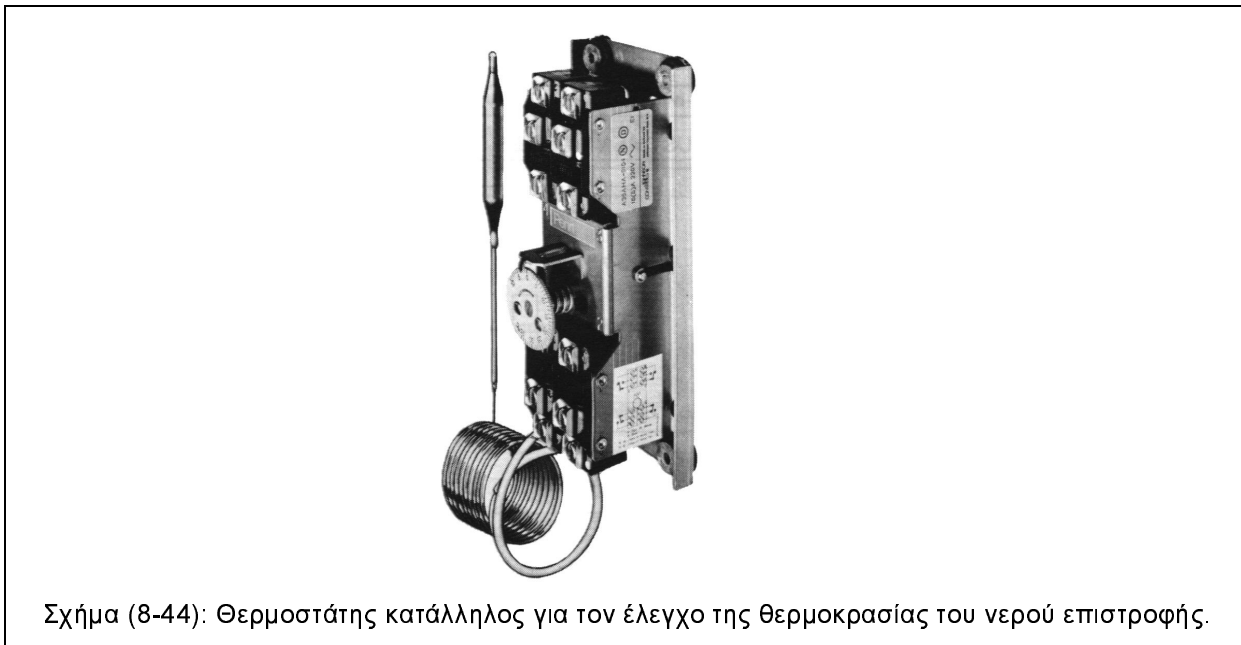
Σχήμα (8-43): Το κύκλωμα του νερού ψύξης και τα σημεία ελέγχου

#### 8-14. Ο έλεγχος του κυκλώματος κυκλοφορίας του νερού

Όταν ο συμπυκνωτής ή ο εξατμιστής είναι υδρόψυκτοι, υπάρχει υποχρεωτικά και το δίκτυο της κυκλοφορίας του νερού. Στο δίκτυο τα ροής του κρύου νερού, υπάρχουν ακόμη τέσσερα σημεία που θα

πρέπει να ελέγχονται μέσω του ηλεκτρικού πίνακα αυτοματισμού. Στο σχήμα (8-43), φαίνονται παραστατικά τα σημεία του ελέγχου. Αυτά είναι:

- Η θερμοκρασία του κρύου νερού επιστροφής. Αυτή είναι η θερμοκρασία βάσει της οποίας ελέγχεται το ψυκτικό φορτίο. Πρόκειται για κύκλωμα ανοικτού βρόχου. Οι θερμοστάτες που χρησιμοποιούνται είναι της μορφής του σχήματος (8-44).



Σχήμα (8-44): Θερμοστάτης κατάλληλος για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του νερού επιστροφής.

- Η θερμοκρασία του εξερχόμενου νερού για τυχόν κίνδυνο να παγώσει το νερό και να σπάσει τον εξατμιστή. Πρόκειται για κύκλωμα ανοικτού βρόχου. Οι θερμοστάτες που χρησιμοποιούνται είναι της μορφής του σχήματος (8-45). Η ρύθμιση τους είναι συνήθως στους 3°C.

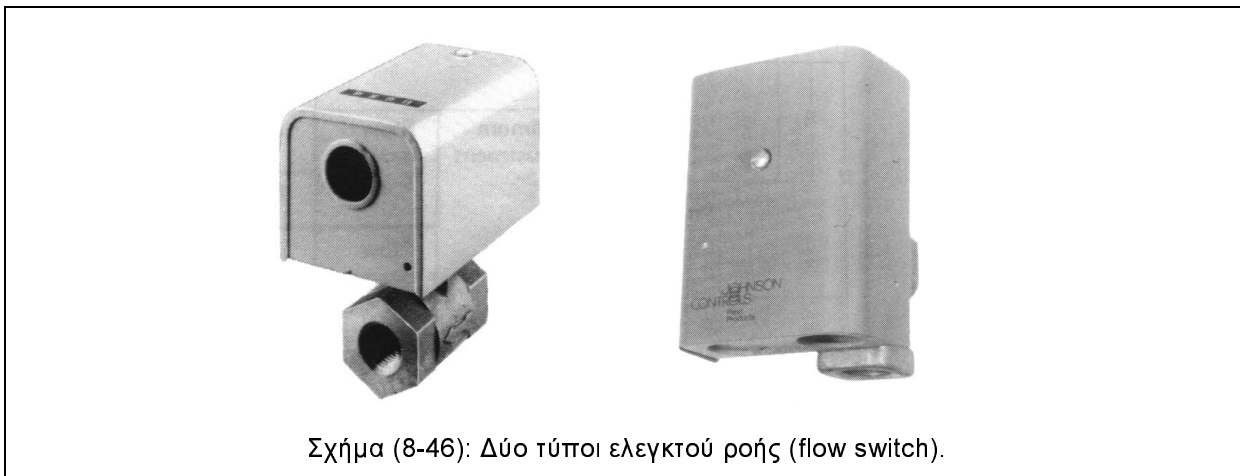


Σχήμα (8-45): Θερμοστάτες για την προστασία έναντι παγώματος του νερού.

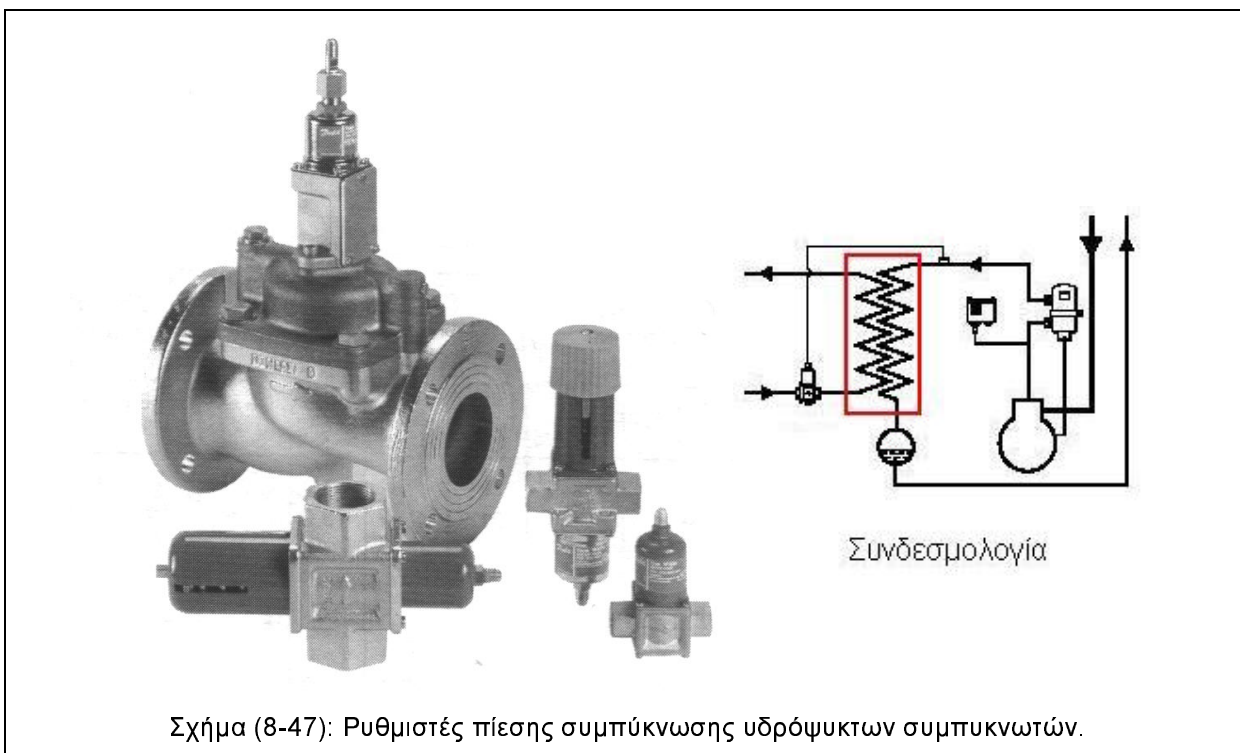
- Ότι υπάρχει ροή κρύου νερού στο δίκτυο του εξατμιστή. Ο έλεγχος γίνεται μέσω ελεγκτών ροής, που είναι περισσότερο γνωστοί ως flow switch. Πρόκειται επίσης για κύκλωμα ελέγχου ανοικτού βρόχου. Τυπικές μορφές των flow switch φαίνο-



νται στο σχήμα (8-46). Θα πρέπει να έχουμε υπ' όψη μας ότι στα υδρόψυκτα συστήματα, **το πλέον σημαντικό σημείο ελέγχου είναι το flow switch**. Ποτέ δεν πρέπει ένα μηχάνημα να λειτουργεί χωρίς να υπάρχει το flow switch. Αν το κάνουμε, μπορεί να σπάσει ο εξατμιστής ακόμη και από ένα ανθρώπινο λάθος, π.χ. από κάποιον που τυχαία έκλεισε μία βάννα.

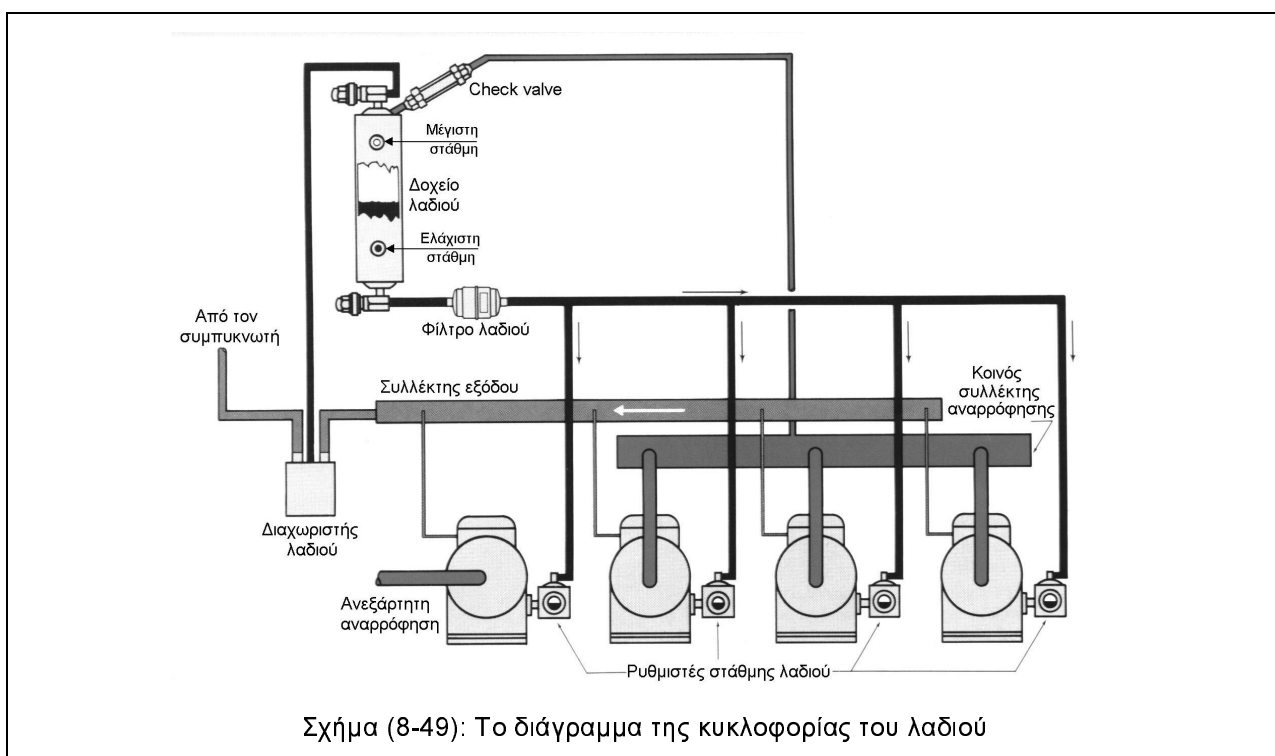


- Η πίεσης συμπύκνωσης μέσα στον υδρόψυκτο συμπυκνωτή. Η πίεση συμπύκνωσης ελέγχεται ειδικές βάνες όπως αυτές του σχήματος (8-47). Οι βάνες μπορεί να ON/OFF ή να κινούνται μέσω σερβοκινητήρα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αυτός ο αυτοματισμός συχνά παραλείπεται. Άλλοτε πάλι ο έλεγχος γίνεται με έμμεσους αλλά όχι και τόσο σίγουρους τρόπους, όπως π.χ. ελέγχεται η θερμοκρασία του νερού του πύργου ψύξης και διακόπτεται η λειτουργία του ανεμιστήρα του πύργου, όταν η θερμοκρασία του νερού είναι πολύ χαμηλή.



### 8-15. Το κύκλωμα του λαδιού

Το λάδι είναι απαραίτητο για τη λειτουργία των συμπιεστών. Συνυπάρχει στο κύκλωμα μαζί με το ψυκτικό ρευστό. Είναι κακός αγωγός της θερμότητας και γι' αυτό η επικάθιση του στα τοιχώματα του εξατμιστή ή του συμπυκνωτή μειώνει την απόδοση του συστήματος. Ως εκ τούτου πρέπει να ελαχιστοποιείται η παρουσία του στο ψυκτικό κύκλωμα. Κατά συνέπεια, το σύστημα αυτομάτου ελέγχου της κυκλοφορίας του λαδιού είναι από τα πλέον βασικά. Την τυπική μορφή του την βλέπουμε στο σχήμα (8-48). Το κοινό σημείο στο οποίο ενώνονται τα δύο συστήματα, δηλαδή του ψυκτικού ρευστού και της κυκλοφορίας του λαδιού είναι ο διαχωριστής. Εκεί γίνεται η απομάκρυνση του λαδιού από το ψυκτικό ρευστό και η επιστροφή του στο δοχείο.



Σχήμα (8-49): Το διάγραμμα της κυκλοφορίας του λαδιού

Από το δοχείο του λαδιού τροφοδοτούνται οι ρυθμιστές της στάθμης λαδιού στους συμπιεστές. Μέσω αυτών διατηρείται πάντοτε η ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα λαδιού στους συμπιεστές, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή τους. Στη γραμμή αυτή παρεμβάλλεται και το φίλτρο του λαδιού. Η απαραίτητη για τη λειτουργία πίεση, μέσα στο δοχείο του λαδιού, εξασφαλίζεται μέσω μιας γραμμής που συνδέει την έξοδο των συμπιεστών με το δοχείο. Με την ανεπίστρεπτη βαλβίδα (check valve) που φαίνεται στο σχήμα (8-49), εξασφαλίζεται ότι η διαφορική πίεση μεταξύ του δοχείου και της εξόδου των συμπιεστών δεν θα πέσει κάτω από μία προκαθορισμένη τιμή, στην οποία είναι ρυθμισμένη να ανοίγει η βαλβίδα αντεπιστροφής (συνήθως η ρύθμιση είναι στην περιοχή 35-140 kPa).

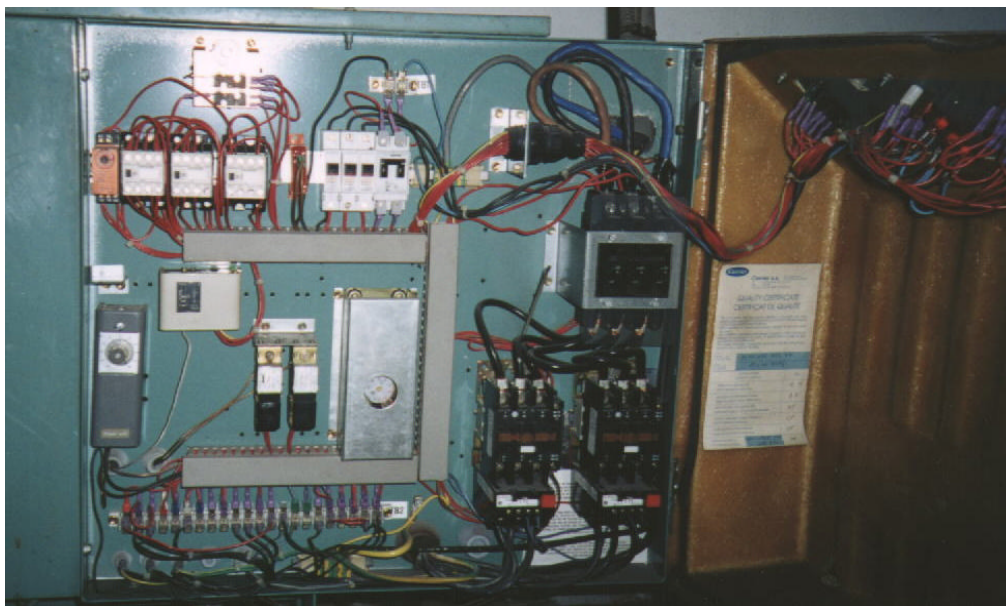
Στο σχήμα (8-49), βλέπουμε τις τυπικές μορφές των βασικών εξαρτημάτων που χρησιμοποιούνται στο κύκλωμα του λαδιού. Τέλος

θα πρέπει να αναφερθεί ότι εκτός από το παραπάνω κλασικό σύστημα ελέγχου του κυκλώματος του λαδιού, έχουν αναπτυχθεί και ηλεκτρονικά συστήματα για τον αυτόματο και ακριβέστερο έλεγχο της στάθμης του λαδιού στους συμπιεστές.



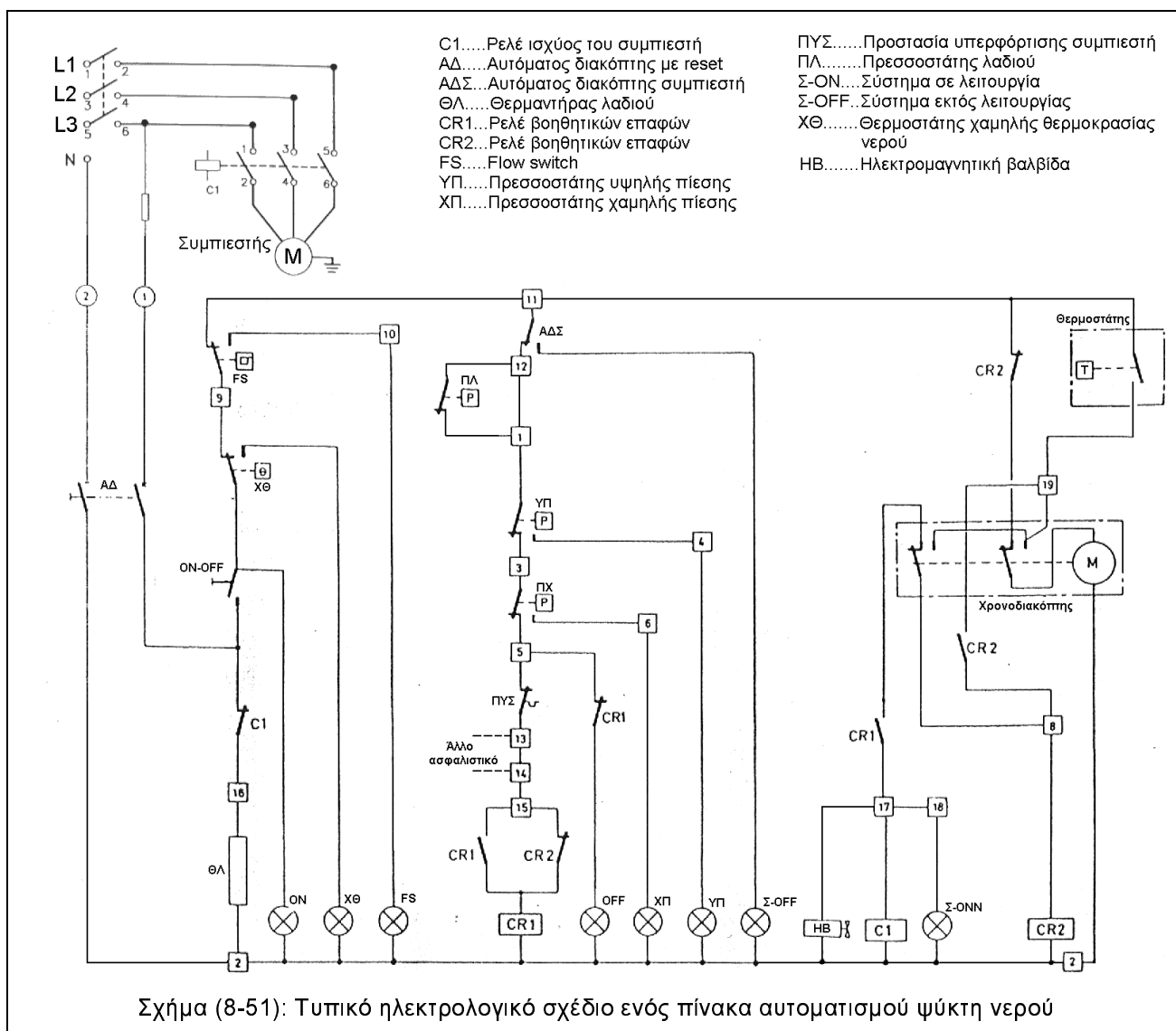
## 8-16. Ο ηλεκτρικός πίνακας αυτοματισμού

Τα σημεία ελέγχου που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες δύο παραγράφους, καταλήγουν στον πίνακα αυτοματισμού. Ο πίνακας αυτός μπορεί να είναι αποκλειστικά ηλεκτρικός ή να περιέχει και κάποιο σύστημα PLC (προγραμματιζόμενος ηλεκτρονικός ελεγκτής). Και στις δύο περιπτώσεις γίνονται ακριβώς οι ίδιοι έλεγχοι. Το πλεονέκτημα ενός συστήματος PLC είναι ότι είναι περισσότερο συμπαγές και καταλαμβάνει πολύ λιγότερο χώρο.



Σχήμα (8-50): Πίνακας αυτοματισμού υδρόψυκτου chiller

Στο σχήμα (8-50), βλέπουμε έναν ηλεκτρικό πίνακα αυτοματισμού. Ο συγκεκριμένος πίνακας αφορά ένα υδρόψυκτο ψύκτη νερού. Βλέποντας τον πίνακα, εκτός από την υποδειγματική του τάξη και σωστή τακτοποίηση όλων των εξαρτημάτων, δεν μπορούμε να αντιληφθούμε τίποτε παραπάνω. Μόνο από το ηλεκτρολογικό σχέδιο που περιγράφεται ο αυτοματισμός, μπορούμε να καταλάβουμε τη λειτουργία του μηχανήματος.



Ένα τυπικό ηλεκτρολογικό σχέδιο του πίνακα αυτοματισμού ενός ψύκτη νερού, φαίνεται στο σχήμα (8-51). Εκ πρώτης όψεως δίνει την εντύπωση ότι είναι ένα μπερδεμένο σύνολο από γραμμές. Όμως η μελέτη του δεν είναι τόσο δύσκολη, όπως εκ πρώτης όψεως μπορεί να φαίνεται. Επίσης, τα βασικά σύμβολα<sup>5</sup> που χρησιμοποιούνται στους ηλεκτρικούς αυτοματισμούς είναι πολύ απλά, ελάχιστα στον αριθμό και φαίνονται στο σχήμα. Και είναι πολύ βασικό, για τον τεχνίτη ψυκτικό που καλείται να επισκευάσει μία βλάβη, να είναι σε θέση να διαβάσει από μόνος τέτοια σχέδια, προκειμένου να μπορεί να εντοπίσει ευκολότερα την αιτία της βλάβης και να την αποκαταστήσει.

Ας προσπαθήσουμε να μελετήσουμε το σχήμα (8-51), βήμα προς βήμα. Κατ' αρχήν, το σύστημα αυτοματισμού καταναλώνει ελάχιστη ενέργεια και γι' αυτό τροφοδοτείται μόνο από τη μία φάση του ηλεκτρικού ρεύματος. Αρχίζουμε τη μελέτη από τις επαφές [1] και [2] από όπου είναι η είσοδος του ηλεκτρικού ρεύματος. Ο αυτόμα-

<sup>5</sup> Για τους ηλεκτρικούς αυτοματισμούς παραπέμπουμε και στο βιβλίο της ηλεκτροτεχνίας της Α' τάξης και συγκεκριμένα στο κεφάλαιο 9.

τος διακόπτης ΑΔ, για να τροφοδοτηθεί ο αυτοματισμός με ηλεκτρικό ρεύμα, θα πρέπει να είναι εντός. Το σύστημα εκκινεί με το πάτημα του μπουτόν ON-OFF. Με το που θα πατηθεί το ON-OFF θα συμβούν τα εξής:

- Θα ανάψει η λυχνία ON (δείχνει ότι το σύστημα είναι σε λειτουργία)
- Θα αρχίσει να λειτουργεί ο θερμαντήρας λαδιού (ΘΛ).
- Θα οπλίσει το ρελέ CR1
- Θα τεθεί σε λειτουργία ο χρονοδιακόπτης.

Ο χρονοδιακόπτης **καθυστερεί την εκκίνηση** για να δώσει χρόνο για την εξίσωση των πιέσεων (χαμηλής και υψηλής), ώστε ο συμπιεστής **να μην εκκινήσει υπό φορτίο**.

Αν υπάρξει κάποιο πρόβλημα, είτε κατά την εκκίνηση είτε αργότερα κατά τη λειτουργία, θα διακοπεί η λειτουργία του ρελέ CR1 και το σύστημα θα πάψει να λειτουργεί. Π.χ. αν ενεργοποιηθεί ο πρεσοστάτης χαμηλής πίεσης (ΧΠ) θα ανοίξει η επαφή που φαίνεται στο σχέδιο, οπότε θα διακοπεί η λειτουργία του ρελέ CR1 και μαζί με αυτό και όλου του μηχανήματος (βλέπε την επαφή CR1 στη θέση 17). Συγχρόνως θα ανάψει και η λυχνία ΧΠ. Έτσι θα έχουμε την ένδειξη της βλάβης.

Ο θερμοστάτης, ελέγχει τη θερμοκρασία του νερού επιστροφής από τις κλιματιστικές μονάδες (συνήθως την ορίζουμε στην περιοχή 10-12°C). Αν η θερμοκρασία του νερού επιστροφής είναι κάτω από τη θερμοκρασία ρύθμισης, τότε οι επαφές του θερμοστάτη θα είναι όπως στο σχήμα και το σύστημα δεν θα μπορεί να ξεκινήσει ακόμη και μετά που θα δώσει την εντολή ο χρονοδιακόπτης. Αν η θερμοκρασία του νερού επιστροφής είναι μεγαλύτερη από τη ρύθμιση, όπως συμβαίνει όταν το σύστημα εκκινεί, τότε οι επαφές θα είναι στην άλλη θέση και το σύστημα θα είναι έτοιμο να εκκινήσει.

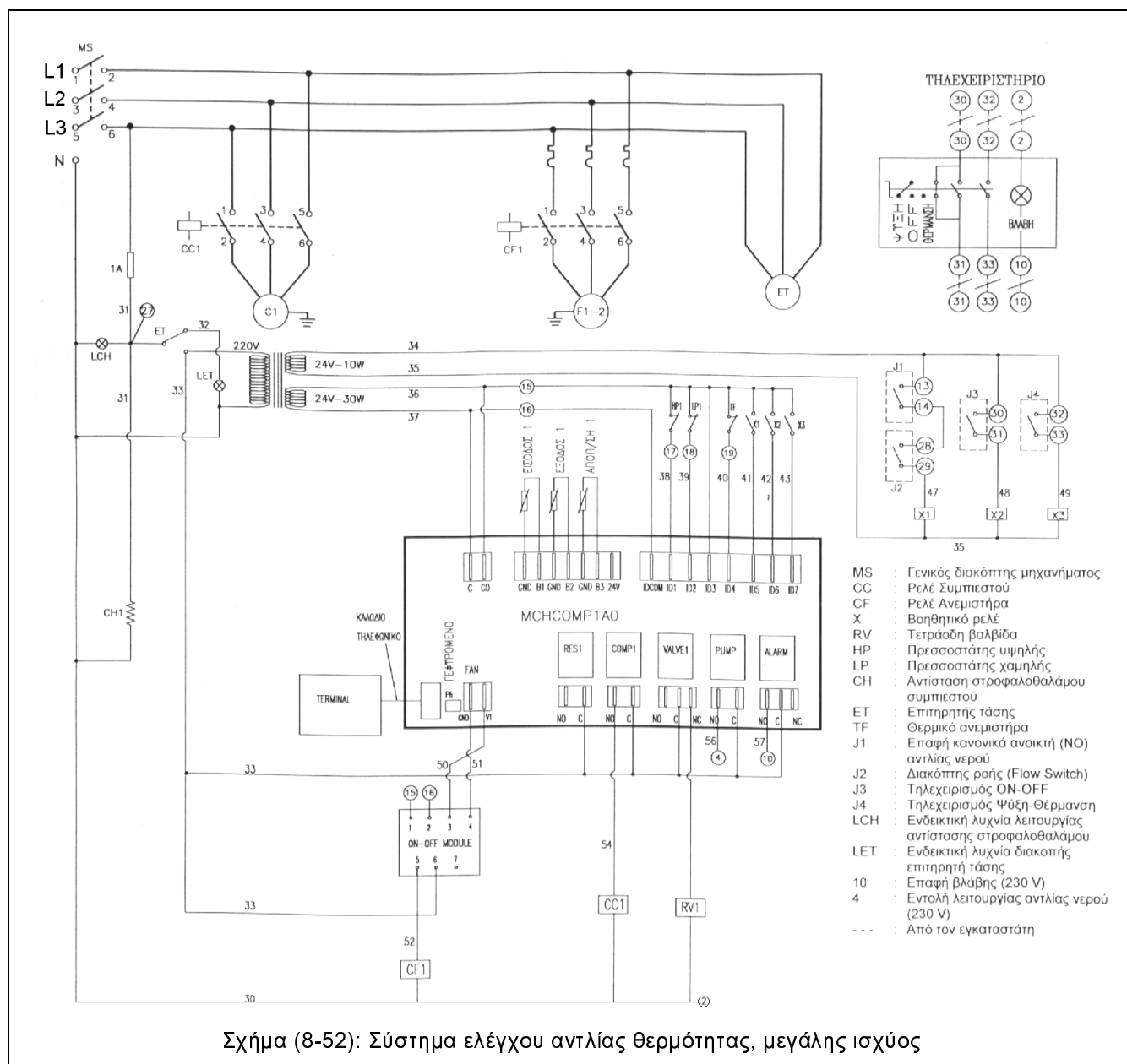
Μόλις παρέλθει ο χρόνος οι επαφές του χρονοδιακόπτη θα αλλάξουν στιγμιαία θέση και θα οπλίσει το ρελέ CR2. Μαζί θα οπλίσει και το C1, που σημαίνει ότι θα εκκινήσει ο συμπιεστής και συγχρόνως θα ανοίξει και η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα της γραμμής του υγρού, η οποία φαίνεται και στο σχήμα (8-51).

## 8-17. Ο ηλεκτρικός πίνακας με PLC

Η τάση στους σύγχρονους αυτοματισμούς είναι να χρησιμοποιούνται προγραμματιζόμενοι ηλεκτρονικοί ελεγκτές με μικροεπεξεργαστή. Αυτές οι ηλεκτρονικές συσκευές, περισσότερο γνωστές με την ονομασία PLC, προγραμματίζονται για να εκτελούν ορισμένες οδηγίες. Δεν έχουν σχέση με τους ηλεκτρονικούς ελεγκτές διαμορφωμένης λειτουργίας (τύπου P, PI, PID) που είδαμε στο κεφάλαιο 6.

Διάταξη αυτοματισμού, βασισμένη σε σύστημα PLC, βλέπουμε στο σχήμα (8-52). Στην αρχή, και αυτό στο σχέδιο μας φαίνεται σαν ένα σύνολο γραμμών και λέξεων χωρίς νόημα. Στην πραγματικότητα

όμως η λειτουργία του είναι πολύ εύκολο να γίνει αντιληπτή. Π.χ. στη θέση J2 (γραμμή 47), συνδέεται ο ελεγκτής ροής (flow switch ή για συντομία FS). Αν κάποια στιγμή πάψει να υπάρχει ροή νερού, τότε λειτουργεί το FS και το ρελέ X1 απενεργοποιείται. Η επαφή του X1 με τη σειρά της θέτει εκτός τάσης την επαφή ID4 του PLC. Τι σημαίνει τώρα αυτό για το μηχάνημα και πως θα αντιδράσει το PLC; Εξαρτάται από τον προγραμματισμό που έχει γίνει. Το πιθανότερο όμως είναι ότι θα απενεργοποιηθεί ο συμπίεστής.



### 8-18. Η ηλεκτρονική συσκευή αναγνώρισης βλαβών

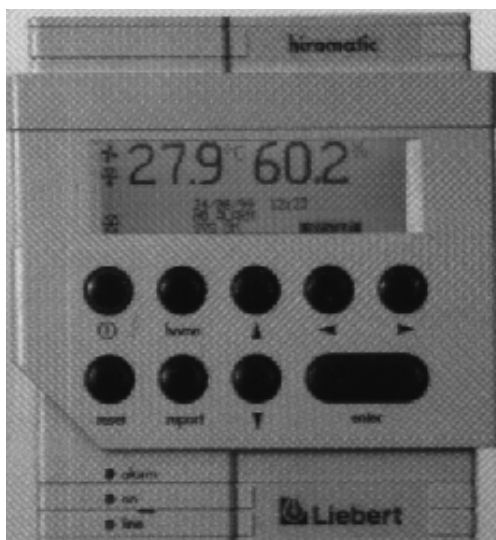
Τέτοιες συσκευές βλέπουμε στα σχήματα (8-53) και (8-54). Και τα δύο είναι ελεγκτές του τύπου PID. Έχουν τη δυνατότητα να κάνουν όλους τους ελέγχους κατά τη λειτουργία και να υποκαθιστούν όλους του ελέγχους που γίνονται με τους συμβατικούς ηλεκτρικούς

πίνακες. Επίσης έχουν και σύστημα διάγνωσης βλαβών και Ιστορικό αρχείο. Οι βλάβες αναγνωρίζονται βάσει κωδικών που εμφανίζονται στην οθόνη. Από τους κωδικούς αυτούς και από το manual του μηχανήματος που εξηγεί τη σημασία του κάθε κωδικού μπορούμε να εντοπίσουμε το είδος της βλάβης.



Σχήμα (8-53): Πίνακας ελέγχου με δυνατότητα ανάκλησης μέχρι και 80 βλαβών

Στο σχήμα (8-54) βλέπουμε ένα άλλο σύστημα ελέγχου και προγραμματισμού της λειτουργίας, αναγνώρισης βλαβών. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται ιδίως σε συστήματα κλειστού ελέγχου.



Σχήμα (8-54): Άλλη μορφή συστήματος ελέγχου και αναγνώρισης βλαβών που χρησιμοποιείται σε συστήματα κλειστού ελέγχου (χώροι Η/Υ κλπ.)

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ - ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Η πλέον απλή διάταξη αυτοματισμού ψυκτικού κυκλώματος είναι του οικιακού ψυγείου. Το ψυκτικό κύκλωμα φαίνεται στο διάγραμμα (8-2) και το τυπικό ηλεκτρικό κύκλωμα στο (8-3).



- Τα κυριότερα εξαρτήματα αυτοματισμού ενός επαγγελματικού ψυκτικού κυκλώματος είναι:
  - η θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα (ΘΕΒ)
  - οι πρεσοστάτες (χαμηλής-υψηλής πίεσης, πίεσης λαδιού)
  - οι ρυθμιστές πίεσης (αρχική, αναρρόφησης, στροφαλοθαλάμου)
  - οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες (H/B)
  - οι ρυθμιστές στροφών του ανεμιστήρα του συμπυκνωτή
  - οι θερμοστάτες
  - το σύστημα αποπαγοποίησης
  - το κύκλωμα λίπανσης
- Η διανομή του ψυκτικού υγρού στα κυκλώματα γίνεται μέσω ενός εξαρτήματος που ονομάζεται διανομέας.
- Ο αυτοματισμός της αντλίας θερμότητας βασίζεται σε ένα εξάρτημα που ονομάζεται τετράοδη βαλβίδα και αντιστρέφει τη ροή του ψυκτικού ρευστού. κατά την ανάστροφη λειτουργία, η ΘΕΒ και ο διανομέας παρακάμπτονται με τη χρήση του κατάλληλου διανομέα με πλευρική οπή.
- Το σύστημα ρύθμισης της αρχικής πίεσης έχει σκοπό να έχουμε μία ελάχιστη πίεση στο receiver που είναι απαραίτητη για την λειτουργία του ψυκτικού κυκλώματος. Το πρόβλημα παρουσιάζεται το χειμώνα όταν έχουμε χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος.
- Το σύστημα ρύθμισης της πίεσης στη γραμμή αναρρόφησης έχει σκοπό να μη πέσει η πίεση στην έξοδο του εξατμιστή κάτω από ένα ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο.
- Το σύστημα ελέγχου της πίεσης στο στροφαλοθάλαμο εξασφαλίζει ότι δεν θα υπάρχει μεγάλη διαφορά πίεσης μεταξύ στροφαλοθαλάμου και κατάθλιψης, κατά την εκκίνηση του συμπιεστή.
- Το σύστημα αυτόματης ρύθμισης του φορτίου έχει διπλή αποστολή: Να αποτρέψει τη δημιουργία πάγου στον εξατμιστή και να ρυθμίζει την παρεχόμενη ψυκτική ισχύ ανάλογα με τις ανάγκες.
- Στις μεγάλες ψυκτικές εγκαταστάσεις, με περισσότερους από έναν εξατμιστές, εφαρμόζεται σύστημα αποπαγοποίησης, κατά το οποίο διαδοχικά, στο κάθε ένα από τους εξατμιστές αναστρέφεται η λειτουργία, ενώ οι άλλοι λειτουργούν κανονικά. Η απαιτούμενη διαφορική πίεση για την πρόκληση της ανάστροφης ροής του ψυκτικού ρευστού, εξασφαλίζεται από την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα αποπαγοποίησης.
- Όλες οι ψυκτικές εγκαταστάσεις έχουν και σύστημα ηλεκτρικού αυτοματισμού το οποίο δέχεται εντολές από διάφορα σημεία του ψυκτικού κυκλώματος και εκτελεί ανάλογα διάφορες ενέργειες. Εντολές δέχεται κυρίως από τους πρεσοστάτες, τους θερμοστάτες, τους ελεγκτές ροής και τους χρονοδιακόπτες και δίνει ε-

ντολές κυρίως στον συμπίεστή και στις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες.

- Το κυριότερο όργανο ελέγχου της ροής στα υδρόψυκτα συστήματα είναι ο ελεγκτής ροής του κρύου νερού, που είναι περισσότερο γνωστός ως flow switch. Τοποθετείται στην έξοδο του εξατμιστή. Αν δεν υπάρχει ή δεν λειτουργεί είναι σχεδόν σίγουρο ότι κάποια στιγμή, από βλάβη ή από ανθρώπινο σφάλμα, θα σπάσει ο υδρόψυκτος εξατμιστής.
- Το κύκλωμα λαδιού είναι ένα ανεξάρτητο αλλά βασικότατο κύκλωμα στην λειτουργία του ψυκτικού μηχανήματος. Ο διαχωρισμός του λαδιού από το ψυκτικό υγρό γίνεται στο διαχωριστή λαδιού.
- Η τυπική μορφή ενός καθαρά ηλεκτρικού διαγράμματος αυτοματισμού φαίνεται στο σχήμα (8-51). Το σχήμα αυτό είναι προσαρμοσμένο για υδρόψυκτο σύστημα.
- Στους αυτοματισμούς των ηλεκτρικών κυκλωμάτων χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο τα PLC, τα οποία υποκαθιστούν ένα μεγάλο μέρος του κλασικού ηλεκτρικού αυτοματισμού. Οι ενέργειες τους εξαρτώνται από τον προγραμματισμό που τους έχει γίνει.
- Στο σύστημα του αυτοματισμού των ψυκτικών κυκλωμάτων χρησιμοποιούνται και ηλεκτρονικές συσκευές διάγνωσης βλαβών, οι οποίες έχουν ψηφιακές οθόνες. Διατηρούν αρχείο με δεκάδες πρόσφατες βλάβες ή μηνύματα. Ανάλογα με τον κωδικό αριθμό που παρουσιάζεται στην οθόνη, γίνεται η διάγνωση της βλάβης.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Δείτε τα σχήματα (8-1) και (8-3) και σκεφτείτε τι θα συμβεί αν αφήσετε την πόρτα του ψυγείου ανοικτή για πολλές ώρες.
2. Γιατί ο τριχοειδής σωλήνας ενός οικιακού ψυγείου πρέπει να είναι κολλημένος στη γραμμή αναρρόφησης;
3. Ποια είναι τα κυριότερα σημεία αυτοματισμού που βλέπετε στο σχήμα (8-4);
4. Ποιος κατά τη γνώμη σας είναι ο βασικότερος αυτοματισμός του ψυκτικού κυκλώματος;
5. Γιατί χρειάζεται ο ρυθμιστής αρχικής πίεσης;
6. Πόσοι τρόποι υπάρχουν για τη ρύθμιση της αρχικής πίεσης; Εσείς ποιόν θα προτιμούσατε να εφαρμόζετε και γιατί;
7. Ποιος είναι ο λόγος που χρησιμοποιείται ο διανομέας;
8. Με ποιο τρόπο γίνεται η αντιστροφή της ροής του ρευστού σε μία αντλία θερμότητας;
9. Τι προβλήματα παρουσιάζονται κατά την αντιστροφή της ροής και πως αντιμετωπίζονται;
10. Γιατί οι αντλίες θερμότητας έχουν μεγαλύτερα receiver από ότι έχουν τα αντίστοιχης ισχύος ψυκτικά μηχανήματα;
11. Πως παρακάμπτεται ο διανομέας κατά την αντιστροφή της λειτουργίας του ψυκτικού κυκλώματος;
12. Σε τι χρησιμεύει το σύστημα ρύθμισης της ελάχιστης πίεσης αναρρόφησης και σε τι το σύστημα ρύθμισης της πίεσης στο στροφαλοθάλαμο;
13. Αφού το σύστημα ρύθμισης της ελάχιστης πίεσης εξασφαλίζει ότι η πίεση στην αναρρόφηση θα έχει μία ελάχιστη τιμή, ποιος είναι ο λόγος που μας χρειάζεται και το σύστημα ρύθμισης της πίεσης του στροφαλοθαλάμου;
14. Πόσοι τρόποι υπάρχουν για τη ρύθμιση της ελάχιστης πίεσης αναρρόφησης; Ποιόν θα προτιμούσατε να εφαρμόζετε και γιατί;
15. Ένα σύστημα μπορεί να έχει πολλούς εξατμιστές; Πως εξασφαλίζεται η παράλληλη λειτουργία τους χωρίς να επηρεάζει ο ένας τον άλλο;
16. Ένα σύστημα μπορεί να έχει πολλούς συμπυκνωτές; Αν ναι τι θα πρέπει κατά τη γνώμη σας να συμβαίνει για να λειτουργούν παράλληλα και χωρίς προβλήματα; Θα προτιμούσατε μία τέτοια λύση όταν έχετε μεγάλα φορτία;
17. Ποίοι τρόποι υπάρχουν για την αυτόματη ρύθμιση του φορτίου;
18. Το σύστημα αυτόματης ρύθμισης του φορτίου, τι επιπλέον μπορεί να μας εξασφαλίσει;
19. Σας δίνουν ένα παλιό σύστημα χωρίς ρύθμιση του φορτίου (η ρύθμιση επιτυγχάνεται με ON/OFF του συμπιεστή). Σας ρωτάνε αν μπορεί να τοποθετηθεί σύστημα αυτόματης ρύθμισης. Τι θα τους απαντήσετε;

20. Σε τι διαφέρει η λειτουργία των σφαιρικών βαλβίδων από τις βαλβίδες shut-off;
21. Η εκτονωτική βαλβίδα παράκαμψης, πως λειτουργεί όταν το κύκλωμα έχει διανομέα;
22. Σε ένα σούπερ μάρκετ, έχουμε ένα δίκτυο με 6 εξατμιστές που λειτουργούν στους καταψύκτες. Πως θα εξασφαλίζετε την αυτόματη αποπαγοποίηση τους;
23. Γιατί κατά την αυτόματη αποπαγοποίηση ενός κυκλώματος με πολλούς εξατμιστές είναι δύσκολη η πρόκληση της ανάστροφης ροής; Με ποιο τρόπο αυτή επιτυγχάνεται;
24. Σε τι χρησιμεύει ο ηλεκτρικός αυτοματισμός ενός ψυκτικού κυκλώματος;
25. Πως συνεργάζεται ο ηλεκτρικός αυτοματισμός με τα συστήματα αυτοματισμού του ψυκτικού κυκλώματος;
26. Ποια σημεία θα πρέπει να ελέγχει ο ηλεκτρικός αυτοματισμός σε ένα υδρόψυκτο κύκλωμα;
27. Ποιο είναι το κυριότερο σημείο ελέγχου ενός υδρόψυκτου αυτοματισμού και τι θα μπορούσε να συμβεί σε περίπτωση βλάβης του;
28. Κλείνουμε τη βάνα της εξόδου του εξατμιστή ενός υδρόψυκτου συστήματος. Υποθέστε ότι όλα τα όργανα λειτουργούν σωστά. Ποιες αναμένετε ότι θα είναι οι διαδοχικές αντιδράσεις του ψυκτικού και του ηλεκτρικού συστημάτων αυτοματισμού;
29. Αν στο παραπάνω κύκλωμα ανοίξουμε μετά από 5 λεπτά τη βάνα που κλείσαμε, θα ξεκινήσει αυτόματα; Αν όχι, τι ενέργειες θα πρέπει να προηγηθούν;
30. Γιατί το λάδι δεν πρέπει να κυκλοφορεί σε μεγάλες ποσότητες στο ψυκτικό κύκλωμα; Με ποιο τρόπο αυτό εξασφαλίζεται;
31. Ποιος είναι ο ρόλος του χρονοδιακόπτη καθυστέρησης της εκκίνησης σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα αυτοματισμού;
32. Τι είναι τα PLC και ποιος ο ρόλος τους στους ηλεκτρικούς πίνακες αυτοματισμού;
33. Γιατί σε ένα μηχάνημα με PLC δεν υπάρχει χρονοδιακόπτης καθυστέρησης της εκκίνησης;
34. Τι είναι οι ηλεκτρονικές συσκευές αναγνώρισης βλαβών και ποιο ρόλο επιτελούν;

## ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Σχεδιάστε το ηλεκτρικό κύκλωμα ενός απλού οικιακού ψυγείου.
2. Ένα οικιακό ψυγείο έχει δύο ανεξάρτητα συστήματα ψύξης, της κατάψυξη και της συντήρησης, δύο με ανεξάρτητους συμπιεστές. Σχεδιάστε το ηλεκτρικό του κύκλωμα.
3. Σχεδιάστε τους δύο διαφορετικούς τρόπους που ελέγχεται η αρχική πίεση σε ένα ψυκτικό κύκλωμα<sup>6</sup>.
4. Σχεδιάστε το ψυκτικό κύκλωμα μίας αντλίας θερμότητας με αερόψυκτους συμπιεστή και εξατμιστή.
5. Σχεδιάστε το ψυκτικό κύκλωμα ενός split unit. Χρησιμοποιούνται μόνο τριχοειδείς σωλήνες.
6. Κάντε ένα σκίτσο με το οποίο να φαίνεται ο τρόπος που παρακάμπτεται ο διανομέας κατά την ανάστροφη λειτουργία.
7. Σχεδιάστε τρεις διαφορετικούς τρόπους ρύθμισης της ελάχιστης πίεσης αναρρόφησης.
8. Σχεδιάστε τη λειτουργία του συστήματος ρύθμισης φορτίου και αποπαγοποίησης του εξατμιστή, με την χρήση της εκτονωτικής βαλβίδας παράκαμψης.
9. Σχεδιάστε το ίδιο κύκλωμα με την παράκαμψη στην έξοδο του εξατμιστή.
10. Σχεδιάστε τη σύνδεση αποπαγοποίησης (α) με βαλβίδες ρύθμισης και με εξωτερικό εξισωτή (β) με τρίοδες βάνες. Και στις δύο περιπτώσεις υποθέστε ότι υπάρχουν δύο εξατμιστές.
11. Μελετήστε τα σχήματα (8-36) και (8-37). Μετά, χωρίς να βλέπετε το σχήμα (8-37) και έχοντας μπροστά σας μόνο το (8-36) να σχεδιάσετε το ψυκτικό κύκλωμα της εγκατάστασης.
12. Σχεδιάστε εκ νέου το σύστημα του σχήματος (8-37), προσθέτοντας και το σύστημα αποπαγοποίησης. Μπορείτε κατά την άσκηση αυτή να έχετε μπροστά σας φωτοτυπίες των σχημάτων (8-32), (8-36) και (8-37).
13. Σχεδιάστε το κύκλωμα του ψυκτελαίου.
14. Σχεδιάστε το τυπικό ηλεκτρικό διάγραμμα ενός υδρόψυκτου ψύκτη νερού (chiller).
15. Σχεδιάστε το ηλεκτρικό διάγραμμα ενός ψύκτη με αερόψυκτο συμπυκνωτή και εξατμιστή. Μπορείτε να έχετε μπροστά σας τα σχήματα (8-39) και (8-51).
16. Τροποποιήστε το παραπάνω ηλεκτρικό διάγραμμα έτσι ώστε να καλύπτεται με αυτό η λειτουργία μίας αντλίας θερμότητας, με χειροκίνητο διακόπτη θέρους-χειμώνα.

---

<sup>6</sup> Όπου ζητείται σχεδίαση, ο μαθητής θα μπορεί να χρησιμοποιεί δικά του απλοποιημένα σύμβολα. Αυτό ισχύει για όλες τις ασκήσεις του παρόντος κεφαλαίου.