



ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

Σχολή Μηχανικών, Τμήμα Μηχανικών
Παραγωγής και Διοίκησης
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στα
Εφαρμοσμένα Συστήματα Αυτοματοποίησης

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΑ
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ**

Διπλωματική Εργασία

**ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ (A/C) ΟΧΗΜΑΤΟΣ**

του

ΧΡΥΣΟΧΟΪΔΗ ΓΕΩΡΓΙΟΥ

Επιβλέπων Καθηγητής

Δημήτριος Τζιουρτζιούμης

Υποβλήθηκε ως απαιτούμενο για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος
Ειδίκευσης στα Εφαρμοσμένα Συστήματα Αυτοματοποίησης

Θεσσαλονίκη, Σεπτέμβριος 2022



Η παρούσα Διπλωματική Εργασία καλύπτεται στο σύνολό της νομικά από δημόσια άδεια πνευματικών δικαιωμάτων Creative Commons:

Αναφορά Δημιουργού - Μη Εμπορική Χρήση - Παρόμοια Διανομή



Μπορείτε να:

- **Μοιραστείτε:** αντιγράψετε και αναδιανέμετε το παρόν υλικό με κάθε μέσο και τρόπο
- **Προσαρμόστε:** αναμείξτε, τροποποιήστε και δημιουργήστε πάνω στο παρόν υλικό

Υπό τους ακόλουθους όρους:

- **Αναφορά Δημιουργού:** Θα πρέπει να καταχωρίσετε αναφορά στο δημιουργό, με σύνδεσμο της άδειας, και με αναφορά αν έχουν γίνει αλλαγές. Μπορείτε να το κάνετε αυτό με οποιονδήποτε εύλογο τρόπο, αλλά όχι με τρόπο που να υπονοεί ότι ο δημιουργός αποδέχεται το έργο σας ή τη χρήση που εσείς κάνετε.
- **Μη Εμπορική Χρήση:** Δε μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το υλικό για εμπορικούς σκοπούς.
- **Παρόμοια Διανομή:** Αν αναμείξετε, τροποποιήσετε, ή δημιουργήσετε πάνω στο παρόν υλικό, πρέπει να διανείμετε τις δικές σας συνεισφορές υπό την ίδια άδεια CreativeCommonsόπως και το πρωτότυπο.

Αναλυτικές πληροφορίες νομικού κώδικα στην ηλεκτρονική διεύθυνση:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode>

Περιεχόμενα

Υπεύθυνη Δήλωση	3
Περίληψη	4
1.Εισαγωγή	5
2.Σύστημα ψύξης.....	6
2.1. Ο Κύκλος Ψύξης.....	8
2.2. Διαγράμματα φάσεων για τη μελέτη των Κύκλων.....	10
2.3. Ο ιδανικός κύκλος ψύξης	12
2.4. Η πραγματική συμπεριφορά ενός κύκλου ψύξης.....	14
2.5.Παραστάσεις ενός κύκλου ψύξης	16
2.6.Το ψυκτικό υγρό.....	18
3.Σύσταση και περιγραφή της πειραματικής μονάδας T66D/1	20
3.1.Περιγραφή συστήματος ψύξης / θέρμανσης.....	20
3.2. Σύσταση	24
3.2.1. Ο συμπιεστής	24
3.2.2. Ηλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης	32
3.2.3. Ο συμπυκνωτής	34
3.2.4. Το φίλτρο αφύγρανσης	37
3.2.5. Στραγγαλιστικά Μέσα	41
3.2.6. Ο εξατμιστής.....	44
3.2.7. Διάφορα εξαρτήματα.....	48
3.2.8. Όργανα μέτρησης	48
3.2.9. Πίνακας ελέγχου	50
4.Εκκίνηση και προετοιμασία για περιόδους αδράνειας.....	52
4.1.Εκκίνηση της διάταξης.....	52
4.2.Προετοιμασία για περιόδους αδράνειας.....	52
4.3.Συντήρηση	52
5.Ασκήσεις.....	56
5.1.Άσκηση 1.....	56
5.2.Άσκηση 2.....	58
5.3.Άσκηση 3.....	61
5.4. Άσκηση 4.....	67
Συμπεράσματα	70
Βιβλιογραφία	71

Υπεύθυνη Δήλωση

Με ατομική μου ευθύνη και γνωρίζοντας τις κυρώσεις που προβλέπονται από τον Κανονισμό Σπουδών του Μεταπτυχιακού Προγράμματος στα Εφαρμοσμένα Συστήματα Αυτοματοποίησης του Διεθνούς Πανεπιστημίου Ελλάδος, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

- Η παρούσα Διπλωματική Εργασία αποτελεί έργο αποκλειστικά δικής μου δημιουργίας, έρευνας, μελέτης και συγγραφής.
- Για τη συγγραφή της Διπλωματικής μου Εργασίας δεν χρησιμοποίησα ολόκληρο ή μέρος έργου άλλου δημιουργού ή τις ιδέες και αντιλήψεις άλλου δημιουργού χωρίς να γίνεται σαφής αναφορά στην πηγή προέλευσης(βιβλίο, άρθρο από επιστημονικό περιοδικό, ιστοσελίδα, εγχειρίδιο χρήσης, κλπ.).

Θεσσαλονίκη, Σεπτέμβριος, 2022

Ο Δηλών: Γεώργιος Χρυσοχοΐδης

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να παρουσιαστεί η λειτουργία των συστημάτων ψύξης / θέρμανσης και να γίνει κατανοητός ο τρόπος και η διαδικασία που ακολουθείται ώστε να επιτευχθεί η ψύξη σε κλιματιστικό αυτοκινήτου. Εδώ και αρκετά χρόνια τα συστήματα ψύξης αλλά και θέρμανσης, χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία, στα οικήματα και στα μεταφορικά μέσα. Ανεξαιρέτως όμως τη χρηστικότητα αλλά και την πολυπλοκότητα των συστημάτων, υπάρχουν κοινά σημεία. Πιο συγκεκριμένα, η θέρμανση γίνεται μέσω του ψυκτικού ρευστού του κινητήρα και η ψύξη ολοκληρώνεται από ψυκτική μονάδα που αντλεί κίνηση από τη μηχανή εσωτερικής καύσης του οχήματος.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζονται τα εξαρτήματα που συνθέτουν μια ψυκτική μονάδα (συμπιεστής, συμπυκνωτής, εξατμιστής, αφυγραντήρας, βαλβίδα εκτόνωσης) και συγκεκριμένα ο τρόπος λειτουργίας της πειραματικής ψυκτικής μονάδας T66D/1.

Η προαναφερθείσα μονάδα βρίσκεται στο χώρο εργαστηρίων του Διεθνούς Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, του τμήματος Οχημάτων, όπου πραγματοποιήθηκαν πειράματα και ασκήσεις για να διαπιστωθεί η ορθή χρήση της. Επιπρόσθετα, έχουν διατυπωθεί όλα τα αποτελέσματα των μετρήσεων που έλαβαν χώρα κατά τη διαδικασία των ασκήσεων και τα σχεδιαγράμματά τους.

Λέξεις κλειδιά: συστήματα ψύξης / θέρμανσης, ψυκτική μονάδα T66D, κύκλος ψύξης, κλιματισμός αυτοκινήτου

1.Εισαγωγή

Η εκπαιδευτική μονάδα air condition T66D έχει σχεδιαστεί για να παρουσιάζει τα κυριότερα θέματα που σχετίζονται με ένα σύστημα ελέγχου θερμοκρασίας στις εφαρμογές οχημάτων. Η μονάδα έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να συνδυάζει τόσο τις θεωρητικές γνώσεις (οι φοιτητές πρέπει να γνωρίζουν τα βασικά σημεία της θεωρίας της ψύξης) μα και τις πραγματικές (κυκλώματα και εξαρτήματα).

Τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται στην μονάδα είναι τα ίδια με αυτά που χρησιμοποιούνται σε συστήματα ελέγχου θερμοκρασίας των πραγματικών οχημάτων. Με αυτόν τον τρόπο οι φοιτητές μαθαίνουν να αναγνωρίζουν τα διάφορα εξαρτήματα και να αναγνωρίζουν τις αιτίες των πιθανών σφαλμάτων.

Το σύστημα ψύξης χρησιμοποιεί τρία βασικά εξαρτήματα, έναν συμπιεστή, έναν συμπυκνωτή και έναν εξαμιστή. Ειδικότερα ο συμπιεστής οδηγείται, μέσω ηλεκτρομαγνητικού συμπλέκτη από έναν ηλεκτρικό κινητήρα μεταβλητών στροφών που προσομοιάζει την πραγματική λειτουργία του κινητήρα σε διαφορετικές στροφές rpm.

Ένα μικρό κουτί προσομοιάζει την καμπίνα του οχήματος όπου μπορούν να αναπαραχθούν συνθήκες καλοκαιριού, δηλαδή οι τυπικές συνθήκες στις οποίες χρησιμοποιείται το air condition. Με την βοήθεια ενός θερμικού ανεμιστήρα που θερμαίνει το τοίχωμα αλουμινίου το οποίο με την σειρά του μεταδίδει την θερμότητα στο εσωτερικό του κουτιού μέσω αγωγής. Ένας ακόμα θερμικός ανεμιστήρας θερμαίνει τον αέρα που περνά μέσα από τον συμπυκνωτή του ψυκτικού υγρού έτσι ώστε να προσομοιωθούν οι συνθήκες κοντά στην μηχανή του οχήματος.

Η μονάδα είναι επίσης εξοπλισμένη με μια δεξαμενή ελεγχόμενη από θερμοστάτη, η λειτουργία της οποίας είναι να παράγει ζεστό νερό (αντικαθιστά το ψυγείο) και μια αντλία ανακύκλωσης του νερού. Αυτά τα εξαρτήματα προσομοιάζουν τις λειτουργίες αυτού του μέρους του συστήματος που είναι υπεύθυνο για την θέρμανση του εσωτερικού του οχήματος.

2.Σύστημα ψύξης

Με τον όρο «σύστημα ψύξης» εννοούμε ένα σύστημα μηχανών, μέσω των οποίων είναι δυνατή η άντληση θερμότητας από μια κρύα πηγή και η μείωση της θερμοκρασίας του, κάτω από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, αφού με τον όρο «ψύξη» εννοείται ότι ένα σώμα αντλεί θερμότητα από το ίδιο το σώμα.

Δεν παράγουμε κρύο (αν και αυτή η έκφραση χρησιμοποιείται περισσότερο και ακατάλληλα), αλλά αφαιρούμε τη θερμότητα.

Το σύστημα ψύξης είναι ένα μηχανήμα που είναι ικανό να διατηρεί ένα περιβάλλον, ένα ντουλάπι ή ένα δωμάτιο σε χαμηλότερη θερμοκρασία από αυτή της εξωτερικής ατμόσφαιρας. Αλλά, σε τι χρησιμεύει το κρύο και σε τι ο πάγος;

Είναι γνωστό εδώ και πολύ καιρό ότι κάθε οργανική ουσία, μετά από ένα χρονικό διάστημα υφίσταται φθορά. Μεταξύ των παλιών πολιτισμών, το εμπόριο των μπαχαρικών ήταν πολύ πλούσιο, και τα χρησιμοποιούσαν για να συγκαλύψουν τις αλλαγές των τροφών στη γεύση και στην οσμή, καθώς είχε περάσει πολύς καιρός από την παραγωγή τους.

Από τα πολύ παλιά χρόνια, ο άνθρωπος είχε αντιληφθεί ότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα οι διαδικασίες εκφύλισης των τροφών ήταν πιο αργές και ως εκ τούτου, ήταν δυνατό να χρησιμοποιήσει πάγο για να την επιβραδύνει ακόμα περισσότερο.

Τώρα, γνωρίζουμε ότι το κρύο έχει την ιδιότητα να επιβραδύνει τις ζωτικές λειτουργίες των βακτηρίων που είναι υπεύθυνα για την αλλοίωση της τροφής.

Σε κάθε οργανική παρουσία υπάρχουν βακτήρια που προκαλούν αποικοδόμηση, ιδιαίτερα αυτά που βρίσκονται στα τρόφιμα και αυτά που είναι απαραίτητα για τη διατήρησή τους.

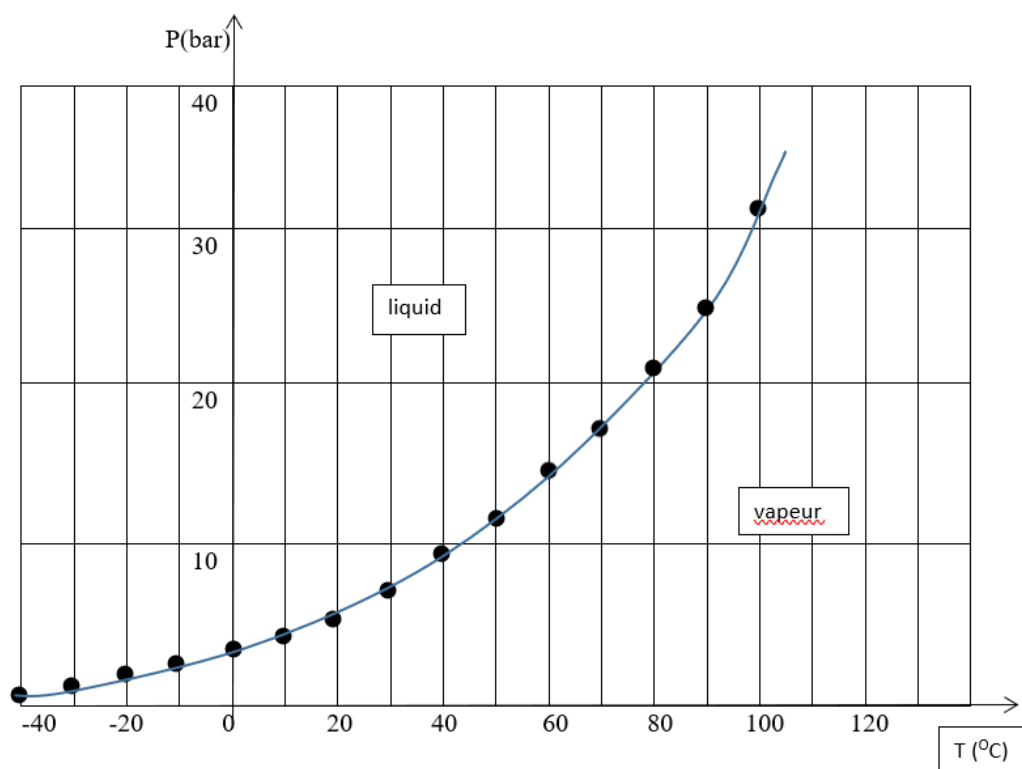
Η δραστηριότητα της ζύμωσης επηρεάζεται από τη θερμοκρασία. Για κάθε βακτήριο, υπάρχει μια θερμοκρασία στην οποία είναι οι καλύτερες συνθήκες για ζωή και θερμοκρασίες ελάχιστες και μέγιστες στις οποίες τερματίζεται η δραστηριότητά τους. Μία μείωση κάτω από την ιδανική θερμοκρασία, μειώνει αισθητά τη δραστηριότητά τους. Αυτή η επιβράδυνση της δραστηριότητας είναι η βάση της διαδικασίας διατήρησης μέσω της ψύξης.

Οι ψυκτικοί θάλαμοι, τα φορτηγά ψυγεία, τα ψυγεία των καταστημάτων και οι οικιακοί καταψύκτες αποτελούν αυτό που κοινώς αποκαλείται «ψυχρή αλυσίδα», δηλαδή ένα αδιάκοπο σύστημα για τη διατήρηση των τροφίμων. Ένα τέτοιο σύστημα είναι σήμερα απαραίτητο για τη διαχείριση των πόρων των τροφίμων σε όλο τον κόσμο.

Κατά τη διάρκεια του 19^{ου} αιώνα υπήρξαν πολλές προσπάθειες να κατασκευαστούν μηχανές ικανές να παράγουν πάγο, αλλά έμοιαζαν περισσότερο με επιστημονικά πειράματα που δε θα μπορούσαν να φτάσουν στο εμπόριο.

2.1. Ο Κύκλος Ψύξης

Το σημείο βρασμού ενός υγρού εξαρτάται από την πίεση, όπως φαίνεται για παράδειγμα στο σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1. Καμπύλη τάσης ατμού για H_2O

Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι το ψυχρό υγρό μπορεί να βράσει για παράδειγμα στους 20°C , εάν η πίεσή του είναι μικρότερη από ένα bar.

Επομένως, εάν ένας συμπιεστής προσλαμβάνει έναν ατμό που βρίσκεται σε ισορροπία με το υγρό του μέσα σε μια δεξαμενή(τον εξατμιστή), μέχρι το σημείο που η πίεση είναι μικρότερη από ένα bar, το ψυχρό ρευστό στην υγρή του κατάσταση μπορεί να βράσει σε χαμηλή θερμοκρασία.

Για να μετατραπεί ένα υγρό σε ατμό σε μια δεδομένη θερμοκρασία είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί μια καλά καθορισμένη ποσότητα θερμότητας, δηλαδή η ενθαλπία εξάτμισης h .

Για παράδειγμα, για να μετατρέψετε 1kg νερού στους 100°C σε 1kg ατμού στους 100° C, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσετε 2256kJ.

Ο ατμός μπορεί επίσης να συμπυκνωθεί σε σχετικά υψηλή θερμοκρασία, μέχρι να μην ξεπεράσει μια χαρακτηριστική τιμή για κάθε ψυχρό υγρό, δηλαδή το κρίσιμο σημείο. Στην περίπτωση αυτή ο ατμός που συμπυκνώνεται επιστρέφει ως θερμότητα είτε την ενθαλπία εξάτμισης είτε το έργο συμπίεσης L_c .

2.2. Διαγράμματα φάσεων για τη μελέτη των Κύκλων

Για την κατανόηση του κύκλου είναι χρήσιμο να χρησιμοποιηθεί η θερμοκρασία – εντροπία (T, s) και τα διαγράμματα ενθαλπίας- πίεσης ($h, \log p$).

Ας εξετάσουμε σε ένα διάγραμμα θερμοκρασίας- εντροπίας (T, s) -(για μια γενική περιγραφή των εννοιών που χρησιμοποιούνται σε αυτή τη συζήτηση, είναι προτιμότερο να ανατρέξουμε σε ένα βιβλίο θεμάτων θερμοδυναμικής) – έναν κύκλο ενός ψυχρού συστήματος, που περιγράφει έναν ιδανικό αναστρέψιμο κύκλο Carnot.

Σε αυτό τον κύκλο, που πραγματοποιείται μεταξύ της θερμής πηγής στη θερμοκρασία T_{hot} και της ψυχρής πηγής στη θερμοκρασία T_{cold} , το συμπιεσμένο ψυκτικό υγρό, η κατάσταση του οποίου αντιπροσωπεύεται από το σημείο 1, διαστέλλεται με μη αναστρέψιμο τρόπο κατά μήκος της αδιαβατικής γραμμής 1-2 (δηλαδή, χωρίς εναλλαγή θερμότητας με το εξωτερικό).

Η θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού μειώνεται από T_1 , σε T_2 .

Στη συνέχεια, το ψυκτικό υγρό υποβάλλεται σε ισοθερμική διαστολή 2-3, κατά μήκος της ισοθερμικής γραμμής T_2 (δηλαδή σε σταθερή θερμοκρασία), κατά την οποία παρέχεται θερμότητα από την ψυχρή πηγή:

$$q_2 = T_2 (s_3 - s_2)$$

Ξεκινώντας από το σημείο 3, το ψυκτικό υγρό υποβάλλεται σε αδιαβατική συμπίεση από T_2 , σε T_1 .

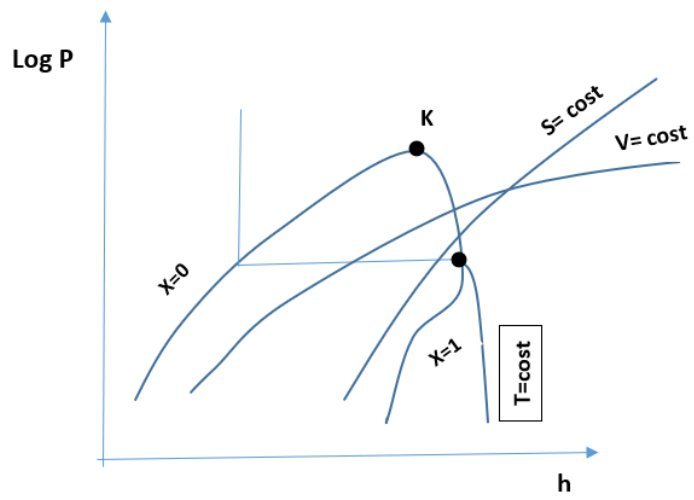
Στη συνέχεια, στο T_1 ξεκινά ένας ισοθερμικός μετασχηματισμός, κατά τον οποίο το ψυκτικό ρευστό αποδίδει μια ορισμένη ποσότητα θερμότητας στη θερμή πηγή:

$$q_1 = T_1 (s_4 - s_1)$$

Χάρη στην αποδιδόμενη θερμότητα, ο ειδικός όγκος του ψυκτικού υγρού μειώνεται και το τελευταίο επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση, στάδιο 1, και ο κύκλος ξεκινά από την αρχή.

Το έργο του κύκλου είναι ίσο με:

$$l_{cycle} = q_1 - q_2 = (T_1 - T_2) (s_3 - s_2)$$

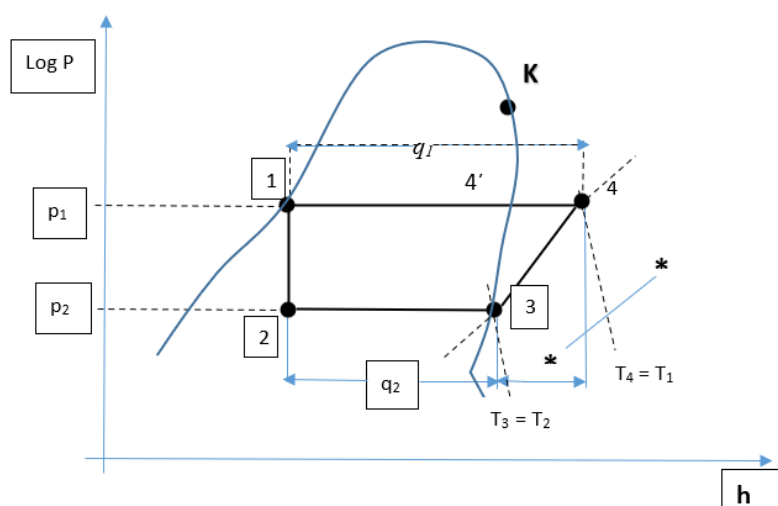


Σχήμα 2.2. Διάγραμμα ($h, \log p$)

2.3. Ο ιδανικός κύκλος ψύξης

Ας ακολουθήσουμε τώρα τη συμπεριφορά ενός ιδανικού κύκλου στο διάγραμμα $\log P, h$. Απεικονίζεται στο διάγραμμα 2.3.

Ξεκινώντας από το σημείο 3, ο συμπιεστής συμπιέζει τον ατμό του ψυκτικού υγρού, στην ιδανική περίπτωση, κατά μήκος ισοεντροπικής γραμμής μέχρι το σημείο 4, αυξάνοντας τη θερμοκρασία του από T_3 στο T_4 . Τότε, οι ατμοί συμπυκνώνονται από το σημείο 4 έως το σημείο 1, αποδίδοντας τη θερμότητα Q_1 στη σημειακή πηγή.



Σχήμα 2.3 Ιδανικός κύκλος ψύξης

Από το σημείο 1 έως το σημείο 2 ακολουθεί η διαστολή, κατά μήκος ισοenthalπικής γραμμής, με ψύξη στο T_3 , με αύξηση της εντροπίας.

Από το σημείο 2 έως το σημείο 3 έχουμε την εξάτμιση του ψυκτικού υγρού, με την αφαίρεση της θερμότητας q_2 από την ψυχρή πηγή.

Ο μετασχηματισμός 1-2, ο οποίος στην περίπτωση του κύκλου Carnot θεωρείται ότι είναι μια αδιαβατική γραμμή, με επέκταση και παραγωγή έργου, στην περίπτωση αυτή λαμβάνεται υπό την έννοια ενός στοιχείου που παρεμποδίζει τη διαδικασία, καθώς η κατασκευή μιας μηχανής διαστολής με κορεσμένο υγρό είναι ένα αρκετά δύσκολο πρόβλημα.

Επομένως, η διαστολή γίνεται χωρίς εξωτερική εργασία.

Σε τέτοιου είδους διαστολή, έχουμε μείωση της θερμοκρασίας. Επομένως, στη διαστολή από p_1 σε p_2 , η ενθαλπία παραμένει σταθερή, αλλά η θερμοκρασία μειώνεται από T_1 σε T_2 , με αφαίρεση της απαραίτητης θερμότητας για να εξατμιστεί μέρος του υγρού, ενώ η εντροπία αυξάνεται.

Αυτή η επέκταση αντιπροσωπεύει ένα τυπικό παράδειγμα ενός μη αναστρέψιμου μετασχηματισμού και η αναπαράστασή του είναι καθαρά συμβατική, αφού δε θα μπορούσε να αναπαρασταθεί αυστηρά σε ένα διάγραμμα φάσης.

2.4. Η πραγματική συμπεριφορά ενός κύκλου ψύξης

Φυσικά, ένας πραγματικός κύκλος ψύξης είναι διαφορετικός από αυτόν που φαίνεται στο σχήμα 2.3, με μια μείωση της αποτελεσματικότητας του ίδιου του κύκλου.

Οι αιτίες μιας τέτοιας μείωσης εντοπίζονται στις απώλειες πίεσης είτε στον εξατμιστή είτε στον συμπυκνωτή, που καθορίζουν την κάμψη της ευθείας γραμμής. Επιπλέον, οι απώλειες πίεσης εντός των βαλβίδων, στον αγωγό υπό πίεση και στον αγωγό εισαγωγής του συμπιεστή παραμορφώνουν τη γραμμή συμπίεσης, η οποία προκύπτει ως μια πολυτροπική καμπύλη με μεταβλητό εκθέτη.

Ο ατμός του εισερχόμενου ψυχρού υγρού βρίσκεται αρχικά σε χαμηλότερη θερμοκρασία από αυτήν του τοιχώματος του κυλίνδρου, στο οποίο επομένως αποδίδει θερμότητα, ώστε να υπάρχει ένα σημείο μέσα για να βγει ο μετασχηματισμός αδιαβατικός.

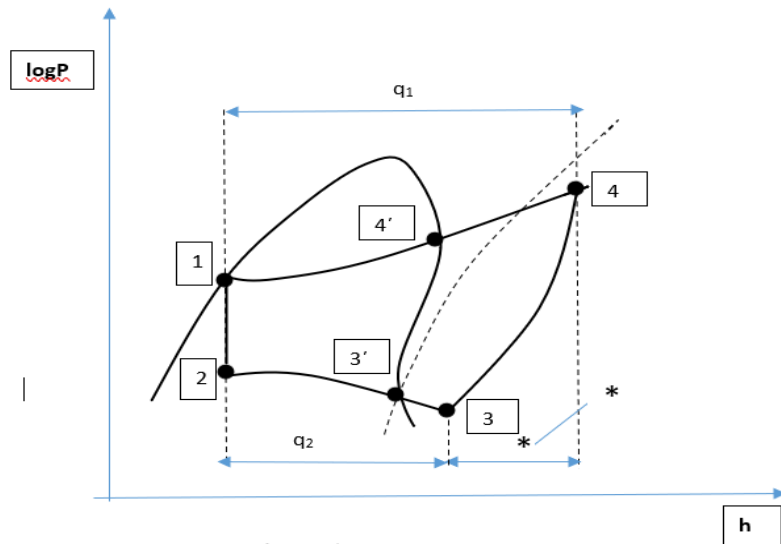
Αυτές οι εκτιμήσεις ισχύουν εάν η θερμοκρασία των ατμών είναι αισθητά χαμηλότερη από αυτή του συμπιεστή και η θερμοκρασία συμπύκνωσης είναι αισθητά πάνω από αυτήν. Κανονικά, αυτές οι υποθέσεις ισχύουν.

Επιπλέον, για να μην προσλαμβάνει υγρό ο συμπιεστής, είναι απαραίτητο να υπάρχει μια ελαφρά υπερθέρμανση των εισερχόμενων ατμών.

Οι εκτιμήσεις μας φέρνουν στον πραγματικό κύκλο που φαίνεται στο σχήμα 2.4.

Στο σχήμα 2.4 το τμήμα 3-4 αντιπροσωπεύει την πραγματική συμπεριφορά της συμπίεσης και στο τμήμα 4-4' την υπερθερμαντική ενθαλπία. Η ποσότητα του τελευταίου εξαρτάται από το χρησιμοποιούμενο ψυχρό υγρό και από το σχήμα του διαγράμματος φάσης.

Στον πραγματικό κύκλο η εντροπία αυξάνεται λόγω των μη αναστρέψιμων διεργασιών (απώλειες θερμοκρασίας, απώλειες πίεσης κ.τ.λ.), και επομένως η αποτελεσματική ενθαλπία υπερθέρμανσης δίνεται από την ενότητα 4-4' του σχήματος 2.4.



Σχήμα 2.4. Πραγματικός κύκλος ψύξης

2.5. Παραστάσεις ενός κύκλου ψύξης

Σε έναν ψυχρό κύκλο, μπορούμε να έχουμε δύο αποτελέσματα, το ένα στον εξάτμιστή, δηλαδή την ποσότητα θερμότητας που αφαιρείται από την ψυχρή πηγή, και το άλλο στον συμπυκνωτή, δηλαδή τη θερμότητα που αποδίδεται στη θερμή πηγή.

Επομένως, θα μιλήσουμε για ψυχρή απόδοση στην πρώτη περίπτωση και για απόδοση αντλίας θερμότητας στη δεύτερη: COP (συντελεστής απόδοσης). Και στις δύο περιπτώσεις ορίζεται ο λόγος της χρησιμότερης επίδρασης ως θερμική ισχύς και της κινητήριας ισχύος που δαπανάται ως εργασία.

Αν σκεφτούμε έναν ιδανικό κύκλο Carnot, οι αποδόσεις είναι (οι θερμοκρασίες είναι σε K, δηλαδή ($^{\circ}\text{C} + 273$)), όπως παρουσιάζονται παρακάτω

$$\varepsilon_c = \frac{q_2}{I_{\text{cycle}}} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

Τα ε λαμβάνονται μέσω συστημάτων που περιγράφουν πραγματικούς και όχι ιδανικούς κύκλους όπως του Carnot που έχουν χαμηλότερες τιμές. Η μείωση στα αξονικά συστήματα οφείλεται στις αναπόφευκτες απώλειες που προκαλούνται από τη μη αναστρέψιμη μετατροπή που επαληθεύεται στα διάφορα στοιχεία της μηχανής.

Όπως προκύπτει από την έκφραση του ε , και λαμβάνοντας υπόψη πως το I_{cycle} δεν μπορεί να κάνει τίποτα αλλά αναπτύσσεται, όπως η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας εξάτμισης και της συμπύκνωσης αυξάνεται, η ε μειώνεται με τη μείωση της θερμοκρασίας της ψυχρής πηγής.

Η ψυχρή επίδραση του κύκλου Carnot επομένως δεν εξαρτάται από κάτι άλλο, παρά μόνο από τις θερμοκρασίες εξάτμισης και συμπύκνωσης, και παραμένει το ίδιο για κάθε ψυκτικό υγρό.

Ουσιαστικά, το πραγματικό ε εξαρτάται από το ψυκτικό υγρό, και η σχέση μεταξύ ε_c και ε δεν είναι απλή. Αυτό υποδηλώνεται μέσω ενός ποιοτικού παράγοντα

του κύκλου που ονομάζεται αποδοτικότητα, και το οποίο εκφράζει κατά πόσο ο πραγματικός κύκλος πλησιάζει τον ιδανικό κύκλο του Carnot:

$$\varepsilon_c = \varepsilon * \Phi$$

Λαμβάνονται υπόψιν όλες οι αποδόσεις, δηλαδή του εξατμιστή με το υγρό στην ψυχρή θερμοκρασία (T_{cold}), του ενός στον συμπυκνωτή με το υγρό στη θερμοκρασία T_{hot} και εκείνου στους ακροδέκτες του ηλεκτροκινητήρα. Έτσι, προκύπτει ότι είναι προϊόν των ακολούθων αποδόσεων :

1. Μηχανική απόδοση : η_1
2. Θερμοδυναμική απόδοση: η_2
3. Απόδοση ηλεκτρικού κινητήρα: η_3

2.6. Το ψυκτικό υγρό

Γενικότερα, είναι αποδεκτό βάσει σχεδιαγραμμάτων ότι η θερμότητα που αφαιρείται από την ψυχρή πηγή μεγαλώνει, όσο μεγαλώνει η διαφορά των τιμών $h_5 - h_2$. Προκύπτει ότι για τον ίδιο ρυθμό ροής του ψυκτικού υγρού, η ψυκτική ισχύς αυξάνεται με την αύξηση της εξατμισής θερμότητας r' του ψυκτικού υγρού.

Ένα άλλο κριτήριο είναι αυτό που καθορίζεται από το συγκεκριμένο σχήμα του διαγράμματος ($h, \log p$) του υπό εξέταση ρευστού, το οποίο για ορισμένες θερμοκρασίες λειτουργίας T_1, T_2 , καθορίζει την τιμή της πίεσης και τέλος την αναλογία πίεσης μεταξύ του συμπυκνωτή και του εξατμιστή p_c / p_v , καθορίζοντας έτσι το κόστος του συμπιεστή.

Μια άλλη παράμετρος για την επιλογή είναι ο ειδικός όγκος του ατμού, ο οποίος καθορίζει για μια δεδομένη απαιτούμενη θερμική ισχύ, τη μετατόπιση του συμπιεστή και επομένως το κόστος του, είτε οικονομικό, είτε ενεργειακό, μειώνοντας την απόδοση.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το κριτήριο που χρησιμοποιείται για την επιλογή του ψυκτικού υγρού είναι ο βαθμός επικινδυνότητας του ίδιου του υγρού.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα προαναφερθέντα κριτήρια, για πολλά χρόνια στα συστήματα ψύξης χρησιμοποιούνταν αλογονωμένοι υδρογονάνθρακες (η αμμωνία NH_3 , εξακολουθεί να χρησιμοποιείται για τεράστιες εγκαταστάσεις συμπιεστών και κύκλους απορρόφησης), που υποδηλώνεται με το όνομα Freon.

Για την εξατομίκευσή τους, χρησιμοποιούνται αρχικά, όπως R134a.

Στον πίνακα 2.5 δίνεται η ταξινόμηση σε ομάδες τοξικότητας των ίδιων των υγρών, σύμφωνα με την αμερικανική ταξινόμηση : Η ομάδα 1 χαρακτηρίζεται από τη μέγιστη τοξικότητα, ενώ η ομάδα 6 από την ελάχιστη.

Ομάδα τοξικότητας	Συγκέντρωση όγκου στον αέρα (%)	Αποτέλεσμα	Διάρκεια του αποτελέσματος	Χημική φόρμουλα	Όνομα
1	0.5 ÷ 1	Θανάσιμα	5 λεπτά	SO ₂	Διοξείδιο του θείου
2	0.5 ÷ 1	Θανάσιμα	60 λεπτά	NH ₃ CH ₃ Br	Αμμωνία Βρωμιούχο μεθύλιο
3	2÷2.5	Θανάσιμα ή μόνιμες βλάβες	1 ώρα	CHCl ₃ CCl ₄	Χλωροφόρμιο Τετραχλωράνθρακας
4	2÷2.5	Επιβλαβείς	2 ώρες	CH ₃ Cl C ₂ H ₅ C ₁	Μεθυλοχλωρίδιο Αιθυλοχλωρίδιο
4a	Αισθητά λιγότερο τοξικά από την ομάδα 4 & 5			C ₂ F ₃ C I ₃	R 113
5	Μέχρι 20	Χωρίς επιβλαβές αποτέλεσμα	2 ώρες	CO ₂ CCl ₃ F CHCl F ₂	Διοξείδιο του άνθρακα R 11 R 22
6	Πάνω από 20	Χωρίς συγκεκριμένο αποτέλεσμα	2 ώρες	C ₂ Cl ₂ F ₄ CCl ₂ F 2 CClF ₃ CBrF ₃	R 114 R 12 R 13 R 13 B 1

Πίνακας 2.5. Τοξικότητα κάποιων ψυκτικών υγρών

3. Σύσταση και περιγραφή της πειραματικής μονάδας T66D/1

3.1. Περιγραφή συστήματος ψύξης / θέρμανσης

Το σχήμα 3.1 δείχνει τις δυο όψεις της πειραματικής μονάδας T66D/1.



Σχήμα 3.1. Εμπρόσθια και οπίσθια όψη της εκπαιδευτικής μονάδας T66D

Το σύστημα ψύξης / θέρμανσης της μονάδας αποτελείται από διάφορα μέρη τα οποία διαδραματίζουν το καθένα το ρόλο του. Κάποια χρειάζονται για να ολοκληρωθεί ο ψυκτικός κύκλος ή ο κύκλος θέρμανσης, κάποια για να γίνει η εναλλαγή θερμότητας συστήματος- περιβάλλοντος και κάποια είναι βοηθητικά για τη σωστή λειτουργία του μηχανήματος.

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά στο κύκλωμα ψύξης/θέρμανσης της μονάδας, είναι όμοιο με αυτά που συναντώνται σε ένα επιβατικό αυτοκίνητο. Αντί του

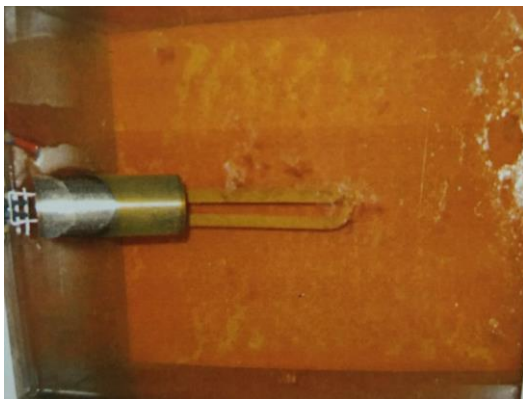
βενζινοκινητήρα, για την περιστροφή του συμπιεστή χρησιμοποιείται ένας ηλεκτροκινητήρας ο οποίος μεταφέρει την κίνηση με ιμάντα, ακριβώς όπως γίνεται και στα οχήματα. Για τη θέρμανση και την κυκλοφορία του νερού λόγω απουσίας κινητήρα, έχουμε μια δεξαμενή νερού (α) εντός της οποίας υπάρχει μια αντίσταση (γ) για τη θέρμανσή του και μια ηλεκτρική αντλία 220V(β) , για την κυκλοφορία του νερού από τη δεξαμενή στον εξατμιστή και ξανά πίσω στη δεξαμενή.



(α)

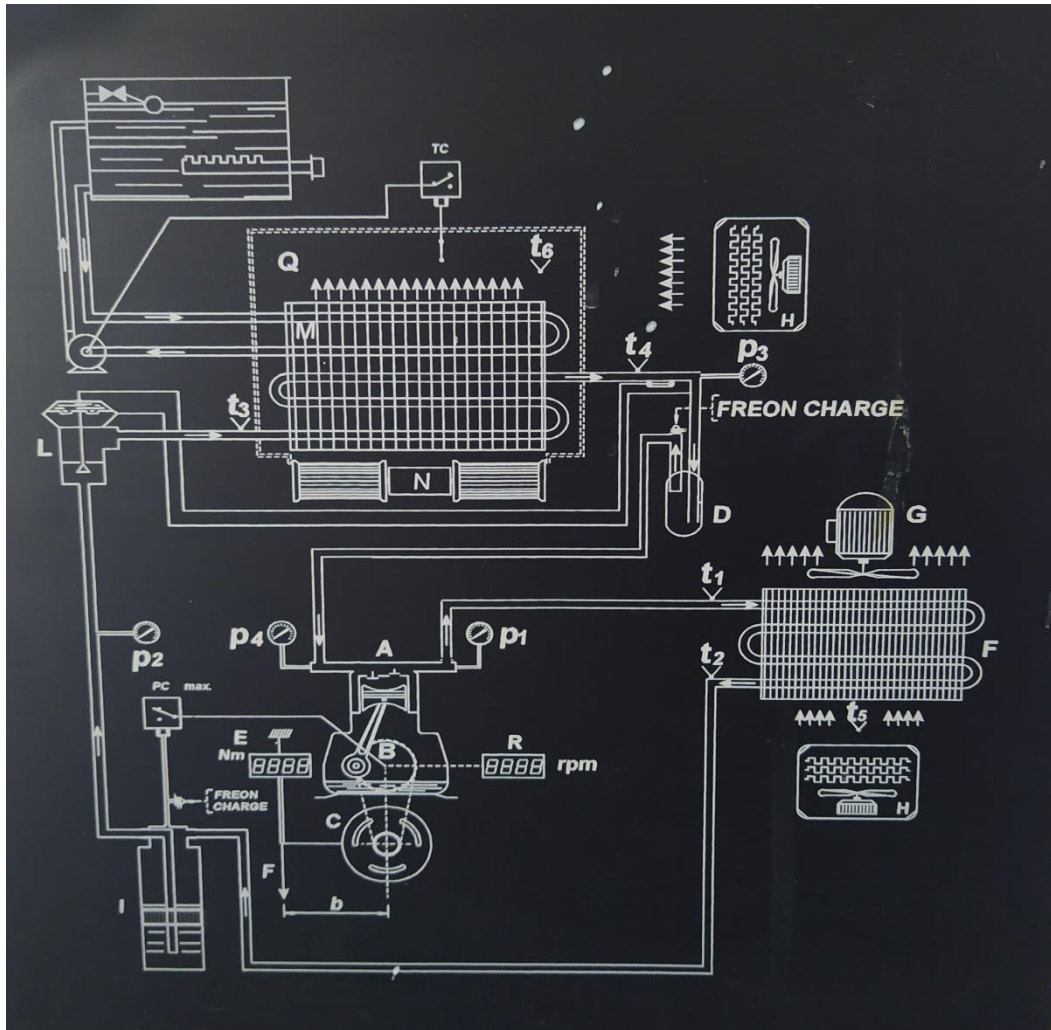


(β)



(γ)

Στο σχεδιάγραμμα 3.2. παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα μέρη του μηχανήματος και στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται λεπτομερής επεξήγηση της χρήσης τους.



Σχήμα 3.2. Διάγραμμα λειτουργίας

- A. Ανοιχτός συμπιεστής
- B. Ηλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης
- C. Ηλεκτρικός κινητήρας DC
- D. Διαχωριστής υγρών- Συσσωρευτής ψυκτικού ρευστού
- E. Ψηφιακός μετρητής ροπής
- F. Συμπυκνωτής αέρα
- G. Ηλεκτρικός ανεμιστήρας
- H. Θερμικός ανεμιστήρας
- I. Αφυγραντήρας/ Συλλέκτης (Φίλτρο)
- L. Αυτόματη εκτονωτική βαλβίδα
- M. Εξατμιστής και ψυγείο καλοριφέρ
- N. Ηλεκτρικός ανεμιστήρας
- p1-p4 Αισθητήρες πίεσης

Q. Καμπίνα επιβατών

R. Ψηφιακός μετρητής στροφών συμπιεστή

t1-t4 Θερμοζεύγη

3.2. Σύσταση

3.2.1. Ο συμπιεστής

Ο συμπιεστής αναρροφά το ρευστό ψύξης από τον εξατμιστή και το συμπιέζει στην πίεση λειτουργίας έτσι ώστε να δημιουργηθούν οι συνθήκες για να γίνει αλλαγή φάσης στον συμπυκνωτή. Πιο συγκεκριμένα, ο συμπιεστής αναρροφά ψυκτικό ρευστό όταν είναι σε αέρια κατάσταση, με χαμηλή πίεση και θερμοκρασία και το μετατρέπει σε ατμό με υψηλή πίεση και θερμοκρασία.

Οι συμπιεστές στα συστήματα ψύξης είναι συνήθως φτιαγμένοι από ένα συνδυασμό αλουμινίου (πιστόνια και σύνδεσμοι), χυτοσιδήρου (κεφαλή και στήριγμα) και χάλυβα (ρουλεμάν, πείροι κλπ.). {βλ. τύπος συμπιεστή εικόνα 3.3.}



Εικόνα 3.3. Τύπος συμπιεστή

Οι συμπιεστές που χρησιμοποιούνται στα συστήματα των αυτοκινήτων είναι συνήθως παλινδρομικοί ή περιστροφικοί.

Η πειραματική μονάδα T66D χρησιμοποιεί συμπιεστή παλινδρομικού τύπου με αξονικά ταλαντευόμενο δίσκο τύπου SANDEN S5016. Διαθέτει ηλεκτρομαγνητικό συμπλέκτη του οποίου η σύμπλεξη σε πρώτη φάση γίνεται μαζί με την έναρξη του ανεμιστήρα που είναι μέσα στον εξατμιστή, μόνο όταν το μοντέλο

λειτουργεί στην ψύξη. Το ψυκτικό υγρό που διαχέεται είναι το R134a, του ακολουθεί έναν πραγματικό κύκλο ψύξης.

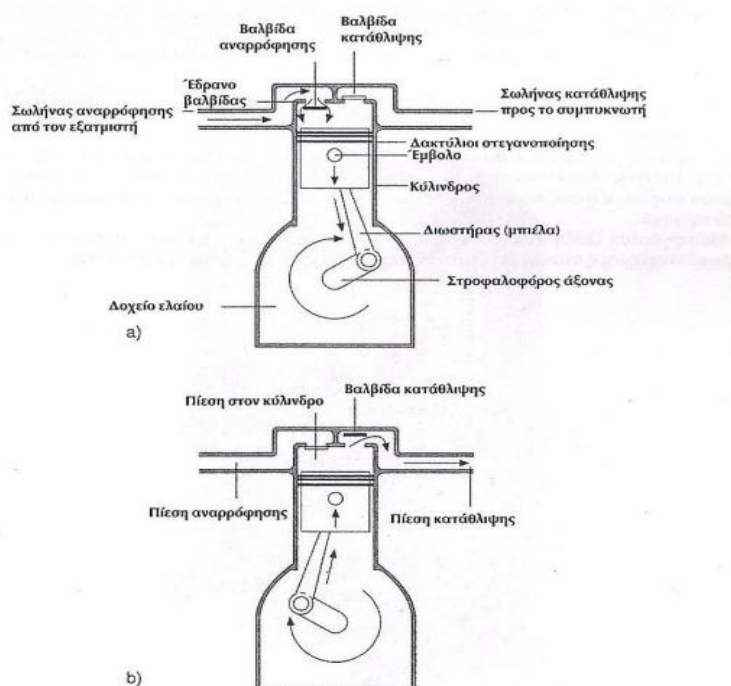
Υπάρχουν όμως και άλλα είδη συμπιεστών, τα οποία παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά.

A. Παλινδρομικοί ή εμβολοφόροι συμπιεστές

Οι συγκεκριμένοι συμπιεστές είναι αρκετά κοινότυποι, απλοί στην κατασκευή και έχουν χαμηλό κόστος αγοράς. Έχουν μεγάλο όγκο συμπίεσης και η απόδοσή τους είναι ικανοποιητική σε φάση κατάθλιψης, παρέχοντας ισχύ από 0,1 έως 100 HP. Η χρήση τους γίνεται κατά βάση σε εγκαταστάσεις μικρού ή μεσαίου μεγέθους. Στον παλινδρομικό συμπιεστή ένα ή περισσότερα έμβολα κινούνται στο εσωτερικού του κυλίνδρου, επιτρέποντας την αναρρόφηση και τη συμπίεση του ψυκτικού ρευστού, το οποίο εισέρχεται σε μορφή ατμού.

Όπως φαίνεται στην εικόνα ο εμβολοφόρος συμπιεστής αποτελείται από τον στροφαλοφόρο άξονα, το διωστήρα (μπιέλα), το έμβολο με τα ελάσματα, τον κύλινδρο, τις βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης, την κεφαλή, τις φλάντζες, τους σιγαστήρες, το περίβλημα και τις εξωτερικές βαλβίδες ελέγχου.

Στην εικόνα 3.4 παρουσιάζεται ένας συμπιεστής με έμβολα σε φάση αναρρόφησης και κατάθλιψης, δηλαδή ο κύκλος λειτουργίας ενός παλινδρομικού συμπιεστή.



Εικόνα 3.4 Εμβολοφόρος συμπιεστής- κύκλος λειτουργίας

Ο κύκλος λειτουργίας περιγράφεται παρακάτω:

Αρχικά, η βαλβίδα εισαγωγής είναι ανοιχτή και το πιστόνι στο κάτω νεκρό σημείο (ΚΝΣ). Στη συνέχεια, η βαλβίδα εισαγωγής είναι κλειστή και το πιστόνι στο ΚΝΣ. Έπειτα, η βαλβίδα εισαγωγής είναι ανοιχτή, με το πιστόνι στο πάνω νεκρό σημείο (ΠΝΣ). Το πιστόνι βρίσκεται στο ΚΝΣ. Η βαλβίδα εισαγωγής είναι κλειστή και το πιστόνι στο ΠΝΣ. Τέλος, το πιστόνι είναι στο ΠΝΣ.

Αξίζει να σημειωθεί ότι για την επιλογή συμπιεστή λαμβάνονται υπ' όψη διάφορες παράμετροι οι πιο σημαντικοί από τις οποίες είναι

- Ο λόγος συμπίεσης $\pi = p_c / p_v$ όπου p_c η πίεση συμπύκνωσης και p_v η πίεση εξάτμισης
- Ο συντελεστής πλήρωσης $\lambda = V_{\text{eff}} / V$ όπου V_{eff} η παροχή του ατμού που πραγματικά παρέχεται από τον συμπιεστή και V είναι η παροχή που αντιστοιχεί στην μετατόπιση του συμπιεστή.

Ο συντελεστής λ καθορίζει την θερμική ισχύ εξόδου από τον εξατμιστή

$$Q_v = m_R (h_3 - h_2)$$

Όπου η ροή μάζας του ψυκτικού που ορίζεται ως ακολούθως :

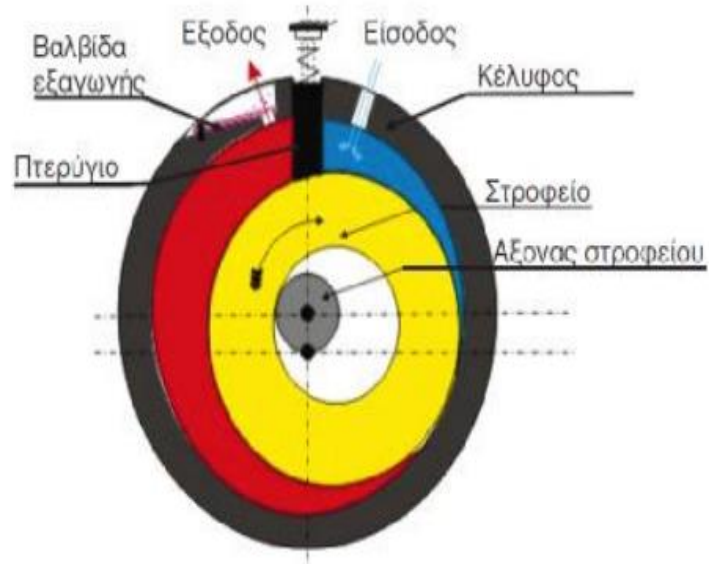
$$m_R = V \lambda (1/\gamma_1)$$

Όπου γ_1 ο ειδικός όγκος του ατμού εισόδου.

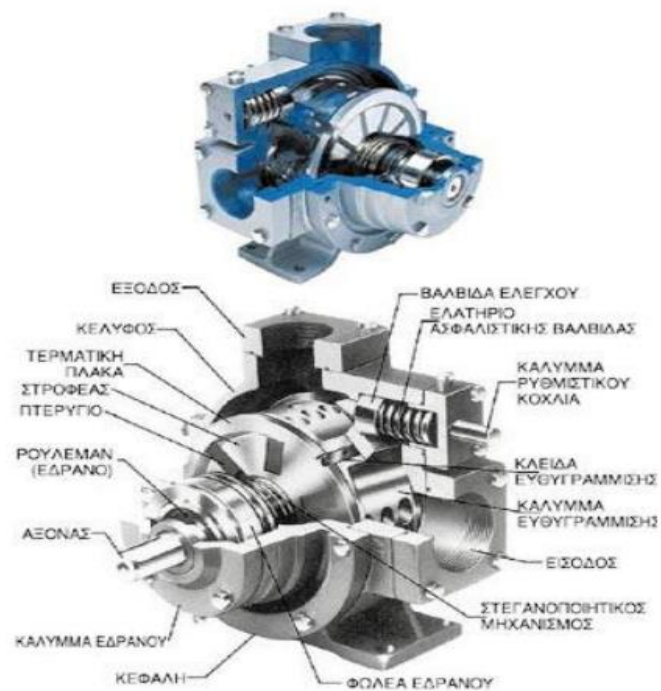
B. Περιστροφικοί συμπιεστές

Οι συγκεκριμένοι συμπιεστές βασίζονται στην αρχή της εκτόπισης. Δε χρησιμοποιούνται για τον κλιματισμό, αλλά χρησιμοποιούνται περισσότερο σε ψυκτικές εγκαταστάσεις μικρού μεγέθους, όπως οικιακά ψυγεία. Υπάρχει πιθανότητα να τους συναντήσουμε με την ονομασία συμπιεστές διαφραγματικού τύπου. Κατηγοριοποιούνται σε περιστροφικούς συμπιεστές με έκκεντρο τύμπανο και σταθερό στεγανοποιητικό πτερύγιο (σχήμα 3.5) και σε περιστροφικούς συμπιεστές με περιστρεφόμενο στροφέα και κινητό στεγανοποιητικό πτερύγιο (ένα ή περισσότερα), (σχήμα 3.6).

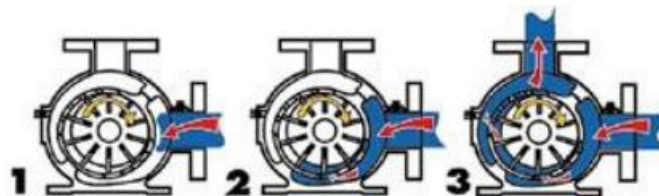
Σχήμα 3.5



Σχήμα 3.6



Παρακάτω (εικόνα 3.7) παρουσιάζεται η λειτουργία ενός συμπιεστή με περιστρεφόμενο στροφέα και κινητά στεγανοποιητικά πτερύγια.



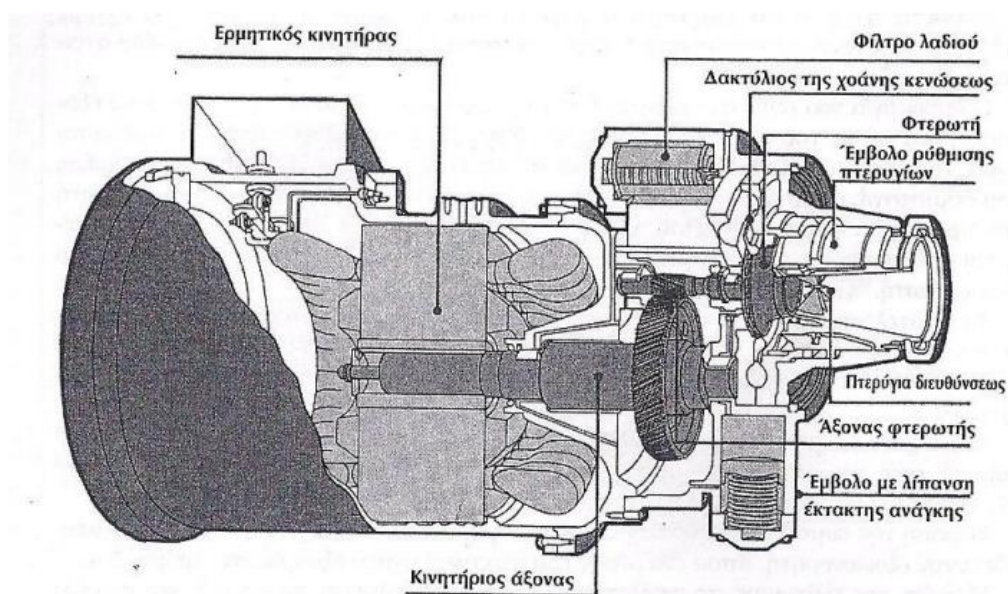
Εικόνα 3.7

Πιο συγκεκριμένα, η φτερωτή περιστρέφεται έκκεντρα σε ένα κυκλοειδές κέλυφος. Ο στροφέας είναι τοποθετημένος κοντά στα τοιχώματα του κελύφους και έτσι σχηματίζεται μια κοιλότητα σαν μισοφέγγαρο. Ο στροφέας έχει στεγανοποιηθεί μέσα στο κέλυφος από δύο πλευρικές πλάκες. Καθώς η φτερωτή περιστρέφεται το αέριο εισέρχεται στο συμπιεστή και λόγω της φυγοκέντρου δυνάμεως τα πτερύγια εφαρμόζουν με πίεση πάνω στα τοιχώματα του κελύφους. Αυτή τη στιγμή η εφαρμογή είναι απόλυτα στεγανή.

Στη συνέχεια, 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 κέλυφος και τις πλευρικές πλάκες. Έπειτα, καθώς η φτερωτή συνεχίζει να περιστρέφεται, τα πτερύγια σαρώνουν το αέριο που κινείται προς την αντίθετη πλευρά του μισοφέγγαρου. Εκεί συμπιέζεται μέσα στα ανοίγματα κατάθλιψης του κελύφους, καθώς το κάθε πτερύγιο πλησιάζει στο σημείο του μισοφέγγαρου. Τέλος, το συμπιεσμένο αέριο εξέρχεται από το στόμιο κατάθλιψης.

Γ. Φυγόκεντρικοί συμπιεστές

Οι φυγόκεντροι συμπιεστές (εικόνα 3.8) κατασκευάζονται εύκολα και αποτελούνται κατά βάση από ένα ακίνητο κέλυφος και την περιστρεφόμενη φτερωτή. Η φτερωτή κινείται από τον ηλεκτροκινητήρα μέσω συστήματος μετατροπής των στροφών με ελικοειδείς οδοντωτούς τροχούς. Όλα τα εξωτερικά μέρη είναι κατασκευασμένα από χάλυβα ή ανθεκτικό χυτοσίδηρο. Οι φτερωτές μπορεί να είναι φτιαγμένες από κράμα αλουμινίου.

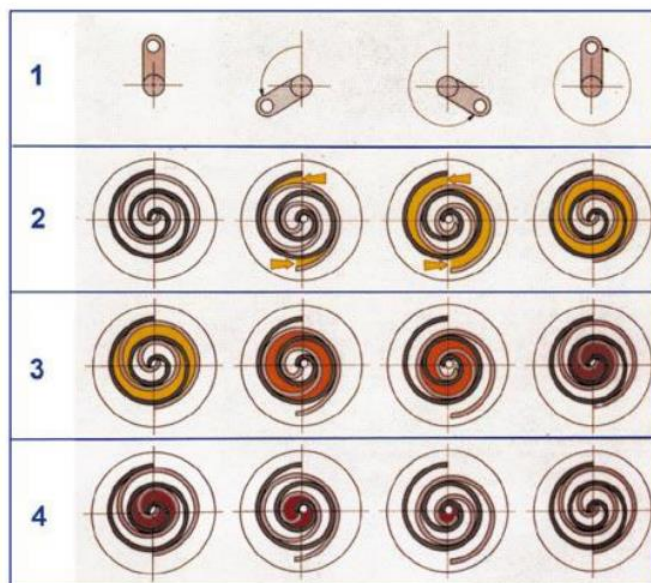


Εικόνα 3.8

Οι συγκεκριμένοι συμπιεστές έχουν πολύ καλές επιδόσεις σε ψυκτικά μέσα μεγάλου όγκου όπως R-11 και σε πιο σύγχρονα οικολογικά ψυκτικά μέσα, όπως το R-1343.

Δ. Σπειροειδείς συμπιεστές

Οι σπειροειδείς συμπιεστές αποτελούνται από δύο οριζόντιες πλάκες που φέρουν από μία τρισδιάστατη σπείρα, προσαρμοσμένη η μία μέσα στην άλλη. Η πάνω πλάκα είναι σταθερή ενώ η κάτω περιστρέφεται έκκεντρα. Η έκκεντρη αυτή κίνηση δημιουργεί χώρους όπου στους οποίους το ψυκτικό αέριο εισερχόμενο, εγκλωβίζεται, συμπιέζεται και οδηγείται στο κέντρο των δύο σπειρών. Εκεί έχει τοποθετηθεί η έξοδος του συμπιεζόμενου ψυκτικού υγρού. Στην εικόνα 3.9 παριστάνεται η λειτουργία ενός σπειροειδούς συμπιεστή.



Εικόνα 3.9

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

Ε. Κοχλιωτοί συμπιεστές



Εικόνα 3.10

Οι κοχλιωτοί συμπιεστές (Εικόνα 3.10) αποτελούνται από το περίβλημα σε σχήμα κυλίνδρου και από τους δύο περιστρεφόμενους στροφείς. Οι στροφείς έχουν κοχλίες με πτερύγια που εμπλέκονται το ένα μέσα στο άλλο. Οι στροφείς περιστρέφονται από έναν ηλεκτροκινητήρα με τη βοήθεια γραναζιών. Τα πτερύγια

των στροφών καλύπτονται από ένα πολύ λεπτό στρώμα λαδιού , με αποτέλεσμα να στεγανοποιείται άριστα ο χώρος της αναρρόφησης και της κατάθλιψης.

Σε αντίθεση με τους παλινδρομικούς συμπιεστές, οι κοχλιωτοί δεν έχουν έμβολα, με αποτέλεσμα να έχουν 15 φορές λιγότερο καταπονούμενα μέρη και άρα αυξημένη αξιοπιστία και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

3.2.2. Ηλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης

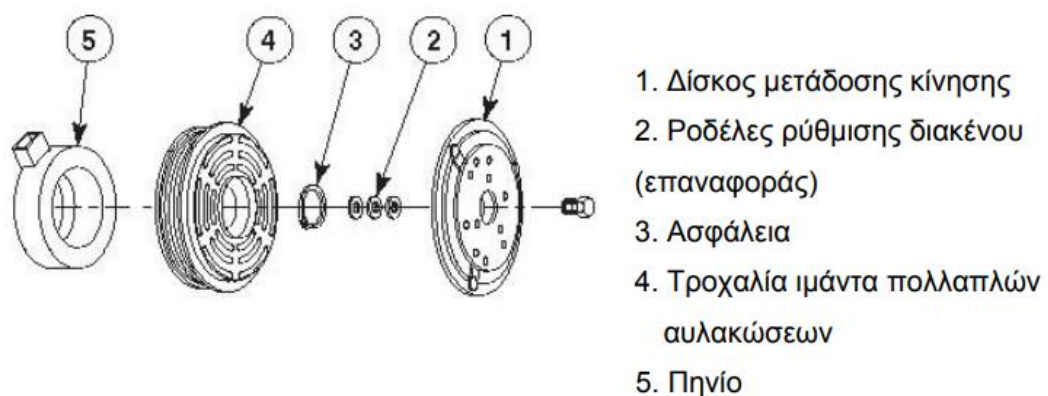
Σε ένα σύστημα κλιματισμού – ελέγχου θερμοκρασίας οχήματος, ο συμπιεστής λειτουργεί μέσω ενός ηλεκτρομαγνητικού συμπλέκτη και οδηγείται από μια τροχαλία. Ο συμπλέκτης ελέγχεται από έναν θερμοστάτη που μεταδίδει περισσότερο ή λιγότερο ρεύμα. Αυτό ενεργοποιεί και απενεργοποιεί τον συμπιεστή όπως απαιτείται από το σύστημα ελέγχου θερμοκρασίας.

Ένας ηλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης αποτελείται από τα παρακάτω σημεία:

1. Πηνίο
2. Τροχαλία
3. Πλάκα

Η ηλεκτρομαγνητική πλάκα είναι εσωτερική στο σώμα του συμπιεστή. Όταν η τροχαλία κινείται και περιστρέφεται, μόλις ενεργοποιηθεί ο συμπιεστής, η πλάκα κολλά στην τροχαλία και αρχίζει να περιστρέφεται το σώμα του συμπιεστή.

Η πλάκα κολλά πάνω στην τροχαλία λόγω της ηλεκτρομαγνητικής έλξης μεταξύ των δύο εξαρτημάτων. Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο δημιουργείται από το πέρασμα ηλεκτρικού ρεύματος από τις σπείρες του πηνίου.



Σχήμα 3.11. Ηλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης

Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν δύο βασικοί τύποι ηλεκτρομαγνητικών συμπλεκτών. Με σταθερό (στατικό) πηνίο και με περιστρεφόμενο πηνίο.

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται πιο πολύ οι ηλεκτρομαγνητικοί συμπλέκτες με σταθερό πηνίο, επειδή έχουν λιγότερα μέρη. Το πηνίο συνδέεται από το ένα άκρο με το θερμοστάτη και τους πρεσσοστάτες (θετικό άκρο) και με το άλλο στη γείωση (σασί). Η λειτουργία του ηλεκτρομαγνητικού συμπλέκτη ελέγχεται από το θερμοστάτη χώρου που τοποθετείται στον αέρα που επιστρέφει από την καμπίνα των επιβατών του αυτοκινήτου ή από τους διακόπτες χαμηλής πίεσης (πρεσσοστάτης). Όταν η θερμοκρασία του χώρου ικανοποιηθεί, ο θερμοστάτης διακόπτει την παροχή ρεύματος προς το πηνίο του ηλεκτρομαγνητικού συμπλέκτη. Έτσι, το πηνίο απομαγνητίζεται και ο συμπλέκτης απομπλέκεται από το συμπιεστή, περιστρεφόμενος ελεύθερα. Ο συμπιεστής σταματάει να περιστρέφεται ενώ το σύστημα ψύξης διατηρεί τη λειτουργία του ως προς την προσαγωγή κρύου αέρα, διότι ο ανεμιστήρας του εξαμιστή συνεχίζει να λειτουργεί.

3.2.3. Ο συμπυκνωτής

Ο συμπυκνωτής είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας , η λειτουργία του οποίου είναι να απορροφά τη θερμότητα αλλάζοντας φάση στο αέριο που έρχεται από τον συμπιεστή. Το αέριο στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι ψυκτικό.

Η πειραματική μονάδα διαθέτει έναν αερόψυκτο συμπυκνωτή που βοηθά στην πιο γρήγορη απαγωγή θερμότητας.

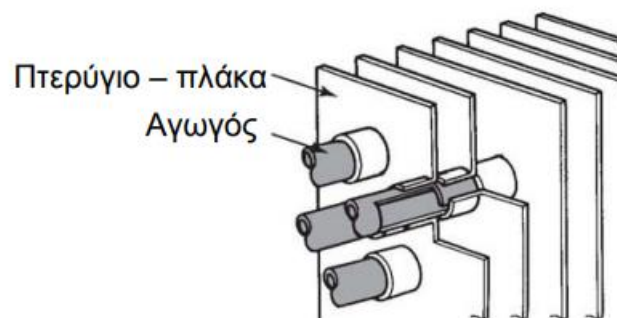
Στη μετωπική πλευρά του συμπυκνωτή βρίσκεται τοποθετημένο ένα αερόθερμο 220V, προκειμένου να εξομοιώνονται οι πραγματικές συνθήκες λειτουργίας του σε όχημα. Στην εικόνα 3.12 βλέπουμε την εμπρόσθια και την οπίσθια όψη του συμπυκνωτή του εργαστήριου.



Εικόνα 3.12

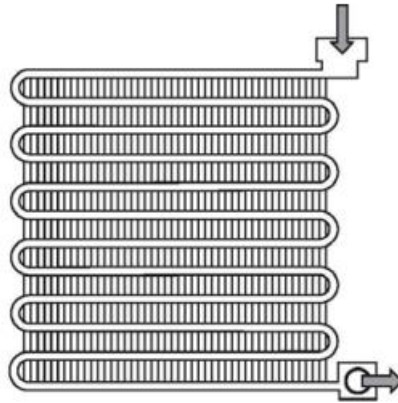
Οι συμπυκνωτές που χρησιμοποιούνται στα οχήματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες

1. Με σωλήνες διαταγμένους σε οριζόντια διάταξη



Σχήμα 3.13. Συμπυκνωτής με σωλήνες

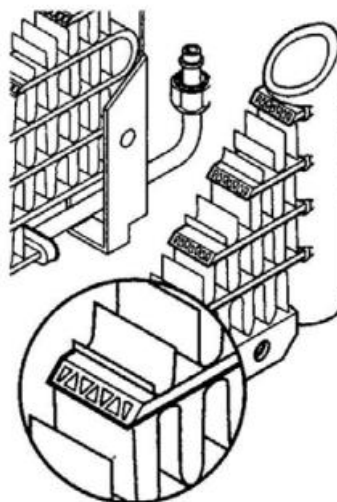
2. Με έλασμα. Ένα πολυκάναλο προφίλ επίπεδης διατομής με διαμόρφωση σε μορφή ελάσματος. Έχουν καλύτερη απόδοση από τους συμπυκνωτές με σωλήνα.



Σχήμα 3.14. Συμπυκνωτής με ελάσματα

3. Πολλαπλής ροής με παράλληλες ροές. Είναι φτιαγμένοι εξ ολοκλήρου από αλουμίνιο και αποτελείται από δύο σωλήνες που τροφοδοτούν μια σειρά οριζόντιων σωλήνων με επίπεδο προφίλ. Αυτό έχει ως συνέπεια περαιτέρω αύξηση της απόδοσης.

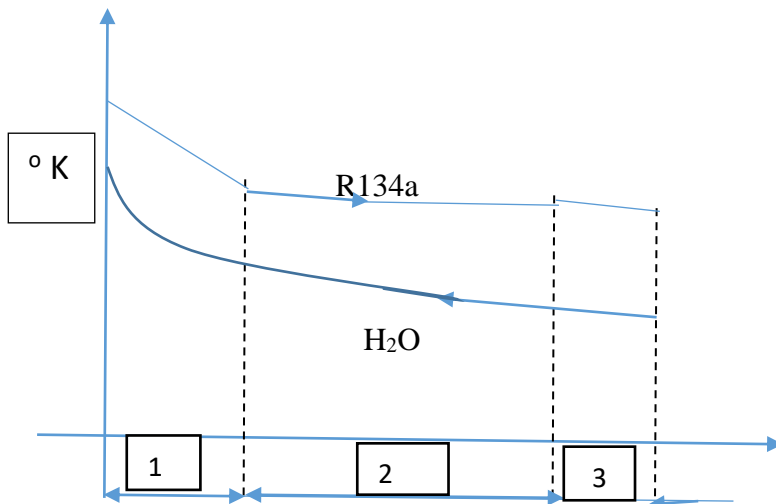
Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτός ο τύπος συμπυκνωτή δεν μπορεί να ξεπλυθεί, και σε περίπτωση που υπάρξει κάποια στόμωση, θα πρέπει να αντικατασταθεί.



Σχήμα 3.15. Συμπυκνωτής παράλληλης ροής

Πρέπει να σημειωθεί ότι η απόδοση οποιουδήποτε εναλλάκτη εξαρτάται τόσο από την κατασκευή του όσο και από την απόδοση του ψυκτικού.

Το σχήμα 3.16 αναπαριστά την εξέλιξη των θερμοκρασιών των δύο υγρών. Στην περίπτωση αυτή το ευθύγραμμο τμήμα αντιπροσωπεύει την αλλαγή φάσης (συμπύκνωση του ψυκτικού)/



Σχήμα 3.16 Εξέλιξη της θερμοκρασίας στον συμπυκνωτή.

Ο συμπυκνωτής είναι ένα πολύ κρίσιμο τμήμα ενός συστήματος κλιματισμού. Μία δυσλειτουργία – βλάβη του συμπυκνωτή μειώνει την απόδοση όλου του συστήματος αλλά κυρίως του συμπιεστή του οποίου η κεφαλή είναι αναγκασμένη να λειτουργεί σε μεγάλες πιέσεις. Μεταξύ των πιθανών αιτιών δυσλειτουργίας του συμπυκνωτή θα πρέπει να αναφέρουμε:

- Μειωμένη ροή αέρα λόγω ακαθαρσιών ή άλλων εμποδίων
- Μειωμένη ροή ψυκτικού στους σωλήνες, κυρίως λόγω παρουσίας στερεών σωματιών διαφόρων ειδών που ανακυκλώνονται μαζί με το ψυκτικό. Το φαινόμενο αυτό συναντάται κυρίως σε παλαιά και φθαρμένα συστήματα.
- Μεγάλη ποσότητα λιπαντικού στο κύκλωμα, που μειώνει τον συντελεστή εναλλαγής θερμότητας και αυξάνει την παρουσία του υγρού.

3.2.4. Το φίλτρο αφύγρανσης

Οι αφυγραντήρες είναι από τα κυριότερα εξαρτήματα μιας εγκατάστασης κλιματισμού αυτοκινήτου.

Το φίλτρο αφύγρανσης έχει τρεις κύριες λειτουργίες

1. Να αφαιρεί την υγρασία από το ψυκτικό και το λιπαντικό
2. Να κατακρατά τα ανεπιθύμητα στερεά σωματίδια
3. Να λειτουργεί ως διαχωριστής ρευστών

Επίσης, λειτουργεί και ως εφεδρική δεξαμενή για το ψυκτικό και μπορεί να αναπληρώσει μικρές διαρροές.

Υπάρχουν δύο είδη φίλτρων ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησης

1. Τα συμβατικά κάθετα φίλτρα (Σχήμα 3.17). Το ψυκτικό εισάγεται στο φίλτρο διαμέσω του συμπυκνωτή. Μέσα στο φίλτρο το υγρό διαχωρίζεται από το μη συμπυκνωμένο αέριο. Ένας σωλήνας αναρρόφησης παίρνει το υγρό από τον πυθμένα του φίλτρου διασφαλίζοντας τη συνεχή παροχή ψυκτικού σε υγρή μορφή στην εκτονωτική βαλβίδα.



Σχήμα 3.17 Συμβατικό κάθετο φίλτρο

1.Είσοδος

2.Έξοδος

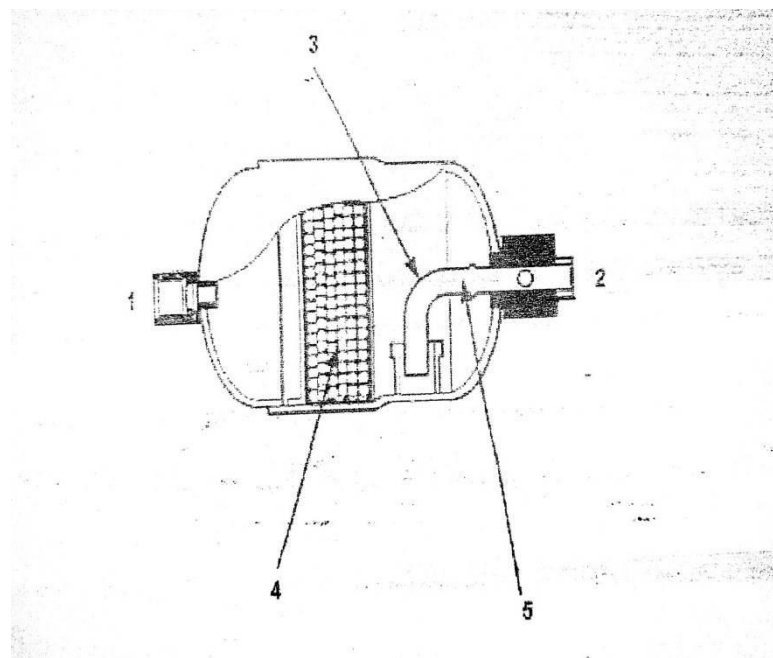
3. Φίλτρο

4. Διαχωριστής ψυκτικού υγρού

5. Σωλήνας αναρρόφησης υγρού

6. Φλάντζες

2. Οριζόντια (εν σειρά) φίλτρα (Σχήμα 3.18). Σπανίως χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές οχημάτων. Η είσοδος και η έξοδος τους είναι τα άκρα ενός κυλίνδρου.



Σχήμα 3.18 Οριζόντιο φίλτρο

1. Είσοδος

2. Έξοδος

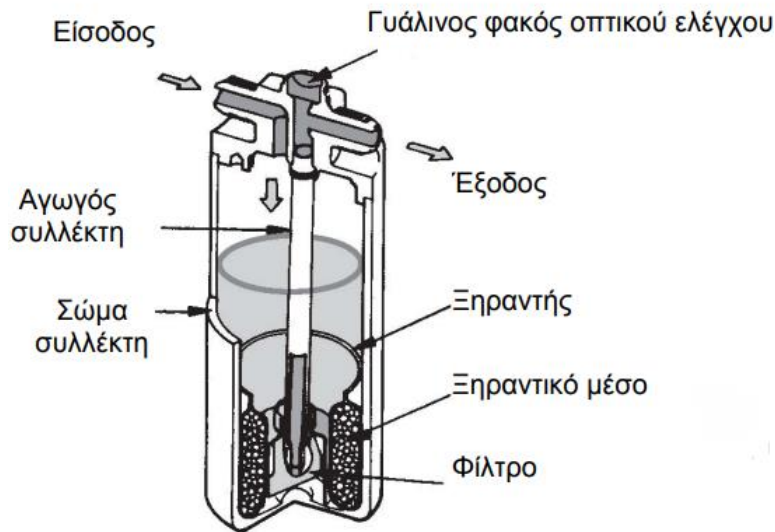
3. Σωλήνας αναρρόφησης υγρού

4. Φίλτρο αφύγρανσης

5. Δεξαμενή ψυκτικού

Στον κλιματισμό αυτοκινήτου χρησιμοποιούνται τα παρακάτω δύο είδη αφυγραντήρων

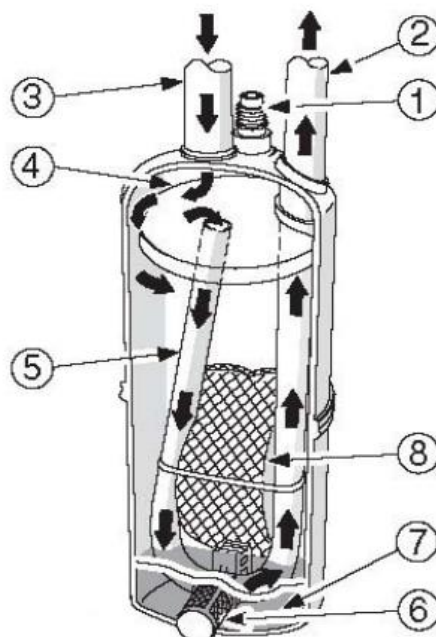
A) Αφυγραντήρας- συλλέκτης (3.19)



Στα συστήματα κλιματισμού αυτοκινήτου που λειτουργούν με βαλβίδα εκτόνωσης (βλ. κεφάλαιο 2.2.5- Στραγγαλιστικά μέσα), τοποθετείται αφυγραντήρας συλλέκτης μεταξύ του συμπυκνωτή και της βαλβίδας εκτόνωσης. Αποθηκεύει το πλεονάζον ψυκτικό υγρό, μέχρι να χρειαστεί αυτό ξανά στο κύκλωμα.

Ο αφυγραντήρας συλλέκτης μπορεί να κατακρατήσει μια περιορισμένη ποσότητα υγρασίας(περίπου 6-10 gr). Πολλοί αφυγραντήρες συλλέκτες φέρουν διπλό ή τριπλό διακόπτη πίεσης (πρεσοστάτη χαμηλής ή υψηλής), ο οποίος αποσυμπλέκει τον συμπιεστή αν η πίεση βγει εκτός ορίων.

B) Αφυγραντήρας συσσωρευτής (3.20)



1. Σύνδεση για χαμηλής πίεσης
2. Έξοδος προς τον συμπιεστή
3. Είσοδος από τον εξατμιστή
4. Καπάκι
5. Αγωγός τύπου U
6. Φίλτρο οθόνης
7. Ψυκτέλαιο
8. Ξηραντικό μέσο

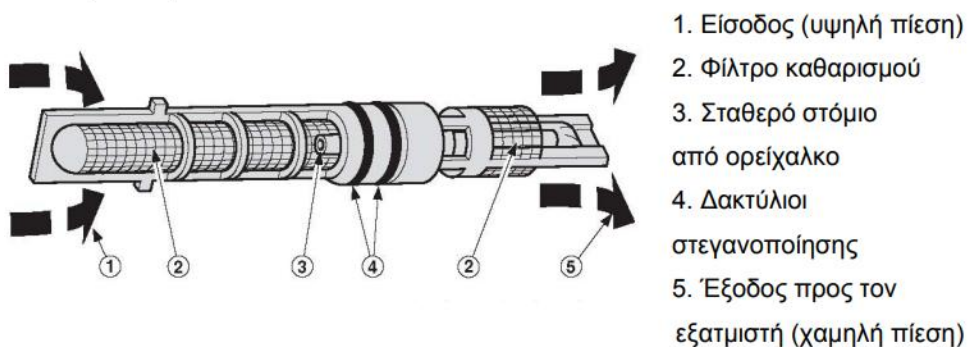
Ο αφυγραντήρας συσσωρευτής προστατεύει το συμπιεστή από τυχόν αναρρόφηση ψυκτικού υγρού και λειτουργεί ως εφεδρικό δοχείο και φίλτρο για το ψυκτικό ρευστό. Το ψυκτικό ρευστό που είναι σε αέρια κατάσταση καταλήγει από τον εξατμιστή μέσα από το σωλήνα εισαγωγής στον αφυγραντήρα. Το στοιχείο αφύγρανσης του αφυγραντήρα, κατακρατεί την υγρασία που έχει απορροφηθεί από το ψυκτικό. Έτσι, το αέριο συγκεντρώνεται στο επάνω μέρος του αφυγραντήρα και από εκεί αναρροφάται από το σωλήνα εξαγωγής. Το ψυκτέλαιο (7) που βρίσκεται στο κάτω μέρος του αφυγραντήρα, αναρροφάται από το σωλήνα σχήματος U και αναμειγνύεται με το ψυκτικό που βρίσκεται σε κατάσταση ατμού. Κατ' αυτόν τον τρόπο μειώνεται η απώλεια του ψυκτικού και λιπαίνεται σωστά ο συμπιεστής.

3.2.5. Στραγγαλιστικά Μέσα

Ο σκοπός των στραγγαλιστικών μέσων στο ψυκτικό κύκλωμα είναι να στραγγαλίζουν τη ροή του ψυκτικού ρευστού ώστε να διευκολύνεται η εξάτμιση του ψυκτικού ρευστού και ταυτόχρονα να δημιουργείται κατάλληλη, απαιτούμενη, διαφορά πίεσης ανάμεσα στη χαμηλή και υψηλή πλευρά του κυκλώματος. Η θέση τους στο κύκλωμα είναι πριν από τον εξατμιστή, όπου ανακόπτοντας τη ροή του ρευστού και κρατώντας το ρευστό σε υγρή μορφή υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης, επιτρέπει την ελεγχόμενη διέλευσή του. λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας που υφίσταται στον εξατμιστή, αρχίζει η εξάτμιση των σταγονιδίων για την οποία απορροφάτε θερμότητα(λανθάνουσα) από το περιβάλλον του εξατμιστή. Στα αυτοκίνητα υπάρχουν δύο είδη στραγγαλιστικών (εκτονωτικών μέσων) και είναι τα εξής :

1. Σωλήνας σταθερής διαμέτρου

Ο σωλήνας σταθερής διατομής αποτελείται από ένα στόμιο με σταθερή διατομή μικρής επιφάνειας που ψεκάζει το ψυκτικό ρευστό μέσα στον εξατμιστή. Τοποθετείται στο σωλήνα ο οποίος συνδέει το συμπυκνωτή με τον εξατμιστή και ρυθμίζει τη συγκεκριμένη ποσότητα ψυκτικού ρευστού που θα εισέλθει στον εξατμιστή. Στην εικόνα 3.21 παριστάνεται το είδος του στραγγαλιστικού μέσου.



Εικόνα 3.21

2. Βαλβίδα εκτόνωσης

Υπάρχουν διάφορα συστήματα για τη μείωση της πίεσης από p_c σε p_v και την ταυτόχρονη μείωση της θερμοκρασίας του ψυκτικού. Ο σκοπός της εκτονωτικής βαλβίδας (εικόνα 3.22) είναι η μείωση της πίεσης του υγρού επιτρέποντας έτσι

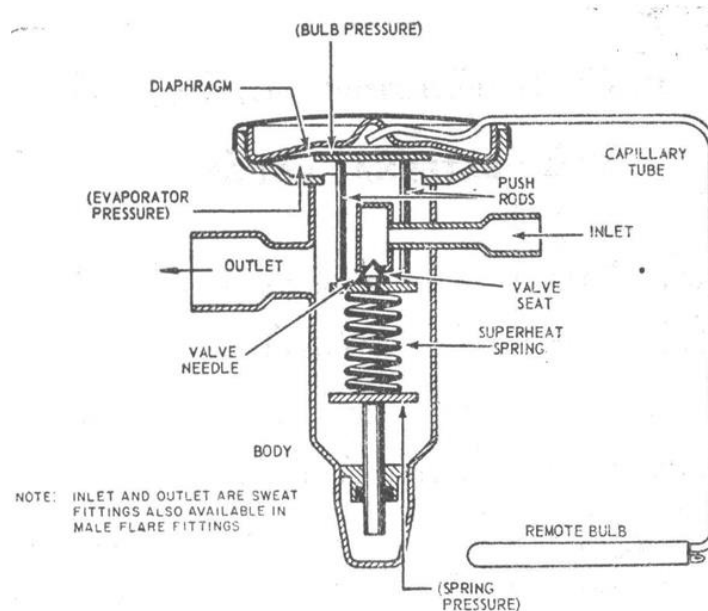
στον εξατμιστή να γίνει μία πλήρης αλλαγή φάσης που ακολουθείται από ελαφριά υπερθέρμανση (5-8 °C).



Εικόνα 3.22

Η διάταξη που χρησιμοποιείται στη μονάδα T66D είναι μια θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα. Ο τύπος της βαλβίδας καθορίζει τη θερμοκρασία του υγρού που φεύγει από την εκτονωτική δεξαμενή και το άνοιγμα της βαλβίδας είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας.

Το σχήμα 3.23 δείχνει τη διάταξη μιας θερμοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας



Σχήμα 3.23 Σχεδιάγραμμα θερμοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας

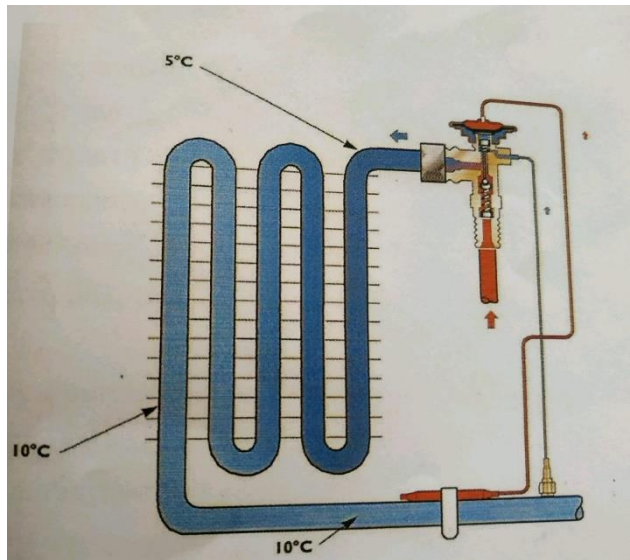
1. Σημείο που επηρεάζεται από την πίεση του υγρού που περιέχεται στον σωλήνα. Βρίσκεται στην έξω πλευρά του εξατμιστή. (bulb pressure)
2. Ευαίσθητο διάφραγμα (diaphragm)
3. Σημείο στο οποίο ενεργεί (evaporator pressure)
4. Κοιλίας δακτυλίου μεταφοράς πίεσης. Ανοίγει και κλείνει το άνοιγμα.(push rods)
5. Πύρος βαλβίδας (valve needle)
6. Υποδοχή βαλβίδας (valve seat)
7. Ελατήριο(superheat spring)
8. Κοιλίας ρύθμισης βαλβίδας (spring pressure)
9. Αισθητήρας θερμοστάτη (remote bulb)

Η αρχή λειτουργίας της εκτονωτικής βαλβίδας είναι η εξής. Η ροή του υγρού ελέγχεται με βάση την πίεση του υγρού στον εξατμιστή. Εάν η πίεση πέσει κάτω από ένα ορισμένο σημείο, επιτρέπει στη βαλβίδα να ανοίξει και στο υγρό να εκτονωθεί. Εάν μετά την εξάτμιση το υγρό έχει υπερθερμανθεί, ο αισθητήρας θερμοκρασίας ανοίγει τη βαλβίδα περισσότερο, αυξάνοντας έτσι το ποσό του υγρού που εκτονώνεται και πρέπει να εξατμιστεί. Η ταυτόχρονη δράση της πίεσης του εξατμιστή και του αισθητήρα θερμοκρασίας διατηρεί τη διαφορά πίεσης μεταξύ της αρχής και του τέλους του ελάσματος σχετικά σταθερή.

Είναι σημαντικό να ειπωθεί ότι υπάρχουν κι άλλα είδη εκτονωτικής βαλβίδας. Πιο συγκεκριμένα, στο χώρο χρησιμοποιούνται η **θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα με εξωτερικό εξισωτή** και η **εκτονωτική βαλβίδα μπλοκ ή τύπου πλάκας**.

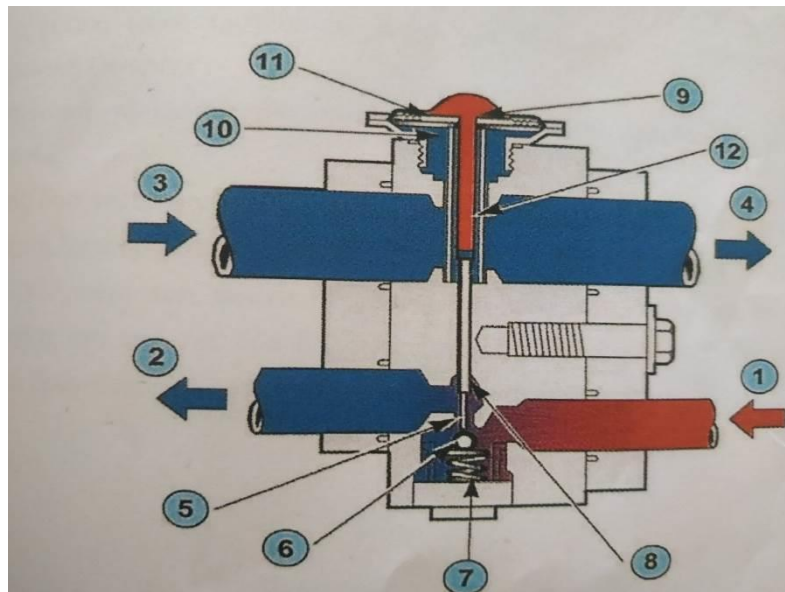
Στη **θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα με εξωτερικό εξισωτή**, διατίθεται και ένας σύνδεσμος εισόδου και εξόδου και ένας μικρότερος σύνδεσμος του εξισωτή. Στο σύνδεσμο αυτόν συνδέεται ένα σωληνάκι, του οποίου το άλλο άκρο συνδέεται στην έξοδο του εξατμιστή. Η πίεση στην είσοδο του εξατμιστή που παίζει το ρόλο της πίεσης αναρρόφησης, στη βαλβίδα με εξισωτή δεν επηρεάζει καθόλου το κύκλωμα, γιατί απομονώνεται από κατάλληλη διάταξη που φέρει η βαλβίδα στο εσωτερικό της.

Το ρόλο της πίεσης αναρρόφησης, τον έχει η πίεση στην έξοδο του εξατμιστή, που μεταφέρεται με το σωληνάκι του εξισωτή στο διάφραγμα της βαλβίδας (Εικόνα 3.24)



Εικόνα 3.24

Η **Εκτονωτική βαλβίδα μπλοκ ή τύπου πλάκας** (Εικόνα 3.25) έχει τέσσερις συνδέσμους. Η λειτουργία της βασίζεται στην συστολή- διαστολή ψυκτικού που υπάρχει μέσα στο διάφραγμα. Με τη διαφορά ότι δεν ελέγχεται μέσω ενός τριχοειδούς σωλήνα, αλλά από τις αλλαγές θερμοκρασίας και πίεση του ψυκτικού στην έξοδο του εξατμιστή.



Εικόνα 3.25

- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| 1. είσοδος από αφυγραντήρα | 7. ελατήριο |
| 2. έξοδος προς εξατμιστή | 8. ενεργός βελόνα |
| 3. είσοδος από εξατμιστή | 9. ψυκτικό |
| 4. έξοδος προς συμπιεστή | 10. συγκέντρωση ψυκτικού |
| 5. ακίδα βελόνης | 11. μεταλλικό διάφραγμα |
| 6. σφαιρική βαλβίδα | 12. θερμοστατικός αισθητήρας |

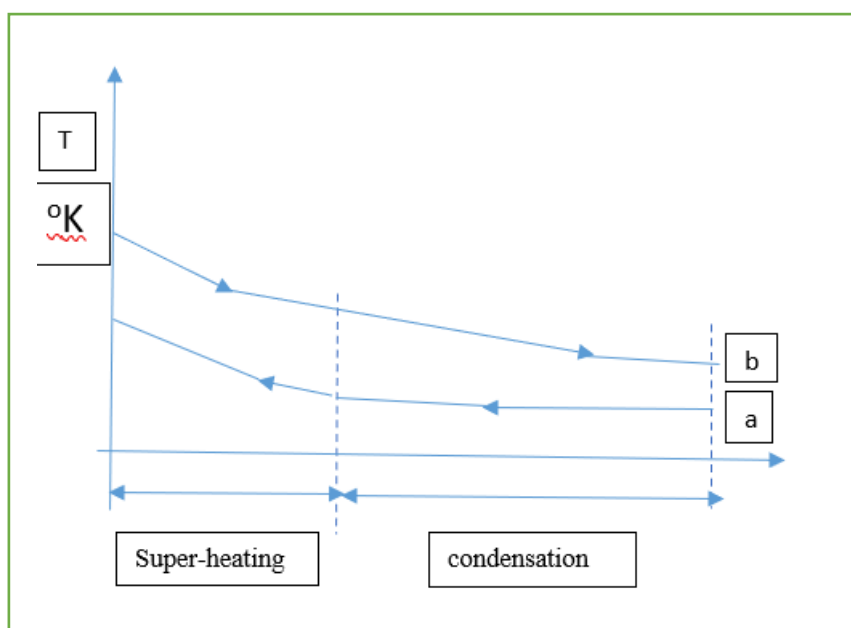
3.2.6. Ο εξατμιστής

Ο εξατμιστής είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας σχεδιασμένος για να μειώνει την θερμοκρασία του περιβάλλοντος αλλάζοντας την φάση του ψυκτικού από υγρό σε αέριο. Πρέπει να καλύπτει μια σειρά απαιτήσεων μεταξύ των οποίων και οι παρακάτω:

- Αρκετά μεγάλη επιφάνεια εναλλαγής
- Εσωτερικές διατομές που δεν θα δημιουργούν μεγάλη αντίσταση στην ροή του ψυκτικού (έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί η πτώση πίεσης)

Ένας τέτοιος εξατμιστής αναφέρεται ως εξατμιστής ξηρής διαστολής καθώς το υγρό ψύξης εξατμίζεται εξ ολοκλήρου στους σωλήνες.

Ένα τυπικό διάγραμμα θερμοκρασιών του αέρα και του ψυκτικού φαίνεται στο σχήμα 3.26

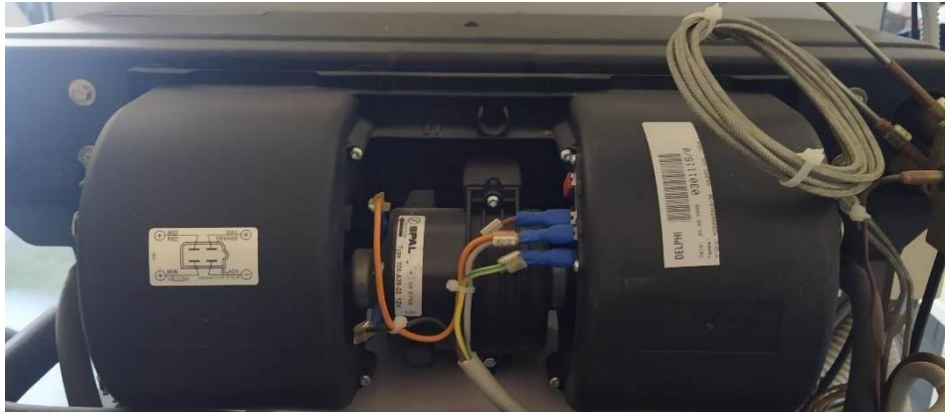


Σχήμα 3.26

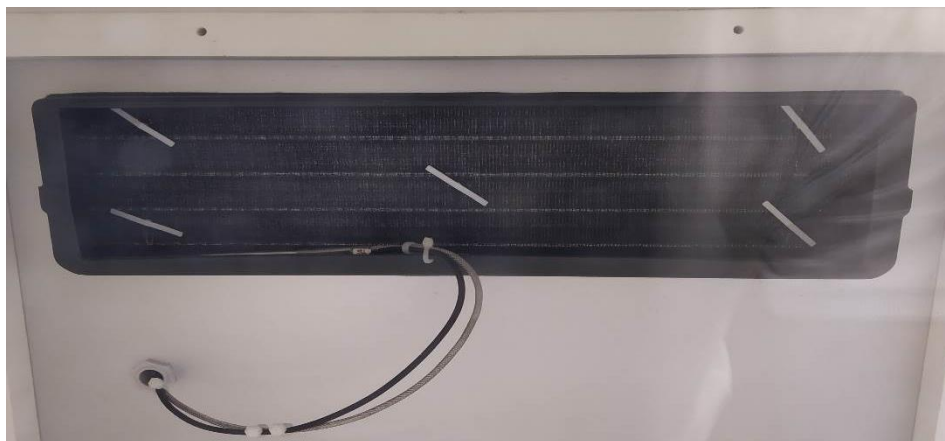
Η πειραματική μονάδα T66D χρησιμοποιεί εξατμιστή που δυνητικά είναι διπλής ενέργειας, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη θέρμανση της καμπίνας. Δηλαδή επιτυγχάνεται ψύξη ή θέρμανση της καμπίνας ανάλογα με τις επιλογές των επιβατών.

Τα σχήματα 3.27 και 3.28 δείχνει έναν τυπικό εξατμιστή που χρησιμοποιείται σε συστήματα κλιματισμού οχημάτων. Ο αέρας κινείται με την βοήθεια ανεμιστήρα μεταβλητής ταχύτητας, μέσα από τον εξατμιστή, όπου η θερμοκρασία του μειώνεται

και τελικά φτάνει στο εσωτερικό του οχήματος. Σταθεροί σωλήνες συλλέγουν το συμπύκνωμα που σχηματίζεται μέσα στον εξατμιστή καθώς ο αέρας ψύχεται και μερικώς αφυγραίνεται (οι σωλήνες δεν διακρίνονται στο σχήμα).



Σχήμα 3.27 Εξατμιστής οχήματος(πίσω όψη-ανεμιστήρες)



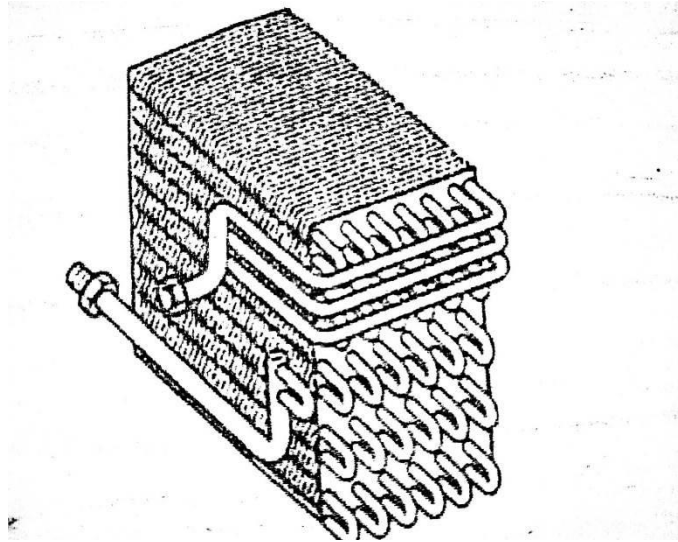
Σχήμα 3.27 Εξατμιστής οχήματος (εμπρόσθια όψη- Θάλαμος καμπίνας επιβατών)

Ο εξατμιστής της μονάδας T66D περιλαμβάνει δυο εξατμιστικές μονάδες σε σειρά. Ο ένας λειτουργεί σαν εξατμιστής και ο άλλος σαν θερμαντής. Σε εμπορικές εφαρμογές ο θερμοστάτης που βρίσκεται μέσα στο όχημα καθορίζει ποια δράση πρέπει να επικρατήσει πάνω στην άλλη.

Οι εξατμιστές μπορούν να ταξινομηθούν σε κατηγορίες ανάλογα με το ρευστό που ψύχουν. Πιο συγκεκριμένα, χωρίζονται σε εξατμιστές που ψύχουν αέρα και σε εξατμιστές που ψύχουν υγρά.

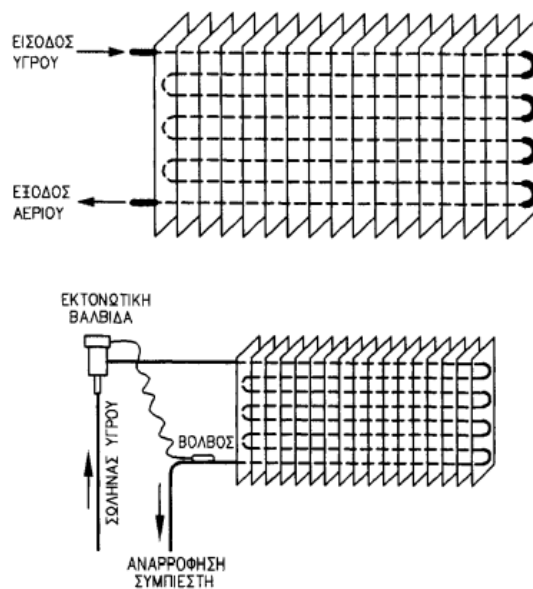
Οι εξατμιστές αέρα κατηγοριοποιούνται ως εξής:

1. Με σωλήνες. Αποτελείται από σωλήνες κυκλικής διατομής μέσα στους οποίους κυκλοφορεί το ψυκτικό υγρό.



Σχήμα 3.29. Εξατμιστής με σωλήνες

2. Με ελάσματα. Αποτελείται από σωλήνες αλουμινίου επίπεδης διατομής, πάνω στους οποίους έχουν συγκολληθεί ελάσματα.



Σχήμα 3.30. Εξατμιστής με ελάσματα

3. Εξατμιστής με πλάκες. Αποτελείται από μια σειρά επίπεδων παράλληλων σωλήνων συνδεδεμένους στα δύο άκρα. Αυτός ο τύπος εξατμιστή χαρακτηρίζεται από πολύ καλή απόδοση εναλλαγής και μικρή πτώση πίεσης.



Σχήμα 3.31. Εξατμιστής με πλάκες

Δύο είναι οι κύριες αιτίες δυσλειτουργίας του εξατμιστή.

- 1) Η διαρροή ψυκτικού. Είναι γενικά δύσκολο να αναγνωριστούν και είναι πιθανότερο να συμβούν όταν το σύστημα δε λειτουργεί και η πίεση στον εξατμιστή είναι μεγαλύτερη από την πίεση λειτουργίας.
- 2) Το βούλωμα του εξατμιστή. Πολλές φορές λόγω της παρουσίας ακαθαρσιών στο ψυκτικό υγρό υπάρχει πτώση πίεσης στον εξατμιστή.

3.2.7. Διάφορα εξαρτήματα

Η μονάδα T66D είναι εξοπλισμένη με τα παρακάτω τμήματα:

- Έναν κινητήρα DC μεταβλητών στροφών (max 3000rpm) για την προσομοίωση της ταχύτητας λειτουργίας της μηχανής ενός οχήματος
- Θερμικό ανεμιστήρα. Προσομοιώνει το καλοκαιρινό θερμικό φορτίο του συμπυκνωτή. Μπορεί να ρυθμιστεί είτε στα 1000 είτε στα 2000W.
- Θερμικό ανεμιστήρα που προσομοιώνει το καλοκαιρινό θερμικό φορτίο στην καμπίνα του οχήματος θερμαίνοντας το τοίχωμα του αλουμινίου. Μπορεί να ρυθμιστεί είτε στα 1000 είτε στα 2000W.
- Ένα δοχείο νερού εφοδιασμένο με αντίσταση θέρμανσης και θερμοστάτη που προσομοιώνει το ψυγείο του οχήματος
- Μία αντλία ανακύκλωσης του ζεστού νερού
- Ένα δοχείο αποστράγγισης
- Μετρητής στροφών κινητήρα με ψηφιακή ένδειξη
- Μετρητική συσκευή με την σχετική ψηφιακή ένδειξη για την ισχύ που καταναλώνει ο συμπιεστής
- Μετρητής ροπής με τη σχετική ψηφιακή ένδειξη

3.2.8. Όργανα μέτρησης

Η μονάδα T66D είναι εξοπλισμένη με τα παρακάτω όργανα μέτρησης:

- Θερμοαντιστάσεις και τους αντίστοιχους ψηφιακούς μετρητές για τις μετρήσεις των παρακάτω θερμοκρασιών
 - t₁ θερμοκρασία του ψυκτικού στην είσοδο του συμπυκνωτή
 - t₂ θερμοκρασία του ψυκτικού στην έξοδο του συμπυκνωτή
 - t₃ θερμοκρασία του ψυκτικού στην είσοδο του εξατμιστή
 - t₄ θερμοκρασία του ψυκτικού στην έξοδο του εξατμιστή
 - t₅ θερμοκρασία του αέρα στον συμπυκνωτή
 - t₆ θερμοκρασία του αέρα στην καμπίνα

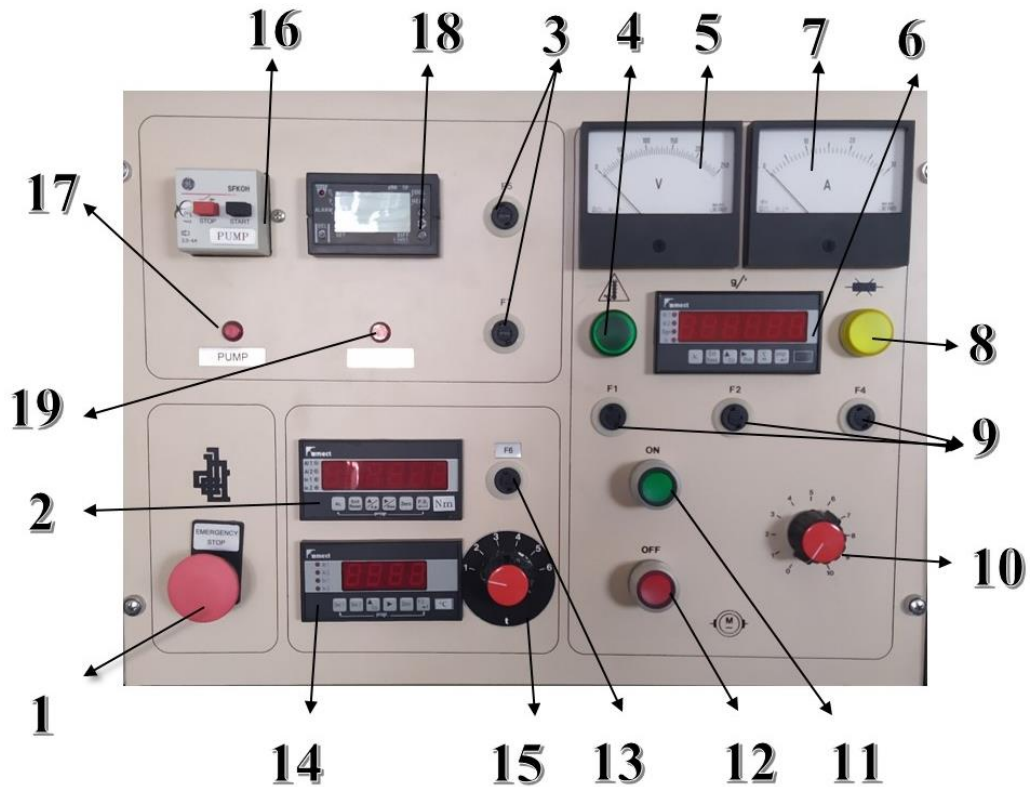
- Μετρητές πίεσης για τη μέτρηση των παρακάτω τιμών
 - p₁ πίεση του ψυκτικού στην είσοδο του συμπυκνωτή
 - p₂ πίεση του ψυκτικού στην έξοδο του συμπυκνωτή
 - p₃ πίεση του ψυκτικού στην είσοδο του εξατμιστή
 - p₄ πίεση του ψυκτικού στην έξοδο του εξατμιστή / είσοδο του συμπιεστή



Εικόνα 3.32

3.2.9. Πίνακας ελέγχου

Το σχήμα 3.33 δείχνει τον πίνακα ελέγχου της μονάδας T66D



Σχήμα 3.33 Πίνακας ελέγχου T66D

1. Διακόπτης emergency
2. Ψηφιακός μετρητής ροπής (Nm)
3. Ασφαλειοθήκες (F5-F7)
4. Ρύθμιση του συμπλέκτη / θερμοστάτη
5. Βολτόμετρο για τη μέτρηση της τάσης τροφοδοσίας του κινητήρα
6. Ψηφιακός μετρητής στροφών
7. Αμπερόμετρο για τη μέτρηση των Αμπέρ του κινητήρα
8. Προειδοποιητική λυχνία μη διέγερσης
9. Ασφαλειοθήκες (F1-F2-F3)
10. Κομβίο μεταβολής της ταχύτητας του κινητήρα DC
11. Κομβίο START του κινητήρα
12. Κομβίο STOP του κινητήρα

13. Ασφαλειοθήκη αισθητήρα θερμοκρασίας (F6)
14. Ψηφιακός μετρητής θερμοκρασίας
15. Επιλογέας μετρητή θερμοκρασίας
16. Διακόπτης αντλίας
17. Λυχνία λειτουργίας αντλίας
18. Ένδειξη θερμοστάτη
19. Λυχνία λειτουργίας αντίστασης θέρμανσης

Στο σχήμα 3.34 φαίνεται ο Πίνακας ελέγχου ταχύτητας και θερμοκρασίας της μονάδας επεξεργασίας αέρα του T66D.



Σχήμα 3.34. Μονάδα ελέγχου επεξεργασίας αέρα

1.Ανεμιστήρας. Διακόπτης τεσσάρων θέσεων με λειτουργία ON/OFF που αφορά τον ηλεκτρομαγνητικό συμπλέκτη και με το κομβίο επιλογής 3 ταχυτήτων του ανεμιστήρα για ρύθμιση παροχής αέρα.

2.Θερμοστάτης για έλεγχο της θερμοκρασίας του εξατμιστή.

4. Εκκίνηση και προετοιμασία για περιόδους αδράνειας

4.1. Εκκίνηση της διάταξης

Στην περίπτωση εκκίνησης, θα πρέπει να ακολουθήσουμε την παρακάτω διαδικασία. Αρχικά, πρέπει να συνδέσουμε το καλώδιο τροφοδοσίας και στη συνέχεια να τοποθετήσουμε το κελί φόρτισης στη θέση εργασίας απασφαλίζοντας το σύστημα κλειδώματος (βρίσκεται στην αντίθετη πλευρά από το κελί φόρτισης). Έπειτα, πρέπει να ρυθμίσουμε το κομβίο ρύθμισης των στροφών (10) στο 0 και να πιέσουμε το κομβίο ON(11). Κατ' αυτόν τον τρόπο θα ρυθμίσουμε την ταχύτητα του κινητήρα στην επιθυμητή τιμή. Τέλος, πρέπει να ανοίξουμε τους ανεμιστήρες και να ρυθμίσουμε τη θερμοκρασία του θερμοστάτη.

4.2. Προετοιμασία για περιόδους αδράνειας

Στην περίπτωση αδράνειας, θα πρέπει να ακολουθήσουμε την παρακάτω διαδικασία. Αρχικά, πρέπει να ρυθμίσουμε το κομβίο ρύθμισης των στροφών (10) πίσω στο μηδέν και να πιέσουμε το κομβίο OFF (12). Έπειτα, να σταματήσουμε τους ανεμιστήρες και να θέσουμε τον θερμοστάτη πάλι στο μηδέν. Αποσυνδέουμε τις ηλεκτρικές συνδέσεις και Αδειάζουμε το δίσκο με το συμπύκνωμα. Στη συνέχεια, δένουμε το κελί φόρτισης (μόνο σε περίπτωση που πρόκειται να το μεταφέρουμε) και γεμίζουμε τη δεξαμενή του νερού, θέτοντας τον θερμοστάτη στους 70 °C. Τέλος, θέτουμε σε λειτουργία την αντλία του νερού.

4.3. Συντήρηση

Αρχικό μέλημα της διαδικασίας για την έναρξη της υλοποίησης των ασκήσεων ήταν να γίνει εξονυχιστικός έλεγχος για την ορθή λειτουργία του. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε μια πρώτη δοκιμή, ελέγχθηκαν οι προειδοποιητικές λυχνίες και τα επιμέρους συστήματα του μηχανήματος, όπου έγιναν αντιληπτά τα κάτωθι και επισκευάστηκαν:

- Η αντίσταση που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του νερού που κυκλοφορεί στο ψυγείο του καλοριφέρ λόγω παλαιότητας υπέστη φθορά (άλατα- σκουριά) και χρειάστηκε να γίνει συντήρηση (καθαρισμός με ξύδι και αντισκωριακό σπρέι) για να λειτουργήσει σωστά (Εικόνα 4.1, 4.2).



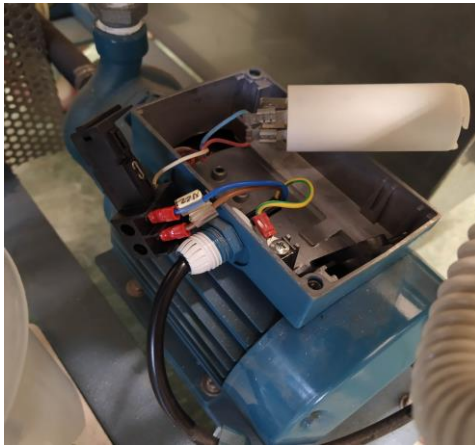
Εικόνα 4.1



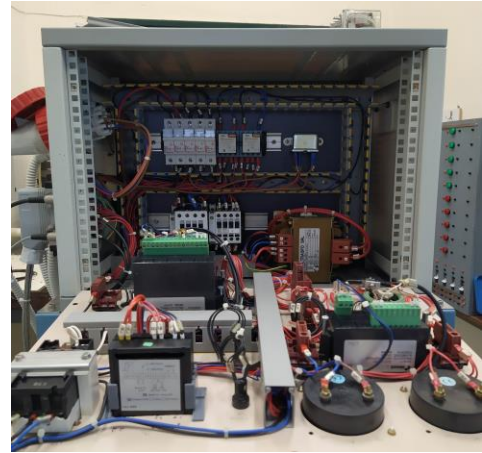
Εικόνα 4.2

- Η αντλία που κυκλοφορεί το ζεστό νερό στο ψυγείο του καλοριφέρ, δε λειτουργούσε. Έγινε έλεγχος τροφοδοσίας τάσης στις επαφές του κυκλοφορητή με το Πολύμετρο (Εικόνα 4.3). Κρίθηκε αναγκαίο να ανοιχτεί ο

πίνακας ελέγχου για να υπάρχει πρόσβαση στις κεντρικές ασφάλειες και διαπιστώθηκε καμένη ασφάλεια, όπου και αντικαταστάθηκε (Εικόνα 4.4).



Εικόνα 4.3



Εικόνα 4.4

- Στον πίνακα μανομέτρων παρατηρήθηκε έλλειψη 3 ταμπελών ενδείξεων πιέσεων (P1, P3 και P4), όμως αντικαταστάθηκαν και οι 4 (P1, P2, P3, P4) για τη σωστή αποτύπωση των πιέσεων λειτουργίας του μηχανήματος (Εικόνα 4.5, Εικόνα 4.6)



Εικόνα 4.5



Εικόνα 4.6.

- Επίσης παρατηρήθηκε ότι η τάπα αποστράγγισης του νερού της δεξαμενής (διάστασης 1\2 της ίντσας) ήταν σκουριασμένη και αντικαταστάθηκε με βάνα για ευκολότερη αποστράγγιση του νερού της δεξαμενής (Εικόνα 4.7)



Εικόνα 4.7

Τέλος, θα συνιστούσαμε η μονάδα να είναι καθαρή και να ελέγχεται η στεγανότητά της. Εάν παρατηρήσουμε ότι η στάθμη του ψυκτικού μειώνεται τότε συμπληρώνουμε ψυκτικό μέχρι το επιθυμητό επίπεδο.

5.Ασκήσεις

5.1.Άσκηση 1

Σκοπός

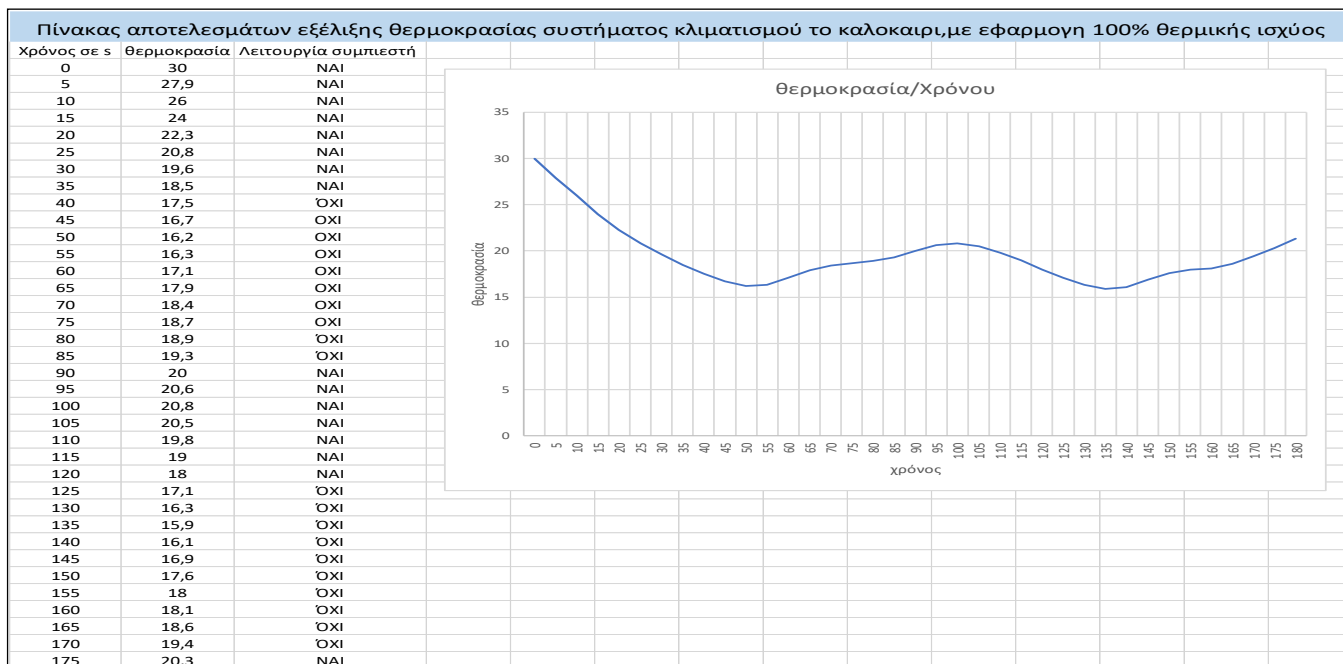
Σκοπός της Άσκησης 1 είναι να γνωρίσουμε τη λειτουργία ενός συστήματος κλιματισμού το καλοκαίρι με ποσοτικούς όρους. Πιο συγκεκριμένα, η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιγράφεται παρακάτω.

Υλοποίηση

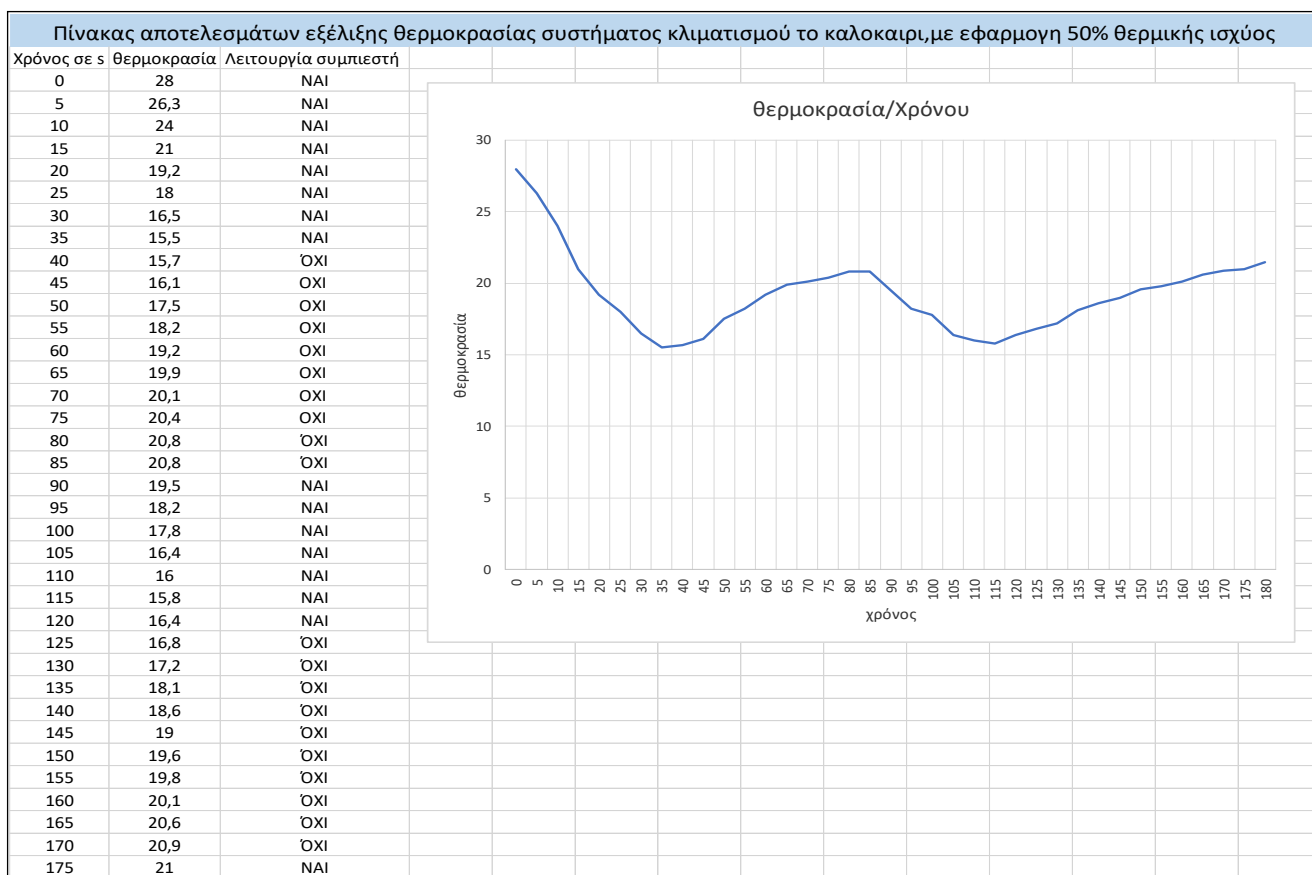
Αρχικά, κλείνουμε την πόρτα του κουτιού που προσομοιώνει την καμπίνα του οχήματος. Ρυθμίζουμε το παράθυρο στο πλευρό του κουτιού όσο επιθυμούμε. Ρυθμίζουμε τις στροφές του κινητήρα με την βοήθεια του ρυθμιστή στροφών (10) στο 0, πατάμε το ON και ανεβάζουμε στις επιθυμητές στροφές, στην περίπτωσή μας στις 2.000. Εφαρμόζουμε το θερμικό φορτίο στον συμπυκνωτή μέσω του θερμικού ανεμιστήρα στο 50%. Εφαρμόζουμε θερμικό φορτίο στην πίσω πλευρά του κουτιού, στο 50% της διαθέσιμης θερμικής ισχύος. Περιμένουμε μέχρι να ανέβει η θερμοκρασία. Έπειτα, ανοίγουμε τον ανεμιστήρα και ρυθμίζουμε τον θερμοστάτη, στην περίπτωσή μας τον ανεμιστήρα στο 2 και τον θερμοστάτη στη μέγιστη θερμοκρασία. Στον πίνακα ελέγχου, τοποθετούμε τον επιλογέα μετρητή θερμοκρασίας (15) στο t6. Παρακολουθούμε τον ψηφιακό μετρητή θερμοκρασίας νούμερο (14) στον πίνακα ελέγχου και καταγράφουμε την πτώση της θερμοκρασίας t6 στο κουτί που προσομοιώνει την καμπίνα του οχήματος σε συνάρτηση με το χρόνο. Τέλος, σημειώνουμε πότε ο συμπιεστής λειτουργεί και πότε όχι.

Ως σημαντική σημείωση θα πρέπει να ειπωθεί ότι ο όγκος του κουτιού που προσομοιώνει την καμπίνα είναι πολύ μικρότερος από την πραγματική καμπίνα, συνεπώς ο συμπιεστής θα ανάβει και θα σβήνει συχνά. Παρακάτω παρατίθενται ο πίνακας (Πίνακας 5.4) με τη θερμοκρασία και τον χρόνο και το διάγραμμα που προκύπτει από τα δεδομένα (Πίνακας 5.5).

Αποτελέσματα



Πίνακας 5.4



Πίνακας 5.5

Με την βοήθεια των διαγραμμάτων διαπιστώνουμε, την πτώση της θερμοκρασίας στην καμπίνα των επιβατών, ξεκινώντας από μια θερμοκρασία των 30 °C, η οποία επιτεύχθηκε με την βοήθεια των ανεμιστήρων προσομοίωσης θέρμανσης, του εξωτερικού χώρου και της καμπίνας των επιβατών.

Μετά την λειτουργία του εξοπλισμού μας η θερμοκρασία στην καμπίνα επιβατών μειώνεται και σταθεροποιείτε στην επιθυμητή θερμοκρασία με μια μικρή διακύμανση.

Στο πείραμα με την εφαρμογή του 50% της θερμικής ισχύς η θερμοκρασία στην καμπίνα επιτυγχάνεται σε συντομότερο χρόνο.

5.2. Άσκηση 2

Σκοπός

Σκοπός της Άσκησης 2 είναι να γνωρίσουμε την ποσοτική συμπεριφορά ενός συστήματος ελέγχου θερμοκρασίας το χειμώνα.

Υλοποίηση

Αρχικά, κλείνουμε την πόρτα του κουτιού που προσομοιώνει την καμπίνα του οχήματος. Ρυθμίζουμε το παράθυρο στο πλευρό του κουτιού όσο επιθυμούμε. Ρυθμίζουμε τις στροφές του κινητήρα με την βοήθεια του ρυθμιστή στροφών (10) στο 0, πατάμε το ON και ανεβάζουμε τις στροφές στις 2.000. Ρυθμίζουμε την θερμοκρασία του θερμοστάτη της δεξαμενής νερού στους 70 °C (περίπου η θερμοκρασία του νερού στο ψυγείο) Εικόνα 5.3 Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν ξεπεράσαμε ποτέ τη θερμοκρασία των 80 °C για να μην καταστρέψουμε την αντλία ανακύκλωσης. Στη συνέχεια, ανοίγουμε την αντίσταση θέρμανσης της δεξαμενής νερού και ρυθμίζουμε την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα. Εφαρμόσαμε ένα θερμικό φορτίο στο κουτί ενεργοποιώντας τη μονάδα ως εξής:



Εικόνα 5.3



Εικόνα 5.4

Αφενός ανοίξαμε τον ανεμιστήρα και αφετέρου ρυθμίσαμε τον θερμοστάτη. Έπειτα, περιμέναμε μέχρι η θερμοκρασία του κουτιού να πέσει. Ακολούθως, κλείσαμε τον θερμοστάτη του κλιματισμού και έγινε η εκκίνηση της αντλίας ανακύκλωσης ζεστού νερού πιέζοντας το κουμπί (16), στον πίνακα ελέγχου, Εικόνα 5.4.

Παρατηρούμε την εξέλιξη συναρτήσεως του χρόνου της θερμοκρασίας t_6 του κουτιού και καταγράφουμε σε διάγραμμα τις τιμές, σημειώνοντας τις φορές που ο συμπιεστής ανοίγει και κλείνει.

Στη συνέχεια του πειράματος, επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία μεταβάλλοντας το θερμικό φορτίο του κουτιού και συγκρίνουμε τα διαγράμματα που πήραμε.

Αξίζει να σημειωθεί ότι όταν η θερμοκρασία στο κουτί φτάσει στην επιθυμητή τιμή η αντλία ανακύκλωσης του νερού ανοίγει και σβήνει πολύ συχνά για τους ίδιους λόγους που αναφέρθηκαν στην Άσκηση 1.

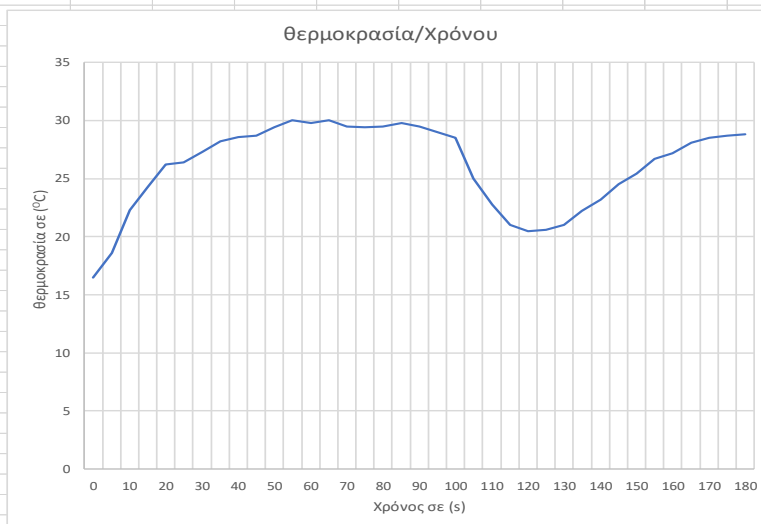
Αποτελέσματα

Παρακάτω αποτυπώνουμε σε πίνακα του Excel τα αποτελέσματα της άσκησης και παρατηρούμε την λειτουργία της κλιματιστικής μονάδας σε συνθήκες λειτουργίας τον χειμώνα. Χρησιμοποιώντας το ζεστό νερό του συστήματος ψύξης του κινητήρα, ζεσταίνουμε τον αέρα που διοχετεύεται στην καμπίνα των επιβατών. Αυτό επιτυγχάνεται ορθώς, διότι παρατηρούμε την αύξηση της θερμοκρασίας στην καμπίνα και την λειτουργία του συμπιεστή. Η κυκλοφορία του ζεστού νερού από την δεξαμενή, με την βοήθεια του κυκλοφορητή γινόταν σύμφωνα με την διαδικασία. Το ζεστό νερό κυκλοφορούσε μέσα από τον εξατμιστή για να ζεστάνει τον αέρα της καμπίνας των επιβατών και κατέληγε ξανά στην δεξαμενή.

Παρακάτω αποτυπώνονται οι δυο πίνακες των μετρήσεων, ο πρώτος είναι ο πίνακας μετρήσεων συστήματος ελέγχου θερμοκρασίας τον χειμώνα με ενεργοποιημένο το θερμικό φορτίο του κουτιού στο 100% (Πίνακας 5.6) και ο δεύτερος είναι ο πίνακας μετρήσεων συστήματος ελέγχου θερμοκρασίας τον χειμώνα με απενεργοποιημένο το θερμικό φορτίο του κουτιού (Πίνακας 5.7)

Πίνακας μετρήσεων συστήματος ελέγχου θερμοκρασίας τον χειμώνα με ενεργοποιημένο το θερμικό φορτίο του κουτιού στο 100%

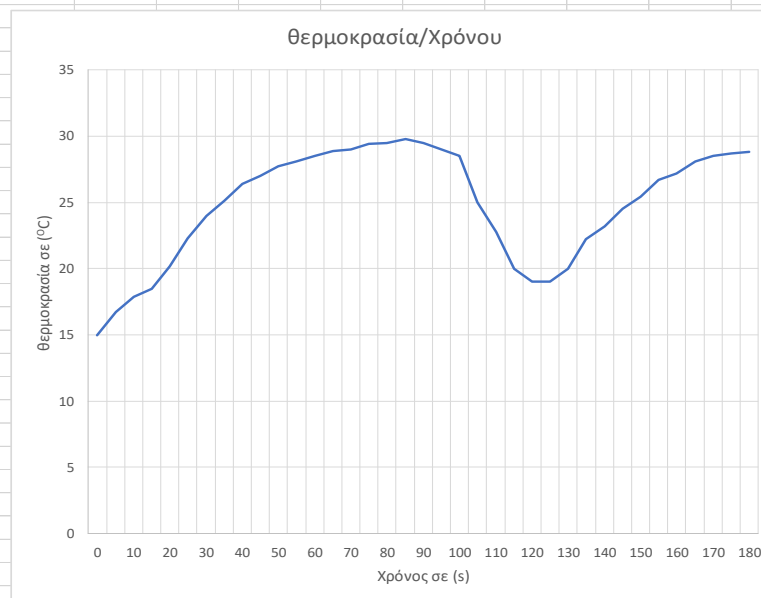
Χρόνος σε (s)	Θερμοκρασία σε (°C)	Λειτουργία συμπιεστή
0	16,5	ΌΧΙ
5	18,6	ΌΧΙ
10	22,3	ΌΧΙ
15	24,3	ΌΧΙ
20	26,2	ΌΧΙ
25	26,4	ΌΧΙ
30	27,3	ΌΧΙ
35	28,2	ΝΑΙ
40	28,6	ΝΑΙ
45	28,7	ΝΑΙ
50	29,4	ΝΑΙ
55	30	ΝΑΙ
60	29,8	ΝΑΙ
65	30	ΝΑΙ
70	29,5	ΌΧΙ
75	29,4	ΌΧΙ
80	29,5	ΌΧΙ
85	29,8	ΝΑΙ
90	29,5	ΝΑΙ
95	29	ΝΑΙ
100	28,5	ΝΑΙ
105	25	ΝΑΙ
110	22,8	ΝΑΙ
115	21	ΌΧΙ
120	20,5	ΌΧΙ
125	20,6	ΌΧΙ
130	21	ΝΑΙ
135	22,2	ΝΑΙ
140	23,2	ΝΑΙ
145	24,5	ΝΑΙ
150	25,4	ΝΑΙ
155	26,7	ΝΑΙ
160	27,2	ΝΑΙ
165	28,1	ΝΑΙ
170	28,5	ΝΑΙ



Πίνακας 5.6

Πίνακας μετρήσεων συστήματος ελέγχου θερμοκρασίας τον χειμώνα με απενεργοποιημένο το θερμικό φορτίο του κουτιού

Χρόνος σε (s)	Θερμοκρασία σε (°C)	Λειτουργία συμπιεστή
0	15	ΌΧΙ
5	16,7	ΌΧΙ
10	17,9	ΌΧΙ
15	18,5	ΌΧΙ
20	20,2	ΌΧΙ
25	22,3	ΌΧΙ
30	24	ΌΧΙ
35	25,1	ΝΑΙ
40	26,4	ΝΑΙ
45	27	ΝΑΙ
50	27,7	ΝΑΙ
55	28,1	ΝΑΙ
60	28,5	ΝΑΙ
65	28,9	ΝΑΙ
70	29	ΌΧΙ
75	29,4	ΌΧΙ
80	29,5	ΌΧΙ
85	29,8	ΝΑΙ
90	29,5	ΝΑΙ
95	29	ΝΑΙ
100	28,5	ΝΑΙ
105	25	ΝΑΙ
110	22,8	ΝΑΙ
115	20	ΌΧΙ
120	19	ΌΧΙ
125	19	ΌΧΙ
130	20	ΝΑΙ
135	22,2	ΝΑΙ
140	23,2	ΝΑΙ
145	24,5	ΝΑΙ
150	25,4	ΝΑΙ
155	26,7	ΝΑΙ
160	27,2	ΝΑΙ
165	28,1	ΝΑΙ
170	28,5	ΝΑΙ

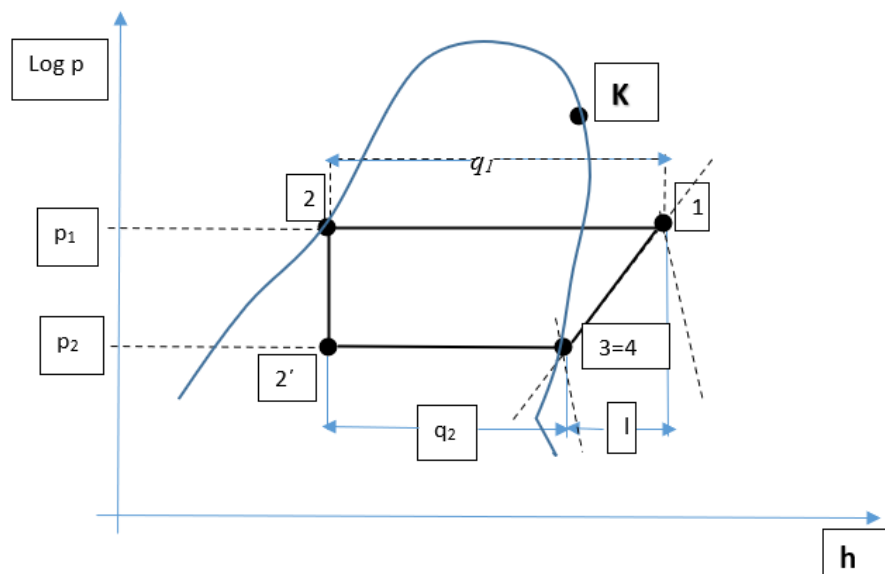


Πίνακας 5.7

5.3. Άσκηση 3

Σκοπός

Σκοπός της άσκησης 3 είναι η εξοικείωση με τον κύκλο ψύξης και εκμάθηση της χρήσης του διαγράμματος Mollier ($h, \log p$) του ψυκτικού που χρησιμοποιείται (στη συγκεκριμένη περίπτωση το R134a).



Σχήμα 5.8. Ο κύκλος ψύξης στο διάγραμμα Mollier

Υλοποίηση -Αποτελέσματα

Η διαδικασία που ακολουθήσαμε περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω. Αρχικά, κλείσαμε την πόρτα του κουτιού που προσομοιώνει την καμπίνα του οχήματος.

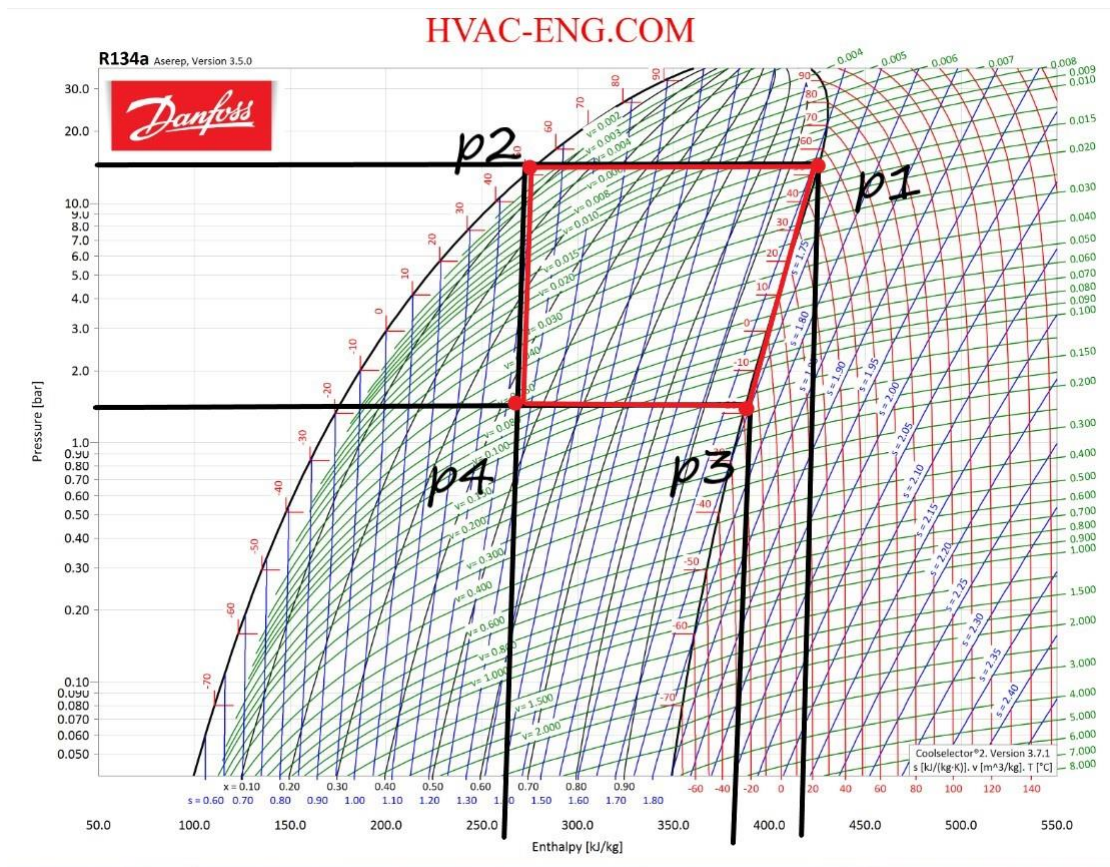
Στη συνέχεια, ρυθμίσαμε το άνοιγμα του παραθύρου στο πλευρό του κουτιού. Ρυθμίσαμε τον ρυθμιστή στροφών (10) στο μηδέν. Πιέσαμε το κουμπί ON(11) και ρυθμίσαμε την ταχύτητα του κινητήρα στις 1900 στροφές. Έπειτα, εφαρμόσαμε ένα θερμικό φορτίο στον συμπυκνωτή μέσω του θερμικού ανεμιστήρα χρησιμοποιώντας το 50% της διαθέσιμης θερμικής ισχύος. Στη συνέχεια, εφαρμόσαμε ένα θερμικό φορτίο στην πίσω πλευρά του κουτιού, χρησιμοποιώντας το 50% της διαθέσιμης θερμικής ισχύος. Περιμέναμε μέχρι να ανέβει η θερμοκρασία στο κουτί και ανοίξαμε τον ανεμιστήρα του κλιματισμού στο 1, ρυθμίζοντας το θερμοστάτη.

Στον παρακάτω πίνακα αποτυπώνονται οι τιμές p και t όπως χρησιμοποιήθηκαν , αλλά και οι στροφές κινητήρα, η ροπή στρέψης, η τάση και το ρεύμα.

1.	Στροφές κινητήρα	1900 rpm
2.	Ροπή στρέψης	9,5 Nm
3.	Εφαρμοζόμενη Τάση	115 V
4.	Εισερχόμενο Ρεύμα	17 A
5.	Πίεση ψυκτικού στην είσοδο του συμπυκνωτή- p_1	14,5 bar
6.	Πίεση ψυκτικού στην έξοδο του συμπυκνωτή- p_2	14,1 bar
7.	Πίεση ψυκτικού στην είσοδο του εξατμιστή- p_3	1,4 bar
8.	Πίεση ψυκτικού στην έξοδο του εξατμιστή / είσοδο του συμπιεστή- p_4	1,2 bar
9.	Θερμοκρασία του ψυκτικού στην είσοδο του συμπυκνωτή- t_1	79,3 °C
10.	Θερμοκρασία του ψυκτικού στην έξοδο του συμπυκνωτή- t_2	51 °C
11.	Θερμοκρασία του ψυκτικού στην είσοδο του εξατμιστή- t_3	13 °C
12.	Θερμοκρασία του ψυκτικού στην έξοδο του εξατμιστή- t_4	20 °C
13.	Θερμοκρασία του προσδιδόμενου αέρα στον συμπυκνωτή- t_5	23,7 °C
14.	Θερμοκρασία του αέρα στην καμπίνα - t_6	15 °C

Σύμφωνα με τις τιμές που πήραμε σχηματίζουμε τον κύκλο ψύξης στο σχεδιάγραμμα του Mollier.

Σχεδιάγραμμα Mollier.



Στο επάνω όριο της καμπύλης ($x=1$) διακρίνουμε τα σημεία που αντιστοιχούν στην πίεση συμπύκνωσης (p_1) και στην πίεση εξάτμισης (p_3). Διακρίνουμε το σημείο που αντιστοιχεί στο αέριο FREON στην είσοδο του συμπυκνωτή (p_1 και t_1). Διακρίνουμε το σημείο που αντιστοιχεί στο αέριο Freon στην έξοδο του συμπυκνωτή (p_2 και t_2). Ενώνουμε τα δύο σημεία που πήραμε με τα παραπάνω βήματα. Η γραμμή που σχηματίζεται με αυτόν τον τρόπο περιγράφει τη διαδικασία της συμπύκνωσης.

Διακρίνουμε το σημείο που αντιστοιχεί στο αέριο Freon στην έξοδο του εξατμιστή (p_3 και t_3). Η συμπίεση αντιπροσωπεύεται ενώνοντας το σημείο του τέλους της εξάτμισης με την αρχή της συμπύκνωσης (p_1 και t_1) και (p_3 και t_3). Σχεδιάζουμε την ισοβαρή που αντιστοιχεί στην πίεση εξάτμισης (p_3). Η εκτόνωση αντιπροσωπεύεται σχεδιάζοντας μία κάθετη γραμμή από το σημείο τέλους της συμπύκνωσης μέχρι την προηγούμενη ισοβαρή. Έτσι, βρίσκουμε το σημείο έναρξης εξάτμισης. Το σχήμα που παίρνουμε αντιπροσωπεύει τον κύκλο ψύξης.

Διαβάζουμε τις τιμές ενθαλπίας στα σημεία που αντιπροσωπεύουν τον κύκλο του Mollier (h , $\log p$) για το R134a και τις εισάγουμε στον σχετικό πίνακα.

Ενθαλπία ψυκτικού στην είσοδο του συμπυκνωτή	H1 420 kJ/kg
Ενθαλπία ψυκτικού στην έξοδο του συμπυκνωτή	H2 265 kJ/kg
Ενθαλπία ψυκτικού στην έξοδο του εξατμιστή	H3 370 kJ/kg
Ενθαλπία ψυκτικού στην είσοδο του εξατμιστή	H4 265 kJ/kg

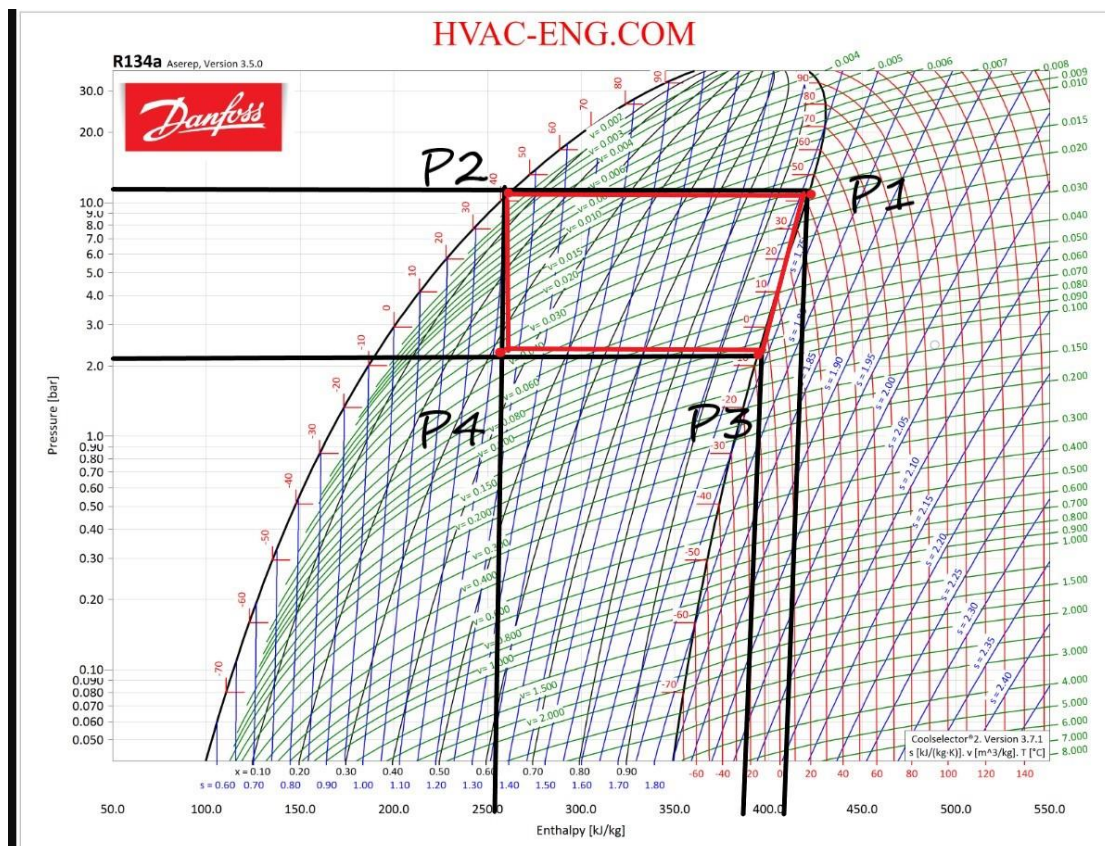
Στην συνέχεια επαναλαμβάνουμε την άσκηση αλλάζοντας την ταχύτητα του κινητήρα στις 1000 στροφές. Πιο συγκεκριμένα, εφαρμόσαμε ένα θερμικό φορτίο στον συμπυκνωτή μέσω του θερμικού ανεμιστήρα χρησιμοποιώντας το 100% της διαθέσιμης θερμικής ισχύος. Στη συνέχεια, εφαρμόσαμε ένα θερμικό φορτίο στην πίσω πλευρά του κουτιού, χρησιμοποιώντας το 100% της διαθέσιμης θερμικής ισχύος. Περιμέναμε μέχρι να ανέβει η θερμοκρασία στο κουτί και ανοίξαμε τον ανεμιστήρα του κλιματισμού, ρυθμίζοντας το θερμοστάτη.

Στον παρακάτω πίνακα αποτυπώνονται οι τιμές p και t όπως χρησιμοποιήθηκαν, αλλά και οι στροφές κινητήρα, η ροπή στρέψης, η τάση και το ρεύμα.

1.	Στροφές κινητήρα	1000 rpm
2.	Ροπή στρέψης	10,6 Nm
3.	Εφαρμοζόμενη Τάση	70 V
4.	Εισερχόμενο Ρεύμα	20 A
5.	Πίεση ψυκτικού στην είσοδο του συμπυκνωτή- p_1	12 bar
6.	Πίεση ψυκτικού στην έξοδο του συμπυκνωτή- p_2	11,8 bar
7.	Πίεση ψυκτικού στην είσοδο του εξατμιστή- p_3	2,1 bar
8.	Πίεση ψυκτικού στην έξοδο του εξατμιστή / είσοδο του συμπιεστή- p_4	2,3 bar
9.	Θερμοκρασία του ψυκτικού στην είσοδο του συμπυκνωτή- t_1	78 °C
10.	Θερμοκρασία του ψυκτικού στην έξοδο του συμπυκνωτή- t_2	42 °C
11.	Θερμοκρασία του ψυκτικού στην είσοδο του εξατμιστή- t_3	14,5 °C

12.	Θερμοκρασία του ψυκτικού στην έξοδο του εξατμιστή- t_4	22 °C
13.	Θερμοκρασία του προσδιδόμενου αέρα στον συμπυκνωτή - t_5	22,5 °C
14.	Θερμοκρασία του αέρα στην καμπίνα - t_6	16 °C

Σχεδιάγραμμα Mollier.



Στο επάνω όριο της καμπύλης ($x=1$) διακρίνουμε τα σημεία που αντιστοιχούν την πίεση συμπύκνωσης (p_1) και την πίεση εξάτμισης (p_3). Διακρίνουμε το σημείο που αντιστοιχεί στο αέριο FREON στην είσοδο του συμπυκνωτή (p_1 και t_1). Διακρίνουμε το σημείο που αντιστοιχεί στο αέριο Freon στην έξοδο του συμπυκνωτή (p_2 και t_2). Ενώνουμε τα δύο σημεία που πήραμε με τα παραπάνω βήματα. Η γραμμή που σχηματίζεται με αυτόν τον τρόπο περιγράφει τη διαδικασία της συμπύκνωσης.

Διακρίνουμε το σημείο που αντιστοιχεί στο αέριο Freon στην έξοδο του εξατμιστή (p_3 και t_3). Η συμπίεση αντιπροσωπεύεται ενώνοντας το σημείο του τέλους της εξάτμισης με την αρχή της συμπύκνωσης (p_1 και t_1) και (p_3 και t_3). Σχεδιάζουμε

την ισοβαρή που αντιστοιχεί στην πίεση εξάτμισης (p_3). Η εκτόνωση αντιπροσωπεύεται σχεδιάζοντας μία κάθετη γραμμή από το σημείο τέλους της συμπύκνωσης μέχρι την προηγούμενη ισοβαρή. Έτσι, βρίσκουμε το σημείο έναρξης εξάτμισης. Το σχήμα που παίρνουμε αντιπροσωπεύει τον κύκλο ψύξης.

Διαβάζουμε τις τιμές ενθαλπίας στα σημεία που αντιπροσωπεύουν τον κύκλο του Mollier ($h, \log p$) για το R134a και τις εισάγουμε στον σχετικό πίνακα.

Ενθαλπία ψυκτικού στην είσοδο του συμπυκνωτή	H1 410 kJ/kg
Ενθαλπία ψυκτικού στην έξοδο του συμπυκνωτή	H2 260 kJ/kg
Ενθαλπία ψυκτικού στην έξοδο του εξατμιστή	H3 385 kJ/kg
Ενθαλπία ψυκτικού στην είσοδο του εξατμιστή	H4 260 kJ/kg

ΣΗΜΕΙΩΣΗ

Θα συνιστούσαμε να ρυθμίσετε τον θερμοστάτη του κλιματισμού στο ελάχιστο και να θερμάνετε καλά το κουτί πριν ξεκινήσετε. Έτσι, ο συμπιεστής θα είναι ανοιχτός για πολλή ώρα έτσι ώστε να λάβετε τις επιθυμητές τιμές παρά το μικρό μέγεθος του κουτιού.

5.4. Άσκηση 4

Σκοπός

Σκοπός της άσκησης 4 είναι ο προσδιορισμός της θερμοδυναμικής απόδοσης του κύκλου. Οι σχέσεις που θα χρησιμοποιηθούν είναι:

1. Η απόδοση ενός ιδανικού κύκλου Carnot , που είναι $\epsilon_c = T_c / (T_C - T_V)$, όπου T_C και T_V είναι οι θερμοκρασίες συμπύκνωσης και εξάτμισης αντίστοιχα σε Kelvin.
2. Η απόδοση του πραγματικού κύκλου ψύξης, που είναι $\epsilon_{real} = q_2 / I_{ciclo}$
3. Η θερμότητα που απορροφάται από το κουτί, που είναι $q_2 = h_3 - h_4$ σε (kJ/kg) και
4. Το ειδικό έργο που απαιτείται από τον κύκλο $I_{ciclo} = h_1 - h_3$ σε (kJ/kg)
Ο λόγος μεταξύ των δύο αποδόσεων είναι $\phi = \epsilon_{real} / \epsilon_c$

Η ισχύς που απορροφάται από τον ηλεκτροκινητήρα (σε W) είναι $P_{el} = V \cdot I$

Η μηχανική ισχύς που απορροφάται από τον συμπιεστή (σε W) είναι $P_m = 2\pi nM$

Η απόδοση της μετάδοσης είναι $\eta_m = P_m / P_{el}$

Υλοποίηση

Αρχικά, χρησιμοποιούμε το πρώτο σετ τιμών που πήραμε στην άσκηση 3.

Στη συνέχεια, μετατρέπουμε τις θερμοκρασίες εξάτμισης και συμπύκνωσης σε Kelvin.

Η θερμοκρασία ψυκτικού στην έξοδο του συμπυκνωτή είναι : $T_c = 51^\circ\text{C} = 51 + 273 = 324\text{K}$

Η θερμοκρασία ψυκτικού στην έξοδο του εξατμιστή είναι : $T_V = -18^\circ\text{C} = -18 + 273 = 255\text{K}$

Η απόδοση του ιδανικού κύκλου Carnot είναι: $\epsilon_c = T_c / (T_C - T_V) = 324 / (324 - 255) = 4,69$

Η θερμότητα που απορροφάται από το κουτί είναι:

$$q_2 = h_3 - h_4 = 370 - 265 = 105 \text{ (kJ/kg)}$$

Το ειδικό έργο που απαιτείται είναι : $l_{\text{ciclo}} = h_1 - h_3 = 420 - 370 = 50 \text{ (kJ/kg)}$

Υπολογίσαμε την απόδοση του πραγματικού κύκλου και βρήκαμε ότι είναι:

$$\varepsilon_{\text{real}} = q_2 / l_{\text{ciclo}} = 105/50 = 2,1$$

Υπολογίσαμε τον λόγο μεταξύ των τιμών απόδοσης και είναι ο κάτωθι:

$$\varphi = \varepsilon_{\text{real}} / \varepsilon_c = 2,1/4,69 = 0,44$$

Η ισχύς που καταναλώνεται από τον κινητήρα είναι :

$$P_{\text{el}} = V \cdot I = 115 \cdot 17 = 1,95 \text{ kW}$$

Η ισχύς που καταναλώνεται από τον συμπιεστή είναι :

$$P_m = 2\pi nM = 2\pi (1900/60) \cdot 9,5 = 1,88 \text{ kW}$$

Η απόδοση της μετάδοσης είναι: $n_m = P_m / P_{\text{el}} = 1,88 / 1,95 = 0,96$

Στην συνέχεια επαναλάβουμε τα παραπάνω χρησιμοποιώντας το δεύτερο σετ τιμών που πήραμε στην άσκηση 3.

Στη συνέχεια, μετατρέπουμε τις θερμοκρασίες εξάτμισης και συμπύκνωσης σε Kelvin.

Θερμοκρασία ψυκτικού στην έξοδο του συμπυκνωτή : $T_c = 42^\circ\text{C} = 42 + 273 = 315 \text{ K}$

Θερμοκρασία ψυκτικού στην έξοδο του εξατμιστή : $T_v = -8^\circ\text{C} = -8 + 273 = 265 \text{ K}$

Η απόδοση του ιδανικού κύκλου Carnot είναι: $\varepsilon_c = T_c / (T_c - T_v) = 315 / (315 - 265) = 6,3$

Η θερμότητα που απορροφάται από το κουτί είναι :

$$q_2 = h_3 - h_4 = 385 - 260 = 125 \text{ (kJ/kg)}$$

Το ειδικό έργο που απαιτείται είναι : $l_{\text{ciclo}} = h_1 - h_3 = 410 - 385 = 25 \text{ (kJ/kg)}$

Υπολογίσαμε την απόδοση του πραγματικού κύκλου και βρήκαμε ότι είναι:

$$\varepsilon_{\text{real}} = q_2 / l_{\text{ciclo}} = 125/25 = 5$$

Υπολογίσαμε τον λόγο μεταξύ των τιμών απόδοσης παρακάτω :

$$\varphi = \varepsilon_{\text{real}} / \varepsilon_c = 5/6,3 = 0,79$$

Βρήκαμε την ισχύ που καταναλώνεται από τον κινητήρα :

$$P_{\text{el}} = V * I = 70 * 20 = 1,40 \text{ kW}$$

Βρήκαμε την ισχύ που καταναλώνεται από τον συμπιεστή:

$$P_m = 2\pi n M = 2\pi (1000 / 60) * 10,6 = 1,11 \text{ kW}$$

Η απόδοση της μετάδοσης είναι: $n_m = P_m / P_{\text{el}} = 1,11 / 1,40 = 0,79$

Συμπεράσματα

Με την βοήθεια της εκπαιδευτική μονάδα air condition T66D, η οποία έχει σχεδιαστεί για να παρουσιάζει τα κυριότερα θέματα που σχετίζονται με ένα σύστημα ελέγχου θερμοκρασίας, στις εφαρμογές οχημάτων, μπορέσαμε να υλοποιήσουμε τις ασκήσεις, με αποτέλεσμα οι φοιτητές να μπορέσουν να γνωρίσουν τα βασικά σημεία της θεωρίας της ψύξης μα και τις πραγματικές, όπως κυκλώματα και εξαρτήματα.

Στο πρώτο στάδιο της επαφής μας με την εκπαιδευτική μονάδα, ξεκινήσαμε του πρώτους ελέγχους σωστής λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης. Στην συνέχεια προχωρήσαμε με την διόρθωση οποιαδήποτε βλάβης διαπιστώθηκε, κατά την διάρκεια των δοκιμαστικών πειραμάτων, όπως η αντικατάσταση καμένων ασφαλειών, η συντήρηση της αντίστασης θέρμανσης του νερού, η αντικατάσταση ταμπελών ένδειξης πίεσης κ.α, που διενεργήθηκαν, για την υλοποίηση των ασκήσεων και την παράδοση μιας κλιματιστικής μονάδας έτοιμης για χρήση από τους φοιτητές, στο εργαστήριο θερμοδυναμικής.

Οι ασκήσεις υλοποιήθηκαν σύμφωνα με την διαδικασία, συγκεκριμένα στην πρώτη άσκηση, γνωρίσαμε τη λειτουργία ενός συστήματος κλιματισμού το καλοκαίρι και διαπιστώσαμε την πτώση της θερμοκρασίας στην καμπίνα των επιβατών.

Στην δεύτερη άσκηση, γνωρίσαμε την συμπεριφορά ενός συστήματος ελέγχου θερμοκρασίας το χειμώνα, με την αύξηση της θερμοκρασίας στην καμπίνα των επιβατών.

Στην τρίτη άσκηση, μάθαμε τον τρόπο σχεδίασης του κύκλου ψύξης και τη χρήση του διαγράμματος Mollier (h , $\log p$), του ψυκτικού που χρησιμοποιείται (στη συγκεκριμένη περίπτωση το (R134a).

Στην τέταρτη άσκηση, με την βοήθεια των τύπων, προσδιορίστηκε ο θερμοδυναμικός βαθμός απόδοσης του κύκλου, σύμφωνα με τις μετρήσεις που καταγράφηκαν κατά την διάρκεια των πειραμάτων σε πίνακες.

Βιβλιογραφία

1. Didacta Italia. *Εκπαιδευτική διάταξη κλιματισμού αυτοκινήτου, Οδηγίες χρήσης και ασκήσεων*, Torino
2. Didacta Italia. *Outline of Theory on Refrigeration System*, Torino
3. Δαλαβούρας, Κ. (2014). *Βελτιστοποίηση απόδοσης Ψυκτικών Συμπιεστών, Διπλωματική εργασία*, Αθήνα
4. Κτενιαδάκης, Μ., Παπαδάκης, Θ., Αργυράκης, Π. *Εγκαταστάσεις Ψύξης II*, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο
5. Πολίτης, Σ., Τσιτλακίδης, Γ., Βλαϊκούδης, Α., *Ανάλυση λειτουργίας πειραματικής μονάδας προσημείωσης ψυκτικού κύκλου, πτυχιακή εργασία, Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης, Σχολή ΣΤΕΦ, Τμήμα Οχημάτων*
6. Στεφανής, Ι. (2012). *Κλιματισμός αυτοκινήτου και συστήματα ελέγχου*.
7. Σκούφος, Π., (2016). *Μελέτη Λειτουργικής Συμπεριφοράς Αντλίας Θερμότητας Αέρα/Αέρα*, Πάτρα

Ιστοσελίδες

Διάγραμμα Mollier

<https://i2.wp.com/hvac-eng.com/wp-content/uploads/2020/04/Logp-h-diagram-R134a.png?fit=3168%2C2448&ssl=1>