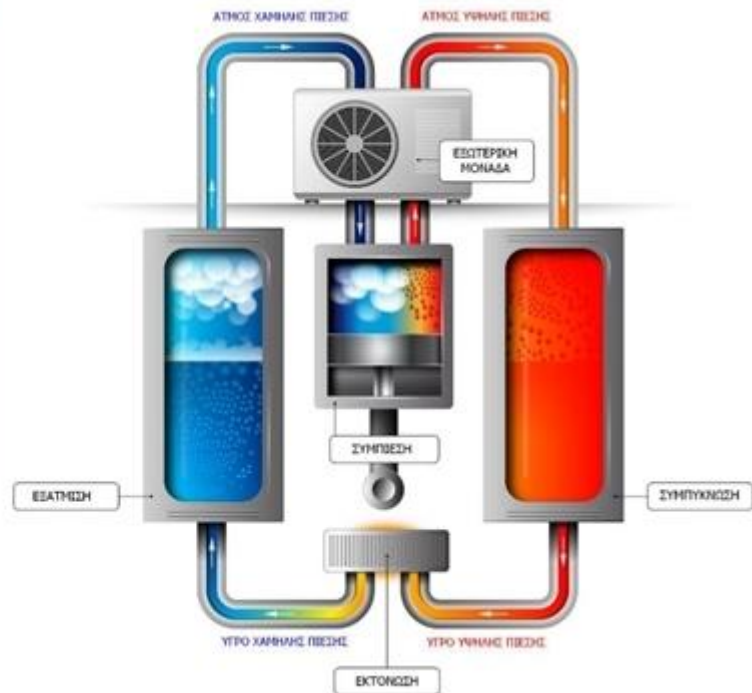


ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ/ΑΕΡΑ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΣΚΟΥΦΟΣ ΠΕΤΡΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΛΟΓΗΡΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ – 2016

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και αναφέρεται στην μελέτη της αντλίας θερμότητας στην ανάλυση της και των επιμέρους μερών της. Η εργασία ξεκινά με τον ορισμό της αντλίας θερμότητας και συνεχίζει με την ανάλυση διαφόρων ειδών και γίνεται εμβάθυνση στα συστατικά μέρη μιας αντλίας και στις διαφοροποιήσεις τους. Τέλος παρουσιάζεται μια πειραματική αντλία θερμότητας αέρα – αέρα και διάφορες μετρήσεις που έγιναν. Ευχαριστώ θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή κ. Ιωάννη Καλογήρου, Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε., για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφερε για την εκπόνηση της Εργασίας.

Σκούφος Πέτρος
Ιούλιος 2016

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχει επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνει υπεύθυνα ότι είναι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολόκληρου του κειμένου εξ' ίσου, έχει δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησε και έλαβε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνει επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχει ενσωματώσει στην εργασία προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχει πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχει αναφέρει ανελλιπώς το όνομα του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής
(Ονοματεπώνυμο)

.....
(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή αναφέρεται στις αντλίες θερμότητας. Σκοπός της είναι η κατανόηση της λειτουργίας και της σημαντικότητας μιας αντλίας θερμότητας και οι διάφορες εναλλαγές στον τρόπο λειτουργίας της. Η εργασία ξεκινά με ιστορική αναδρομή στις αντλίες θερμότητας και στις μορφές τους στην πάροδο του χρόνου, συνεχίζει με την περιγραφή μιας αντλίας και των εννοιών που χρειάζονται για την κατανόηση της λειτουργίας της και της σημασίας της. Ακόμη παρουσιάζονται τα είδη αντλιών θερμότητας, με διάφορα κριτήρια, αναλύονται και αναφέρονται οι χρήσεις τους. Γίνεται λεπτομερής ανάλυση των βασικών εξαρτημάτων μιας αντλίας, των διαφόρων ειδών στα οποία αυτά χωρίζονται, τις διάφορες αλλαγές στον τρόπο λειτουργίας και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μεταξύ κάποιων εξαρτημάτων. Τέλος γίνεται παρουσίαση μιας πειραματικής αντλίας θερμότητας αέρα – αέρα που λειτουργεί για ψύξη και αναλύονται οι μετρήσεις που έγιναν πάνω σε αυτή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΨΥΞΗΣ	6
1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	6
1.3 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	7
1.4 ΨΥΚΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ	10
1.5 ΚΥΚΛΟΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	11
2.ΕΙΔΗ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	12
2.1 ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ/ΑΕΡΑ	13
2.2 ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ/ΑΕΡΑ	14
2.3 ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ/ΝΕΡΟΥ	15
2.4 ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΚΥΚΛΟΥ	16
3.ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΜΙΑΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	17
3.1 ΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ	18
3.1.1Α ΣΥΠΙΕΣΤΕΣ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΤΥΠΟΥ.....	18
3.1.1Β ΗΜΙΚΛΕΙΣΤΟΙ Ή ΗΜΙΕΡΜΗΤΙΚΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ.....	21
3.1.1Γ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ Ή ΕΡΜΗΤΙΚΟΙ.....	24
3.1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥΣ.....	26
3.1.2Α ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΟΙ Ή ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΙ.....	26
3.1.2Β ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ.....	29

3.1.2Γ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ.....	34
3.1.2Δ ΣΠΕΙΡΟΕΙΔΕΙΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ.....	36
3.1.2Ε ΚΟΧΛΙΩΤΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ	42
3.2 ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ.....	45
3.2.1 ΑΕΡΟΨΥΚΤΟΙ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΑΕΡΑ.....	48
3.2.2 ΑΕΡΟΨΥΚΤΟΙ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΑΕΡΑ.....	49
3.2.3 ΥΔΡΟΨΥΚΤΟΙ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ.....	51
3.2.4 ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ ΔΙΠΛΟΥ ΣΩΛΗΝΑ.....	53
3.2.5 ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ ΜΕ ΔΟΧΕΙΟ ΚΑΙ ΣΕΡΠΑΤΙΝΑ.....	54
3.3 ΕΚΤΟΝΩΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ.....	54
ΕΚΤΟΝΩΤΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ.....	55
3.3.1 ΤΡΙΧΟΕΙΔΗΣ ΣΩΛΗΝΑΣ.....	56
3.3.2Α Η ΕΚΤΟΝΩΤΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ ΜΕ ΠΛΩΤΗΡΑ ΣΤΗΝ ΠΛΕΥΡΑ ΤΗΣ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ.....	58
3.3.2Β Η ΕΚΤΟΝΩΤΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ ΜΕ ΠΛΩΤΗΡΑ ΣΤΗΝ ΠΛΕΥΡΑ ΤΗΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ.....	59
3.3.3 Η ΘΕΡΜΟΕΚΤΟΝΩΤΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ	60
3.3.4 ΠΡΕΣΣΟΣΤΑΤΙΚΗ ΕΚΤΟΝΩΤΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ.....	65
3.3.4 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΕΚΤΟΝΩΤΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ.....	67
4.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ	70
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	87
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	88

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΨΥΞΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

Από το ξεκίνημα της μεγάλης πορείας του πάνω στη γη, ο άνθρωπος επιβιώνει και αναπτύσσει τον πολιτισμό του ζώντας μέσα σε ένα φυσικό περιβάλλον, που επηρεάζει άμεσα τη λειτουργία του οργανισμού του και τις δραστηριότητές του (εργασία, μετακίνηση). Το περιβάλλον αυτό χαρακτηρίζεται από διαρκώς μεταβαλλόμενες και συχνά ακραίες κλιματικές συνθήκες. Ο καύσωνας και η ξηρασία των αγρών, η παγωνιά και το χιόνι, η καταιγίδα και η ανεμοθύελλα, η έντονη υγρασία είναι γνωστά παραδείγματα των μεταβολών στο κλίμα ενός τόπου. Ο άνθρωπος προσπάθησε να ελέγξει τις κλιματικές μεταβολές προκειμένου να πετύχει να ζει και να εργάζεται με άνεση και ασφάλεια σε κλειστούς χώρους με καθαρό αέρα και για να διατηρεί την τροφή του, τις διεργασίες και τα προϊόντα των διαφόρων δραστηριοτήτων του σε συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Για το σκοπό αυτό, εφάρμοσε στην αρχή απλούς τρόπους και πολύ αργότερα, με την αύξηση των γνώσεών του, μηχανικά συστήματα ψύξης και κλιματισμού. Οι πολύ μακρινοί πρόγονοί μας, στην προσπάθειά τους να επιβιώσουν σε διαφορετικές κλιματικές συνθήκες, ζούσαν αρχικά σε σπηλιές για να προστατευθούν τόσο από την παγωνιά του χειμώνα όσο και από τον καύσωνα του καλοκαιριού. Έκαιγαν ξύλα για να ζεσταθούν με τη φωτιά και εκμεταλλεύονταν τη δροσιά του χώρου. Αργότερα, έκτισαν οικοδομήματα για να ζουν στο εσωτερικό τους πιο άνετα. Με τον κατάλληλο προσανατολισμό των οικοδομών και τη διαμόρφωση των δομικών στοιχείων τους, προσπάθησαν να περιορίσουν τις αρνητικές επιδράσεις του εξωτερικού περιβάλλοντος, σε συνδυασμό με την εκμετάλλευση των ευνοϊκών συνθηκών του κλίματος και της γεωγραφίας ενός τόπου (ήλιος, άνεμος, νερό, έδαφος). Παράλληλα, χρησιμοποίησαν εστίες φωτιάς για τη θέρμανση και τον αερισμό εσωτερικών χώρων με διάφορους τρόπους. Μία εξελιγμένη εφαρμογή που χρησιμοποιήθηκε στην αρχαιότητα, ήταν το θερμαινόμενο δάπεδο για την έμμεση θέρμανση του αέρα κατοικιών από τα καυσαέρια της εστίας. Σε θερμούς τόπους, όπως στις Αραβικές χώρες, στην Περσία και στην Ινδία εφαρμόστηκαν αρχικά ειδικές οικοδομικές τεχνικές και απλές πρακτικές για τον αερισμό και το δροσισμό των εσωτερικών χώρων, μέσω της φυσικής κίνησης του αέρα και της εξάτμισης του νερού. Για παράδειγμα, η διαμόρφωση κατακόρυφων προεξοχών-καμινάδων ή ανεμόπυργων με στενή διατομή σε συνδυασμό με κατάλληλα ανοίγματα, προκαλούσε την έντονη κυκλοφορία ρευμάτων σε συγκεκριμένη κατεύθυνση και την εξαγωγή θερμών μαζών

αέρα από τους χώρους κατοίκησης. Για τη διατήρηση της τροφής του σε χαμηλές θερμοκρασίες, από τα πρώτα μέσα που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος ήταν το χιόνι, ο φυσικός πάγος, το κρύο νερό της θάλασσας, των λιμνών και των ποταμιών και τα βαθιά πηγάδια. Οι Ρωμαίοι και άλλοι λαοί μετέφεραν χιόνι και πάγο από ψηλά βουνά σε πεδινές περιοχές. Χρησιμοποιούσαν επίσης τις λεγόμενες χιονοαποθήκες, δηλαδή κοιλότητες σκαμμένες στο έδαφος και μονωμένες στα πλάγια με σανίδες και άχυρο, όπου το χιόνι διατηρούνταν σε στερεή κατάσταση για μεγάλο χρονικό διάστημα. Άλλες πρώτες μορφές ψύξης περιελάμβαναν την παρασκευή φυσικού πάγου μέσω της ψύξης μάζας νερού κατά τη διάρκεια μιας κρύας νύχτας με ξαστεριά. Το 18ο αιώνα, το μίγμα χλωριούχου ασβεστίου και χιονιού είχε εμπορική χρήση στη Βρετανία, για την παρασκευή παγωτών. Τότε ανέτειλε και η βιομηχανία της ψύξης τροφίμων σε ζεστούς τόπους του νότου, με τη μεταφορά, με πλοιάρια, φυσικού πάγου που λαμβανόταν από τους παγετώνες και την τοποθέτησή του σε ειδικούς θαλάμους. Στις αρχές του 19ου αιώνα ήταν γνωστές οι αρχές τεχνητής παραγωγής πάγου. Τότε, αφενός ο Carnot με το σχεδιασμό του αναστρέψιμου κύκλου θερμικής μηχανής και αφετέρου ο λόρδος Kelvin και ο Clausius με τις διατυπώσεις του 2ου θερμοδυναμικού αξιώματος έθεσαν τις θεωρητικές βάσεις για τη λειτουργία ψυκτικών μηχανών. Το 1843 ο Αμερικανός Jacob Perkins κατασκεύασε την πρώτη μηχανή παραγωγής πάγου που χρησιμοποίησε συμπιεστή. Το 1851 ο Γάλλος Ferdinand Carre σχεδίασε την πρώτη μηχανή παραγωγής πάγου με σύστημα απορρόφησης ατμού αμμωνίας (ψυκτική ουσία). Το 1872 ο David Boyle ανέπτυξε την πρώτη μηχανή παραγωγής πάγου με μηχανική συμπίεση αμμωνίας. Έως τα τέλη του 19ου αιώνα, οι ψυκτικές εγκαταστάσεις χρησίμευαν κυρίως για την παραγωγή πάγου και για τη συντήρηση κρεάτων και ψαριών και περιπτώσιακά για την παραγωγή μπύρας, το δροσισμό του κρασιού αλλά και για τον κλιματισμό χώρων μέσω πάγου (Η.Π.Α., Ευρώπη, Αυστραλία). Μέχρι το 1940 η παραγωγή πάγου γίνονταν μόνο σε μεγάλες κεντρικές εγκαταστάσεις, σε κολώνες, ενώ αργότερα αναπτύχθηκαν αυτόνομες ψυκτικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή πάγου σε μικρότερα κομμάτια για τη συντήρηση τροφίμων και την ψύξη ποτών στα κτίρια υπηρεσιών. Στα 1920 παρουσιάστηκαν τα πρώτα οικιακά ψυγεία στις ΗΠΑ. Μετά τα μέσα του 20ου αιώνα εδραιώθηκαν στην παγκόσμια αγορά οι σύγχρονες οικιακές ψυκτικές μηχανές, τα ηλεκτρικά ψυγεία και οι καταψύκτες τροφίμων. Σχετικά με τον κλιματισμό των εσωτερικών χώρων, δηλαδή τη διατήρηση της κατάστασης του αέρα ενός χώρου σε ορισμένα πλαίσια, το 1902, ο νεαρός μηχανικός Willis Carrier, ο αποκαλούμενος "πατέρας του κλιματισμού", σχεδίασε, δοκίμασε και εγκατέστησε την πρώτη βιομηχανική εγκατάσταση κλιματισμού σε μεγάλο τυπογραφείο, στο Brooklyn της Νέας Υόρκης. Η εγκατάσταση λειτουργούσε όλο το χρόνο παρέχοντας θέρμανση, ψύξη, ύγρανση και αφύγρανση στους χώρους της επιχείρησης, προστατεύοντας έτσι την ποιότητα των χρωμάτων στο χαρτί. Το 1911 ο Carrier παρουσίασε τον ψυχομετρικό χάρτη, που συνδέει γραφικά τις ψυκτικές ιδιότητες του αέρα καθώς και τα αντίστοιχα φορτία, απλοποιώντας έτσι τα πολύπλοκα προβλήματα της αναλυτικής

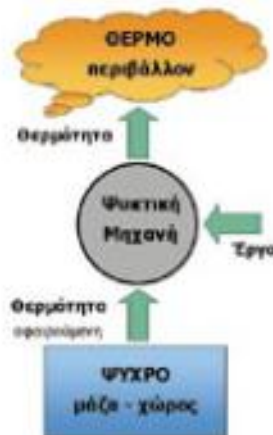
μελέτης του κλιματιζόμενου αέρα. Το 1930 κάποια μεγάλα κτίρια (χρηματιστήρια, διοικητικά κτίρια γραφείων, νοσοκομεία, Θέατρα κλπ.) στις Η.Π.Α. διέθεταν ήδη εγκατάσταση κλιματισμού. Στη δεκαετία του 1930 έγιναν οι πρώτες σοβαρές προσπάθειες βιομηχανικής παραγωγής κλιματιστικών μηχανημάτων με τη χρήση και πιο ασφαλών ψυκτικών ουσιών (μέσων), όπως το Freon-12. Οι διαστάσεις, το βάρος, ο θόρυβος και το κόστος των συσκευών άρχισαν να ελαττώνονται και εδραιώθηκε η χρήση μικρών κλιματιστικών συσκευών δωματίου, για οικιακή και εμπορική χρήση. Μετά το 1945 αυξήθηκαν οι απαιτήσεις για κλιματισμό κτιρίων με κεντρικά συστήματα. Οι τεχνολογίες του κλιματισμού και του αυτόματου ελέγχου εξελίχθηκαν γρήγορα και προωθήθηκαν μαζικά στην παγκόσμια αγορά, σαν αποτέλεσμα της οργανωμένης βιομηχανικής έρευνας, των νέων παραγωγικών διαδικασιών και των προτύπων για το σχεδιασμό εφαρμογών σε κτίρια, βιομηχανικές διεργασίες και μέσα μεταφοράς. Οι εφαρμογές του κλιματισμού πλήθαιναν παντού, με βάση τη δομή και τις αυξανόμενες απαιτήσεις της σύγχρονης αστικής κοινωνίας και οικονομίας. Οι απαιτήσεις αυτές αφορούν την άνετη διαβίωση σε κλειστούς χώρους με ποιότητα αέρα και τη βελτίωση του εργασιακού περιβάλλοντος. Στατιστικά, έχει παρατηρηθεί αύξηση των εσόδων διαφόρων επιχειρήσεων μετά εγκατάσταση συστημάτων κλιματισμού στους χώρους τους και ταυτόχρονα αύξηση της παραγωγικότητας των εργαζόμενων και της ικανοποίησης των πελατών. Με την πρώτη ενεργειακή κρίση του 1973, απογοιώθηκαν οι τιμές των καυσίμων και της ηλεκτρικής ενέργειας για την κίνηση των συστημάτων ψύξης και κλιματισμού. Τότε, τέθηκε για πρώτη φορά η απαίτηση για αποδοτική λειτουργία των συστημάτων αυτών με μικρότερη κατανάλωση ενέργειας. Στην αγορά εμφανίστηκαν νέα συστήματα με χαμηλότερο λειτουργικό κόστος, που εξοικονομούν ενέργεια και συμβάλλουν στην προστασία του περιβάλλοντος. Παράλληλα, λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης του κλιματισμού στα κτίρια, άρχισαν να δημιουργούνται σοβαρά προβλήματα για την κάλυψη, από τα δίκτυα των εταιρειών ηλεκτρισμού, των αναγκών των καταναλωτών. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση ειδικών συστημάτων για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος. Το 1987, στο Montreal του Καναδά, οι κυβερνήσεις όλων των χωρών της γης δεσμεύτηκαν να διακόψουν σταδιακά τη διάθεση και χρήση ψυκτικών ουσιών επικίνδυνων για το περιβάλλον, όπως οι χλωροφθοράνθρακες ή CFCs. Έτσι, θα προστατευθεί το στρώμα όζοντος της ατμόσφαιρας (στρατόσφαιρας) της γης, που μας προφυλάσσει από την επικίνδυνη για την υγεία μας υπεριώδη (UV) ηλιακή ακτινοβολία. Τα CFCs ευθύνονται για τη δημιουργία τρύπας στο στρώμα όζοντος, που μας εκθέτει στην υπεριώδη (UV) ακτινοβολία. Για το λόγο αυτό, το γνωστό μας φρέον (R-22) αποτελεί από το 2004 παρελθόν για κάθε σύστημα ψύξης και κλιματισμού και θα αντικατασταθεί ολοκληρωτικά από ισοδύναμες οικολογικές ψυκτικές ουσίες, όπως το R-4070 και το R-1348. Το 1992, στο Rio de Janeiro της Βραζιλίας, η παγκόσμια κοινότητα δεσμεύτηκε, με την υπογραφή Συνθήκης, για τον δραστικό περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Το αέριο αυτό εκλύεται σε μεγάλες ποσότητες στην ατμόσφαιρα, εξαιτίας της καύσης για

παραγωγή ενέργειας, που, μεταξύ άλλων, απαιτείται και για τη λειτουργία των συστημάτων ψύξης και κλιματισμού. Το διοξείδιο του άνθρακα δημιουργεί, μαζί με άλλα αέρια, όπως το μεθάνιο και το φρέον, μια επικίνδυνη στιβάδα στην ατμόσφαιρα, που προκαλεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Λόγω της στιβάδας αυτής, παγιδεύεται θερμότητα κοντά στην επιφάνεια της γης, που προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και μπορεί να δημιουργήσει επικίνδυνες για την ανθρωπότητα κλιματικές αλλαγές (ξηρασίες και πυρκαγιές δασών, λιώσιμο των παγετώνων και ανύψωση της στάθμης της Θάλασσας, Θεομηνίες και πλημμύρες κλπ.). Όταν μιλάμε για εφαρμογές ψύξης και κλιματισμού, αναφερόμαστε πάντα στα βασικά φυσικά μεγέθη της μάζας και της ενέργειας ενός σώματος (π.χ. του αέρα, του νερού, μιας ψυκτικής ουσίας ακόμα και του ανθρώπου). Η μάζα, όπως γνωρίζουμε, είναι μια ποσότητα ύλης, ενώ η ενέργεια είναι η ικανότητα για παραγωγή έργου ή για πρόκληση κάποιας μεταβολής. Η ενέργεια αλληλεπιδρά με την ύλη μέσα σε μία περιοχή του χώρου, που ονομάζεται θερμοδυναμικό σύστημα ή απλά σύστημα.

Σε ένα σύστημα, η ενέργεια μπορεί να αλλάζει μορφές (π.χ. δυναμική, κινητική, χημική, πυρηνική, ηλεκτρική, μαγνητική ή θερμική ενέργεια - θερμότητα). Οι διάφορες μορφές ενέργειας σχετίζονται είτε με εξωτερικά αίτια και φαινόμενα (θέση και κίνηση σώματος, ηλεκτρικές και μαγνητικές δυνάμεις) είτε με τη δομή και τη δραστηριότητα των μορίων του συστήματος (δεσμοί ατόμων και κίνηση μορίων, αλλαγές κατάστασης της ύλης). Η ενέργεια προκαλεί επίσης αλλαγές στις ιδιότητες της ύλης, επομένως μεταβολή του συστήματος από μια αρχική κατάσταση σε μια τελική. Σε κάθε μεταβολή όμως, η συνολική ποσότητα της ενέργειας διατηρείται πάντοτε σταθερή. Για παράδειγμα, όταν τρώμε πολύ (εισαγωγή μεγάλης ποσότητας ενέργειας από τις τροφές στο σώμα) και εξασκούμαστε λίγο (εξαγωγή μικρότερης ποσότητας ενέργειας από το σώμα), παχαίνουμε (αποθήκευση διαφοράς ποσότητας ενέργειας, υπό μορφή λίπους, στο σώμα), ενώ αντίστοιχα όταν τρώμε λίγο και εξασκούμαστε πολύ, αδυνατίζουμε (εξαγωγή αποθηκευμένης ποσότητας ενέργειας από το σώμα).

Στη φύση, οι ενεργειακές μεταβολές συμβαίνουν πάντα προς μία κατεύθυνση και ποτέ αντίστροφα. Όλοι γνωρίζουμε ότι αν αφήσουμε σε ένα τραπέζι ένα ποτήρι με καυτό γάλα για αρκετή ώρα, αυτό θα κρυώσει σταδιακά από μόνο του, ενώ αντίστροφα, αφήνοντας στο ίδιο τραπέζι για τον ίδιο χρόνο ένα ποτήρι με παγωμένο γάλα, αυτό δεν πρόκειται ποτέ να ζεσταθεί αντίστοιχα, από μόνο του. Οι ψυκτικές διατάξεις (αλλά και οι μηχανές που ονομάζονται αντλίες θερμότητας) καλύπτουν αυτή τη φυσική αδυναμία, δηλαδή τη μεταφορά της θερμικής ενέργειας (της θερμότητας) από μια περιοχή χαμηλής θερμοκρασίας σε μια περιοχή υψηλής θερμοκρασίας. Συγκεκριμένα, οι ψυκτικές διατάξεις έχουν ως σκοπό την αφαίρεση ποσού θερμότητας από μάζα που είναι συνήθως περισσότερο κρύα από το περιβάλλον (αέρας, νερό). Η μεταφορά αυτή γίνεται με τη χρήση ειδικής ουσίας, του ψυκτικού μέσου και της προσφοράς έργου από εξωτερική πηγή. Με τη διαίρεση της ποσότητας της μεταφερόμενης θερμικής (ψυκτικής) ενέργειας προς την ποσότητα του έργου που προσδίδεται για να γίνει αυτή η μεταφορά,

υπολογίζουμε το μέτρο της απόδοσης μιας ψυκτικής διάταξης (και μιας αντλίας θερμότητας).



Όταν λέμε ότι κρυώνουμε, αυτό σημαίνει ότι αισθανόμαστε ψύχος. Τη στιγμή εκείνη, από το (θερμότερο) σώμα μας αποβάλλεται έντονα θερμότητα προς ένα περιβάλλον χαμηλότερης θερμοκρασίας. Επομένως, το ψύχος είναι η αίσθηση που δημιουργείται λόγω χαμηλών θερμοκρασιών. Δεν είναι μορφή ενέργειας, αλλά οφείλεται στη μεταφορά θερμικής ενέργειας. Η έννοια "παραγωγή ψύχους", δεν σημαίνει ότι παράγεται κάτι που λέγεται ψύχος, αλλά απλά ότι φέρνουμε ένα χώρο ή ένα σώμα σε τέτοια θερμοκρασία ώστε να έχουμε την αίσθηση του ψύχους.

1. ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΨΥΞΗΣ

Ψύξη είναι η διαδικασία αφαίρεσης θερμότητας από ένα σώμα ή χώρο (1) και η μεταφορά της σ' ένα σώμα ή χώρο (2) υψηλότερης θερμοκρασίας από το πρώτο.

Το σώμα (1) είναι το σώμα ή ο χώρος που ψύχεται (ψυχόμενο). Είναι φανερό ότι η θερμότητα στο σώμα (1) δεν μας είναι επιθυμητή και γι' αυτό θέλουμε να την αφαιρέσουμε. Για να γίνει αφαίρεση θερμότητας από ένα σώμα, πρέπει αυτή να μεταφερθεί οπωσδήποτε σ' ένα σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας, με οποιουδήποτε από τους τρόπους που περιγράψαμε προηγουμένως. Δηλαδή πρέπει να διαθέτουμε οπωσδήποτε ένα μέσο σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Κάθε αφαίρεση θερμότητας δεν αποτελεί ψύξη. Η αφαίρεση θερμότητας είναι δυνατό να προκαλέσει μόνο αλλαγές φάσης σ' ένα σώμα ή σύστημα, χωρίς να μεταβάλει τη θερμοκρασία του. Έχουμε τότε τις περιπτώσεις της συμπύκνωσης ή της πήξης.

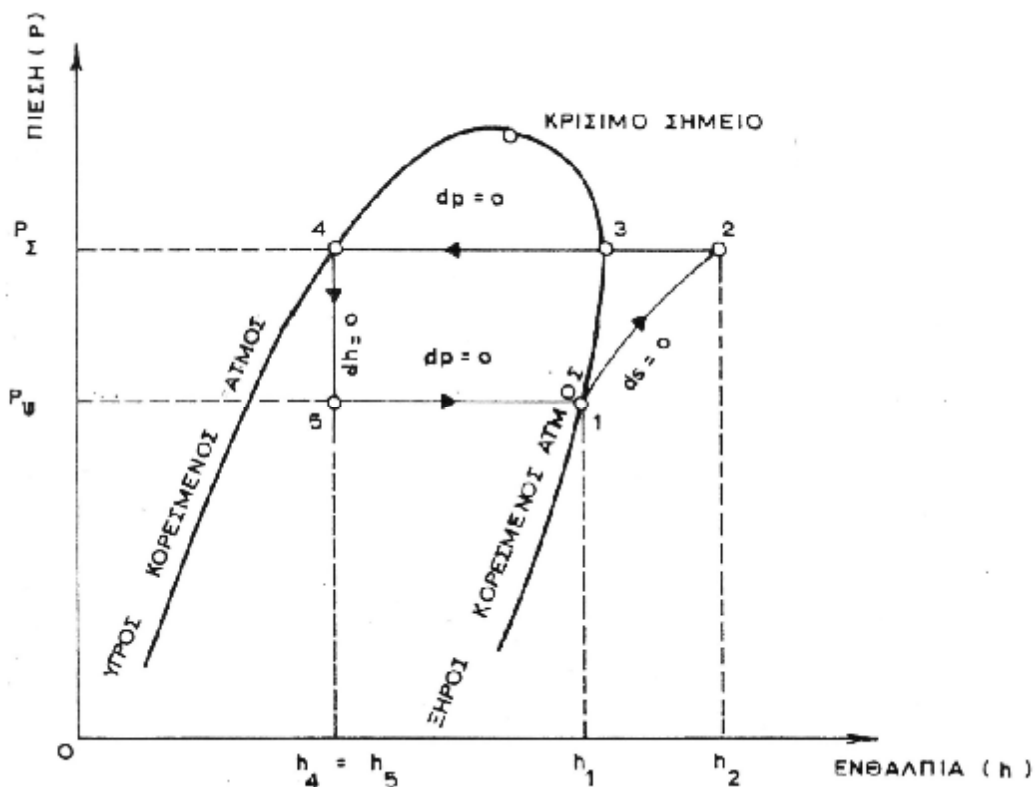
1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Αντλία θερμότητας ονομάζουμε τη μηχανολογική διάταξη που μας επιτρέπει να μεταφέρουμε ενέργεια από έναν χώρο χαμηλής θερμοκρασίας, σε έναν χώρο υψηλότερης θερμοκρασίας. Η αντλία θερμότητας είναι συσκευή που έχει την δυνατότητα εναλλαγής λειτουργίας στον κύκλο ψύξης ενός συστήματος έτσι ώστε να δίνει άλλοτε ζεστό και άλλοτε κρύο αέρα ή άλλο μέσο μεταφοράς θερμότητας ή ψύχους, ανάλογα πάντα με τις κλιματιστικές ανάγκες του χώρου. Ως γνωστόν, η θερμότητα έχει φυσική ροή από καταστάσεις υψηλότερων θερμοκρασιών σε αντίστοιχες χαμηλότερων. Το σύστημα αυτό όμως, έχει την ικανότητα να μεταφέρει τη θερμότητα αντίθετα προς τη

φυσική ροή, δηλαδή 'αντλεί' θερμότητα και για αυτό ονομάζεται έτσι. Συγκεκριμένα το καλοκαίρι αφαιρεί θερμότητα από έναν κλιματιζόμενο χώρο και την αποβάλλει στο περιβάλλον, οπότε ψύχεται ο κλιματιζόμενος χώρος, ενώ το χειμώνα αφαιρεί θερμότητα από το περιβάλλον και την αποβάλλει μέσα στον κλιματιζόμενο χώρο και τον θερμαίνει. Η αντλία θερμότητας είναι ένα φθινό σύστημα θέρμανσης συγκρινόμενη με τη θέρμανση που δίνουν οι ηλεκτρικοί θερμοσυσσωρευτές, τα αερόθερμα και γενικά τα ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα.

1.3 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Οι αντλίες θερμότητας λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο που λειτουργούν όλα τα ψυκτικά μηχανήματα και η λειτουργία τους βασίζεται στις ίδιες αρχές που εφαρμόζονται στα ψυγεία, καταψύκτες, κλιματιστικά μηχανήματα κλπ. Η λειτουργία τους βασίζεται στον ψυκτικό κύκλο, που είναι ένας αένας κύκλος εκτόνωσης και συμπίεσης ενός ρευστού (εργαζόμενο μέσο) σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 1: Βασικός Ψυκτικός Κύκλος

Μεταβολή 1→2

Παριστάνει τη συμπίεση από το συμπιεστή η οποία είναι μία ισεντροπική μεταβολή $dS=0$. Η μηχανική ισχύς που θεωρητικά καταναλώνεται από το συμπιεστή είναι ίση με:

$$\dot{W}_c = \dot{m} * (h_2 - h_1) \quad (1.1)$$

Όπου \dot{m} η παροχή μάζας του ψυκτικού μέσου που κυκλοφορεί στην ψυκτική διάταξη.

Μεταβολή 2→3→4:

Παριστάνει την ψύξη του ψυκτικού μέσου στο συμπυκνωτή μέχρι την πλήρη υγροποίηση του. Η μεταβολή γίνεται με σταθερή πίεση συμπύκνωσης $dP_\Sigma=0$, δηλαδή ισοβαρής μεταβολή. Η αποβαλλόμενη θερμική ισχύς στο περιβάλλον θεωρητικά είναι ίση με:

$$\dot{Q}_\Sigma = \dot{m} * (h_2 - h_4)$$

Μεταβολή 4→5:

Παριστάνει τον ισενθαλπικό στραγγαλισμό $dh=0$. Η θεωρητική καταναλισκόμενη μηχανική ισχύς ισούται με 0, γιατί $h_5=h_4$.

$$\dot{W}_\varepsilon = \dot{m} * (h_5 - h_4)$$

Μεταβολή 5→1:

Παριστάνει την πλήρη ατμοποίηση του ψυκτικού μέσου. Θεωρητικά η μεταβολή γίνεται υπό σταθερή πίεση $dP_\Psi=0$. Η απορροφούμενη θερμική ισχύς από το περιβάλλον του ατμοποιητή, δηλαδή η ψυκτική ισχύς της εγκατάστασης είναι ίση με:

$$\dot{Q}_\Psi = \dot{m} * (h_1 - h_5)$$

Η διαφορά των ενθαλπιών $q=h_1-h_5=h_1-h_4$ ονομάζεται ψυκτική ικανότητα και είναι ίση με την ψυκτική ισχύ της εγκατάστασης ανά μονάδα μάζας ψυκτικού μέσου. Με τη χρήση του διαγράμματος ψυκτικού κύκλου και των ανωτέρω σχέσεων, μπορούμε να υπολογίσουμε τα παρακάτω μεγέθη:

Θεωρητική μηχανική ισχύς:

$$\dot{W}_c = \dot{m} * (h_2 - h_1)$$

Ψυκτική ισχύς:

$$\dot{Q}_\psi = \dot{m} * (h_1 - h_5)$$

Θερμότητα συμπυκνώσεως:

$$\dot{Q}_\Sigma = \dot{m} * (h_2 - h_4)$$

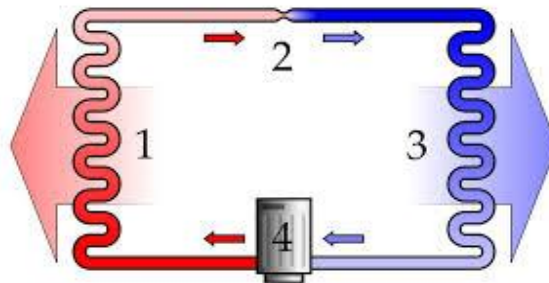
Από τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει το παρακάτω ενεργειακό ισοζύγιο:

$$\dot{Q}_\Sigma = \dot{Q}_\psi + \dot{W}_c$$

Τέλος η απόδοση μίας ψυκτικής συσκευής εκφράζεται μέσω του συντελεστή συμπεριφοράς (Coefficient of Performance – C.O.P.) και ορίζεται από τη σχέση:

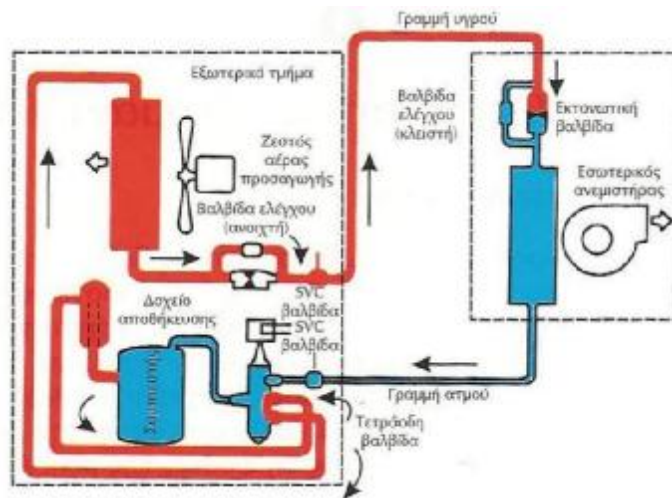
$$C.O.P._\theta = \frac{\dot{Q}_\psi}{\dot{W}_c} = \frac{\dot{m} * (h_1 - h_4)}{\dot{m} * (h_2 - h_1)} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

1.4 ΨΥΚΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ



Σχήμα 2: Ψυκτικός Κύκλος

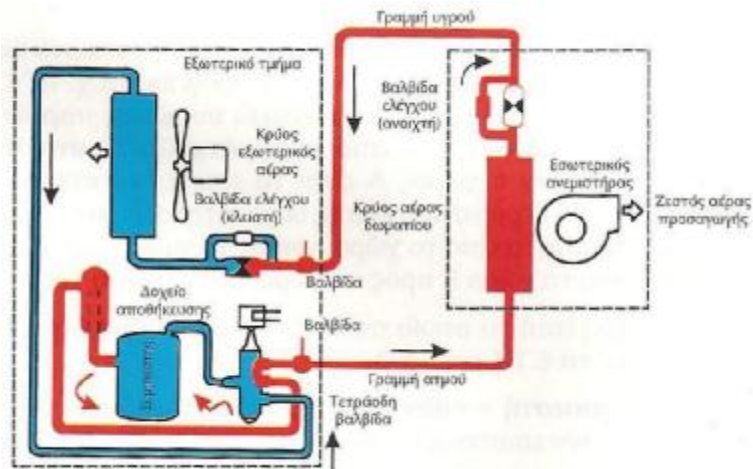
Το ρευστό (ψυκτικό μέσο) που ρέει μέσα στις σωλήνες, στη θέση 1, είναι υγρό σε μεγάλη πίεση και θερμοκρασία, μετά το συμπιεστή. Στη θέση 1, αποβάλλεται η θερμότητα που απέδωσε κατά την συμπίεση ο συμπιεστής. Στη συνέχεια, το ψυκτικό μέσο εκτονώνεται (μειώνεται η πίεση του) στην εκτονωτική βαλβίδα (2), και εξατμίζεται (λόγω της πτώσης της πίεσης) στον εξατμιστή στη θέση 3, όπου ψύχεται και προσλαμβάνει θερμότητα. Στη συνέχεια το κρύο ψυκτικό μέσο, σε αέρια ακόμη μορφή, συμπιέζεται στον συμπιεστή, υγροποιείται, θερμαίνεται, αποβάλλει θερμότητα και ούτω καθ' εξής. Το σημαντικό είναι ότι σε κάθε κύκλο, αποβάλλεται θερμότητα (ενέργεια) στη θέση 1 και προσλαμβάνεται (ενέργεια) στη θέση 3, άρα εφόσον ο κύκλος είναι διαρκής υπάρχει μια διαρκής μεταφορά θερμότητας από το σημείο 3 στο σημείο 1 και συνεπώς με τον ψυκτικό κύκλο μπορούμε να μεταφέρουμε θερμότητα (ενέργεια) μεταξύ δυο σημείων. Η λειτουργία αυτή (η μεταφορά θερμότητας από ένα σημείο σε ένα άλλο) είναι που έδωσε το όνομα "αντλίες θερμότητας" στις συσκευές που λειτουργούν με βάση τον ψυκτικό κύκλο.



Σχήμα 3: Κύκλος αντλίας θερμότητας για ψύξη

1.5 ΚΥΚΛΟΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

Για την λειτουργία της αντλίας θερμότητας στην κατάσταση της θέρμανσης εκτελείται ακριβώς ο κύκλος ψύξης μόνο που σε αυτή την περίπτωση το στοιχείο που εκτελούσε την ατμοποίηση, εδώ εκτελεί την συμπύκνωση και το στοιχείο που εκτελεί την συμπύκνωση, εδώ εκτελεί την ατμοποίηση. Η μετατροπή του ψυκτικού κύκλου σε κύκλο θέρμανσης γίνεται με την βοήθεια της τετράοδης βαλβίδας, που οδηγεί το ψυκτικό υγρό μετά την έξοδο του από τον συμπιεστή και την εκτονωτική διάταξη στους εναλλάκτες θερμότητας ψυκτικού μέσου αέρα ή νερού, ανάλογα με την επιλογή των απαιτήσεων μέσω διακόπτη.

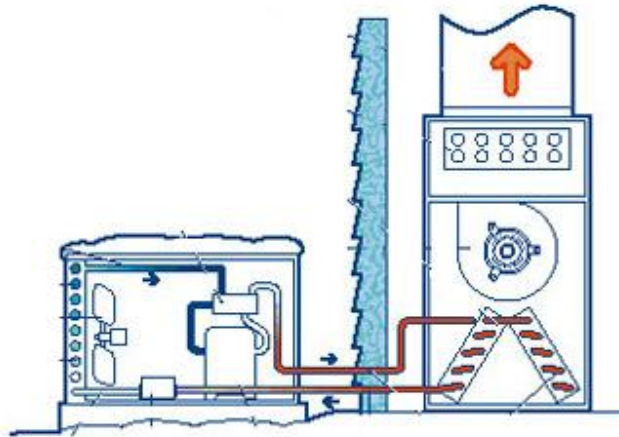


Σχήμα 4: Κύκλος αντλίας θερμότητας για θέρμανση

2. ΕΙΔΗ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Ανάλογα με το ρευστό στο οποίο αποβάλλει (ή από το οποίο προσλαμβάνει) την ενέργεια η αντλία στα σημεία του συμπυκνωτή και εξαμιστή του ψυκτικού κύκλου, οι αντλίες θερμότητας ταξινομούνται σε:

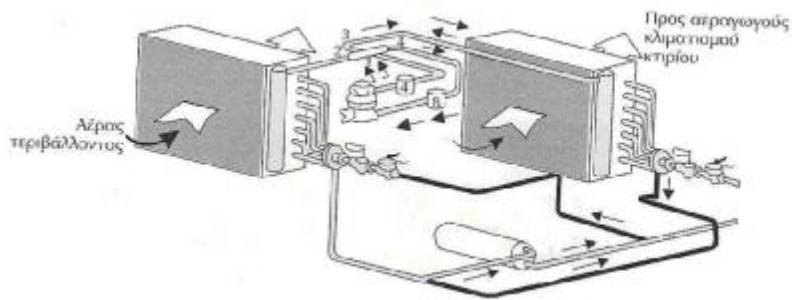
2.1 ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ/ΑΕΡΑ



Σχήμα 5: Αντλία θερμότητας Αέρα/Αέρα

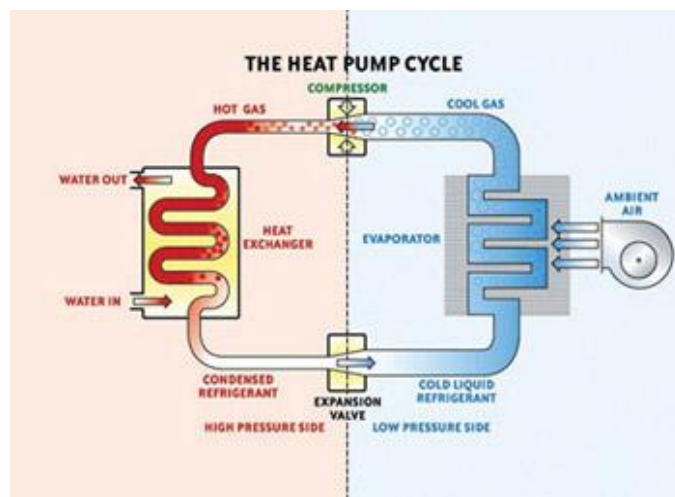
Είναι αντλίες που διαθέτουν και στο σημείο 1 και στο σημείο 3 εναλλάκτη θερμότητας αέρα / ψυκτικού. Είναι τα γνωστά σε όλους μας κλιματιστικά μηχανήματα διαιρούμενου τύπου (split type). Ειδικά στον διαιρούμενο τύπο το ένα στοιχείο (εναλλάκτης στη θέση 3) βρίσκεται μέσα στο σπίτι μας και προσλαμβάνει ενέργεια (αφαιρεί θερμότητα / ψύχει τον χώρο) , και το άλλο σημείο (1) είναι επίσης εναλλάκτης ψυκτικού μέσου / αέρα και αποβάλλει θερμότητα έξω από το σπίτι μας.





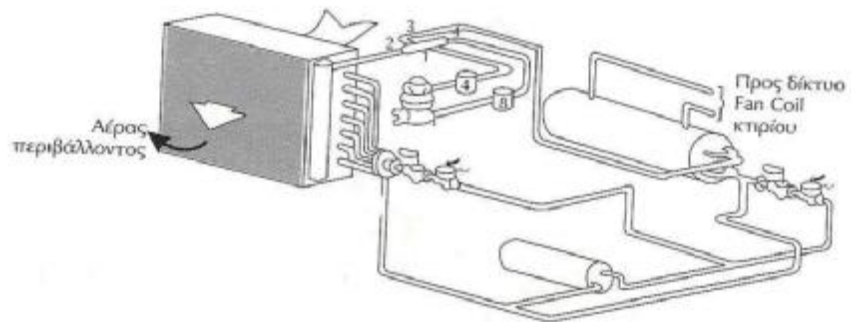
Σχήμα 6: Αντίες θερμότητας Αέρα-Αέρα

2.2 ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ/ΑΕΡΑ



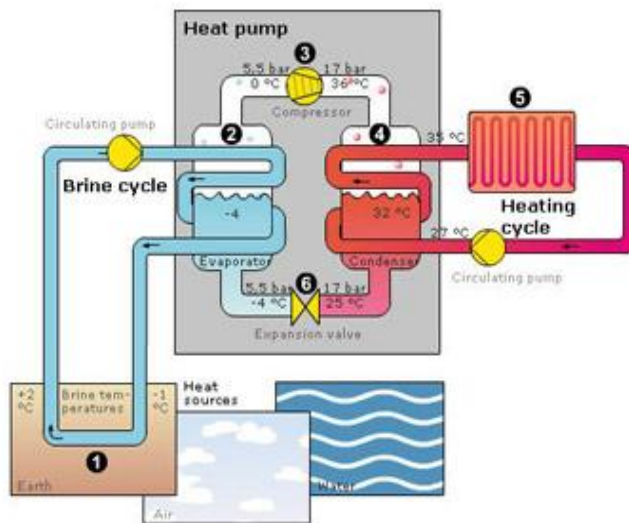
Σχήμα 7: Γράφημα Αντλίας θερμότητας Νερού/Αέρα

Οι αντλίες αυτές στην μια πλευρά (σημείο 3) αντί για στοιχείο έχουν εναλλάκτη ψυκτικού μέσου / νερού και αφαιρούν θερμότητα (ψύχουν νερό) αντί για αέρα. Με τις αντλίες αυτές δηλαδή, μπορούμε να αντλούμε θερμότητα (και άρα να ψύχουμε νερό) και να την αποβάλλουμε στο περιβάλλον (όπως γίνεται και στα κλιματιστικά μηχανήματα της προηγούμενης κατηγορίας).



Σχήμα 8: Αντλία θερμότητας Νερού-Αέρα

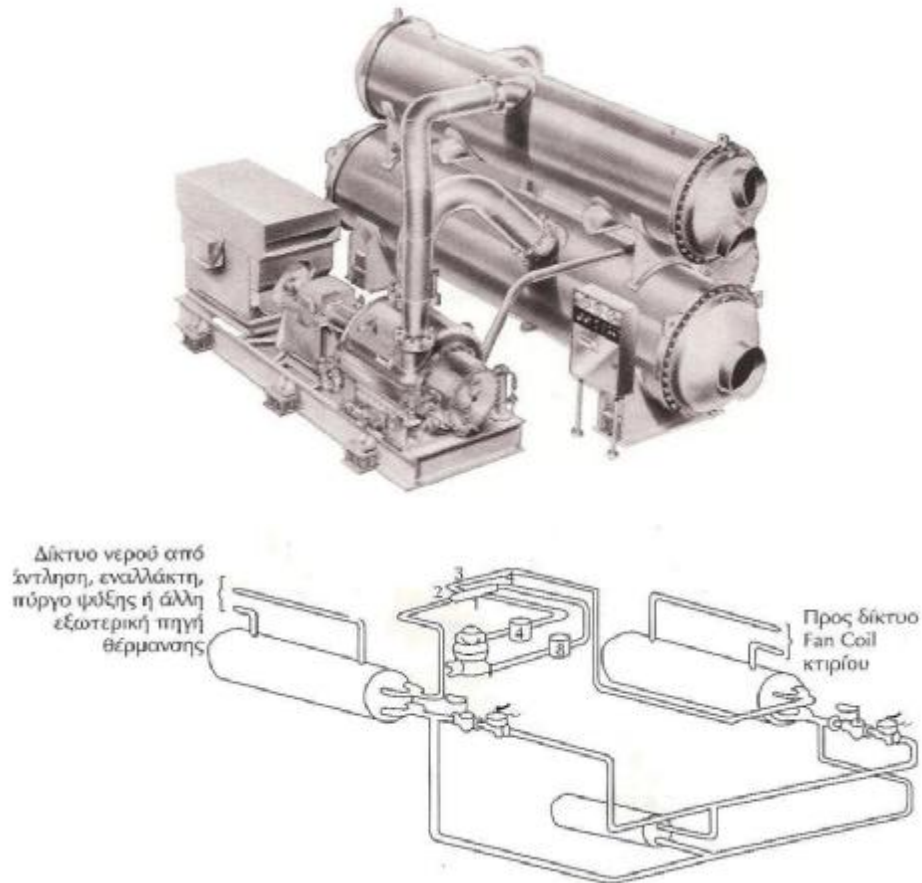
2.3 ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ/ΝΕΡΟΥ



Σχήμα 9: Αντλία θερμότητας Νερού- Νερού

Στις αντλίες αυτές και οι δύο εναλλάκτες είναι εναλλάκτες νερού, και το ψυκτικό μέσο μεταφέρει θερμότητα από τη μια μάζα νερού στην άλλη. Τέτοιες αντλίες, είναι οι

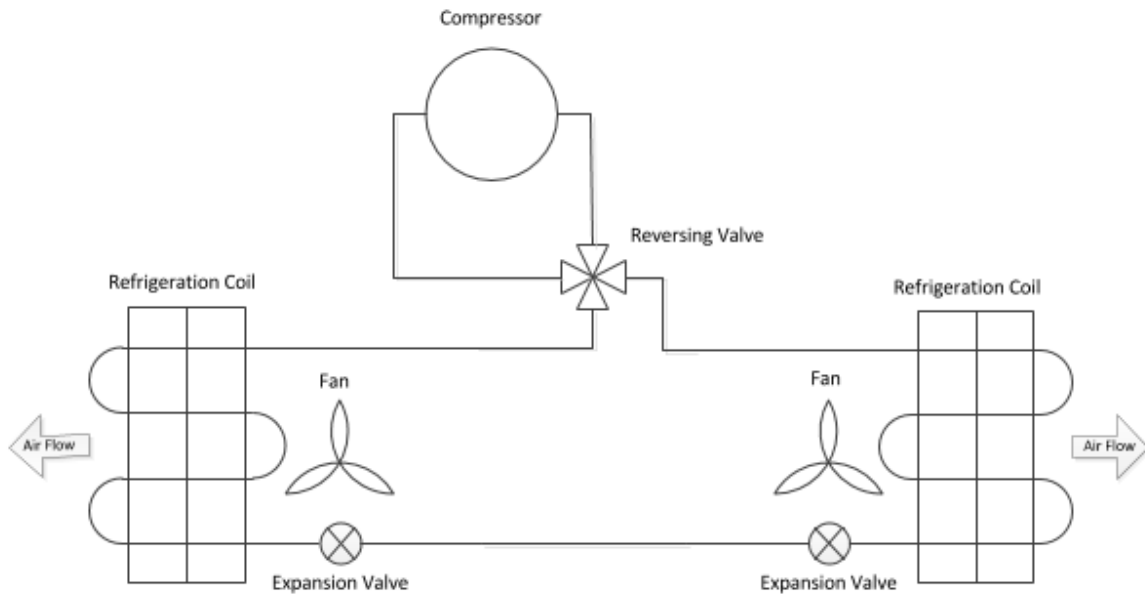
υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας με πύργο ψύξης και οι αντλίες νερού / νερού που χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις με γεωεναλλάκτη (γεωθερμικές) .



Σχήμα 10: Αντλίες θερμότητας Νερού-Νερού

2.4 Αναστροφή κύκλου

Με την προσθήκη μιας δεύτερης εκτονωτικής βαλβίδας (που δεν λειτουργεί ως εκτονωτική, αλλά ως στένωση όταν δέχεται τη ροή ανάποδα) και μιας τετράοδης βάννας, οι σημερινές αντλίες θερμότητας μπορούν να αναστρέφουν τον κύκλο τους και να μεταφέρουν την θερμότητα προς την αντίθετη φορά.

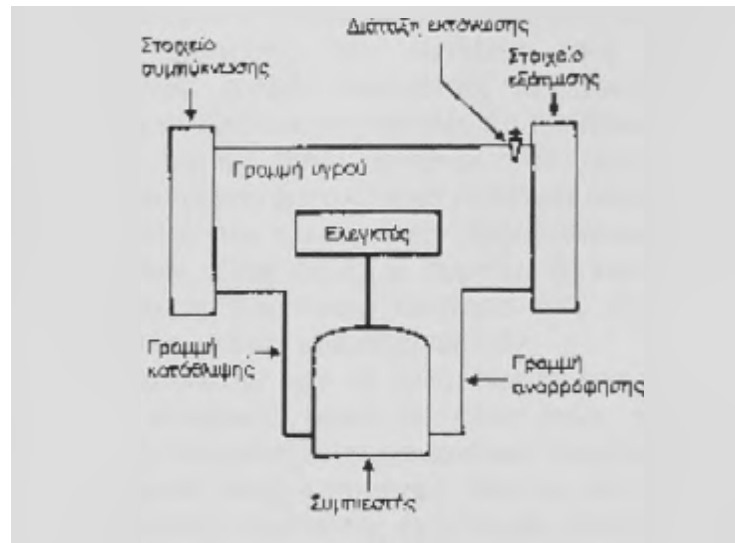


Σχήμα 11: Διάγραμμα Αντλίας με αναστροφή κύκλου

Με τον τρόπο αυτόν, μπορούμε την ίδια αντλία θερμότητας να την χρησιμοποιούμε το χειμώνα για να μεταφέρουμε θερμότητα από έξω στο σπίτι, και το καλοκαίρι για να μεταφέρουμε τη θερμότητα από το σπίτι έξω. Όταν επιλέγουμε λειτουργία στο κλιματιστικό μας, στην ουσία χειριζόμαστε την τετράοδη βάννα του μηχανήματος για να αναστρέψουμε τη ροή του ψυκτικού.

3. ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΜΙΑΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Ένα σύστημα ψύξεως ή ένα κλιματιστικό σύστημα έχει έξι σημαντικά εξαρτήματα. Αυτά είναι : **συμπιεστής, συμπυκνωτής, εξατμιστής, εκτονωτική βαλβίδα, γραμμές μεταφοράς του ψυκτικού μέσου, ελεγκτές.** Τα βασικά αυτά εξαρτήματα φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 12: Συστατικά μέρη αντλίας θερμότητας

3.1 ΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ

Ο συμπιεστής είναι το πιο σημαντικό μηχανήμα σε κάθε ψυκτική εγκατάσταση, που εργάζεται με βάση τον ψυκτικό κύκλο με συμπίεση ατμών του ψυκτικού μέσου (FREON). Ο συμπιεστής αναρροφά το ψυκτικό αέριο από τον εξαμιστή και το συμπιέζει (καταθλίβει) προς το συμπυκνωτή. Μ' αυτόν τον τρόπο δημιουργείται μία συνεχής διαφορά πίεσης μεταξύ της πλευράς αναρρόφησης και της πλευράς κατάθλιψης.

3.1.1 Κατηγορίες Συμπιεστών Βάση της δυνατότητας επέμβασης στο εσωτερικό τους:

Οι συμπιεστές που προορίζονται για εγκαταστάσεις ψύξης και κλιματισμού, μπορούν να καταταγούν σε τύπους ανάλογα με τον τρόπο που παίρνουν κίνηση και τη δυνατότητα επέμβασης στο εσωτερικό τους. Έτσι οι συμπιεστές διακρίνονται σε:

- Ανοιχτού τύπου (open)
- Ημίκλειστους ή ημιερμητικούς (semihermetic)
- Κλειστού τύπου ή ερμητικούς (hermetic)

3.1.1A **Συμπιεστές ανοιχτού τύπου (Open Type Compressors)**

Οι συμπιεστές ανοιχτού τύπου χρησιμοποιήθηκαν παλαιότερα σε όλες σχεδόν τις ψυκτικές εγκαταστάσεις, λόγω του ότι η τεχνολογία τους ήταν σχετικά απλή. Στη

σημερινή όμως εποχή, χρησιμοποιούνται λιγότερο συμπιεστές ανοιχτού τύπου, εξαιτίας των μειονεκτημάτων που παρουσιάζουν σε σχέση με τα άλλα είδη συμπιεστών που έχουν ήδη αναπτυχθεί και κατασκευασθεί. Στους συμπιεστές ανοιχτού τύπου, η κίνηση στον άξονα του συμπιεστή δίδεται μέσω συστήματος ιμάντων και τροχαλιών ή εύκαμπτου συνδέσμου (κόμπλερ). Ο ηλεκτροκινητήρας είναι πάντα έξω από το κύριο σώμα του συμπιεστή και κοντά σε αυτόν. Αναφερόμαστε, δηλαδή, σε συγκρότημα ηλεκτροκινητήρα-συμπιεστή πάνω σε κοινή μεταλλική βάση, στην οποία στερεώνονται με κοχλίες (βίδες) και αποσυναρμολογούνται στις περιπτώσεις συντήρησης ή επισκευής τους.



Σχήμα 13: Ανοικτού τύπου ιμαντοκίνητος παλινδρομικός συμπιεστής



Σχήμα 14: Ανοικτού τύπου παλινδρομικός συμπιεστής



Σχήμα 15: Συγκρότημα ανοικτού τύπου συμπιεστή-ηλεκτροκινητήρα με μετάδοση κίνησης μέσω εύκαμπτου συνδέσμου

Πλεονεκτήματα Συμπιεστών Ανοικτού Τύπου σε σχέση με τους Συμπιεστές Κλειστού Τύπου

- 1.) Οι συμπιεστές αποσυναρμολογούνται εύκολα
- 2.) Όλα τα εξαρτήματά τους είναι προσιτά σε έλεγχο, συντήρηση, επισκευές ή αντικατάσταση
- 3.) Εύκολη επισκευή

Μειονεκτήματα Συμπιεστών Ανοικτού Τύπου σε σχέση με τους Συμπιεστές Κλειστού Τύπου

- 1.) Οι συμπιεστές στεγανοποιούνται δύσκολα στην περιοχή εξόδου του στροφαλοφόρου άξονα τους, από το κύριο σώμα του συμπιεστή
- 2.) Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην ευθυγράμμιση των αξόνων του συμπιεστή και του ηλεκτροκινητήρα κίνησης, όταν χρησιμοποιείται σύνδεσμος (κόμπλερ)
- 3.) Απαιτείται σωστή τοποθέτηση στο ίδιο επίπεδο, των τροχαλιών των ιμαντοκίνητων συμπιεστών και των αντιστοίχων ηλεκτροκινητήρων τους
- 4.) Απαιτείται προσεκτική ρύθμιση της τάσης του ιμάντα (λουριού) από το συντηρητή τεχνίτη, ψυκτικό
- 5.) Είναι ογκώδεις και συνήθως μεγάλου βάρους
- 6.) Είναι περισσότερο θορυβώδεις κατά τη λειτουργία τους σε σύγκριση με άλλους τύπους συμπιεστών
- 7.) Από πλευράς κόστους, σε σχέση με άλλους τύπους συμπιεστών είναι ακριβότεροι

ΧΡΗΣΗ ΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ

Η χρήση των συμπιεστών ανοικτού τύπου, σήμερα, είναι περιορισμένη σε παλιές ψυκτικές εγκαταστάσεις επαγγελματικού και βιομηχανικού τύπου αλλά και σε εφαρμογές

στις οποίες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν άλλοι τύποι συμπιεστών (πχ. σε αυτοκίνητα ψυγεία, σε κλιματισμό αυτοκινήτων οχημάτων κ.λπ.).

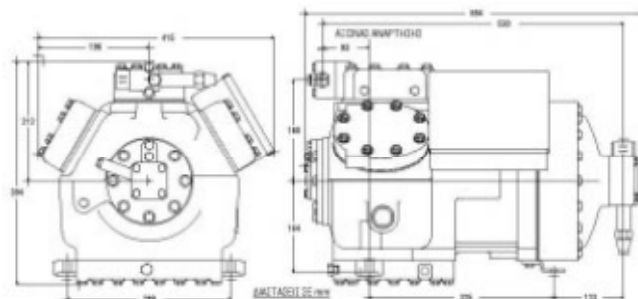
Η εξέλιξη όμως της τεχνολογίας έχει βελτιώσει τις μεθόδους στεγανοποίησης των συμπιεστών, τόσο σε σχέση με τους μηχανισμούς στεγανοποίησης όσο και με τα στεγανοποιητικά υλικά. Έτσι, σήμερα, βλέπουμε να χρησιμοποιούνται συμπιεστές ανοικτού τύπου, με επιτυχία και χωρίς λειτουργικά προβλήματα και σε καινούργιες ψυκτικές εγκαταστάσεις, όπως: ψυκτικές εγκαταστάσεις σε πλοία, σε σύγχρονες επαγγελματικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις ψύξης.

3.1.1B Ημίκλειστοι ή ημιαερμητικοί συμπιεστές (Semi-Hermetic Compressors)

Στους ημίκλειστους ή ημιαερμητικούς συμπιεστές, ο ηλεκτροκινητήρας του συμπιεστή είναι εγκατεστημένος σε ειδικό χώρο μέσα στο χυτό του συμπιεστή. Εδώ, ο άξονας του συμπιεστή αποτελεί συνέχεια του άξονα του ηλεκτροκινητήρα και είναι μόνιμα συνδεδεμένος με αυτόν ή είναι κοινός (αποτελούν ένα κομμάτι). Το χυτό περίβλημα του συστήματος συμπιεστής-ηλεκτροκινητήρα, αποτελεί ένα συμπαγές σύνολο, σχεδιασμένο όμως με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορεί να συντηρηθεί ο συμπιεστής.



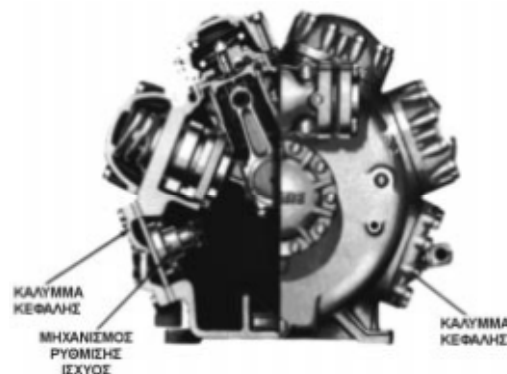
Σχήμα 16: Ημιαερμητικού τύπου παλινδρομικός συμπιεστής



Σχήμα 17: Όψεις εξακύλινδρου παλινδρομικού συμπιεστή



Σχήμα 18: Τομή ημιερμητικού παλινδρομικού συμπιεστή



Σχήμα 19: Όψη και τομή οκτακύλινδρου παλινδρομικού συμπιεστή

Η μονάδα συμπιεστή-ηλεκτροκινητήρα, είναι από χυτοσίδηρο και στερεώνεται σε μεταλλική βάση με κοχλίες. Λόγω αυτής της κατασκευής, οι συμπιεστές ημίκλειστου τύπου είναι πιο βαρείς σε σύγκριση με τους κλειστούς (ερμητικούς) συμπιεστές. Η λίπανση των κινούμενων μηχανικών μερών γίνεται μέσω αντλίας λαδιού με πίεση για τους μεγαλύτερους συμπιεστές, ενώ χρησιμοποιείται, για τους μικρότερους συμπιεστές, ειδικό σύστημα έγχυσης μικρής ποσότητας λιπαντικού μέσου, που βρίσκεται στο κάρτερ λαδιού στο κάτω μέρος του συμπιεστή. Οι ημιερμητικοί συμπιεστές είναι, συνήθως, αερόψυκτοί και φέρουν πτερύγια ή πρόσθετα μεταλλικά ελάσματα στο εξωτερικό μέρος του χυτού περιβλήματος για την αποτελεσματικότερη ψύξη τους.

Πλεονεκτήματα Συμπιεστών Ημίκλειστου Τύπου, σε σχέση με τους Συμπιεστές Ανοικτού Τύπου

- 1.) Δεν υφίστανται προβλήματα στεγανοποίησης αξόνων, καθότι δεν προεξέχει άξονας έξω από το περίβλημα του συμπιεστή.
- 2.) Δεν υφίστανται προβλήματα ευθυγράμμισης των αξόνων, καθότι ο άξονας του ηλεκτροκινητήρα είναι και άξονας του συμπιεστή ή είναι μόνιμα συνδεδεμένος με αυτόν.
- 3.) Είναι λιγότερο ογκώδεις και κοστίζουν λιγότερο.
- 4.) Τα εσωτερικά εξαρτήματα του συμπιεστή (και ηλεκτροκινητήρα) είναι προσιτά για έλεγχο, επιθεώρηση, επισκευή ή αντικατάστασή τους.

ΧΡΗΣΗ ΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ ΗΜΙΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ

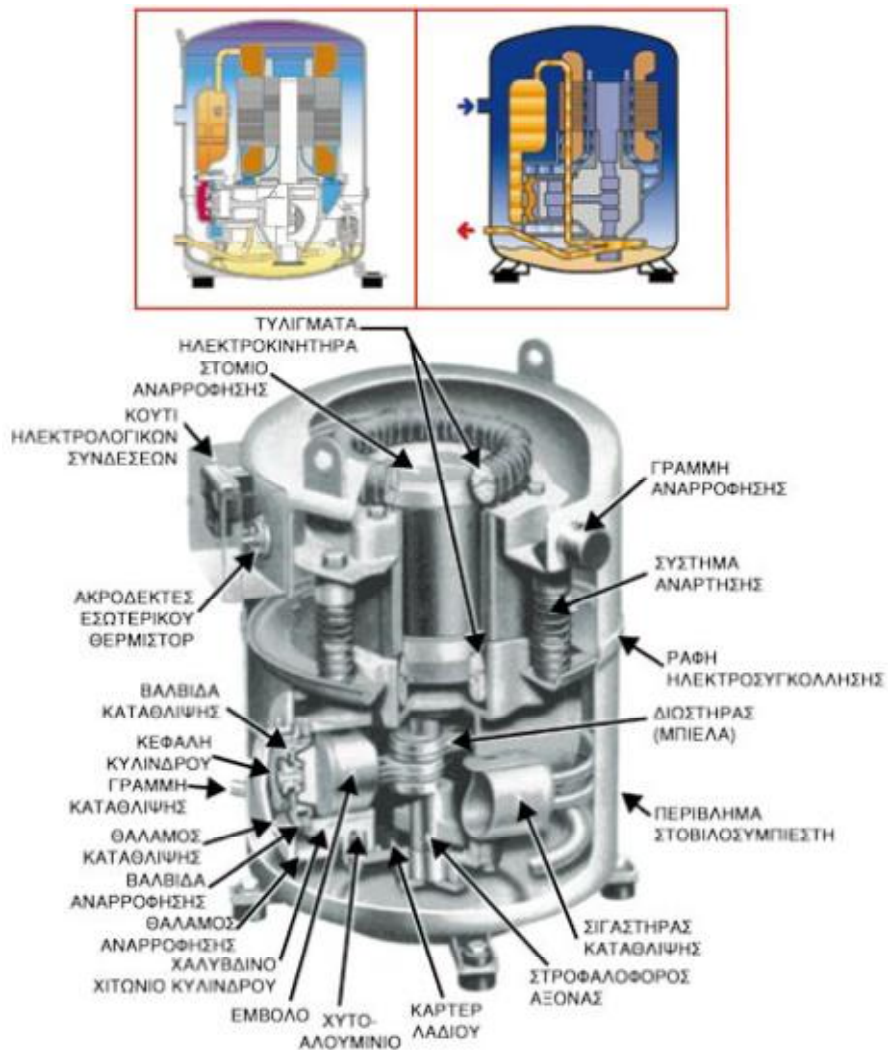
Οι ημίκλειστοι συμπιεστές χρησιμοποιούνται σε ευρεία κλίμακα σε επαγγελματικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις ψύξης μικρού και μεσαίου μεγέθους.

3.1.1Γ Συμπιεστές Κλειστού Τύπου ή Ερμητικοί (Hermetic Compressors)

Στους συμπιεστές κλειστού τύπου το μηχανικό μέρος του συμπιεστή και ο ηλεκτροκινητήρας του περιβάλλονται από ένα κοινό, πλήρως ηλεκτροσυγκολλημένο μεταλλικό κέλυφος (περίβλημα), έτσι ώστε να κλείνεται ερμητικά. Κατ' ουσία δεν υπάρχει πρόσβαση στο συγκρότημα συμπιεστή-ηλεκτροκινητήρα το οποίο και δεν μπορεί να συντηρηθεί, χωρίς να κοπεί το κέλυφος για να ανοίξει.



Σχήμα 20: Ερμητικοί συμπιεστές



Σχήμα 21: Τομές ερμητικών παλινδρομικών συμπιεστών

Όπως και στους ημίκλειστους συμπιεστές, ο άξονας του συμπιεστή αποτελεί συνέχεια του άξονα του ηλεκτροκινητήρα και είναι μόνιμα συνδεδεμένος με αυτόν ή είναι κοινός (αποτελούν ένα κομμάτι). Ειδικότερα για τους παλινδρομικούς συμπιεστές, τα έμβολα και οι διωστήρες λειτουργούν συνήθως οριζόντια, σε γωνία 90° σε σχέση με το στροφαλοφόρο άξονα και κινούνται μέσα-έξω. Οι συμπιεστές αυτού του τύπου ανοίγονται και επισκευάζονται μόνο από εξειδικευμένες εταιρείες. Τις περισσότερες φορές όμως, το κόστος επισκευής υπερβαίνει το κόστος αντικατάστασης του συμπιεστή με καινούργιο. Το ψυκτικό αέριο, από την πλευρά της αναρρόφησης, εισέρχεται και καταλαμβάνει όλο το χώρο του κελύφους (περιβλήματος). Το περίβλημα, επομένως, καταπονείται στην πίεση λειτουργίας της χαμηλής πλευράς. Η γραμμή κατάθλιψης (υψηλή πίεση), οδηγείται έξω από το περίβλημα. Τέλος, οι συμπιεστές ερμητικού τύπου, ψύχονται από το αναρροφούμενο ψυκτικό αέριο.

Η λίπανση των ερμητικών συμπιεστών επιτυγχάνεται με τη βοήθεια αντλίας λίπανσης με πίεση. Ο κοινός άξονας ηλεκτροκινητήρα-συμπιεστή συνήθως εγκαθίσταται σε κατακόρυφη θέση και περιστρέφεται σε δύο (2) έδρανα, ένα στη μέση του συγκροτήματος και ένα στο κάτω μέρος του άξονα, κοντά στην αντλία λαδιού.

Πλεονεκτήματα Συμπιεστών Κλειστού Τύπου, σε σχέση με τους Συμπιεστές Ανοικτού Τύπου

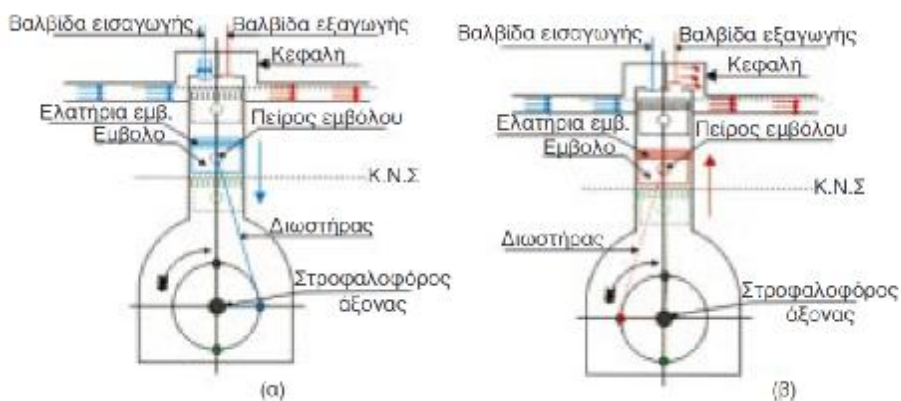
- 1.) Το κόστος προμήθειάς τους είναι μικρότερο σε σχέση με κάθε άλλο είδος συμπιεστή
- 2.) Το βάρος και ο όγκος τους είναι το ελάχιστο δυνατό
- 3.) Σχεδόν μηδενική πιθανότητα διαρροών
- 4.) Σχεδόν αθόρυβη λειτουργία
- 5.) Σημαντική μείωση κραδασμών κατά τη λειτουργία

ΧΡΗΣΗ ΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ ΕΡΜΗΤΙΚΑ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ

Οι συμπιεστές κλειστού τύπου χρησιμοποιούνται ευρύτατα στα οικιακά ψυγεία και σε επαγγελματικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις ψύξης μικρού μεγέθους.

3.1.2 Κατηγορίες Συμπιεστών βάση της κίνησης τους:

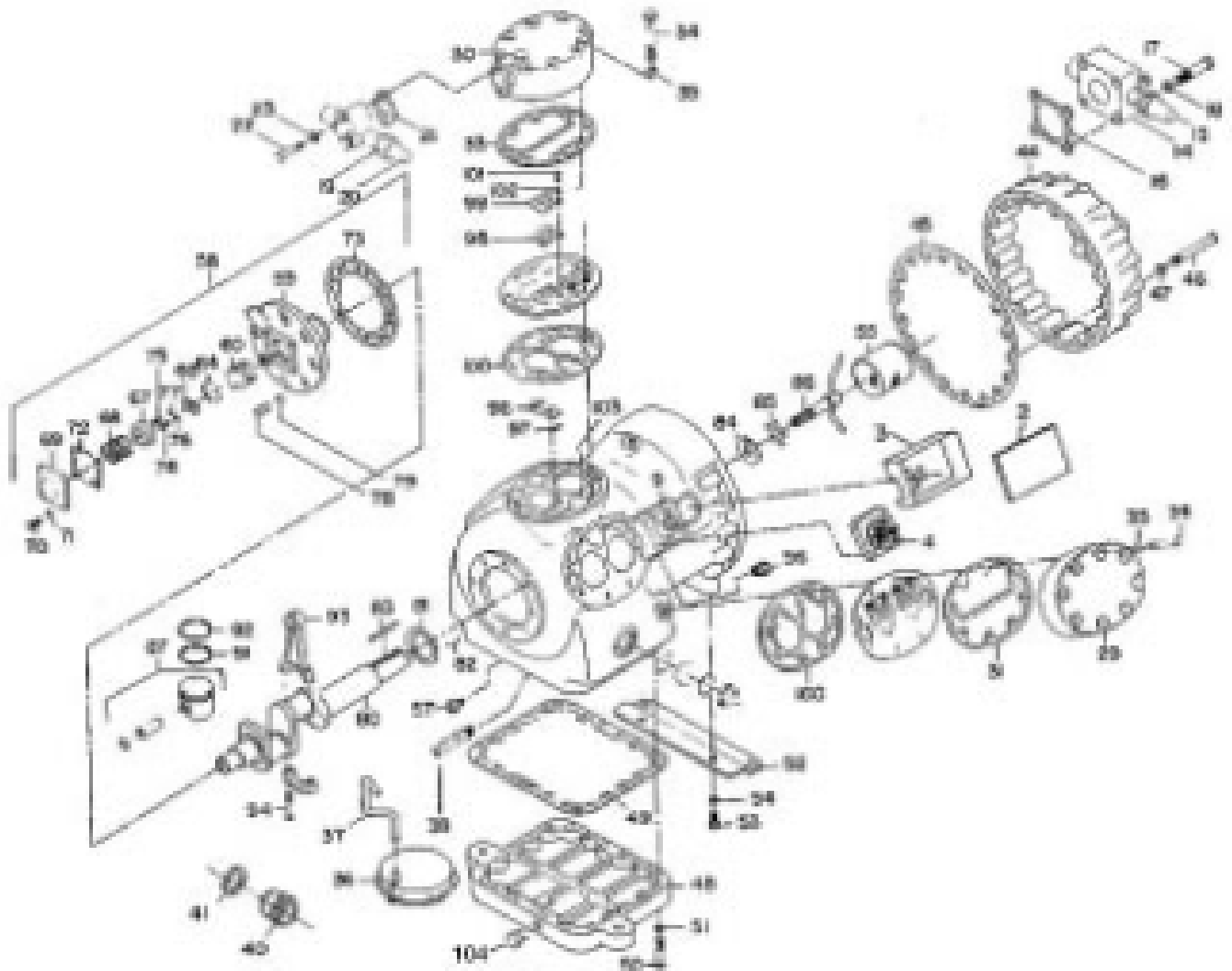
3.1.2A Παλινδρομικοί ή Εμβολοφόροι (*reciprocating compressors*)



Σχήμα 22: Βασική δομή ενός παλινδρομικού συμπιεστή και αρχής λειτουργίας του. (α) φάση εισαγωγής, (β) φάση εξαγωγής.

Οι ψυκτικές εγκαταστάσεις με εμβολοφόρους συμπιεστές είναι από τους πιο διαδεδομένους τύπους εγκαταστάσεων, με έναν ή περισσότερους συμπιεστές

μονοβάθμιους ή πολυβάθμιους και με διάφορα ψυκτικά μέσα σε ολόκληρη τη περιοχή χρησιμοποίησης της ψύξης από περίπου -100°C μέχρι περίπου $+10^{\circ}\text{C}$. Είναι ο πιο κοινός τύπος συμπιεστή ψύξης που παρουσιάζει απλότητα κατασκευής και σχετικά χαμηλό κόστος προμήθειας. Οι παλινδρομικοί συμπιεστές χρησιμοποιούνται κυρίως για ψυκτικά μέσα με σχετικά μικρό ειδικό όγκο, όπως τα FREON: R-12, R-22, R-502, R-1343. Χρησιμοποιούνται όμως και για ψυκτικά μέσα, όπως η αμμωνία (NH_3), που έχει σχετικά μεγάλο ειδικό όγκο. Οι παλινδρομικοί συμπιεστές παρουσιάζουν μεγάλους λόγους συμπίεσης και αποδίδουν ικανοποιητικά και στις περιπτώσεις μεγάλων πιέσεων κατάθλιψης. Στο εμπόριο, μπορούμε να βρούμε παλινδρομικούς συμπιεστές με ηλεκτρική ισχύ από 0,1 HP έως και 100 HP.

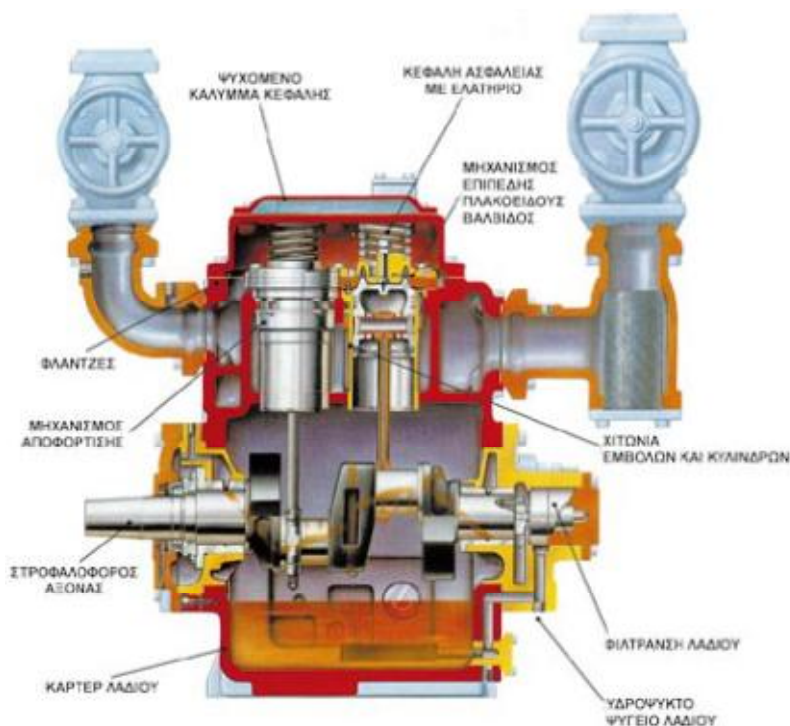


Σχήμα 23: Εξαρτήματα εξακύλινδρου ημιεμμητικού παλινδρομικού συμπιεστή

2. ΚΑΛΥΜΜΑ ΚΟΥΤΙΟΥ ΑΚΡΟΔΕΚΤΩΝ
3. ΚΟΥΤΙ ΑΚΡΟΔΕΚΤΩΝ
4. ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΠΛΑΚΑΣ ΑΚΡΟΔΕΚΤΩΝ
9. ΡΟΔΕΛΛΕΣ (Για καλώδια ισχύος)
14. ΒΑΛΒΙΔΑ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗΣ
15. ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΟ ΚΑΛΥΜΜΑ ΒΑΛΒΙΔΑ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗΣ
16. ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΗ ΦΛΑΝΤΖΑ ΒΑΛΒΙΔΑΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗΣ
17. ΚΟΧΛΙΑΣ ΒΑΛΒΙΔΑΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗΣ
18. ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΟΧΛΙΑ ΒΑΛΒΙΔΑΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗΣ
19. ΒΑΛΒΙΔΑ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΚΑΤΑΘΛΙΨΗΣ
20. ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΟ ΚΑΛΥΜΜΑ ΒΑΛΒΙΔΑ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΚΑΤΑΘΛΙΨΗΣ
21. ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΗ ΦΛΑΝΤΖΑ ΒΑΛΒΙΔΑΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΚΑΤΑΘΛΙΨΗΣ
22. ΚΟΧΛΙΑΣ ΒΑΛΒΙΔΑΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΚΑΤΑΘΛΙΨΗΣ
23. ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΟΧΛΙΑ ΒΑΛΒΙΔΑΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΚΑΤΑΘΛΙΨΗΣ
29. ΚΕΦΑΛΗ ΠΛΕΥΡΙΚΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ
30. ΚΕΦΑΛΗ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ
31. ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΗ ΦΛΑΝΤΖΑ ΠΛΕΥΡΙΚΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ
33. ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΗ ΦΛΑΝΤΖΑ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ
34. ΚΟΧΛΙΑΣ ΚΕΦΑΛΗΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ
35. ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ ΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ ΚΟΧΛΙΑ ΚΕΦΑΛΗΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ
36. ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΦΙΛΤΡΟΥ ΨΥΚΤΕΛΑΙΟΥ
37. ΣΩΛΗΝΑΣ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗΣ ΨΥΚΤΕΛΑΙΟ
38. ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΑΝΑΚΟΥΦΙΣΤΙΚΗΣ ΒΑΛΒΙΔΑΣ ΨΥΚΤΕΛΑΙΟΥ
40. ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΓΥΑΛΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΑΘΜΗΣ ΨΥΚΤΕΛΑΙΟΥ
41. ΣΤΕΓΑΝΟΤΙΚΟΣ ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ ΓΥΑΛΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΑΘΜΗΣ ΨΥΚΤΕΛΑΙΟΥ
44. ΚΑΛΥΜΜΑ ΠΛΕΥΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑ
45. ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΗ ΦΛΑΝΤΖΑ ΚΑΛΥΜΜΑΤΟΣ ΠΛΕΥΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑ
46. ΚΟΧΛΙΑΣ ΚΑΛΥΜΜΑΤΟΣ ΠΛΕΥΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑ
47. ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΟΧΛΙΑ ΚΑΛΥΜΜΑΤΟΣ ΠΛΕΥΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΡΑ
48. ΚΑΛΥΜΜΑ ΠΛΕΥΡΑΣ ΠΥΘΜΕΝΑ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ
49. ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΗ ΦΛΑΝΤΖΑ ΚΑΛΥΜΜΑΤΟΣ ΠΛΕΥΡΑΣ ΠΥΘΜΕΝΑ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ
50. ΚΟΧΛΙΑΣ ΚΑΛΥΜΜΑΤΟΣ ΠΛΕΥΡΑΣ ΠΥΘΜΕΝΑ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ
51. ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΟΧΛΙΑ ΚΑΛΥΜΜΑΤΟΣ ΠΛΕΥΡΑΣ ΠΥΘΜΕΝΑ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ
52. ΒΑΣΗ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ
53. ΚΟΧΛΙΑΣ ΒΑΣΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ
54. ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΟΧΛΙΑ ΒΑΣΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ
55. ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΦΙΛΤΡΟΥ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗΣ
56. ΤΑΠΑ ΠΑΡΑΚΑΜΨΗΣ (ΒΥΡΑ55) ΨΥΚΤΕΛΑΙΟΥ

Τα βασικά εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται ένας παλινδρομικός συμπιεστής είναι:

- Ο στροφαλοφόρος άξονας
- Ο διωστήρας (μπιέλα)
- Το έμβολο (πιστόνι) με τα ελατήρια του
- Ο κύλινδρος
- Οι βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης
- Η κεφαλή του συμπιεστή
- Τα παρεμβύσματα στεγανοποίησης (φλάντζες)
- Οι σιγαστήρες (σιλανσιέ)
- Το περίβλημα του συμπιεστή
- Οι εξωτερικές βαλβίδες ελέγχου των συμπιεστών



Σχήμα 24: Τομή σύγχρονου παλινδρομικού συμπιεστή με επίπεδες πλακοειδείς βαλβίδες

3.1.2B Περιστροφικοί Συμπιεστές

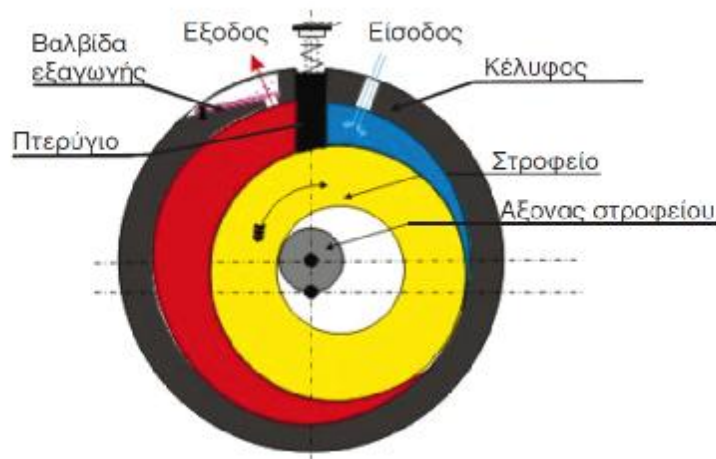
Με τον όρο αυτό εννοούμε συμπιεστές που βασίζονται στην αρχή της εκτόπισης. Στο κλιματισμό δεν είναι σχεδόν γνωστοί. Βρίσκονται όμως σε μεγάλη ανάπτυξη με τη

χρήση του συμπιεστή έλικος με έγχυση λαδιού χρησιμοποιείται σε ομάδες ψυχρού νερού για μεγάλες ισχύεις.

Περιστροφικοί Συμπιεστές (Rotary Vane Compressors)

Οι περιστροφικοί συμπιεστές λέγονται και διαφραγματικού τύπου. Βρίσκουν εφαρμογή σε ψυκτικές εγκαταστάσεις μικρού μεγέθους όπως τα οικιακά ψυγεία, οι κλιματιστικές συσκευές δωματίου κ.λπ. Είναι συμπιεστές απλής κατασκευής και κατατάσσονται σε δύο βασικούς τύπους, σύμφωνα με την αρχή λειτουργίας τους:

Τύπος #1 : Οι περιστροφικοί συμπιεστές με έκκεντρο τύμπανο και σταθερό στεγανοποιητικό πτερύγιο



Σχήμα 25: Τομή Περιστροφικού συμπιεστή

Τα κατασκευαστικά τμήματα ενός περιστροφικού συμπιεστή ΤΥΠΟΥ #1, είναι:

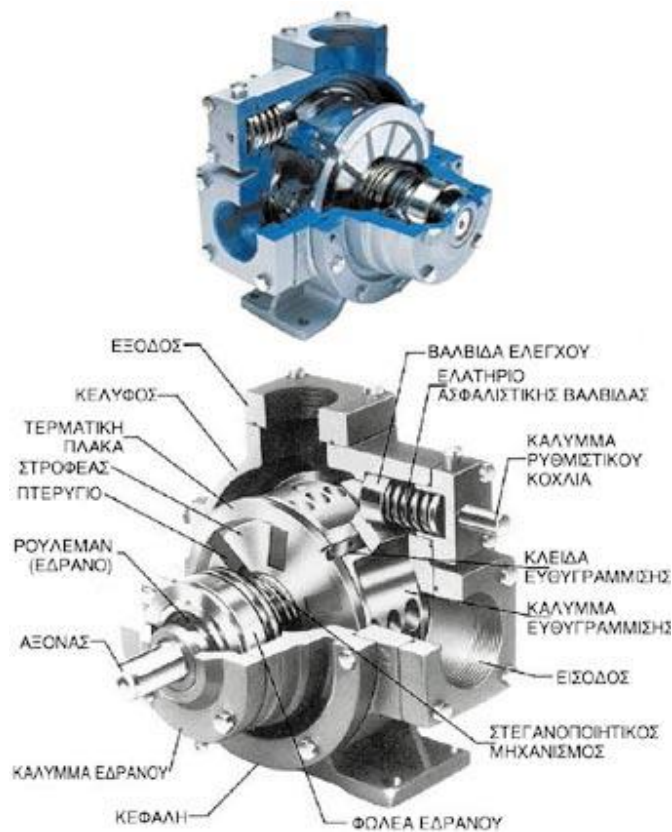
Το σταθερό εξωτερικό σώμα του συμπιεστή έχει κυλινδρική μορφή και στην εσωτερική του επιφάνεια (κύλινδρος) κυλιέται το περιστρεφόμενο τύμπανο. Επάνω στο σώμα του συμπιεστή έχουν προσαρμοσθεί οι σωληνώσεις αναρρόφησης και κατάθλιψης και το σταθερό στεγανοποιητικό πτερύγιο.

Το περιστρεφόμενο τύμπανο του συμπιεστή κυλιέται στην εσωτερική επιφάνεια του σώματος του συμπιεστή (κύλινδρος) και δημιουργεί τις διαδοχικές φάσεις αναρρόφησης και κατάθλιψης, που πάντα χωρίζονται μεταξύ τους και στεγανοποιούνται από το σταθερό στεγανοποιητικό πτερύγιο. Μεταξύ του περιστρεφόμενου στροφείου και της εσωτερικής επιφάνειας του σώματος του συμπιεστή (κύλινδρου) παρεμβάλλεται πάντα λεπτό στρώμα ψυκτελαίου, ώστε να αποφεύγονται οι ανεπιθύμητες φθορές και τριβή των επιφανειών.

Ο άξονας του συμπιεστή κινείται από τον ηλεκτροκινητήρα του συγκροτήματος. Φέρει το έκκεντρο τύμπανο, που περιστρέφεται έκκεντρα, οπότε και γίνεται δυνατή με αυτόν τον τρόπο η συνεχής και ταυτόχρονη αναρρόφηση και κατάθλιψη του ψυκτικού αερίου.

Το σύστημα στεγανοποίησης του στροφείου με το σταθερό στεγανοποιητικό πτερύγιο, το οποίο εφάπτεται συνεχώς πάνω στο στροφέιο κάτω από την πίεση ενός ελατηρίου και διαχωρίζει στεγανά το χώρο αναρρόφησης από το χώρο κατάθλιψης.

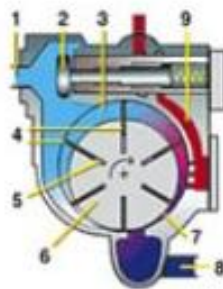
Τύπος #2 : Οι περιστροφικοί συμπιεστές με περιστρεφόμενο στροφέα και κινητό στεγανοποιητικό πτερύγιο (ένα ή περισσότερα)



Σχήμα 26: Τομή Συμπιεστή με περιστρεφόμενο στροφέα και κινητά στεγανοποιητικά πτερύγια

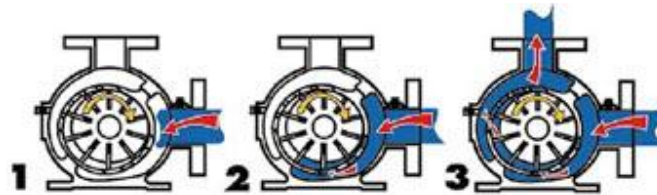
Τα κατασκευαστικά τμήματα ενός περιστροφικού συμπιεστή ΤΥΠΟΥ #2, είναι:

- **Το σώμα του συμπιεστή** έχει κυλινδρική μορφή και στην εσωτερική του επιφάνεια (κύλινδρος) κυλίνεται ο περιστρεφόμενος στροφέας. Επάνω στο σώμα του συμπιεστή έχουν προσαρμοσθεί οι σωληνώσεις αναρρόφησης και κατάθλιψης.
- **Ο περιστρεφόμενος στροφέας του συμπιεστή** κυλίνεται στην εσωτερική επιφάνεια του σώματος του συμπιεστή (κύλινδρος) και δημιουργεί τις διαδοχικές φάσεις αναρρόφησης και κατάθλιψης, που πάντα χωρίζονται μεταξύ τους και στεγανοποιούνται από τα κινητά στεγανοποιητικά πτερύγια. Μεταξύ του περιστρεφόμενου στροφέου και της εσωτερικής επιφάνειας του σώματος του συμπιεστή (κύλινδρου) παρεμβάλλεται πάντα λεπτό στρώμα ψυκτελαίου, ώστε να αποφεύγονται οι ανεπιθύμητες φθορές και τριβή των επιφανειών.
- **Ο άξονας του συμπιεστή** κινείται από τον ηλεκτροκινητήρα του συγκροτήματος. Φέρει τον περιστρεφόμενο στροφέα.
- **Το σύστημα στεγανοποίησης του στροφέα** με τα κινητά στεγανοποιητικά πτερύγια, που είναι εγκατεστημένα σε ειδικές υποδοχές συμμετρικά διαμορφωμένες πάνω στο στροφέα και περιστρέφονται μαζί του. Η άσκηση της πίεσης των στεγανοποιητικών πτερυγίων πάνω στο εσωτερικό τοίχωμα του κυλίνδρου επιτυγχάνεται με 2 τρόπους:
Α.) Εγκαθίστανται ελατήρια μέσα στις υποδοχές του στροφέα τα οποία πιέζουν τα στεγανοποιητικά πτερύγια προς την εσωτερική επιφάνεια του κυλίνδρου.
Β.) Αξιοποιείται η αναπτυσσόμενη από την περιστροφή φυγόκεντρη δύναμη, που εξαναγκάζει τα πτερύγια να κινηθούν ακτινικά και να πιέζονται πάνω στην εσωτερική επιφάνεια του κυλίνδρου, εξασφαλίζοντας έτσι τη στεγανότητα. Στην περίπτωση αυτή η ταχύτητα περιστροφής του άξονα του συμπιεστή είναι η ίδια με την ταχύτητα περιστροφής του άξονα του ηλεκτροκινητήρα (δηλαδή δεν παρεμβάλλεται σύστημα μείωσης στροφών).



Σχήμα 27: Σχηματική παράσταση της Αρχής Λειτουργίας συμπιεστή με περιστρεφόμενο στροφέα και κινητά στεγανοποιητικά πτερύγια

- 1.) Είσοδος αερίου ψυκτικού
- 2.) Εμβολο Ρύθμισης
- 3.) Έκκεντρη κυλινδρική περιοχή
- 4.) Ολισθαίνοντα (κινητά) στεγανοποιητικά πτερύγια
- 5.) Κατά μήκος αύλακας
- 6.) Στροφέας
- 7.) Περιοχή μέγιστης συμπίεσης
- 8.) Έξοδος συμπιεσμένου ψυκτικού αερίου
- 9.) Εντατική έγχυση ψυκτελαίου



Σχήμα 28: Λειτουργία συμπιεστή με περιστρεφόμενο στροφέα και κινητά στεγανοποιητικά πτερύγια

- 1.) Ένας αυλακωτός στροφέας (ή φτερωτή) περιστρέφεται έκκεντρα σε ένα κυκλοειδές κέλυφος. Ο στροφέας είναι τοποθετημένος κοντά στα τοιχώματα του κελύφους, οπότε σχηματίζεται έτσι, μια κοιλότητα σαν μισοφέγγαρο. Ο στροφέας έχει στεγανοποιηθεί μέσα στο κέλυφος από δύο πλευρικές πλάκες (μπρος και πίσω ως προς το επίπεδο της εικόνας)
Πτερύγια ή ελάσματα ή κόφτρες, εφαρμόζουν μέσα στους αύλακες του στροφέα. Καθώς η φτερωτή περιστρέφεται (κίτρινο βέλος) το αέριο εισέρχεται στο συμπιεστή και λόγω της φυγοκέντρου δυνάμεως (ή της πίεσης ελατηρίων) τα πτερύγια (ελάσματα ή κόφτρες) εφαρμόζουν με πίεση πάνω στα τοιχώματα του κελύφους. Η εφαρμογή αυτή είναι απόλυτα στεγανή.
- 2.) Το αέριο εισέρχεται στο «θάλαμο» συμπίεσης μέσα από ανοίγματα που βρίσκονται στα τοιχώματα του κελύφους. Το αέριο καταλαμβάνει τις κοιλότητες που σχηματίζονται από τα πτερύγια, το στροφέα, το κέλυφος και τις πλευρικές πλάκες.
- 3.) Καθώς η φτερωτή συνεχίζει να περιστρέφεται, τα πτερύγια σαρώνουν το αέριο, προς την αντίθετη πλευρά του μισοφέγγαρου. Εκεί συμπιέζεται μέσα στα ανοίγματα κατάθλιψης του κελύφους, καθώς το κάθε πτερύγιο πλησιάζει στο σημείο του μισοφέγγαρου που φαίνεται στο μικρό κόκκινο βέλος στα αριστερά.

Εν συνεχεία, το συμπιεσμένο αέριο εξέρχεται από το στόμιο κατάθλιψης.

Πλεονεκτήματα Περιτροφικών Συμπιεστών σε σχέση με τους παλινδρομικούς συμπιεστές

- Αθόρυβη λειτουργία
- Μεγάλος βαθμός απόδοσης σε μικρούς λόγους συμπίεσης
- Μικρές διαστάσεις

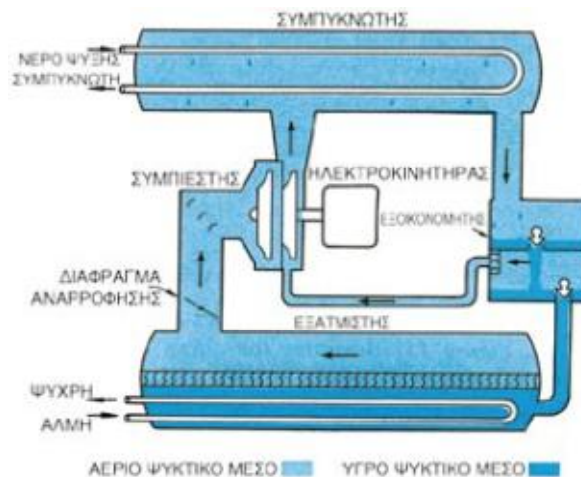
- Πολύ λίγα κινούμενα εξαρτήματα

Μειονεκτήματα Περιστροφικών Συμπιεστών σε σχέση με τους παλινδρομικούς συμπιεστές

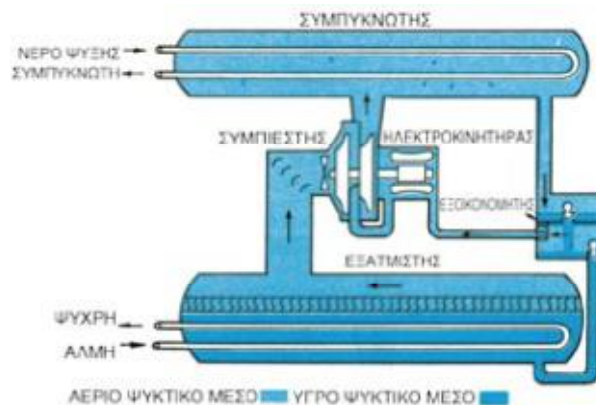
- Δυσκολία επισκευής
- Κόστος προμήθειας μεγάλο
- Ακατάλληλοι για μεγάλους λόγους συμπίεσης
- Οι περιστροφικοί συμπιεστές βρίσκουν εφαρμογές σε ψυκτικές εγκαταστάσεις που απαιτούν μεγάλες παροχές ψυκτικού μέσου σε μέτριες πιέσεις λειτουργίας. Επίσης, εγκαθίστανται σε οικιακά ψυγεία, σε κλιματιστικές συσκευές δωματίου κλπ.

3.1.2Γ Φυγοκεντρικοί Συμπιεστές (Centrifugal Compressors)

Οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές είναι απλοί στην κατασκευή τους. Αποτελούνται, κατά βάση, από ένα ακίνητο κέλυφος και την περιστρεφόμενη φτερωτή. Η φτερωτή παίρνει κίνηση από ένα ηλεκτροκινητήρα, μέσω συστήματος μετατροπής των στροφών με ελικοειδείς οδοντωτούς τροχούς.

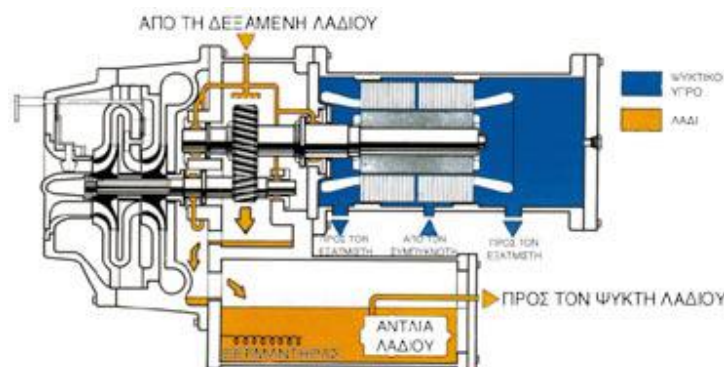


Σχήμα 29: Σχηματικό διάγραμμα υδρόψυκτου ψυκτικού συγκροτήματος άλμης, με ανοικτού τύπου 2-βάθμιο φυγοκεντρικό συμπιεστή



Σχήμα 30: Σχηματικό διάγραμμα υδρόψυκτου ψυκτικού συγκροτήματος άλμης, με ερμητικό 2-βάθμιο φυγοκεντρικό συμπιεστή

Όλα τα εξωτερικά τμήματα του συμπιεστή είναι κατασκευασμένα από χάλυβα ή από ανθεκτικό χυτοσίδηρο. Οι φτερωτές μπορεί να είναι από ανθεκτικό κράμα αλουμινίου. Τα γρανάζια, οι επιφάνειες των εδράνων και οι περιοχές που δέχονται ωστικές δυνάμεις, είναι βαμμένες και λειασμένες με μεγάλη ακρίβεια. Το περίβλημα του συμπιεστή πρέπει να έχει δοκιμαστεί σε υδροστατική πίεση 2,6 MPa. Το περιστρεφόμενο συγκρότημα δοκιμάζεται σε ταχύτητες 20% μεγαλύτερες από την ταχύτητα λειτουργίας για την οποία έχει σχεδιασθεί και ζυγοσταθμίζεται δυναμικά. Μ' αυτόν τον τρόπο στις ονομαστικές ταχύτητες λειτουργίας το πλάτος των δονήσεων είναι ελάχιστο. Η ταχύτητα περιστροφής στους φυγοκεντρικούς συμπιεστές είναι μεγαλύτερη από 3.000 RPM και μπορεί να φθάσει έως και 18.000 RPM. Οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές ανάλογα με το μέγεθος και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους σχεδιάζονται με μία ή περισσότερες βαθμίδες συμπίεσης. Επειδή οι μονοβάθμιοι συμπιεστές με φτερωτή μεγάλης διαμέτρου παρουσιάζουν το φαινόμενο του «μπουκώματος», χρησιμοποιούνται, συνηθέστατα, οι διβάθμιοι συμπιεστές, που έχουν φτερωτές μικρότερης διαμέτρου και «μπουκώνουν» δυσκολότερα. Έτσι οι διβάθμιοι συμπιεστές βρίσκουν περισσότερες εφαρμογές απ' ό,τι οι μονοβάθμιοι.

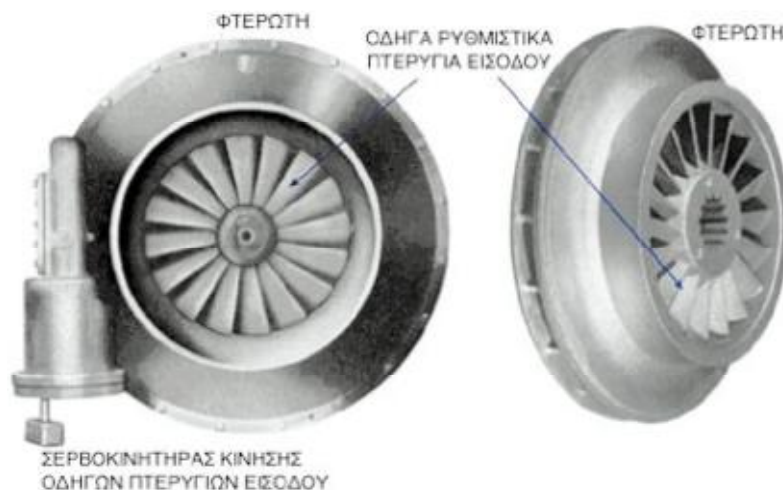


Σχήμα 31: Σύστημα λίπανσης διβάθμιου ημιερμητικού συμπιεστή

Το σύστημα λίπανσης περιλαμβάνει ένα εξωτερικό ρεζερβουάρ λαδιού, μία παλινδρομική αντλία, ένα φίλτρο λαδιού και ένα θερμαντήρα λαδιού, ενώ ο ψύκτης λαδιού είναι τοποθετημένος στη λεκάνη του εξαμιστή. Το λάδι ψεκάζεται με πίεση στα ρουλεμάν και στους οδοντωτούς τροχούς (γρανάζια).

Οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές έχουν άριστες αποδόσεις σε ψυκτικά μέσα μεγάλου ειδικού όγκου όπως είναι το R-11, R-113 και τα σύγχρονα οικολογικά ψυκτικά μέσα όπως το R-1343 κλπ. Χαρακτηριστικό τους είναι η εύκολη προσαρμογή σε μεταβαλλόμενα φορτία (με ελάχιστο όμως φορτίο 20%).

Ο έλεγχος της ισχύος των φυγοκεντρικών συμπιεστών γίνεται με κινούμενα πτερύγια εισόδου, που ανοίγουν και κλείνουν ηλεκτρικά (μέσω σερβοκινητήρα) και είναι τοποθετημένα πριν από την πρώτη βαθμίδα του συμπιεστή. Στα κινούμενα οδηγία πτερύγια εισόδου, μεταβάλλεται η γωνία με την οποία το αναρροφούμενο αέριο κατευθύνεται στην είσοδο της πρώτης βαθμίδας. Το ελάχιστο μερικό φορτίο καθορίζεται από την ποσότητα του αερίου που διαφεύγει μέσα από τα τελείως κλειστά οδηγία πτερύγια εισόδου.



Σχήμα 32: Φτερωτή φυγοκεντρικού συμπιεστή με τα οδηγία ρυθμιστικά πτερύγια εισόδου

Με αυτό τον τρόπο το σύστημα ελέγχου της ισχύος έχει δυνατότητα διαμόρφωσης της από 20% έως 100% (πλήρες φορτίο).

Οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές βρίσκουν εφαρμογές σε ψυκτικά συγκροτήματα κλιματιστικών εγκαταστάσεων μεγάλου μεγέθους.

Πλεονεκτήματα Φυγοκεντρικών Συμπιεστών σε σχέση με τους Παλινδρομικούς Συμπιεστές.

- Έχουν λιγότερα κινούμενα μέρη
- Έχουν απλούστερο σύστημα λίπανσης
- Παρουσιάζουν εύκολη προσαρμογή στο ψυκτικό φορτίο

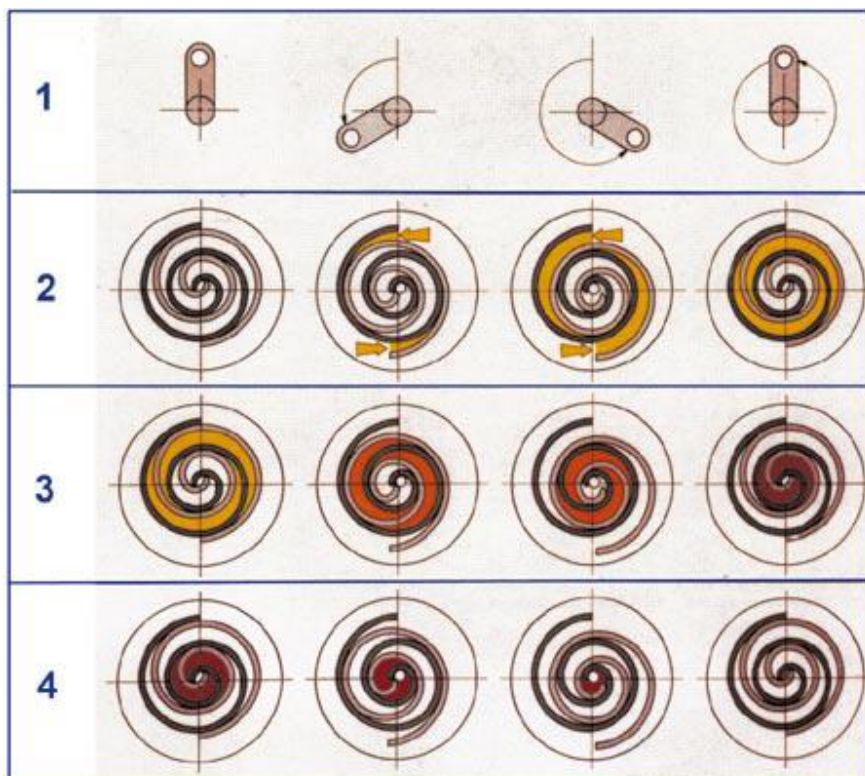
Μειονεκτήματα Φυγοκεντρικών Συμπιεστών σε σχέση με τους Παλινδρομικούς Συμπιεστές.

- Δεν κατασκευάζονται για ψυκτικές ισχύεις κάτω από 200 HP περίπου.
- Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην καλή λειτουργία του συστήματος λίπανσης
- Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην αντικραδασμική εγκατάστασή τους

3.1.2Δ Σπειροειδείς Συμπιεστές (SCROLL COMPRESSORS)

Οι σπειροειδείς συμπιεστές αποτελούνται από δύο οριζόντιες πλάκες που φέρουν από μία τρισδιάστατη σπείρα προσαρμοσμένη η μία μέσα στην άλλη. Η πάνω πλάκα, με τη σπείρα της, είναι σταθερή, ενώ η κάτω περιστρέφεται έκκεντρα (μέσα στη σταθερή), με πολύ μικρές ανοχές.

Η περιστρεφόμενη σπείρα παίρνει κίνηση από τον άξονα του ηλεκτροκινητήρα. Μέσω ενός ειδικού εξαρτήματος έκκεντρου, που βρίσκεται μεταξύ του άξονα του ηλεκτροκινητήρα και της περιστρεφόμενης σπείρας, η κίνησή τους γίνεται εκκεντρικά. Η έκκεντρη αυτή κίνηση δημιουργεί χώρους στους οποίους το ψυκτικό αέριο εισερχόμενο, εγκλωβίζεται, συμπιέζεται και οδηγείται στο κέντρο των δύο σπειρών. Εκεί έχει τοποθετηθεί η έξοδος του συμπιεζόμενου ψυκτικού αερίου.



Σχήμα 33: Απεικόνιση λειτουργίας Σπειροειδούς συμπιεστή

ΓΕΝΙΚΑ

Ένας συμπιεστής τύπου scroll έχει δύο σπείρες.
Η επάνω είναι σταθερή, ενώ η κάτω περιστρέφεται.
Οι σπείρες έχουν τοιχώματα σπειροειδούς μορφής, και η κάτω σπείρα είναι προσαρμοσμένη μέσα στην επάνω σπείρα.

ΕΙΣΟΔΟΣ - 1η Περιστροφή

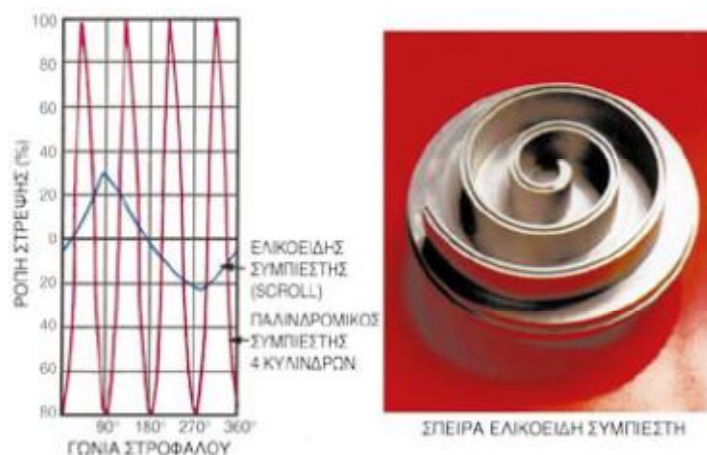
Καθώς η κάτω σπείρα περιστρέφεται, σχηματίζονται δύο (2) θύλακες αερίου, στεγανοποιημένοι.

ΣΥΜΠΙΕΣΗ - 2η Περιστροφή

Το ψυκτικό αέριο συμπιέζεται καθώς ο όγκος μειώνεται, οδεύοντας προς το κέντρο της σπείρας

ΕΚΡΟΗ

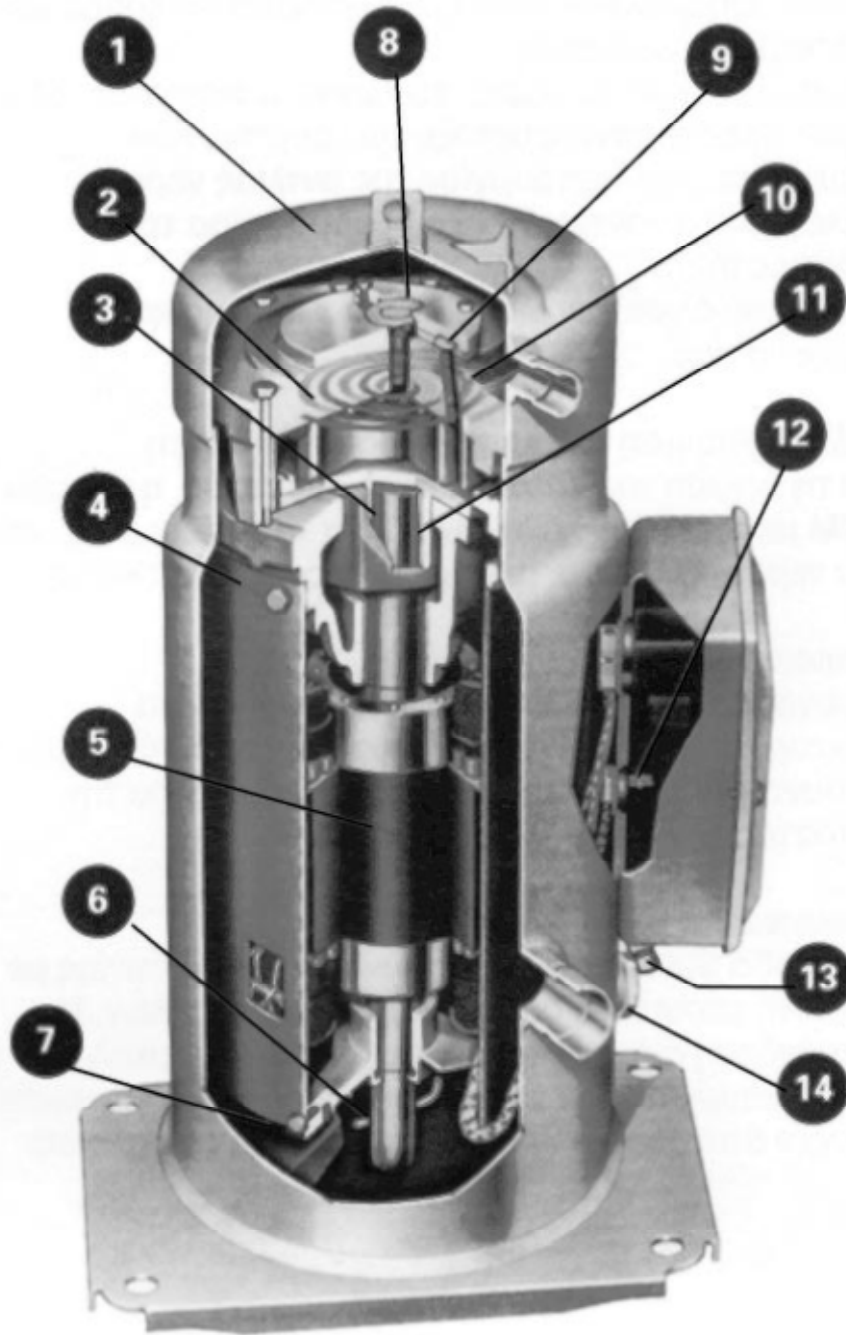
Το αέριο συμπιέζεται περισσότερο και καταθλίβεται μέσα σ' ένα μικρό άνοιγμα στο κέντρο της σταθερής σπείρας.



Σχήμα 34: Μικρή μεταβολή της ροπής στρέψης ενός σπειροειδούς συμπιεστή (scroll), σε σχέση με έναν τυπικό 4-κύλινδρο παλινδρομικό συμπιεστή

Ακριβώς, στην έξοδο του συμπιεσθέντος ψυκτικού αερίου, εγκαθίσταται βαλβίδα αντεπιστροφής, ώστε να παρεμποδίζεται η αντίθετη κίνηση και η επιστροφή του αερίου υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας στο χώρο αναρρόφησης του συμπιεστή (χώρος χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας) και από εκεί στον εξατμιστή. Τέλος, υπάρχει ειδική στεγανοποιητική διάταξη, και στις 3 διαστάσεις, μεταξύ των δύο σπειρών, ώστε να εξασφαλίζεται η αναγκαία στεγανότητα μεταξύ του αναρροφούμενου και του καταθλιβόμενου ψυκτικού αερίου.

Οι συμπιεστές τύπου scroll, είναι ερμητικά κλειστοί συμπιεστές, με τρία (3) μόνο κινούμενα μέρη. Ο κοινός άξονας κινητήρα-συμπιεστή είναι κατακόρυφος. Ο κινητήρας ψύχεται από το ψυκτικό αέριο της αναρρόφησης, και κινεί απευθείας το συμπιεστή με 3.000 RPM.



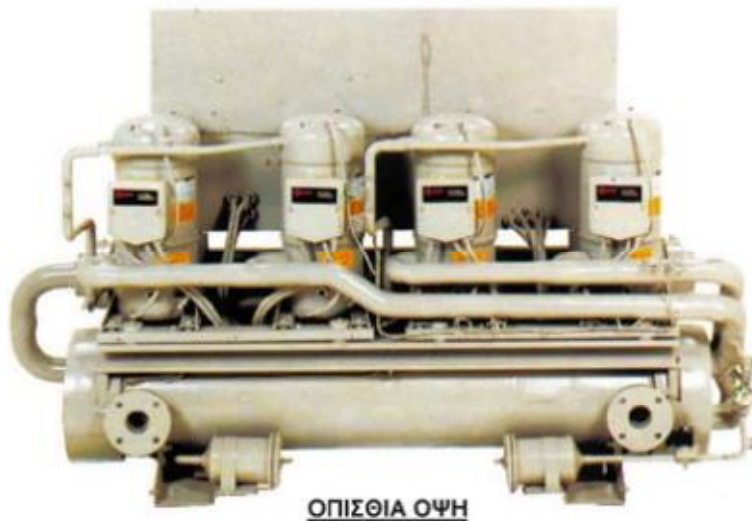
Σχήμα 35: Τομή ερμητικού σπειροειδούς συμπιεστή (Hermetic scroll compressor)

1. ΘΑΛΑΜΟΣ ΚΑΤΑΘΛΙΨΗΣ
2. ΠΤΕΡΥΓΙΑ ΣΠΕΙΡΩΝ
3. ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ
4. ΣΩΛΗΝΑΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ
5. ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑΣ
6. ΔΕΞΑΜΕΝΗ (ΚΑΡΤΕΡ) ΛΑΔΙΟΥ
7. ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΑΣ (ΦΙΛΤΡΟ) ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ
8. ΒΑΛΒΙΔΑ ΑΝΤΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ
9. ΒΑΛΒΙΔΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΦΑΣΗΣ
10. ΠΤΕΡΥΓΙΑ ΣΠΕΙΡΩΝ
11. ΕΠΙΠΕΔΑ ΕΔΡΑΝΑ
12. ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑ
13. ΣΤΟΜΙΟ ΕΚΡΟΗΣ ΚΑΙ ΠΛΗΡΩΣΗΣ ΛΑΔΙΟΥ
14. ΓΥΑΛΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΑΘΜΗΣ ΛΑΔΙΟΥ

Οι σπειροειδείς συμπιεστές είναι επίσης εξοπλισμένοι με φυγοκεντρική αντλία λαδιού, με ενδεικτικό γυαλί στάθμης του λαδιού και με χειροκίνητη βάνα εκροής ή πλήρωσης λαδιού. Τα πτερύγια των σπειρών κατασκευάζονται συνήθως από χυτοσίδηρο για μείωση των θερμικών φορτίων και αύξηση του συντελεστή απόδοσης. Το κάρτερ λαδιού και το φίλτρο του λαδιού, βρίσκονται στο κάτω μέρος του συμπιεστή. Αντί ένσφαιρων τριβών (ρουλεμάν με μπίλιες) φέρουν επίπεδα έδρανα ολίσθησης που μεταδίδουν λιγότερο θόρυβο μεταξύ του κινούμενου και του σταθερού μέρους. Επιπλέον, το απλό σύστημα μετάδοσης της κίνησης στις σπείρες περιορίζει στο ελάχιστο δυνατό τις δονήσεις και τους κραδασμούς.

Πλεονεκτήματα των Σπειροειδών Συμπιεστών σε σχέση με τους Παλινδρομικούς Συμπιεστές

- Έχουν λιγότερα κινούμενα εξαρτήματα και επομένως λιγότερες φθορές και τριβές.
- Έχουν υψηλότερες αποδόσεις, γιατί δεν υπάρχουν «νεκροί χρόνοι».
- Παρουσιάζουν αθόρυβη λειτουργία χωρίς κραδασμούς.
- Είναι ανεπηρέαστοι από την παρουσία σταγόνων ψυκτικού υγρού που μπορεί να επιστρέψει στο συμπιεστή, καθώς και από την παρουσία ξένων σωματιδίων.



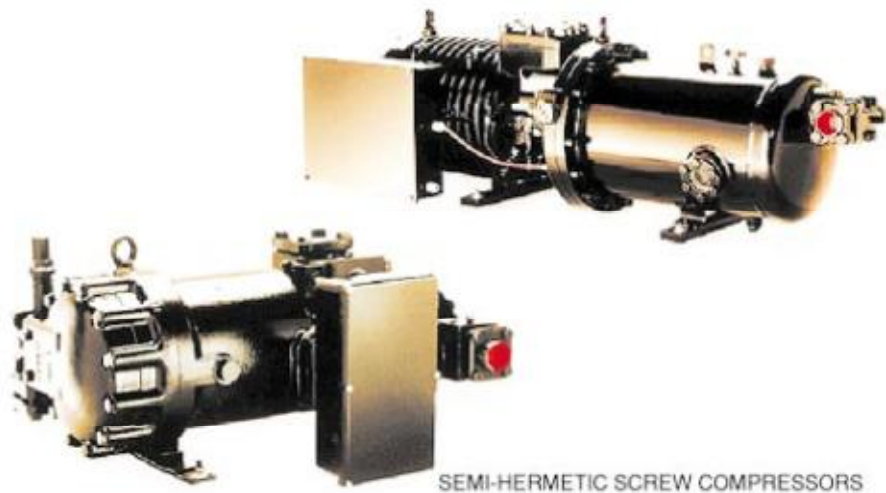
Σχήμα 36: Υδροψυκτο ψυκτικό συγκρότημα εφοδιασμένο με 4 σπειροειδείς συμπιεστές (scroll)

Οι σπειροειδείς συμπιεστές βρίσκουν εφαρμογές σε ψυκτικά συγκροτήματα κλιματισμού μικρού και μεσαίου μεγέθους (10 - 200 KW), με ψυκτικό μέσο R-22 ή R-1343 και μόνο σε ερμητικούς συμπιεστές.

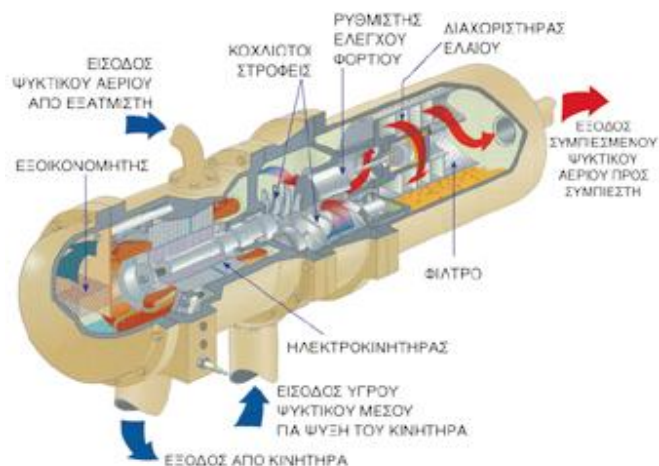
3.1.2E

Κοχλιωτοί Συμπιεστές (Screw Compressors)

Οι κοχλιωτοί συμπιεστές αποτελούνται από το περίβλημα, κυλινδρικής μορφής και τους δύο περιστρεφόμενους στροφείς. Οι δύο αυτοί στροφείς φέρουν ατέρμονες κοχλίες με πτερύγια που εμπλέκονται τα μεν μέσα στα δε. Οι στροφείς περιστρέφονται από έναν ηλεκτροκινητήρα με τη βοήθεια συστήματος οδοντωτών τροχών (γρاناζιών).

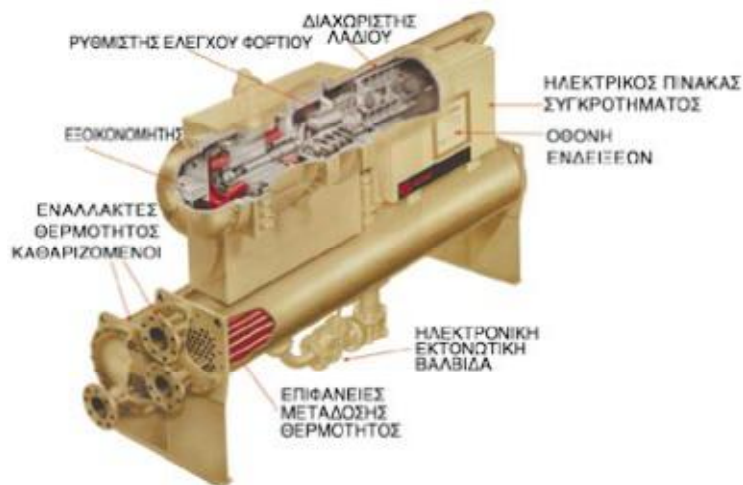


Σχήμα 37: Ημι-ερμητικοί κοχλιωτοί συμπιεστές



Σχήμα 38: Μονάδα ημι-ερμητικού κοχλιωτού συμπιεστή

Τα πτερύγια των στροφένων, που συνεργάζονται με πολύ μικρές ανοχές καλύπτονται από ένα λεπτό στρώμα λαδιού. Μ' αυτόν τον τρόπο στεγανοποιείται άριστα ο χώρος της αναρρόφησης και της κατάθλιψης.



Σχήμα 39: Υδροψυκτο ψυκτικό συγκρότημα νερού με κοχλιωτό ημι-ερμητικό συμπιεστή

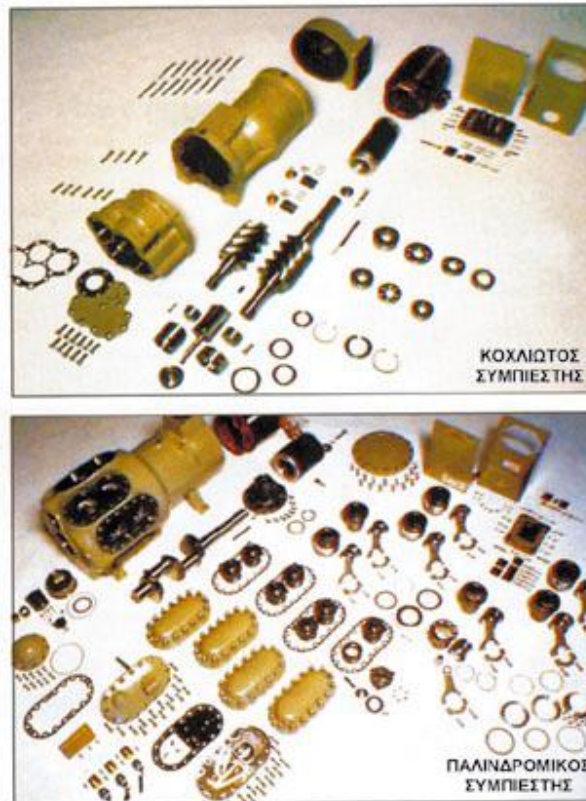
Ο μηχανισμός ελέγχου του φορτίου επιτυγχάνεται με την προοδευτική κίνηση μιας βαλβίδας που ολισθαίνει και βρίσκεται εγκατεστημένη κατά μήκος του κινητήριου άξονα και παράλληλα προς τα δύο στροφεία. Ανάλογα με τη θέση της βαλβίδας πάνω από τα στροφεία καθορίζεται και ο βαθμός φόρτισης του συμπιεστή. Η βαλβίδα κινείται από το υδραυλικό σύστημα πίεσης λαδιού και επιτρέπει στους συμπιεστές να τίθενται σε λειτουργία χωρίς φορτίο.

Κινούμενα μέρη

Οι κοχλιωτοί συμπιεστές έχουν ελάχιστο αριθμό κινούμενων μερών:

- τα δύο στροφεία με τις διατάξεις τους
- τη βαλβίδα ελέγχου της απόδοσης ή τις 2 βαλβίδες «εκκίνησης χωρίς φορτίο» και «αποφόρτισης».

Σε αντίθεση με τους παλινδρομικούς συμπιεστές, οι κοχλιωτοί συμπιεστές δεν έχουν έμβολα, διωστήρες, μηχανικές αντλίες λαδιού ή βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης. Οι κοχλιωτοί συμπιεστές έχουν 15 φορές λιγότερα καταπονούμενα μέρη από τους παλινδρομικούς συμπιεστές. Λιγότερα κινούμενα μέρη σημαίνει αυξημένη αξιοπιστία και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.



Σχήμα 40: Σύγκριση των κινούμενων μερών ενός κοχλιωτού και ενός παλινδρομικού συμπιεστή

Πλεονεκτήματα των Κοχλιωτών Συμπιεστών σε σχέση με τους Παλινδρομικούς Συμπιεστές

Έχουν καλύτερο βαθμό απόδοσης από τους εμβολοφόρους, εφ' όσον ταιριάζει η συμπίεση στις συνθήκες λειτουργίας. Οι κοχλιωτοί συμπιεστές έχουν, εκ κατασκευής, σταθερή σχέση συμπίεσης.

- Παρουσιάζουν μικρή μεταβολή του βαθμού απόδοσης τους με τη μεταβολή των στροφών.
- Έχουν λίγα κινούμενα μέρη και επομένως λιγότερες φθορές.
- Είναι αθόρυβοι.
- Δεν έχουν βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης, αποφεύγοντας έτσι τις βλάβες και τις διαρροές ψυκτικού αερίου.
- Επιτυγχάνουν μεγάλες πιέσεις κατάθλιψης.
- Δεν κινδυνεύουν από εισροή υγρής φάσης ή υγρού εν γένει.

Ως μειονέκτημα των κοχλιωτών συμπιεστών σε σχέση με τους παλινδρομικούς συμπιεστές, μπορεί να θεωρηθεί η ακριβή κατασκευή τους, γιατί απαιτούν μηχανουργικές κατεργασίες υψηλής ακρίβειας.

Οι κοχλιωτοί συμπιεστές κατασκευάζονται για ψυκτικά μέσα R-12, R-22, R-502, R-117 (αμμωνία) και R-1343 (οικολογικό FREON) και βρίσκουν χρήση σε ψυκτικά συγκροτήματα εγκαταστάσεων κλιματισμού από 350 KW και πάνω.

3.2 ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ

Ο συμπυκνωτής είναι το τμήμα της ψυκτικής μηχανής που έχει κύριο σκοπό να αποβάλλει θερμότητα στο περιβάλλον. Με άλλα λόγια, ο συμπυκνωτής είναι μία συσκευή συναλλαγής θερμότητας, που παίζει τον ίδιο ρόλο με το ψυγείο ενός αυτοκινήτου.

Το ζεστό νερό που κυκλοφορεί μέσα στο ψυγείο ενός αυτοκινήτου κρυώνει από τον αέρα που περνά ανάμεσα στα πτερύγια. Έτσι αποβάλλεται θερμότητα στο περιβάλλον και ψύχεται η μηχανή του αυτοκινήτου. Το ίδιο συμβαίνει σε ένα συμπυκνωτή. Το θερμό ψυκτικό ρευστό ψύχεται στο συμπυκνωτή αποβάλλοντας θερμότητα στο περιβάλλον. Η διαφορά είναι ότι στο συμπυκνωτή φθάνει θερμό, αεριοποιημένο, ψυκτικό ρευστό το οποίο ψύχεται τόσο ώστε συμπυκνώνεται και βγαίνει από το συμπυκνωτή σε υγρή φάση (υγροποιημένο).

Τα ποσά θερμότητας που μεταφέρει στο συμπυκνωτή το θερμό αέριο είναι:

- Η θερμότητα που απορρόφησε ο εξατμιστής (με την οποία εξάτισε το ψυκτικό υγρό).
- Η θερμότητα υπερθέρμανσης του αερίου πριν από την αναρρόφηση του συμπιεστή.
- Η θερμότητα που προστέθηκε στο αέριο από τη συμπίεση.
- Η θερμότητα ψύξης του συμπιεστή.

Στο συμπυκνωτή φθάνει υπέρθερμο αέριο, που περιέχει τα παραπάνω ποσά θερμότητας τα οποία πρέπει να απομακρυνθούν από την ψυκτική μηχανή, δηλ. να αποβληθούν στο περιβάλλον. Ο συμπυκνωτής έχει επίσης σκοπό να συμπυκνώσει το εξατμισμένο ψυκτικό υγρό για να τροφοδοτήσει τον εξατμιστή και να ολοκληρωθεί ο κύκλος λειτουργίας της ψυκτικής μηχανής. Με τη σειρά του ο συμπυκνωτής ψύχεται με νερό ή με αέρα ή με συνδυασμό νερού και αέρα και με τον τρόπο αυτό η θερμότητα αποβάλλεται στο περιβάλλον.

Το αέριο φθάνει στο συμπυκνωτή, από το συμπιεστή, σε υψηλή θερμοκρασία (υπέρθερμο) και υψηλή πίεση (συμπιεσμένο). Στο συμπυκνωτή γίνεται ψύξη και συμπύκνωση του ψυκτικού μέσου, σε τρία στάδια και η θερμότητα αποβάλλεται στο περιβάλλον:

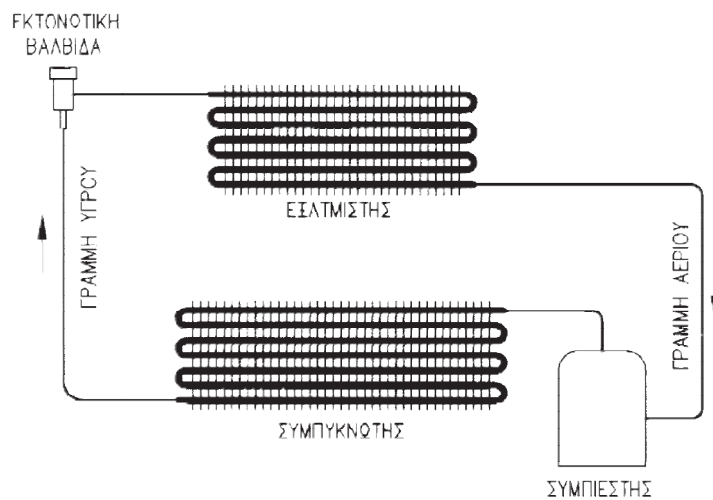
- Στο πρώτο στάδιο, το υπέρθερμο αέριο ψύχεται μέχρι τη θερμοκρασία συμπύκνωσης, που αντιστοιχεί στην πίεση που έχει το αέριο.
- Στο δεύτερο στάδιο, γίνεται η συμπύκνωση του αερίου σε υγρό (υψηλής πίεσης). Στο στάδιο αυτό αποβάλλονται μεγάλα ποσά θερμότητας (λανθάνουσα θερμότητα συμπύκνωσης).

- Στο τρίτο στάδιο, τέλος, το υγροποιημένο ψυκτικό μέσο ψύχεται λίγο ακόμα σε μία θερμοκρασία λίγο χαμηλότερη από τη θερμοκρασία συμπύκνωσης (υπόψυξη του υγρού).

Η παραπάνω διαδικασία γίνεται σε σταθερή πίεση. Η πίεση αυτή ονομάζεται υψηλή πίεση του ψυκτικού μηχανήματος και είναι πρακτικά ίση με την πίεση κατάθλιψης του συμπιεστή.

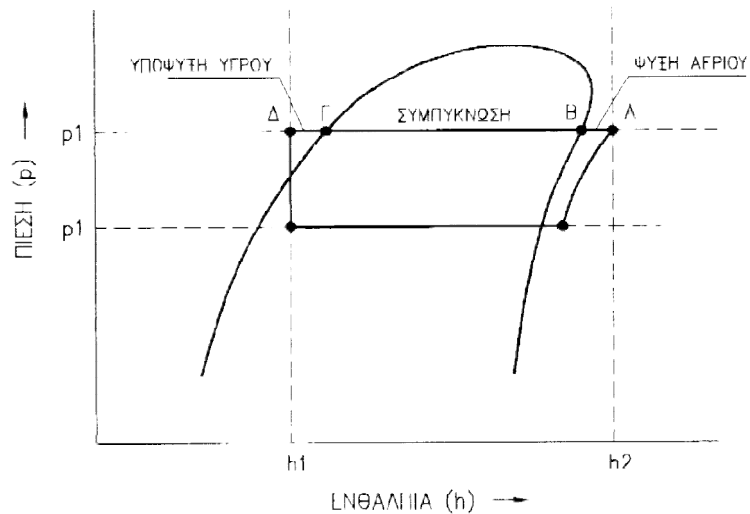
Η πίεση στην οποία λειτουργεί ο συμπυκνωτής εξαρτάται από:

- Το είδος του ψυκτικού μέσου που χρησιμοποιείται στην ψυκτική μηχανή.
- Τη θερμοκρασία στην οποία έχει σχεδιαστεί να λειτουργήσει ο συμπυκνωτής.



Σχήμα 41: Ο συμπυκνωτής μέσα στο κύκλωμα μίας ψυκτικής μηχανής

Η λειτουργία του συμπυκνωτή φαίνεται στο διάγραμμα $p-h$. Το υπέρθερμο αέριο που φθάνει στην είσοδο του συμπυκνωτή παριστάνεται από το σημείο A. Στο σημείο αυτό η ενθαλπία είναι h_2 . Από το σημείο A το αέριο ψύχεται μέχρι το σημείο B, που είναι η θερμοκρασία συμπύκνωσης. Στο σημείο B το αέριο είναι κορεσμένος ατμός. Από το σημείο B μέχρι το σημείο Γ γίνεται η συμπύκνωση του ατμού. Στο σημείο Γ έχουμε κορεσμένο υγρό. Τέλος από το σημείο Γ το υγρό ψύχεται μέχρι το σημείο Δ που είναι η έξοδος του συμπυκνωτή και έχουμε υπόψυκτο υγρό. Στο σημείο Δ η ενθαλπία είναι h_1 .



Σχήμα 42: Η λειτουργία του συμπυκνωτή στο διάγραμμα p-h

Η απόδοση (ικανότητα) του συμπυκνωτή είναι ίση με τη διαφορά ενθαλπίας εισόδου - εξόδου (h_2-h_1). Δηλαδή, η θερμότητα που παραλαμβάνει ο συμπυκνωτής από το ψυκτικό ρευστό και την αποβάλλει στο περιβάλλον είναι ίση με h_2-h_1 .

Οι συμπυκνωτές διακρίνονται σε τρία είδη, ανάλογα με τον τρόπο που ψύχονται, δηλαδή τον τρόπο με τον οποίο αποβάλλουν τη θερμότητα στο περιβάλλον. Όπως είπαμε παραπάνω, οι συμπυκνωτές ψύχονται με αέρα, νερό ή με συνδυασμό αέρα και νερού. Έτσι, διακρίνονται στα ακόλουθα είδη:

1. Σε **αερόψυκτους συμπυκνωτές**, που ψύχονται με κυκλοφορία αέρα.
2. Σε **υδροψυκτους συμπυκνωτές**, που ψύχονται με κυκλοφορία νερού.
3. Σε **εξατμιστικούς συμπυκνωτές**, που ψύχονται με ταυτόχρονη κυκλοφορία νερού και αέρα.

Το κάθε είδος συμπυκνωτή έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Για το λόγο αυτό σε κάθε ψυκτική μηχανή χρησιμοποιείται ο πιο κατάλληλος συμπυκνωτής, ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζεται η ψυκτική μηχανή. Παραδείγματα θα δούμε στις επόμενες παραγράφους που θα εξετάσουμε κάθε είδος συμπυκνωτή, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του. Οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές ψύχονται με κυκλοφορία αέρα του περιβάλλοντος. Δηλαδή ο αέρας απάγει τη θερμότητα και συμπυκνώνει το ψυκτικό μέσο. Ο αέρας του περιβάλλοντος κυκλοφορεί γύρω από το συμπυκνωτή και επειδή είναι πιο ψυχρός από αυτόν, τον ψύχει, απάγοντας τη θερμότητα που πρέπει να αποβάλει ο συμπυκνωτής. Με άλλα λόγια γίνεται μία συναλλαγή θερμότητας μεταξύ του θερμού ψυκτικού μέσου (που βρίσκεται μέσα στο συμπυκνωτή) και τού αέρα που κυκλοφορεί. Για να έχει επιτυχία η διαδικασία αυτή πρέπει ο αέρας που κυκλοφορεί γύρω από το συμπυκνωτή, να έρχεται σε καλή επαφή με αυτόν. Άρα, ο συμπυκνωτής πρέπει να έχει αρκετά μεγάλη επιφάνεια με την οποία θα έλθει σε επαφή ο αέρας. Έτσι, ένας αερόψυκτος συμπυκνωτής κατασκευάζεται με πτερύγια (πτερυγιοφόρος), ανάμεσα στα οποία περνά ο αέρας και τον ψύχει. Εδώ θα παρατηρήσουμε ότι όλες οι συσκευές που ψύχονται με κυκλοφορία αέρα (αερόψυκτες) έχουν μικρότερα ή μεγαλύτερα

πτερύγια (π.χ. το ψυγείο του αυτοκινήτου, ο ηλεκτρικός κινητήρας κ.α.). Αυτός μάλιστα είναι ένας τρόπος να διακρίνουμε τις αερόψυκτες συσκευές.

Η κυκλοφορία του αέρα μέσα από το συμπυκνωτή γίνεται με δύο τρόπους:

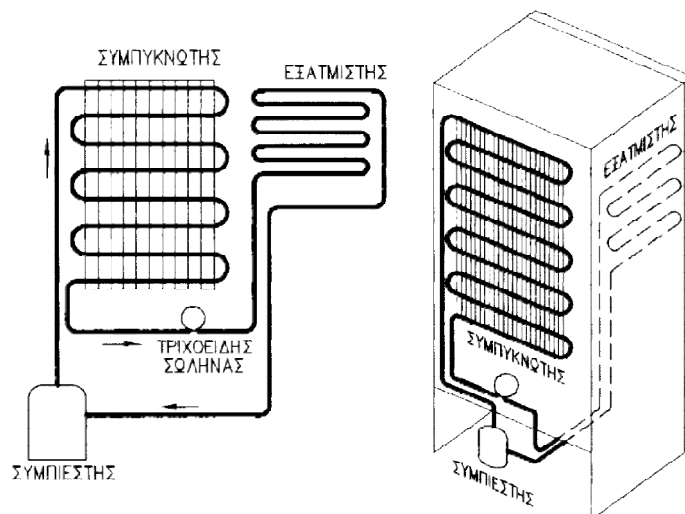
- **Με φυσική κυκλοφορία**, χωρίς δηλ. τη χρήση κάποιου ανεμιστήρα.
- **Με εξαναγκασμένη κυκλοφορία**. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται ένας ή και περισσότεροι ανεμιστήρες (ανάλογα με το μέγεθος του συμπυκνωτή), οι οποίοι εξαναγκάζουν τον αέρα να κυκλοφορήσει ανάμεσα στα πτερύγια του συμπυκνωτή.

3.2.1 Αερόψυκτοι συμπυκνωτές φυσικής κυκλοφορίας αέρα

Οι συμπυκνωτές της κατηγορίας αυτής είναι κατακόρυφοι και έχουν, συνήθως, τη μορφή μίας επίπεδης πλάκας (πλακοειδείς συμπυκνωτές) που αποτελείται από χάλκινο έλασμα πάνω στο οποίο έχει συγκολληθεί ένας χαλκοσωλήνας. Το χάλκινο έλασμα παίζει το ρόλο των πτερυγίων. Μία άλλη μορφή του συμπυκνωτή αυτού κατασκευάζεται από χαλκοσωλήνα με συγκολλημένα σύρματα τα οποία λειτουργούν σαν πτερύγια.

Το υπέρθερμο ψυκτικό μέσο μπαίνει στο συμπυκνωτή από το επάνω μέρος και ψύχεται καθώς κινείται προς το κάτω μέρος του συμπυκνωτή που είναι και η έξοδος. Ο αέρας κυκλοφορεί από το κάτω μέρος προς τα επάνω, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας. Δημιουργείται δηλαδή μια αντίθετη ροή των δύο ρευστών (ψυκτικού μέσου και αέρα) με αποτέλεσμα την καλύτερη εναλλαγή θερμότητας. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ συμπυκνωτή και αέρα τόσο πιο έντονη είναι και η κυκλοφορία του αέρα, άρα τόσο περισσότερο αποδίδει ο συμπυκνωτής.

Η πιο συνηθισμένη χρήση του αερόψυκτου συμπυκνωτή φυσικής κυκλοφορίας αέρα είναι στα οικιακά ψυγεία.



Σχήμα 43: Διάγραμμα οικιακού ψυγείου

Τα πλεονεκτήματα των συμπυκνωτών φυσικής κυκλοφορίας αέρα, έναντι των συμπυκνωτών εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (που θα γνωρίσουμε στη συνέχεια) είναι:

- Απλή κατασκευή και μικρό κόστος.
- Αθόρυβη λειτουργία.
- Δεν καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια.
- Λειτουργούν σχεδόν χωρίς βλάβες και χρειάζονται ελάχιστη συντήρηση.

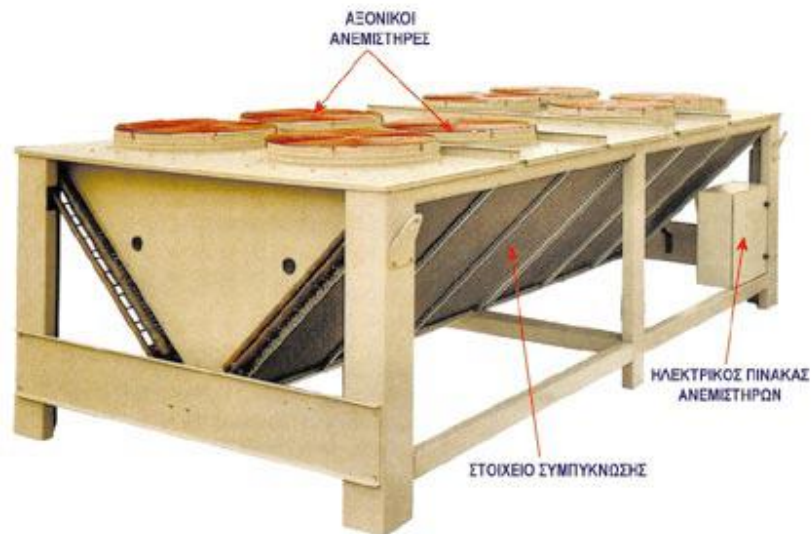
Τα μειονεκτήματα των συμπυκνωτών φυσικής κυκλοφορίας αέρα (αντίστοιχα) είναι:

- Μεγάλη επιφάνεια σε σχέση με την αποδοσή τους (καταλαμβάνουν πολύ χώρο).
- Μείωση της απόδοσης όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι υψηλή.
- Μικρή, γενικά, ικανότητα που περιορίζει τις χρήσεις τους.

Οι συμπυκνωτές φυσικής κυκλοφορίας αέρα χρησιμοποιούνται σε μικρές ψυκτικές εγκαταστάσεις και σε οικιακά ψυγεία, που είναι και η κύρια χρήση τους. Από άποψη εγκατάστασης, οι συμπυκνωτές φυσικής κυκλοφορίας αέρα πρέπει να τοποθετούνται σε μέρη που να αερίζονται και μακριά από άλλες συσκευές που παράγουν θερμότητα, για να είναι εύκολη η ψύξη τους. Η συντήρησή τους δεν απαιτεί παρά μόνο εξωτερικό καθαρισμό από σκόνες.

3.2.2 Αερόφυκτοι συμπυκνωτές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα

Στους συμπυκνωτές του τύπου αυτού η κυκλοφορία του αέρα επιτυγχάνεται με χρήση ενός ή περισσότερων ανεμιστήρων. Κατασκευάζονται σε πολλά μεγέθη και έχουν πολύ μεγάλη εφαρμογή, σε μικρές έως και μεγάλες ψυκτικές εγκαταστάσεις. Η κατασκευή τους περιλαμβάνει ένα πτερυγιοφόρο χαλκοσωλήνα και ένα τουλάχιστον ανεμιστήρα που φυσά τον αέρα μέσα από τα πτερύγια του συμπυκνωτή πτερύγια κατασκευάζονται από λεπτά φύλλα αλουμινίου ή χαλκού. Ο χαλκοσωλήνας έχει τη μορφή σερπαντίνας σε μία ή και περισσότερες στρώσεις (σειρές). Το σύνολο του συμπυκνωτή τοποθετείται σε ένα κατάλληλο μεταλλικό πλαίσιο. Το πλαίσιο στερεώνεται σε μεταλλική βάση, πάνω στην οποία τοποθετείται συνήθως και ο ανεμιστήρας. Η σερπαντίνα του χαλκοσωλήνα με τα πτερύγια ονομάζεται στοιχείο. Η κατασκευή αυτή έχει και άλλες χρήσεις εκτός από τους συμπυκνωτές, γιατί έχει πολύ καλά χαρακτηριστικά στη συναλλαγή θερμότητας μεταξύ του ρευστού που κυκλοφορεί μέσα στο χαλκοσωλήνα (νερό, ατμός, λάδι κ.λπ.) και του αέρα που εξαναγκάζεται να κυκλοφορήσει ανάμεσα στα πτερύγια. Η ταχύτητα του αέρα που περνά μέσα από το στοιχείο του συμπυκνωτή είναι συνήθως 2,5 έως 5 m/s. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του αέρα που περνά από το στοιχείο, τόσο μεγαλύτερη είναι και η παροχή του, άρα τόσο περισσότερη θερμότητα μπορεί να απορροφήσει.



Σχήμα 44: Αερόψυκτος συμπυκνωτής εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα

Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα - Χρήσεις

Τα πλεονεκτήματα των συμπυκνωτών εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα, έναντι των συμπυκνωτών φυσικής κυκλοφορίας, είναι:

- Η επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας είναι, σε σχέση με την ικανότητά τους, πολύ μικρή και επομένως έχουν μικρές διαστάσεις
- Έχουν αποδόσεις από λίγα KW μέχρι και 350 KW και επομένως είναι κατάλληλοι για πολλές εφαρμογές
- Η απόδοσή τους μπορεί να μεταβάλλεται με τη μεταβολή της παροχής του αέρα που περνά από το στοιχείο (π.χ. με μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής του ανεμιστήρα). Έτσι μπορούν να προσαρμόζονται στις απαιτήσεις της ψυκτικής εγκατάστασης που είναι τοποθετημένοι.

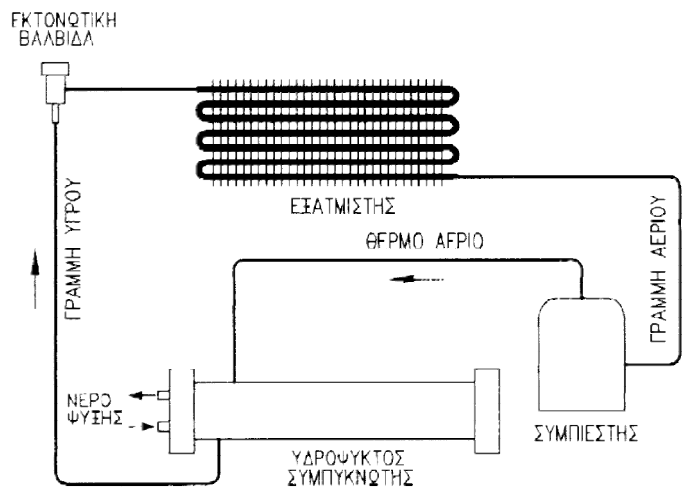
Τα μειονεκτήματα των συμπυκνωτών εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα (αντίστοιχα) είναι:

- Πολύπλοκη κατασκευή, με χρήση ανεμιστήρα και υψηλό κόστος.
- Θορυβώδης λειτουργία λόγω του ανεμιστήρα.
- Κατανάλωση ενέργειας από τη λειτουργία του ανεμιστήρα.

Οι συμπυκνωτές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα χρησιμοποιούνται σε μικρές και μεγάλες ψυκτικές εγκαταστάσεις (από μικρά κλιματιστικά δωματίου μέχρι κεντρικές εγκαταστάσεις κλιματισμού κτιρίων), στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει διαθέσιμο νερό και αποκλείεται χρήση υδρόψυκτου συμπυκνωτή. Από άποψη εγκατάστασης, οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα πρέπει να τοποθετούνται σε θέσεις που να επιτρέπουν την κυκλοφορία του αέρα, αλλά να μην ενοχλούν με το θόρυβο του ανεμιστήρα. Η συντήρησή των αερόψυκτων συμπυκνωτών εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα είναι σημαντική και περιλαμβάνει καθαρισμό του στοιχείου, έλεγχο και συντήρηση του ανεμιστήρα και έλεγχο της ηλεκτρικής εγκατάστασής τους. Η απόδοση (ικανότητα) των αερόψυκτων συμπυκνωτών ελαττώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Στις περιόδους μεγάλης ζέστης «γονατίζουν». Στις αερόψυκτες εγκαταστάσεις κλιματισμού η συνηθισμένη βλάβη στις περιόδους αυτές είναι η διακοπή λειτουργίας του ψυκτικού συγκροτήματος από αύξηση της υψηλής πίεσης («κόβει από υψηλή»). Αυτό προέρχεται από τη μείωση της ικανότητας του αερόψυκτου συμπυκνωτή (δηλ. μείωση της ικανότητας αποβολής θερμότητας στο περιβάλλον).

3.2.3 Υδρόψυκτοι συμπυκνωτές

Οι υδρόψυκτοι συμπυκνωτές ψύχονται με κυκλοφορία νερού. Δηλαδή το νερό απάγει τη θερμότητα και προκαλεί τη συμπύκνωση του ψυκτικού μέσου. Το νερό ψύξης του συμπυκνωτή μπορεί να προέρχεται από οποιαδήποτε φυσική πηγή νερού (ποτάμι, πηγάδι κλπ) ή από δίκτυο νερού πόλης. Είναι, επομένως, λογικό να χρησιμοποιούνται υδρόψυκτοι συμπυκνωτές όταν υπάρχει διαθέσιμο νερό και μάλιστα με σχετικά χαμηλό κόστος. Σε περιπτώσεις μικρών εγκαταστάσεων, με μικρές καταναλώσεις, το νερό ψύξης μετά το συμπυκνωτή μπορεί να οδηγηθεί στην αποχέτευση. Δηλαδή το νερό αφού ψύξει το συμπυκνωτή αποχετεύεται και χάνεται. Το σύστημα αυτό λέγεται ανοιχτό. Σε μεγαλύτερες, όμως, εγκαταστάσεις, που οι καταναλώσεις είναι σημαντικές, αυτό είναι εξαιρετικά δαπανηρό και δεν επιτρέπεται. Στις περιπτώσεις αυτές το νερό ψύξης ανακυκλώνεται, επαναψύχεται (γιατί έχει θερμανθεί από το συμπυκνωτή) και ξαναχρησιμοποιείται. Αυτή η διαδικασία γίνεται σε ένα μηχάνημα που ονομάζεται Πύργος Ψύξης. Το σύστημα αυτό λέγεται κλειστό.



Σχήμα 45: Διάγραμμα υδρόψυκτης ψυκτικής μηχανής

Το νερό ψύξης καθώς περνά μέσα από το συμπυκνωτή και παραλαμβάνει την θερμότητα που πρέπει να απομακρυνθεί, θερμαίνεται. Η διαφορά θερμοκρασίας εξόδου - εισόδου του νερού ψύξης είναι, συνήθως γύρω στους 5,5 °C. Η απαιτούμενη παροχή νερού ψύξης ενός υδρόψυκτου συμπυκνωτή, για διαφορά θερμοκρασίας 5,5 °C είναι 156 (lit/ h)/KW ικανότητας συμπυκνωτή.

Τα βασικά **πλεονεκτήματα** των υδρόψυκτων συμπυκνωτών, έναντι των αερόψυκτων είναι:

- Κατασκευάζονται σε οποιοδήποτε μέγεθος χωρίς περιορισμό, ενώ αυτό δεν είναι δυνατό με τους αερόψυκτους συμπυκνωτές.
- Η απόδοσή τους δεν επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος (εφόσον η θερμοκρασία του νερού που χρησιμοποιείται δεν εξαρτάται από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος).
- Οι υδρόψυκτοι συμπυκνωτές θέλουν, εν γένει, χαμηλότερη θερμοκρασία συμπύκνωσης από τους αερόψυκτους. Άρα για την ίδια ισχύ και την ίδια θερμοκρασία εξάτμισης χρειάζονται μικρότερο κινητήρα (δηλ. μικρότερη κατανάλωση ρεύματος).

Τα βασικά **μειονεκτήματα** των υδρόψυκτων συμπυκνωτών είναι:

- Για την λειτουργία τους χρειάζεται νερό, που πολλές φορές δεν υπάρχει στη θέση εγκατάστασης της ψυκτικής μηχανής.
- Το κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης είναι πολύ μεγαλύτερο από το αντίστοιχο κόστος των αερόψυκτων συμπυκνωτών.

Οι υδρόψυκτοι συμπυκνωτές κατασκευάζονται σε τρία διαφορετικά είδη:

- Συμπυκνωτές σωληνωτοί, διπλού τοιχώματος.
- Συμπυκνωτές με δοχείο και σερπαντίνα.
- Συμπυκνωτές κελύφους - σωλήνων.

Σε όλους τους τύπους υδρόψυκτων συμπυκνωτών το ψυκτικό μέσο κυκλοφορεί στο εξωτερικό τμήμα (εξωτερικός σωλήνας, δοχείο, κέλυφος), όπως θα δούμε παρακάτω. Αυτό διευκολύνει τη λειτουργία του συμπυκνωτή γιατί ο αέρας που τον περιβάλλει ελαττώνει λίγο τη θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου (που κυκλοφορεί στο εξωτερικό μέρος) αυξάνοντας την ικανότητα του συμπυκνωτή.

3.2.4 Συμπυκνωτές διπλού σωλήνα.

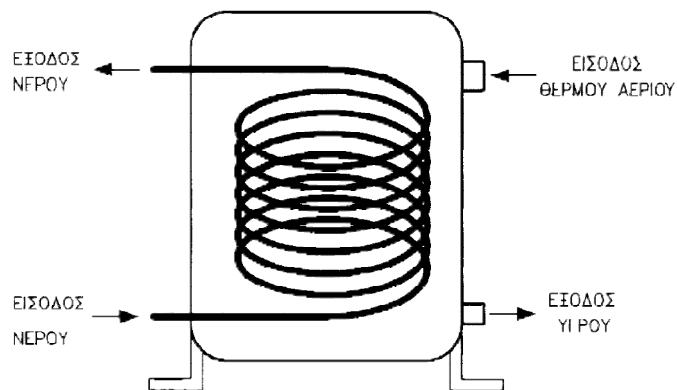
Οι συμπυκνωτές του είδους αυτού κατασκευάζονται από χαλκοσωλήνα με διπλό τοίχωμα. Ο συμπυκνωτής αυτός, από την μορφή του και τον τρόπο κατασκευής του, ονομάζεται και συμπυκνωτής με σωλήνα μέσα σε σωλήνα. Στον εσωτερικό σωλήνα του συμπυκνωτή κυκλοφορεί το νερό ψύξης και στον εξωτερικό το ψυκτικό υγρό. Αυτό διευκολύνει τον μηχανικό καθαρισμό του συμπυκνωτή με ειδική μεταλλική βούρτσα. Η ροή του νερού είναι αντίθετη από τη ροή του ψυκτικού μέσου, για να διευκολύνεται η εναλλαγή θερμότητας και να αυξάνεται η απόδοση του συμπυκνωτή. Οι συμπυκνωτές του τύπου αυτού χρησιμοποιούνται σε μικρές ψυκτικές μηχανές. Η εξωτερική μορφή τους διαμορφώνεται έτσι που να διευκολύνει την τοποθέτησή τους μέσα στην ψυκτική μηχανή.



Σχήμα 46: Συμπυκνωτής διπλού σωλήνα

3.2.5 Συμπυκνωτές με δοχείο και σερπαντίνα

Οι συμπυκνωτές του είδους αυτού αποτελούνται από ένα δοχείο μέσα στο οποίο έχει τοποθετηθεί μία σερπαντίνα από χαλκοσωλήνα, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.10.



Σχήμα 47: Συμπυκνωτής με δοχείο και σερπαντίνα

Μέσα στο δοχείο κυκλοφορεί το ψυκτικό μέσο και στο χαλκοσωλήνα (σερπαντίνα) το νερό ψύξης. Η κατασκευή του συμπυκνωτή αυτού διευκολύνει τον μηχανικό καθαρισμό του με μεταλλική βούρτσα και χρησιμοποιούνται σε μικρού και μεσαίου μεγέθους ψυκτικές μηχανές.

3.3 Εκτονωτικές διατάξεις:

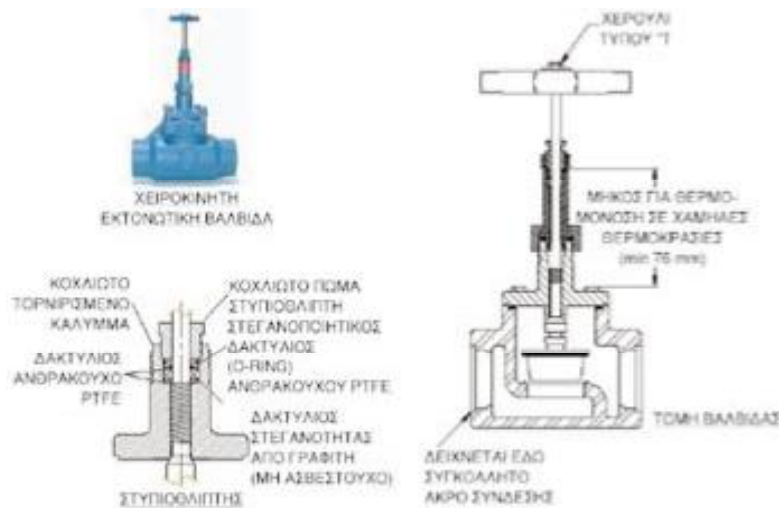
Η εκτονωτική διάταξη είναι μια διάταξη που χρησιμοποιείται στη γραμμή ψυκτικού μέσου ενός κλιματιστικού συστήματος για να προκαλέσει πτώση πίεσης στο σύστημα. Εκτός από αυτό, καθορίζει και τη ποσότητα του εκτονούμενου μέσου στον εξατμιστή. Με τον τρόπο αυτό ρυθμίζεται η ποσότητα του ψυκτικού φορτίου. Ο συμπιεστής χρησιμοποιείται για να αυξηθεί η πίεση και η θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου, προκειμένου να υγροποιηθεί στο συμπυκνωτή όπου και αποβάλλεται θερμότητα από το μέσο στον αέρα ή στο νερό που χρησιμοποιείται για τη ψύξη του. Στη συνέχεια, οδεύει προς την εκτονωτική διάταξη, όπου εκτονώνεται και διαχέεται μέσα στον εξατμιστή, όπου απορροφά θερμότητα από το χώρο που περιβάλλει τον εξατμιστή (προκαλεί ψύξη λόγω εξάτμισης). Η εκτονωτική βαλβίδα είναι το διαχωριστικό σημείο της πλευράς υψηλής πίεσης από τη πλευρά χαμηλής πίεσης.

3.3 Εκτονωτική βαλβίδα:

Οι σύγχρονες εκτονωτικές βαλβίδες είναι αυτόματες συσκευές. Η λειτουργία τους βασίζεται στην αλλαγή της τιμής μιας ιδιότητας του ψυκτικού μέσου, που μπορεί να είναι:

- Η θερμοκρασία του
- Η πίεσή του
- Η παροχή του, και,
- Συνδυασμός δύο ή περισσότερων από τα πιο πάνω χαρακτηριστικά μεγέθη.

Χειροκίνητες εκτονωτικές βαλβίδες, χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα, σε ειδικές εφαρμογές.



Σχήμα 48: Χειροκίνητη εκτονωτική βαλβίδα

Τύποι εκτονωτικών βαλβίδων

1. Ο τριχοειδής σωλήνας (capillary tube)
2. Η εκτονωτική βαλβίδα με πλωτήρα ελέγχου στην πλευρά της υψηλής πίεσης
3. Η Εκτονωτική βαλβίδα με πλωτήρα ελέγχου στην πλευρά της χαμηλής πίεσης
4. Η θερμοεκτονωτική βαλβίδα (thermal expansion valve), που είναι γνωστή επίσης με τις ονομασίες: βαλβίδα σταθερής υπερθέρμανσης, και, θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα
5. Η πρεσσοστατική βαλβίδα ή βαλβίδα σταθερής πίεσης
6. Η ηλεκτρονική εκτονωτική βαλβίδα (electronic expansion valve)

3.3.1 Ο Τριχοειδής σωλήνας

Ο τριχοειδής σωλήνας, ως εκτονωτική διάταξη, παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα και χρησιμοποιείται ευρύτατα σήμερα στις ψυκτικές εγκαταστάσεις μικρού μεγέθους, όπως:

- τα οικιακά ψυγεία
- τα μικρά επαγγελματικά ψυγεία
- τις μικρές κλιματιστικές μονάδες

Ο τριχοειδής σωλήνας είναι ένας χαλκοσωλήνας πολύ μικρής εσωτερικής διαμέτρου (0,8 - 1,4 mm) και μήκους που κυμαίνεται από 30 cm έως και 40 m.

Στον τριχοειδή σωλήνα ελέγχεται η παροχή (ροή) του ψυκτικού μέσου από την πτώση πίεσης που εμφανίζεται στα άκρα του. Είναι φανερό ότι η ποσότητα του ψυκτικού μέσου που θα περάσει μέσα από τον τριχοειδή σωλήνα, για οποιαδήποτε καθορισμένη πτώση πίεσης στα άκρα του, καθορίζεται από τη διάμετρο και το μήκος του σωλήνα.

Πλεονεκτήματα τριχοειδή σωλήνα

Ο τριχοειδής σωλήνας δεν έχει κινούμενα μέρη. Επομένως δεν παρουσιάζονται βλάβες και φθορές λόγω τριβών.

- Δεν απαιτείται καμία συντήρηση του τριχοειδή σωλήνα καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του.
- Έχει μικρό κόστος προμήθειας, σε σύγκριση με οποιαδήποτε άλλη εκτονωτική βαλβίδα.
- Δεν απαιτείται η εγκατάσταση δοχείου ψυκτικού μέσου (συλλέκτης), για τον απλό λόγο ότι η ποσότητα του ψυκτικού μέσου στην ψυκτική εγκατάσταση είναι καθορισμένη με ακρίβεια.
- Από λειτουργικής άποψης, όταν σταματάει ο συμπιεστής (παύση λειτουργίας της μονάδος), εξακολουθεί να ρέει ψυκτικό μέσο προς τον εξατμιστή μέσα από τη δίοδο του τριχοειδή σωλήνα. Η ροή αυτή θα συνεχισθεί έως ότου οι πιέσεις κατάθλιψης και αναρρόφησης εξισωθούν. Στην επόμενη εκκίνηση, επομένως, αφού ο λόγος συμπίεσης είναι ίσος με 1, η απαιτούμενη ροπή εκκίνησης των ηλεκτροκινητήρων είναι πολύ μικρή. Δηλαδή, μπορεί να εγκατασταθεί πιο μικρός ηλεκτροκινητήρας και επομένως να έχουμε πιο φθηνή εγκατάσταση (πχ οικιακό ψυγείο).

Μειονεκτήματα τριχοειδή σωλήνα

- Πρόβλημα μερικής ή ολικής απόφραξης.
- Επειδή η διάμετρος του τριχοειδή σωλήνα είναι πολύ μικρή, εμφανίζεται το πρόβλημα της μερικής ή ολικής απόφραξης του από διάφορα μικροσκοπικά σωματίδια, μικρά μεταλλικά ρινίσματα, σωματίδια άνθρακα ή κόλλησης.
- Για την αποφυγή αυτού του προβλήματος πρέπει να εγκαθίσταται στην αρχή του τριχοειδή σωλήνα ένα φίλτρο - ξηραντής.
- Επίσης η παρουσία παραφίνης, στο εσωτερικό του τριχοειδούς σωλήνα μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό στρώματος παραφίνης στα τοιχώματα του.

Με αυτό τον τρόπο, ελαττώνεται η διάμετρος του, με αποτέλεσμα την ελάττωση της ποσότητας του ψυκτικού μέσου που ρέει προς τον εξατμιστή.

- Αποτέλεσμα είναι η μείωση της απόδοσης του εξατμιστή και της ψυκτικής εγκατάστασης γενικότερα.

- Πρέπει επίσης να αναφερθεί, το πρόβλημα που δημιουργείται από την ύπαρξη υγρασίας μέσα στο ψυκτικό μέσο. Εάν η θερμοκρασία προς το τέλος του τριχοειδούς σωλήνα είναι κάτω από 0°C, τότε η υγρασία που ρέει με το ψυκτικό μέσο γίνεται πάγος και φράσσει τον τριχοειδή σωλήνα (παγοφραγμός). Έτσι παύει να τροφοδοτείται ο εξατμιστής με ψυκτικό μέσο, η πίεση αναρρόφησης του συμπιεστή μειώνεται πολύ και ο συμπιεστής σταματάει λόγω χαμηλής πίεσης αναρρόφησης (πρεσοστάτης χαμηλής πίεσης).

- Επομένως, θα πρέπει να δίδεται μεγάλη σημασία στην εγκατάσταση και τη σωστή λειτουργία του φίλτρου - ξηραντή.

- Το φίλτρο - ξηραντής πρέπει να είναι πάντα καθαρό και κατά τη φόρτωση της εγκατάστασης με ψυκτικό μέσο, πρέπει να δημιουργείται πάντα ένα πολύ καλό κενό, ώστε να απομακρύνεται κάθε ίχνος υγρασίας από το ψυκτικό κύκλωμα.

- Ο τριχοειδής σωλήνας δεν μπορεί να δεχθεί, μετά την τοποθέτησή του, καμία ρύθμιση, όπως γίνεται στις υπόλοιπες εκτονωτικές διατάξεις. Ως εκ τούτου, απαιτείται προσεκτική επιλογή του μεγέθους του τριχοειδούς σωλήνα και παρακολούθηση της λειτουργίας του.

- Η ποσότητα του ψυκτικού μέσου με την οποία φορτίζουμε την ψυκτική εγκατάσταση πρέπει να είναι υπολογισμένη με ακρίβεια. Δεν επιτρέπεται να εισαχθεί στην ψυκτική εγκατάσταση ούτε περισσότερο ούτε λιγότερο ψυκτικό μέσο. Αν, για παράδειγμα, εισαχθεί στην ψυκτική εγκατάσταση περισσότερο ψυκτικό μέσο, τότε η πίεση κατάθλιψης αυξάνεται και ο συμπιεστής φορτίζεται (καταπονείται) περισσότερο. Επιπλέον, είναι πολύ πιθανό, να εμφανισθεί υγρό ψυκτικό μέσο στην αναρρόφηση του συμπιεστή, με αποτέλεσμα τις γνωστές ζημιογόνες συνέπειες.

- Αναφέραμε στα πλεονεκτήματα του τριχοειδούς σωλήνα, την εξίσωση των πιέσεων κατάθλιψης και αναρρόφησης κατά το σταμάτημα του συμπιεστή. Όμως, μ' αυτό το τρόπο είναι δυνατό να συγκεντρωθεί στον εξατμιστή μεγάλη ποσότητα ψυκτικού υγρού. Αν δεν ληφθεί μέριμνα, είναι δυνατό να δημιουργηθούν σοβαρά προβλήματα στο συμπιεστή του συγκροτήματος κατά τη διάρκεια της εκκίνησης.

- Περίπτωση σπασίματος ή τσακίσματος του τριχοειδή σωλήνα.

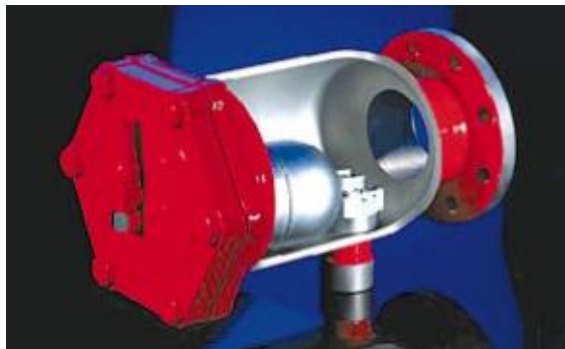
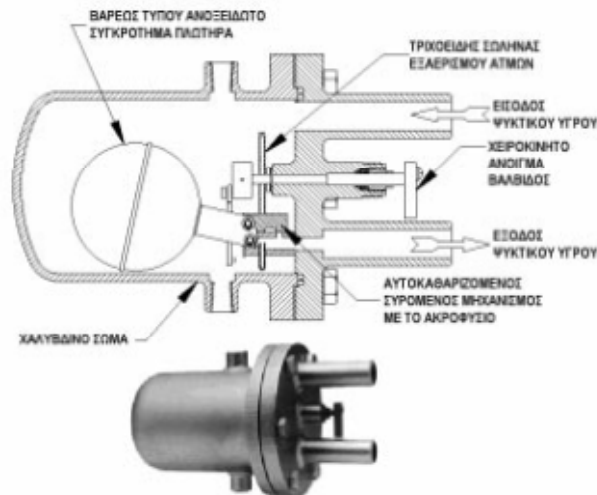
- Στην περίπτωση που ο τριχοειδής σωλήνας σπάσει, τότε το ψυκτικό μέσο διαρρέει (χάνεται στην ατμόσφαιρα), ο συμπιεστής λειτουργεί συνέχεια, πλην όμως, όπως είναι φυσικό, ψύξη δεν παράγεται.

- Ο τριχοειδής σωλήνας πρέπει, σ' αυτή τη περίπτωση, να αντικατασταθεί με καινούργιο.

- Αντίστοιχα, στην περίπτωση τσακισμένου τριχοειδούς σωλήνα, μπορεί να έχουμε μερική ή ολική διακοπή της ροής του ψυκτικού μέσου, με φαινόμενα, ανάλογα της περίπτωσης της μερικής ή ολικής απόφραξης του τριχοειδούς σωλήνα (περίπτωση που αναφέρθηκε πιο πάνω)

3.3.2A Η εκτονωτική βαλβίδα με πλωτήρα στην πλευρά της υψηλής πίεσης

Το συγκρότημα της βαλβίδας αποτελείται από το σύστημα του πλωτήρα με τη βαλβίδα και το σωλήνα σύνδεσης με τον εξατμιστή. Το σύστημα του πλωτήρα - βαλβίδας εγκαθίσταται στην έξοδο του συμπυκνωτή, όπου το ψυκτικό μέσο είναι υγρό και σε περιβάλλον υψηλής πίεσης.



Σχήμα 49: Εκτονωτική βαλβίδα με πλωτήρα στην πλευρά της υψηλής πίεσης

Με την εμφάνιση ψυκτικού φορτίου στον εξατμιστή, το ψυκτικό μέσο που βρίσκεται μέσα στον εξατμιστή (σε υγρή μορφή), εξατμίζεται. Το αέριο πλέον ψυκτικό μέσο, αναρροφάται από το συμπιεστή, συμπιέζεται, οδεύει στο συμπυκνωτή, και βγαίνει απ' αυτόν σαν υγρό ψυκτικό μέσο υψηλής πίεσης. Φθάνοντας, εν συνεχεία, στο χώρο της εκτονωτικής βαλβίδας, ανεβάζει τη στάθμη του ψυκτικού υγρού μέσα στο σώμα του πλωτήρα. Ο πλωτήρας ανέρχεται και μέσω του υπάρχοντος μοχλισμού, ανεβάζει τη βελόνα ρύθμισης. Έτσι επιτρέπεται στο ψυκτικό υγρό να περάσει μέσα από τη βαλβίδα προς τον εξατμιστή. Όσο περισσότερο ψυκτικό υγρό εισέρχεται στο θάλαμο του πλωτήρα, τόσο ανεβαίνει η στάθμη του, και τόσο περισσότερο ανέρχεται ο πλωτήρας. Το αποτέλεσμα είναι, μέσω του μοχλισμού, να ανέβει περισσότερο η βελόνα ρύθμισης αφήνοντας περισσότερο ψυκτικό υγρό να περάσει προς τον εξατμιστή.

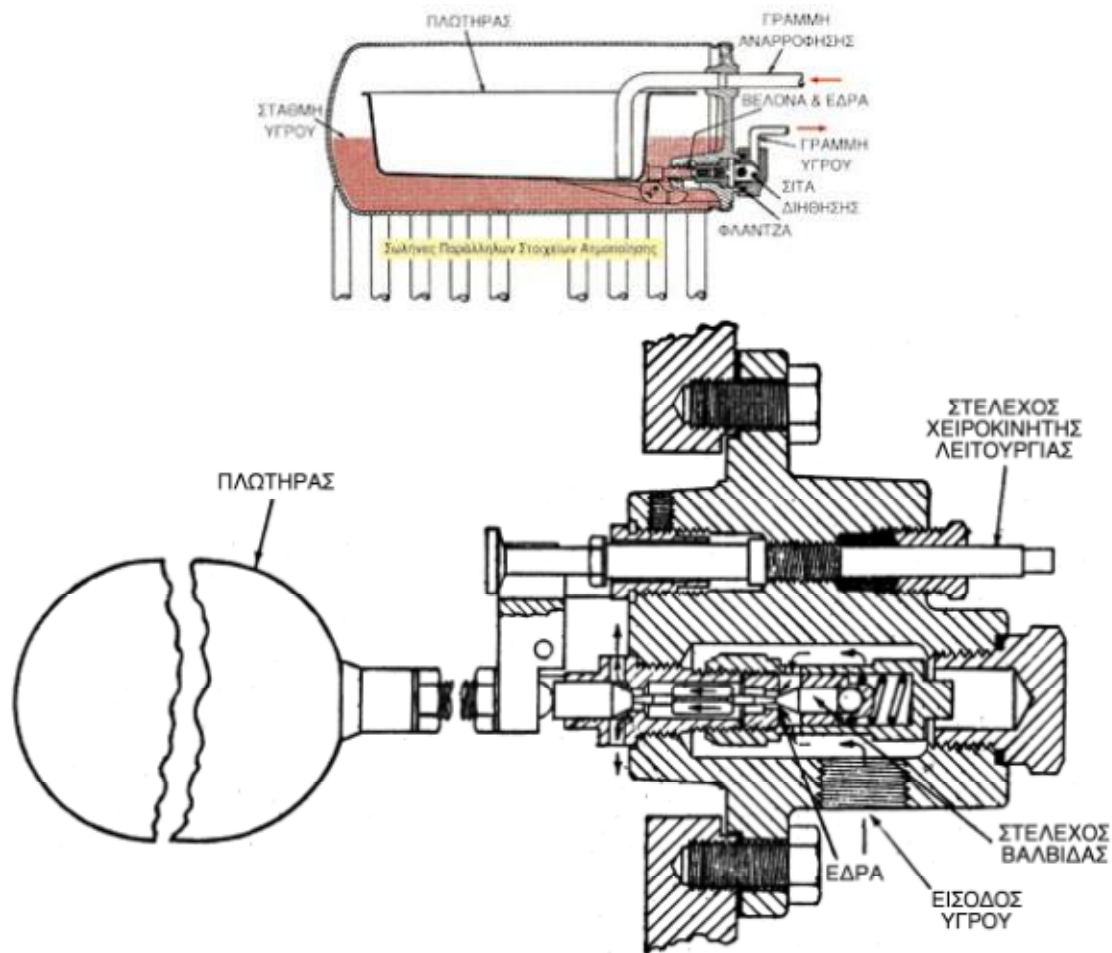
Αντίθετα, όσο μειώνεται το ψυκτικό φορτίο στον εξατμιστή, μειώνεται η στάθμη του ψυκτικού υγρού στον πλωτήρα, κατεβαίνει ο πλωτήρας και μέσω του μοχλισμού, κατεβαίνει προς τα κάτω και η βελόνα ρύθμισης ελαττώνοντας τη ποσότητα του ψυκτικού μέσου που μπορεί να διέλθει προς τον εξατμιστή.

Είναι φανερό, από την πιο πάνω ανάλυση, ότι τα ψυκτικά συγκροτήματα με αυτού του τύπου τη βαλβίδα εκτόνωσης, απαιτούν πλήρωση με την ακριβή ποσότητα ψυκτικού μέσου. Εάν το ψυκτικό συγκρότημα πληρωθεί με περισσότερη από το κανονικό ποσότητα ψυκτικού μέσου, η στάθμη του στο θάλαμο του πλωτήρα, θα ανέλθει με αποτέλεσμα η μονάδα εκτόνωσης να αντιλαμβάνεται υψηλό φορτίο στον εξατμιστή, που όμως δεν υφίσταται στην πραγματικότητα. Θα διοχετευθεί επομένως, μεγάλη ποσότητα ψυκτικού μέσου στον εξατμιστή, που όμως ελλείψει φορτίου, δεν θα ατμοποιηθεί, με αποτέλεσμα το ψυκτικό να φθάσει σε υγρή μορφή στην αναρρόφηση του συμπιεστή. Γνωρίζουμε πολύ καλά, τις ζημιογόνες συνέπειες αναρρόφησης υγρού από το συμπιεστή.

Αντίστροφα, εάν το ψυκτικό συγκρότημα πληρωθεί με μικρότερη από την κανονική ποσότητα ψυκτικού μέσου, η στάθμη του στο θάλαμο του πλωτήρα θα είναι χαμηλή, με αποτέλεσμα πολύ λίγο ψυκτικό μέσο να διοχετεύεται προς τον εξατμιστή. Αποτέλεσμα θα είναι, η μεγάλη υπερθέρμανση του αερίου στην αναρρόφηση του συμπιεστή, οπότε και ο συμπιεστής θα σταματήσει να λειτουργεί από τον πρεσσοστάτη υψηλής πίεσης αναρρόφησης.

3.3.2B Η εκτονωτική βαλβίδα με πλωτήρα στην πλευρά της χαμηλής πίεσης

Το συγκρότημα της βαλβίδας αποτελείται από το σύστημα του πλωτήρα με τη βαλβίδα και το μοχλισμό ελέγχου της ρυθμιστικής βελόνας (μοχλισμός). Το συγκρότημα εγκαθίσταται στο πάνω μέρος του εξατμιστή και επικοινωνεί απευθείας με αυτόν. Η μορφή αυτής της εκτονωτικής βαλβίδας, επιτρέπει τη χρήση πολλών παράλληλων στοιχείων ατμοποίησης, που τροφοδοτούνται από το θάλαμο του πλωτήρα.



Σχήμα 50: Εκτονωτική βαλβίδα με πλωτήρα στην πλευρά της χαμηλής πίεσης

3.3.3 Η θερμοεκτονωτική βαλβίδα (Thermal Expansion Valve - TXV)

Η βαλβίδα αυτή είναι γνωστή επίσης και ως:

A. Θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα.

B. Βαλβίδα σταθερής υπερθέρμανσης

Η θερμοεκτονωτική βαλβίδα, παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι όλων των υπόλοιπων εκτονωτικών διατάξεων και είναι ο τύπος που χρησιμοποιείται περισσότερο στις σύγχρονες ψυκτικές εγκαταστάσεις.

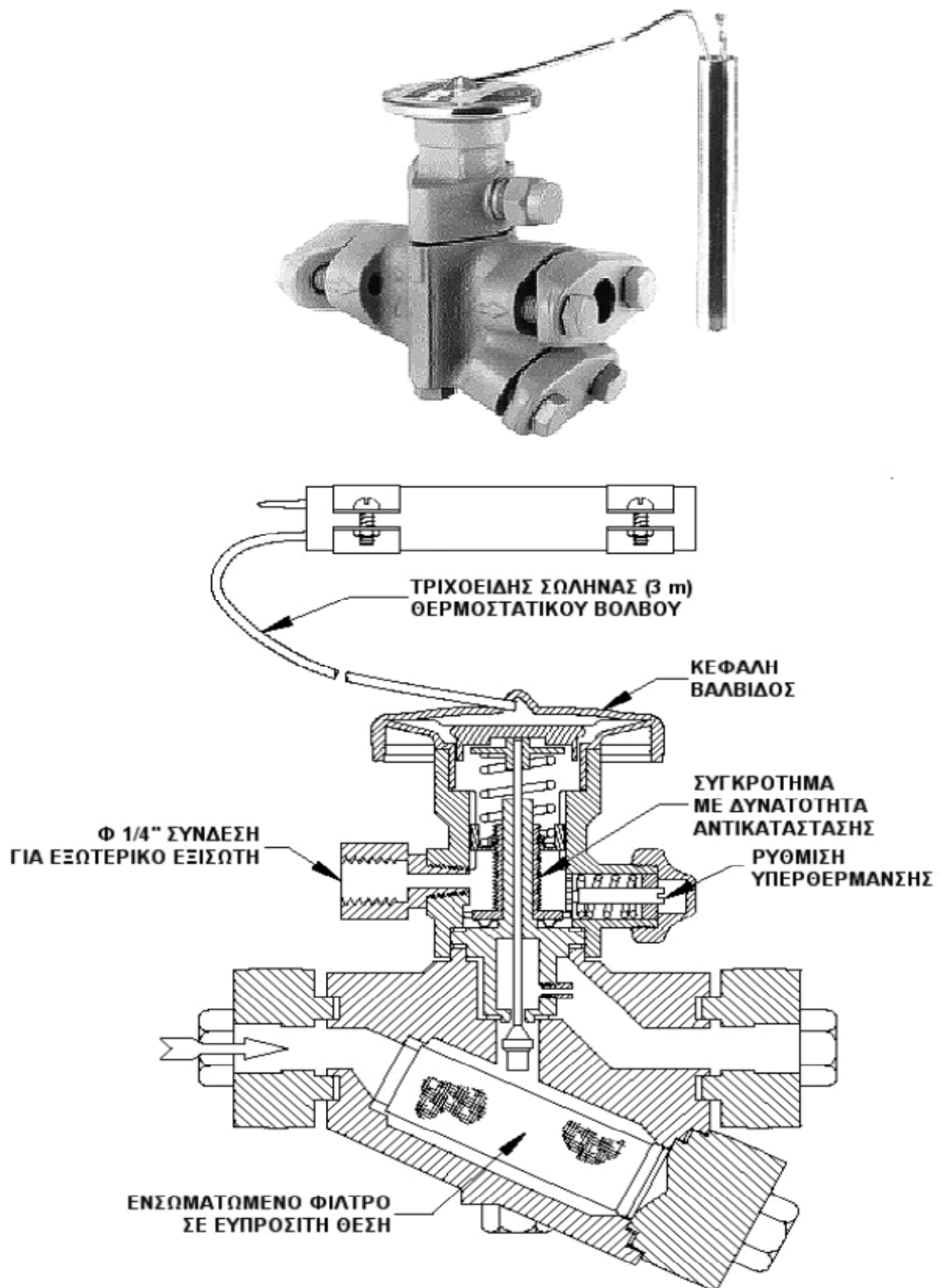
Η θερμοεκτονωτική βαλβίδα αποτελείται από:

1. Το κύριο σώμα της βαλβίδας, που περιέχει:
 - τη μεμβράνη (διάφραγμα)
 - το σύστημα ελέγχου
 - το ρυθμιστή υπερθέρμανσης

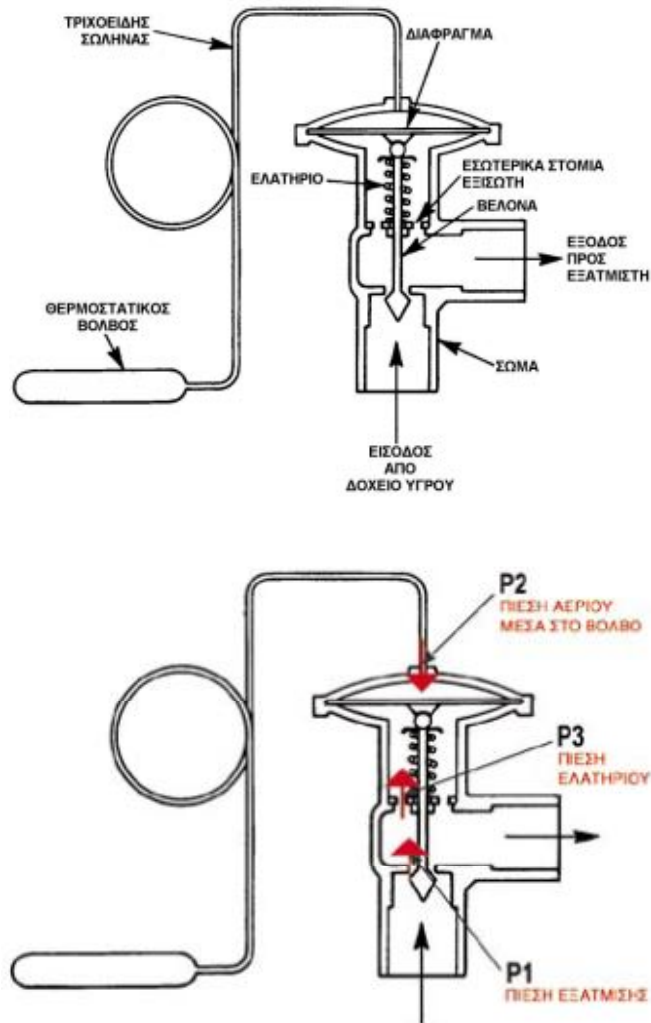
- Το θερμοστατικό βολβό, και
- Τον τριχοειδή σωλήνα, που συνδέει το κύριο σώμα της βαλβίδας με το θερμοστατικό βολβό.



Σχήμα 51: Θερμοστατικές βαλβίδες



Σχήμα 52: Θερμοεκτονωτική βαλβίδα με ενσωματωμένο φίλτρο



Σχήμα 53: Τομή θερμοεκτονωτικής βαλβίδας

Η μεταλλική μεμβράνη (διάφραγμα ή φυσούνα), αναλαμβάνει τις δυνάμεις που ασκούνται από το ρυθμιστή υπερθέρμανσης και την πίεση του ψυκτικού υγρού αφενός και της πίεσης που αναπτύσσεται μέσα στο βολβό αφετέρου.

Επάνω στη μεμβράνη έχει τοποθετηθεί και το σύστημα ελέγχου που κινείται μαζί της. Το σύστημα ελέγχου, που όπως προαναφέρθηκε είναι προσαρμοσμένο πάνω στη μεμβράνη, καταλήγει στη βελόνα ελέγχου της ροής του ψυκτικού υγρού. Η κίνηση της μεμβράνης παρασύρει σε αντίστοιχη κίνηση τη ρυθμιστική βελόνα και έτσι αυξομειώνει την ποσότητα του ψυκτικού υγρού που διέρχεται από τη βαλβίδα προς τον εξατμιστή.

Ο ρυθμιστής υπερθέρμανσης αποτελείται από ένα ρυθμιστικό κοχλία και ένα ελατήριο υπερθέρμανσης. Με τη ρύθμιση του κοχλία αυξομειώνεται η τάση του ελατηρίου και η δύναμη αυτή μεταδίδεται στο σύστημα ελέγχου, ως ρύθμιση της υπερθέρμανσης. Για αύξηση της υπερθέρμανσης στρέφουμε το ρυθμιστικό κοχλία δεξιά (προς την κατεύθυνση κίνησης των δεικτών του ρολογιού - δηλαδή τον βιδώνουμε). Αντίθετα, στρέψη του κοχλία προς τα αριστερά, μειώνει το μέγεθος της υπερθέρμανσης.

Ο ρυθμιστικός κοχλίας στρέφεται κάθε φορά κατά μία μόνο στροφή και περιμένουμε μέχρι να μετρήσουμε το αποτέλεσμα της ρύθμισης. Η ψυκτική εγκατάσταση για να ισορροπήσει στη νέα ρύθμιση απαιτεί χρόνο που σαν εκτίμηση μπορεί να είναι 15 - 30 min, ανάλογα με το μέγεθος και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της. Ο θερμοστατικός βολβός εγκαθίσταται στην έξοδο του εξατμιστή (αναρρόφηση του συμπιεστή) και συνδέεται δια μέσου του τριχοειδή σωλήνα με το κύριο σώμα της βαλβίδας. Έτσι, κάθε μεταβολή της θερμοκρασίας στην έξοδο του εξατμιστή, οδηγεί σε αντίστοιχη μεταβολή της θερμοκρασίας και της πίεσης του ψυκτικού μέσου μέσα στο βολβό. Αυτή η μεταβολή της πίεσης, μεταφέρεται μέσα από το τριχοειδή σωλήνα στο διάφραγμα της βαλβίδας επηρεάζοντας έτσι το σύστημα ελέγχου. Η βαλβίδα είναι εγκατεστημένη ακριβώς στην είσοδο του εξατμιστή, ενώ ο θερμοστατικός βολβός έχει τοποθετηθεί στη σωλήνα αναρρόφησης κοντά στην έξοδο του στοιχείου του εξατμιστή. Κατά τη λειτουργία η βαλβίδα διοχετεύει υγρό ψυκτικό στον εξατμιστή το οποίο και εξατμίζεται στο εσωτερικό του. Το ψυκτικό αέριο που προκύπτει, οδηγείται από τον εξατμιστή προς το συμπιεστή μέσω της σωλήνας αναρρόφησης.

Έστω, για παράδειγμα, ότι η βαλβίδα έχει ρυθμισθεί για 5,5°C υπερθέρμανσης. Τότε το αέριο που περνάει από το θερμοστατικό βολβό θα είναι 5,5°C θερμότερο από τη θερμοκρασία εξάτμισης μέσα στον εξατμιστή. Αυτό σημαίνει, ότι ένα μέρος από το ψυκτικό στοιχείο του εξατμιστή, αρκετά μακριά από την είσοδό του, θα χρησιμοποιείται για να θερμάνει το πλήρως εξατμισμένο ψυκτικό μέσο, από τη θερμοκρασία εξάτμισης (που αντιστοιχεί στην πίεση αναρρόφησης) σε μία νέα θερμοκρασία 5,5°C υψηλότερη. Κάτω απ' αυτές τις συνθήκες, το ψυκτικό στοιχείο περιέχει ένα μείγμα υγρού και αερίου ψυκτικού, από την είσοδο έως κάποιο σημείο X. Στο σημείο X το υγρό έχει εντελώς εξατμισθεί. Από το σημείο X μέχρι το σημείο εγκατάστασης του θερμοστατικού βολβού, η επιφάνεια του ψυκτικού στοιχείου χρησιμοποιείται μόνο για να ανυψώσει τη θερμοκρασία του αερίου στη θερμοκρασία υπερθέρμανσης, που καθορίζεται από την εκτονωτική βαλβίδα.

Εάν το φορτίο ελαττωθεί, τότε το υπέρθερμο τμήμα του ψυκτικού στοιχείου, μεταξύ του σημείου X και του σημείου εγκατάστασης του θερμοστατικού βολβού, απορροφά λιγότερη θερμότητα, ελαττώνοντας έτσι τη θερμοκρασία του υπέρθερμου αερίου. Αυτή η ελάττωση της θερμοκρασίας του αερίου, «παγώνει» το θερμοστατικό βολβό και η θερμοεκτονωτική βαλβίδα λειτουργεί προς την κατεύθυνση ελάττωσης του υγρού ψυκτικού προς το ψυκτικό στοιχείο (εξατμιστής).

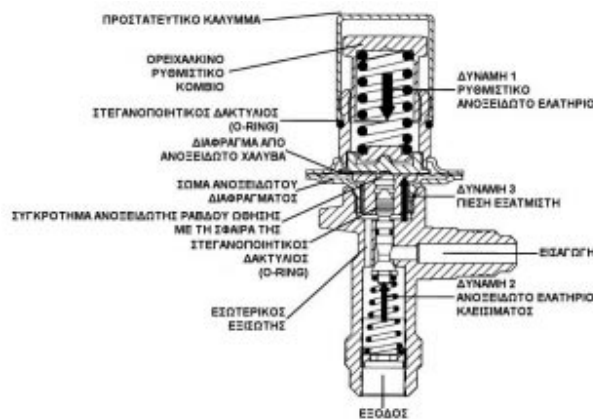
Εάν το ψυκτικό φορτίο αυξηθεί, το υπέρθερμο τμήμα του ψυκτικού στοιχείου απορροφά περισσότερη θερμότητα και η θερμοκρασία του υπέρθερμου αερίου αυξάνεται. Αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας του αερίου ψυκτικού «ζεσταίνει» το θερμοστατικό βολβό και η θερμοεκτονωτική βαλβίδα λειτουργεί προς τη κατεύθυνση αύξησης του υγρού ψυκτικού προς τον εξατμιστή.

3.3.4 Πρεσσοστατική εκτονωτική βαλβίδα

Η πρεσσοστατική εκτονωτική βαλβίδα είναι, επίσης, γνωστή με τις ονομασίες:

- αυτόματη εκτονωτική πρεσσοστατική βαλβίδα, και,
- βαλβίδα σταθερής πίεσης.

Ο λόγος αυτών των ονομασιών οφείλεται στο ότι η λειτουργία αυτής της εκτονωτικής βαλβίδας στηρίζεται στη διατήρηση μιας περίπτωση σταθερής πίεσης εξατμίσης, ανεξάρτητα από τις μεταβολές του ψυκτικού φορτίου.



Σχήμα 54: Σχηματική τομή Πρεσσοστατικής Εκτονωτικής Βαλβίδας

Η αυτόματη εκτονωτική βαλβίδα αποτελείται από:

1. Το σώμα της βαλβίδας, συνήθως κατασκευασμένο από ορείχαλκο
2. Το ρυθμιστικό κοχλία, που βρίσκεται στο πάνω μέρος της
3. Το ρυθμιστικό ελατήριο, η τάση του οποίου ρυθμίζεται από προαναφερθέντα ρυθμιστικό κοχλία
4. Το μεταλλικό διάφραγμα ή μεμβράνη
5. Τον ωστικό άξονα της βαλβίδας, που είναι συνδεδεμένος με το διάφραγμα και μεταδίδει την κίνησή του στη βελόνα της βαλβίδας
6. Τη βελόνα της βαλβίδας και την έδρα της.

Πάνω στο διάφραγμα εξασκούνται οι εξής δυνάμεις:

Από την επάνω πλευρά, η δύναμη λόγω της τάσης του ελατηρίου, που αυξομειώνεται ανάλογα με τη ρύθμιση του ρυθμιστικού κοχλία (Δύναμη 1)

Από την κάτω πλευρά, η δύναμη λόγω της πίεσης που επικρατεί μέσα στον εξατμιστή (πίεση αναρρόφησης - Δύναμη 3).

Η δύναμη λόγω της τάσης του ελατηρίου κλεισίματος (Δύναμη 2)

Οι δυνάμεις από την πάνω πλευρά τείνουν να ανοίξουν τη βαλβίδα, ενώ οι δυνάμεις από τη κάτω πλευρά τείνουν να τη κλείνουν.

Στρέφοντας το ρυθμιστικό κοχλία δεξιόστροφα (προς τη φορά κίνησης των δεικτών του ρολογιού - δηλαδή βιδώνοντας τον) αυξάνεται η τάση του ελατηρίου, οπότε η βελόνα

κινείται προς τα κάτω και έτσι αυξάνεται η ποσότητα του υγρού ψυκτικού που μπορεί να διέλθει μέσα από τη βαλβίδα προς τον εξατμιστή. Αντίθετα, ξεβιδώνοντας το ρυθμιστικό κοχλία, μειώνεται η παροχή υγρού ψυκτικού προς τον εξατμιστή.

Ως εκ της κατασκευής της, η πρεσοστατική εκτονωτική βαλβίδα δεν μπορεί να ρυθμίσει την υπερθέρμανση.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Σε αύξηση του ψυκτικού φορτίου, έχουμε:

- Πολύ γρήγορη εξάτμιση του ψυκτικού μέσου στον εξατμιστή
- Αύξηση της υπερθέρμανσης του ψυκτικού αερίου

Όμως αύξηση της υπερθέρμανσης, σημαίνει αύξηση της θερμοκρασίας του αερίου, δηλαδή ταυτόχρονα αύξηση της πίεσης μέσα στον εξατμιστή. Με την αύξηση όμως της πίεσης του εξατμιστή, αυξάνεται η δύναμη που επενεργεί στη κάτω πλευρά του διαφράγματος και η βαλβίδα ελαττώνει τη παροχή ψυκτικού υγρού προς τον εξατμιστή.

Ακριβώς αυτή η κίνηση είναι και το μεγάλο μειονέκτημα της πρεσοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας. Αντί η βαλβίδα με την αύξηση του ψυκτικού φορτίου να τροφοδοτήσει τον εξατμιστή με μεγαλύτερη ποσότητα ψυκτικού υγρού, ενεργεί ακριβώς αντίθετα. Αυτή η ενέργεια όμως, έχει ως επακόλουθο τη γρήγορη αναρρόφηση της υπάρχουσας ποσότητας ψυκτικού αερίου στον εξατμιστή, από το συμπιεστή. Έτσι, μειώνεται γρήγορα η πίεση στον εξατμιστή. Τότε όμως, η βαλβίδα, με τη μείωση της πίεσης αυξάνει την ποσότητα υγρού ψυκτικού προς τον εξατμιστή. Με την αύξηση της παροχής ψυκτικού μέσου προς τον εξατμιστή, αυξάνεται και η πίεση αναρρόφησης, οπότε η βαλβίδα τείνει τώρα να περιορίσει τη ποσότητα ψυκτικού προς τον εξατμιστή. Οι αναφερθείσες ανωτέρω κινήσεις της πρεσοστατικής βαλβίδας έχουν ως αποτέλεσμα τη διατήρηση μιας σταθερής πίεσης αναρρόφησης ανεξάρτητα από τη μεταβολή του ψυκτικού φορτίου. Είναι φανερό, λοιπόν, ότι η ψυκτική απόδοση της ψυκτικής εγκατάστασης δεν παραμένει σταθερή. Επίσης, όταν σταματήσει ο συμπιεστής, η βαλβίδα θα εξακολουθήσει να διοχετεύει υγρό ψυκτικό στον εξατμιστή. Αλλά η διοχέτευση ψυκτικού υγρού στον εξατμιστή, κατά τη φάση μη λειτουργίας του συμπιεστή, δημιουργεί συσσώρευση υγρού ψυκτικού στον εξατμιστή και αύξηση της πίεσης του. Αυτή η αύξηση της πίεσης στον εξατμιστή, έχει ως επακόλουθο να κλείσει τελικά η βαλβίδα. Εν συνεχεία, καθώς αυξάνει η θερμοκρασία του εξατμιστή (λόγω των υπαρχόντων ψυκτικών φορτίων) αυξάνεται και η πίεση του, με αποτέλεσμα το σφικτό κλείσιμο της βαλβίδας. Όταν ο συμπιεστής επανεκκινήσει, η βαλβίδα δεν θα ανοίξει αμέσως, αλλά λίγο αργότερα, όταν πια έχει μειωθεί η πίεση μέσα στον εξατμιστή από τη λειτουργία του συμπιεστή.

Η λειτουργία αυτή της πρεσοστατικής βαλβίδας είναι ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα, επειδή:

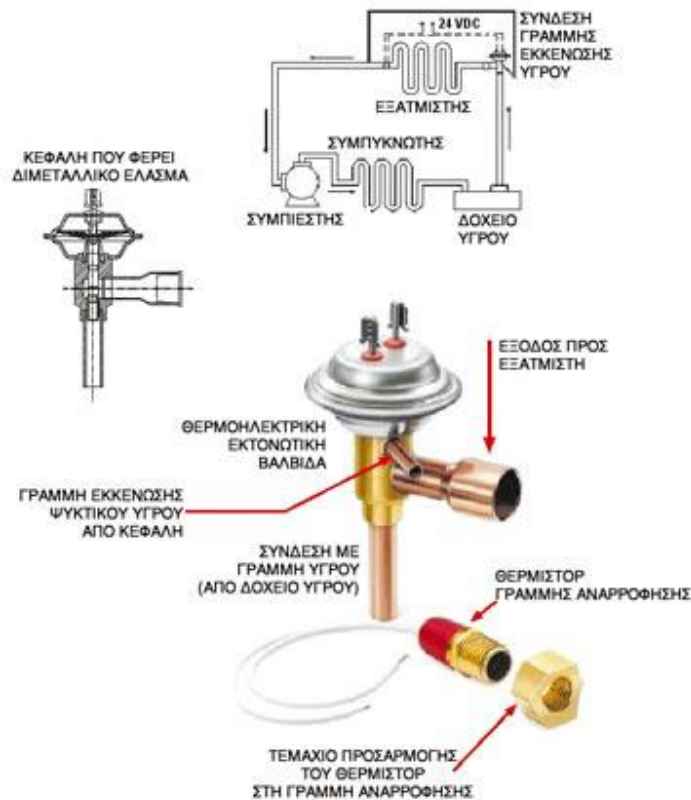
- 1.) δεν υπερφορτώνεται ο συμπιεστής κατά την εκκίνηση, και,
- 2.) αποφεύγεται η άκρως ζημιογόνος αναρρόφηση υγρού ψυκτικού κατά την εκκίνηση (επιστροφή υγρού).

ΧΡΗΣΕΙΣ

Η πρεσσοστατική βαλβίδα χρησιμοποιείται σε μικρές μόνο ψυκτικές εγκαταστάσεις, που έχουν σχετικά σταθερό ψυκτικό φορτίο, όπως πχ οικιακά ψυγεία, καταψύκτες, ψύκτες νερού, μικρές ψυκτικές μονάδες για παγωτά κλπ. Λόγω των μειονεκτημάτων που έχει, τείνει να αντικατασταθεί από άλλα είδη εκτονωτικών διατάξεων όπως πχ του τριχοειδή σωλήνα.

3.3.5 Η Ηλεκτρονική εκτονωτική βαλβίδα

Η ηλεκτρονική εκτονωτική βαλβίδα ονομάζεται και θερμοηλεκτρική βαλβίδα.

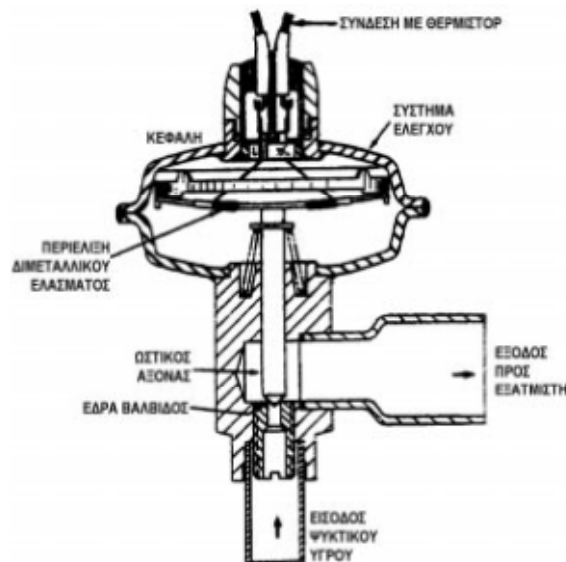


Σχήμα 55: Θερμοηλεκτρική (Ηλεκτρονική) Εκτονωτική Βαλβίδα

Τα κύρια μέρη από τα οποία αποτελείται μία ηλεκτρονική εκτονωτική βαλβίδα είναι:

1. Το μεταλλικό σώμα της βαλβίδας
2. Η κεφαλή που φέρει το διμεταλλικό έλασμα
3. Ο ωστικός άξονας της βαλβίδας, που είναι συνδεδεμένος με το διμεταλλικό έλασμα και μεταδίδει την κίνηση στη βελόνα της βαλβίδας
4. Η βελόνα της βαλβίδας και η έδρα της

5. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας που συνδέεται μέσω καλωδίου 2 αγωγών, με την κεφαλή της βαλβίδας.



Σχήμα 56: Τομή Θερμοηλεκτρικής (Ηλεκτρονικής) Εκτονωτικής Βαλβίδας

Το διμεταλλικό έλασμα φέρει ένα ηλεκτρικό τύλιγμα (περιέλιξη). Το τύλιγμα αυτό συνδέεται εν σειρά με τον αισθητήρα θερμοκρασίας. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας είναι ένας ημιαγωγός, με το εξής ιδιαίτερο χαρακτηριστικό: Με την αύξηση της θερμοκρασίας, η ηλεκτρική του αντίσταση μειώνεται. Ο αισθητήρας τοποθετείται στο τέλος του εξατμιστή (γραμμή αναρρόφησης), δηλαδή στο σημείο, που τοποθετείται αντίστοιχα, ο θερμοστατικός βολβός της θερμοεκτονωτικής βαλβίδας.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Με την αύξηση του ψυκτικού φορτίου, αυξάνεται η θερμοκρασία του ψυκτικού αερίου στο τέλος του εξατμιστή. Η αύξηση αυτή της θερμοκρασίας, αυξάνει, επίσης, τη θερμοκρασία του αισθητήρα θερμοκρασίας και μειώνει την ηλεκτρική αντίστασή του. Αποτέλεσμα είναι το τύλιγμα του διμεταλλικού ελάσματος να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα μεγαλύτερης έντασης. Η αυξημένη ένταση του ρεύματος αυξάνει, επίσης, τη θερμοκρασία του τυλίγματος, και επομένως και του διμεταλλικού στοιχείου. Το διμεταλλικό έλασμα με τη σειρά του, κινεί τον ωστικό άξονα προς τα επάνω ανοίγοντας περισσότερο τη βαλβίδα, και τροφοδοτώντας τον εξατμιστή με περισσότερο υγρό ψυκτικό μέσον.

Ακριβώς οι αντίθετες ενέργειες λαμβάνουν χώρα στην περίπτωση της μείωσης του ψυκτικού φορτίου, οπότε τελικά η βαλβίδα κλείνει, ελαττώνοντας την τροφοδότηση του εξατμιστή με υγρό ψυκτικό μέσο.

Η ηλεκτρονική εκτονωτική βαλβίδα ρυθμίζει με μεγάλη ακρίβεια τη ροή του υγρού ψυκτικού μέσου προς τον εξατμιστή, συντελεί στην αποδοτικότερη λειτουργία του και

την πλήρη εκμετάλλευσή του και παρέχει μία σταθερή υπερθέρμανση στην έξοδό του. Τέλος, η ηλεκτρονική εκτονωτική βαλβίδα έχει τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της θερμοεκτονωτικής βαλβίδας.

4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ

Η εργαστηριακή συσκευή είναι μία αντλία θερμότητας αέρα-αέρα η οποία λειτουργεί για αποκλειστικά για ψύξη. Είναι μια πολύ απλή αντλία θερμότητας που βασίζεται στον ψυκτικό κύκλο, απλούστερη και από τα ψυγεία οικιακής χρήσης.



Σχήμα 57: Εργαστηριακή αντλία θερμότητας με τα διάφορα μέρη της

Αποτελείται από τα εξής μέρη:

1. Συμπιεστής
2. Συμπυκνωτής
3. Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα
4. Φίλτρο
5. Δείκτης Ροής
6. Θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα
7. Εξαμιστής
8. Θερμοστάτης εξωτερικού χώρου
9. Μανόμετρο



Σχήμα 58: Συμπιεστής (Electrolux GL90TB) και συμπυκνωτής με ανεμιστήρα (82CE-1305)



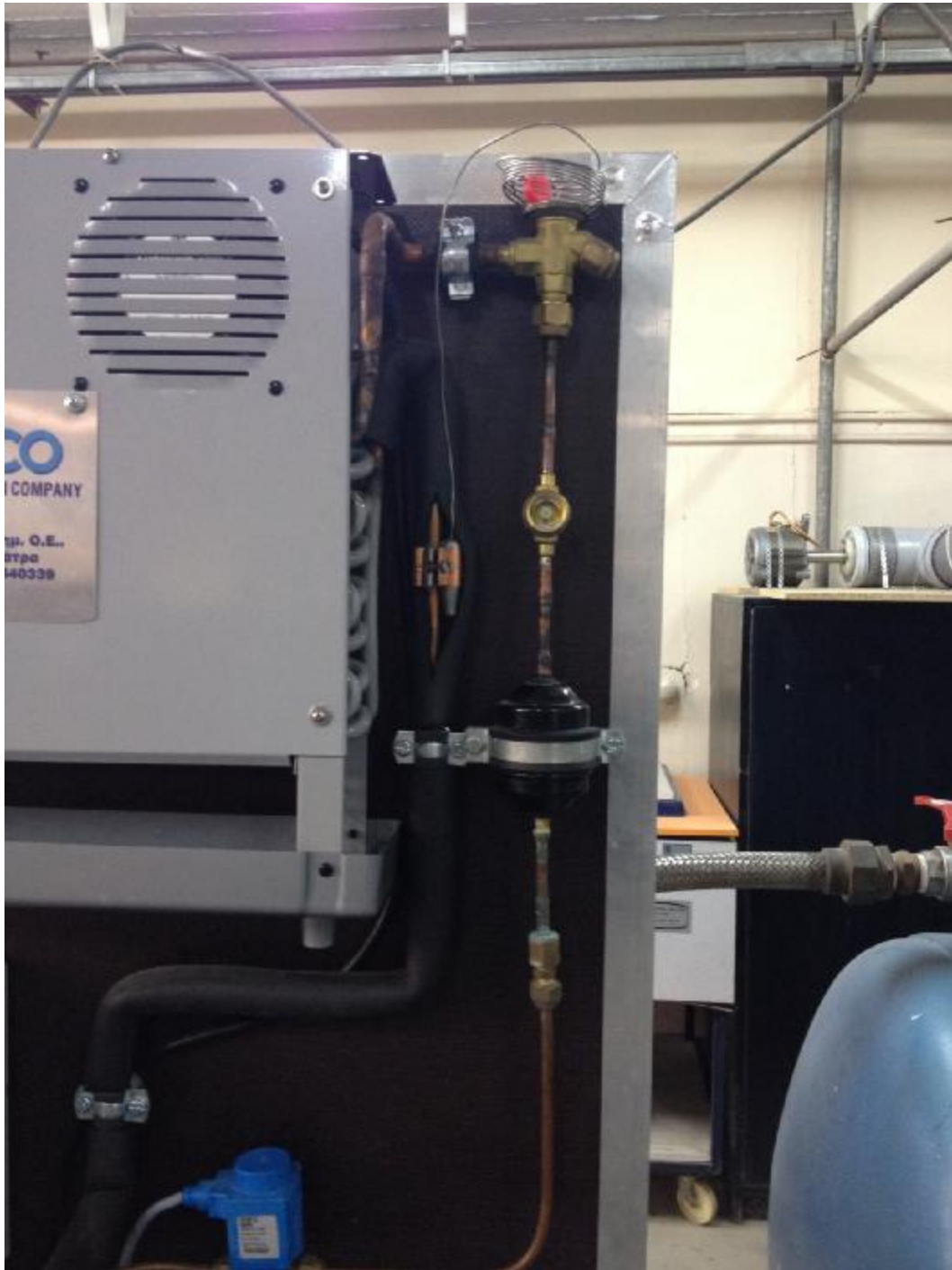
Σχήμα 59: Ανεμιστήρας του συμπυκνωτή



Σχήμα 60: Μανόμετρα υψηλής και χαμηλής πίεσης (Totaline by Ranco)



Σχήμα 61: Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (Danfoss EVR 2)



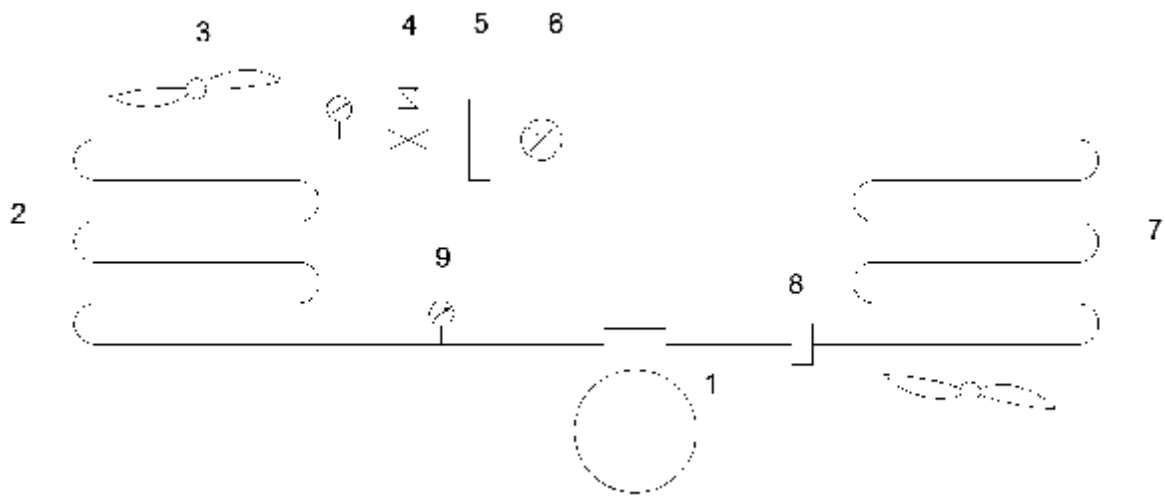
Σχήμα 62: Φίλτρο, δείκτης ροής και θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα.



Σχήμα 63: Εξατμιστής (GARCIA CAMARA BM52AUP)



Σχήμα 64: Θερμοστάτης εξωτερικού χώρου



Σχήμα 65: Απλοποιημένο διάγραμμα πειραματικής συσκευής

1. Συμπιεστής
2. Συμπυκνωτής
3. Ανεμιστήρας
4. Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα
5. Φίλτρο
6. Θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα
7. Εξατμιστής
8. Θερμοστάτης εξωτερικού χώρου
9. Μανόμετρα

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Οι παρακάτω πειραματικές μετρήσεις έγιναν με την χρήση δύο μανομέτρων, ένα για την υψηλή πίεση και ένα για την χαμηλή. Χρησιμοποιήθηκε επίσης και θερμοζεύγος για την μέτρηση της θερμοκρασίας σε τέσσερα σημεία. Το πρώτο σημείο (T₁) βρίσκεται μετά τον εξατμιστή και πριν τον συμπιεστή, το δεύτερο σημείο (T₂) βρίσκεται μετά από τον συμπιεστή και πριν από τον συμπυκνωτή, το τρίτο σημείο (T₃) βρίσκεται ακριβώς πριν την εκτονωτική βαλβίδα και το τέταρτο (T₄) μετά την εκτονωτική βαλβίδα και πριν τον εξατμιστή.

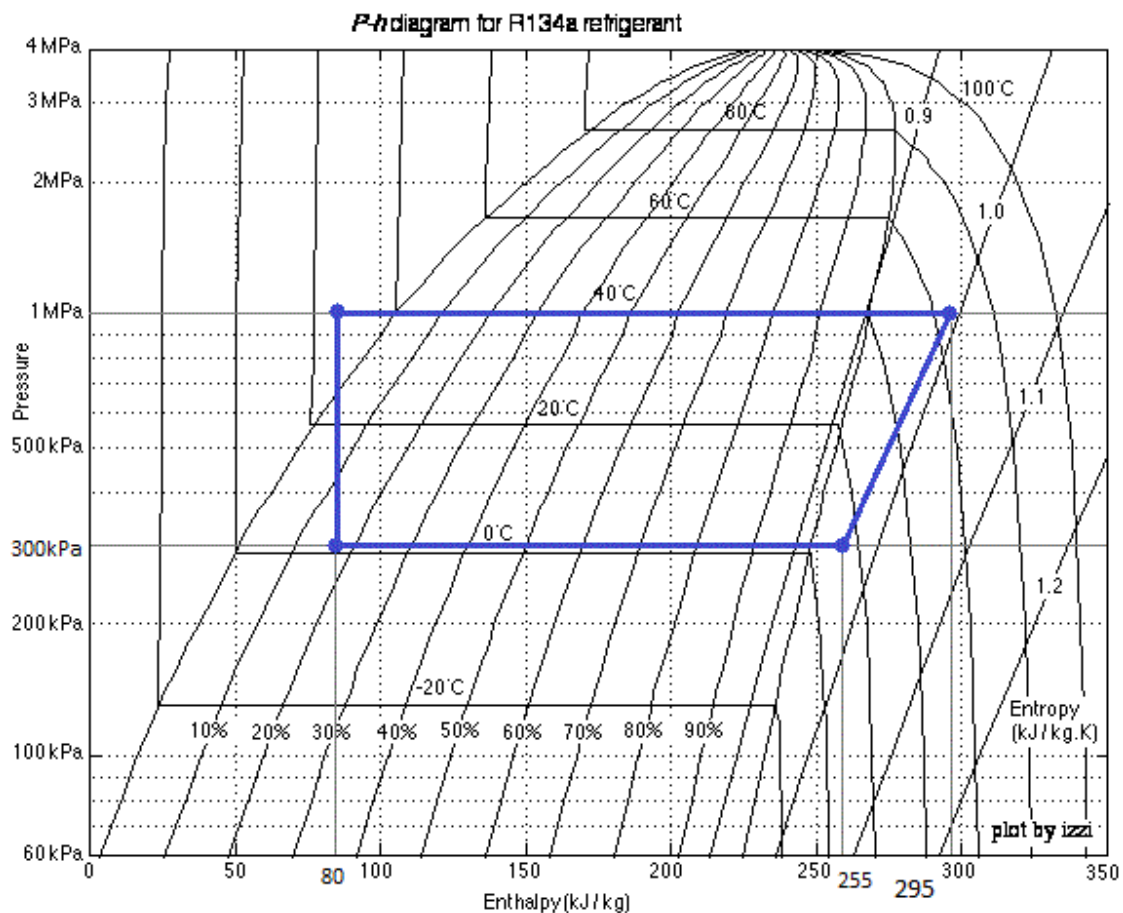
Η πρώτη λήψη μετρήσεων έγινε για επίδειξη της αντλίας θερμότητας σε εργαστηριακό τμήμα:

	Μετρήσεις εργαστηρίου
T1	30 °C
T2	66 °C
T3	24 °C
T4	6 °C
P _{υψ}	9 bar
P _{χαμ}	2 bar

Βαθμοί Απόδοσης:

$$\text{COP}_\theta = (h_2 - h_3) / (h_2 - h_1) = (295 - 80) / (295 - 255) = \mathbf{5,37}$$

$$\text{COP}_\psi = (h_1 - h_4) / (h_2 - h_1) = (255 - 80) / (295 - 255) = \mathbf{4,37}$$



Σχήμα 66: Διάγραμμα p-h για τις μετρήσεις του εργαστηρίου

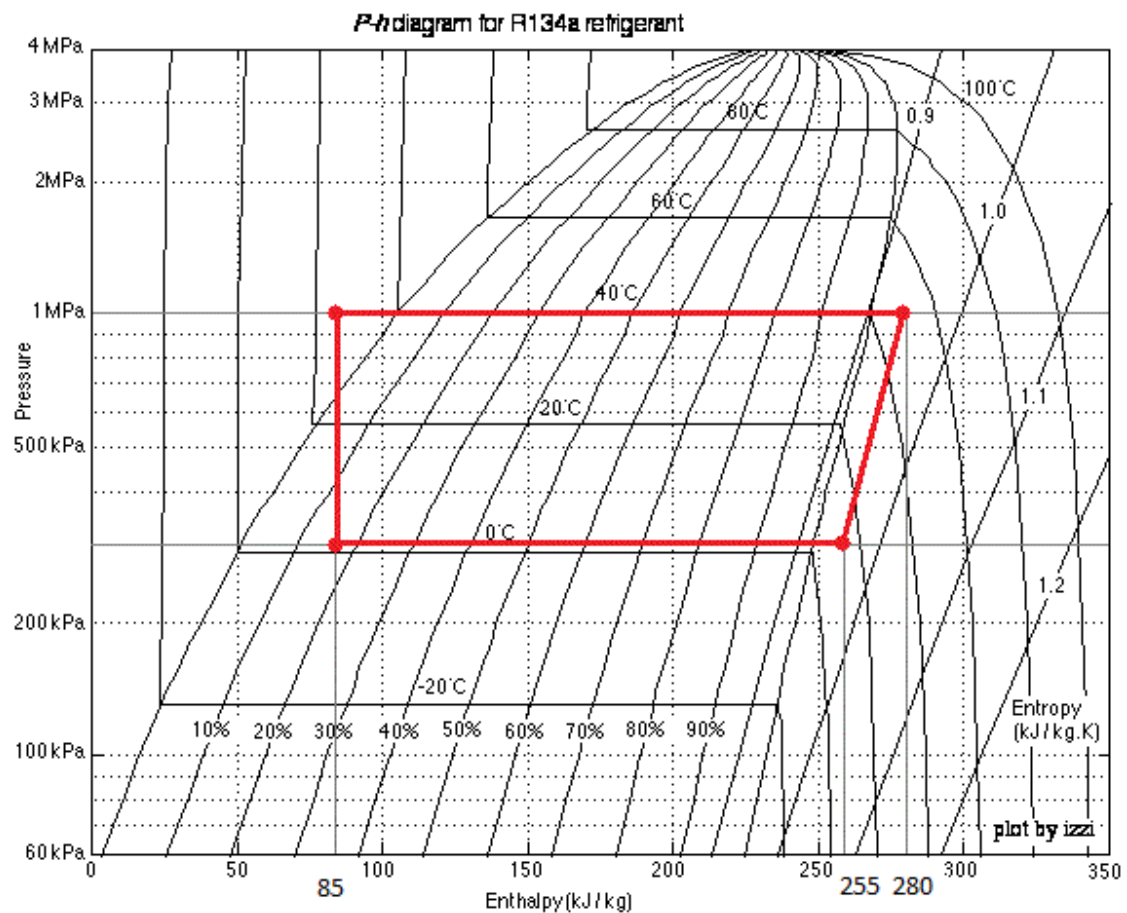
Στην συνέχεια πάρθηκαν μετρήσεις για πέντε διαφορετικά σενάρια με πέντε λεπτά χρόνο λειτουργίας ανάμεσα σε κάθε μέτρηση. Τα σενάρια ήταν τα εξής:

- Η αντλία θερμότητας σε κανονική λειτουργία
- Το 1/3 του συμπυκνωτή καλυμμένο
- Το 1/2 του συμπυκνωτή καλυμμένο
- Ο εξαμιστής κλειστός
- Το 1/2 του εξαμιστή καλυμμένο

Οι μετρήσεις καταγράφηκαν στον παρακάτω πίνακα και στην συνέχεια σχεδιάστηκαν ξεχωριστά και όλες μαζί σε διάγραμμα πίεσης – ενθαλπίας και υπολογίστηκαν οι βαθμοί απόδοσης για κάθε περίπτωση.

	Κανονική Λειτουργία	1/3 του Συμπυκνωτή κλειστό	1/2 του Συμπυκνωτή κλειστό	Κλειστός Εξατμιστής	1/2 του εξατμιστή κλειστό
T1	16 °C	17 °C	20 °C	13 °C	19 °C
T2	50 °C	56 °C	68 °C	45 °C	48 °C
T3	25 °C	33 °C	42 °C	24 °C	29 °C
T4	7 °C	11 °C	12 °C	2 °C	7 °C
P	9 bar	11 bar	14 bar	8 bar	8,5 bar
P	2 bar	2 bar	2,5 bar	2 bar	2 bar

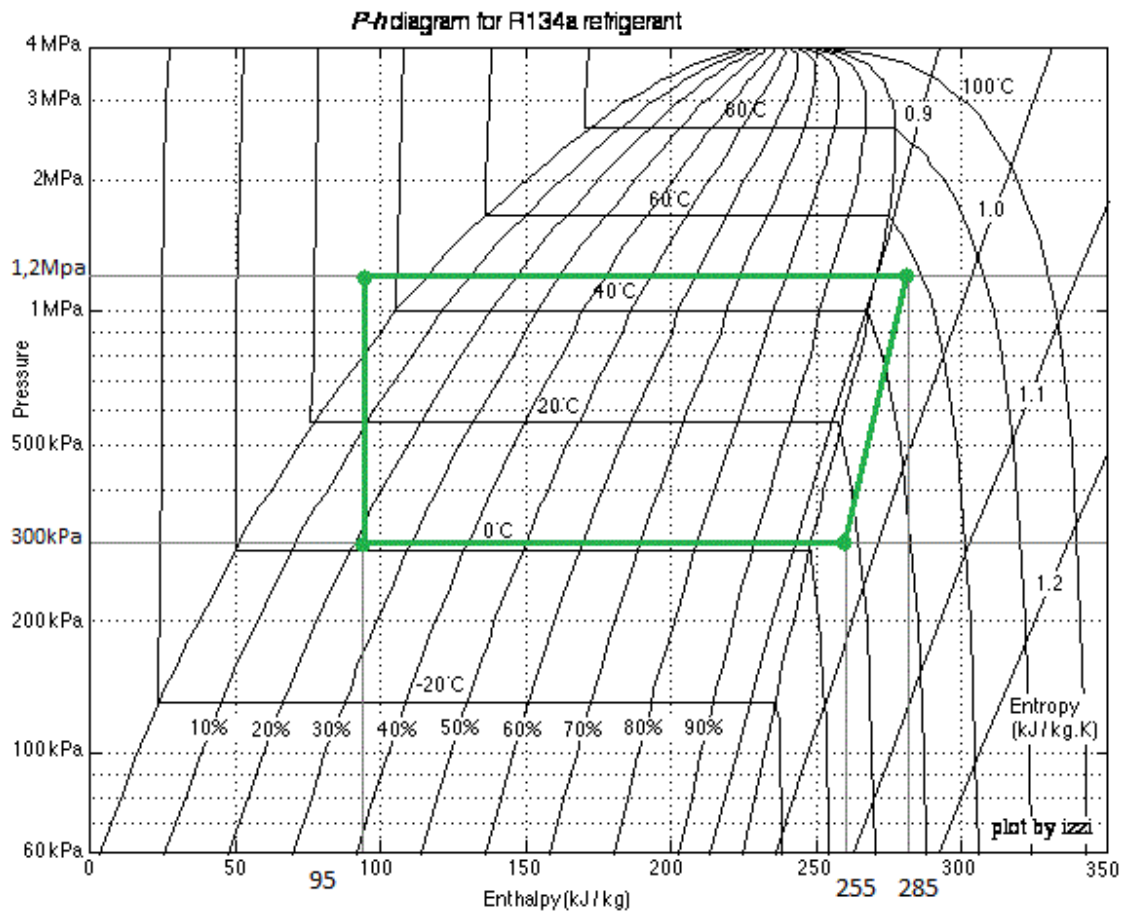
Σχήμα 67: Διάγραμμα p-h για κανονική λειτουργία



$$COP_{\Theta} = (h_2 - h_3) / (h_2 - h_1) = (280 - 85) / (280 - 255) = 7,8$$

$$COP_{\Psi} = (h_1 - h_4) / (h_2 - h_1) = (255 - 85) / (280 - 255) = 6,8$$

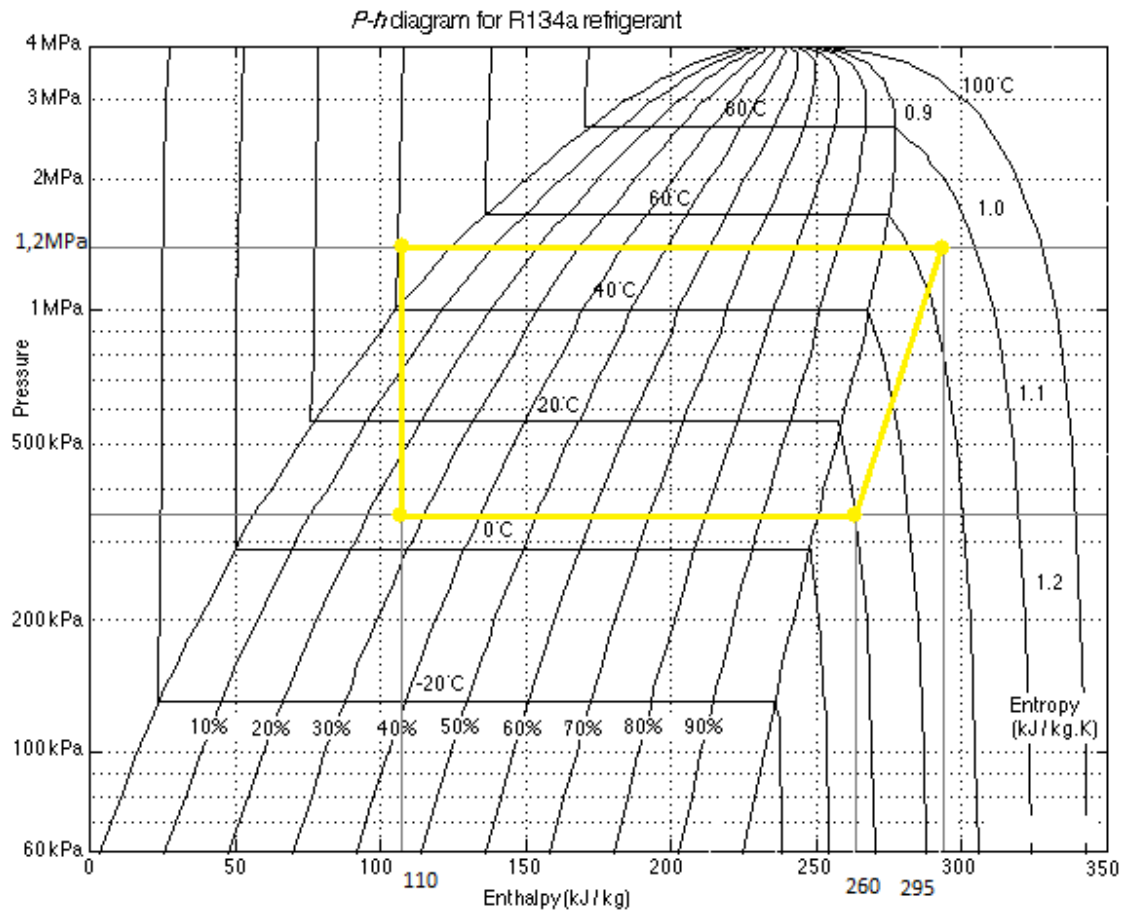
Σχήμα 68: Διάγραμμα p-h για 1/3 του Συμπυκνωτή καλυμμένο



$$COP_{\Theta} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} = \frac{285 - 95}{285 - 255} = 6,33$$

$$COP_{\Psi} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{255 - 95}{285 - 255} = 5,33$$

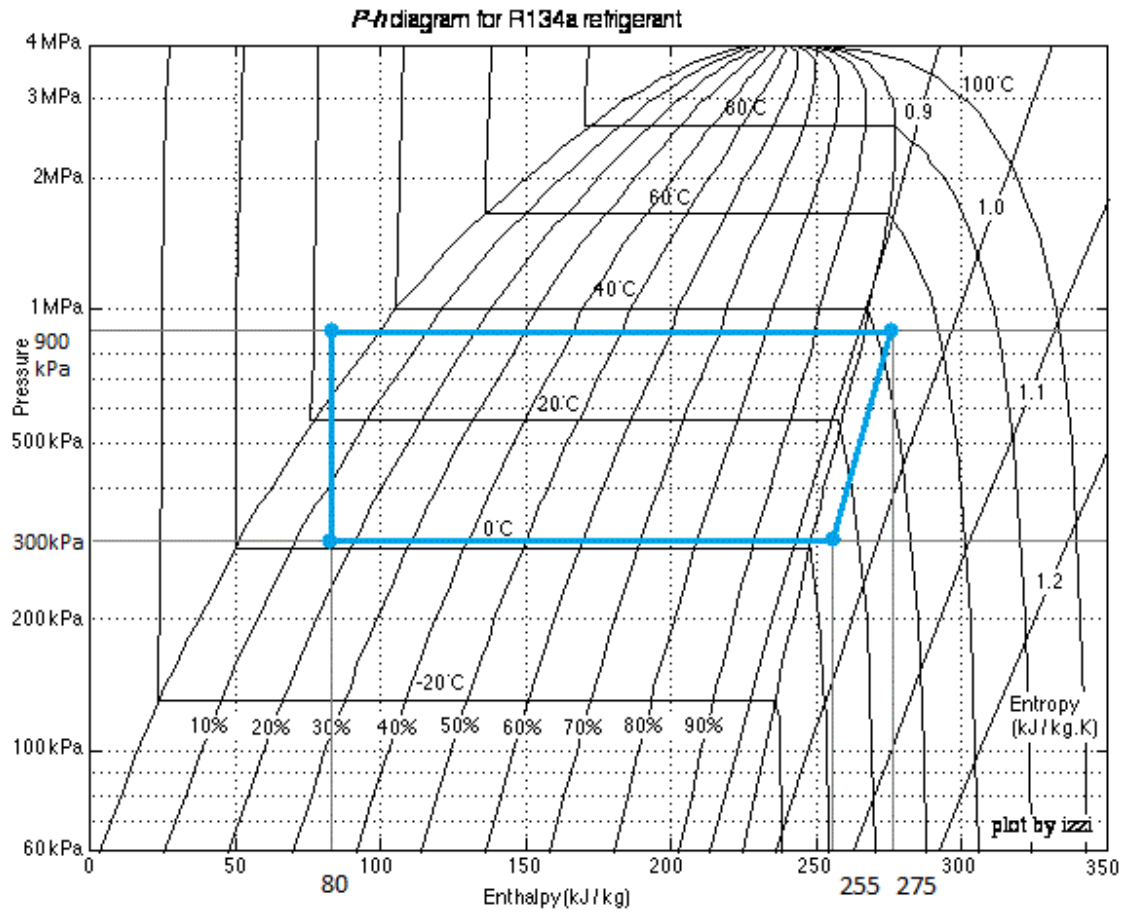
Σχήμα 69: Διάγραμμα p-h για ½ του συμπυκνωτή καλυμμένο



$$\text{COP}_\Theta = (h_2 - h_3) / (h_2 - h_1) = (295 - 110) / (295 - 260) = 5,28$$

$$\text{COP}_\Psi = (h_1 - h_4) / (h_2 - h_1) = (260 - 110) / (295 - 260) = 4,28$$

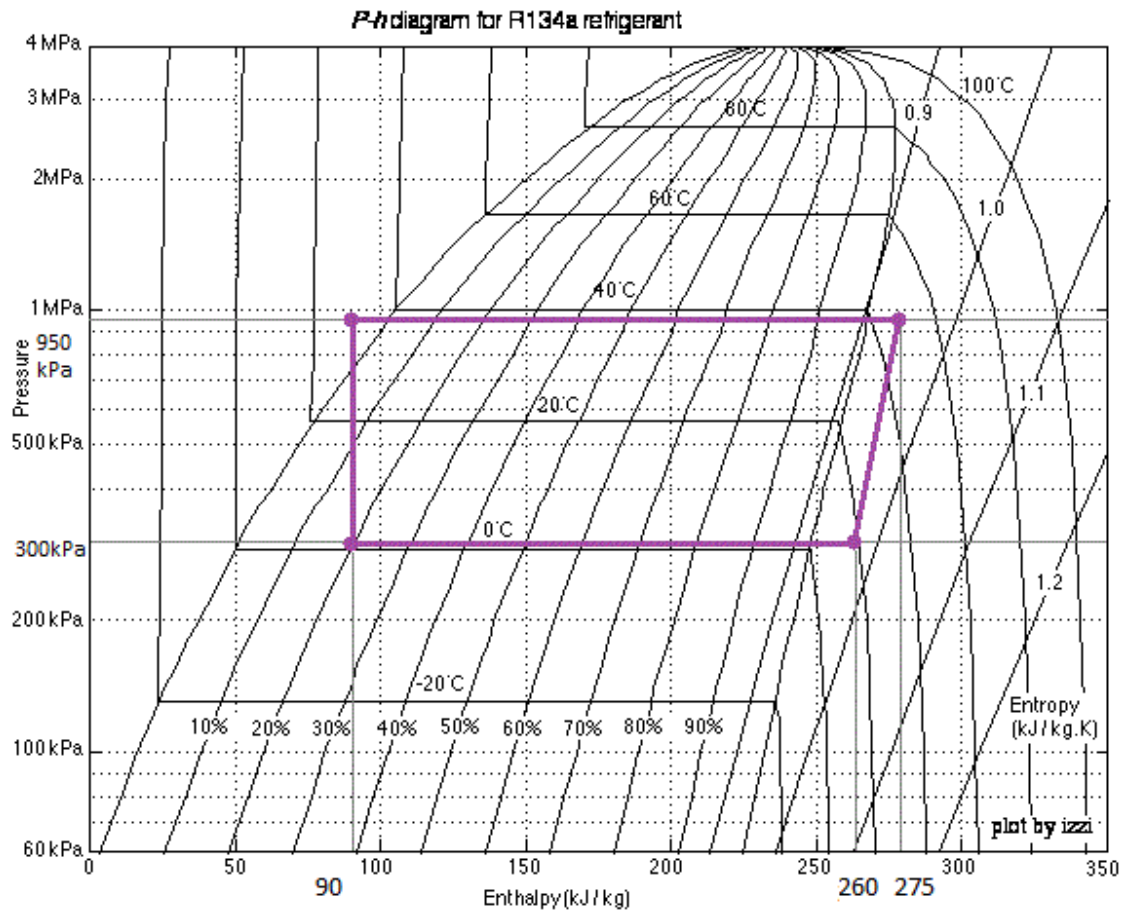
Σχήμα 70: Διάγραμμα p-h για Κλειστό εξαμιστή



$$\text{COP}_\Theta = (h_2 - h_3) / (h_2 - h_1) = (275 - 80) / (275 - 255) = 9,75$$

$$\text{COP}_\Psi = (h_1 - h_4) / (h_2 - h_1) = (255 - 80) / (275 - 255) = 8,75$$

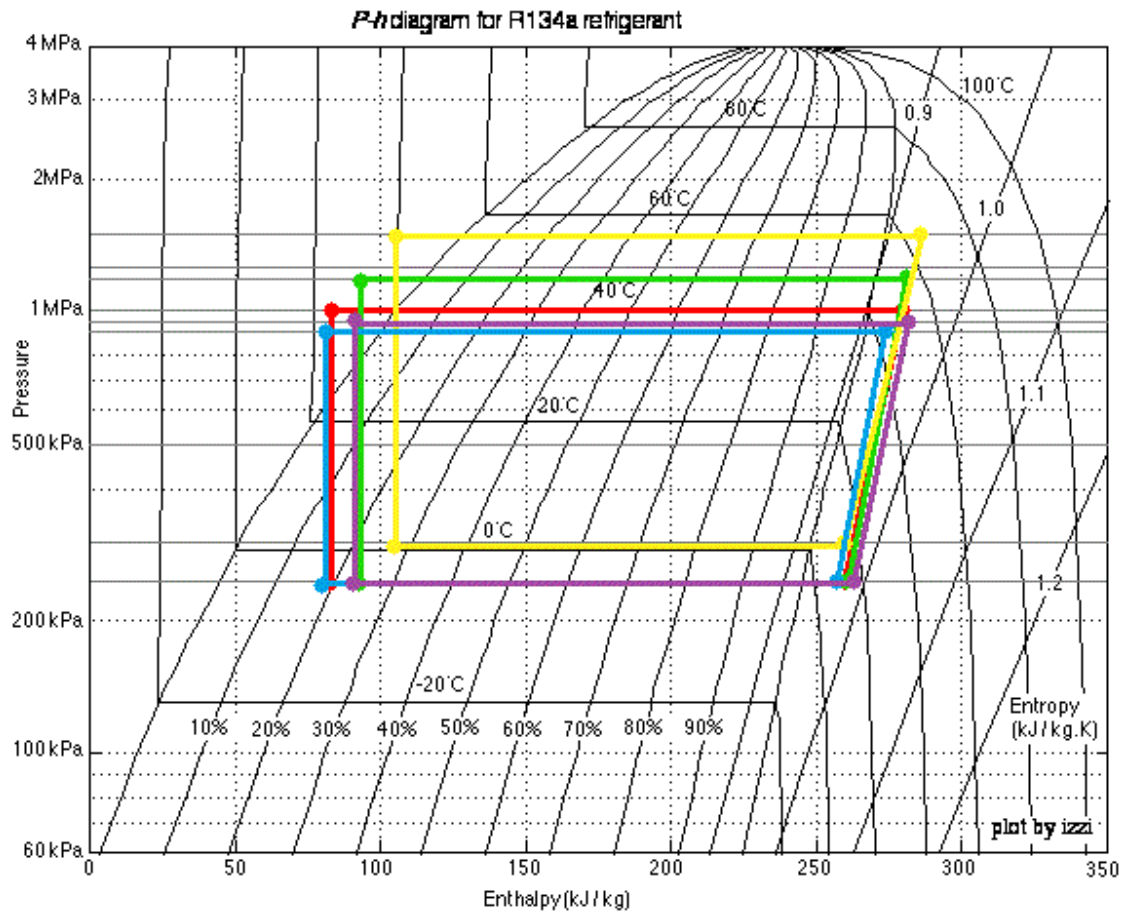
Σχήμα 71: Διάγραμμα p-h για 1/2 του εξατμιστή καλυμμένο



$$\text{COP}_\theta = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} = \frac{275 - 90}{275 - 260} = 12,33$$

$$\text{COP}_\psi = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{260 - 90}{275 - 260} = 11,33$$

Σχήμα 72: Διάγραμμα p-h για όλες τις περιπτώσεις



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά την συγγραφή της παρούσας πτυχιακής αποκομίσθηκε η κατανόηση της λειτουργίας μιας αντλίας θερμότητας, των διάφορων παραλλαγών της και των μερών που αποτελείται. Μελετήθηκαν οι διάφορες παραλλαγές, η λειτουργία τους και οι διάφορες χρήσεις τους. Αναλύθηκαν και κατηγοριοποιήθηκαν τα διάφορα μέρη που αποτελούν μια αντλία θερμότητας και παρουσιάστηκε ο τρόπος λειτουργίας του καθενός με διαγράμματα. Έγινε σύγκριση των διαφορετικών παραλλαγών μιας αντλίας αλλά και των μερών της τα οποία έχουν την ίδια λειτουργία.

Σημαντική διαδικασία για την κατανόηση της λειτουργίας μιας αντλίας θερμότητας ήταν οι πειραματικές μετρήσεις που έγιναν στην πειραματική συσκευή. Μελετώντας την αντλία θερμότητας εμπεδώθηκαν τα συστατικά μέρη της και έγιναν αντιληπτά διάφορα σημεία στα οποία θα μπορούσαν να προστεθούν μέρη-κομμάτια για περαιτέρω εξέλιξη και εκμετάλλευση της λειτουργίας της.

Μετά την καταγραφή των μετρήσεων για την κάθε περίπτωση, σχεδιάστηκε το διάγραμμα πίεσης-ενθαλπίας ώστε να υπολογισθεί η απόδοση για την κάθε περίπτωση. Είναι εμφανές πως όσο περισσότερο καλύπτουμε τον συμπυκνωτή τόσο περισσότερη μειώνεται η απόδοση, αφού δεν μπορεί να αποβάλλει επαρκώς την θερμότητα. Στην περίπτωση της μερικής και πλήρους κάλυψης του εξαμιστή παρατηρείται μια ανορθόδοξη αύξηση στην απόδοση η οποία μπορεί να οφείλεται στο θερμοζεύγος που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις το οποίο λόγω σχηματισμού πάγου ή νερού δεν είχε την δυνατότητα να πάρει την κατάλληλη μέτρηση. Γι' αυτό και οι συγκεκριμένες μετρήσεις κρίνονται μη ρεαλιστικές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Β. Η. Σελλούντος, Θέρμανση κλιματισμός, τόμος Α,Β, ΤεΚΔΟΤΙΚΗ ΣΕΛΚΑ – 4Μ, Αθήνα, 2002
2. Athouse A., Turnquist C., Bracciano A. «Modern Refrigeration and Air Conditioning», The Goodheart-Willcox Company Inc., Tinley Park, Illinois, 1996
3. Elonka S., Minich Q. << Standard Refrigeration and Air Conditioning. Questions and Answers>> Tata Mc Graw-Hill, 1990
4. Κ. Χ. Λέφα, «Αερισμός και κλιματισμός», Εκδόσεις Φοίβος, Αθήνα 1986
5. Andrew D. Althouse, Carl H. Turnquist, Alfred F. Bracciano, “MODERN REFRIFERATION and AIR CONDITIONING”, Έκδοση The Goodheart-Willcox Company Inc., 1988
6. «ΨΥΞΗ-ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ» Γομάτος Λεωνίδα, Λύτρας Κωνσταντίνος
7. «Εγκαταστάσεις Ψύξης Ι» Μιχάλης Βραχόπουλος, Μάρκος Λιγνός, Ιωάννης Κάρμαλης
8. «Εγκαταστάσεις Ψύξης ΙΙ» Μιχάλης Βραχόπουλος, Μάρκος Λιγνός, Ιωάννης Κάρμαλης
- 9.
10. <http://www.cibsejournal.com/cpd/2012-12/>
11. http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CF%84%CE%BB%CE%AF%CE%B1_%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%CF%82
12. <http://what-when-how.com/inventions/heat-pump-inventions/>