



**Ανώτατο Εκπαιδευτικό  
Ίδρυμα Πειραιά  
Τεχνολογικού Τομέα**

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε.

**«Μετατροπή Εργαστηριακής Διάταξης Συστήματος Θέρμανσης  
Χώρου με Αντλία Θερμότητας σε Ψύξη-Θέρμανση»**



Γελαδάκη Ειρήνη  
Καγιάς Δημήτριος

Υπεύθυνος Καθηγητής  
Νίκας Κωνσταντίνος-  
Στέφανος

**Δεκέμβριος 2015**

# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζεται η πειραματική διερεύνηση λειτουργίας συστήματος θέρμανσης-ψύξης νερού και χώρων με αντλία θερμότητας.

Η πτυχιακή αποτελείται από το κατασκευαστικό, το θεωρητικό και το πειραματικό μέρος.

Στο κατασκευαστικό μέρος ασχολούμαστε με την μετατροπή του κύκλου λειτουργίας της αντλίας θερμότητας από θέρμανση σε ψύξη και μετατροπή της κυκλοφορίας του νερού από ζεστό σε κρύο.

Στο θεωρητικό μέρος αναλύεται η σχετική πληροφορία με τις τεχνολογίες των αντλιών θερμότητας-ψύξης και των υποσυστημάτων προσαγωγής θερμότητας-ψύξης στο χώρο.

Στο πειραματικό μέρος παρουσιάζεται το πειραματικό σύστημα, η μετατροπή του συστήματος θέρμανσης χώρου με αντλία θερμότητας σε ψύξη-θέρμανση, καθώς και η πειραματική διερεύνηση, συμπεριλαμβάνοντας τα σενάρια λειτουργίας και τα αποτελέσματα αυτής.

Τα συμπεράσματα της εργασίας παρουσιάζονται παρακάτω σε αυτόνομο κεφάλαιο.

Επισημαίνουμε ότι η πειραματική διάταξη αναπτύχθηκε στο Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας στα πλαίσια σχετικής πτυχιακής εργασίας.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή μας κ. Κωνσταντίνο Στέφανο Νίκα, για την συνεχή βοήθεια και υποστήριξη που μας έχει χαρίσει όλα τα χρόνια φοίτησής μας στη σχολή. Καθώς επίσης και τον φοιτητή Λεχουρίτη Πέτρο για τις τεχνικές γνώσεις του και την βοήθειά του.

# ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο ρόλος των αντλιών θερμότητας σε κυκλώματα ψύξης και θέρμανσης των κατοικιών είναι αρκετά σημαντικός, διότι η ανάγκη για μειωμένη κατανάλωση και οικονομία καυσίμων στο σημερινό περιβάλλον το οποίο ζούμε είναι αναγκαία.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται η μετατροπή ενός εργαστηριακού συστήματος το οποίο χρησιμοποιεί αντλία θερμότητας, για τη θέρμανση νερού ή και χώρων σε ψύξη. Η θέρμανση όπως και η ψύξη χώρων επιτυγχάνεται με τη χρήση συστημάτων προσαγωγής θερμότητας-ψύξης στο χώρο εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (fan coils) όπως ακόμα και ενδοδαπέδιας διάταξης. Το σύστημα έχει ενσωματωμένο ηλιακό συλλέκτη, παρέχοντας έτσι και τη δυνατότητα αξιοποίησης ηλιακής ενέργειας για τις παραπάνω χρήσεις.

Η πειραματική διάταξη αναπτύχθηκε σε αυτόνομη διπλωματική εργασία. Αποτελείται από μία αντλία θερμότητας, ένα θερμαντικό σώμα τύπου fan coil (FCU), επιδεικτικό ενδοδαπέδιο σύστημα, ένα θερμοδοχείο (boiler), ένα δοχείο διαστολής, ένα κυκλοφορητή και τον ηλεκτρολογικό πίνακα λειτουργίας του συστήματος.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία περιλαμβάνει τη μετατροπή εργαστηριακής διάταξης συστήματος θέρμανσης χώρου με αντλία θερμότητας σε ψύξη-θέρμανση.

## ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ

- Αντλία θερμότητας
- Ενδοδαπέδιος δροσισμός
- Θερμοδοχείο
- Μονάδα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας
- Fan Coil

# Summary

To begin with the role of the heat pump in heat or cold circuit in a residence is really important. The reason is because nowadays, we live in an environment that the reduced fuel consumption is absolutely necessary. The use of economic fuel sources is important too.

In this dissertation will be analysed thoroughly the conversion of a laboratory made system that uses a heat pump for the water cooling or/and space cooling. The space cooling can be achieved with the use of systems that CONVERT HEAT OR COLD in fan coils as well as in hypocaust underfloor heating.

This experiment was developed in an independent dissertation. The experiment consists of one heat pump, one heat system “fan coil” (FCU), a hypocaust underfloor heating, one boiler, one container that expands, one circulator and the electrical table that indicates the function of the system.

This dissertation explores the conversion of a laboratory made system that heats a space while it is using a heat pump in a cold condition.

## KEYWORDS

- Heat Pump
- Floor Cooling
- Storage Tank
- Forced Circulation Unit
- Fan Coil

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή.....σελ.5
2. Αντλίες θερμότητας.....σελ.6
3. Κύκλος για ψύξη χώρου.....σελ.10
4. Σύστημα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (FCU) .....σελ.12
5. Ενδοδαπέδια θέρμανση.....σελ.14
6. Φρέον.....σελ.18
7. Ψυκτικός κύκλος.....σελ.26
8. Κατασκευή Έργο.....σελ.29
9. Πειραματικές μετρήσεις.....σελ.32
10. Συμπεράσματα.....σελ.33
11. Βιβλιογραφία.....σελ.34

# Κεφάλαιο 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με την αύξηση του κόστους ψύξης, η βασική αυτή ανάγκη έχει γίνει πολυτέλεια για τους περισσότερους. Επομένως οι ερευνητές αναζητούν νέες αποδοτικότερες τεχνολογίες ή προσπαθούν για την βελτίωση της απόδοσης υφιστάμενων τεχνολογιών. Η αποδοτικότητα των αντλιών θερμότητας σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος έχει οδηγήσει στην επέκταση της χρήσης των αντλιών θερμότητας και σε άλλες εφαρμογές πέρα από τις κλασσικές εφαρμογές κλιματισμού.

Στην πτυχιακή αυτή εργασία θα πραγματοποιηθεί μετατροπή αντλίας θερμότητας σε ψύξη, για ψύξη νερού και χώρων χρησιμοποιώντας συστήματα προσαγωγής ψύξης στο χώρο εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (fan coils) καθώς και ενδοδαπέδιας διάταξης. Ακόμα θα πραγματοποιηθεί πειραματική διερεύνηση και παράθεση των αποτελεσμάτων της πειραματικής διαδικασίας για τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας του συστήματος.

## Κεφάλαιο 2

### ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Η αντλία θερμότητας είναι συσκευή που έχει τη δυνατότητα εναλλαγής λειτουργίας στον κύκλο ψύξης ενός συστήματος έτσι ώστε να δίνει είτε κρύο είτε ζεστό νερό ή άλλο μέσο μεταφοράς θερμότητας ή ψύχους.

Οι αντλίες θερμότητας έχουν την δυνατότητα να μεταφέρουν τη θερμότητα αντίθετα προς τη φυσική ροή, δηλαδή "αντλούν" θερμότητα και γι αυτό ονομάζονται έτσι. Στην περίοδο του καλοκαιριού το σύστημα αφαιρεί θερμότητα από έναν κλιματιζόμενο χώρο αποβάλλοντάς τη στο περιβάλλον, οπότε ψύχεται ο κλιματιζόμενος χώρος, ενώ αντίθετα το χειμώνα αφαιρεί θερμότητα από το περιβάλλον και την αποβάλλει μέσα στον κλιματιζόμενο χώρο και τον θερμαίνει.

Η αρχή λειτουργίας της είναι η ίδια που εφαρμόζεται και στα ψυγεία ή τις κλιματιστικές συσκευές. Έχει την ικανότητα να μεταφέρει θερμότητα από ένα χώρο Α προς ένα χώρο Β (ψύξη χώρου), και αντίστροφα θέρμανση χώρου.



Σχήμα 2.1- Συσκευή αντλίας θερμότητας



*Σχήμα 2.2- Αντλία θερμότητας πειραματικής διάταξης*

## **2.1 Βασικά μέρη αντλίας θερμότητας**

Τα βασικά μέρη μιας αντλίας θερμότητας είναι:

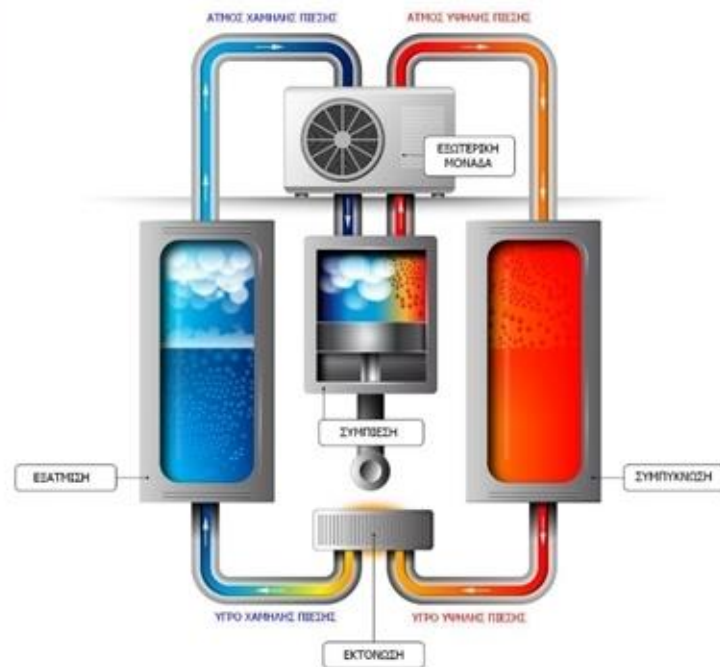
- Το τμήμα συμπιεστή-συμπυκνωτή.
- Το τμήμα ανεμιστήρα-εξάτμιση.
- Ο μηχανισμός αντιστροφής.
- Οι αυτοματισμοί.
- Η συμπληρωματική ηλεκτρική αντίσταση.



## 2.2 Εξαρτήματα αντλίας θερμότητας

Η αντλία θερμότητας περιλαμβάνει τα παρακάτω εξαρτήματα:

- Εξατμιστής
- Ανεμιστήρας
- Κουτί συνδεσμολογίας
- Πρεσοστάτη
- Δοχείο διαστολής
- Φίλτρο
- Κυκλοφορητής
- Συμπιεστής
- Ηλεκτρική αντίσταση
- Κοντέσερ
- Τετράωδη ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα



Σχήμα 2.3- Αντλία θερμότητας

### **2.3. Εφαρμογές αντλιών θερμότητας**

Η αντλία θερμότητας (Α.Θ.) είναι ένα σύστημα κλιματισμού, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την ψύξη, όσο και για την θέρμανση ενός κτηρίου. Η αρχή λειτουργίας της Α.Θ. είναι ότι έχει την δυνατότητα να αναστρέφει τη διαδικασία μεταφοράς θερμότητας από ένα κλειστό σύστημα στο περιβάλλον και αντίστροφα.

Η αντλία θερμότητας, επιτρέπει την αναστροφή του κύκλου του ψυκτικού μέσου με αποτέλεσμα την απορρόφηση ενέργειας από το εξωτερικό περιβάλλον, η οποία μεταφέρεται με την μορφή θερμότητας στο εσωτερικό του κτηρίου.

Το αντίθετο συμβαίνει κατά την διάρκεια των θερινών περιόδων όπου με την λειτουργία της ψύξης της Α.Θ., η ενέργεια (θερμότητα) απάγεται από το εσωτερικό του κτηρίου και απορρίπτεται στο περιβάλλον.

Συνεπώς, με τη χρήση των αντλιών θερμότητας καταργείται η ανάγκη χρήσης κάθε άλλου ενεργειακού συστήματος, αφού παρέχεται η δυνατότητα θέρμανσης και ψύξης του χώρου με την ίδια μονάδα, εξοικονομώντας παράλληλα ενέργεια και κόστος καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

# Κεφάλαιο 3

## ΚΥΚΛΟΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ ΧΩΡΟΥ

Η είσοδος του ψυκτικού ρευστού στον εξατμιστή ελέγχεται από την άεργη εκτονωτική διάταξη, η οποία ελαττώνει την πίεση του υγρού, το οποίο ατμοποιείται σε χαμηλή θερμοκρασία. Κατά την ατμοποίηση, ποσά θερμότητας προσδίδονται σε αέριο, το οποίο αποκτά υψηλή πίεση και θερμοκρασία στο συμπιεστή. Το συμπιεσμένο αυτό αέριο φτάνει στο συμπυκνωτή και προσδίδει ποσά θερμότητας στο μέσο συμπύκνωσης (αέρας ή νερό). Στη συνέχεια, το συμπυκνωμένο αέριο υγροποιείται και το ψυκτικό υγρό οδηγείται στην εκτονωτική διάταξη.

### 3.1 Βαθμός απόδοσης

Επειδή η ενθαλπία του αέρα είναι ανάλογη με τη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος, η απόδοση της αντλίας θερμότητας επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από την θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Συνεπώς, στις χαμηλές θερμοκρασίες του αέρα θα έχουμε μικρά ποσά θερμότητας από την μία, και από την άλλη προβλήματα λειτουργίας του συστήματος, κατά τον χειμώνα.

### 3.2 Κατηγορίες Αντλιών Θερμότητας

Με βάση το μέσο από όπου αντλείται και το μέσο όπου αποβάλλεται η θερμότητα, επομένως υπάρχουν οι εξής:

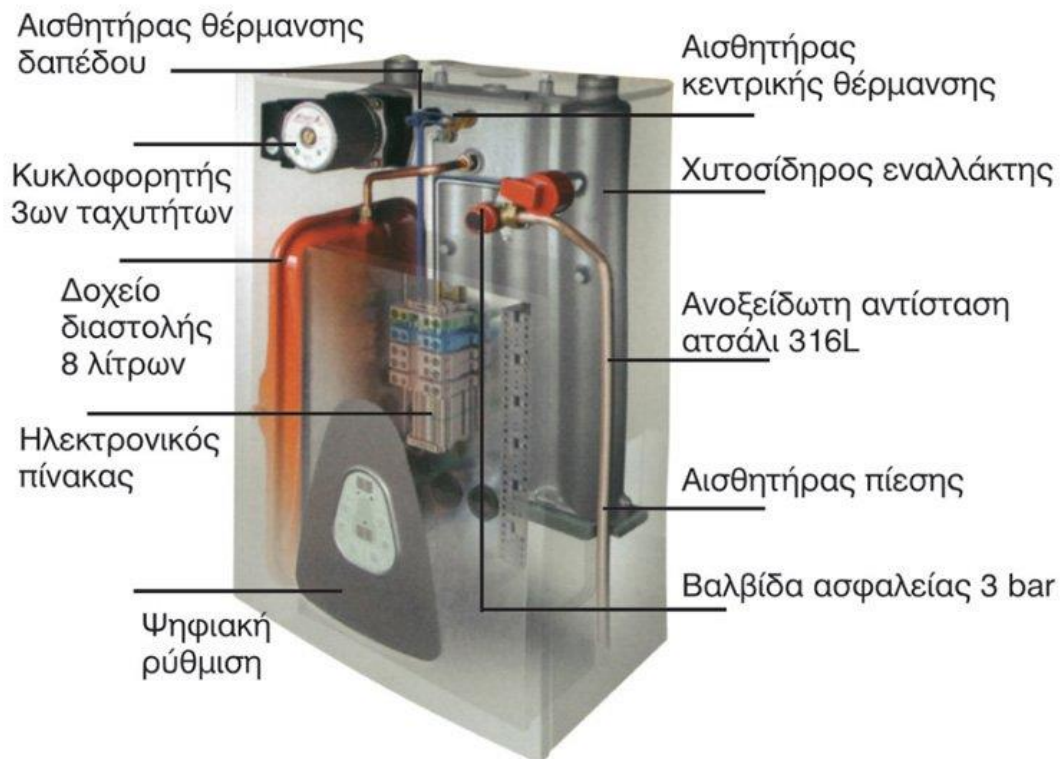
- Αέρα-Αέρα
- Αέρα-Νερού
- Νερού-Νερού
- Εδάφους-Αέρα
- Εδάφους-Νερού

Με βάση το είδος της κινητήριας μηχανής:

- Ηλεκτροκίνητοι συμπιεστές
- Συμπιεστές κινούμενοι από μηχανές εσωτερικής καύσης
- Συμπιεστές απορρόφησης και προσρόφησης

Με βάση τον τρόπο αναστροφής της λειτουργίας του:

- Σταθερού κυκλώματος ψυκτικού μέσου. Διατηρείται σταθερή η ροή του ψυκτικού μέσου και αλλάζει η θέση των μέσων προσαγωγής ή απαγωγής της θερμότητας.
- Μεταβλητού κυκλώματος ψυκτικού μέσου. Η αναστροφή της ροής του ψυκτικού μέσου γίνεται με τη χρήση της τετράωδης βαλβίδας.



Σχήμα 3.1- Εσωτερική διάταξη αντλίας θερμότητας

## Κεφάλαιο 4

# ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (FCU)

Το σύστημα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας είναι ένα σύστημα από Fan Coils που μεταφέρει ή την ψύξη ή την θερμότητα σε διάφορους χώρους. Είναι μία απλή συσκευή που αποτελείται από ένα πηνίο θέρμανσης ή και ανεμιστήρα ψύξης. Χρησιμοποιείται κυρίως σε κατοικίες, εμπορικά και βιομηχανικά κτήρια. Ελέγχεται είτε με θερμοστάτη είτε με χειροκίνητο διακόπτη on/off. Αποτελούν καλή λύση σε κτήρια μόνιμης ή προσωρινής διαμονής, όπως και σε χώρους συνάθροισης κοινού.



*Σχήμα 4.1- fan coil δαπέδου*



*Σχήμα 4.2- fan coil οροφής*

#### **4.1 Πλεονεκτήματα**

- Μικρότερο κόστος εγκατάστασης
- Αποτελεσματικότητα, ικανοποιεί τις απαιτήσεις του χρήστη
- Υγιεινό ως προς τους χρήστες και προσφέρει άνεση
- Ποικιλία μονάδων κρυφών, φανερών, οροφής
- Μπορούν να εγκατασταθούν με οποιαδήποτε πηγή ενέργειας
- Χρηστικότερη συντήρηση και επιδιόρθωση βλάβης

#### **4.2 Μειονεκτήματα**

- Θερμαίνουν με αέρα το χώρο, με αποτέλεσμα να μην είναι απόλυτα υγιείς για τον χρήστη σε αντίθεση με την ενδοδαπέδια θέρμανση
- Θόρυβος κατά την λειτουργία, τον οποίο δεν συναντάμε στα υπόλοιπα συστήματα προσαγωγής θερμότητας ή ψύξης στο χώρο
- Χρειάζονται τακτική συντήρηση, που αυτό έχει ως αποτέλεσμα επιπλέον κόστος
- Ανάγκη για παροχή ρεύματος
- Ανάγκη αποχέτευσης νερού

## Κεφάλαιο 5

### ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

#### Λειτουργία ενδοδαπέδιας

Κατά τη διάρκεια της νύχτας και ως τις πρώτες πρωινές ώρες, το ψυκτικό μηχάνημα δεν λειτουργεί, διότι η εξωτερική θερμοκρασία και τα δομικά στοιχεία της κατασκευής βρίσκονται μεταξύ τους σε απόλυτη ισορροπία. Το χαρακτηριστικό αυτό, η αποφόρτιση δηλαδή των δομικών στοιχείων από το θερμικό φορτίο, είναι που προδίδει τα στοιχεία της θερμικής άνεσης και της οικονομικής λειτουργίας στο σύστημα της ενδοδαπέδιας ψύξης. Με αυτό τον τρόπο και με το σύστημα σε πλήρη ισορροπία, οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη στη διάρκεια του 24ώρου περιορίζονται στο ελάχιστο.

Στη διάρκεια της ημέρας και όσο η εξωτερική θερμοκρασία αυξάνεται, το ψυκτικό μηχάνημα λειτουργεί για να αποβάλλει το θερμικό φορτίο του χώρου μέσω της ψυκτικής επιφάνειας (δάπεδο). Στο εσωτερικό η θερμοκρασία παραμένει στους 25°C χωρίς την ανθυγιεινή παρουσία ρευμάτων ψυχρού αέρα, καθώς η ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ ανθρώπινου οργανισμού και συστήματος γίνεται με τον ίδιο τρόπο (δια ακτινοβολίας). Όταν η σχετική υγρασία του χώρου ξεπεράσει το 55-60% ξεκινάει η λειτουργία των F.C.U. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται η υγρασία στο εσωτερικό και αποτρέπονται οι υγραποιήσεις στο δάπεδο, φαινόμενο που προκαλείται από την μεγάλη διαφορά μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας. Ο έλεγχος της σχετικής υγρασίας συντελεί επιπρόσθετα και στη μείωση του δείκτη δυσφορίας στο χώρο. Η θερμοκρασία δαπέδου σε αυτές τις συνθήκες είναι 20°C και ο ψύκτης λειτουργεί στο μέγιστο του φορτίο.



Σχήμα 5.1- Εγκατάσταση ενδοδαπέδιας θέρμανσης

### 5.1 Πλεονεκτήματα

- Κλιματισμός χωρίς δημιουργία ρευμάτων αέρα
- Εξοικονόμηση χώρου και αποφυγή τοποθέτησης μηχανημάτων σε τοίχους, οροφές, δάπεδα.
- Χαμηλό κόστος λειτουργίας
- Ευχάριστη αίσθηση στον ανθρώπινο οργανισμό, καθώς η ανταλλαγή θερμότητας γίνεται δια ακτινοβολίας
- Χρήση του ίδιου συστήματος σωληνώσεων με το ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης, άρα δεν απαιτείται η εγκατάσταση επιπλέον δικτύων
- Αθόρυβη λειτουργία.



## 5.2 Μειονεκτήματα

- Εγκαθίσταται μόνο σε νέες οικοδομές.
- Σε περίπτωση βλάβης των σωλήνων, έχει υψηλό κόστος επισκευής.
- Υψηλό κόστος εγκατάστασης.
- Μερικές φορές δεν επαρκεί η ψύξη που αποδίδει στο χώρο και απαιτείται πρόσθετη πηγή για ψύξη χώρου.



*Σχήμα 5.2- Ενδοδαπέδια θέρμανση εργαστηριακής κατασκευής*

### 5.3 Ενδοδαπέδιος Δροσισμός

Η ενδοδαπέδια ψύξη ή ψύξη δαπέδου όπως αλλιώς ονομάζεται, αποτελεί έναν σύγχρονο τρόπο ψύξης - δροσισμού των κτιρίων γραφείων, κατοικιών, σχολείων, νηπιαγωγείων, κλειστών γυμναστηρίων, εκκλησιών, γηροκομείων, σούπερ μάρκετ, ξενοδοχείων, βιομηχανικών χώρων παραγωγής και αποθήκευσης προσφέροντας σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και ευχάριστη απόδοση.

Το σύστημα ενδοδαπέδιας ψύξης - δροσισμού σας απαλλάσσει από την ανθυγιεινή παρουσία ρευμάτων ψυχρού αέρα, την δυσσομία, τον θόρυβο και την μεγάλη κατανάλωση ρεύματος.

# Κεφάλαιο 6

## ΦΡΕΟΝ

### 6.1 Φρέον

Η λέξη φρέον είναι ένα όνομα εμπορικού σήματος της DuPont για κάθε χλωροφθορανθρακικό (CFC), υδρογονωμένο CFC (HCFC) ή υδροφθορανθρακικό (HFC) ψυκτικό μέσο. Το κάθε όνομα συμπεριλαμβάνει έναν αριθμό που δηλώνει την μοριακή σύνθεση. Το μείγμα που χρησιμοποιείται συνήθως είναι το HCFC γνωστό ως E-22. Συγκεκριμένα, το φρέον είναι ένα υγρό που γίνεται αέριο και αντίστροφα, το οποίο βρίσκεται μέσα στα κλιματιστικά, στα ψυγεία και γενικά σε διάφορες άλλες συσκευές που παράγουν ψύξη. Έχει την ιδιότητα όταν υγροποιείται να ζεσταίνεται και όταν αεριοποιείται υπό πίεση να γίνεται παγωμένο. Οπότε κυκλοφορώντας μέσα σε ένα κλειστό κύκλωμα (πχ ενός κλιματιστικού), με τα κατάλληλα μέσα, εκμεταλλευόμαστε τις ιδιότητές του αυτές ώστε να παράγουμε ψύξη ή θέρμανση στο χώρο μας.



Σχήμα 6.1- Δοχείο αποθήκευσης φρέον



Σχήμα 6.2- Συσκευή ανάκτησης φρέον



Σχήμα 6.3- Λυχνία εντοπισμού διαρροών φρέον



Σχήμα 6.4- Όργανα μέτρησης πιέσεων φρέον

## 6.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά ψυκτικών υγρών

- Το R407A είναι ένα μίγμα HFC ψυκτικών και έχει σχεδιαστεί για να αντικαθιστά το R22 σε ψυκτικές εγκαταστάσεις. Έχει παρόμοια συμπεριφορά και απόδοση με το R22 και μπορεί να αντικατασταθεί χωρίς να χρειαστεί καν τροποποίηση της υπάρχουσας εγκατάστασης. Χρησιμοποιείται σε εφαρμογές κατάψυξης και κλιματισμού. Είναι μη τοξικό και μη εύφλεκτο. Λειτουργεί με POE λιπαντικά, αλλά είναι ανθεκτικό στη χρήση υψηλών επιπέδων αλκυλοβενζολίου και ορυκτών ελαίων (έως 10%).
- Το R-413A αποτελεί ένα ζεοτροπικό CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub> C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>F<sub>4</sub> μίγμα των R134a, R218 & R600a. Έχει παρόμοιο τοξικό προφίλ με το R134a. Ενώ η λειτουργία και η απόδοσή του είναι παρόμοια με το R12 ,υπό τις περισσότερες συνθήκες χρήσης. Εφαρμογές ψύξης σε :Φορτηγά ψυγεία, Κλιματισμός Αυτοκινήτων, ψυκτικές αποθήκες.
- Το R-507 είναι ένα αζεοτροπικό ψυκτικό ρευστό, αποτελούμενο από πρόσμιξη του R-125 και του R-143a. Προορίζεται για χαμηλής και μέσης θερμοκρασίας ψυκτικά συστήματα και έχει παρόμοια συμπεριφορά με το R-404A. Οι πιο σύγχρονοι εξοπλισμοί δύναται να λειτουργούν και με τα δύο ψυκτικά ρευστά, παρόλο που το R-507 λειτουργεί σε υψηλότερες πιέσεις από το R-404A και έχει μεγαλύτερη απόδοση. Λειτουργεί με POE λιπαντικά, τα οποία συνήθως πληρώνονται στον νέο εξοπλισμό. Αν πραγματοποιηθεί μετασκευή στον υπάρχοντα εξοπλισμό, το αρχικό λάδι πρέπει να αντικατασταθεί με POE λιπαντικό.
- Μετά την κατάργηση των R-12, R-134a το R-134a αποτελεί την πρώτη επιλογή ψυκτικού μέσου για οικιακές συσκευές, μικρές αυτόνομες μονάδες ψύξης, για πολύ μεγάλους ψύκτες, και για κλιματισμό αυτοκινήτου. Αποτελεί επίσης συστατικό σε πολλά μίγματα ψυκτικών υγρών της αγοράς. Το R-134a ανήκει στην κατηγορία των HFC, και εργάζεται με POE λιπαντικά.

- Το R417A είναι ένα μίγμα αποτελούμενο από R-125 (46,6%), R-134a (50%) και R-600 (ισοβουτάνιο 3,4%), που προορίζεται για τη μετατροπή συστημάτων κλιματισμού που λειτουργούν με R-22. Το R417A έχει ελαφρώς χαμηλότερη πίεση αναρρόφησης και χαμηλότερη πίεση κατάθλιψης από το R-22. Οι χαμηλότερες πιέσεις λειτουργίας μπορεί να επηρεάσουν τη λειτουργία των βαλβίδων ή η επιλογή του orifice, Το μίγμα έχει μικρότερη απόδοση από το R-22, κυρίως σε χαμηλότερες θερμοκρασίες αναρρόφησης. Προτεινόμενο λιπαντικό για χρήση με το R417A είναι το πολυεστερικό λάδι.
- Το R422A είναι ένα μείγμα χαμηλών θερμοκρασιών με ιδιότητες παρόμοιες με το R-404A. Μπορεί να αντικαταστήσει άμεσα το R-502, R-402A / B, R-408a, R-404A και R-507. Συστήματα χαμηλών θερμοκρασιών με R-22 μπορούν επίσης εκ των υστέρων να μετεξοπλιστούν με R-422A με ορισμένες αλλαγές σε εξαρτήματα του κυκλώματος όπως π.χ. η βαλβίδα.
- Το R-422D είναι ένα μείγμα κατάλληλο για τον μετεξοπλισμό του R-22 σε εγκαταστάσεις ψύξης και κλιματισμού χαμηλής και μέσης θερμοκρασίας. Με ιδιότητες παρόμοιες με το R-22, η χρήση του R-422D δεν απαιτεί αλλαγή σε εξαρτήματα του κυκλώματος όπως βαλβίδες και φίλτρα. Επίσης στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν θα υπάρχει ανάγκη για αλλαγή λαδιών, καθιστώντας το R-422D την πιο οικονομική λύση μετεξοπλισμού συστημάτων R-22. Επειδή το R-422D έχει χαμηλότερη θερμοκρασία εκτόνωσης στα περισσότερα ψυκτικά κυκλώματα χαμηλών θερμοκρασιών που χρησιμοποιούν R-22 θα προκύψει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και ενίσχυση της παραγωγικής ικανότητας ψύξης σε σύγκριση με το R-22. Το R-422D είναι συμβατό με όλα τα ψυκτέλαια.

- Το R404A είναι ένα ζεοτροπικό ψυκτικό ρευστό (**μείγμα**) αποτελούμενο από:
  - 44% R124,
  - 52% R143A
  - 4% R134a.

Για μια ανάλογη ψυκτική απόδοση σε χαμηλές θερμοκρασίες εξάτμισης, ο κυλινδρισμός του συμπιεστή με R404A είναι παρόμοιος με αυτόν με R22. Επομένως, χρειάζονται αλλαγές λαδιών, βαλβίδων και νέα διαστασιολόγηση γραμμής υγρού, το οποίο πλεονεκτεί σε εγκαταστάσεις καταψύξεων.

- Το R410A είναι ένα αζεοτροπικό ψυκτικό ρευστό (**μείγμα**) αποτελούμενο από:
  - 50% R32-  $\text{CHF}_2\text{CF}_3$
  - 50% R125-  $\text{CH}_2\text{F}_2$
  - Υγρό με χαμηλή διολίσθηση

Το R410A δεν είναι ακριβές αντικατάστατο του R-22 γιατί λειτουργεί σε πολύ μεγαλύτερες πιέσεις +60% απ' ότι το R-22. Ωστόσο έχει +5% απόδοση από το R-22 & +10% από τα υγρά 417<sup>A</sup>, 407C. Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εξοπλισμό που κατασκευάστηκε αρχικά για χρήση με R-22. Επίσης, οι μεταγίσεις θα πρέπει πάντα να πραγματοποιούνται από την υγρή φάση με αποτέλεσμα όλος ο εξοπλισμός να διαφοροποιείται λόγω υψηλών πιέσεων του υγρού.

- R407C είναι ένα ζεοτροπικό ψυκτικό ρευστό (**μείγμα**) αποτελούμενο από: 23% R32, 25% R125, και 52% R134a

Υγρό με υψηλή διολίσθηση

- Κατάλληλο για: εφαρμογές κλιματισμού & μεσαίων θερμοκρασιών. Πολύ κοντά σε συμπεριφορά & απόδοση με το R22
- Χαμηλές θερμοκρασίες: σημαντική πτώση της ψυκτικής του απόδοσης.
- Χρειάζονται αλλαγές λαδιών, βαλβίδων, επανέλεγχος των δικτύων.
- Η θερμοκρασία κατάθλιψης είναι χαμηλότερη κατά 4K κατά μέσο όρο σε σύγκριση με το R22.

- Κρίσιμη θερμοκρασία = 86,2°C (96°C για το R22).
  - 407C σημαίνει συνθετικό λάδι για παλινδρομικούς συμπιεστές : P.V.E.
  - Για Rotary : Αλκυλβενζενικό λάδι.
  - Για τύπου split : Πολυολεστερικό
  - Οι εναλλάκτες θερμότητας μπορεί να χρειάζονται αλλαγή.
  - O.D.P. = 0            G.W.P. = 1653
- Το R22M αποτελεί μια από τις πιο προσιτές λύσεις για την αντικατάσταση του R22 σε υπάρχουσες κλιματιστικές μονάδες. Ανήκει στην κατηγορία των HFC και είναι συμβατό με τα κοινώς χρησιμοποιούμενα λιπαντικά. Προτιμάται σε κλιματιστικές μονάδες που λειτουργούν σε θερμοκρασίες εξάτμισης άνω των 0 °C
- Χρώμα: Άχρωμο
  - Θερμοκρασία τήξεως/πήξεως: -103 °C (Pentafluoroethane)
  - Σημείο βρασμού: -48.5 °C, Πίεση: 1,013 hPa (Pentafluoroethane)

Τα R12 και R22 (HCFCs) στο παρελθόν ήταν τα πιο διαδεδομένα ψυκτικά μέσα από τεχνολογική και οικονομική προσέγγιση, παρόλα αυτά οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον έφεραν στο προσκήνιο την ανάγκη αντικατάστασης τους.



### 6.3 Επιπτώσεις χρήσης ψυκτικών στο περιβάλλον

Τα εν λόγω ψυκτικά μέσα ευθύνονται για τη δημιουργία της τρύπας του οζόντων, αυτή ήταν και η πρώτη πρόκληση για τους κατασκευαστές κλιματιστικών εγκαταστάσεων. Από χημικής απόψεως για την δημιουργία της τρύπας του όζοντος ευθύνεται το χλώριο (Cl) που αντιδρά με το όζον (O<sub>3</sub>) και το καταστρέφει. Έτσι ξεκίνησε μια εκστρατεία κατασκευής ψυκτικών μέσων χωρίς χλώριο. Με το πρωτόκολλο του Montreal τα νέα “chlorine free” ψυκτικά (HFCs2) αντικαθιστούν το R22. Η ευρωπαϊκή ένωση έχει επισπεύσει το όριο πλήρους αντικατάστασης του R22 το 2010/2015, από 2030 που ήταν με την συνθήκη της Κοπεγχάγης το 1992.

Σήμερα το R22 τείνει να αντικατασταθεί εντελώς από άλλα ψυκτικά μέσα όπως το R404A, R410A, R407C κα. (HFCs). Η μικρές απαιτήσεις ανασχεδιασμού, η ευρεία εφαρμογή σε όλα τα διαφορετικά συστήματα (βιομηχανικά και ναυτιλιακά), η ταχύτατη εξέλιξη της εμπορευματοποίησης είναι κάποια από τα πλεονεκτήματα αυτών των ψυκτικών. Το πιο σημαντικό όμως είναι ότι μπορούν και συνδυάζουν με τον καλύτερο τρόπο την χημεία, την ασφάλεια, την εφαρμοσιμότητα και την οικονομία.

Η χρήση των HFCs ψυκτικών έφερε στο προσκήνιο μια νέα απειλή για το περιβάλλον. Η προσοχή τώρα επικεντρώνεται στην Κλιματική Αλλαγή (ClimateChange) και την υπερθέρμανση του Πλανήτη (Global Warming). Η γη απορροφάται αντανάκλα την ηλιακή ακτινοβολία. Η απορροφούμενη ακτινοβολία αντισταθμίζεται από την αντίστοιχη εκλυόμενη ακτινοβολία από τη γη. Όμως μέρος της εκλυόμενης ακτινοβολίας απορροφάται από τα αέρια στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα την σταδιακή άνοδο της μέσης θερμοκρασίας της γης, το γνωστό φαινόμενο του Θερμοκηπίου. .την προσπάθεια αντιμετώπισης του φαινομένου η ICCP3 έχει δημιουργήσει κάποια μοντέλα μέτρησης και κατηγοριοποίησης των αερίων εκπομπών που προκύπτουν είτε από φυσικές διεργασίες είτε από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Θεσπίστηκαν όρια εκπομπών και ορίστηκε σαν μονάδα η Δυνητική Παγκόσμια υπερθέρμανση (GWP4).

Τα αέρια του θερμοκηπίου συνιστώνται από χημικές ουσίες που υπάρχουν στην φύση όπως το νερό, το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο και το όζον, και από χημικές ουσίες που προέρχονται από τη βιομηχανία όπως το εξαφθοριούχο θείο, οι υδροχλωροφλοράνθρακες (HCFC) και οι υδροφλοράνθρακες (HFC). Η χρήση λοιπόν ψυκτικών μέσων όπως το R404Ακα συντελούν στην όξυνση του φαινομένου της Παγκόσμιας Υπερθέρμανσης και της επιβάρυνσης του Περιβάλλοντος.

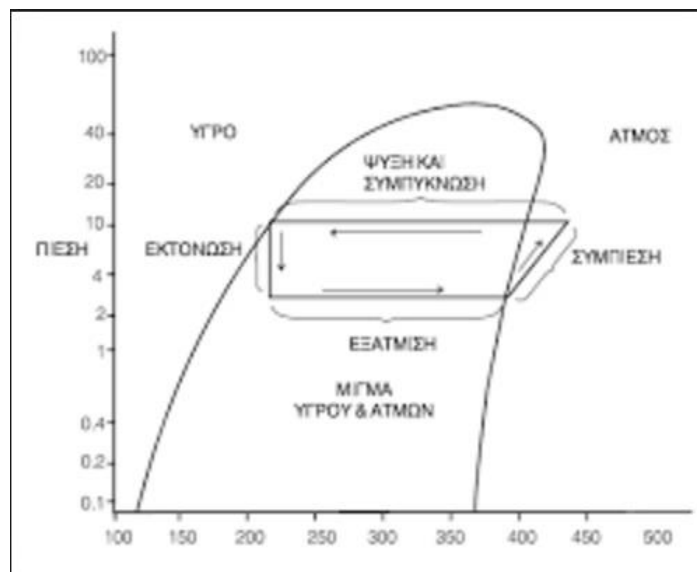
Οι ιδιότητες του είναι πολύ κοντά με αυτές του R22 με ελάχιστα υψηλότερη πίεση και έχει την καλύτερη απόδοση σε χαμηλές θερμοκρασίες σε σχέση με τα άλλα ψυκτικά. Είναι όμως ένα ψυκτικό μέσο με υψηλό κόστος και έχει σχετικά μεγάλο GWP.

Τα επόμενης γενιάς ψυκτικά είναι τα R407C και R407A. Το R407C έχει την ίδια σύσταση με το R22 αλλά έχει διαφορετική δομή, έχει πολύ χαμηλό GWP και κυρίως η καμπύλες θερμοκρασίας και πίεσης είναι σχεδόν ίδιες με αυτές του R22 στην ουσία είναι μια μίξη από R134a και R410A. Δεδομένου ότι έχει τις ιδιότητες του R407C με χαμηλότερο GWP το καθιστά μια καλή εναλλακτική λύση. Παρόλα αυτά είναι κατώτερο του R22 στις εφαρμογές πολύ χαμηλής ψύξης και η εμπορική του ανάπτυξη είναι περιορισμένη . Θα μπορούσε μελλοντικά να είναι το κυρίαρχο ψυκτικό μέσο στις εφαρμογές κλιματισμού. Το R407A έχει σημαντικά χαμηλότερο GWP από το R404A, και έχει καλύτερη απόδοση στις χαμηλές θερμοκρασίες από το R407C. Καθ' όπως φαίνεται μακροπρόθεσμα το R407A α είναι το κυρίαρχο ψυκτικό μέσο στις εφαρμογές πολύ χαμηλής θερμοκρασίας.

# Κεφάλαιο 7

## ΨΥΚΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

Ο ψυκτικός κύκλος με μηχανική συμπίεση ατμού αναπαρίσταται γραφικά σε διαγράμματα πίεσης-ενθαλπίας του ψυκτικού μέσου που χρησιμοποιείται. Για τη σχεδίαση του διαγράμματος αυτού θεωρείται ότι ο ατμός του ψυκτικού μέσου στην είσοδο του συμπιεστή είναι σε κατάσταση κορεσμού και ότι η υγρή φάση στην είσοδο της εκτονωτικής βαλβίδας βρίσκεται επίσης σε κατάσταση κορεσμού.



Σχήμα 6.4- Διάγραμμα ψυκτικού κύκλου

## **7.1 Παράγωγή ψύξης μέσω εξάτμισης**

Ο απλούστερος τρόπος παραγωγής ψύξης είναι η εξάτμιση η ατμοποίηση ενός ψυκτικού υγρού. Στη στοιχειώδη συσκευή παραγωγή ψύχους, το πτητικό υγρό εξατμίζεται απορροφώντας θερμότητα αρχικά από την ίδια τη μάζα του, έως ότου η θερμοκρασία του μειωθεί και γίνει ίση με τη θερμοκρασία ατμοποίησής του. Στη συνέχεια απορροφά θερμότητα από το περιβάλλοντα χώρο, ο οποίος ψύχεται. Η θερμοκρασία ατμοποίησης ενός υγρού εξαρτάται, ως γνωστόν από την Μηχανική των ρευστών, από την πίεση των ατμών του. Στην περίπτωση του ανωτέρου παραδείγματος, αν υποθέσουμε ότι η επικρατούσα πίεση στον περιβάλλοντα χώρο είναι η ατμοσφαιρική, η θερμοκρασία του πτητικού υγρού θα μειωθεί έως τη θερμοκρασία ατμοποίησής του που αντιστοιχεί στην ατμοσφαιρική πίεση.

## **7.2 Διαδικασία ψύξης και συμπύκνωσης ατμών ψυκτικού μέσου**

Για την ψύξη και την συμπύκνωση των ατμών του ψυκτικού μέσου πρέπει να υπάρχει ένα άλλο σώμα ή ρεύμα χαμηλότερης θερμοκρασίας, που ερχόμενο σε επαφή με αυτούς να τους ψύχει. Καθώς επιδιώκεται ως ψυχρό μέσο να χρησιμοποιείται το περιβάλλον, πρέπει η θερμοκρασία συμπύκνωσης των ατμών να είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Για να είναι δυνατή η ψύξη, οι ατμοί οδηγούνται αρχικά συμπιεστή, όπου συμπιέζονται ώστε να ανέβει η θερμοκρασία τους πάνω από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Οι ατμοί, μετά τη συμπίεσή τους, οδηγούνται σε εναλλάκτη θερμότητας που ονομάζεται «στοιχείο συμπύκνωσης» ή «συμπυκνωτής». Εκεί ψύχονται από τον αέρα του περιβάλλοντος, ή από το νερό και συμπυκνώνονται σε υγρό. Η υγρή φάση που προκύπτει μετά τη συμπύκνωση βρίσκεται σε πολύ ψηλότερη πίεση από την πίεση του δοχείου ατμοποίησης. Γι αυτό το υγρό οδηγείται σε εκτονωτική συσκευή που εκτονώνεται και μειώνεται η πίεσή του ώστε να μπορεί να ατμοποιηθεί. Τέλος, οδηγείται σε εναλλάκτη θερμότητας που ονομάζεται «στοιχείο ατμοποίησης» ή «ατμοποιητής» όπου ατμοποιείται. Ο κύκλος ψύξης επαναλαμβάνεται συνεχώς.

### 7.3 Ψυκτικά μέσα

Η βελτιστοποίηση της λειτουργίας των ψυκτικών εγκαταστάσεων επιβάλλει τη χρησιμοποίηση σε κάθε περίπτωση ψυκτικών μέσων ειδικών ιδιοτήτων. Συνέπεια τούτου είναι η χρήση πλήθους διαφορετικών ψυκτικών μέσων. Δεν υπάρχουν ιδανικά ψυκτικά μέσα που να πληρούν όλες τις απαιτήσεις. Γι αυτό, σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να γίνεται εκλογή του καταλληλότερου ψυκτικού μέσου.

### 7.4 Ιδιότητες ψυκτικών μεσών

Τα ψυκτικά μέσα θα πρέπει να έχουν τις ακόλουθες ιδιότητες:

- Να παρουσιάζουν χημική ευστάθεια και να μην αλλοιώνονται στις πιέσεις και στις θερμοκρασίες που χρησιμοποιούνται.
- Να μην προσβάλλουν τα μεταλλικά ή μη μεταλλικά υλικά της ψυκτικής εγκατάστασης, καθώς και τα λιπαντικά λάδια, τους υδρατμούς και το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα.
- Να μην αναφλέγονται και να μην σχηματίζουν εκρηκτικά μίγματα.
- Να μην συμπυκνώνονται σε πολύ υψηλές πιέσεις, γιατί απαιτούνται πολύ βαριές εγκαταστάσεις.
- Να μην ατμοποιούνται, σε πολύ χαμηλές πιέσεις, γιατί σε περίπτωση δημιουργίας κενού υπάρχει κίνδυνος εισροής αέρα στην εγκατάσταση με πολύ δυσμενείς συνέπειες για τη λειτουργία της.
- Η θερμοκρασία τήξεως να είναι πολύ χαμηλότερη από τις θερμοκρασίες λειτουργίας της ψυκτικής εγκατάστασης.
- Να μην προσβάλλουν το αναπνευστικό σύστημα και να μην είναι δηλητηριώδη, ώστε να μην προκύπτουν βλαβερές συνέπειες σε περίπτωση διαρροής τους.
- Να έχουν όσο το δυνατό μεγαλύτερη θερμοκρασία ατμοποίησης.
- Να είναι διαθέσιμα στην αγορά και να έχουν χαμηλό κόστος.

# Κεφάλαιο 8

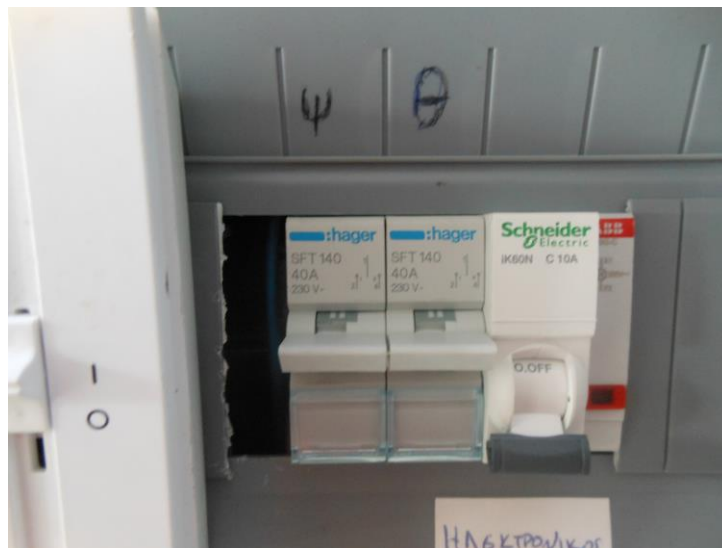
## ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ-ΕΡΓΟ

### 8.1 Ηλεκτρολογική διάταξη

Η πρώτη φάση της κατασκευής ήταν να κάνουμε αναστροφή στον κύκλο λειτουργίας της αντλίας θερμότητας από θέρμανση σε ψύξη. Η διαδικασία που κάναμε ήταν η εξής: κόψαμε την τάση από την τετράωδη που την είχαμε τροφοδοτήσει να λειτουργεί σε θέρμανση και την βγάλαμε εκτός λειτουργίας για να έχουμε κύκλο ψύξης. Στην θέρμανση έπρεπε ο ανεμιστήρας του κοντέσερ να λειτουργεί ανά διαστήματα και όταν πιάνει πάγο το κοντέσερ. Εμείς στην ψύξη θέλαμε τον ανεμιστήρα να λειτουργεί συνέχεια.

Γι αυτό κατασκευάσαμε ηλεκτρολογική διάταξη που δίνουμε εντολή πότε να είναι εντός και πότε εκτός η τετράωδη.

Επίσης πότε να είναι εντός ο ανεμιστήρας συνέχεια και πότε διακοπτόμενα με εντολή θερμοστάτη.



Σχήμα 8.1- Ασφάλειες εντολών θέρμανσης-ψύξης

## 8.2 Υδραυλική διάταξη

Λόγω ότι το boiler που έχουμε ήταν για να λειτουργεί σε θέρμανση η έξοδος του νερού που παίρναμε για κατανάλωση ήταν στο άνω μέρος και η επιστροφή στο κάτω μέρος. Επειδή ο κυκλοφορητής δεν έχει την δυνατότητα να λειτουργήσει ανάποδα, έπρεπε να φτιάξουμε υδραυλική διάταξη η οποία δίνει την δυνατότητα στον κυκλοφορητή να παίρνει πότε από το πάνω και πότε από το κάτω μέρος νερό.



*Σχήμα 8.2- Υδραυλική διάταξη εργαστηριακής κατασκευής*

Κατά την ατμοποίηση γίνεται απορρόφηση θερμότητας από τον χώρο που περιβάλλει τον ατμοποιητή, ο οποίος και ψύχεται. Στην συμπύκνωση επομένως αποβάλλεται θερμότητα στο περιβάλλον, με αποτέλεσμα ο χώρος που περιβάλλει το συμπυκνωτή να θερμαίνεται. Συνεπώς, η ψυκτική διάταξη λειτουργεί σαν αντλία θερμότητας που αφαιρεί θερμότητα από έναν χώρο που είναι επιθυμητή η ψύξη, λεγόμενος χώρος γύρω από τον ατμοποιητή, και την αποβάλλει σε έναν άλλο χώρο, περιβάλλον συμπυκνωτή.

Κατά την περίοδο των δοκιμών διαπιστώσαμε μία βλάβη η οποία είχε να κάνει με έλλειψη φρέον από την αντλία θερμότητας. Συνδέσαμε τα όργανα στην αντλία θερμότητας και κάναμε όλες τις απαραίτητες ενέργειες για να συμπληρώσουμε φρέον και να λειτουργήσει σωστά η εργαστηριακή διάταξη.

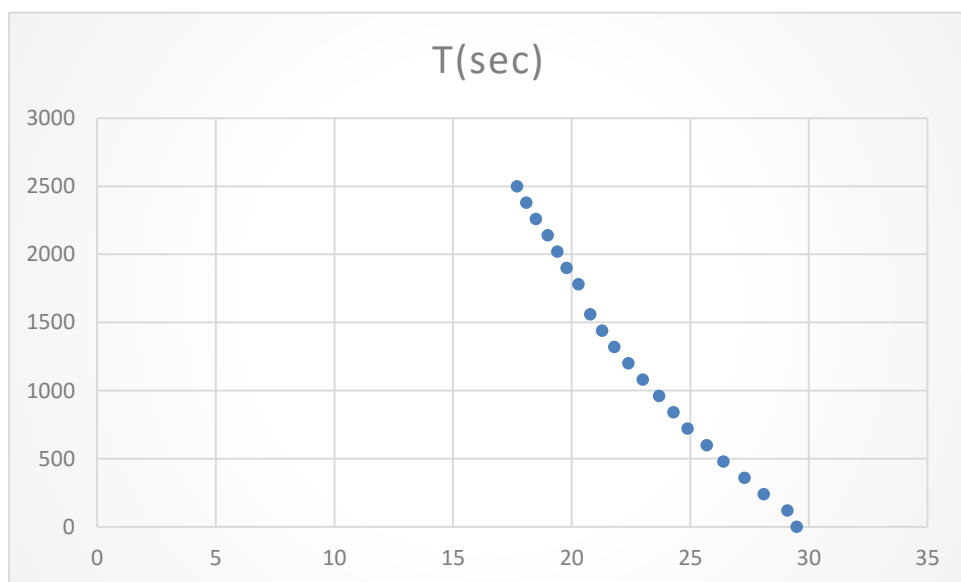


# Κεφάλαιο 9

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Στο σημείο αυτό, παρουσιάζονται αναλυτικά οι μετρήσεις, οι οποίες αναφέρονται σε ψύξη της δεξαμενής και λήφθηκαν ανά δύο λεπτά.

$\theta(^{\circ}\text{C})$	T(sec)
29,5	0
29,1	120
28,1	240
27,3	360
26,4	480
25,7	600
24,9	720
24,3	840
23,7	960
23	1080
22,4	1200
21,8	1320
21,3	1440
20,8	1560
20,3	1780
19,8	1900
19,4	2020
19	2140
18,5	2260
18,1	2380
17,7	2500



# Κεφάλαιο 10

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η πειραματική διαδικασία των μετρήσεων είχε ως εξής: λήφθηκαν μετρήσεις για θερμοκρασία με αρχική τιμή την  $\Theta_1=29,5^{\circ}\text{C}$  και έπειτα κάθε δύο λεπτά. Μετά από 20 μετρήσεις, δηλαδή μετά από 40 λεπτά η θερμοκρασία ήταν  $\Theta_{20}=17,7^{\circ}\text{C}$ . Συμπεραίνουμε ότι ο μέσος όρος πτώσης της θερμοκρασίας ανά δύο λεπτά είναι  $0,58^{\circ}\text{C}$ . Οι μετρήσεις λήφθηκαν με θερμοκρασία περιβάλλοντος  $28,5^{\circ}\text{C}$  και πίεση  $1.013\text{hPa}$ . Είμαστε ικανοποιημένοι από την απόδοση και τη λειτουργία της εργαστηριακής διάταξης παρόλη την αυξημένη τιμή της θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Όσον αφορά τις μετρήσεις σε λειτουργία θέρμανσης δεν ήταν δυνατό να ληφθούν διότι η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν πάρα πολύ κοντά στην αρχική θερμοκρασία νερού του μπόιλερ ( $29,5^{\circ}\text{C}$ ) και την οριακή του θερμοστάτη ( $30^{\circ}\text{C}$ ).

Η διάταξη μπορεί να αξιοποιηθεί τόσο σε επίπεδο νερού χρήσης, όσο και για την θέρμανση- ψύξη χώρων. Ακόμα, για την πειραματική μελέτη της δυνατότητας των τεχνολογιών αντλιών θερμότητας ή ηλιακών θερμικών τεχνολογιών. Επιπροσθέτως, δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να εξετάσει την καταλληλότητα διάφορων τεχνολογιών μεταφοράς θερμότητας, όπως είναι το fan coil ή η ενδοδαπέδια θέρμανση.

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Χαρώνης, Π. : Μηχανολογικές Εγκαταστάσεις Κτιρίων,  
Αθήνα: Σύγχρονη Εκδοτική
- Καλδέλλης, Ι. : Εργαστηριακές Εφαρμογές Ηπίων Μορφών ενέργειας,  
Αθήνα: Σταμούλης
- Κ.Σ. Νίκας : «Αρχές της μετάδοση της θερμότητας 1»
- Κ.Σ. Νίκας : «Αρχές της μετάδοση της θερμότητας 2»
- Πτυχιακή εργασία: « Πειραματική αξιολόγηση απόδοσης συστήματος  
αντλίας θερμότητας για θέρμανση νερού και χώρων»
- Πτυχιακή εργασία: « Ανάπτυξη εργαστηριακής διάταξης συστήματος  
τεχνολογιών θέρμανσης χώρου και νερού χρήσης με αντλία  
θερμότητας»
- [www.econews.gr](http://www.econews.gr)
- [www.cres.gr](http://www.cres.gr)
- [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)