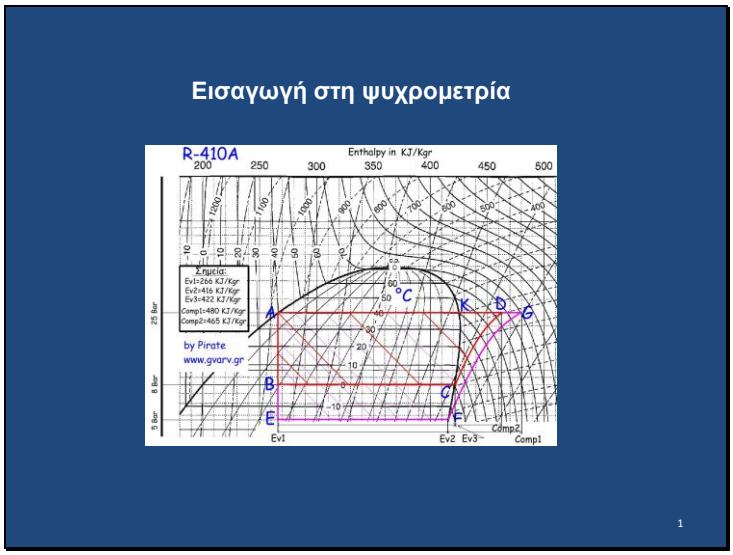
Slide 1


Εισαγωγή στη ψυχρομετρία
R-410A
Enthalpy in KJ/Kgr
200
250
300
350
400
450
500
Σ.ηριτιd:
Ev1=266 KJ/Kgr
Ev2=416 KJ/Kgr
Ev3=422 KJ/Kgr
Comp1=480 KJ/Kgr
Comp2=465 KJ/Kgr
by Pirate
www.gvarv.gr
25 Bar
8 Bar
5 Bar
A
B
C
D
E
F
G
K
Ev1
Ev2
Ev3
Cdmp2
Comp1
1

Slide 2

Σύντομη εισαγωγή στη ψυχρομετρία.

Διάγραμμα Mollier (πίεσης-ενθαλπίας P-H)

Το διάγραμμα Mollier είναι μία γραφική παράσταση σε έναν άξονα συντεταγμένων γραμμών πίεσης –ενθαλπίας P-h, το οποίο έχει τη δυνατότητα να απεικονίσει τις μεταβολές κάθε διαφορετικού ψυκτικού υγρού, σε κάθε στιγμή και φάση της λειτουργίας του θεωρητικού ψυκτικού κύκλου μίας ψυκτικής μηχανής.

Αυτό που πρέπει να γνωρίζουμε είναι:

- ✓ η πίεση λειτουργίας στην αναρρόφηση και η πίεση λειτουργίας στην κατάθλιψη
- ✓ το ψυκτικό μέσο που έχει η μηχανή μας, για να επιλέξουμε το κατάλληλο διάγραμμα,
- ✓ την υπερθέρμανση και την υπόψυξη

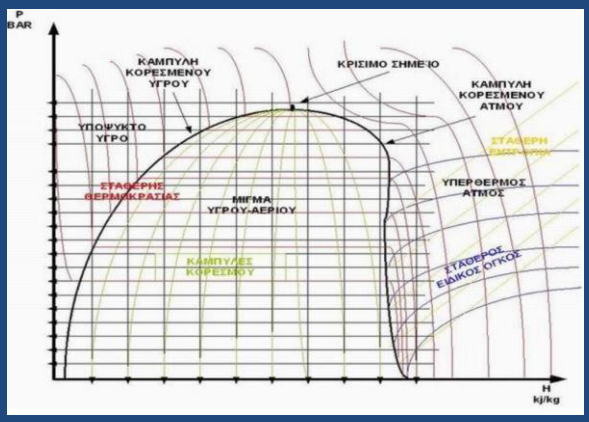
Επειδή οι πιέσεις λειτουργίας που δουλεύονται πάνω στο διάγραμμα πρέπει πάντα να είναι απόλυτες, προσθέτουμε στις πιέσεις που παίρνουμε με τα μανόμετρά μας (μανομετρικές πιέσεις) μια ατμόσφαιρα για να γίνουν απόλυτες.

Ανάλογα με το σύστημα που είναι φτιαγμένα τα διαγράμματα και τα μανόμετρα, τα συναντάμε στις ακόλουθες μονάδες μέτρησης:

- ✓ για το μετρικό, Kg/cm2 και Atm
- ✓ για το S.I.(διεθνές), BAR και Pa
- ✓ για το αγγλοσαξονικό Lb/in2 ή P.s.i.

2

Slide 3



Διάγραμμα Mollier
Σχηματική παράσταση μεγεθών στο διάγραμμα P-h

Slide 4

Μεταβολές λειτουργίας ψυκτικού κύκλου σε διάγραμμα P-H

Οι βασικές μεταβολές του ιδανικού ή θεωρητικού κύκλου ψύξης με συμπίεση ατμών είναι τέσσερις στην αρχική φάση.
ο η μεταβολή της **συμπίεσης**
ο η μεταβολή της **συμπύκνωσης**
ο η μεταβολή της **εκτόνωσης** και
ο η μεταβολή της **εξάτμισης**

Προστίθενται και άλλες δύο μεταβολές:
ο η μεταβολή της **υπόψυξης** και
ο η μεταβολή της **υπερθέρμανσης**.

4

Slide 5

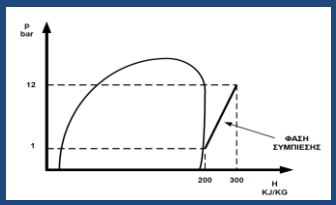
Συμπίεση

Αν υποθέσουμε ότι η πίεση αναρρόφησης μιας ψυκτικής μηχανής (σε απόλυτες τιμές) είναι 1,5bar και η πίεση κατάθλιψης 12bar, κατά τη φάση της συμπίεσης παρατηρούμε πως αυτή η μεταβολή κινείται στην περιοχή του υπέρθερμου ατμού. Επίσης βλέπουμε πως η θερμότητα που πήρε το ψυκτικό ρευστό κατά τη φάση αυτή είναι Q=300-200=100KJ/KG.

Αυτό το ονομάζουμε **μηχανικό έργο** συμπίεσης και το συμβολίζουμε με το γράμμα **w.** Άρα **w**=100KJ/KG

Η μεταβολή της συμπίεσης είναι ισεντροπική, δηλαδή η γραμμή κινείται παράλληλα με τις γραμμές της εντροπίας.

Στο ψυκτικό ρευστό προστίθεται θερμότητα από την κινητική και την ηλεκτρική ενέργεια του συμπιεστή και μαζί με τη θερμότητα που πήρε το ψυκτικό μέσο από τη μάζα του αέρα στον ψυκτικό θάλαμο, οδηγείται μέσω του συμπυκνωτή στο εξωτερικό περιβάλλον.



Μεταβολή συμπίεσης

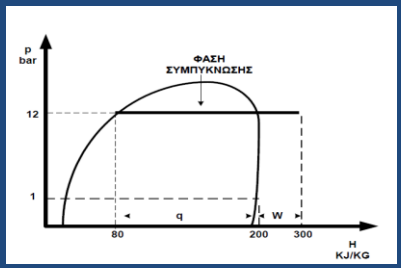
Slide 6

Συμπύκνωση

Κατά τη φάση της συμπύκνωσης έχουμε ενεργειακή μεταβολή, έχουμε δηλαδή μεταβολή της ενθαλπίας με αποβολή θερμότητας q προς το περιβάλλον.

Στο παράδειγμά μας, η πίεση και η θερμοκρασία παραμένουν σταθερές κατά τη φάση της συμπύκνωσης του ψυκτικού ρευστού μέσα στην περιοχή της καμπάνας.

Το ψυκτικό μέσο αποβάλει θερμότητα προς το περιβάλλον, ενώ η κατάσταση είναι λανθάνουσα, δηλαδή η θερμοκρασία παραμένει σταθερή μέχρι το ψυκτικό ρευστό να αλλάξει φάση και να γίνει από αέριο υγρό.



Μεταβολή συμπύκνωσης

Slide 7

Παρατηρούμε πως αυτή η μεταβολή ξεκινάει να κινείται από την περιοχή του υπέρθερμου ατμού και περνάει μέσα στην καμπάνα, στην περιοχή κορεσμού.
Από το σημείο που τελειώνει η συμπίεση και μέχρι το ψυκτικό αέριο να φτάσει στο σημείο του κορεσμένου αερίου πάνω στην καμπύλη, το ψυκτικό ρευστό αποβάλλει θερμότητα προς το περιβάλλον με αποτέλεσμα την πτώση της θερμοκρασίας.
Αυτό πρακτικά γίνεται στη διαδρομή της σωλήνας από την έξοδο του αερίου από την κατάθλιψη μέσα στο συμπιεστή, μέχρι και τις πρώτες σπείρες του στοιχείου του συμπυκνωτή.
Η θερμότητα που πήρε το ψυκτικό ρευστό κατά τη διάρκεια της συμπίεσης, δηλαδή το μηχανικό έργου **w**, καθώς και η θερμότητα που απορρόφησε το ψυκτικό μέσο από τη μάζα του αέρα γύρω από τα προϊόντα κατά τη φάση της εξάτμισης, αποβάλλεται προς το περιβάλλον. Αυτή η θερμότητα είναι η θερμότητα της συμπύκνωσης και συμβολίζεται με το γράμμα q.
Το **καθαρό ψυκτικό αποτέλεσμα Κ.Ψ.Α.** το συμβολίζουμε με το γράμμα **q** είναι η θερμότητα που απορρόφησε το ψυκτικό μέσο από το θάλαμο.

$$q_{\text{συμπύκνωσης}} = \text{Κ.Ψ.Α. (q)} + \text{μηχανικό έργο (w)}$$

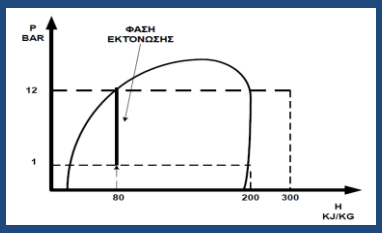
7

Slide 8

Εκτόνωση

Κατά τη φάση της εκτόνωσης δεν υπάρχει διάβαση της θερμότητας από και προς το περιβάλλον (αδιαβατική μεταβολή), η μεταβολή είναι κάθετη στο άξονα της ενθαλπίας (ισενθαλπική μεταβολή). Άρα η εκτόνωση δεν είναι μεταβολή με θερμικό κέρδος ή απώλεια.

Στο παράδειγμά μας, κατά τη φάση της εκτόνωσης, η πίεση καθώς και η θερμοκρασία μεταβάλλονται. Το ψυκτικό μέσο από υγρό υψηλής πίεσης (βρίσκεται πάνω στην καμπύλη κορεσμένου υγρού) μεταβάλλεται σε μίγμα υγρού αερίου χαμηλής θερμοκρασίας και πίεσης, λόγω του στραγγαλισμού. Η μεταβολή της πίεσης άρα και της θερμοκρασίας γίνεται κατακόρυφα στραγγαλίζοντας το ψυκτικό μέσο και ρίχνοντάς του την πίεση από τα 12bar στο 1bar.



Μεταβολή της εκτόνωσης

Slide 9

Ένα δεύτερο στοιχείο που επηρεάζει ο στραγγαλισμός είναι η ποσότητα του ψυκτικού ρευστού που θα περάσει από το συμπυκνωτή προς τον εξατμιστή της ψυκτικής μηχανής.

Σε πρακτικό επίπεδο, όπως τονίστηκε και παραπάνω, πρέπει να υπάρχει **ισορροπία** μεταξύ των δύο πλευρών, της αναρρόφησης και της κατάθλιψης, έτσι ώστε ούτε ο εξατμιστής να πλημμυρίζει με ψυκτικό υγρό, ούτε και στην πλευρά του συμπυκνωτή να παραμείνει υγρό δημιουργώντας ανεπιθύμητες υψηλές πιέσεις

Εξάτμιση

Κατά τη φάση της εξάτμισης–ατμοποίησης υπάρχει ενεργειακή μεταβολή, πρόσδοση δηλαδή της θερμότητας q από τη ζεστή μάζα του αέρα του θαλάμου με τα προϊόντα προς το ψυχρό ψυκτικό ρευστό.

Η θερμότητα αυτή βράζει το ψυκτικό υγρό, (σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες) και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να το ατμοποιήσει.

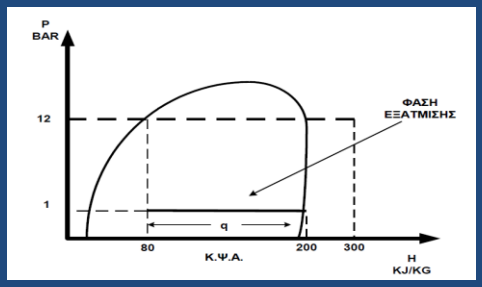
Στο παράδειγμά μας, κατά τη φάση της εξάτμισης, η πίεση καθώς και η θερμοκρασία παραμένουν σταθερές, καθώς η μεταβολή καθορίζεται μέχρι και το σημείο πάνω στη καμπύλη κορεσμένου αερίου (μέσα στην καμπάνα).

Έχουμε δηλαδή λανθάνουσα θερμότητα που προστίθεται στο ψυκτικό μέσο μέχρι αυτό να αλλάξει φάση - κατάσταση από υγρό σε αέριο.

Η απορροφούμενη θερμότητα, δηλαδή το Κ.Ψ.Α.q που προστέθηκε στο ψυκτικό μέσο από τον ψυχόμενο χώρο, θα πάει πάλι στον συμπιεστή για να οδηγηθεί από αυτόν στο συμπυκνωτή και στη συνέχεια στο περιβάλλον.

9

Slide 10



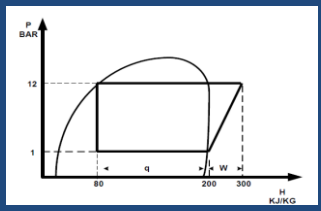
Μεταβολή της εξάτμισης

$Q_{\text{αποβαλλόμενης θερμότητας}}$ = 200-80=120 KJ/Kg

Slide 11

Το σύνολο των μεταβολών

Βλέποντας στο διάγραμμα P-h ολοκληρωμένο τον ιδανικό θεωρητικό κύκλο ψύξης με τις τέσσερις φάσεις του, θα πρέπει να τονιστεί πως ο θεωρητικός κύκλος ψύξης διαφέρει από τον πραγματικό.
Ο λόγος είναι πως σε πραγματική μελέτη των παραπάνω μεταβολών σε μία ψυκτική μηχανή, θα παρατηρήσουμε π.χ .πως η θερμοκρασία και η πίεση κατά τη διάρκεια της συμπύκνωσης ή της εξάτμισης (μέσα στην καμπάνα), δεν παραμένουν σταθερές αλλά αλλάζουν λόγω των τριβών του ψυκτικού ρευστού μέσα στις σωληνώσεις.
Η πτώση πίεσης από τις τριβές, από την κίνηση του ρευστού μέσα στις σωληνώσεις, έχει σαν αποτέλεσμα να επηρεάσει την απόδοσης μιας ψυκτικής μηχανής.
Βέβαια τις απώλειες αυτές οι κατασκευαστικές εταιρίες τις καλύπτουν με έρευνα για βελτίωση των αποδόσεων στα ψυγεία τους, σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα (i.s.o. κ.ά.).



Το σύνολο των μεταβολών

Slide 12

Υπερθέρμανση και υπόψυξη

Δύο άλλες μεταβολές που τυχόν προκύπτουν σε μία εγκατάσταση κατά τη λειτουργία της και μπορούν να καταγραφούν στο διάγραμμα Mollier είναι:

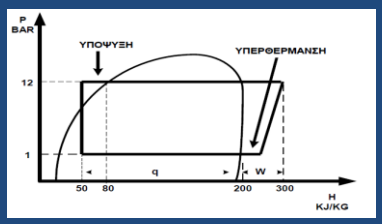
- ✓ Η μεταβολή της **υπερθέρμανσης**
- ✓ και η μεταβολή της **υπόψυξης.**

Υπερθέρμανση στο ψυκτικό μέσο γίνεται στην έξοδό του από τον εξατμιστή, από την καμπύλη κορεσμένου ατμού μέχρι την είσοδο του ψυκτικού στο συμπιεστή. Είναι η προσθήκη θερμότητας προς το ψυκτικό μέσο (που έχει γίνει όλο ατμός), με αποτέλεσμα να ανέβει η θερμοκρασία του και να γίνει υπέρθερμο. Ή υπερθέρμανση προκύπτει στη διαδρομή από τις σωληνώσεις που συνδέουν τον εξατμιστή με το συμπιεστή. Γι΄αυτό τον λόγο πολλές φορές οι ψυκτικοί μονώνουν τις σωληνώσεις, για να μειώσουν έτσι την υπερβολική υπερθέρμανση. Έτσι το ψυκτικό θα επιστρέψει σε μία θερμοκρασία κατάλληλη να δροσίσει το συμπιεστή. Επίσης ο όγκος του λιγότερο θερμού αερίου θα βοηθήσει το συμπιεστή να ξεκινήσει με λιγότερα φορτία. Η υπερθέρμανση είναι επιθυμητή γιατί ατμοποιεί τυχόν σταγονίδια ψυκτικού αερίου που θα αναρροφήσει ο συμπιεστής με αποτέλεσμα να του προκαλέσουν ανεπιθύμητες φθορές, ακόμα και σοβαρές βλάβες.

12

Slide 13

Υπόψυξη στο ψυκτικό κύκλο συναντάμε στη διαδρομή του ψυκτικού υγρού από την καμπύλη κορεσμού στην έξοδο του συμπυκνωτή, μέχρι την είσοδο της εκτονωτικής βαλβίδας. Το ψυκτικό ρευστό, αφού έχει αλλάξει φάση, πριν μπει στο στραγγαλιστικό, εξακολουθεί να αποβάλλει θερμότητα προς το περιβάλλον με αποτέλεσμα να πέφτει και άλλο η θερμοκρασία του και να γίνεται υπόψυκτο υγρό. Είναι επιθυμητό για μία εγκατάσταση ψύξης να πετύχουμε όσο το δυνατό μεγαλύτερη υπόψυξη έτσι ώστε να βελτιώσουμε την ικανότητα της ψυκτικής μηχανής, αυξάνοντας το Κ.Ψ.Α. Επίσης παγώνοντας το ψυκτικό υγρό ακόμα περισσότερο ,δίνεται η δυνατότητα να υγροποιηθεί τυχόν ατμός που βρίσκεται μέσα σε αυτό, με αποτέλεσμα το ψυκτικό να πηγαίνει ακόμα πιο παγωμένο στην εκτονωτική και να αυξάνει την ποσότητα υγρού που περνάει από αυτή.



Οι μεταβολές της υπόψυξης και της υπερθέρμανσης