

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ- ΑΕΡΑ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΑΖΑΡΙΑΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΛΟΓΗΡΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ – 2014

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και αναφέρεται στη κατασκευή μιας πειραματική συσκευής αντλίας θερμότητας αέρα – αέρα με σκοπό τη καλύτερη και πιο ρεαλιστική εκπαίδευση των φοιτητών. Οι αντλίες θερμότητας αρχίζουν και αντικαθιστούν τις συμβατικές εγκαταστάσεις ψύξης και θέρμανσης κατακλύζοντας την αγορά λόγω της μεγάλης απόδοσης που έχουνε, της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και της φιλικότερης συμπεριφοράς προς το περιβάλλον.

Στην αρχή της εργασίας αναφέρεται η αρχή λειτουργίας των αντλιών θερμότητας . Στην συνέχεια αναφέρονται τα μέρη που αποτελούν την αντλία θερμότητας καθώς και τα είδη αυτών που υπάρχουν καθώς επίσης και η διαδικασία κατασκευής της αντλίας θερμότητας. Τέλος γίνονται κάποιες πειραματικές μετρήσεις από τις οποίες προκύπτουν κάποια συμπεράσματα.

Ευχαριστούμε θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή μας κ. Ιωάννη Καλογήρου, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε., για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μας προσέφερε για την εκπόνηση της Εργασίας.

Αναγνωστόπουλος Δημήτριος
Αζαριάς Σπυρίδων
Ιούλιος 2014

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών: Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νότιμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολόκληρου του κειμένου εξ' ίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα ξαθ λεχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομα του και την πηγή προέλευσης.

Οι σπουδαστές

(Ονοματεπώνυμο)

(Ονοματεπώνυμο)

.....
(Υπογραφή)

.....
(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στην κατασκευή μιας αντλίας θερμότητας για εκπαιδευτικό σκοπό με την δυνατότητα παροχής πληροφοριών πίεσης και θερμοκρασίας σε διάφορα χρονικά σημεία της λειτουργίας της αντλίας. Η κατασκευή της δεν έχει σκοπό να προσομοιώσει τον κλιματισμό σε ένα χώρο, αλλά να μελετήσει τις διάφορες μεταβολές του ψυκτικού μέσου στην πειραματική διάταξη, όπως συμβαίνει στις αντλίες θερμότητας του εμπορίου γενικά.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται αναλυτικά η λειτουργία των αντλιών θερμότητας, η γραφική τους αναπαράσταση καθώς και οι θερμοδυναμικές μεταβολές που υφίσταται το ψυκτικό μέσω κατά το ψυκτικό κύκλο.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά για τα εξαρτήματα και τα είδη αυτών, και τη κατασκευή της αντλίας θερμότητας καθώς επίσης και την μέθοδο hot gas που χρησιμοποιήθηκε για την αλλαγή από ψύξη σε θέρμανση αντί της χρήσης τετράοδης βαλβίδας.

Στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιούνται κάποιες πειραματικές μετρήσεις σε διάφορα χρονικά σημεία λειτουργίας της αντλίας θερμότητας και προκύπτουν διάφορα συμπεράσματα όπως ο βαθμός απόδοσης της αντλίας θερμότητας.

Τέλος στο τέταρτο κεφάλαιο έχει δημιουργηθεί μία πρότυπη εργαστηρική άσκηση που σκοπό έχει την εξοικίωση των φοιτητών με την αντλία θερμότητας και τη λειτουργία της.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1. ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	
1.1 Ορισμός.....	3
1.2 Αρχή λειτουργίας	3
1.3 Κύκλος για ψύξη χώρου	4
1.4 Κύκλος για θέρμανση χώρου.....	5
1.5 Κατηγορίες Αντλιών Θερμότητας.....	6
1.6 Θερμοδυναμική αναπαράσταση του ψυκτικού κύκλου	8
2. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	
2.1 Λειτουργία εξαρτημάτων και είδη.....	11
2.1.1 Συμπιεστής.....	11
2.1.2 Συμπυκνωτής	15
2.1.3 Εκτονωτικές βαλβίδες.....	17
2.1.4 Εξατμιστές ή ατμοποιητές.....	19
2.2 Κατασκευή εκπαιδευτικής συσκευής αντλίας θερμότητας αέρα - αέρα.....	22
2.3 Μέθοδος hot gas	31
3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
3.1 Πίνακας μετρήσεων	32
3.2 Διάγραμμα πίεσης ενθαλπίας.....	34
3.3 Βαθμός απόδοσης C.O.P.	35
4. ΠΡΟΤΥΠΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ	
4.1 Αντλία θερμότητας αέρα – αέρα	36
4.2 Πειραματική διάταξη	36
4.3 Μέρη που αποτελούν την πειραματική διάταξη	37
4.4 Οδηγίες εκτέλεσης πειραματικής διαδικασίας	38

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το περιβάλλον που ζει ο άνθρωπος επηρεάζει άμεσα τις δραστηριότητες του (μετακίνηση, εργασία). Το περιβάλλον αυτό μεταβάλλεται καθημερινά μέσω των κλιματικών συνθηκών που συχνά γίνονται ακραίες. Ο καύσωνας και ο παγετός, η ξηρασία και η βροχή είναι μερικές από τις κλιματολογικές συνθήκες που ζει και καλείται να αντιμετωπίσει ο άνθρωπος στην καθημερινότητα του. Η ανάγκη για αυτή την αντιμετώπιση ονομάζεται άνεση. Για να δημιουργήσει ο άνθρωπος τις κατάλληλες συνθήκες άνεσης, αρχικά με απλούς τρόπους και αργότερα με πιο εξελιγμένες τεχνικές, δημιούργησε μηχανικά συστήματα κλιματισμού. Με τον όρο κλιματισμός αναφερόμαστε στην ρύθμιση της θερμοκρασίας, της υγρασίας, της κίνησης, της καθαρότητας του αέρα ενός χώρου.

Ο πρώτος άνθρωπος που ασχολήθηκε σοβαρά με τον κλιματισμό χώρων, δηλαδή την διατήρηση της κατάστασης του αέρα ενός χώρου σε ορισμένα πλαίσια, ήταν ο νεαρός μηχανικός Willis Carrier όπου το 1902 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 την ποιότητα των χρωμάτων στο χαρτί. Το 1911 ο Carrier παρουσίασε τον ψυχομετρικό χάρτη, που συνδέει γραφικά τις ψυχομετρικές ιδιότητες του αέρα καθώς και τα αντίστοιχα φορτία, απλοποιώντας έτσι τα πολύπλοκα προβλήματα της αναλυτικής μελέτης του κλιματιζόμενου αέρα. Λόγω της συνεισφοράς του λοιπόν όπως φαίνεται και παραπάνω, εύλογα του απονεμήθηκε ο τίτλος “πατέρα του κλιματισμού”.

Τα συστήματα κλιματισμού με τα οποία επιτυγχάνουμε τελικώς άνεση στον χώρο ονομάζονται αντλίες θερμότητας. Η επιλογή των αντλιών θερμότητας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες με κυριότερους αυτών να αναφέρονται στην ικανότητα κάλυψης θερμικών και ψυκτικών φορτίων καθώς και το μέγεθος του κλιματιζόμενου χώρου. Με βάση αυτούς τους παράγοντες οι κατασκευαστές των αντλιών θερμότητας κατασκεύασαν κλιμακόμενου μεγέθους αντλίες ανάλογα τις ανάγκες και το μέγεθος του χώρου. Επιπλέον, εξ' αιτίας της σημερινής κατάστασης που επικρατεί, της οικονομικής κρίσης, όλο και περισσότεροι άνθρωποι καταφεύγουν στην λύση των αντλιών θερμότητας για να εξασφαλίσουν τις ανάγκες άνεσης που χρειάζονται, ψύξης και θέρμανσης, λόγω του μεγάλου βαθμού απόδοσης που έχουν και της συμφέρουσας απόσβεσης χρημάτων που έχουν από την εγκατάστασή τους.

Η κατασκευή των αντλιών θερμότητας περιέχει αρκετά μεγάλο όγκο εξαρτημάτων ο οποίος μεγαλώνει ανάλογα με το μέγεθος και τις απαιτήσεις της κατασκευής. Η εν λόγω κατασκευή περιλαμβάνει περισσότερα από τα αναγκαία για

Λειτουργία της αντλίας θερμότητας εξαρτήματα λόγω του εκπαιδευτικού χαρακτήρα για τον οποίο προορίζεται.

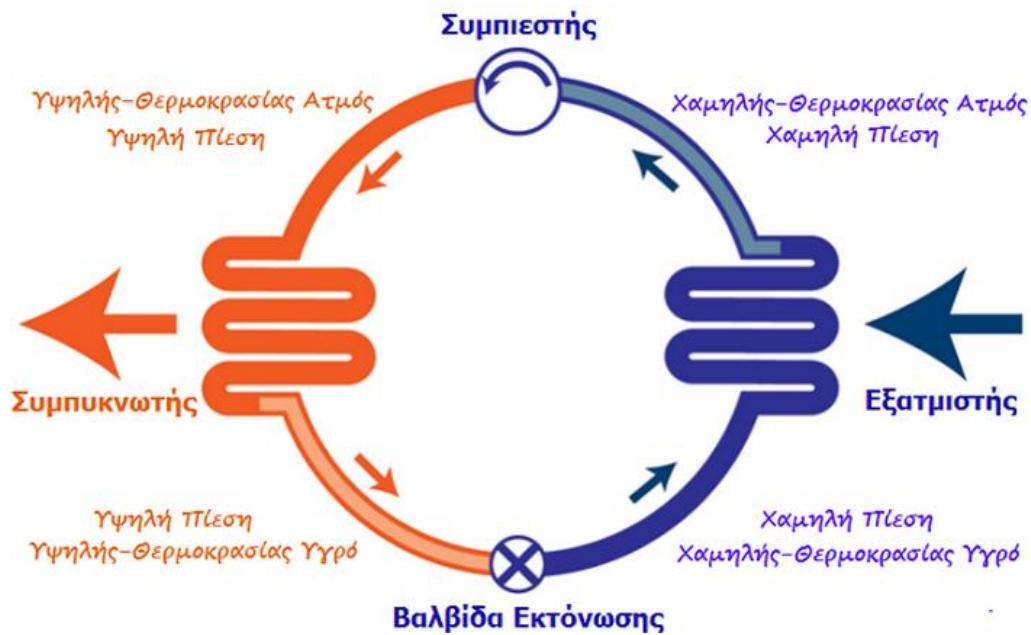
1. ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Η αντλία θερμότητας είναι μια συσκευή που έχει την δυνατότητα να εναλλάσσει την λειτουργία του κύκλου ψύξης ανάλογα με τις ανάγκες για ψύξη ή θέρμανση που χρειαζόμαστε. Από τους νόμους της φυσικής η θερμότητα έχει φυσική ροή από περιοχές υψηλότερων θερμοκρασιών σε περιοχές χαμηλότερων θερμοκρασιών. Με την χρήση όμως αντλιών θερμότητας καταφέρνουμε να μεταφέρουμε την θερμότητα αντίθετα προς την φυσική ροή, αντλώντας δηλαδή θερμότητα, εξού και το όνομα αντλία. Πιο συγκεκριμένα όταν θέλουμε να ψύξουμε έναν χώρο, με την βοήθεια της ΑΘ αντλούμε θερμότητα από τον χώρο αποβάλλοντάς την στο περιβάλλον, ρίχνοντας έτσι την θερμοκρασία, οπότε και ψύχεται ο κλιματιζόμενος χώρος. Αντίθετα όταν θέλουμε να θερμάνουμε ένα χώρο, αντλούμε από το περιβάλλον θερμότητα και την διοχετεύουμε στον προς θέρμανση χώρο.

1.2 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

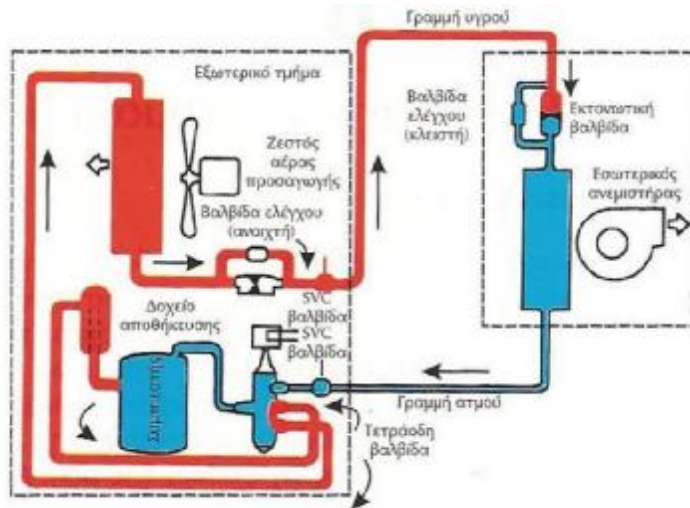
Η αρχή λειτουργίας μια ΑΘ βασίζεται στον ψυκτικό κύκλο. Για την λειτουργία της σε θέρμανση και ψύξη αρκεί να αντιστρέψουμε την θέση των εναλλακτών (συμπυκνωτής και εξατμιστής) ανάλογα με την λειτουργία που θέλουμε (θέρμανση ή ψύξη).



Σχήμα 1.1: Σχηματική απεικόνιση ψυκτικής διάταξης.

1.3 ΚΥΚΛΟΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ ΧΩΡΟΥ

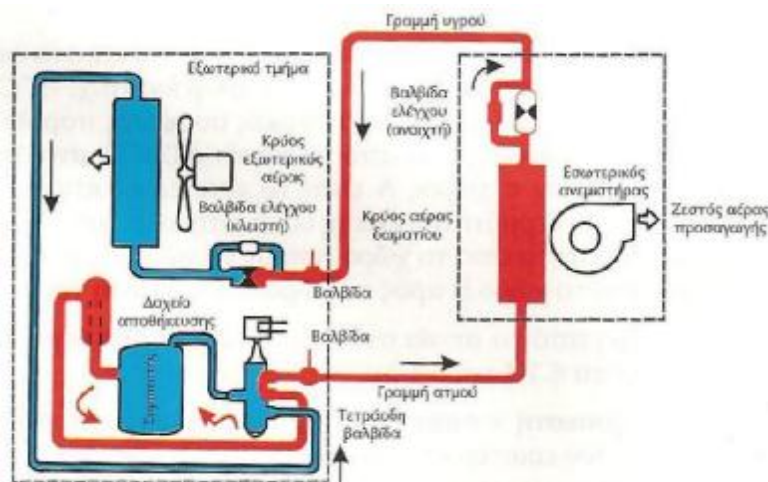
1. Αρχικά το ψυκτικό μέσο εισέρχεται στον συμπιεστή σε κατάσταση αερίου χαμηλής πίεσης και εξέρχεται από αυτόν αφού παραλάβει έργο συμπίεσης σε κατάσταση υψηλής πίεσης και υψηλής θερμοκρασίας.
2. Έπειτα εισέρχεται στον συμπυκνωτή όπου εκεί αποβάλλει θερμότητα και το ψυκτικό μέσο μετατρέπεται σε υγρό υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας.
3. Το ψυκτικό μέσο οδηγείται στην εκτονωτική διάταξη, εκτονώνεται και γίνεται υγρό χαμηλής πίεσης και χαμηλής θερμοκρασίας.
4. Τελικώς το ψυκτικό μέσο εισέρχεται στον εξατμιστή, ο οποίος βρίσκεται μέσα στον χώρο που θέλουμε να ψύξουμε, και απορροφά την θερμότητα του χώρου καθώς εξατμίζεται, ρίχνοντας έτσι την θερμοκρασία του και επιτυγχάνοντας την ψύξη του. Έπειτα το ψυκτικό μέσο βρίσκεται σε κατάσταση ατμού χαμηλής θερμοκρασίας και χαμηλής πίεσης και εισέρχεται και πάλι στον συμπιεστή.



Σχήμα 1.2: Κύκλος αντλίας θερμότητας για ψύξη

1.4 ΚΥΚΛΟΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΟΥ

Για την λειτουργία της ΑΘ 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 1.3: Κύκλος αντλίας θερμότητας για θέρμανση

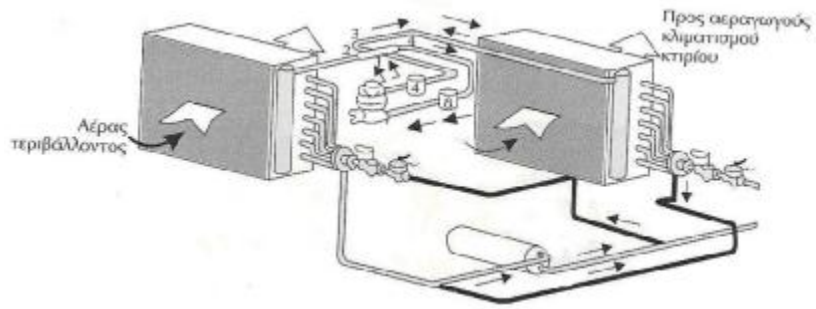
1.5 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Οι αντλίες θερμότητας κατηγοριοποιούνται με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

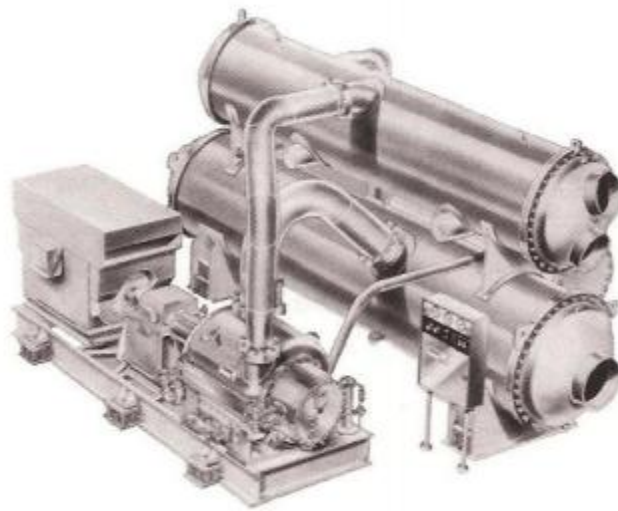
- Τα μέσα από τα οποία αντλείται και αποβάλλεται θερμότητα και πιο συγκεκριμένα:
 - Αέρα – Αέρα
 - Αέρα– Νερού
 - Νερού – Νερού
 - Νερού – Αέρα
 - Εδάφους – Αέρα
 - Εδάφους – Νερού
- Το είδος της κινητήριας μηχανής
 - Ηλεκτροκίνητοι συμπιεστές
 - Συμπιεστές κινούμενοι από μηχανές εσωτερικής καύσης(πετρέλαιο, ατμός, αέριο)
 - Συμπιεστές απορρόφησης και προσρόφησης
- Ανάλογα με την θέση διαφόρων μηχανισμών
 - Ενιαίες ή αυτόνομες, όλοι οι μηχανισμοί βρίσκονται στο ίδιο κέλυφος (Compact)
 - Διαιρούμενες ή διμερούς τύπου(Split Unit),ο συμπυκνωτής και ο εξατμιστής βρίσκονται σε διαφορετικούς χώρους.
- Ανάλογα με τον τρόπο αναστροφής της λειτουργίας τους
 - Σταθερού κυκλώματος ψυκτικού μέσου, η ροή του ψυκτικού μέσου παραμένει σταθερή και αλλάζει η θέση των εναλλακτών θερμότητας
 - Μεταβλητού κυκλώματος ψυκτικού μέσου όπου η αναστροφή ροής του ψυκτικού μέσου γίνεται με χρήση τετράοδης βαλβίδας.



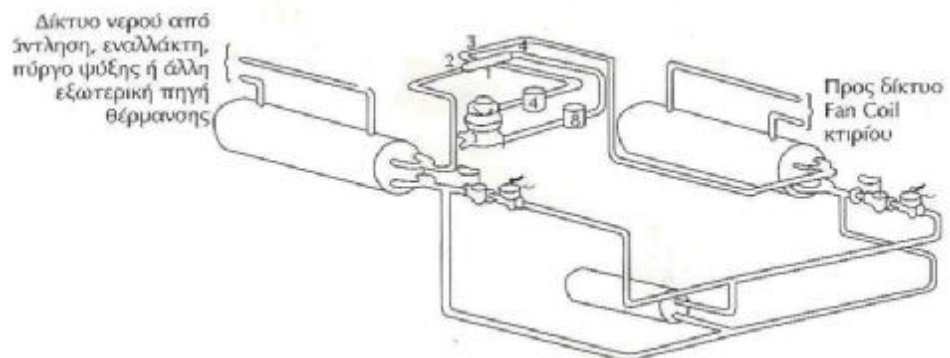
Σχήμα 1.4: Αντλία θερμότητας αέρα-αέρα.



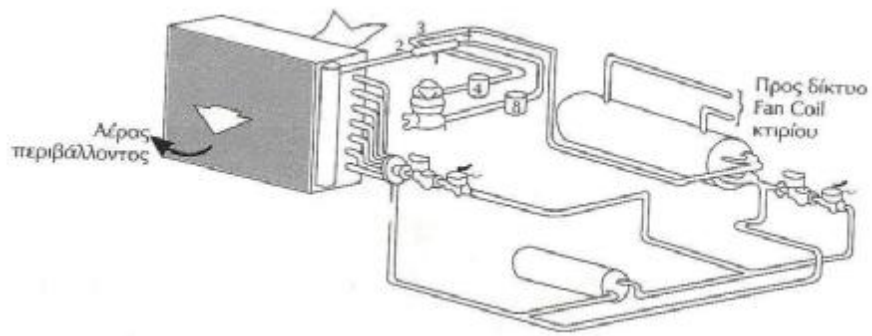
Σχήμα 1.5: Αντλία θερμότητας αέρα-αέρα.



Σχήμα 1.6: Αντλία θερμότητας νερού-νερού.



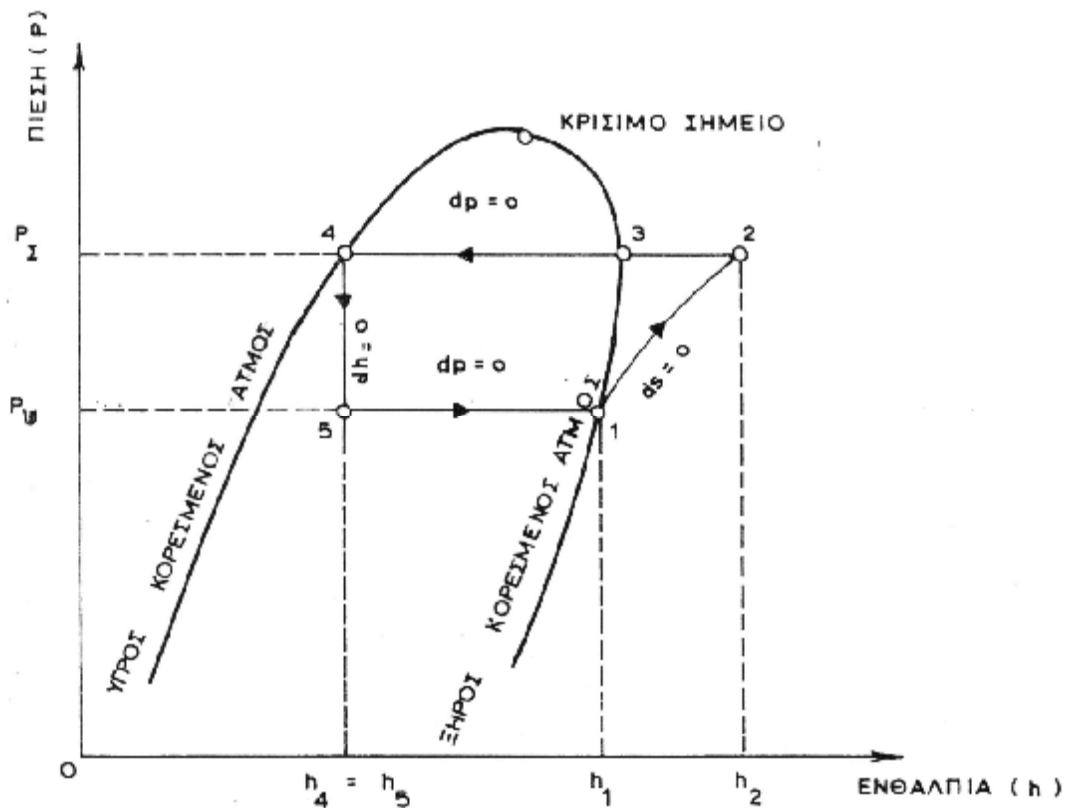
Σχήμα 1.7: Αντλία θερμότητας νερού-νερού.



Σχήμα 1.8: Αντλία θερμότητας αέρα-νερού.

1.6 ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ

Ο βασικός ψυκτικός κύκλος έχει τις παρακάτω θερμοδυναμικές μεταβολές.



Σχήμα 1.9: Βασικός ψυκτικός κύκλος.

a) 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.

b) 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:

$$\dot{Q}_\Sigma = \dot{m} * (h_2 - h_4) \quad (1.2)$$

c) Μεταβολή 4→5:

Παριστάνει τον ισενθαλπικό στραγγαλισμό $dh=0$.

Η θεωρητική καταναλισκόμενη μηχανική ισχύς ισούται με 0, γιατί $h_5=h_4$.

$$\dot{W}_\varepsilon = \dot{m} * (h_5 - h_4) \quad (1.3)$$

d) 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:

$$\dot{Q}_\Psi = \dot{m} * (h_1 - h_5) \quad (1.4)$$

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:

$$\dot{W}_c = \dot{m} * (h_2 - h_1) \quad (1.5)$$

- Ψυκτική ισχύς:

$$\dot{Q}_\Psi = \dot{m} * (h_1 - h_5) \quad (1.6)$$

- Θερμότητα συμπυκνώσεως:

$$\dot{Q}_\Sigma = \dot{m} * (h_2 - h_4) \quad (1.7)$$

- Από τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει το παρακάτω ενεργειακό ισοζύγιο:

$$\dot{Q}_\Sigma = \dot{Q}_\psi + \dot{W}_c \quad (1.8)$$

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

$$C.O.P._\psi = \frac{\dot{Q}_\psi}{\dot{W}_c} = \frac{\dot{m}*(h_1-h_4)}{\dot{m}*(h_2-h_1)} = \frac{h_1-h_4}{h_2-h_1} \quad (1.9)$$

$$C.O.P._\theta = \frac{\dot{Q}_\psi}{\dot{W}_c} = \frac{\dot{m}*(h_2-h_3)}{\dot{m}*(h_2-h_1)} = \frac{h_2-h_3}{h_2-h_1} \quad (1.10)$$

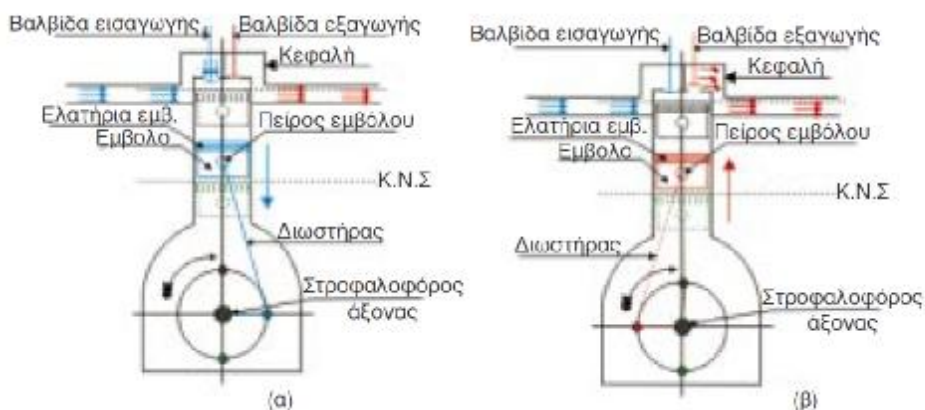
2. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

2.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΙΔΗ

2.1.1 Συμπιεστής

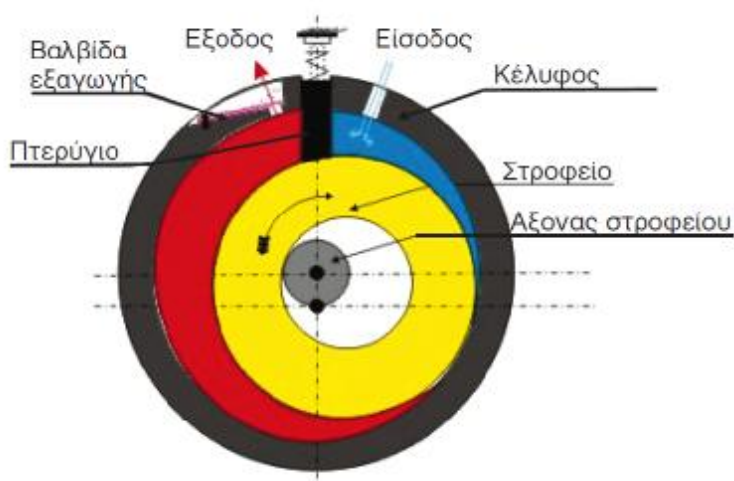
Ο συμπιεστής αναρροφά το ψυκτικό αέριο από τον εξατμιστή και το συμπιέζει προς τον συμπυκνωτή. Σκοπός του συμπιεστή είναι η διατήρηση μιας διαφοράς πίεσης ΔP που είναι απαραίτητη για τη λειτουργία της ψυκτικής μονάδας. Αποτελείται από έναν ηλεκτρικό κινητήρα που κινεί έναν εμβολοφόρο συμπιεστή, κλεισμένα ερμητικά σε ένα μεταλλικό κέλυφος και συμπιέζει το ψυκτικό από την χαμηλή στην υψηλή πίεση λειτουργίας. Λόγω του ότι ο συμπιεστής μπορεί να συμπιέζει μόνο αέριο, χρειάζεται προσοχή ώστε να μην φτάσει το ψυκτικό σε υγρή κατάσταση στο θάλαμο του συμπιεστή.

- Κατηγορίες συμπιεστών:
 - a) Ανάλογα με την **κίνηση**:
 - § **Παλινδρομικοί**, στους παλινδρομικούς συμπιεστές το έμβολο κινείται παλινδρομικά, μεταξύ δύο ακραίων θέσεων, του άνω νεκρού σημείου και το κάτω νεκρού σημείου μέσα στον κύλινδρο προσδίδοντας στο ψυκτικό μέσο την κατάλληλη πίεση.



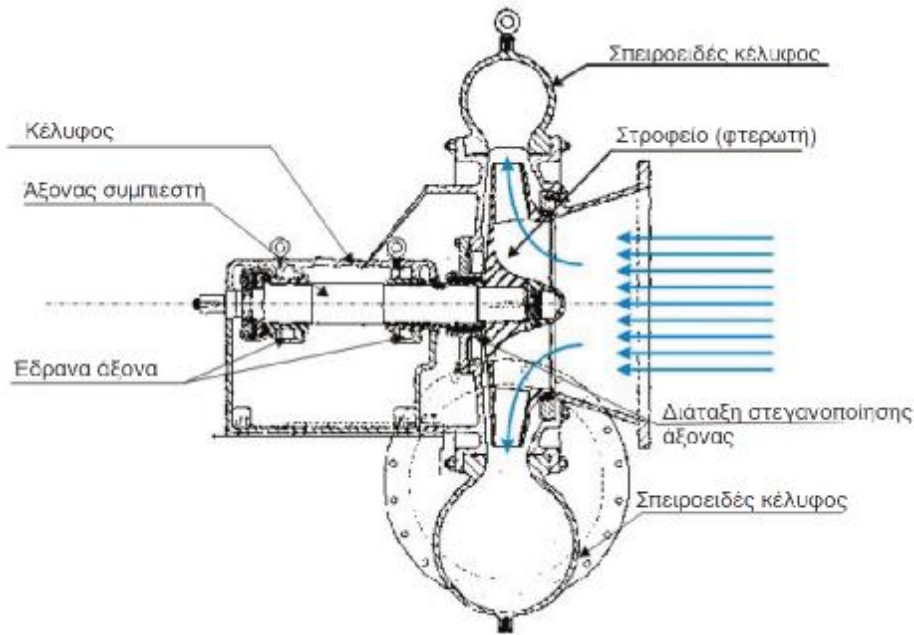
Σχήμα 2.1: Βασική δομή ενός παλινδρομικού συμπιεστή και αρχής λειτουργίας του. (α) φάση εισαγωγής, (β) φάση εξαγωγής.

§ **Περιστροφικοί**, στους περιστροφικούς συμπιεστές τα πτερύγια που περιστρέφονται μαζί με το στροφέιο, παλινδρομούν μέσα στις εσωτερικές έδρες τους και βρίσκονται σε συνεχή επαφή με την εσωτερική επιφάνεια του κελύφους τους. με αυτόν τον τρόπο, το αέριο που εγκλωβίζεται ανάμεσα τους, στην συνέχεια συμπιέζεται. Σημαντικό είναι να σημειωθεί ότι το στροφέιο και ο άξονας τους συμπιεστή έχουν το ίδιο κέντρο περιστροφής.



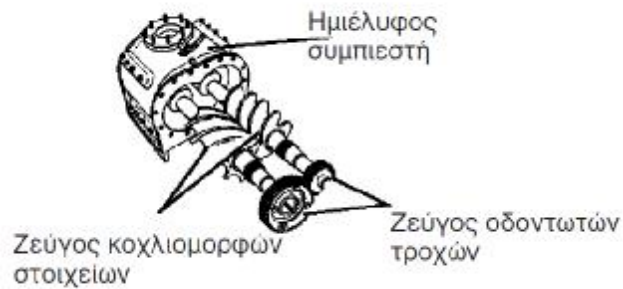
Σχήμα 2.2: Σχηματική παράσταση (σε τομή), βασικών δομικών στοιχείων περιστροφικού συμπιεστή με σταθερό σύρτη (πτερύγιο) και έκκεντρο στροφέιο.

§ **Φυγοκεντρικοί**, στους φυγοκεντρικούς το στροφέιο των φυγοκεντρικών συμπιεστών, με την περιστροφική του κίνηση δημιουργεί την απαραίτητη υποπίεση στο στόμιο αναρρόφησης, η οποία υποχρεώνει τον ατμό του ψυκτικού μέσου να εισέλθει στον χώρο των πτερυγίων, αφού πρώτα αυτός περάσει μέσα από τα κατευθυντήρια πτερύγια, που τον οδηγούν ομαλά (κατά την διεύθυνση της επαπτομένης) στα πτερύγια του στροφέιου. Ο ατμός ο οποίος βρίσκεται ανάμεσα στα πτερύγια, τίθεται και αυτός σε περιστροφική κίνηση με την ίδια ταχύτητα περιστροφής του στροφέιου. Λόγω της περιστροφικής κίνησης του, ο ατμός αποκτά φυγοκεντρική επιτάχυνση, εξέρχεται από τα πτερύγια με υψηλή ταχύτητα και συλλέγεται στο σπειροειδές κέλυφος του συμπιεστή, με συνέπεια να μειώνεται η υψηλή ταχύτητα του και η κινητική του ενέργεια να μετατρέπεται σε υψηλή πίεση.



Σχήμα 2.3: Σχηματική παράσταση μονοβάθμιου φυγοκεντρικού συμπιεστή και της αρχής λειτουργίας του.

§ **Κοχλιοφόροι** , στους κοχλιοφόρους συμπιεστές η αναρρόφηση και η συμπίεση επιτυγχάνεται με την περιστροφική κίνηση 2 κοχλιοφόρων στοιχείων τα οποία βρίσκονται σε λειτουργική σύζευξη.



Σχήμα 2.4: Βασικά στοιχεία κοχλιοφόρου συμπιεστή.

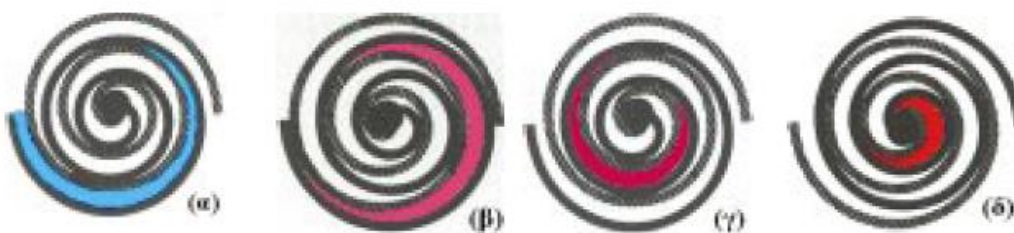
§ **Σπειροειδείς (Scroll type)**, στους σπειροειδείς συμπιεστές, η συμπίεση των ψυκτικών ατμών γίνεται μέσω των 2 χαρακτηριστικών του στοιχείων: δηλαδή των σπειροειδών.

Τα 2 αυτά σπειροειδή αποτελούν ζεύγος και τοποθετούνται το ένα μέσα στο άλλο. Στους σπειροειδείς συμπιεστές, συνήθως, ο κινητήρας βρίσκεται κάτω από τον συμπιεστή. Το επάνω σπειροειδές είναι σταθερό, ενώ το

κάτω στερεώνεται έκκεντρα στον άξονα του συμπιεστή και καθώς παίρνει κίνηση απ' αυτόν, κινείται σε τροχιά γύρω από το αντίστοιχό του σταθερό. Με αυτήν ακριβώς την κίνηση, δημιουργούνται οι προϋποθέσεις για την αναρρόφηση και τον εγκλωβισμό των ατμών του ψυκτικού ρευστού μέσα στους θύλακες, που έχουν τη μορφή δρεπάνου και έτσι παράγεται, στην συνέχεια, η συμπίεση τους.



Σχήμα 2.5: Τομή του σπειροειδούς συμπιεστή και σπειροειδή στοιχεία αντίστοιχου συμπιεστή.



Σχήμα 2.6: Συμπίεση ενός δρεπανοειδούς θύλακα σε σπειροειδή συμπιεστή.

b) Ανάλογα με την **στεγανότητα**:

§ **Κλειστού τύπου ή ερμητικοί**, στους συμπιεστές κλειστού τύπου δεν υπάρχει κίνδυνος διαρροής του ψυκτικού ρευστού στο περιβάλλον, γιατί ο κινητήρας και ο συμπιεστής βρίσκονται εγκιβωτισμένοι μέσα σ' ένα

ερμητικά κλειστό κέλυφος, και σε περίπτωση βλάβης αντικαθίστανται, επειδή η επισκευή τους είναι δαπανηρή και οικονομικά ασύμφορη.

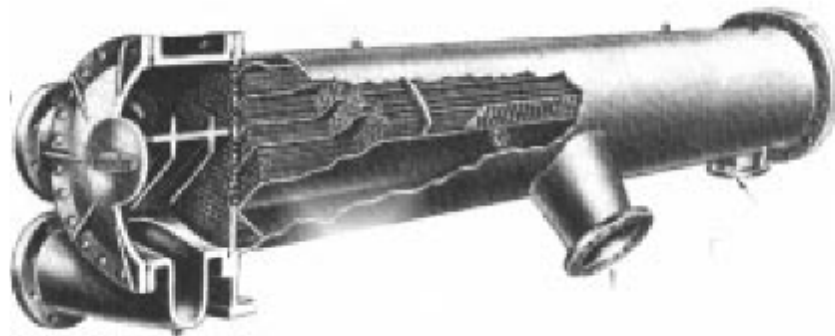
- § **Ημιομηθητικού τύπου**, στους συμπιεστές ημιομηθητικού τύπου ο συμπιεστής και ο κινητήρας του βρίσκονται μέσα στο ίδιο κέλυφος, σε ορισμένες θέσεις του οποίου, όμως, υπάρχουν κατάλληλες θυρίδες πρόσβασης στο εσωτερικό του. Οι θυρίδες αυτές είναι αναγκαίες για την επιθεώρηση ή την αποκατάσταση βλάβης του συγκροτήματος κινητήρα – συμπιεστή, και κλείνονται στεγανά με κατάλληλα καπάκια, παρεμβύσματα στεγανοποίησης με τους αντίστοιχους κοχλίες τους. Η στεγανότητα του ημιομηθητικού συμπιεστή, ως προς το περιβάλλον, είναι επίσης διασφαλισμένη.
- § **Ανοικτού τύπου**, στους συμπιεστές ανοικτού τύπου, αντίθετα από ό,τι συμβαίνει στους δύο προηγούμενους τύπους, ο κινητήρας είναι ανεξάρτητος και συνδέεται με τον συμπιεστή, είτε μέσω κατάλληλου συνδέσμου μετάδοσης της κίνησης, είτε μέσω τροχαλιών και ιμάντων.

2.1.2 Συμπυκνωτής

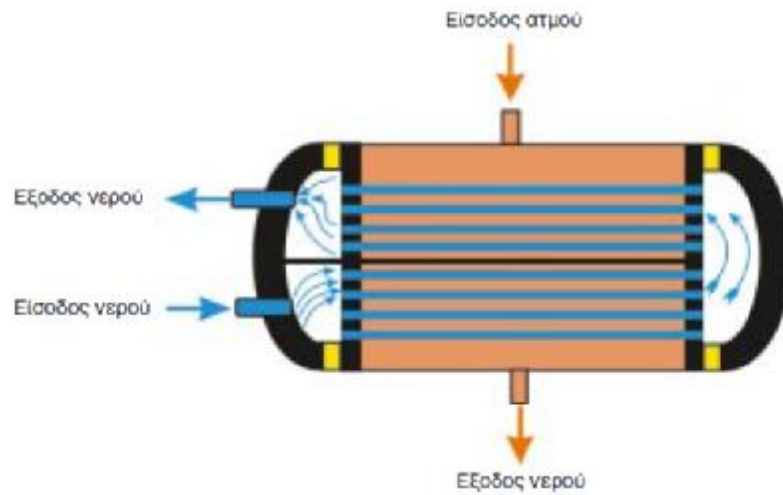
Ο συμπυκνωτής είναι, ένας εναλλάκτης θερμότητας στον οποίο, μέσω των κατάλληλων σωληνώσεων, φτάνει ο υπέρθερμος ατμός του ψυκτικού μέσου μετά την έξοδό του από τον συμπιεστή και αποβάλλει θερμότητα και συμπυκνώνεται.

Το ψυκτικό μέσο κατά την έξοδό του από τον συμπυκνωτή μετατρέπεται, σε υγρό υψηλής πίεσεως.

- Κατηγορίες συμπυκνωτών, τους διακρίνουμε:
 - a) **Αερόψυκτους**, οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές που χρησιμοποιούνται στις κλιματιστικές μονάδες είναι βεβιασμένης κυκλοφορίας, δηλαδή ο αέρας ψύξης του συμπυκνωτή κινείται μέσω ενός ανεμιστήρα.
 - b) **Υδρόψυκτους**, στους υδρόψυκτους συμπυκνωτές το μέσο ψύξης του είναι το νερό, και από κατασκευαστικής άποψης, διακρίνονται σε συμπυκνωτές:
 - § **Κελύφους – δέσμης σωλήνων**

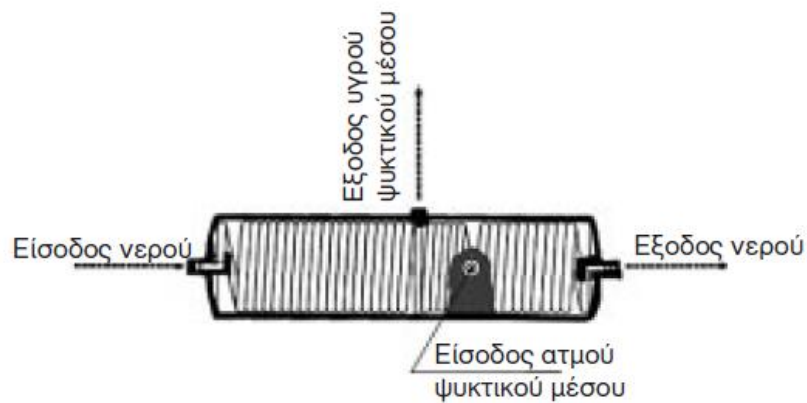


Σχήμα 2.7: Υδρόψυκτος συμπυκνωτής κελύφους- δέσμης σωλήνων.



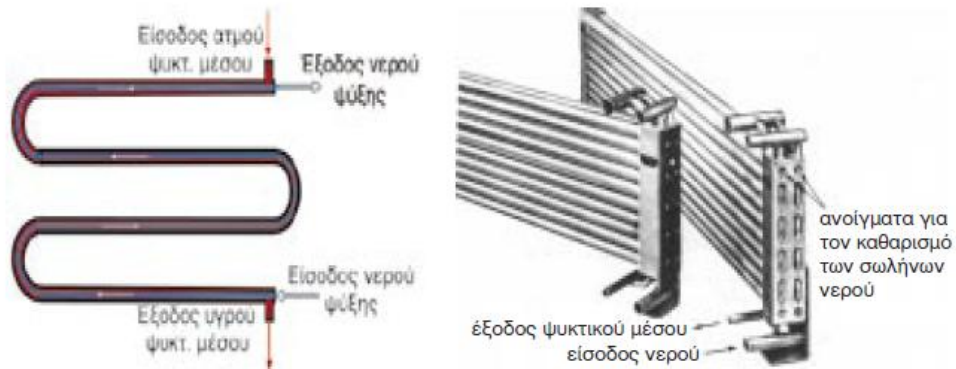
Σχήμα 2.8: Σχηματική παράσταση δομής και λειτουργίας υδρόψυκτου συμπυκνωτή κελύφους - δέσμης σωλήνων.

§ Κελύφους –σπειρών



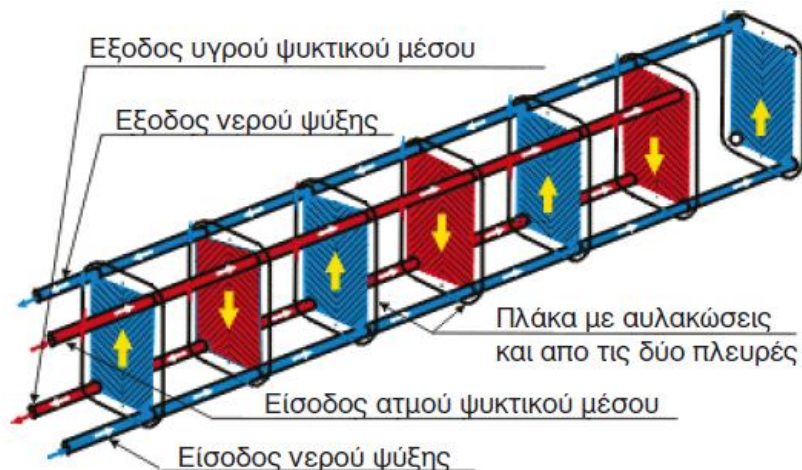
Σχήμα 2.9: Υδρόψυκτος συμπυκνωτής κελύφους – σπειροειδούς σωλήνα οριζοντίου τύπου.

§ Ομοαξονικών σωλήνων



Σχήμα 2.10: Σπειροειδής ομοαξονικός σωλήνας (1) και στοιχείο υδρόψυκτου συμπυκνωτή με παράλληλους ομοαξονικούς σωλήνες. (2). Ο μηχανικός καθαρισμός των σωλήνων νερού γίνεται αφού πρώτα αφαιρεθεί το πλευρικό σχετικό κάλυμα.

§ Πλακοειδούς μορφής



Σχήμα 2.11: Σχηματική παράσταση αρχής λειτουργίας πλακοειδούς συμπυκνωτή.

c) Εξατμιστικούς συμπυκνωτές

2.1.3 Εκτονωτικές βαλβίδες

Στις εκτονωτικές βαλβίδες το ψυκτικό μέσο, μετά την αφυπερθέρμανσή του, τη συμπύκνωσή του και την πιθανή υπόψυξή του στον συμπυκνωτή, πρέπει να επιστρέψει στον ατμοποιητή για να ολοκληρώσει έτσι τον ψυκτικό του κύκλο και να γίνει πάλι ατμός. Για να γίνει όμως αυτό, πρέπει να οδηγηθεί από την υψηλή πίεση του συμπυκνωτή στην χαμηλή πίεση που επικρατεί στον εξατμιστή.

Ο σκοπός των εκτονωτικών βαλβίδων είναι να:

α) Μειώνουν την πίεση του ψυκτικού υγρού από την πίεση συμπίκνωσης στην πίεση ατμοποίησης του

β) Ρυθμίζουν την ποσότητα του ψυκτικού υγρού, η οποία ανά πάσα στιγμή εισέρχεται στον ατμοποιητή.

- Κατηγορίες εκτονωτικών βαλβίδων:

a) Ο τριχοειδής σωλήνας, ο τριχοειδής σωλήνας χρησιμοποιείται στις κλιματιστικές συσκευές τύπου παραθύρου και στις μικρές αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες, και είναι το πιο απλό είδος εκτονωτικής βαλβίδας.

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

α) Ο ατμοποιητής να τροφοδοτείται με την απαιτούμενη ποσότητα ψυκτικού μέσου για να μπορεί να ανταποκριθεί στις διάφορες συνθήκες ψυκτικού φορτίου που μπορεί να εμφανιστούν

β) Το ψυκτικό μέσο να φεύγει από τον ατμοποιητή, ελαφρώς υπέρθερμο.

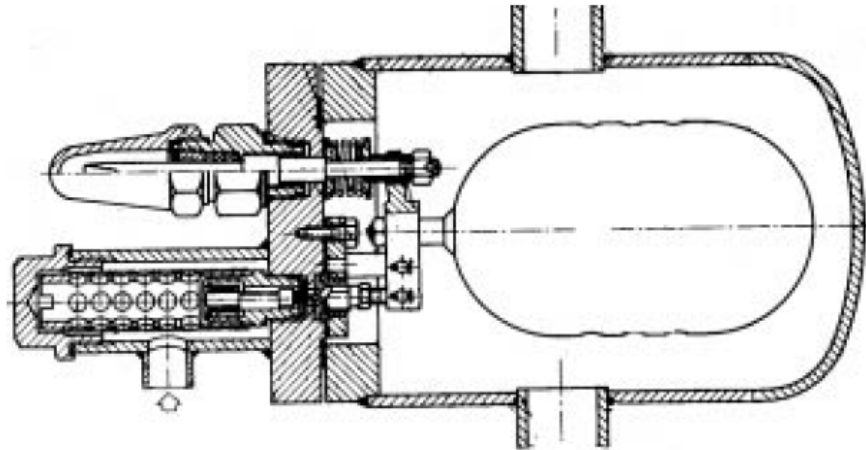
c) Οι πιεζοστατικές βαλβίδες εκτόνωσης, οι πιεζοστατικές βαλβίδες λειτουργούν κατά τρόπο που να μην επιτρέπεται μείωση της πίεσης ατμοποίησης κάτω από μια προκαθορισμένη τιμή, και επομένως, διατηρούν σταθερή την πίεση μέσα στον ατμοποιητή. Οι πιεζοστατικές εκτονωτικές βαλβίδες μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε μικρές μονάδες όπως π.χ. στις μικρές αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες αλλά και σε ειδικές εφαρμογές, στις οποίες όμως ενεργό ρόλο παίζουν θερμοστατικές βαλβίδες με ειδική γόμωση του βολβού, με μη συμπυκνούμενο αέριο.

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

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

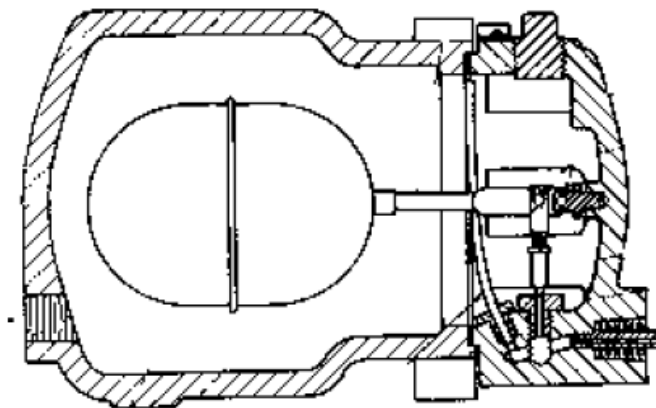
Βασικά υπάρχουν δύο τύποι εκτονωτικών βαλβίδων με πλωτήρα:

§ **Η εκτονωτική βαλβίδα με πλωτήρα στη χαμηλή πίεση**, ο πλωτήρας αυτών των βαλβίδων ελέγχει τη βαλβίδα τροφοδοσίας με ψυκτικό μέσο του εξατμιστή, ώστε η στάθμη του υγρού μέσα σ' αυτόν να διατηρείται σταθερή.



Σχήμα 2.12: Εκτονωτική βαλβίδα με πλωτήρα στη χαμηλή πίεση.

§ **Η εκτονωτική βαλβίδα με πλωτήρα στην υψηλή πίεση,** η εκτονωτική βαλβίδα με πλωτήρα στην υψηλή πίεση τοποθετείται στην περιοχή της υψηλής πίεσης και είναι παρόμοια με την προαναφερθείσα με τη διαφορά ότι ο πλωτήρας της κινείται ανάλογα με τη στάθμη του υγρού στο συμπυκνωτή. Έτσι, όταν η ποσότητα του υγρού στον συμπυκνωτή ανέβει, ο πλωτήρας σηκώνεται και, μέσω της βαλβίδας, επιτρέπει το πέρασμα ψυκτικού υγρού προς τον εξατμιστή.



Σχήμα 2.13: Εκτονωτική βαλβίδα με πλωτήρα στην περιοχή της υψηλής πίεσης.

2.1.4 Εξατμιστές ή ατμοποιητές

Το στοιχείο του εξατμιστή ή ατμοποιητή είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας,

μέσω του οποίου το ψυκτικό υγρό, απορροφώντας θερμότητα από το περιβάλλον του ίδιου του εξατμιστή, αλλάζει κατάσταση και μετατρέπεται σε ατμό.

- Κατηγορίες εξατμιστών:

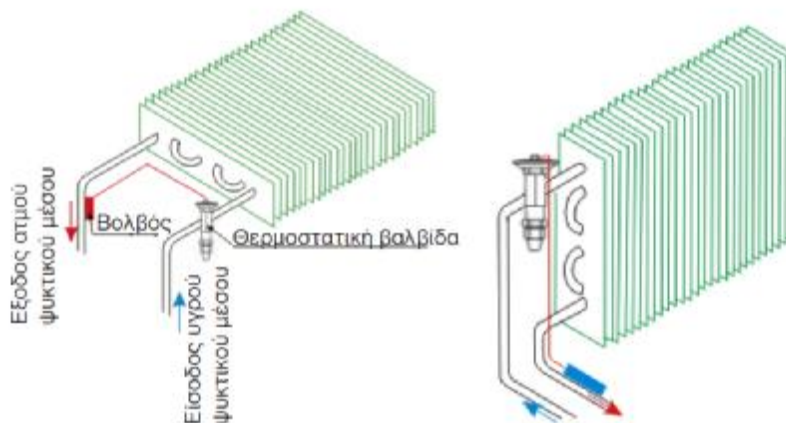
a) Σε σχέση με το σύστημα τροφοδοσίας τους:

§ **Ατμοποιητές ξηρής εκτόνωσης**, στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ατμοποιητές εκείνοι στους οποίους το ψυκτικό μέσο ρέει μέσα σε σωλήνες μικρής, σχετικά διαμέτρου ενώ για την τροφοδοσία τους με ψυκτικό μέσο από τον συμπυκνωτή συνήθως χρησιμοποιούνται θερμοστατικές βαλβίδες εκτόνωσης.

§ **Ατμοποιητές υπερχειλίσσης**, στην κατηγορία αυτή ανήκουν εκείνοι οι ατμοποιητές, των οποίων η τροφοδοσία με ψυκτικό μέσο γίνεται μέσω βαλβίδων με πλωτήρα και οι οποίοι διατηρούν σε επίπεδο εφαρμογής σταθερή τη στάθμη του ψυκτικού μέσου στο εσωτερικό τους.

b) Σε σχέση με την μορφή του μέσου το οποίο ψύχουν οι ατμοποιητές:

§ **Ατμοποιητές ψύξης αέρα**, οι ατμοποιητές αυτού του είδους χρησιμοποιούνται για την ψύξη του αέρα και αποτελούνται από το στοιχείο(διάταξη) της ατμοποίησης και τον ανεμιστήρα

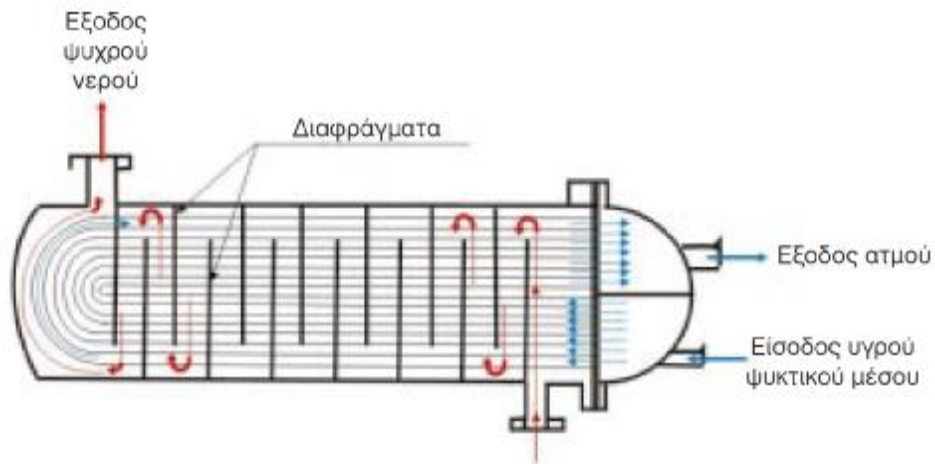


Σχήμα 2.14: Στα αριστερά οριζόντιο στοιχείο ατμοποίησης μιας σειράς σωλήνων τεσσάρων διαδρομών και στα δεξιά κατακόρυφο στοιχείο ατμοποίησης μιας σειράς σωλήνων τεσσάρων διαδρομών.

§ Ατμοποιητές ψύξης νερού είναι:

- Ατμοποιητές ψύξης νερού τύπου υπερχειλίσσης, είναι όμοιοι από κατασκευαστικής άποψης με τους αντίστοιχους συμπυκνωτές

- Ατμοποιητές ξηρής εκτόνωσης, το ψυκτικό υγρό κυκλοφορεί μέσα στους σωλήνες της δέσμης, ενώ το προς ψύξη νερό στις εξωτερικές επιφάνειες



Σχήμα 2.15: Σχηματική παράσταση δομής και λειτουργίας ατμοποιητή για ψύξη νερού τύπου ξηρής εκτόνωσης.

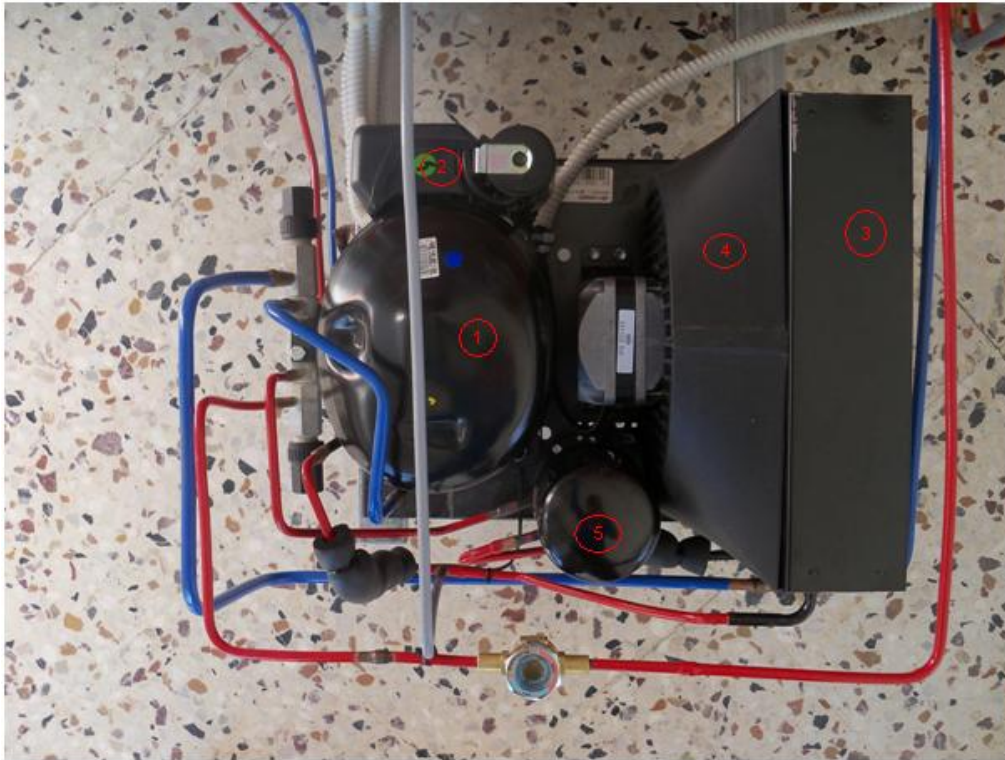
- Οι πλακοειδείς ατμοποιητές, από κατασκευαστικής και λειτουργικής άποψης είναι όμοιοι με τους πλακοειδών συμπυκνωτών.

2.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ-ΑΕΡΑ



Εικόνα 2.1: Αντλία θερμότητας αέρα – αέρα.

Η κατασκευή μας αποτελείται από ένα θάλαμο ο οποίος είναι κατασκευασμένος από κόντρα πλακέ. Για τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας τα βασικά εξαρτήματα είναι ο συμπιεστής ο οποίος είναι εμβολοφόρος, ο συμπυκνωτής ο οποίος είναι αερόψυκτος βεβιασμένης κυκλοφορίας χάρη στον ανεμιστήρα ισχύος 5W, ο εξατμιστής βεβιασμένης κυκλοφορίας ο οποίος είναι 10 διαδρομών και την εκτονωτική βαλβίδα. Για την ένωση αυτών των εξαρτημάτων χρησιμοποιήσαμε χαλκοσωλήνα 1/4 inch για τα σημεία που έχουμε υψηλή πίεση και 3/8 inch για τα σημεία του κυκλώματος που έχουμε χαμηλή πίεση. Για τη σωστή λειτουργία του μηχανήματος χρησιμοποιήσαμε έναν πρεσοστάτη ο οποίος ελέγχει τη πίεση του κυκλώματος και το ψυκτικό υγρό που χρησιμοποιήσαμε είναι τύπου R134a. Για να πάρουμε για εκπαιδευτικό σκοπό τις ενδείξεις θερμοκρασίας και πίεσης χρησιμοποιήσαμε ψηφιακά θερμομέτρα και αναλογικά πιεσόμετρα αντίστοιχα.



Εικόνα 2.2: Στα αριστερά στο νούμερο (1) φαίνεται ο συμπιεστής μαζί με τον ηλεκτρικό πίνακα στο νούμερο (2), στα δεξιά στο νούμερο (3) ο συμπυκνωτής με τον ανεμιστήρα στο νούμερο (4) και κάτω στο κέντρο στο νούμερο (5) το δοχείο αποθήκευσης του ψυκτικού μέσου.



Εικόνα 2.3: Το ψυκτικό μηχανήμα από πλάγια όψη.



Εικόνα 2.4: Στοιχείο πλάτης PL13, δηλαδή ο εξατμιστής που βρίσκεται μέσα στο κουτί.



Εικόνα 2.5: Εδώ διακρίνεται ο εναλλάκτης του εσωτερικού στοιχείου.



Εικόνα 2.6: Βαλβίδα R134 DANFOSS κολλητή, η οποία είναι η εκτονωτική διάταξη του συστήματος.



Εικόνα 2.7: ORIFICE DANFOSS N1, εξάρτημα της εκτονωτικής διάταξης για φιλτράρισμα του ψυκτικού μέσου από τυχόν ξένα σωματίδια.



Εικόνα 2.8: Ψηφιακό όργανο Dixell XR-20 με αισθητήρα, το οποίο υπάρχει 3 φορές για ένδειξη της θερμοκρασίας σε διαφορετικά σημεία, μία ένδειξη μετά τον συμπιεστή, μία ένδειξη μετά τον συμπυκνωτή και μία ένδειξη μετά τον εξατμιστή.



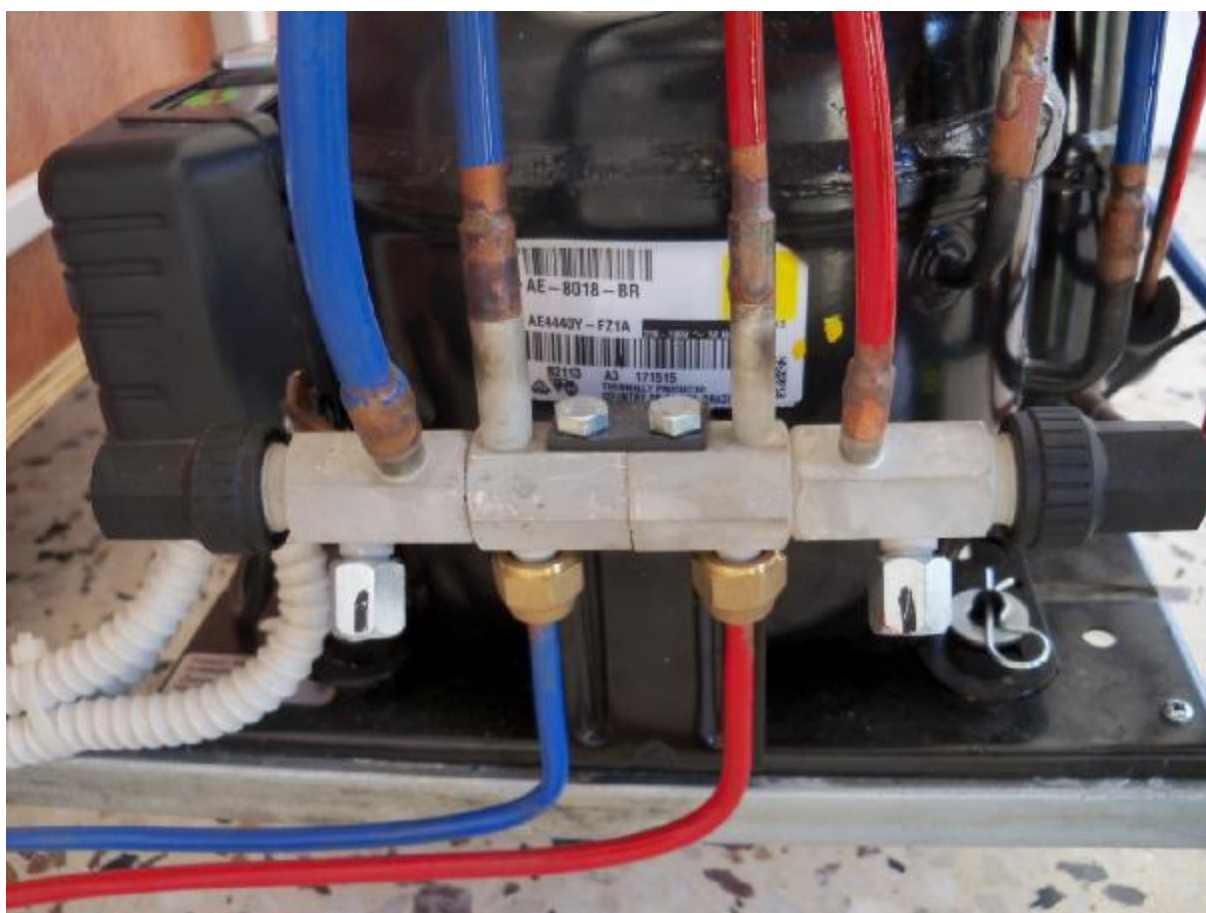
Εικόνα 2.9: Μανόμετρο υψηλής πίεσης, για ένδειξη της πίεσης στο κομμάτι με την υψηλή πίεση (συμπιεστής-συμπυκνωτής).



Εικόνα 2.10: Μανόμετρο χαμηλής πίεσης, για ένδειξη στο κομμάτι της χαμηλής πίεσης (εκτονωτική διάταξη-εξατμιστής).



Εικόνα 2.11: Δείκτης ροής, για να βλέπουμε την ροή του ψυκτικού μέσου μέσα στο κύκλωμα, και να παρατηρούμε την ατμοποίηση του ψυκτικού μέσου όταν αυτό είναι σε λειτουργία, είναι τοποθετημένο πριν το συμπυκνωτή.



Εικόνα 2.12: Βάνα χειρός, για μέτρηση της πίεσης του συστήματος και πλήρωση με ψυκτικό μέσο σε περίπτωση που χρειάζεται.



Εικόνα 2.13: Φίλτρο ¼ Alco κολλητή, για κατακράτηση τυχόν ξένων σωματιδίων στο ρευστό. Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι το φίλτρο έχει συγκεκριμένη φορά.



Εικόνα 2.14: Πρεσσοστάτης Ranco υψηλής-χαμηλής πίεσης, ο οποίος καθορίζει το εύρος των πιέσεων μέσα στο οποίο πρέπει να λειτουργεί η διάταξη συνδεόμενος με τον τερματικό διακόπτη, μπορεί να σταματήσει την λειτουργία της διάταξης σε περίπτωση μεγάλης αύξησης ή μεγάλης πτώσης της πίεσης.



Εικόνα 2.15: Τερματικός διακόπτης και όργανο Dixell XLR-170, από τον οποίο μπορούμε να θέσουμε σε λειτουργία την ψυκτική διάταξη ή να την τερματίσουμε, καθώς επίσης να πάρουμε ενδείξεις θερμοκρασίας για την θερμοκρασία χώρου καθώς και την θερμοκρασία στην έξοδο της εκτονωτικής.



Εικόνα 2.16: Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες SAGINOMIYA 1/4 κολλητή, που εξυπηρετούν στην αντιστροφή από ψύξη σε θέρμανση και το ανάποδο.

2.3 Μέθοδος hot gas

Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι στην παρούσα κατασκευή αντί της χρησιμοποίησης τετράοδης βαλβίδας έχει χρησιμοποιηθεί, για λόγους οικονομίας αλλά και για λόγους επίδειξης στους φοιτητές, η μέθοδος hot gas, η οποία χρησιμοποιείται από τους κατασκευαστές σε μεγάλα ψυγεία για απόψυξη αντί της χρήσης θερμικής αντίστασης. Η μέθοδος αυτή είναι η εξής:

Αντί να χρησιμοποιηθεί τετράοδη βαλβίδα, για εναλλαγή σε θέρμανση και ψύξη, έχουμε τοποθετήσει στην έξοδο του συμπιεστή μία παράκαμψη η οποία συνδέεται με τον εναλλάκτη που είναι στον χώρο θέρμανσης δηλαδή τον συμπυκνωτή. Έτσι παρέχουμε απευθείας ψυκτικό μέσο υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης στον συμπυκνωτή ο οποίος με την βοήθεια ενός ανεμιστήρα διαχέει στον χώρο προς θέρμανση το ζεστό αέρα. Για να γίνει αυτό, έχοντας 2 ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες που παρεμβάλλονται στο σύστημα, κλείνουμε ή ανοίγουμε την εκάστοτε βαλβίδα που θέλουμε ανάλογα σε θέρμανση ή ψύξη.



Εικόνα 2.17: Στην εικόνα φαίνεται η παράκαμψη με το γκρι σωλήνα ο οποίος παρακάμπτει τον εξατμιστή και διοχετεύει τον συμπυκνωτή με ψυκτικό μέσο κατάστασης υπέρθερμου ατμού.

3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Κατά τη πειραματική διαδικασία καταγράφηκαν οι παρακάτω μετρήσεις ανά 2 λεπτά. Η καταγραφή των μετρήσεων έγινε απευθείας με την έναρξη της λειτουργίας της αντλίας θερμότητας. Η πειραματική διαδικασίας όσον αφορά τη καταγραφή των μετρήσεων είναι απλή, διαβάζοντας και καταχωρώντας τις διάφορες τιμές θερμοκρασίας και πίεσης που αναγράφονται στα ψηφιακά θερμόμετρα και στα αναλογικά μανόμετρα καταγράφονται στις αντίστοιχες θέσεις των παρακάτω πινάκων ψύξης και θέρμανσης. Λόγω της μη συνοχής μεταξύ όλων των μετρήσεων κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας, η οποία οφείλεται στη λειτουργία της αντλίας και στην κατασκευή της, ο μέσος όρος των μετρήσεων που χρησιμοποιούμε για να αναπαραστήσουμε τον ψυκτικό κύκλο πάνω στο διάγραμμα πίεσης ενθαλπίας προέρχεται από τις μετρήσεις μεταξύ του 10^{ου} λεπτού και του 22^{ου} λεπτού. Επίσης κατά τη πειραματική διαδικασία της θέρμανσης δεν λαμβάνουμε μετρήσεις στην έξοδο του συμπυκνωτή και στην έξοδο της εκτονωτικής βαλβίδας λόγω της απουσίας της τετράοδης βαλβίδας. Οπότε δεν μπορεί να προκύψει γραφική αναπαράσταση στο διάγραμμα πίεσης ενθαλπίας.

Πίνακας 3.1: Ψύξη

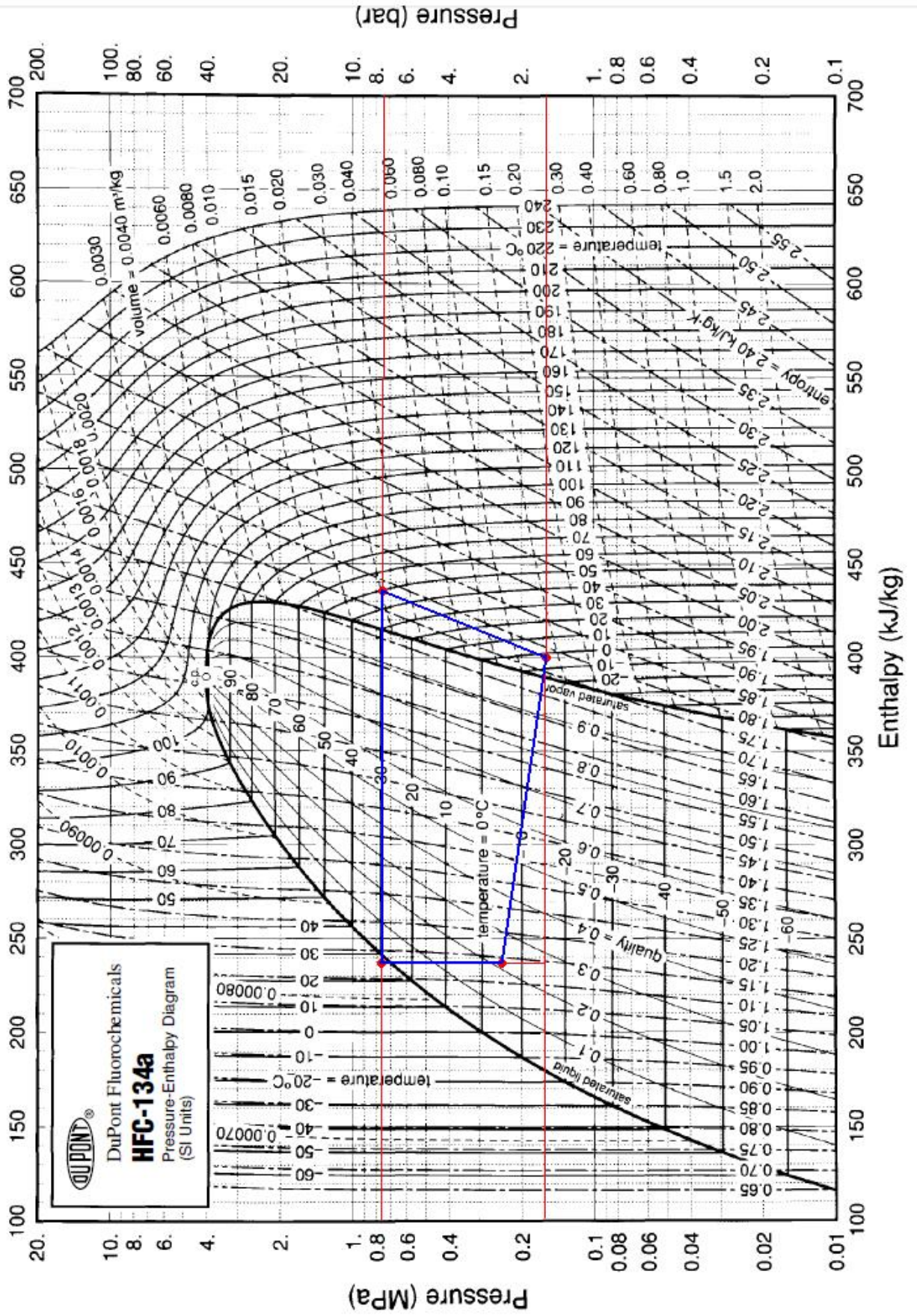
Ψύξη								
α/α	Χρόνος [min]	Απόλυτη Πίεση [bar]		Θερμοκρασία [°C]				
		Χαμηλή	Υψηλή	Χώρου	Έξοδος Συμπιεστή	Έξοδος Συμπυκνωτή	Έξοδος Εκτονωτική	Έξοδος Εξατμιστή
1	0	3,2	8,8	17,1	20	18	15	16
2	2	2,4	8,5	9,6	33	29	4	5,8
3	4	2,2	8	6,6	38	29	1	3,5
4	6	2,1	8	5,1	41	29	-1	2,1
5	8	2	8	4	44	29	-2	1,1
6	10	1,9	7,9	2,8	46	28	-3	0,2
7	12	1,9	7,9	2	48	28	-4	-0,7
8	14	1,8	7,8	1,3	49	28	-4	-1,2
9	16	1,8	7,8	0,6	51	27	-5	-1,8
10	18	1,8	7,6	0,1	52	27	-5	-2,1
11	20	1,8	7,6	0	53	27	-6	-2,3
12	22	1,8	7,6	0	53	27	-8	-2,7
M.O.	-	1,83	7,74	0,97	50,29	27,43	-5	-1,51

Πίνακας 3.2: Θέρμανση

Θέρμανση								
α/α	Χρόνος [min]	Απόλυτη Πίεση [bar]		Θερμοκρασία [C]				
		Χαμηλή	Υψηλή	Χώρου	Έξοδος Συμπιεστή	Έξοδος Συμπυκνωτή	Έξοδος Εκτονωτικής	Έξοδος Εξατμιστή
1	0	4,2	5,6	15	32	-	-	16,5
2	2	4,4	5,9	17,1	35	-	-	18,1
3	4	4,4	5,9	17,9	36	-	-	18,9
4	6	4,4	5,9	18,8	38	-	-	19,8
5	8	4,4	5,9	19,7	39	-	-	20,8
6	10	4,4	5,9	20,5	39	-	-	21,5
M.O.	-	4,37	5,85	18,17	36,5	-	-	19,27

Με βάση τις παραπάνω μετρήσεις της ψύξης μπορούμε να αποτυπώσουμε στο διάγραμμα πίεσης ενθαλπίας για ψυκτικό μέσο R134a τη θερμοδυναμική του συμπεριφορά και με βάση τις ενθαλπίες που βρίσκουμε σε κάθε αλλαγή του ψυκτικού μέσου μπορούμε να υπολογίσουμε τον ειδικό βαθμό απόδοσης της αντλίας COP (coefficient of performance) ο οποίος εκφράζει το λόγο της μεταφερόμενης θερμότητας προς το καταναλισκόμενο έργο.

Παίρνοντας τις μετρήσεις του μέσου όρου, για την λειτουργία της ψύξης, προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα.



Σχίμα 3.1: Χάραξη του ψυκτικού κύκλου των πειραματικών μετρήσεων σε διάγραμμα πίεσης ενθαλπίας

Με βάση τις μετρήσεις που έχουμε από το διάγραμμα ο COP προκύπτει από τη παρακάτω σχέση:

$$COP_{\psi} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{Q_c}{W} \quad (3.1)$$

$$COP_{\psi} = \frac{405 - 235}{440 - 405} = \mathbf{4.8} \quad (3.2)$$

Αυτή η αντλία θερμότητας για κάθε ένα KW ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει αποδίδει 4.8 KW θερμικής ενέργειας. Βέβαια ο συγκεκριμένος βαθμός απόδοσης δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα καθώς οι μετρήσεις δεν αντιπροσωπεύουν όλο το φάσμα λειτουργίας της αντλίας θερμότητας αλλά κάποια σημεία της.

4. ΠΡΟΤΥΠΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

4.1 ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ-ΑΕΡΑ

Σκοπός της άσκησης είναι η γνωριμία με τα εξαρτήματα μιας αντλίας θερμότητας και της λειτουργίας του ψυκτικού κύκλου. Καθώς επίσης και η συλλογή μετρήσεων που θα μας οδηγήσει στον βαθμό απόδοσης της αντλίας(COP).



Εικόνα 4.1: Αντλία θερμότητας αέρα – αέρα.

4.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ

Η πειραματική διάταξη είναι η συσκευή του σχήματος 1. Είναι μια αντλία θερμότητας αέρα- αέρα η οποία με βάση τον ψυκτικό κύκλο μπορεί να ψύξει έναν χώρο ή να τον θερμάνει. Με τα όργανα μέτρησης μπορούμε να συλλέξουμε μετρήσεις από τις οποίες θα προκύψει ο βαθμός απόδοσης της αντλίας(COP). Το φρέον που

χρησιμοποιείται στην αντλία θερμότητας είναι R134a και για τον υπολογισμό του βαθμού απόδοσης (COP) θα χρησιμοποιήσουμε το διάγραμμα πίεσης ενθαλπίας για το συγκεκριμένο ψυκτικό μέσο. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι δεν υπάρχει τετράοδη βαλβίδα για την αντιστροφή από ψύξη σε θέρμανση αλλά η αντιστροφή γίνεται με τη μέθοδο hot gas, δηλαδή η έξοδος του συμπιεστή ενώνεται με την είσοδο του εξατμιστή, η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για απόψυξη σε μεγάλα ψυγεία. Πρέπει να τονιστεί εδώ ότι στη λειτουργία της θέρμανσης δεν μπορούμε να λάβουμε μετρήσεις στην έξοδο του συμπυκνωτή και στην έξοδο της εκτωνοτικής βαλβίδας, πράγμα που σημαίνει ότι δεν μπορούμε να αναπαραστήσουμε γραφικά στο διάγραμμα πίεσης ενθαλπίας τη λειτουργία του ψυκτικού κύκλου στη θέρμανση.

4.3 ΜΕΡΗ ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΛΟΥΝ ΤΗΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ



Εικόνα 4.2: Αντλία θερμότητας αέρα – αέρα.

1. Τερματικός διακόπτης και ψηφιακό θερμόμετρο με ένδειξη στην θερμοκρασία χώρου και στην έξοδο του εξατμιστή.
2. Μανόμετρο υψηλής πίεσης.
3. Μανόμετρο χαμηλής πίεσης.
4. Ψηφιακό θερμόμετρο με ένδειξη θερμοκρασίας στην έξοδο του συμπιεστή.

5. Ψηφιακό θερμόμετρο με ένδειξη θερμοκρασίας στην έξοδο του συμπυκνωτή.
6. Ψηφιακό θερμόμετρο με ένδειξη θερμοκρασίας στην έξοδο της εκτονωτικής διάταξης.
7. Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα στην λειτουργία της ψύξης.
8. Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα στην λειτουργία της θέρμανσης.
9. Φίλτρο.
10. Πρεσοστάτης.

4.4 ΟΔΗΓΙΕΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

Βήματα

1. Θέτουμε σε λειτουργία την αντλία θερμότητας, βάζοντας τον τερματικό διακόπτη στην θέση λειτουργίας(on).(θέση 1)
2. Με την τοποθέτηση του τερματικού διακόπτη στην θέση λειτουργίας η αντλία αρχίζει και δουλεύει, γεγονός που το διακρίνουμε από τα σύμβολα πάνω στον πίνακα.
3. Αρχικά φαίνεται το σύμβολο της ψύξης και μόλις ακουστεί ο χαρακτηριστικός ήχος μπαίνει σε λειτουργία και ο ανεμιστήρας και η αντλία δουλεύει στην ψύξη.
4. Από δω και πέρα μπορούμε μέσω των θερμομέτρων να διαβάζουμε τις μετρήσεις της θερμοκρασίας και της πίεσης μέσω των αναλογικών πιεσόμετρων.
5. Τα θερμόμετρα που υπάρχουν καταγράφουν τις εξής θερμοκρασίες :
 - a. Θερμοκρασία στην έξοδο του συμπιεστή(θέση 4)
 - b. Θερμοκρασία στην έξοδο του συμπυκνωτή (θέση 5)
 - c. Θερμοκρασία στην έξοδο της εκτονωτικής βαλβίδας (θέση 6))
 - d. Θερμοκρασία στην έξοδο του εξαμιστή (για να δούμε αυτή την θερμοκρασία ανατρέχουμε στον πίνακα που αναγράφεται η θερμοκρασία χώρου και υπάρχει ο τερματικός διακόπτης και πατώντας ταυτόχρονα τα κουμπιά SET και το ΒΕΛΑΚΙ ΚΑΤΩ▼ ψάχνουμε και επιλέγουμε την επιλογή dp 4 η οποία μας λέει την θερμοκρασία στην έξοδο του εξαμιστή) (θέση 1)
 - e. Θερμοκρασία χώρου (θέση 1)
6. Τα πιεσόμετρα καταγράφουν την πίεση, το μπλε (θέση 3), στο κομμάτι της χαμηλής, δηλαδή της υπόψυξης μετά την εκτονωτική έως το τέλος της ατμοποίησης στον εξαμιστή και το κόκκινο (θέση 2), στο κομμάτι της υψηλής , δηλαδή της υπερθέρμανσης μετά τον συμπιεστή έως το τέλος της συμπύκνωσης στον συμπυκνωτή.
7. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα των 2 λεπτών καταγράφουμε τις τιμές της θερμοκρασίας και της πίεσης στον Πίν. 4.1 .
8. Για την λειτουργία σε θέρμανση, από τον πίνακα που αναγράφεται η θερμοκρασία του χώρου και υπάρχει και ο τερματικός διακόπτης, κρατώντας το σύμβολο της ψύξης πατημένο η αντλία γυρνάει στην θέρμανση.
9. Ακολουθούμε την ίδια διαδικασία καταγραφής των μετρήσεων και στην λειτουργία της θέρμανσης στον Πίν. 4.2.

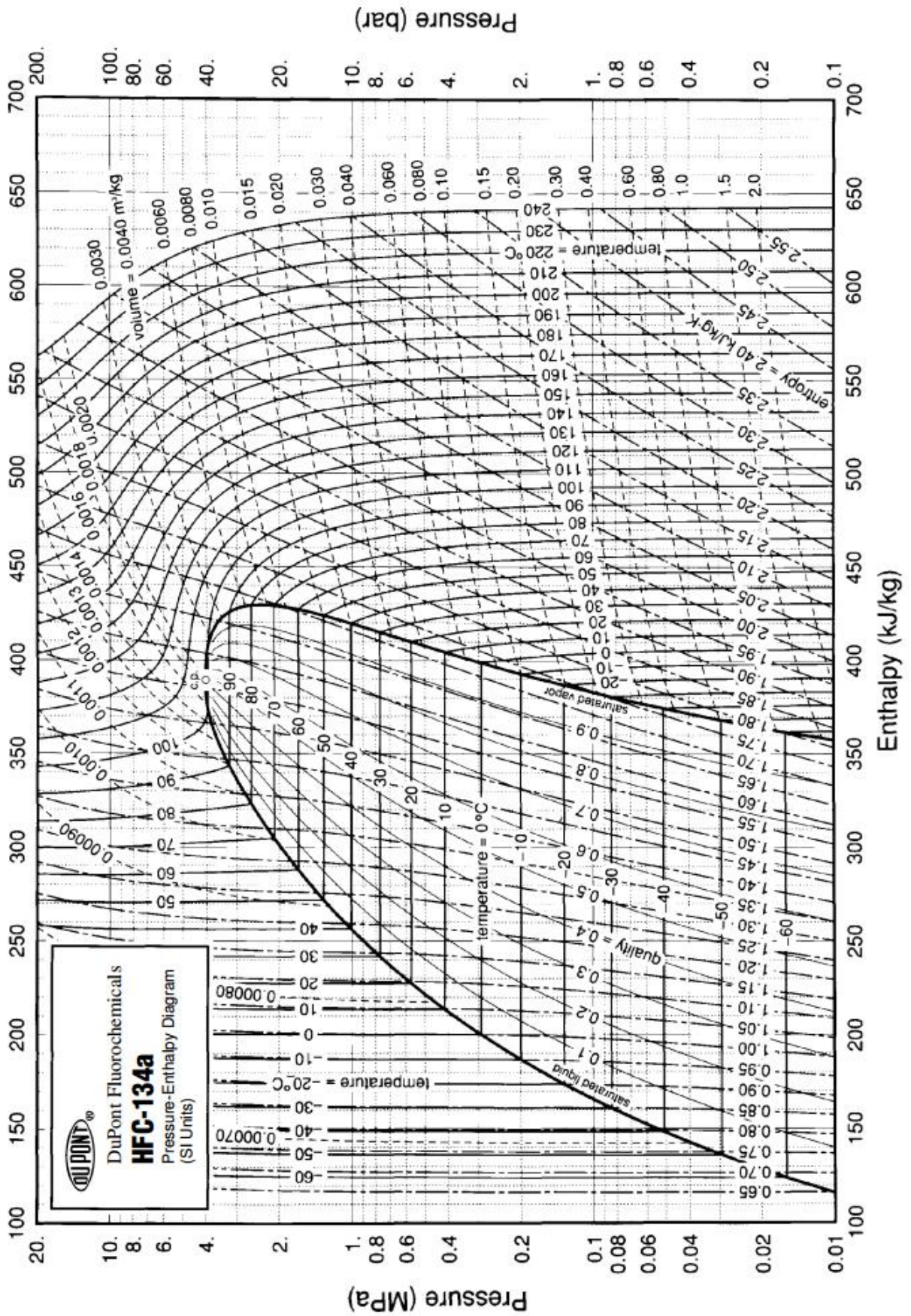
10. Υπολογίζουμε το μέσο όρο των μετρήσεων, ο οποίος θα υπολογιστεί από τη μέτρηση του 10^{ου} λεπτού και μετά, διότι από εκεί και πέρα οι μετρήσεις παρουσιάζουν σταθερότητα.
11. Με το μέσο όρο των τιμών των θερμοκρασιών και των πιέσεων που έχουμε καταγράψει σχεδιάζουμε πάνω στο διάγραμμα πίεσης ενθαλπίας τον ψυκτικό κύκλο.
12. Με βάση τις ενθαλπίες που προκύπτουν από το διάγραμμα πίεσης ενθαλπίας υπολογίζουμε το βαθμό απόδοσης της αντλίας θερμότητας (C.O.P.).
13. Στην λειτουργία της θέρμανσης το ψυκτικό μέσο στέλνεται απευθείας από τον συμπιεστή στον εξατμιστή, οπότε η θερμοκρασία του θερμομέτρου στην έξοδο του συμπυκνωτή και στην έξοδο της εκτονωτικής δεν τις λαμβάνουμε υπ' όψιν.

Πίνακας 4.1: Ψύξη

Ψύξη								
α/α	Χρόνος [min]	Απόλυτη Πίεση [bar]		Θερμοκρασία [°C]				
		Χαμηλή	Υψηλή	Χώρου	Έξοδος Συμπιεστή	Έξοδος Συμπυκνωτή	Έξοδος Εκτονωτική	Έξοδος Εξατμιστή
1	0							
2	2							
3	4							
4	6							
5	8							
6	10							
7	12							
8	14							
9	16							
10	18							
11	20							
12	22							
M.O.	-							

Πίνακας 4.2: Θέρμανση

Θέρμανση								
α/α	Χρόνος [min]	Απόλυτη Πίεση [bar]		Θερμοκρασία [C]				
		Χαμηλή	Υψηλή	Χώρου	Έξοδος Συμπιεστή	Έξοδος Συμπυκνωτή	Έξοδος Εκτονωτική	Έξοδος Εξατμιστή
1	0							
2	2							
3	4							
4	6							
5	8							
6	10							
M.O.	-							



Σχήμα 4.1: Διάγραμμα ενθαλπίας εντροπίας

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Β. Η. Σελλούντος, Θέρμανση κλιματισμός, τόμος Α,Β, ΤεΚΔΟΤΙΚΗ ΣΕΛΚΑ – 4Μ, Αθήνα, 2002
2. Athouse A., Turnquist C., BraccianoA. «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. Τεχνικά φυλλάδια και εγχειρίδια από τις παρακάτω εταιρείες κλιματισμού.
 - MITSUBISHI
 - DAIKIN
 - GREE
 - CARRIER
7. <http://www.cibsejournal.com/cpd/2012-12/>
8. <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>
9. <http://what-when-how.com/inventions/heat-pump-inventions/>