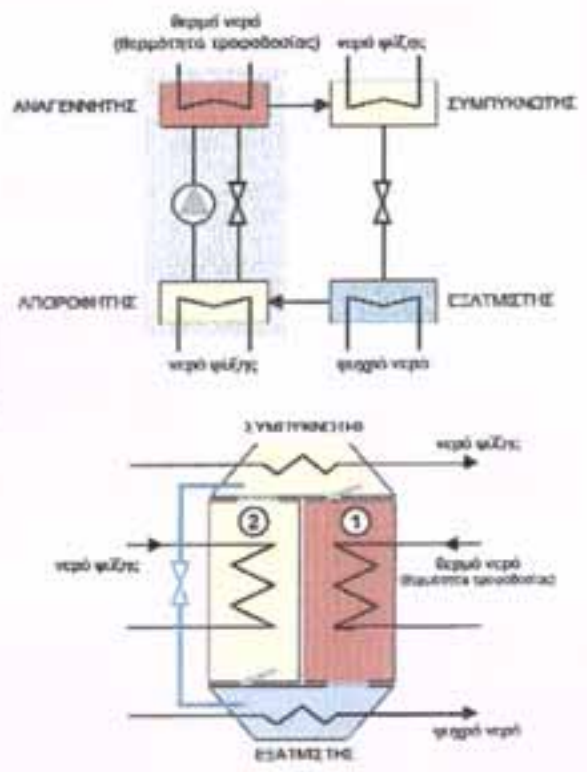


Α.Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΨΥΞΗΣ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ Α.Μ. 3738
ΣΑΚΚΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ Α.Μ. 3737

ΕΠΟΠΤΗΣ: ΓΙΑΝΝΕΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ
Διπλ Μηχανολόγος Μηχ. Εργ. Συνεργάτης Τ.Ε.Ι.

ΠΑΤΡΑ 2006

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Υπάρχουν πολλές διατάξεις παραγωγής ψύξης, όμως μία έχει σχεδόν επικρατήσει, αυτή με μηχανική συμπίεση. Στη χώρα μας η ψύξη γίνεται ως επί το πλείστον με μηχανική συμπίεση ατμού και εφαρμόζεται σε ψυκτικές εγκαταστάσεις ισχύος 40W έως 17,5MW ανά μονάδα. Βεβαίως για να λειτουργήσουν απαιτείται μηχανική ενέργεια ώστε να τεθεί σε κίνηση ο συμπιεστής. Υπάρχουν βεβαίως και άλλες ψυκτικές διατάξεις, συμπεριλαμβανομένου και του κύκλου ψύξης με απορρόφηση, στις οποίες δεν υπάρχει συμπιεστής αλλά μία πηγή θερμότητας (συνήθως υγραέριο). Οι διατάξεις αυτές δεν έχουν επικρατήσει λόγω υψηλού λειτουργικού κόστους σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας. Παρ' όλα αυτά, αυτοί οι άλλοι τρόποι παραγωγής ψύξης ακόμα και στην Ελλάδα τελευταία έχουν αρχίσει να εφαρμόζονται, με αυξητικές τάσεις στο μέλλον. Ο κύριος λόγος οφείλετε στην ενεργειακή κρίση που επικρατεί σήμερα λόγω της μείωσης των αποθεμάτων των πηγών ενέργειας.

Η εργασία εκπονήθηκε από τους σπουδαστές **Πετρόπουλο Κωνσταντίνο** και **Σακκά Βασίλειο** του τμήματος Μηχανολογίας του Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας στο πλαίσιο της υποχρέωσης τους στην εκπόνηση Πτυχιακής Εργασίας.

Η όλη προσπάθεια έγινε με την σπτική αφενός μεν να μπορέσουμε να έρθουμε σε επαφή και να γνωρίσουμε το συγκεκριμένο τεχνικό πεδίο, αφετέρου να μπορεί η συγκεκριμένη εργασία να χρησιμοποιηθεί από κάποιον που έχει φυσικά αντίστοιχες βασικές γνώσεις και για να γνωρίσει άλλους τρόποι παραγωγής ψύξης.

Θεωρούμε υποχρέωση μας από τη θέση αυτή να ευχαριστήσουμε όσους βοήθησαν και συντέλεσαν στην υλοποίηση αυτής της εργασίας και ιδιαίτερα τον επόπτη κ. **Δημήτριο Γιαννέλο** Εργαστηριακό συνεργάτη του Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας, για την ουσιαστική του βοήθεια στην όλη προσπάθεια μας.

Πάτρα, Ιούνιος 2006

ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΣΑΚΚΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	1
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	2
<i>Κεφάλαιο Πρώτο</i>	
ΨΥΚΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ	
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΥΚΛΟΥ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ	8
1.2.1 Αναλυτική Περιγραφή λειτουργίας ψυκτικού κύκλου απορρόφησης	8
Διάλυμα νερού - αμμωνίας (H_2O+NH_3)	8
Διάλυμα νερού - βρωμιούχου λιθίου ($H_2O + BrLi$)	8
1.2.2 Οι συστατικές μονάδες του ψυκτικού κύκλου απορρόφησης	11
Εξατμιστής	11
Απορροφητήρας	11
Οι κυριότεροι τύποι απορροφητήρων	12
Γεννήτρια - Διαχωριστής	13
Συμπυκνωτής	13
1.2.3 Είδη συστημάτων απορρόφησης	13
Διάλυμα νερού-αμμωνίας	14
Διάλυμα νερού-βρωμιούχου λιθίου	14
1.2.4 Ενεργειακές συναλλαγές στον ψυκτικό κύκλο απορρόφησης	14
1.3 ΚΥΚΛΟΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΥ ΜΕΣΟΥ ΚΑΙ ΚΥΚΛΟΣ ΨΥΧΩΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ	17
1.3.1 Κύκλος απορροφητικού μέσου	17
1.3.2 Κύκλος ψυχώμενου νερού	18
<i>Κεφάλαιο Δεύτερο</i>	
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ – ΒΡΩΜΙΟΥΧΟΥ ΛΙΘΙΟΥ ΚΑΙ ΝΕΡΟΥ ΑΜΜΩΝΙΑΣ	
2.1 ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ	20
2.1.1 Συστήματα νερού - αμμωνίας	20
Κύκλος απορρόφησης με νερό-αμμωνία	21
2.1.2 Συστήματα νερού – Βρωμιούχου λιθίου	23
2.2 ΕΙΔΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΝΕΡΟΥ - ΒΡΩΜΙΟΥΧΟΥ ΛΙΘΙΟΥ	24
Πτυχιακή Εργασία ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΣΑΚΚΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	2

2.2.1	Κύκλος απορρόφησης με νερό - βρωμιούχο λίθιο απλής ενέργειας	24
2.2.2	Κύκλος απορρόφησης με νερό - βρωμιούχο λίθιο διπλής ενέργειας	26
2.2.3	Κύκλος απορρόφησης με νερό - βρωμιούχο λίθιο τριπλής ενέργειας	30
2.2.4	Το Φαινόμενο της κρυσταλλοποίησης σε συστήματα νερού-βρωμιούχου λιθίου	31

Κεφάλαιο Τρίτο

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

3.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	32
3.2	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ	32
3.2.1	Σύγκριση συστημάτων απορρόφησης και συμπίεσης	32
3.2.2	Ο συντελεστής συμπεριφοράς συστημάτων απορρόφησης	34
3.3	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ	34
3.3.1	Χρήσεις και εφαρμογές συστημάτων νερού – βρωμιούχου λιθίου (BrLi) και νερού – αμμωνίας (NH ₃)	35
3.3.2	Αποδόσεις και Συγκρίσεις συστημάτων νερού - βρωμιούχου λιθίου (H ₂ O - BrLi)	35
3.3.3	Λειτουργία σε μερικό φορτίο και ρύθμιση της ψυκτικής ικανότητας	37

Κεφάλαιο Τέταρτο

ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	39
4.2	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΨΥΞΗΣ – ΧΡΗΣΗ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ	39
	Πρώτη περίοδος 1960-' 65	40
	Δεύτερη περίοδος 1970-' 85	40
	Τρίτη περίοδος 1987-' 93	41
	Τέταρτη περίοδος 1994-2005	41
4.3	ΜΟΝΑΔΕΣ ΝΕΡΟΥ - ΑΜΜΩΝΙΑΣ	42
4.3.1	Μονάδες κλιματισμού ψύξης - θέρμανσης	42
	Μονάδες νερού-αμμωνίας με καυστήρα αερίου	42
4.3.2	Μικρές μονάδες ψύξης (οικιακά ψυγεία)	45
	Διακόπτης ελέγχου του αερίου	47
	Έλεγχος ασφαλείας	48
	Αυτόματοι αποψυκτικοί μηχανισμοί στα ψυγεία απορροφήσεως.	49
	Παγάκια	51

4.4 ΜΟΝΑΔΕΣ ΝΕΡΟΥ - ΒΡΩΜΙΟΥΧΟΥ ΛΙΘΙΟΥ	51
4.4.1 Μονάδες νερού – Βρωμιούχου λιθίου με θερμό νερό ή ατμό	51
4.4.2 Μονάδες νερού – Βρωμιούχου λιθίου με άμεση καύση (καυστήρα)	56

Κεφάλαιο Πέμπτο

ΆΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΨΥΞΗΣ

5.1 ΨΥΞΗ ΜΕ JET ΑΤΜΟΥ	60
5.1.1 Συστήματα ψύξης ρεύματος ατμού	60
Αρχές λειτουργίας των Συστημάτων ρεύματος Ατμού	60
Βασικός εκχυτήρας και συμπυκνωτής	61
Δοχείο εξαέρωσης του νερού	62
Ανοικτά και Κλειστά Συστήματα της Ψύξεως του Αέρα	62
Συμπυκνωτής	63
5.1.2 Ψυκτικός κύκλος ρεύματος ατμού	63
Τρόπος λειτουργίας Ψυκτική Εγκατάσταση ρεύματος ατμού (Σχήμα 5.3)	64
5.2 ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΨΥΞΗ	65
5.2.1 Θερμοηλεκτρικά συστήματα ψύξης	65
Εφαρμογές της θερμοηλεκτρικής ψύξης	68
5.3 ΨΥΞΗ ΜΕ ΑΝΑΛΩΣΙΜΑ ΨΥΚΤΙΚΑ ΥΓΡΑ (ΣΥΣΤΗΜΑ ΥΓΡΟΥ ΑΖΩΤΟΥ)	69
Λειτουργία του Συστήματος Υγρού Αζώτου	71
Πλεονεκτήματα συστήματος ψύξης με ψεκασμό υγρού αζώτου	73
Συνδυασμοί συστημάτων υγρού αζώτου, πλακών συγκράτησης και συστήματος στοιχείου με ανεμιστήρα	74
Σύστημα υγρού Αζώτου και στοιχείου χαμηλής θερμοκρασίας με ανεμιστήρα	74
Συνδυασμός συστήματος πλακών συγκράτησης και συστήματος υγρού αζώτου	76
5.4 ΨΥΞΗ ΜΕ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΨΥΧΡΟΥ ΑΕΡΑ	78
Ψυκτικός κύκλος συμπίεσης ψυχρού αέρα	78
5.5 ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ	78
Μαγνητικό σύστημα παραγωγής χαμηλών θερμοκρασιών	78

Κεφάλαιο Έκτο

ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΑ ΜΗ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ- ΗΛΙΑΚΟΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	80
6.2 ΗΛΙΑΚΟΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ	82
Τεχνική επισκόπηση	82

6.3 ΘΕΡΜΟΚΙΝΗΤΟΙ ΨΥΚΤΕΣ	83
Ψύκτες απορρόφησης(adsorption)	85
Ψύκτες προσρόφησης (adsorption)	87
6.4 ΨΥΚΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΕΞΑΤΜΙΣΤΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (DESICCANT)	88
Ψύξη στερεού μέσου ανοικτού κύκλου (DESICCANT) με περιστρεφόμενους τροχούς	89
Περίπτωση ψύξης	89
Περίπτωση θέρμανσης	89
Ψύξη υγρού μέσου ανοικτού κύκλου (DESICCANT)	90
6.5 ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ	91
Ξενοδοχείο Κρήτη "Rethimno Village"	93
Κόστος επένδυσης και οικονομικά δεδομένα	93
Ενεργειακά και περιβαλλοντικά δεδομένα	93
Τεχνικά αποτελέσματα	94
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	95

Κεφάλαιο Πρώτο

ΨΥΚΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Υπάρχουν δυο βασικά συστήματα παραγωγής ψύξης. Το ένα είναι το σύστημα παραγωγής ψύξης με συμπίεση του ψυκτικού μέσου και το άλλο είναι το σύστημα παραγωγής ψύξης με απορρόφηση του ψυκτικού μέσου που περιγράφεται στη συνέχεια.

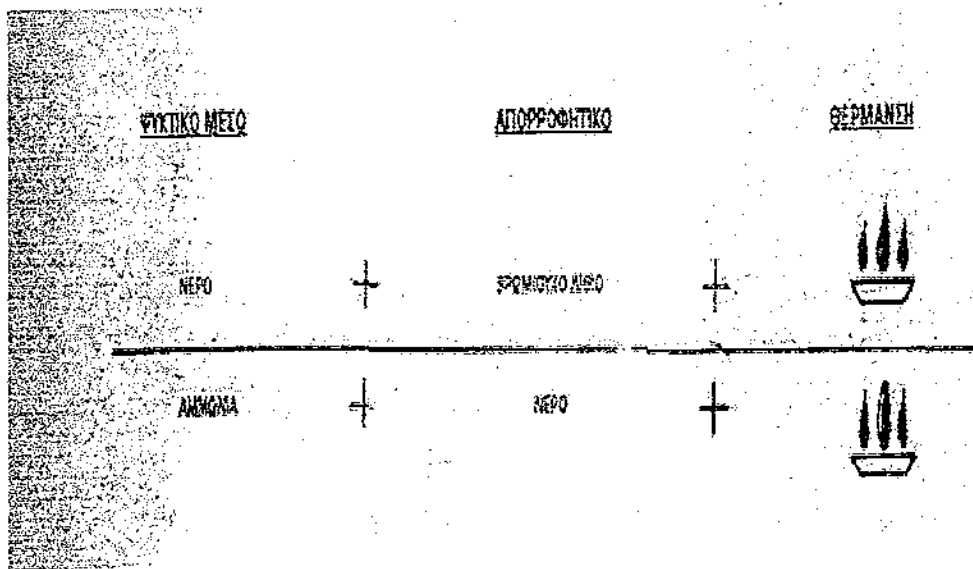
Ο ψυκτικός κύκλος απορρόφησης επινοήθηκε στο δεύτερο ήμισυ του 18ου αιώνα, δηλαδή, πολύ πριν από τον κύκλο συμπίεσης. Αν και υπήρξαν πρακτικές εφαρμογές πριν από αυτές των μηχανημάτων συμπίεσης, για διάφορους λόγους οι ψυκτικές μονάδες απορρόφησης άρχισαν να διαδίδονται μόνο μετά το 1950.

Η κυριότερη διαφορά είναι στο είδος της καταναλισκόμενης ενέργειας, δηλαδή ενώ στη ψύξη με συμπίεση χρησιμοποιείται κινητήρια ενέργεια (ηλεκτρική ενέργεια κ.τ.λ.) για την κίνηση του συμπιεστή, στην ψύξη με απορρόφηση χρησιμοποιείται θερμική ενέργεια, όπως θέρμανση με ατμό, θέρμανση με καυσαέρια, καύση υγρών ή αερίων, ακόμα και ηλιακή ενέργεια.

Πάντως θα πρέπει να αναφερθεί ότι και στον ψυκτικό κύκλο με απορρόφηση χρησιμοποιείται συνήθως ένας μικρός συμπιεστής (αντλία διαλύματος) πλην όμως η ενέργεια που καταναλίσκει είναι πολύ μικρή σε σχέση με την καταναλισκόμενη θερμική ενέργεια από την εγκατάσταση.

Όπως στον ψυκτικό κύκλο συμπίεσης, έτσι και στον κύκλο απορρόφησης υπάρχει ένα ψυκτικό μέσο που αφαιρεί θερμότητα από ένα σημείο και την παροχετεύει σε κάποιο άλλο, αλλά αυτό δεν κυκλοφορεί εξαιτίας της λειτουργίας ενός συμπιεστή, αλλά λόγω της θερμότητας που χορηγείται από το εξωτερικό περιβάλλον. Στη θέση του συμπιεστή υπάρχουν δύο όργανα: ο απορροφητής και η γεννήτρια ή βραστήρας του διαλύματος. Ο τελευταίος, για τη λειτουργία του απαιτεί θερμότητα που μπορεί να χορηγηθεί με τη μορφή υπέρθερμου νερού, ατμού ή από καυστήρα αερίου.

Ο κύκλος ψύξεως με απορρόφηση (σχήμα 1.1) εξαρτάται από τη δράση και την αντίδραση ανάμεσα στο ψυκτικό και στο απορροφητικό μέσο σε κατάλληλες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας εν κενώ. Το σύστημα με απορρόφηση εκμεταλλεύεται το φαινόμενο της παραγωγής ψύξεως όταν ένα υγρό εξατμίζεται μετατρέπόμενο σε αέριο και το φαινόμενο της συμπύκνωσης, της μετατροπής των ατμών σε υγρό, που συμβαίνει όταν απ' αυτούς αφαιρείται η θερμότητα.



Σχήμα 1.1 Σύστημα ψύξεως με απορρόφηση

Η λειτουργία του απορροφητικού ψυκτικού κύκλου βασίζεται στη θερμότητα που προστίθεται σ' ένα κύριο τμήμα του κύκλου και από την ισχυρή απορρόφηση των ψυκτικών ατμών από ένα απορροφητικό μέσο.

1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΥΚΛΟΥ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

1.2.1 Αναλυτική περιγραφή λειτουργίας ψυκτικού κύκλου απορρόφησης

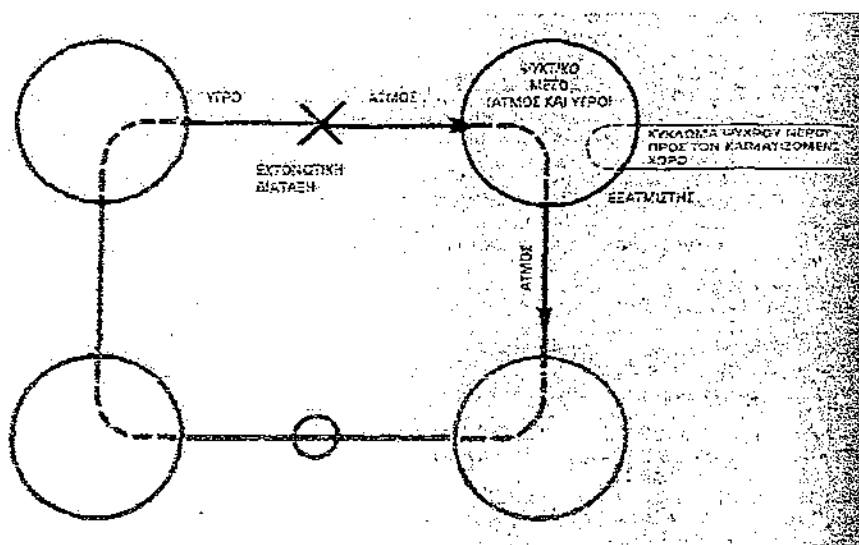
Στα συστήματα του είδους αυτού το ψυκτικό μέσο βρίσκεται απορροφημένο από ένα άλλο μέσο σε μορφή διαλύματος. Τα διαλύματα του είδους αυτού είναι τα ακόλουθα:

A) διάλυμα νερού – αμμωνίας (H_2O+NH_3)

Στο διάλυμα αυτό το απορροφητικό μέσο είναι το νερό ενώ το ψυκτικό μέσο είναι η αμμωνία.

B) διάλυμα νερού - βρωμιούχου λιθίου ($H_2O + BrLi$)

Στο διάλυμα αυτό το απορροφητικό μέσο είναι το βρωμιούχο λιθίου ενώ το ψυκτικό μέσο είναι το νερό.

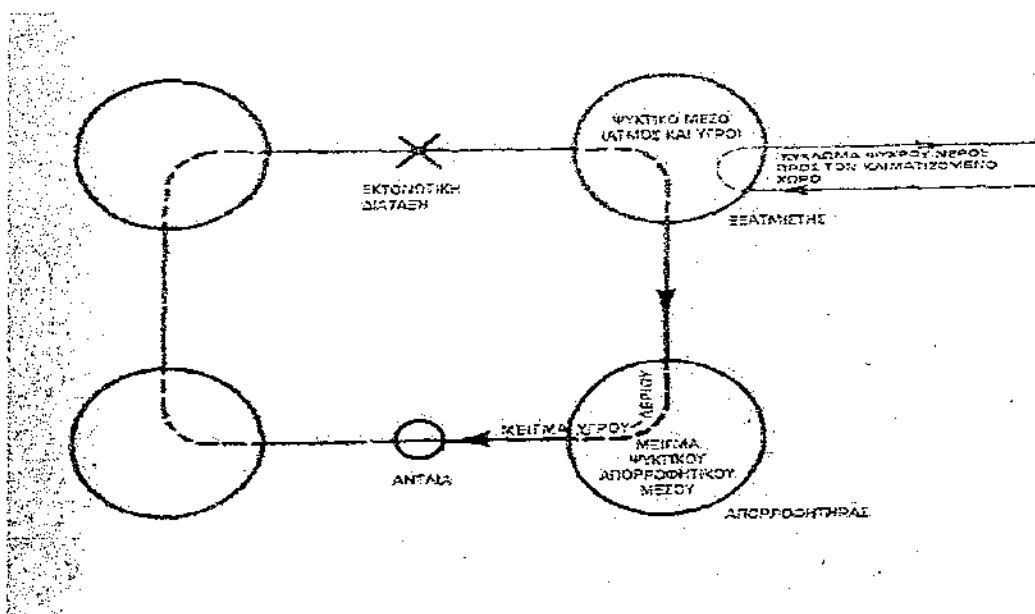


Σχήμα 1.2 Κύκλος Ψύξεως με απορρόφηση – Τμήμα Εξατμιστή (Τσίλλερ)

Όπως φαίνεται στο σχήμα 1.2 όταν το ψυκτικό υγρό ρέει μέσω ενός εξατμιστή χαμηλής πίεσης ψύξης νερού (chiller) ένα μέρος του εξατμίζεται και μετατρέπεται σε ατμό. Το υπόλοιπο ψυκτικό που παραμένει σε υγρή μορφή ψύχεται και έτσι

ευκολότερα παραλαμβάνει θερμότητα από το νερό που περιβάλλει τον εξατμιστή. Η απαγωγή της θερμότητας επιφέρει περισσότερη εξάτμιση ψυκτικού, προκαλώντας τελικά περισσότερη ψύξη στο νερό.

Αφού το ψυκτικό υγρό ατμοποιηθεί στον εξατμιστή, έχοντας πάρει θερμότητα από το νερό που τον περιβάλλει, ρέει προς τον απορροφητήρα (σχήμα 1.3) λόγω της συντελούμενης σ' αυτόν απορρόφησης του. Στον απορροφητήρα ατμός αναμειγνύεται ή διαλύεται στο απορροφητικό υγρό. Η πράξη της απορρόφησης προκαλεί διαφορά πίεσης μεταξύ του απορροφητήρα και του εξατμιστή. Η πίεση του απορροφητήρα είναι λίγο χαμηλότερη από αυτή του εξατμιστή.

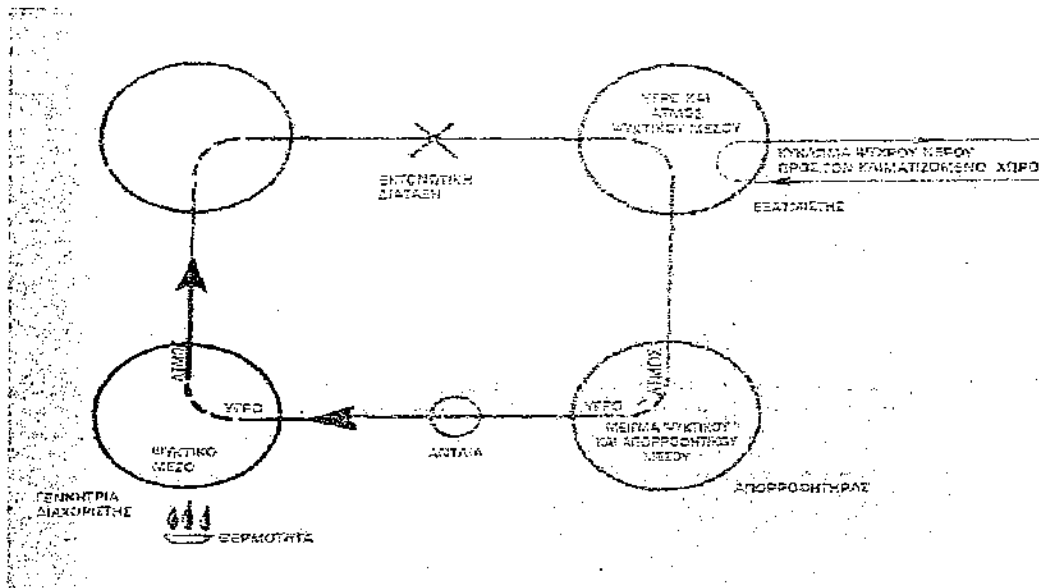


Σχήμα 1.3 Κύκλος Ψύξεως με απορρόφηση τμήμα απορροφητήρα

Το μείγμα απορροφητικού υγρού και ψυκτικού ατμού ρέουν από τον απορροφητήρα προς τη γεννήτρια-διαχωριστήρα (σχήμα 1.4), όπου θερμαίνονται ώσπου το απορροφητικό και ψυκτικό υγρό διαχωρίζονται ή βράζουν. Εκεί λόγω της διαφορετικής πτητικότητας του απορροφητικού μέσου από το ψυκτικό, το ψυκτικό μέσο (αμμωνία στην περίπτωση του πρώτου διαλύματος ή του νερού στην περίπτωση του δεύτερου) ατμοποιείται γρηγορότερα από το υπόλοιπο διάλυμα έτσι ο ψυκτικός ατμός διαχωρίζεται από το απορροφητικό υγρό.

Πρέπει να διευκρινιστεί ότι το διάλυμα ($\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$) μαζί με την NH_3 ατμοποιούνται και συμπαρασύρονται και σημαντικές μάζες υδρατμού λόγω της πτητικότητας του νερού γι' αυτό πρέπει να συγκρατούνται οι ατμοί του νερού για να αυξηθεί η

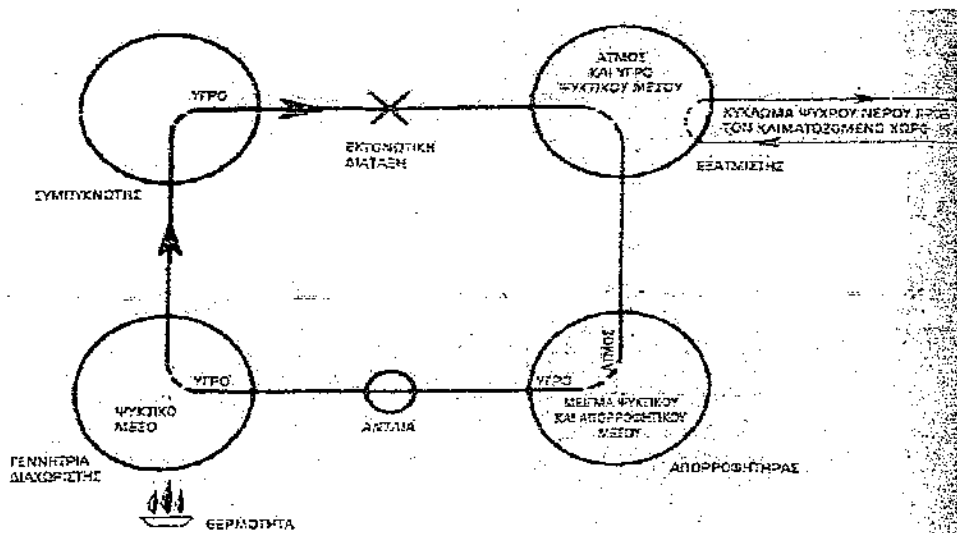
συγκέντρωση της αμμωνίας. Αντίθετα αυτό δεν συμβαίνει σε διαλύματα (LiBr+H₂O) γιατί το LiBr δεν είναι πτητικό.



Σχήμα 1.4 Κύκλος Ψύξεως με απορρόφηση – Τμήμα γεννήτριας – Διαχωριστήρα

Η θερμότητα που προσδίδεται στη γεννήτρια-διαχωριστήρα αυξάνει την πίεση του ψυκτικού ατμού.

Το ψυκτικό τώρα βρίσκεται σε αέρια κατάσταση και είναι θερμό. Σ'αυτή την κατάσταση πηγαίνει προς το συμπυκνωτή όπου ψύχεται (σχήμα 1.5). Στο συμπυκνωτή η θερμότητα μεταφέρεται από το ψυκτικό ατμό προς το νερό ή τον αέρα που περιβάλλει τον συμπυκνωτή. Μπορεί εύκολα να γίνει αντιληπτό ότι οι λειτουργίες του συμπυκνωτή είναι παρόμοιες για το σύστημα με απορρόφηση αλλά και για το σύστημα με συμπιεστή.



Σχήμα 1.5 Απορρόφηση – Ψυκτικός Κύκλος – Τμήμα Συμπυκνωτή

Το ψυκτικό υγρό κατόπιν ρέει μέσω ενός ρυθμιστικού μηχανισμού στον εξατμιστή χαμηλής πίεσεως ψύξης νερού (τσίλλερ), όπου μετατρέπεται σε χαμηλής πίεσης αέριο και ο κύκλος ξαναρχίζει πάλι.

1.2.2 Οι συστατικές μονάδες του ψυκτικού κύκλου απορρόφησης

Τα βασικά εξαρτήματα του κύκλου ψύξης με απορρόφηση, αυτά είναι: ο εξατμιστής, ο απορροφητήρας, η γεννήτρια (διαχωριστή η πηγή θερμότητας, ο συμπυκνωτής και ο ρυθμιστικός μηχανισμός. Η βασική λειτουργία και ο σκοπός κάθε εξαρτήματος περιγράφεται παρακάτω.

i. Εξατμιστής

Βασικά ο εξατμιστής είναι ένα μεταλλικό δοχείο μεταφοράς θερμότητας, με εσωτερικές σωληνώσεις, όπου η θερμότητα ρέει από το νερό προς το ψυκτικό. Η θερμότητα καθορίζει το χώρο που θα κλιματιστεί. Το ποσό της θερμότητας εξαρτάται από το χώρο που θα κλιματιστεί. Η θερμότητα μεταδίδεται από το χώρο αυτό στο νερό και στη συνέχεια μεταφέρεται στον εξατμιστή μέσω του κυκλώματος ψυχρού νερού (όπως περιγράφεται παρακάτω). Στον εξατμιστή η θερμότητα μεταφέρεται από το νερό προς το ψυκτικό υγρό μέσω της επιφάνειας του στοιχείου.

Μερικοί εξατμιστές φέρουν μπέκ για να αποσυνθέτουν (ψεκάζουν) το ψυκτικό υγρό σε σταγονίδια και να ολοκληρώνεται έτσι καλύτερα η διαδικασία της εξάτμισης και της μεταφοράς. Ο ψυκτικός ατμός στη συνέχεια αναρροφάτε από τον απορροφητήρα. Μ' αυτό τον τρόπο, η θερμότητα μεταφέρεται από εξατμιστή στον απορροφητήρα.

Σε μερικά συστήματα με απορρόφηση, η θερμότητα μεταφέρεται άμεσα από τον κλιματιζόμενο αέρα στο ψυκτικό υγρό του εξατμιστή. Σ' αυτό το σύστημα ο εξατμιστής είναι ένα στοιχείο με σωληνώσεις και πτερύγια (εναλλάκτης), τοποθετημένος στην ροή του αέρα και όχι σε ένα μεταλλικό δοχείο.

ii. Απορροφητήρας

Αυτό το εξάρτημα του συστήματος περιέχει το απορροφητικό υγρό που απορροφά τον ψυκτικό ατμό από τον εξατμιστή και τον μεταφέρει στη

γεννήτρια (διαχωριστής) σε μια κατάσταση μείγματος ψυκτικού ατμού - απορροφητικού υγρού. Ο ψυκτικός ατμός συνήθως απορροφάται τόσο γρήγορα ώστε στη πράξη να προκαλείται ελάττωση της πίεσης στον εξατμιστή. Επειδή ο ψυκτικός ατμός μετατρέπεται σε υγρό κατά την διαδικασία της απορρόφησης αρκετή θερμότητα αποβάλλεται κατά την υγροποίηση στον απορροφητήρα. Το ψυκτικό υγρό που συνήθως χρησιμοποιείται σ'αυτή την περίπτωση είναι η αμμωνία.

iii. Οι κυριότεροι τύποι απορροφητήρων

Μερικά απορροφητικά συστήματα χρησιμοποιούν νερό ως απορροφητικό μέσο. Το νερό έχει δυνατή ανάμιξη με την αμμωνία και κατόπιν διαχωρίζεται απ' αυτήν εύκολα όταν θερμανθεί αρκετά. Άλλα απορροφητικά συστήματα

χρησιμοποιούν βρωμιούχο λίθιο (LiBr) ως απορροφητικό μέσο και νερό ως ψυκτικό. Επειδή το βρωμιούχο λίθιο είναι άλας έχει ισχυρή ανάμιξη με το νερό. Το μίγμα νερού και βρωμιούχου λιθίου εύκολα διαχωρίζεται εν κενώ σε χαμηλή πίεση όταν θερμανθεί αρκετά.

Ένας απορροφητήρας που χρησιμοποιεί βρωμιούχο λίθιο μπορεί να περιέχει μέσα στο κέλυφος του ένα ξεχωριστό υδρόψυκτο στοιχείο για να παραλαμβάνει μέρος της θερμότητας απορρόφησης που παράγεται όταν το βρωμιούχο λίθιο απορροφά ατμούς νερού από τον εξατμιστή. Έτσι ψύχεται ο απορροφητήρας.

Μερικοί απορροφητήρες φέρουν μπέκ για να νεφοποιούν το απορροφητικό μέσο. Όταν το βρωμιούχο λίθιο επιστρέφει στον απορροφητήρα από την γεννήτρια εκχύνεται υπό μορφή νέφους στον απορροφητήρα. Μ' αυτό τον τρόπο το νεφοποιημένο βρωμιούχο λίθιο διαθέτει περισσότερη επιφάνεια και έτσι η απορροφητική δύναμη του αυξάνεται. Μια εκχυτική κεφαλή (μπέκ) στον απορροφητήρα αυξάνει το ποσό του ψυκτικού ατμού που απορροφάται από εξατμιστή. Τελικά ένας απορροφητήρας εκτός από το απορροφητικό μέσο μπορεί να περιέχει ένα υδρόψυκτο στοιχείο για τη μεταφορά της θερμότητας που παράγεται κατά την υγροποίηση και ένα μπέκ νεφοποίησης μέσου.

iv. Γεννήτρια - Διαχωριστής

Η γεννήτρια (διαχωριστής) ενός απορροφητικού συστήματος είναι η πηγή ενέργειας που ξεκινά και ολοκληρώνει τον κύκλο λειτουργίας. Η κύρια λειτουργία της γεννήτριας είναι η δημιουργία τέτοιων συνθηκών ώστε το απορροφητικό υγρό να διαχωριστεί αμέσως από το ψυκτικό. Η πηγή ενέργειας που θα δώσει την απαιτούμενη θερμότητα μπορεί να είναι ατμός, υγραέριο ή θερμό νερό. Γενικά χρησιμοποιείται για ένα σύστημα που έχει μικρή απόδοση, ατμός και ζεστό νερό χρησιμοποιούνται για συστήματα μεγάλης απόδοσης.

Οι λειτουργίες του απορροφητήρα και της γεννήτριας συγκρίνονται με τις λειτουργίες του συμπιεστή. Ο απορροφητήρας κατά κάποιο τρόπο συμπιέζει το ψυκτικό υγρό και η γεννήτρια το θερμαίνει επιτυγχάνοντας συνθήκες υψηλής πίεσης.

v. Συμπυκνωτής

Ο συμπυκνωτής του απορροφητικού συστήματος παρουσιάζει τις ίδιες λειτουργίες με το συμπυκνωτή του συστήματος με συμπιεστή. Παίρνει δηλαδή θερμότητα από τον ψυκτικό ατμό αναγκάζοντας τον να συμπυκνωθεί και να υγροποιηθεί.

Μερικοί συμπυκνωτές είναι αερόψυκτοι και χρησιμοποιούν ρεύμα αέρα που περνά μέσα από τα πτερύγια ψύξεως του στοιχείου του συμπυκνωτή με τη βοήθεια ανεμιστήρα. Άλλοι συμπυκνωτές είναι υδρόψυκτοι και χρησιμοποιούν νερό για να μεταφέρουν την θερμότητα από τον ψυκτικό ατμό. Ο ψυκτικός ατμός ψύχεται και συμπυκνώνεται σε υγρό. Το υγρό είναι τώρα σε υψηλή πίεση. Περνά μέσω ενός εκτονωτικού ρυθμιστικού μηχανισμού και πηγαίνει στον εξατμιστή χαμηλής πίεσης.

1.2.3 Είδη συστημάτων απορρόφησης

Ο ψυκτικός κύκλος απορρόφησης βασίζεται δυο διαφορετικά συστήματα ανάλογα με το διάλυμα: νερό-αμμωνία (H_2O+NH_3), που γενικά χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις χαμηλής ισχύος και νερό-βρωμιούχο λίθιο ($H_2O+LiBr$), για όλο το φάσμα ισχύων. Και τα δύο διαλύματα δεν προξενούν ζημιές στο περιβάλλον ούτε στο όζον της στρατόσφαιρας.

Διάλυμα νερού-αμμωνίας.

Το ψυκτικό αποτελείται από την αμμωνία, το απορροφητικό από αμμωνία σε υδατικό διάλυμα. Οι ψυκτικές μηχανές που λειτουργούν με νερό-αμμωνία έχουν ατμοσφαιρικό καυστήρα αερίου, μικρής ισχύος. Στο παρελθόν, και ακόμα και σήμερα, είχαν κατασκευαστεί οικιακά ψυγεία βασιζόμενα σε αυτή την αρχή, των οποίων η τροφοδοσία ήταν με κηροζίνη.

Διάλυμα νερού-βρωμιούχου λιθίου.

Το ψυκτικό αποτελείται από το νερό, το απορροφητικό από το βρωμιούχο λίθιο σε υδατικό διάλυμα. Οι μηχανές που λειτουργούν με νερό-βρωμιούχο λίθιο, μεσαίας και μεγάλης ισχύος, μπορούν να είναι απλής ή διπλής ενέργειας. Η θερμότητα χορηγείται με μορφή υπέρθερμου νερού, αμού ή από καυστήρα αερίου.

Είναι γνωστή η τοξικότητα της αμμωνίας (NH_3) και αυτό οδηγεί στην εξωτερική εγκατάσταση των μηχανημάτων απορρόφησης που την χρησιμοποιούν. Χρησιμοποιείται σε διάλυμα 65-84% κατά βάρος. Το βρωμιούχο λίθιο (LiBr) είναι ένα απορροφητικό άλας που παρουσιάζει μεγάλη συγγένεια με τον υδρατμό και χρησιμοποιείται σε συγκεντρώσεις 60-64% κατά βάρος. Δεν είναι τοξικό, αλλά ερεθίζει το δέρμα και τα μάτια και ιδιαίτερα, σε περίπτωση τυχαίας επαφής, είναι αναγκαίο να γίνει αμέσως πλύση με νερό.

Στη χρήση, επιβραδύνεται με νιτρικό λίθιο σε αναλογία 0,4%, για να περιοριστούν τα διαβρωτικά αποτελέσματα όταν υπάρχει αέρας στο κύκλωμα.

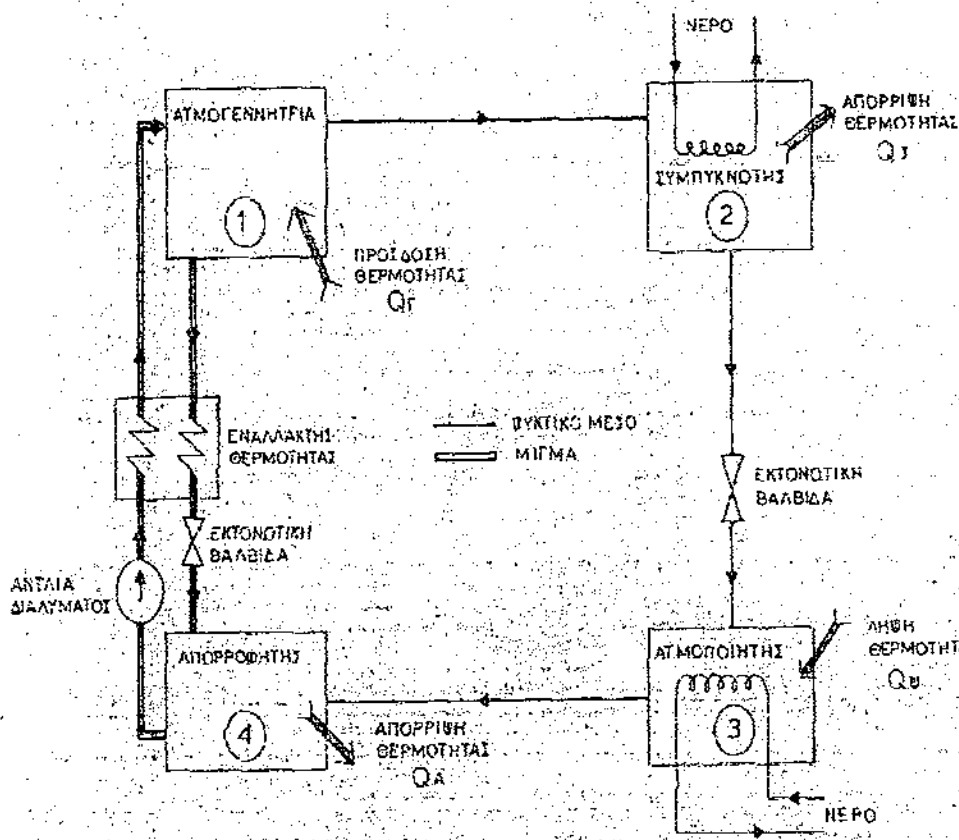
1.2.4 Ενεργειακές συναλλαγές στον ψυκτικό κύκλο απορρόφησης

Οι συσκευές της ατμογεννήτριας (1) και του συμπυκνωτή (2) βρίσκονται σε υψηλότερη πίεση από την πίεση που επικρατεί στις συσκευές του ατμοποιητή (3) και του απορροφητή (4). Για να διατηρηθεί αυτή η διαφορά πίεσης υπάρχουν οι δυο εκτονωτικές βαλβίδες και η αντλία του διαλύματος (σχήμα 1.6).

Κατά την διάρκεια του κύκλου τα ποσά θερμότητας που προσδίνονται ή αποβάλλονται από το ψυκτικό μέσο είναι:

- Στην ατμογεννήτρια προσδίνεται ποσό θερμότητας Q_r

- Στον ατμοποιητή προσδίνεται ποσό θερμότητας Q_{ψ} (ψυκτική ισχύς της συσκευής)
- Στον απορροφητή απορρίπτεται ποσό θερμότητας Q_A



Σχήμα 1.6 : Σχηματική διάταξη βασικής συσκευής απορρόφησης.

Η θερμική εξίσωση ισολογισμού θεωρητικά είναι:

$$Q_G + Q_{\psi} = Q_{\Sigma} + Q_A$$

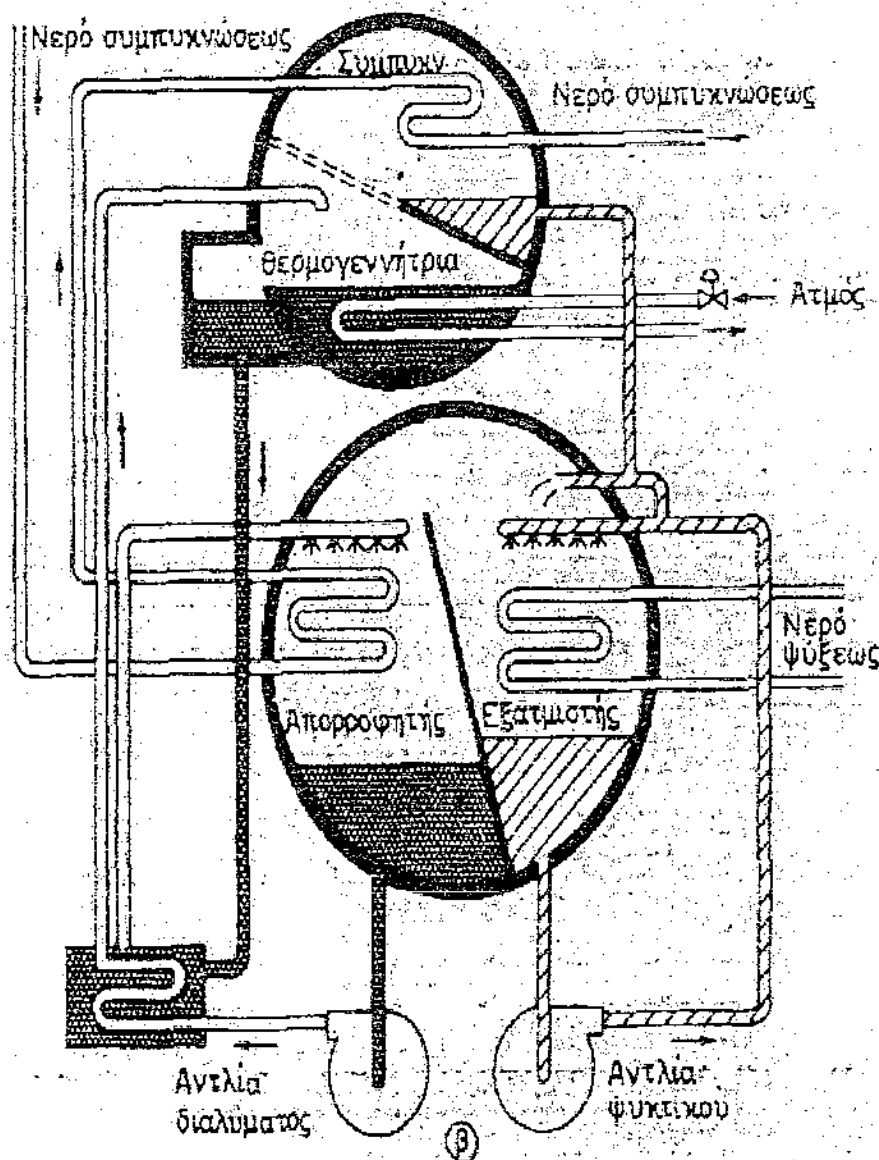
Ο συντελεστής συμπεριφοράς των συσκευών απορρόφησης ορίζεται:

$$CP = Q_{\psi} / Q_G$$

Ο πραγματικός συντελεστής συμπεριφοράς των συσκευών αυτών είναι πολύ χαμηλός ($CP=1,2$ έως $2,5$).

Αν όμως υπολογιστεί και ο βαθμός απόδοσης των θερμοηλεκτρικών σταθμών ενέργειας στην περίπτωση των συσκευών απορρόφησης, τότε οι συντελεστές

συμπεριφοράς δεν διαφέρουν τόσο πολύ. Πάντως μέχρι τώρα οι συσκευές με απορρόφηση χρησιμοποιούνται λόγω χαμηλής αποδοτικότητας εκεί όπου υπάρχει διαθέσιμη ενέργεια όπως για παράδειγμα: η απορριπτόμενη θερμότητα από εργοστάσια, η ηλιακή ενέργεια κ.λ.π. Τέλος αναφέρεται ότι η απορριπτόμενη θερμότητα από ένα σύστημα απορρόφησης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ένα άλλο σύστημα απορρόφησης χαμηλότερης θερμοκρασίας, οπότε αυτό ονομάζεται σύστημα "επαναπορρόφησης"

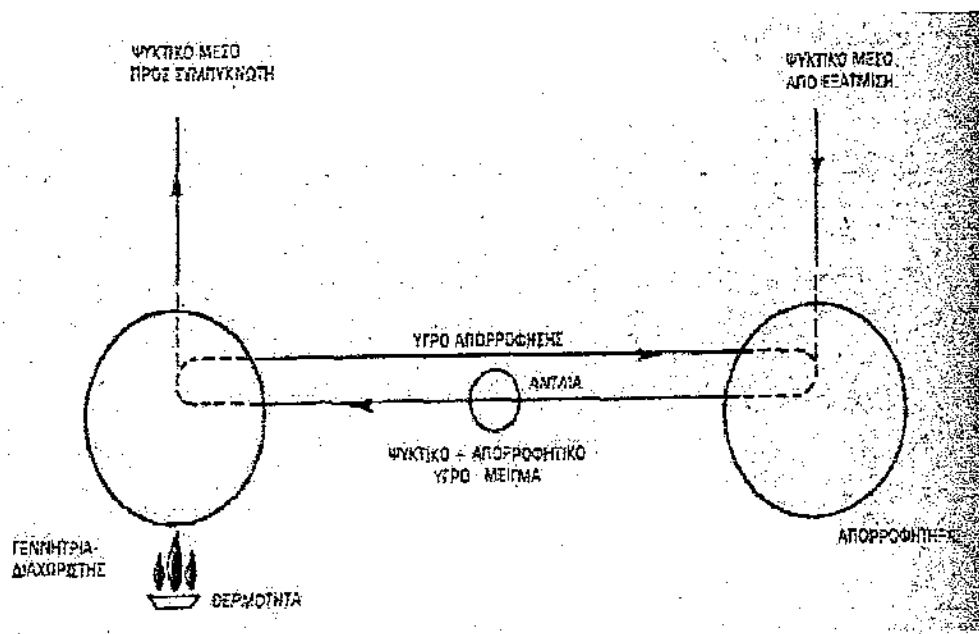


Σχήμα 1.7: Τυπική Ψυκτική Συσκευή Απορρόφησης

1.3 ΚΥΚΛΟΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΥ ΜΕΣΟΥ ΚΑΙ ΚΥΚΛΟΣ ΨΥΧΩΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

1.3.1 Κύκλος απορροφητικού μέσου

Στον απορροφητήρα το απορροφητικό μέσο σε υγρή κατάσταση έλκει τον ψυκτικό ατμό από τον εξατμιστή (σχήμα 1.8). Εκεί ο ψυκτικός ατμός υγροποιείται και αναμειγνύεται με το απορροφητικό υγρό. Το υγρό μείγμα ρέει προς την γεννήτρια με τη βοήθεια μιας αντλίας που εξασφαλίζει την κατάλληλη ροή. Στη γεννήτρια προσδίδεται θερμότητα στο μείγμα με τη βοήθεια ατμού, υγραερίου ή θερμού νερού. Η θερμοκρασία του μείγματος ανεβαίνει και πλησιάζει τη θερμοκρασία βρασμού, οπότε το ψυκτικό υγρό εξατμίζεται, ενώ το απορροφητικό υγρό παραμένει υγρό. Έτσι το απορροφητικό υγρό αφού έχει διαχωριστεί επιστρέφει στον απορροφητήρα. Η ροή της επιστροφής ρυθμίζεται από ένα μηχανισμό ελέγχου ροής.



Σχήμα 1.8 Κύκλος Απορρόφησης Υγρού

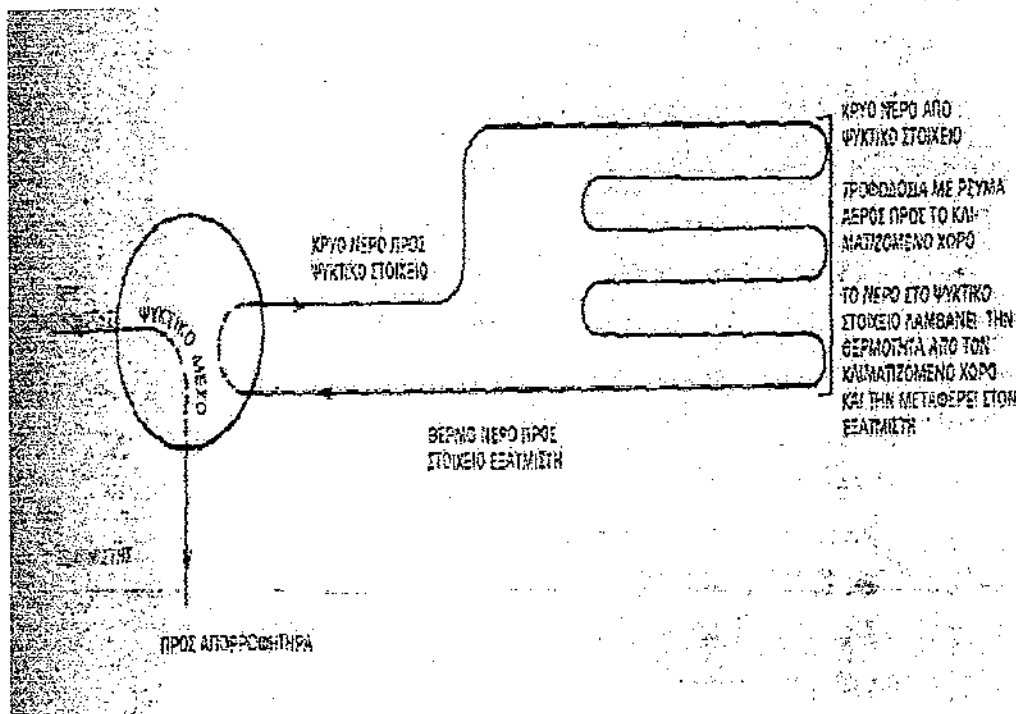
Μπορεί να απορροφήσει περισσότερους ατμούς από τον εξατμιστή. Κατ' αυτόν τον τρόπο το απορροφητικό υγρό έλκει πάλι τον ψυκτικό ατμό από τον εξατμιστή και ο κύκλος επαναλαμβάνεται.

1.3.2 Κύκλος ψυχώμενου νερού

Σαν ψυχωμένο νερό θα αναφέρεται το κρύο νερό (που έχει ψυχθεί στον εξατμιστή) και το οποίο θα κρυώσει - ψύξει τον αέρα που θα πάει στο χώρο που θα κλιματιστεί.

Ένας τρίτος κύκλος σ' ένα ψυκτικό σύστημα με απορρόφηση είναι ο κύκλος του Ψυχωμένου νερού που μεταφέρει τη θερμότητα από τον κλιματιζόμενο χώρο και την αποδίδει στον εξατμιστή (σχήμα 1.9). Το ψυχρό νερό φεύγοντας από τον εξατμιστή ψύξεως νερού (τσίλλερ), ρέει προς ένα στοιχείο της κλιματιστικής μονάδας, τοποθετημένο στο ρεύμα του αέρα που θα κλιματιστεί-ψυχθεί. Ο αέρας περνώντας από το στοιχείο αυτό ψύχεται, και με την κατάλληλη επεξεργασία του στην κλιματιστική μονάδα εισέρχεται στον κλιματιζόμενο χώρο. Στο στοιχείο η θερμότητα μεταφέρεται μέσω των τοιχωμάτων του στοιχείου από τον αέρα στο νερό.

Το θερμό νερό στη συνέχεια ρέει από το στοιχείο προς τον εξατμιστή ψύξης νερού (τσίλλερ).



Σχήμα 1.9 Κύκλος Ψυχόμενου νερού

Στον εξατμιστή η θερμότητα μεταφέρεται μέσω των τοιχωμάτων του στοιχείου από το νερό στο ψυκτικό υγρό. Το ψυχρό νερό επιστρέφει στο στοιχείο της κλιματιστικής μονάδας για να ψύξη τον αέρα κλιματισμού του χώρου. Ο αέρας μεταδίδει τη θερμότητα που έχει πάρει από τον κλιματιζόμενο χώρο στο νερό. Έτσι το νερό θερμαίνεται και ο κύκλος επαναλαμβάνεται.

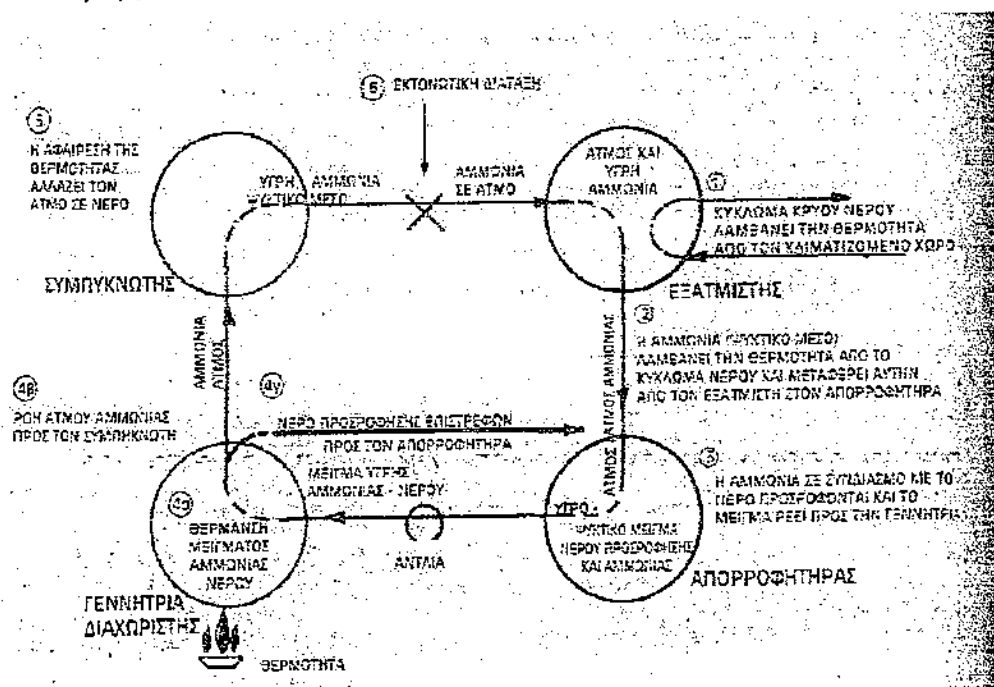
Κεφάλαιο Δεύτερο

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ – ΒΡΩΜΙΟΥΧΟΥ ΛΙΘΙΟΥ ΚΑΙ ΝΕΡΟΥ ΑΜΜΩΝΙΑΣ

2.1 ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

2.1.1 Συστήματα νερού - αμμωνίας

Σ' ένα απορροφητικό σύστημα αμμωνίας - νερού το νερό είναι το απορροφητικό μέσο και η αμμωνία το ψυκτικό υγρό.



Σχήμα 2.1 Κύκλωμα συστήματος αμμωνίας νερού

Καθώς η υγρή αμμωνία ρέει μέσα στις σωληνώσεις του εξατμιστή ψύξης νερού (τσιλλερ) χαμηλής πίεσης, ένα μέρος της ατμοποιείται. Κατ' αυτόν τον τρόπο όμως η παραμένουσα υγρή αμμωνία ψύχεται και αρχίζει να απάγει θερμότητα από το νερό που διέρχεται από τον εξατμιστή. Το παραγόμενο ψυχρό νερό χρησιμοποιείται για την ψύξη του κλιματιζόμενου χώρου. Η μεταφορά της θερμότητας από το νερό θερμαίνει την ψυχρή υγρή αμμωνία με αποτέλεσμα να ατμοποιείται μεγαλύτερη ποσότητα της και έτσι να προκαλείται περισσότερη ψύξη.

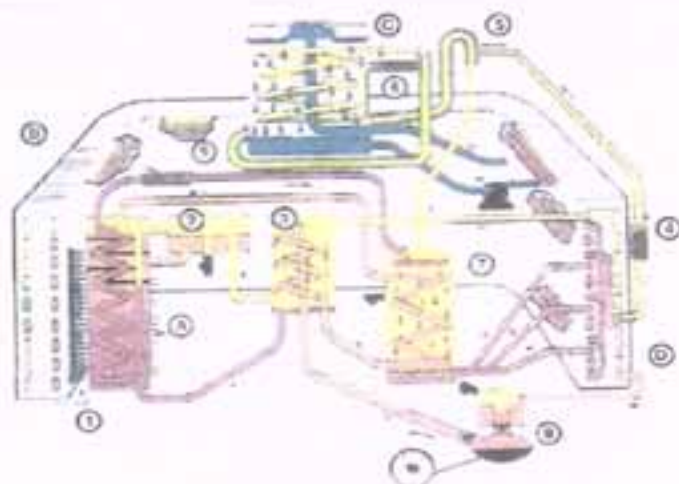
Η αμμωνία στον εξατμιστή έχοντας παραλάβει θερμότητα από το νερό, μετατρέπεται σε ατμό. Ο ατμός της αμμωνίας έλκεται προς τον απορροφητήρα. Ο ατμός της αμμωνίας ενώνεται με το "απορροφητικό" νερό για να παράγει ένα υγρό μείγμα. Αυτό το υγρό μείγμα αμμωνίας και νερού ρέει προς την γεννήτρια - διαχωριστή.

Στη γεννήτρια το μίγμα θερμαίνεται μέχρι να διαχωριστεί. Το ψυκτικό υγρό αμμωνία θερμαινόμενο ατμοποιείται και έτσι διαχωρίζεται από το απορροφητικό νερό. Η αμμωνία δηλαδή διαχωρίζεται από το νερό με τη θερμότητα που προστίθεται στην γεννήτρια. Έτσι η αμμωνία είναι τώρα σε υψηλότερη πίεση απ' ότι ήταν πριν θερμανθεί.

Το απορροφητικό νερό (νερό απορρόφησης) επιστρέφει στον απορροφητήρα. Ο αμμωνιακός ατμός έχοντας υψηλή πίεση ρέει προς τον συμπυκνωτή. Στον συμπυκνωτή η θερμότητα μεταδίδεται από τον αμμωνιακό ατμό μέσω των τοιχωμάτων του στο ρεύμα αέρα που περνά από το στοιχείο του συμπυκνωτή. Έτσι ο αμμωνιακός ατμός ψύχεται υγροποιείται και ρέει σε υγρή μορφή και με υψηλή πίεση προς τον εξατμιστή. Η υγρή αμμωνία πριν από τον εξατμιστή περνά από ένα εκτονωτικό ρυθμιστικό μηχάνημα που ρυθμίζει την ποσότητα και την πίεση της και οδηγείται στον εξατμιστή ψύξης νερού χαμηλής πίεσης. Η αμμωνία ως ψυκτικό είναι πάλι ατμός και έτσι ο κύκλος επάναλαμβάνεται.

Κύκλος απορρόφησης με νερό-αμμωνία

Ο κύκλος που περιγράφεται, βρίσκει εφαρμογή σε μία σειρά μηχανών που βρίσκονται σήμερα στην αγορά. Το λειτουργικό διάγραμμα του κύκλου φαίνεται στο σχήμα 2.2



A - Γεννήτρια	1 - Καυστήρας	7 - Εναλλάκτης θερμοκρασίας ή προσαρμοστικός	Ελαστικό δίκτυο
B - Συμπυκνωτής	2 - Φίλτρος + ελαστικός	8 - Αερίαι δεικνύσας	Ψυχρό δίκτυο
C - Εξατμιστής	3 - Ανορθωτής	9 - Μετασχηματιστής του δεικνύσας	Ψυκτικό σέρβι
D - Απορροφητής	4 - Μετασχηματιστής απορροφητή		Ψυκτικό σέρβι
	5 - Εναλλάκτης θερμοκρασίας ανάμεσα σε σέρβι και ψυκτικό σέρβι		Ψυκτικό σέρβι
	6 - Μετασχηματιστής απορροφητή		Ψυκτικό σέρβι

Σχήμα 2.2 Ψυκτικός κύκλος Απορρόφησης με Διάλυμα νερού – Αμμωνίας για Ψυκτική μονάδα μικρής ισχύος με καυστήρα αερίου

Ο κύκλος αρχίζει στη γεννήτρια, όπου το διάλυμα νερό-αμμωνία θερμαίνεται εξαιτίας της θερμικής ενέργειας που χορηγείται από έναν καυστήρα μεθανίου ή GPL (υγροποιημένα πετρελαϊκά αέρια) έως τη θερμοκρασία βρασμού, σε μία πίεση που κυμαίνεται από 14 έως 24 bar. Παράγεται ατμός με υψηλή συγκέντρωση αμμωνίας και απομένει ένα υγρό διάλυμα χαμηλής συγκέντρωσης αμμωνίας (αραιό διάλυμα).

Στο σημείο αυτό, ο ατμός φθάνει τον ανορθωτή όπου παρεχωρείτο νερό που περιέχει. Ο ατμός της αμμωνίας, που είναι θερμός και σε υψηλή πίεση, εγκαταλείπει τον ανορθωτή και εισέρχεται στο συμπυκνωτή όπου ψύχεται από τους αεριστήρες και συμπυκνώνεται περνώντας στην υγρή κατάσταση. Η υγρή αμμωνία διασχίζει ένα ελασματοειδές όργανο όπου υφίσταται εκτόνωση και πτώση πίεσης. Υποψύχεται μέσα σε έναν εναλλάκτη θερμοτήτας και περνώντας από ένα δεύτερο ελασματοειδές όργανο, φτάνει σε μία πίεση 2,7 έως 4 bar και σε μία θερμοκρασία μικρότερη των 3°C. Σε αυτές τις συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης, η αμμωνία μπαίνει στον εξατμιστή, όπου αφαιρεί τη θερμότητα από το νερό που προέρχεται από την εγκατάσταση, ψύχοντας το. Η θερμότητα που αφαιρείται προκαλεί το βρασμό της αμμωνίας και το σχηματισμό ψυχρού ατμού σε χαμηλή πίεση. Ο ατμός βγαίνει από τον εξατμιστή και

υπερθερμαίνεται, περνώντας μέσα από έναν εναλλάκτη θερμότητας εξαπίας της θερμικής συναλλαγής με την αμμωνία που βρίσκεται σε κατάσταση θερμού υγρού και που προέρχεται από το συμπυκνωτή.

Ο υπέρθερμος ατμός μπαίνει στον προαπορροφητή, όπου ξαναενώνεται με το αραιό διάλυμα που προέρχεται από τη γεννήτρια. Αυτή η διαδικασία παράγει θερμότητα που πρέπει να διατεθεί, γι' αυτό το διάλυμα που βγαίνει, ψύχεται σε μία περιοχή της μονάδας θερμικής συναλλαγής από τους αεριστήρες. Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία απορρόφησης, το υγρό διάλυμα με υψηλή συγκέντρωση αμμωνίας (πλούσιο διάλυμα) επαναφέρεται στην αρχική πίεση του κύκλου από τη δράση μιας αντλίας με μεμβράνη. Κατόπιν προθερμαίνεται στον ανορθωτή και στον προαπορροφητή και, τέλος, επιστρέφει στη γεννήτρια όπου ο κύκλος ξαναρχίζει.

2.1.2 Συστήματα νερού – βρωμιούχου λιθίου (BrLi)

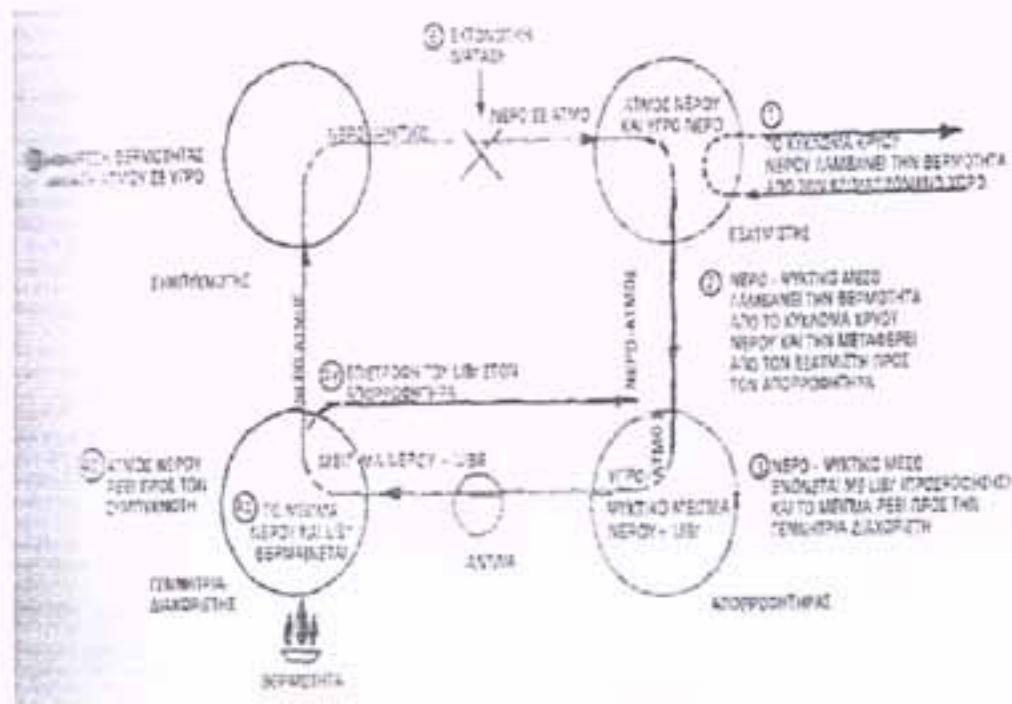
Στο απορροφητικό σύστημα νερού - βρωμιούχου λιθίου χρησιμοποιείται το νερό σαν ψυκτικό υγρό και το βρωμιούχο λίθιο σαν απορροφητικό υγρό.

Καθώς το νερό, σαν ψυκτικό, ρέει μέσα στις σωληνώσεις του εξατμιστή Ψύξης νερού (τσιλλερ) ένα μέρος του γίνεται ατμός. Κατ' αυτόν τον τρόπο όμως, το παραμένον νερό ψύχεται και συγχρόνως αρχίζει να απορροφά θερμότητα σαν ψυκτικό υγρό από το θερμό νερό που διέρχεται έξω απ' τις σωληνώσεις του εξατμιστή. Το νερό αυτό ψύχεται και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για να ψύξει το χώρο που κλιματίζεται. Η θερμότητα που απορροφά το ψυκτικό νερό έτσι προκαλεί περισσότερο νερό να εξατμιστεί.

Όταν το ψυκτικό "νερό", έχοντας πάρει θερμότητα στον εξατμιστή, ατμοποιείται, ρέει προς τον απορροφητήρα ελκυόμενο λόγω της απορρόφησης του από το βρωμιούχο λίθιο. Ως ψυκτικός ατμός συλλέγει τη θερμότητα στον εξατμιστή και την οδηγεί προς το απορροφητικό υγρό. Ο ατμός οδηγείται εκεί από το απορροφητικό βρωμιούχο λίθιο. Κατά την πρόοδο της διαδικασίας ο ατμός μετατρέπεται πάλι σε νερό. Το μείγμα νερού και υγρού λιθίου ρέει προς τη γεννήτρια - διαχωριστήρα.

Στη γεννήτρια το μείγμα θερμαίνεται μέχρις ότου αρχίσει ο βρασμός του νερού και η μετατροπή του σε ατμό. Κατ' αυτόν τον τρόπο το ψυκτικό νερό διαχωρίζεται από το απορροφητικό βρωμιούχο λίθιο. Το απορροφητικό υγρό επιστρέφει στον απορροφητήρα και το ψυκτικό νερό ως ατμός ρέει υπό πίεση στο συμπυκνωτή.

Στο συμπυκνωτή καθώς η θερμότητα μεταδίδεται από τον ατμό του νερού μέσω των τοιχωμάτων του συμπυκνωτή, το νερό ψύχεται και επιστρέφει στην υγρή του κατάσταση. Το ψυκτικό νερό είναι ακόμα υπό υψηλή πίεση.



Σχήμα 2.3 Σύστημα κύκλου νερού Λιθίου - Βρωμίου (Li-Br)

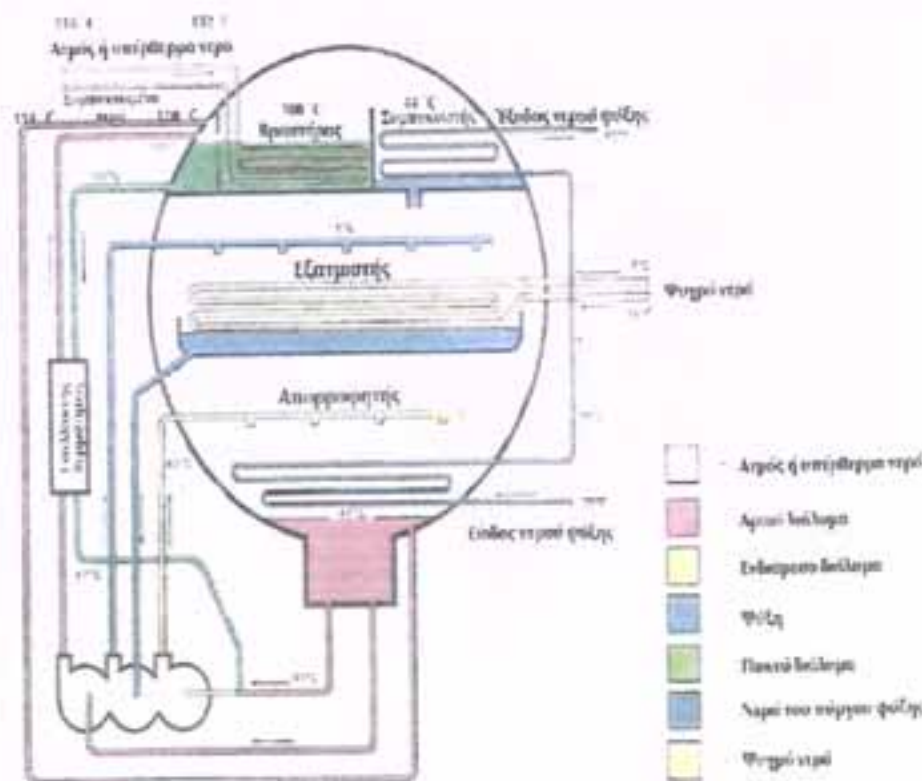
Στη συνέχεια ρέει και περνώντας μέσω ενός εκτονωτικού ρυθμιστικού οδηγείται στον εξατμιστή ψύξης νερού χαμηλής πίεσης. Εκεί ένα μέρος του ψυκτικού νερού εξατμίζεται και ο ψυκτικός κύκλος επαναλαμβάνεται.

2.2 ΕΙΔΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΝΕΡΟΥ - ΒΡΩΜΙΟΥΧΟΥ ΛΙΘΙΟΥ

2.2.1 Κύκλος απορρόφησης με νερό - βρωμιούχο λίθιο απλής ενέργειας

Ο κύκλος απορρόφησης με βρωμιούχο λίθιο λαμβάνει χώρα με πιέσεις κατώτερες από την ατμοσφαιρική και γι' αυτό το μηχάνημα λειτουργεί χωρίς φορτίο, αντίθετα από ότι συμβαίνει στον κύκλο νερού-αμμωνίας. Για την περιγραφή του κύκλου

αναφερόμαστε στο διάγραμμα ενός μηχανήματος με μονό περίβλημα που υπάρχει στην αγορά. (Βλέπε Σχήμα 2.4).



Σχήμα 2.4 :Κύκλος απορρόφησης απλής ενέργειας με διάλυμα Βρωμιούχου Λιθίου – Νερού για ψυκτική μονάδα μεγάλης ισχύος που τροφοδοτείται από θερμαινόμενο νερό ή Ατμό

Και στην περίπτωση αυτή, ο κύκλος αρχίζει στη γεννήτρια ή βραστήρα που τροφοδοτείται από ατμό σε πίεση έως 1,5 atm ή με υπέρθερμο νερό έως 150 °C. Το απεσταγμένο νερό (ψυκτικό) του διαλύματος εξατμίζεται και διαχωρίζεται από το βρωμιούχο λίθιο (απορροφητικό) προκαλώντας έτσι αύξηση της συγκέντρωσης. Ο υδρατμός μπαίνει στο συμπυκνωτή, στον οποίο υπάρχουν σωλήνες που διαρρέονται από νερό ψύξης, το οποίο προέρχεται από έναν πύργο ψύξης. Γεννήτρια και συμπυκνωτής αποτελούν την περιοχή υψηλής πίεσης του κυκλώματος (πάντως κατώτερη κατά 0,1 bar από την ατμοσφαιρική πίεση).

Ερχόμενος σε επαφή με τους σωλήνες του συμπυκνωτή ο υδρατμός συμπυκνώνεται και το νερό που παράγεται περνάει στο κάτω μέρος του μηχανήματος μέσω στομιών και ψεκάζεται στους σωλήνες του εξατμιστή. Αυτό αφαιρεί τη θερμότητα από το νερό που προέρχεται από τα σημεία χρήσης και εξατμίζεται περνώντας σε κατάσταση

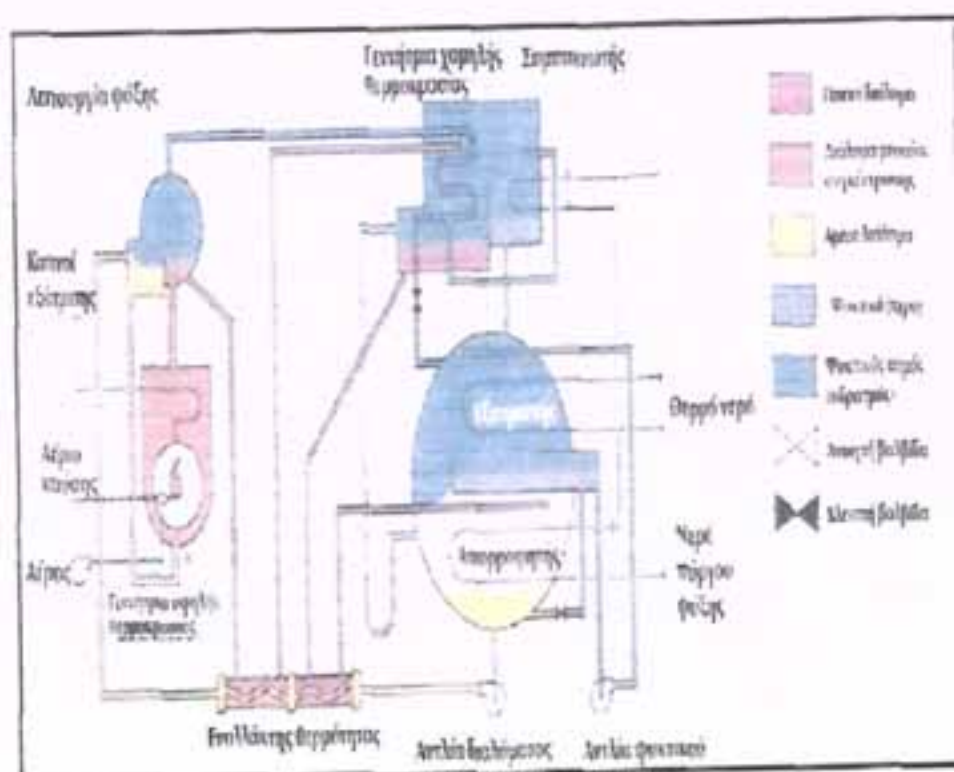
ψυχρού ατμού. Ο εξατμιστής και ο απορροφητής αποτελούν την περιοχή χαμηλής πίεσης του κυκλώματος (0,01 bar απόλυτη).

Η πίεση στον εξατμιστή αντιστοιχεί σε μία θερμοκρασία κορεσμού ίση με 4,5 °C περίπου. Ο υδρατμός περνάει από τον εξατμιστή στον απορροφητή, στο κάτω μέρος του μηχανήματος, εξαιτίας της διαφοράς πίεσης. Στον εξατμιστή το ενδιάμεσο διάλυμα του βρωμιούχου λιθίου ψεκάζεται στη δέσμη των σωλήνων για να αυξήσει την ικανότητα απορρόφησης του υδρατμού. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας παράγεται θερμότητα που αφαιρείται από το νερό που προέρχεται από τον πύργο ψύξης. Το αραιό διάλυμα του βρωμιούχου λιθίου που παράγεται, εναποτίθεται στον πυθμένα του μηχανήματος και από εδώ επαναφέρεται στη γεννήτρια, με σκοπό τη διατήρηση του κύκλου, περνώντας από έναν εναλλάκτη θερμότητας.

2.2.2 Κύκλος απορρόφησης με νερό - βρωμιούχο λίθιο διπλής ενέργειας

Το πλεονέκτημα του κύκλου διπλής ενέργειας συνίσταται, κυρίως, στη μεγαλύτερη θερμική απόδοση που μεταφράζεται σε μικρότερη κατανάλωση ατμού ή υπέρθερμου νερού. Για το σκοπό αυτό το κύκλωμα των μηχανημάτων διπλής ενέργειας διαθέτει δύο γεννήτριες και δύο εναλλάκτες θερμότητας του διαλύματος. Υπάρχει μία γεννήτρια υψηλής πίεσης και μία χαμηλής πίεσης (όροι σχετικοί, γιατί η λειτουργία γίνεται πάντοτε σε πίεση χαμηλότερη από την ατμοσφαιρική). Με τον ίδιο τρόπο υπάρχει ένας εναλλάκτης θερμότητας σε υψηλή θερμοκρασία και ένας σε χαμηλή.

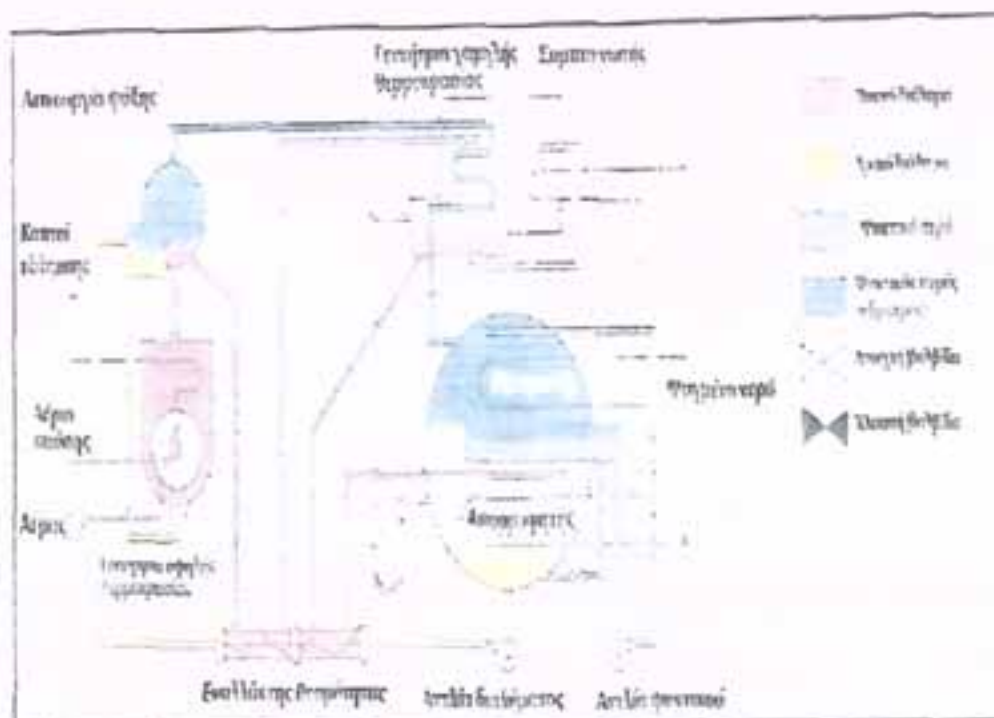
Ένας κύκλος απορρόφησης διπλής ενέργειας, που βρίσκει εφαρμογή σε ένα απορροφητή με καυστήρα αερίου, απεικονίζεται στην σχήμα (2.5), σε λειτουργία ψύξης. Το ψυκτικό (νερό) εξατμίζεται μέσα στον εξατμιστή, εξαιτίας της χαμηλής πίεσης που υπάρχει εκεί και ψύχει το νερό που κυκλοφορεί και που προέρχεται από την εγκατάσταση. Ο υδρατμός μεταφέρεται στον απορροφητή και απορροφάται από το διάλυμα, αραιώνοντας το. Το αραιωμένο διάλυμα, με τη βοήθεια της αντλίας, διασχίζει τον εναλλάκτη θερμότητας και αυξάνει τη θερμοκρασία του. Από εδώ



Σχήμα 2.5 Κύκλος απορρόφησης Διπλής Ενέργειας με διάλυμα Βρωμιούχου Λιθίου – Νερού για ψυκτική μονάδα μεγάλης ισχύος με καυστήρα αερίου. Το διάγραμμα δείχνει τη λειτουργία ψύξης

φθάνει στη γεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας όπου, εξαιτίας της θερμότητας που παράγεται από τον καυστήρα, συγκεντρώνεται σε μία ενδιάμεση τιμή (διάλυμα μέσης συγκέντρωσης). Διασχίζει ξανά τον εναλλάκτη θερμότητας, προς αντίθετη κατεύθυνση, και φθάνει στη γεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας, όπου υφίσταται μία περαιτέρω αύξηση της συγκέντρωσης (πυκνό διάλυμα), εξαιτίας του θερμού υδρατμού που έχει φθάσει εκεί από τη γεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας. Το πυκνό διάλυμα φθάνει στον απορροφητή, διασχίζοντας τον εναλλάκτη θερμότητας. Μέσα στον απορροφητή απορροφά εκ νέου το ψυκτικό (υδρατμός) που παράγεται στον εξατμιστή. Στο μεταξύ, ο υδρατμός στη γεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας ψύχεται και συμπυκνώνεται στο συμπυκνωτή. Από εδώ επιστρέφει στον εξατμιστή, όπου ο κύκλος ξαναρχίζει. Ο σκοπός των εναλλάκτων θερμότητας συνίσταται στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας εκ μέρους των γεννητριών και στη βελτίωση της απόδοσης του κύκλου. Ο κύκλος επιτρέπει και τη λειτουργία θέρμανσης, όπως φαίνεται στο σχήμα (2.6).

Ο θερμός υδρατμός που παράγεται στη γεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας διασχίζει τη γεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας και φτάνει στον εξατμιστή. Εδώ θερμαίνει το νερό που κυκλοφορεί στους σωλήνες, ψύχεται και συμπυκνώνεται. Στο μεταξύ, ένα μέρος του συμπυκνωμένου νερού στον εξατμιστή φτάνει στον απορροφητή και αραιώνει το διάλυμα που υπάρχει εκεί. Το αραιό διάλυμα, με τη βοήθεια της αντλίας, διασχίζει τον εναλλάκτη θερμότητας και φθάνει τη γεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας, όπου χωρίζεται από το νερό με τη μορφή θερμού ατμού.



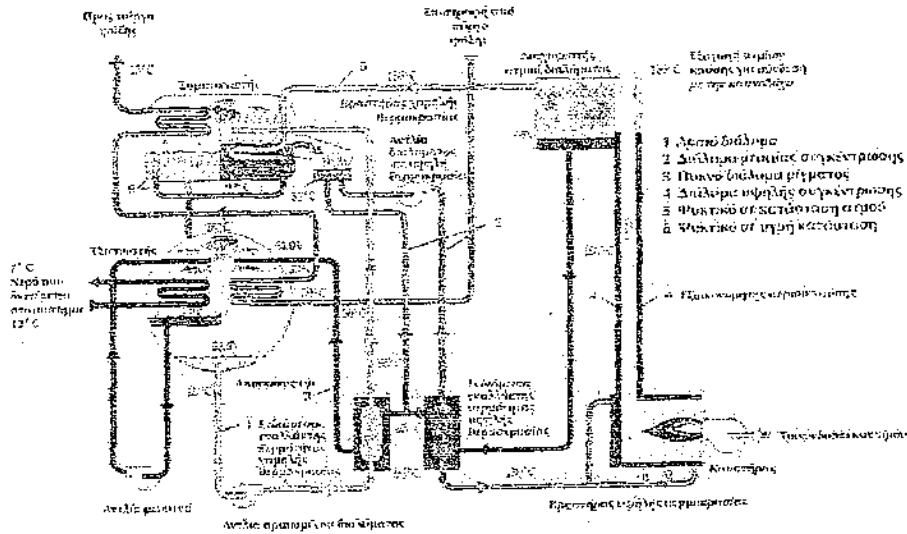
Σχήμα 2.6 Κύκλος απορρόφησης Διπλής Ενέργειας με διάλυμα Βρωμιούχου Λιθίου – Νερού για ψυκτική μονάδα μεγάλης ισχύος με καυστήρα αερίου. Το διάγραμμα δείχνει τη λειτουργία θέρμανσης

Το πυκνό διάλυμα διασχίζει προς αντίθετη κατεύθυνση τον εναλλάκτη θερμότητας και φτάνει τη γεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας. Από εδώ κατόπιν βγαίνει προς τα έξω και διασχίζει τον εναλλάκτη θερμότητας ώσπου να φθάσει στον απορροφητή, όπου ο κύκλος ξαναρχίζει.

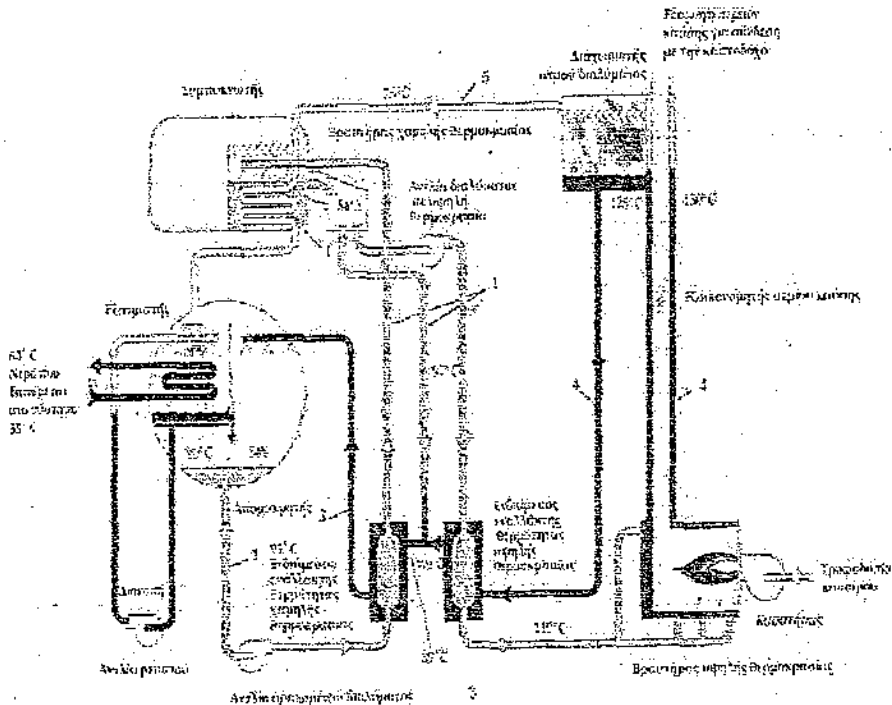
Ένα άλλο διάγραμμα μηχανήματος απορρόφησης διπλής ενέργειας φαίνεται στα σχήματα (2.7~2.8), για τη λειτουργία ψύξης και θέρμανσης αντίστοιχα.

Η πορεία του κύκλου είναι παρόμοια με την προηγούμενη. Τα ψυκτικά μηχανήματα απορρόφησης διπλής ενέργειας κατασκευάζονται, εκτός από αυτά που

τροφοδοτούνται από αέριο με καυστήρα και με τροφοδοσία με υπέρθερμο νερό, σε θερμοκρασία 190° C περίπου, ή με ατμό σε πιέσεις 8 atm περίπου.



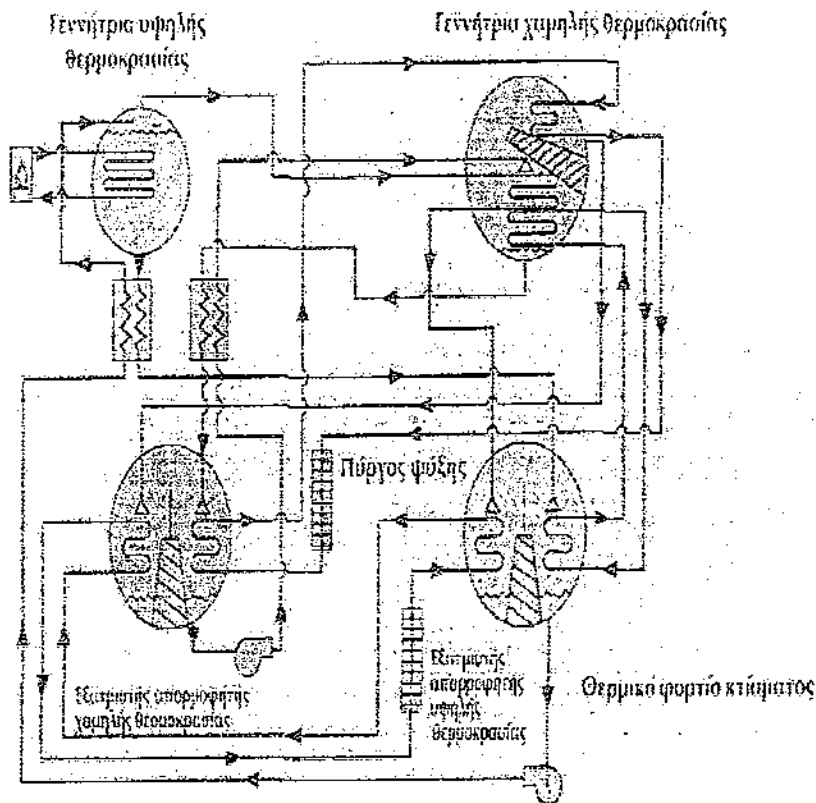
Σχήμα (2.7):Κύκλος απορρόφησης διπλής ενέργειας με διάλυμα βρωμιούχου λιθίου-νερού, σε λειτουργία ψύξης, για ψυκτική μονάδα μεγάλης ισχύος που τροφοδοτείται από αέριο με καυστήρα.



Σχήμα(2.8):Κύκλος απορρόφησης διπλής ενέργειας με διάλυμα βρωμιούχου λιθίου-νερού, σε λειτουργία χειμερινής θέρμανσης, για ψυκτική μονάδα μεγάλης ισχύος που τροφοδοτείται από αέριο με καυστήρα.

2.2.3 Κύκλος απορρόφησης με νερό - βρωμιούχο λίθιο τριπλής ενέργειας

Βρίσκεται σε στάδιο ανάπτυξης ένα σύστημα απορρόφησης τριπλής ενέργειας εκ μέρους της (Trane of Lacrosse) και της (Gas Research Institute of Chicago). Αυτό θα πρέπει να επιτρέψει την επίτευξη ακόμα πιο υψηλών COP, γύρω στο 1,5. Η βιομηχανική παραγωγή θα πρέπει να αρχίσει το 1996-97. Το σύστημα τριπλής ενέργειας, του οποίου παρουσιάζεται το διάγραμμα στην σχήμα 2.8, αποτελείται ουσιαστικά από δύο μονάδες απλής ενέργειας εν σειρά.



Σχήμα(2.8)Κύκλωμα μηχανήματος απορρόφησης τριπλής ενέργειας με βρωμιούχο λίθιο-νερό ,σε στάδιο πρωτότυπου, που τροφοδοτείται από αέριο με καυστήρα

Η πρώτη, μεγαλύτερης ικανότητας, γύρω στο 60% του συνόλου, λειτουργεί σε φυσιολογικές θερμοκρασίες ενώ η δεύτερη σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες, γύρω στους 230°C στη γεννήτρια. Η θερμότητα που διατίθεται σε 95°C περίπου από τον κύκλο υψηλής θερμοκρασίας, τροφοδοτεί τον κύκλο χαμηλής θερμοκρασίας. Και οι δύο κύκλοι

παράγουν νερό στους 7°C για χρήσεις ψύξης. Το μηχάνημα προβλέπει την τροφοδοσία από αέριο με καυστήρα.

2.2.4 Το Φαινόμενο της κρυσταλλοποίησης σε συστήματα νερού-βρωμιούχου λιθίου

Ένα φαινόμενο το οποίο μπορούμε να συναντήσουμε στα μηχανήματα απορρόφησης με βρωμιούχο λίθιο είναι η κρυσταλλοποίηση των αλάτων βρωμιούχου λιθίου στη γεννήτρια. Αυτό το φαινόμενο δεν έχει μη αναστρέψιμες συνέπειες στο μηχάνημα και δεν προκαλεί ζημιές, αλλά μειώνει την απόδοση του, φτάνοντας να εμποδίσει τη φυσιολογική λειτουργία, όταν όλο το άλας κρυσταλλοποιηθεί. (Υπό αυτές τις συνθήκες, στη γεννήτρια του μηχανήματος σχηματίζεται ένας πραγματικός όγκος άλατος).

Η κρυσταλλοποίηση μπορεί να προξενηθεί από διάφορες αιτίες:

- Απώλεια του κενού
- Θερμοκρασία νερού συμπύκνωσης πολύ χαμηλή
- Ξαφνική και παρατεταμένη παύση της λειτουργίας του μηχανήματος λόγω διακοπής ρεύματος
- Συνθήκες λειτουργίας με υπερφόρτωση
- Διεισδύσεις μη υγροτοποιούμενων ρευστών στο κύκλωμα, σε ποσότητες μεγαλύτερες από τις ικανότητες εξαέρωσης
- Στάση της λειτουργίας του μηχανήματος χωρίς να συνεχιστεί η διαδικασία αραίωσης του διαλύματος του βρωμιούχου λιθίου στον απορροφητή
- Λανθασμένες ποσότητες ψυκτικού (νερού) και διαλύματος στο κύκλωμα του μηχανήματος.

Για να αποφευχθεί ο κίνδυνος της κρυσταλλοποίησης στα καινούργια μηχανήματα απορρόφησης, εφαρμόζονται κατάλληλοι μηχανισμοί και διατάξεις ασφαλείας.

Κεφάλαιο Τρίτο

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση των υπολοίπων τύπων των μη μηχανικών συστημάτων είναι σκόπιμη μια σύγκριση των πλεονεκτημάτων των συστημάτων απορρόφησης έναντι των συστημάτων συμπίεσης. Καθώς επίσης και η σύγκριση μεταξύ των συστημάτων απορρόφησης.

3.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

3.2.1 Σύγκριση συστημάτων απορρόφησης και συμπίεσης

Τα πλεονεκτήματα των συστημάτων απορρόφησης έναντι των συστημάτων συμπίεσης αναφέρονται παρακάτω:

- Το σύστημα απορρόφησης είναι ήσυχο και ανθεκτικό στην φθορά γιατί το μοναδικό μετακινούμενο κομμάτι είναι η αντλία του μείγματος. Σε σύγκριση με ένα μηχανικό σύστημα ψύξεως της ίδιας χωρητικότητας, η μηχανή, ο κινητήρας της αντλίας η τουρμπίνα είναι μικρά.

- Όπου το σύστημα απορρόφησης δημιουργήθηκε να λειτουργεί με ατμούς χαμηλής ή υψηλής πίεσεως μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι εξαγωγές από άλλο εξοπλισμό. Το σύστημα δεν βασίζεται στην ηλεκτρική ενέργεια για την λειτουργία των αντλιών.
- Πολλαπλές μονάδες απορρόφησης χωρητικότητας πάνω από 1000ton μπορούν να κατασκευασθούν. Οι απλές μονάδες συμπίεσης δεν μπορούν να ξεπερνούν τους 5000 ton.
- Ενώ τα συστήματα απορρόφησης καταλαμβάνουν περισσότερο χώρο τοποθετούνται εξωτερικά του κλιματιζόμενου χώρου ώστε τίποτα δεν φαίνεται στο εσωτερικό χώρο.
- Τα συστήματα απορρόφησης ευνοούνται από τις χαμηλές θερμοκρασίες του εξατμιστή και τις απαιτήσεις των αυτομάτων ελέγχων.
- Υπάρχει μόνο μια οριακή μείωση της χωρητικότητας ενός συστήματος αναρρόφησης όταν η πίεση του εξατμιστή και η θερμοκρασία ελαττώνονται. Αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί με την αύξηση της πίεσης του ατμού στη γεννήτρια. Αντίθετα η χωρητικότητα ενός συστήματος συμπίεσης μειώνεται σοβαρά καθώς μειώνεται η πίεση του εξατμιστή.
- Οι μονάδες απορρόφησης είναι κατάλληλες και για ελατωμένα φορτία και για πλήρη χωρητικότητα. Η ποσότητα του μείγματος που ανακυκλώνεται και ο ατμός που παρέχεται στην γεννήτρια μπορούν να αλλάξουν ώστε να προσαρμοστούν σε διαφορετικές συνθήκες φόρτισης.
- Κάθε ψυκτικό υγρό σ' ένα σύστημα απορρόφησης καταστρέφει την ισορροπία του συστήματος. Για σύγκριση θα πρέπει να γίνονται προληπτικές μετρήσεις στο σύστημα συμπίεσης για να αποφευχθεί πιθανή καταστροφή του συμπιεστή.

3.2.2 Ο συντελεστής συμπεριφοράς των συστημάτων απορρόφησης

Ο λόγος για τον οποίο το απορροφητικό σύστημα δεν είχε την ίδια εξάπλωση με το σύστημα συμπίεσης, είναι ο μικρός του συντελεστής συμπεριφοράς (COP), που έχει σε σύγκριση με το σύστημα συμπίεσης του ψυκτικού μέσου, όταν χρησιμοποιεί ηλεκτρισμό, φλόγα πετρελαίου ή υγραερίου για τη θέρμανση του κυκλοφορούντος διαλύματος, δηλαδή είναι αντισοικονομικό σύστημα.

Σήμερα, λόγω της εντατικοποίησης του ρυθμού εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας, άρχισε να παρουσιάζει οικονομικό ενδιαφέρον η χρησιμοποίηση του απορροφητικού συστήματος στην παραγωγή ψυκτικής ισχύος, παρά το μικρό βαθμό συμπεριφοράς του συστήματος.

Συγκεκριμένα, ο συντελεστής συμπεριφοράς των απορροφητικών συστημάτων είναι 0,55 έως 0,80 έναντι 3 έως 4 των συστημάτων συμπίεσης (στον κλιματισμό), που σημαίνει ότι στον απορροφητικό κύκλο Ψύξης δίνουμε 1 Watt ισχύ (θερμική) και παίρνουμε 3 έως 4 Watt ψυκτική ισχύ (μόνο στο κλιματισμό), πράγμα που σημαίνει, ότι ο συντελεστής συμπεριφοράς του απορροφητικού συστήματος είναι το $(0,55/3) = 18\%$ του βαθμού συμπεριφοράς του συστήματος συμπίεσης.

Όμως, θα ήταν λάθος να συγκρίνουμε τις αποδόσεις των δύο συστημάτων πάνω στην προαναφερθείσα βάση, διότι, ναί μεν το απορροφητικό σύστημα έχει μικρότερο COP από το COP του συστήματος συμπίεσης, αλλά δεν καταναλίσκει την ηλεκτρική ενέργεια του συμπιεστή αφ'ένός και αφ'έτέρου έχει καλλίτερο μηχανικό βαθμό απόδοσης.

Επομένως, αν πολλαπλασιασθεί το COP του συστήματος συμπίεσης με το ποσοστό της θερμότητας του έργου συμπίεσης και με το βαθμό απόδοσης του συμπιεστή, τότε διαπιστώνουμε, ότι η διαφορά των δύο συστημάτων είναι μικρή, πράγματι έχουμε την εξής κατάσταση:

$COP \text{ κύκλου συμπίεσης} = 3 \times 0,25 \times 0,80 = 0,6$ έναντι του 0,55 του COP απορρόφησης απλής Βαθμίδας.

3.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

3.3.1 Χρήσεις και εφαρμογές συστημάτων νερού – βρωμιούχου λιθίου (BrLi) και νερού – αμμωνίας (NH₃)

Σύγκριση απορροφητικών συστημάτων H₂O - BrLi και H₂O - NH₃:

- Το σύστημα αμμωνίας-νερού χρησιμοποιείται στις μικρές εγκαταστάσεις ισχύος από 30000 Btu/h έως 50000 BTu/ h.ενώ το σύστημα Βρωμιούχου Λιθίου-Νερού χρησιμοποιείται στις μεγαλύτερες εγκαταστάσεις.

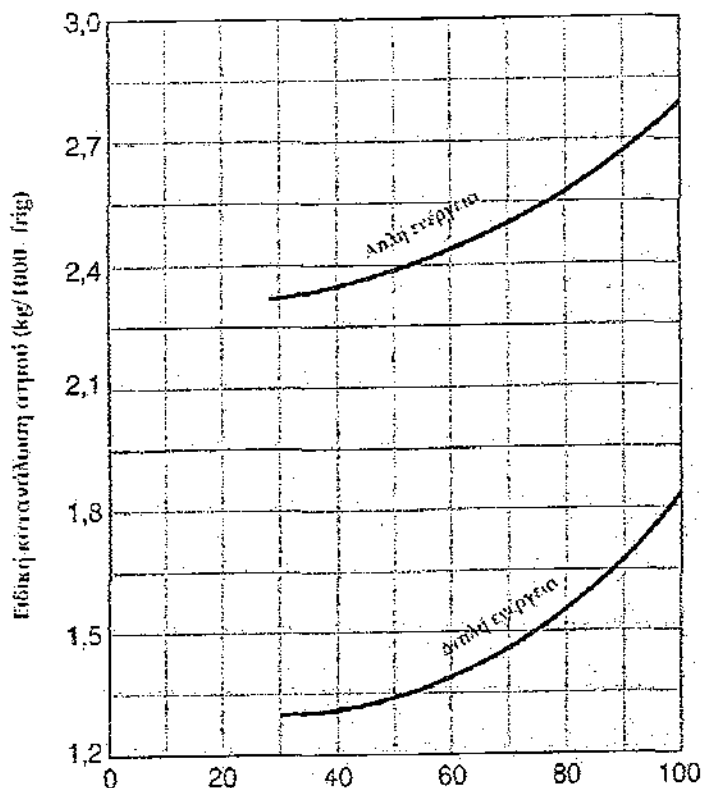
Στο απορροφητικό σύστημα H₂O - NH₃ το ψυκτικό μέσο είναι η εξατμιζόμενη αμμωνία, ενώ στο σύστημα H₂O - BrLi , είναι το εξατμιζόμενο νερό.

- Το σύστημα H₂O - BrLi δεν μπορεί να έχει χαμηλότερη θερμοκρασία εξατμίσεως από τους 4°C, διότι το νερό στερεοποιείται, ενώ η αμμωνία δεν έχει κανένα περιορισμό στο σημείο αυτό.
- Το σύστημα H₂O - NH₃ απαιτεί θερμοκρασία της θερμογεννήτριας γύρω στους 250~300°F ενώ το σύστημα H₂O - BrLi , λειτουργεί ικανοποιητικά με θερμοκρασία θερμογεννήτριας γύρω στους 190 °F έως 200°F, πράγμα στο οποίο ανταποκρίνεται εύκολα ένας επίπεδος ηλιακός συλλέκτης.
- Τέλος, το σύστημα H₂O - BrLi έχει μεγαλύτερο COP από το σύστημα H₂O - NH₃ όπως άλλωστε είδαμε και στα δύο παραδείγματα.

3.3.2 Αποδόσεις και Συγκρίσεις συστημάτων νερού - βρωμιούχου λιθίου (H₂O - BrLi)

Τα μηχανήματα με βρωμιούχο λίθιο απλής ενέργειας παρουσιάζουν ειδική κατανάλωση ατμού γύρω στα 2,7-2,8 Kg για παραγωγή 1000 ψυκτικών θερμίδων (1,163 KW). Το COP αυτών των μηχανημάτων, σαν σχέση ανάμεσα στην ψυκτική ισχύ που αποδίδεται και στη θερμική ισχύ που απορροφάται, είναι 0,65-0,69. Τα μηχανήματα διπλής ενέργειας παρουσιάζουν εξοικονόμηση ενέργειας αισθητό μεγαλύτερη.

Η ειδική κατανάλωση μειώνεται στο 1,7-1,8 kg ατμού για παραγωγή 1000 ψυκτικών θερμίδων (1,163 kw). Το COP φθάνει μια τιμή ανάμεσα στο 0,99 και 1,18.



Σχήμα 3,1 καμπύλες ειδικής κατανάλωσης ατμού για μονάδες απορρόφησης απλής και διπλής ενέργειας σε συνάρτηση με το ψυκτικό φορτίο

Στο σχήμα 3.1 φαίνονται οι καμπύλες της ειδικής κατανάλωσης ατμού για τους δυο τύπους μηχανημάτων σε συνάρτηση με το ποσοστό ψυκτικού φορτίου. Στον ψυκτικό κύκλο απορρόφησης με βρωμιούχο λίθιο, το ψυκτικό (νερό) συμπυκνώνεται δύο φορές, πρώτα στον απορροφητή και κατόπιν στο συμπυκνωτή. Αυτό αυξάνει την ποσότητα θερμότητας προς διάθεση για κάθε ψυκτική θερμίδα που παράγεται ως προς τα ψυκτικά μηχανήματα συμπίεσης. Στα μηχανήματα απλής ενέργειας, η ποσότητα της θερμότητας προς διάθεση διαμέσου του πύργου ψύξης προκύπτει γύρω στα 2,5 kw για κάθε kw που παράγεται, σχεδόν διπλή απ' αυτή που απαιτείται από τις ψυκτικές μονάδες συμπίεσης, που είναι γύρω στο 1,25 kw για κάθε kw που παράγεται.

Η μεγαλύτερη απόδοση των μηχανημάτων διπλής ενέργειας συμβάλλει στον περιορισμό της ποσότητας της θερμότητας προς διάθεση, που είναι γύρω στα 2,05 kw για κάθε kw που παράγεται. Παρ' όλα αυτά, τα μηχανήματα απορρόφησης αποδέχονται μια διαφορά θερμοκρασίας νερού του πύργου ψύξης 10°C, διπλάσια ως προς εκείνη των μονάδων συμπίεσης που είναι 5 °C, με αποτέλεσμα, ο πύργος ψύξης για ένα μηχανήματα απορρόφησης να είναι μεγαλύτερος μόνο κατά 30% ως προς εκείνον των μηχανημάτων συμπίεσης ίσης ψυκτικής ικανότητας. Η παροχή νερού συμπύκνωσης για ένα μηχανήματα απορρόφησης κυμαίνεται από 230 έως 300 λίτρα για κάθε kw που παράγεται.

3.3.4 Λειτουργία σε μερικό φορτίο και ρύθμιση της ψυκτικής ικανότητας

Η ρύθμιση της ψυκτικής ικανότητας γίνεται αναγκαία για να ακολουθηθούν οι μεταβολές των θερμικών φορτίων σε κλιματιζόμενο περιβάλλον. Στα μηχανήματα απορρόφησης

η ρύθμιση γίνεται, μεταβάλλοντας τη συγκέντρωση του διαλύματος στον απορροφητή. Αυτό επιτυγχάνεται με δύο τρόπους, συχνά σε συνδυασμό μεταξύ τους:

- Αλλάζοντας την ποσότητα του ατμού ή την παροχή του υπέρθερμου νερού που διασχίζει τη γεννήτρια και αποτελείθή θερμική ενέργεια που χορηγείται στο μηχανήματα. Στις μονάδες με καυστήρα επεμβαίνουμε στον καυστήρα αερίου, ρυθμίζοντας τη φλόγα.
- Στέλνοντας στον απορροφητή ένα πιο αραιό διάλυμα από τη γεννήτρια.

Η λειτουργία του συστήματος ρύθμισης της φλόγας μπορεί να συνοψιστεί ως ακολούθως, αναφερόμενοι, για διευκόλυνση, σε ένα κύκλο απλής ενέργειας.

Μειώνοντας το θερμικό φορτίο και η θερμοκρασία του νερού στην έξοδο τείνει να μειωθεί. Ένας αισθητήρας στην έξοδο του νερού που έχει ψυχθεί, ελέγχει το κλείσιμο της βαλβίδας συντονισμού στον ατμό τροφοδοσίας ή την τρίοδο βαλβίδα στο υπέρθερμο νερό. Συνεπώς, επιβραδύνεται ο ανασχηματισμός του πυκνού διαλύματος στη γεννήτρια. Γι' αυτό, η ποσότητα του ψυκτικού (νερό) που επιστρέφει στον εξατμιστή, μειώνεται και, συνεπώς, μειώνεται η στάθμη του νερού σε αυτόν.

Αν η στάθμη αυτή πέσει κάτω από ένα ορισμένο όριο, ένα μέρος του αραιού διαλύματος αποστέλλεται στον εξατμιστή, με κύριο σκοπό την εξασφάλιση της φυσιολογικής λειτουργίας της αντλίας του ψυκτικού. Αν το φορτίο μειωθεί κατά 50%, σε μερικά μηχανήματα μειώνεται η παροχή του διαλύματος του βρωμιούχου λιθίου στη γεννήτρια. Η μικρότερη ποσότητα διαλύματος στη γεννήτρια μπορεί να θερμανθεί με μικρότερη κατανάλωση ατμού (ή υπέρθερμου νερού) με εξοικονόμηση στην κατανάλωση ενέργειας.

Το τελευταίο αποτέλεσμα της ρύθμισης της ψυκτικής ικανότητας συνίσταται, λοιπόν, στη μείωση της συγκέντρωσης του απορροφητικού διαλύματος με τη μείωση του θερμικού φορτίου, επιτυγχάνοντας έτσι μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Κεφάλαιο Τέταρτο

ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

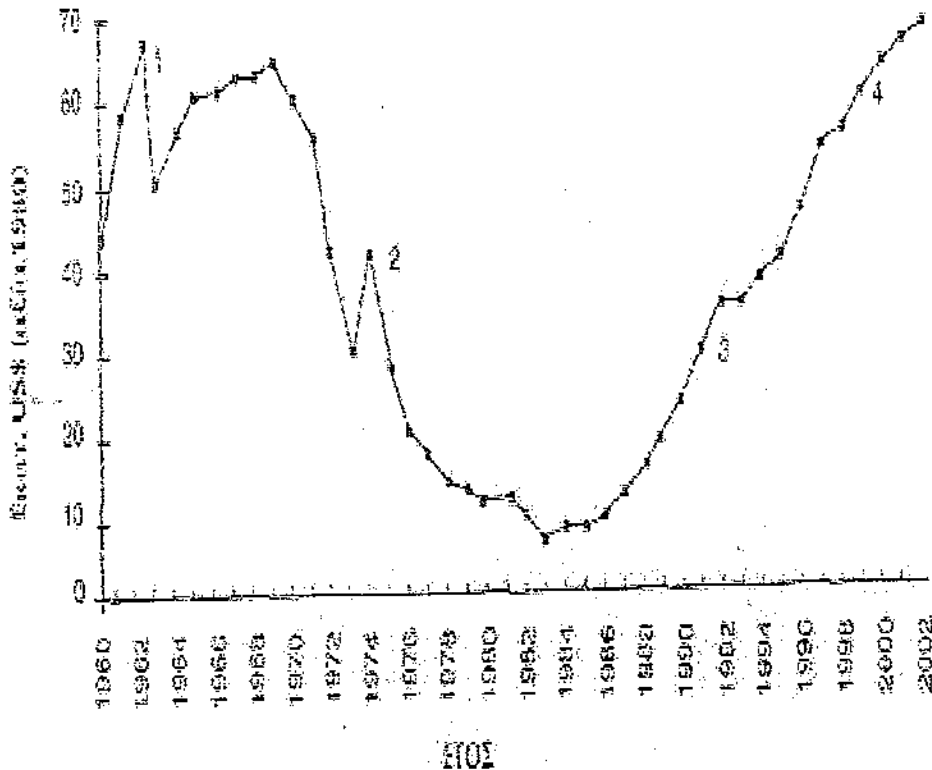
Η διάδοση των ψυκτικών μονάδων απορρόφησης τα τελευταία χρόνια είχε πολλές εναλλαγές που οφείλονται σε μερικούς οικονομικούς και τεχνικούς παράγοντες. Είναι γι' αυτό ενδιαφέρον να εξετάσουμε σύντομα την ιστορία. Οι μονάδες απορρόφησης αφού αναπτύχθηκαν για πρώτη φορά γύρω στο 1945 για εφαρμογές κλιματισμού του αέρα, είχαν μία σταδιακή περίοδο ανάπτυξης και τελειοποίησης που διήρκεσε μέχρι τη δεκαετία '60. Την εποχή εκείνη η προσφορά στην αγορά αφορούσε δύο κατηγορίες προϊόντων: μονάδες νερού-αμμωνίας με άμεση φλόγωση μικρής ισχύος, έως 17 kw, για οικιακές και εμπορικές χρήσεις και μονάδες με βρωμιούχο λίθιο, απλής ενέργειας, μεσαίας και μεγάλης ικανότητας, τροφοδοτούμενες με υπέρθερμο νερό ή ατμό. Από τη δεκαετία του '60 και μετά η αγορά των μονάδων απορρόφησης μεγάλης ικανότητας υφίσταται σημαντικές μεταβολές. Στην σχήμα 4,1 φαίνεται η πορεία των πωλήσεων αυτών των μηχανημάτων από το 1960, με πρόβλεψη έως το 2002. Μπορούν να εντοπιστούν τέσσερις διαφορετικές περίοδοι που επηρέασαν τη δυναμική του.

4.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΨΥΞΗΣ – ΧΡΗΣΗ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

Πρώτη περίοδος 1960-' 65

Οικονομικοί παράγοντες ευνοούσαν τις μονάδες απορρόφησης: εκείνα τα χρόνια το κόστος του πετρελαίου και του ατμού ήταν χαμηλό.

Επίσης, η απόδοση των ψυκτικών μονάδων συμπίεσης ήταν χαμηλότερη κατά 10-30% από τις σημερινές μονάδες. Οι δυο αυτές συνθήκες ευνοούσαν τη ζήτηση των μονάδων απορρόφησης.



Σχήμα 4.1 Πορεία της αγοράς των ψυκτικών μονάδων απορρόφησης από το 1960, με προβλέψεις έως το 2002. Εντοπίζονται οι τέσσερις σημαντικότεροι περίοδοι που αποτέλεσαν σταθμό γι'αυτά τα μηχανήματα

Δεύτερη περίοδος 1970-' 85

Άρχισε η πτώση των μονάδων απορρόφησης λόγω ποικίλων αιτιών, αλλά κυρίως από το εμπάργκο πετρελαίου της δεκαετίας του '70. Είχαν επίσης παρουσιαστεί προβλήματα αξιοπιστίας των μηχανημάτων, εξαιτίας κυρίως της αποκρυστάλλωσης και το κόστος συντήρησης ήταν υψηλό. Ταυτόχρονα είχε αυξηθεί και το κόστος παραγωγής. Το ελάχιστο των πωλήσεων των μηχανημάτων απορρόφησης ήταν το 1983, όταν προβλεπόταν η εξαφάνισή τους από την αγορά.

Τρίτη περίοδος 1987-'93

Αρχίζει μία βαθμιαία ανάκαμψη, που οφείλεται πάντα σε διάφορες αιτίες. Υπάρχει αύξηση κόστους του ηλεκτρικού ρεύματος, και ταυτόχρονη μείωση της διαθεσιμότητας του, ενώ υπάρχει αφθονία φυσικού αερίου. Από την πλευρά τους οι εταιρίες διανομής αερίου αρχίζουν μία πολιτική κινήτρων για τη θερινή κατανάλωση προσφέροντας ιδιαίτερα τιμολόγια και κεφάλαια για την εγκατάσταση συσκευών απορρόφησης. Εν τω μεταξύ τα μηχανήματα υπέστησαν σημαντικές βελτιώσεις και αύξησαν την απόδοσή τους χάρη στη δημιουργία συστημάτων διπλής ενέργειας. Η ανάπτυξη μηχανημάτων άμεσης φλόγωσης, τροφοδοτούμενα με αέριο, αποτέλεσε ένα περαιτέρω κίνητρο. Σ' αυτά προστίθεται η εμφάνιση των προβλημάτων των ψυκτικών ρευστών (CFC) που ευνοεί τη χρήση λύσεων με βρωμιούχο λίθιο, που είναι αβλαβές για το περιβάλλον.

Τέταρτη περίοδος 1994-2005

Προβλέπεται μία συνεχής αύξηση της αγοράς αυτών των μηχανημάτων για τους παρακάτω λόγους. Θα υπάρξει μείωση της διαθεσιμότητας ηλεκτρικής ενέργειας που θα επηρεάσει αρνητικά τα ψυκτικά μηχανήματα συμπίεσης με ηλεκτρικούς κινητήρες. Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας θα αυξηθεί συνεπώς περισσότερο από εκείνο του αερίου. Και τέλος, οι εταιρίες διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας και του αερίου θα προωθήσουν νέες πολιτικές κινήτρων για τη χρήση των μηχανημάτων απορρόφησης με άμεση φλόγωση και χρήση αερίου. Η κατανομή της αγοράς των μηχανημάτων απορρόφησης μεγάλης ισχύος, πάνω από 350 kw, αλλάζει πολύ από χώρα σε χώρα. Στην Ιαπωνία κυριαρχούν στην αγορά με ένα ποσοστό 85% περίπου ενώ στις Ηνωμένες Πολιτείες αντιπροσωπεύουν ακόμα ένα μικρό ποσοστό της αγοράς από 10-15%.

Στην Ευρώπη θα πρέπει να υπάρχει μία κατάσταση ανάλογη με εκείνη των Ηνωμένων Πολιτειών. Για τα επόμενα χρόνια η αγορά των μηχανημάτων απορρόφησης στις δυτικές χώρες, πρόκειται πιθανότατα να παραμείνει ένα μικρό κομμάτι εκείνης των κλασικών ψυκτικών μονάδων συμπίεσης. Σαν επιβεβαίωση, στον πίνακα 4,2 μπορεί να ελεγχθεί η πορεία των φυγοκεντρικών μονάδων και των μονάδων απορρόφησης μεγάλης ικανότητας που κατασκευάστηκαν στις Ηνωμένες Πολιτείες. Το 1992, για 4.800 φυγοκεντρικές μονάδες κατασκευάστηκαν 390 μονάδες

Έτος	Φυγοκεντρικές μονάδες	Μονάδες απορρόφησης
1989	4990	180
1990	5000	160
1991	4500	190
1992	4800	390

Πίνακας 4,2 Φυγοκεντρικές ψυκτικές μονάδες και μονάδες απορρόφησης μεγάλης ισχύος που κατασκευάστηκαν στις Η.Π.Α.

απορρόφησης, λίγο περισσότερο από το 8%. Από τα μηχανήματα απορρόφησης που ήταν εγκατεστημένα στις Ηνωμένες Πολιτείες το 1992 εκτιμάται ότι το 40% ήταν απλής ενέργειας, το 26% διπλής ενέργειας και το 34% άμεσης φλόγωσης διπλής ενέργειας.

4.3 ΜΟΝΑΔΕΣ ΝΕΡΟΥ – ΑΜΜΩΝΙΑΣ

4.3.1 Μονάδες κλιματισμού ψύξης - θέρμανσης

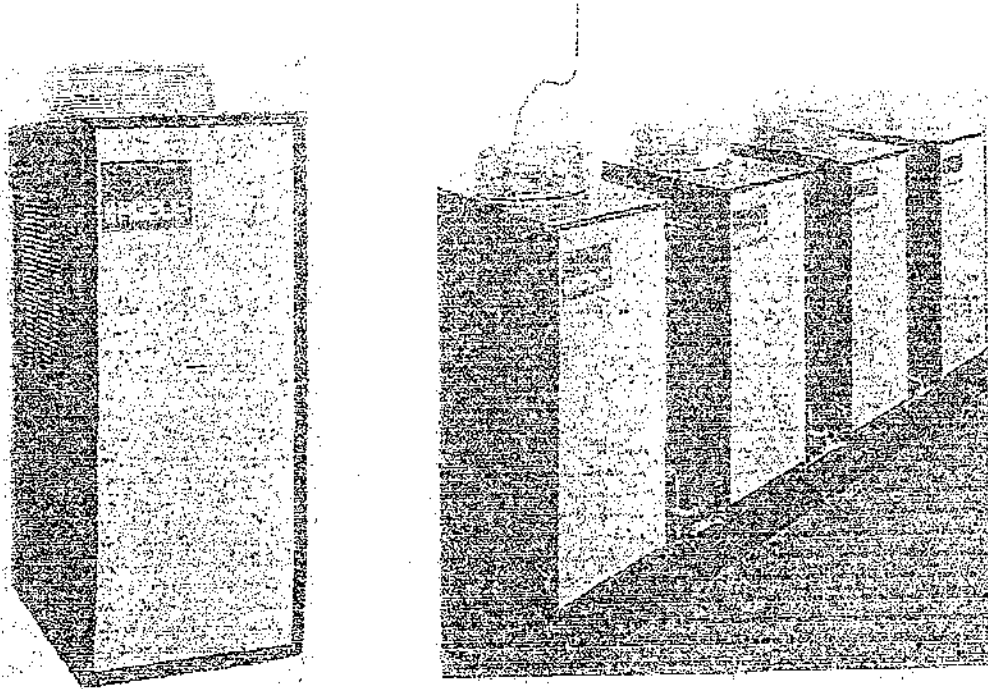
Αναλύουμε παρακάτω μόνο τις κατασκευαστικές πλευρές των πιο αντιπροσωπευτικών τύπων μηχανημάτων που βρίσκονται σήμερα στο εμπόριο.

Μονάδες νερού-αμμωνίας με καυστήρα αερίου

Αυτές οι μονάδες είναι αερόψυκτες και εγκαθίστανται στο εξωτερικό. Κατασκευάζονται σε δύο μοντέλα: για απλή ψύξη και για ψύξη και θέρμανση. Οι μονάδες για απλή ψύξη κατασκευάζονται με ονομαστική ψυκτική ισχύ από 10 έως 17 kW.

Μία χαρακτηριστική μονάδα φαίνεται στην σχήμα 4.3. Είναι παραλληλεπίπεδου σχήματος και η αναρρόφηση του εξωτερικού αέρα γίνεται από τις τρεις πλευρές ενώ η εκτόνωση γίνεται προς τα πάνω.

Περισσότερες μονάδες μπορούν να συναρμολογηθούν στην ίδια βάση με κοινές υδραυλικές και ηλεκτρικές συνδέσεις για να προσφέρουν ηλεκτρική ισχύ έως 90 kw περίπου. (Βλέπε σχήμα 4.4).



Σχήμα 4,3(αριστερά) Ψυκτική αερόψυκτη μονάδα απορρόφησης νερού-αμμωνίας, μικρής ισχύος, τροφοδοτούμενη με αέριο.

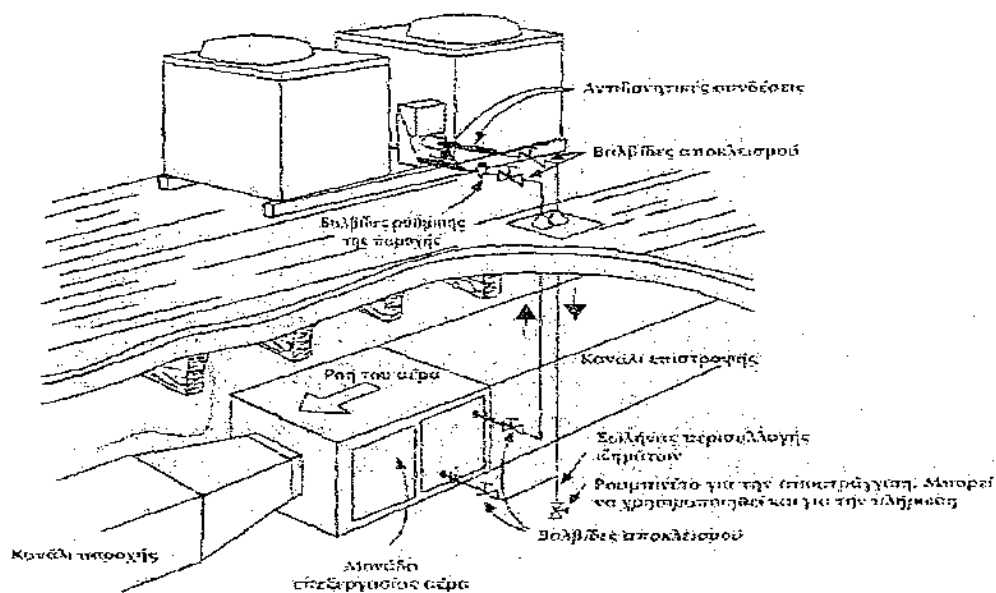
Σχήμα 4,4(δεξιά) Ομάδα συναρμολογούμενη στην ίδια βάση ψυκτικών μονάδων που τροφοδοτούνται με αέριο και είναι υδραυλικά και ηλεκτρικά συνδεδεμένες μεταξύ τους με τρόπο να λειτουργούν σαν πακέτο.

Τα μηχανήματα διαθέτουν μια μονάδα συμπίκνωσης και απορρόφησης τύπου δέσμης σε χαλύβδινο σωλήνα και πτερύγια αλουμινίου σε σχήμα U, με διαστάσεις που να εξασφαλίζουν τη συμπίκνωση με εξωτερικές θερμοκρασίες έως 40°C. Η μονάδα περιέχει όλα τα απαραίτητα "εξαρτήματα": τον καυστήρα, τον εξατμιστή, τον εναλλάκτη θερμότητας και τις αντλίες του διαλύματος και του ψυγμένου νερού. Ο ελικοειδής ανεμιστήρας είναι τοποθετημένος στο πάνω μέρος της μονάδας.

Ο καυστήρας είναι ατμοσφαιρικός με μεθάνιο ή GPL και η απαγωγή των καπνών γίνεται με την αναρρόφηση του ανεμιστήρα. Ο εξατμιστής είναι ανοιχτού τύπου σε σερπαντίνα από ανοξείδωτο χάλυβα με σπιράλ που βρέχεται με καταιονισμό μέσα σε

μία λεκάνη από πλαστικό υλικό με μονωτική επένδυση πολυουρεθάνης. Ο ανοιχτός εξατμιστής περιορίζει το κάθετο ύψος ανάμεσα στο εγκατεστημένο στο έδαφος μηχάνημα και τη μονάδα επεξεργασίας πάνω από αυτό σε μια μέγιστη διαφορά 7,6 μέτρων.

Η μονάδες ψύξης και θέρμανσης είναι εφοδιασμένες, εκτός από τα προαναφερθέντα, με ένα τμήμα θέρμανσης. Η παραγωγή ψυγμένου και θερμού νερού δεν μπορεί να είναι ταυτόχρονη, γι' αυτό τα μηχανήματα έχουν δύο υδραυλικές παροχές. Και αυτές οι μονάδες παράγονται σε μεγέθη με ονομαστική ψυκτική ισχύ από 10 έως 17 kw και ισχύ θέρμανσης από 26 έως 39 kw. Οι ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας είναι οι συνήθειες του κλιματισμού: εξωτερικός αέρας 35°C, ψυγμένο νερό στην έξοδο στους 7,2 °C με Δt 5,5° C. Για τη θέρμανση η θερμοκρασία του νερού στην έξοδο είναι 80°C και του νερού επιστροφής 66 ή 68 °C, ανάλογα με τα μοντέλα.



Σχήμα 4.5 Σχεδιάγραμμα σύνδεσης ανάμεσα σε δύο ψυκτικές μονάδες απορρόφησης αερίου και μια κοινή μονάδα επεξεργασίας αέρα.

Το COP αυτών των μηχανημάτων είναι περίπου 0,5 υπολογιζόμενο, με την κατώτερη θερμογόνο δύναμη (Hu) του αερίου. Πρόσφατα αναπτύχθηκαν νέα μοντέλα με βελτιωμένες επιδόσεις και COP που μπορούν να φθάσουν το 0,62. Αυτό έγινε εφικτό με την επανεξέταση μερικών εξαρτημάτων θερμικής συναλλαγής του μηχανήματος διατηρώντας αμετάβλητο το χαρακτηριστικό κύκλο λειτουργίας. Εκτός από τις αερόψυκτες μονάδες τελειοποιήθηκαν υδρόψυκτες μονάδες ισχύος 1 7 kw περίπου και τιμές COP έως και 0,65. Αυτές μπορούν να διαθέσουν ταυτόχρονα θερμό

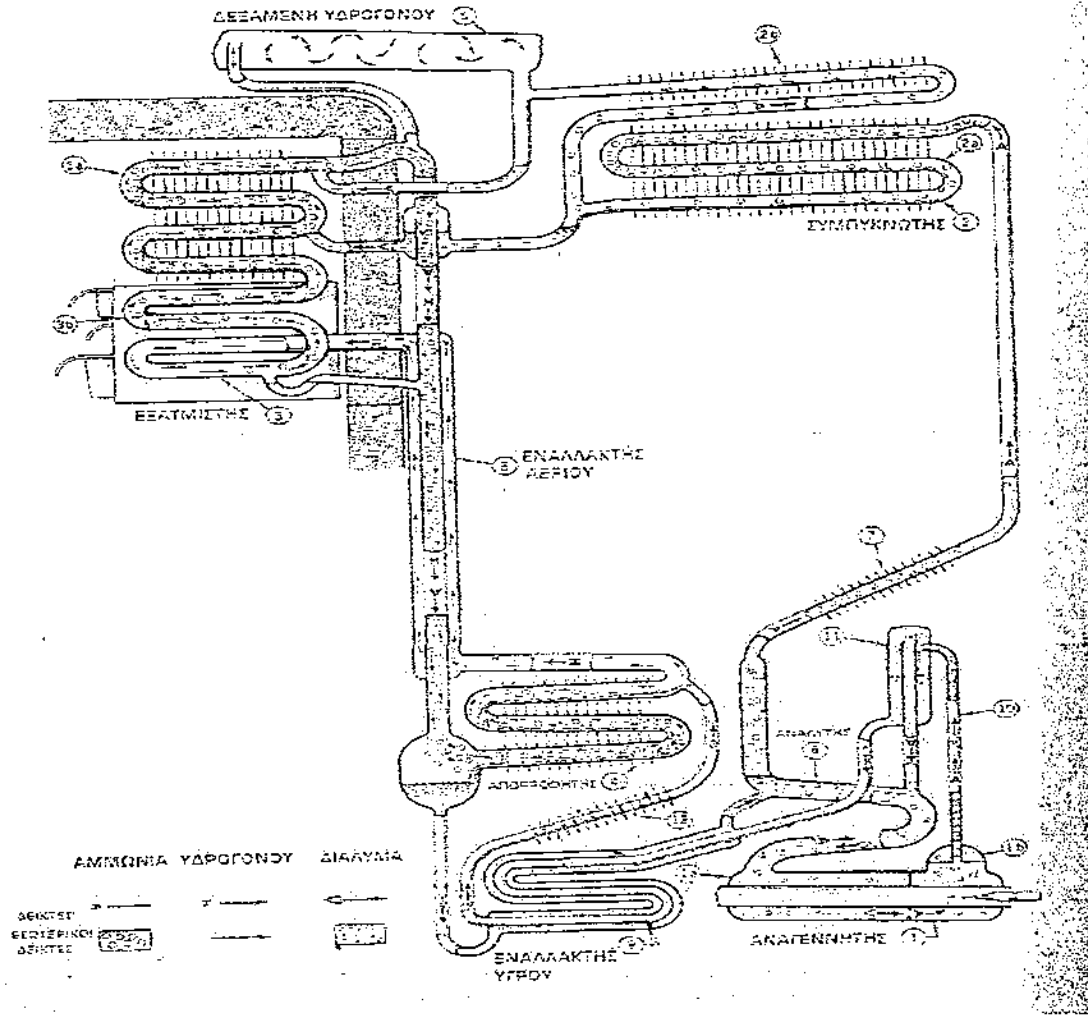
και ψυγμένο νερό. Το θερμό νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ολικά ή μερικά για θέρμανση ενώ το πλεόνασμα πρέπει να ψύχεται σε έναν πύργο ψύξης.

Οι ψυκτικές μονάδες απορρόφησης που περιγράφηκαν μπορούν να τροφοδοτήσουν μικρές και μεσαίες μονάδες επεξεργασίας αέρα, εγκαταστάσεις θερμαντικών σωμάτων κλπ. Ένα χαρακτηριστικό σχέδιο σύνδεσης ανάμεσα σε μία μονάδα απορρόφησης και μια μονάδα επεξεργασίας του αέρα φαίνεται στην σχήμα 4.5

4.3.2 Μικρές μονάδες ψύξης (οικιακά ψυγεία)

Ο κύκλος απορροφήσεως στα οικιακά συστήματα (σχήμα 4,6) μπορεί να γίνει εύκολα κατανοητός αν κοιτάζουμε τους αριθμούς των εξαρτημάτων και τις λειτουργίες τους. Το ψυκτικό σ' αυτή την περίπτωση είναι αμμωνία επειδή η υγρή αμμωνία έχει υψηλή λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης. Σαν απορροφητικό χρησιμοποιείται νερό.

Σε κανονικές θερμοκρασίες και πιέσεις το νερό απορροφά μεγάλες ποσότητες αμμωνίας. Στην επιστροφή η αμμωνία (1) που απορροφάται από το νερό μπορεί να εξαχθεί με τη αύξηση της θερμότητας. Το υδρογόνο που χρειάζεται το σύστημα αυξάνει την δυνατότητα ατμοποίησης της αμμωνίας και παρέχει την απαιτούμενη ισορροπία στην πίεση του συστήματος. Η θερμότητα που παρέχεται από τη γεννήτρια (1) αναγκάζει τους ατμούς της αμμωνίας να απελευθερωθούν από το διάλυμα. Εν συνέχεια οι ζεστοί ατμοί της αμμωνίας ανεβαίνουν επάνω μέσω της διηθητικής σωλήνας (10) μεταφέροντας το διάλυμα στον διαχωριστή (11) και πάνω από την επιφάνεια του υγρού που υπάρχει μέσα σ' αυτόν. Μέσω του εναλλάκτη θερμότητας υγρού στον απορροφητήρα (4). Ενώ οι ζεστοί ατμοί της αμμωνίας που βρίσκονται μέσα στο διαχωριστή (11) πηγαίνουν στον αναλυτή (6). Από τον αναλυτή ο ζεστός ατμός αμμωνίας ανεβαίνει μέσα στον αναγωγέα (ανορθωτή) όπου οποιοσδήποτε ατμός του νερού που ακόμα περιέχεται στην αμμωνία συμπυκνούνται και ρέει πίσω στον αναλυτή. Όπως φαίνεται στο σχήμα ο ανορθωτής είχε μια σειρά από προφυλακτικές θυρίδες



Σχήμα 4.6 Διάγραμμα απορρόφησης μιας οικιακής μονάδας

γύρω από τον σωλήνα. Από τον αναλυτή οι καθαροί ατμοί αμμωνίας γυρίζουν στον συμπυκνωτή (2) που έχει πτερύγια. Ο αέρας κυκλοφορεί γύρω από τα πτερύγια στο συμπυκνωτή (2α) παίρνει την θερμότητα και συμπυκνώνει μέρος του ατμού σε υγρό. Σ' αυτό το σημείο η θερμότητα έχει εκτελέσει την εργασία της και ο κύκλος για το υπόλοιπο του κύκλου εξαρτάται από τη βαρύτητα. Η καθαρή αμμωνία ρέει στον εξατμιστή (3b). Από την άλλη, οι ατμοί της αμμωνίας που δεν συμπυκνούνται στο πρώτο κομμάτι του συμπυκνωτή (2α) μετατοπίζονται στο υψηλό σημείο (2b). Η υγρή αμμωνία που έχει φτάσει σ' ένα προσδιορισμένο από πριν επίπεδο στο σωλήνα U και στο χώρο που πρέπει ρέει με τη βαρύτητα στο ψυχωμένο πηνίο (3α). Η υγρή αμμωνία δημιουργεί μια σειρά μεγάλων αβαθών λιμνών στις προφυλακτικές θυρίδες καθώς πέφτει στο ψυχρό μέρος (3α,3b). Επειδή το υδρογόνο βρίσκεται στη μονάδα ψύξης επιτρέπει στην υγρή αμμωνία να εξατμιστεί γρήγορα σε μια χαμηλή θερμοκρασία. Κατά

τη διάρκεια της εξατμίσης η αμμωνία απορροφά θερμότητα από τον ψύκτη και αναγκάζει το νερό να γίνει παγάκια μέσα σε ειδικές θήκες, (παγοκυψέλες). Όταν η αμμωνία εξατμίζεται αναμυγνίζεται με το υδρογόνο και επειδή η ανάμιξη είναι βαρύτερη του υδρογόνου πηγαίνει στον απορροφητήρα (4) μέσω του εναλλάκτη θερμότητας του αερίου (8). Αυτή είναι η απορρόφηση της αμμωνίας που απελευθερώνει την πίεση στον εξατμιστή καθώς το μείγμα υδρογόνου και αμμωνίας περνά από τον κεντρικό σωλήνα του εναλλάκτη θερμότητας παγώνει το υδρογόνο στον εξωτερικό σωλήνα.

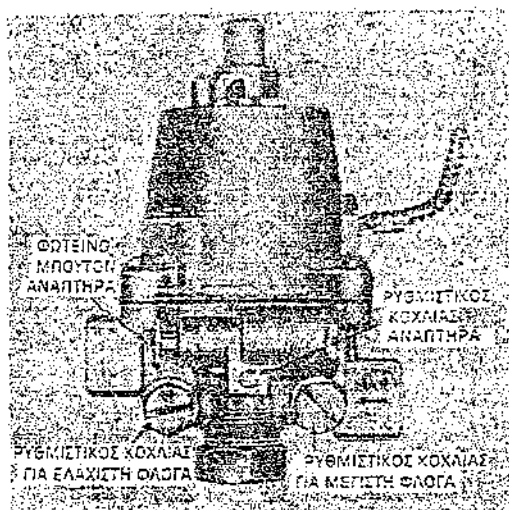
Ένα αδύνατο διάλυμα αμμωνίας και νερού στον διαχωριστή (1) ρέει μέσω του εναλλάκτη θερμότητας υγρού και του προψύκτη (10) στο ανώτερο σημείο του απορροφητήρα (4). Σ' αυτό το σημείο το υγρό συναντά τους ατμούς αμμωνίας και του υδρογόνου που έχουν περάσει μέσω του εναλλάκτη θερμότητας αερίου. Επειδή το διάλυμα είναι ακόρεστο απορροφά τους ατμούς της αμμωνίας και απελευθερώνει τους ατμούς του υδρογόνου. Ο ατμός του υδρογόνου είναι εξαιρετικά λεπτός και διαλύεται στο νερό και, έτσι ανεβαίνει, στο υψηλότερο σημείο του απορροφητήρα και περνά γύρω από το εξωτερικό μέρος του εναλλάκτη θερμότητας αερίου, στο ψυκτικό μέρος του εναλλάκτη θερμότητας αερίου. Ο απορροφητήρας που φαίνεται στο σχήμα είναι αερόψυκτος με πτερύγια. Καθώς ψύχεται αυτός το λεπτό διάλυμα νερού και αμμωνίας απορροφά την αέρια αμμωνία και την βγάζει από το μείγμα. Τότε η θερμότητα του μείγματος απελευθερώνεται από τα πτερύγια. Το ισχυρό μίγμα αμμωνίας και νερού που προκύπτει ρέει στον απορροφητήρα και επιστρέφει στον εναλλάκτη θερμότητας του υγρού. Απ' αυτό το σημείο το ισχυρό ψυκτικό υγρό επιστρέφει στον αναλυτή (61) και πάλι πίσω στη γεννήτρια για να αρχίσει πάλι τον κύκλο.

Αυτός ο τύπος του συστήματος αναρροφήσεως της ψύξεως στις κατοικίες είναι συναρμολογούμενος και δεν υπάρχουν ακίνητα μέρη που να χρησιμοποιούνται. Οι συνδέσεις πρέπει να είναι ισχυρές γιατί αναπτύσσεται πίεση 200 psig στο κύκλωμα. Για να παραχθεί ψύξη 0°F στον εξατμιστή η αμμωνία πρέπει να βράζει στους 15.7 psig. Πίεση 184.3 psig αναπτύσσεται από το υδρογόνο για την διατήρηση της ισορροπίας.

Διακόπτης ελέγχου του αερίου.

Τα ψυγεία αυτόματου ελέγχου απορροφήσεως των κατοικιών έχουν και διακόπτη ελέγχου αλλά και διακόπτη ασφαλείας. Ένας βολβός ελέγχου πίεσεως και θερμοκρασίας τοποθετούμενη στο ψυχωμένο μέρος ρυθμίζει το ποσό του αερίου που απαιτείται να παράγονται οι απαιτούμενες θερμοκρασίες και συνθήκες. Όσο μεγαλύτερη είναι η φλόγα τόσο πιο γρήγορα ολοκληρώνεται ο κύκλος στο σύστημα. Όσο η ψυκτική

μονάδα κρυώνει τόσο κρυώνει και το στοιχείο ισχύος. Αυτό μεταβάλλει την πίεση στο διάφραγμα της βαλβίδας του αερίου και κλείνει το άνοιγμα. Το μέγεθος της φλόγας ρυθμίζεται με αυτό το τρόπο. Η φλόγα μπορεί να ρυθμιστεί και με το χέρι γυρίζοντας τους δύο κοχλίες που μεταβάλουν την παροχή του αερίου ανάλογα με το χρόνο. Ένας χρονοδιακόπτης αυξάνει την παροχή (σχήμα 4,7).



Σχήμα 4,7 Παλιό μοντέλο Θερμοστάτη με ρυθμιστικές βίδες

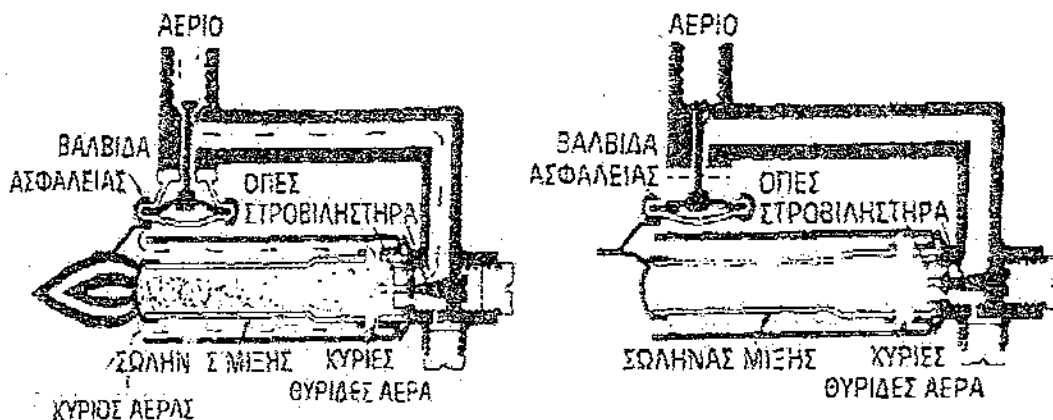
Συνήθως τα ψυγεία απορροφήσεως έχουν έναν αυτόματο ρυθμιστή πίεσεως στη γραμμή του αερίου για να επιτυγχάνεται σταθερή πίεση αερίου καθώς οι διαρροές πρέπει να είναι μηδενικές.

Έλεγχος Ασφάλειας.

Η αρχή της λειτουργίας μιας βαλβίδας ελέγχου ασφαλείας που τοποθετείται σ' ένα ψυκτικό σύστημα απορροφήσεως (που ελέγχει τη ροή του αερίου και προστατεύει από άλλους κινδύνους που παρουσιάζονται αν η φλόγα του αερίου αυξηθεί πολύ) φαίνεται στο σχήμα 4.8. Προσέξτε ότι η βαλβίδα ελέγχεται θερμοκρασιακά και ο έλεγχος είναι του τύπου κοίλο - κουμπί.

Επειδή αυτός ο έλεγχος ασφαλείας τοποθετείται δίπλα στη φλόγα ο δίσκος παραμένει ζεστός όσο έχουμε ροή αερίου. Όταν η φλόγα μεγαλώνει πολύ ο δίσκος κρυώνει και κλείνει το κουμπί. Αυτό τραβά τη ράβδο που συνδέεται με τη βαλβίδα έτσι ώστε να διακόπτεται η ροή του αερίου.

Η εστία μπορεί αυτόματα να αναφλέγει πιέζοντας ένα ειδικό κουμπί ή αλλάζοντας τη θέση ελέγχου του αερίου. Όταν η εστία είναι αναμμένη (ON) ο θερμοστάτης βρίσκεται σε επιθυμητές θερμοκρασίες.



Σχήμα 4,8 Αρχές λειτουργίας μιας βαλβίδας διακόπτη

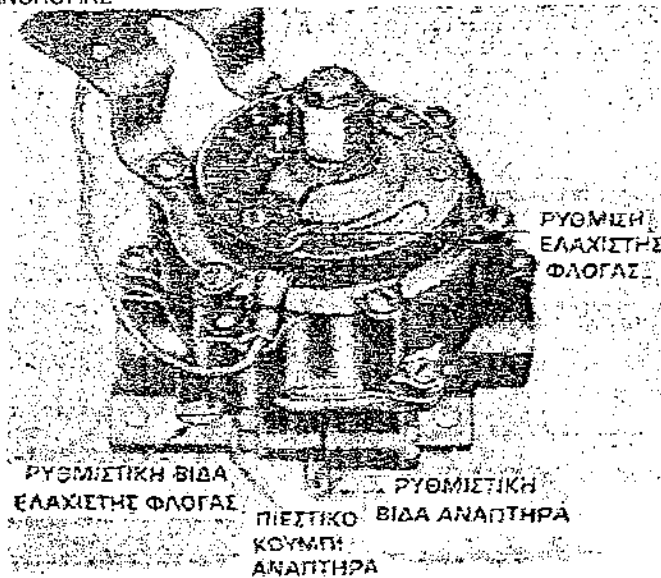
Η εστία κλείνει (OFF) εάν μετακινήσουμε αρχικά τον θερμοστάτη στο χαμηλότερο σημείο. Το κουμπί ελέγχου του αερίου (βρίσκεται στη βασική θέση κουμπιών) γυρίζεται στη θέση OFF.

ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΕΙΣ

- Υπάρχει πάντα η πιθανότητα φωτιάς ή έκρηξης εάν δεν διατηρηθούν οι αρχές ασφαλείας. Οι αρχές ασφαλείας δίνονται από τους κατασκευαστές για να αποφεύγονται απώλειες ζωής ή καταστροφές.
- Οι προδιαγραφές του κατασκευαστή πρέπει να τηρούνται στις εγκαταστάσεις και για λόγους ασφαλείας και για την επιτυχή λειτουργία του συστήματος.

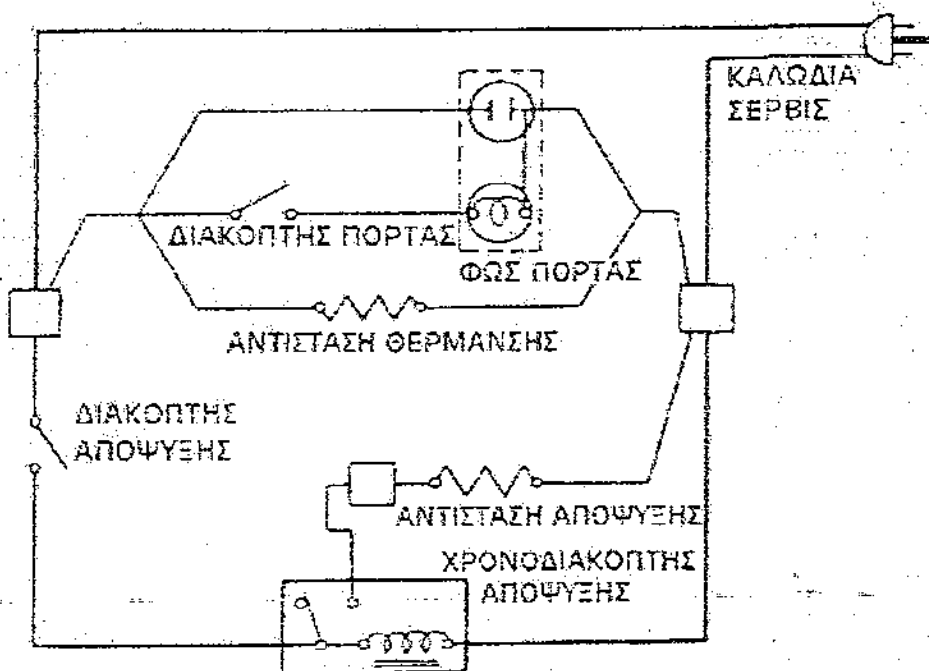
Αυτόματοι αποψυκτικοί μηχανισμοί στα ψυγεία απορροφήσεως.

Ημιαυτόματοι και αυτόματοι αποψύκτες τοποθετούνται στα συστήματα ψύξης απορροφήσεως των κατοικιών (σχήμα 4,9). Στην θέση αποφυγής ο θερμοστάτης θα αρχίζει αυτόματα τον ψυκτικό κύκλο όταν αποψυχθεί το ψυχόμενο στοιχείο.



Σχήμα 4,9 Ημιαυτόματος Θερμοστάτης απόψυξης

Ο αυτόματος χρονοδιακόπτης ενός αυτόματου αποψύκτη ελέγχεται από το διακόπτη απόψυξης (σχήμα 4,10). Η λειτουργία του θερμοστάτη σταματά όταν εκκινήσει ο χρονοδιακόπτης. Την ίδια ώρα γίνεται σύνδεση ηλεκτρικά με τον αποψύκτη - θερμαντή.



Σχήμα 4,10 Διάγραμμα καλωδίωσης αυτόματου συστήματος απόψυξης,

Η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται μέσω αντιστάσεων που τοποθετούνται κάτω από το ψυχωμένο στοιχείο. Η θερμότητα αποψύχει το εξωτερικό μέρος του ψυχωμένου πηνίου χωρίς να διακόπτεται η ψύξη των τροφών. Η κανονική λειτουργία αρχίζει αυτόματα όταν το πηνίο αποψυχθεί.

Παγάκια.

Τα παγάκια γίνονται σε μια παγοκυψέλη. Τα παγάκια τοποθετούνται σε ειδικές θέσεις. Όταν η θέση γεμίσει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα ανοίγει μια βαλβίδα νερού. Αυτή η βαλβίδα ελέγχεται από το επίπεδο του νερού στους δίσκους του ψύκτη για τα παγάκια. Καθώς οι δίσκοι γεμίζουν το νερό σταματά να ρέει και ο ψυκτικός κύκλος αρχίζει και συνεχίζεται μέχρι ότου το νερό να γίνει παγάκια. Σ' αυτό το σημείο ο θερμοστάτης κλείνει το κύκλωμα που μας δίνει τα παγάκια. Ένας μικρός ηλεκτρικός κινητήρας μετά γυρίζει το μηχανισμό με τα παγάκια ρίχνονται τα παγάκια από καλάθι.

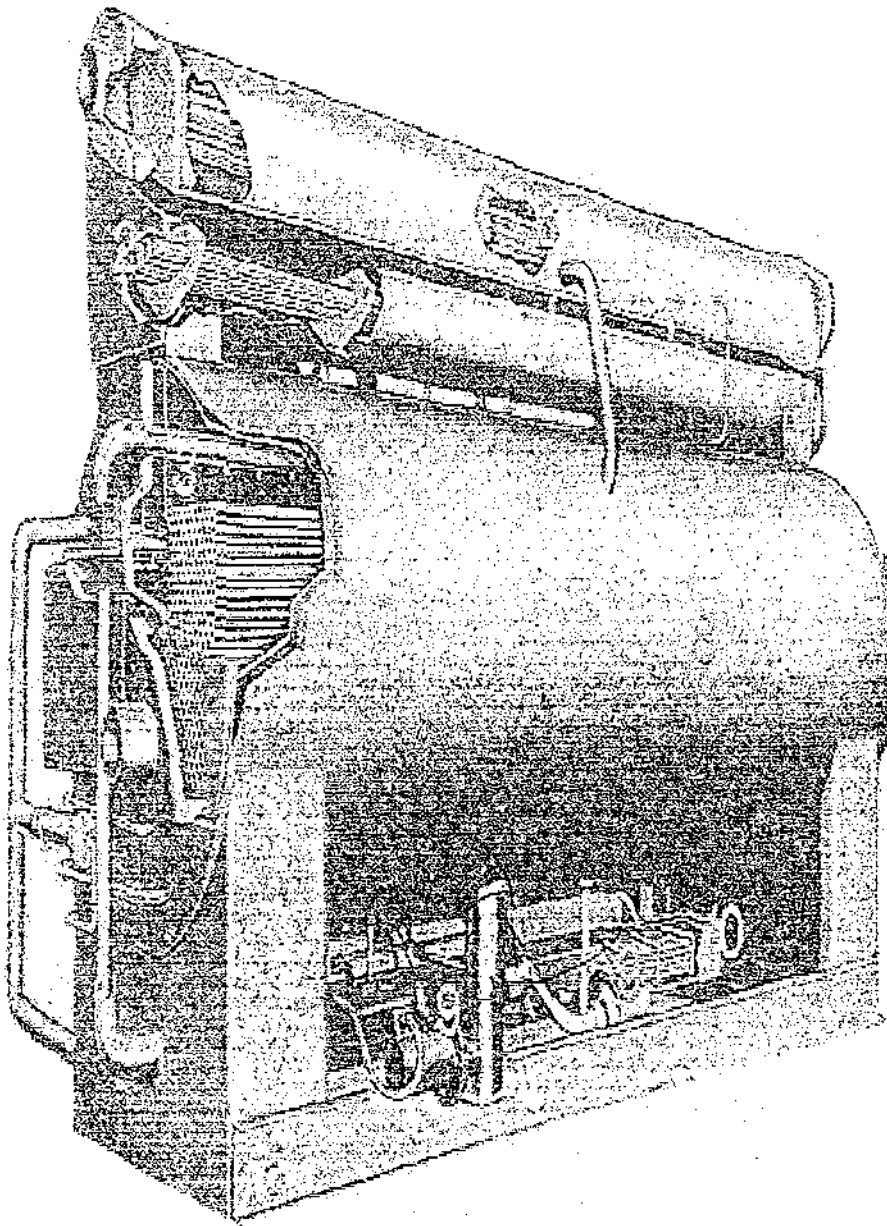
4.4 ΜΟΝΑΔΕΣ ΝΕΡΟΥ - ΒΡΩΜΙΟΥΧΟΥ ΛΙΘΙΟΥ

4.4.1 Μονάδες νερού - βρωμιούχου λιθίου με θερμό νερό ή ατμό

Οι μονάδες απορρόφησης απλής ενέργειας εμφανίστηκαν στο εμπόριο το 1945 με ένα μοντέλο δύο όγκων που κατασκευαζόταν από την Carrier. Αυτό το μηχάνημα είχε ένα κάτω περίβλημα που περιείχε τον απορροφητή και τον εξατμιστή. Πάνω από αυτό υπήρχε το δεύτερο περίβλημα, που ήταν μικρότερο, και περιείχε τη γεννήτρια και το συμπυκνωτή. Αυτή η κατασκευαστική τεχνική διατηρήθηκε μέχρι σήμερα.

Μια μονάδα απλής ενέργειας δύο όγκων φαίνεται στο σχήμα 4.11. Δύο αντλίες, μία για το ψυκτικό και η άλλη για το διάλυμα, αποτελούν τα μόνα κινητά μέρη του μηχανήματος. Η εκτόνωση των μη συμπυκνώσιμων γίνεται με ένα στατικό σύστημα που τα συγκεντρώνει σε έναν ειδικό θάλαμο.

Ανάμεσα στους άλλους εξοπλισμούς υπάρχει ένα σύστημα ασφαλείας για την υπερβολική αύξηση της συγκέντρωσης του διαλύματος και για τον κίνδυνο κρυστάλλωσης των αλάτων του βρωμιούχου λιθίου.

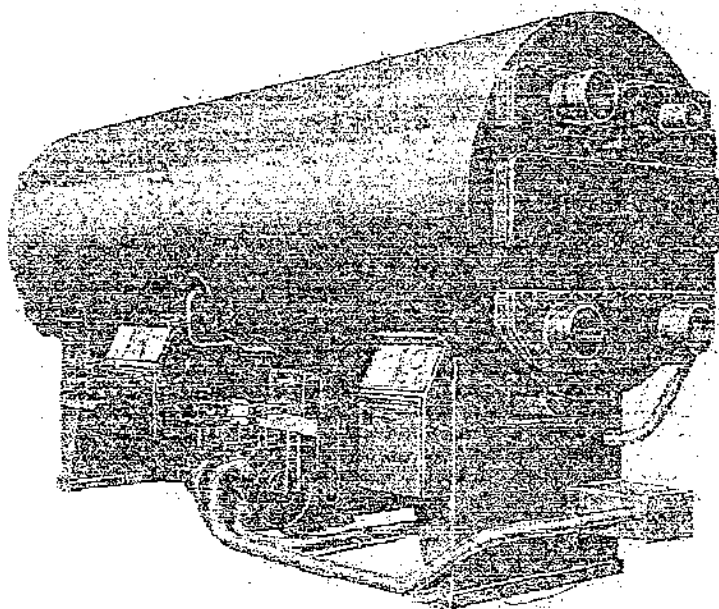


Σχήμα 4,11 Ψυκτική μονάδα απορρόφησης βρωμιούχου λιθίου, απλής ενέργειας δύο όγκων, μεγάλης ικανότητας στην οποία τα βασικά εξαρτήματα
 1) Συμπυκνωτής και δεξαμενές νερού για την υδραυλική σύνδεση 2) Γεννήτρια 3) Εξατμιστής με σειρά ακροφυσίων για τον ψεκασμό του νερού πάνω από την δέσμη σωλήνων 4) Διάταξη ρύθμισης της συγκέντρωσης του διαλύματος 5) Βάση του μηχανήματος 6) Διαχωριστές σταγονιδίων που εμποδίζουν την μεταφορά υγρού από την γεννήτρια στο συμπυκνωτή 7) Εσωτερικός χώρος που απομονώνει τη γεννήτρια από τον συμπυκνωτή 8) Μονωμένο περίβλημα του εξατμιστή και του απορροφητή 9) Ερμητικές αντλίες του ψυκτικού και του διαλύματος 10) Εναλλάκτης θερμότητας ανάμεσα σε φτωχό και πλούσιο διάλυμα

Το σύστημα εμποδίζει επίσης την πιθανή υπερβολική αραίωση του διαλύματος. Είναι επίσης σε θέση να διατηρήσει τη σταθερή λειτουργία του μηχανήματος και με μειωμένες θερμοκρασίες εισερχόμενου νερού ψύξης έως και 15°C .

Άλλες διατάξεις αποτελούνται από το σύστημα ελέγχου της ψυκτικής ικανότητας με μερικά φορτία και από το γενικό σύστημα ελέγχου του μηχανήματος. Αυτό που διαφοροποιεί κυρίως τα μηχανήματα των διαφόρων κατασκευαστών είναι η τεχνολογία των λύσεων που εφαρμόζονται.

Το 1955 η Trane εισήγαγε ένα μοντέλο ενός όγκου του οποίου μια πρόσφατη κατασκευή φαίνεται στην σχήμα 4,12. Αυτό το μηχάνημα εκτελεί την εκτόνωση των μη συμπυκνώσιμων από μία ειδική αντλία. Διαθέτει και αυτή σύστημα ασφαλείας που εμποδίζει την αύξηση της συγκέντρωσης για να προληφθεί η κρυστάλλωση και ένα σύστημα ελέγχου της ψυκτικής ικανότητας.



Σχήμα 4,12 Ψυκτική μονάδα απορρόφησης Βρωμιούχου λιθίου, απλής ενέργειας, ενός όγκου, μεγάλης ικανότητας.

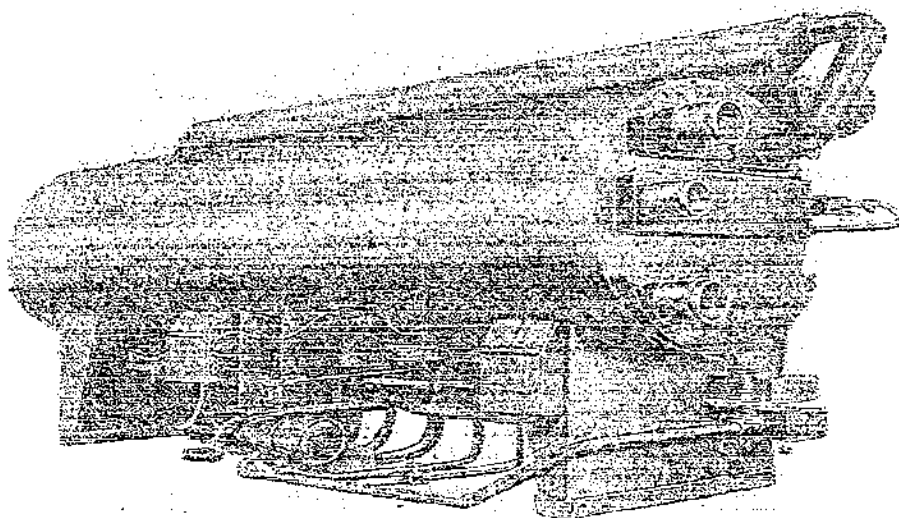
Η ονομαστική ψυκτική ισχύς αυτών των μηχανημάτων κυμαίνεται από 300 kw έως άνω των 5000 kw.

Οι τυπικές συνθήκες λειτουργίας επιτυγχάνονται με μία πίεση του διαθέσιμου στη γεννήτρια ατμού ίση με 100 KPa περίπου, μία θερμοκρασία εισερχόμενου στο συμπυκνωτή νερού 32°C περίπου, μία θερμοκρασία του ψυγμένου νερού στην έξοδο 70°C με μια διαφορά Δt 5°C περίπου. Το COP αυτών των μηχανημάτων, όπως

αναφέρεται στο κεφάλαιο 3, είναι περίπου 0,65-0,69. Η κατανάλωση ατμού είναι 2,7-2,8 kw για κάθε 1000 frig (1,163 kw) που παράγονται. Η απαραίτητη παροχή νερού για την ψύξη του συμπυκνωτή κυμαίνεται από 230 έως 300 λίτρα για κάθε kw που παράγεται.

Τα μηχανήματα απορρόφησης διπλής ενέργειας ακολουθούν τη γενική διάταξη εκείνων απλής ενέργειας με επιπλέον την παρουσία μιας γεννήτριας υψηλής θερμοκρασίας τοποθετημένη σε ένα χωριστό περίβλημα και δύο εναλλάκτες θερμότητας του διαλύματος. Οι σωλήνες του απορροφητή, εξατμιστή, συμπυκνωτή και γεννήτριας χαμηλής θερμοκρασίας είναι χάλκινοι.

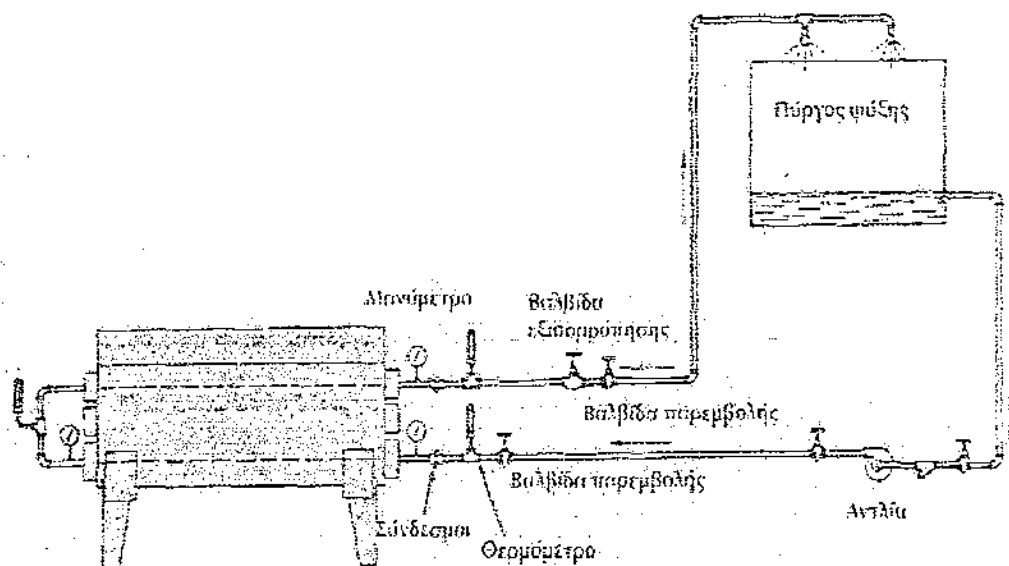
Για λόγους αντοχής στη διάβρωση οι σωλήνες της γεννήτριας υψηλής θερμοκρασίας είναι από χαλκονικέλιο. Για τον ίδιο λόγο μερικοί κατασκευαστές κατασκευάζουν από χαλκονικέλιο και τους σωλήνες της γεννήτριας χαμηλής θερμοκρασίας. Η τροφοδοσία των μηχανημάτων διπλής ενέργειας απαιτεί υψηλότερες θερμοκρασίες υπερθέρμανσης και μεγαλύτερες πιέσεις ατμού απ' ό,τι τα μηχανήματα απλής ενέργειας. Για την υπερθέρμανση η αναγκαία αύξηση της θερμοκρασίας είναι 50°C περίπου και γι' αυτό απαιτείται μία θερμοκρασία τροφοδοσίας 170-180 0C περίπου.



Σχήμα 4,13 Ψυκτική μονάδα απορρόφησης Βρωμιούχου λιθίου, διπλής ενέργειας, ενός όγκου, μεγάλης ικανότητας και περιέχει γεννήτρια υψηλής πίεσης.

Η τροφοδοσία με ατμό απαιτεί μία πίεση στη γεννήτρια 800 KPa περίπου. Το COP των μηχανημάτων διπλής ενέργειας είναι 0,99 - 1,18 περίπου και η ειδική

κατανάλωση ατμού παραμένει από 1,7 έως 1,8 Kg για κάθε 1000 frig που παράγονται (1,163 kw).



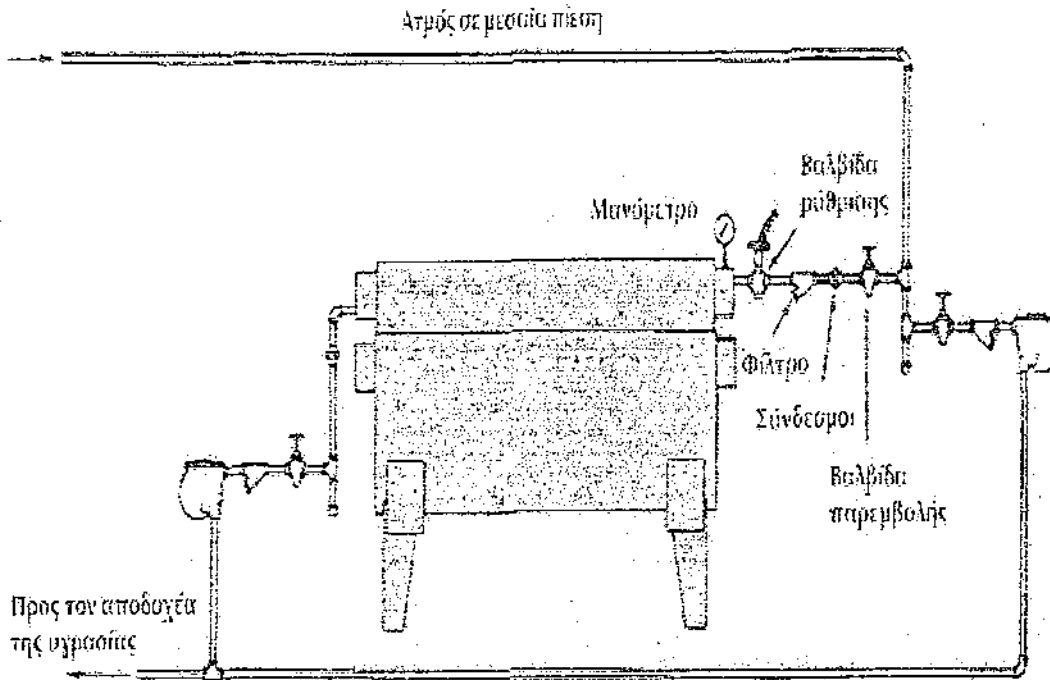
Σχήμα 4,14 Σύνδεση του κυκλώματος νερού πύργου ψύξης του συμπυκνωτή μιας μονάδας απορρόφησης.

Η αναγκαία παροχή νερού ψύξης είναι 290 λίτρα περίπου για κάθε kw που παράγεται. Οι θερμοκρασία του νερού συμπύκνωσης και του ψυγμένου νερού είναι αντίστοιχες με αυτές που ήδη αναφέρθηκαν για τα μηχανήματα απλής ενέργειας:

Στα μηχανήματα διπλής ενέργειας είναι κρίσιμη η χρήση αναστολέων για να εμποδιστεί η διάβρωση και να περιοριστεί ο σχηματισμός υδρογόνου στο εσωτερικό, περισσότερο από ότι στα μηχανήματα απλής ενέργειας.

Οι ισχύς αυτών των μηχανημάτων κυμαίνονται από 300 έως άνω των 5000 kw, ανάλογα με τους κατασκευαστές. Στο σχήμα 4.13 φαίνεται μία μονάδα διπλής ενέργειας μεγάλης ισχύος. Οι συνδέσεις του ατμού και του νερού ψύξης του συμπυκνωτή για τα μηχανήματα απορρόφησης δεν προξενούν επιπλοκές. Απλουστευτικά, στο σχήμα 4.15 απεικονίζεται η τυπική σύνδεση της γραμμής του ατμού σε ένα μηχανήματα διπλής ενέργειας.

Ένα παράδειγμα υδραυλικής σύνδεσης για το κύκλωμα νερού του πύργου ψύξης, φαίνεται στο Σχήμα 4,14.



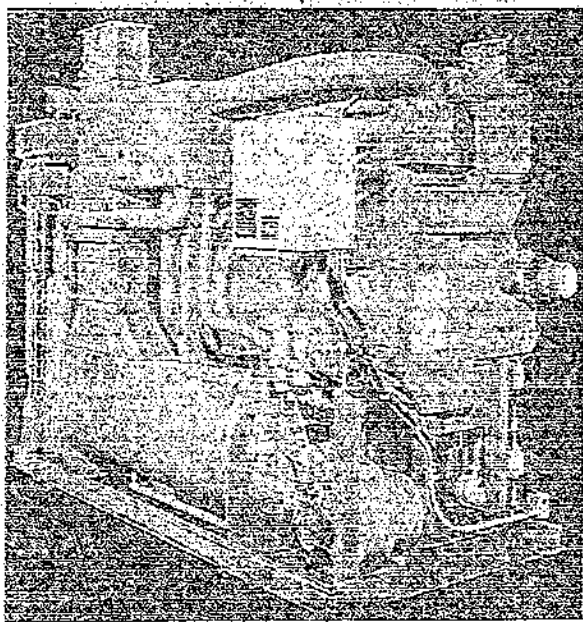
Σχήμα 4,15 Σύνδεση της γραμμής τροφοδοσίας ατμού σε ψυκτική μονάδα απορρόφησης διπλής ενέργειας.

4.4.2 Μονάδες νερού - βρωμιούχου λιθίου με άμεση καύση (καυστήρας)

Τα μηχανήματα βρωμιούχου λιθίου άμεσης φλόγωσης αποτελούν μια πρόσφατη καινοτομία και κατασκευάζονται με την αρχή της διπλής ενέργειας. Χρησιμοποιείται η ίδια τεχνολογία που περιγράφηκε παραπάνω.

Στην πράξη, το μηχάνημα περιλαμβάνει ένα καυστήρα αερίου, πετρελαίου ή κηροζίνης και το κύκλωμα είναι κατασκευασμένο με τρόπον ώστε να μπορεί να εκτελέσει και κύκλο χειμερινής θέρμανσης. Οι ψυκτικές ισχύς αυτής της κατηγορίας μηχανημάτων κυμαίνονται από 100 έως άνω των 4000 kw. Η ισχύς θέρμανσης κυμαίνεται από 90 έως 3500 kw περίπου.

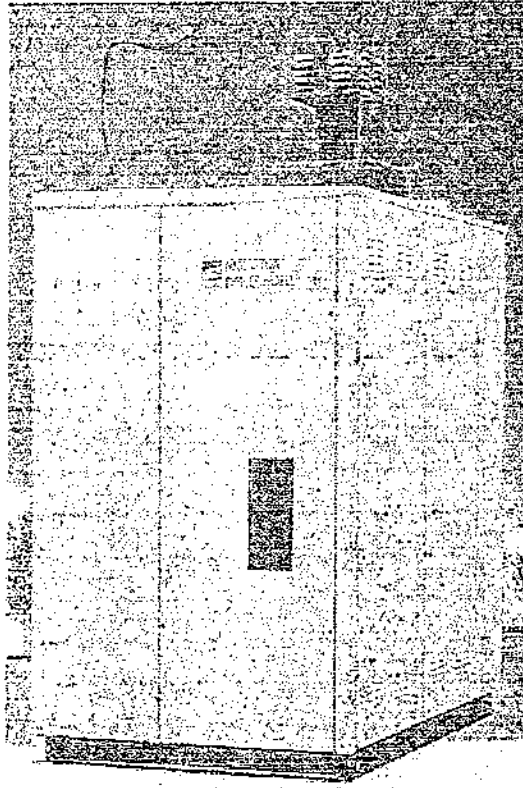
Το COP, στον κύκλο ψύξης, υπολογιζόμενο με την κατώτερη θερμογόνο δύναμη (Hu) του αερίου είναι 1,08-1,14 περίπου. Η απόδοση του κύκλου ψύξης κυμαίνεται από 88 έως 93%, με αναφορά πάντα στην κατώτερο θερμογόνο δύναμη του αερίου. Η θερμοκρασία του ψυγμένου νερού και του νερού ψύξης του συμπυκνωτή είναι του ίδιου μεγέθους με εκείνη των μηχανημάτων με τροφοδοσία ατμού. Αντίθετα, στον κύκλο θέρμανσης, η μέγιστη θερμοκρασία του θερμού νερού στην έξοδο είναι 60°C με μια διαφορά θερμοκρασίας 5 0C περίπου. Ένα μηχάνημα απορρόφησης διπλής ενέργειας τροφοδοτούμενο με αέριο, με άμεση φλόγωση, φαίνεται στο σχήμα 4.16. Ο καυστήρας αερίου με τον οποίο είναι συνήθως εφοδιασμένα αυτά τα μηχανήματα μπορεί να είναι με σταθερό αριθμό σταδίων ρύθμισης ή με συνεχή ρύθμιση, με τρόπον ώστε να ανταποκρίνεται στις μεταβολές των απαιτήσεων του θερμικού φορτίου. Η προανάμιξη αποτελεί μία μέθοδο αρκετά πρόσφατη για τη μείωση της εκπομπής των ρύπων. Η ρύθμιση τείνει να γίνεται με μικροεπεξεργαστές με σκοπό τη μέγιστη βελτίωση της λειτουργίας του κύκλου και την αύξηση της απόδοσης.



Σχήμα 4,16 Ψυκτική μονάδα απορρόφησης βρωμιούχου λιθίου μεγάλης ισχύος, διπλής ενέργειας, τροφοδοτούμενη με αέριο.

Αυτά τα μηχανήματα προορίζονται για εγκατάσταση στο εσωτερικό και εκτός από τις υδραυλικές και ηλεκτρικές συνδέσεις απαιτούν σύνδεση και με καπνοδόχο.

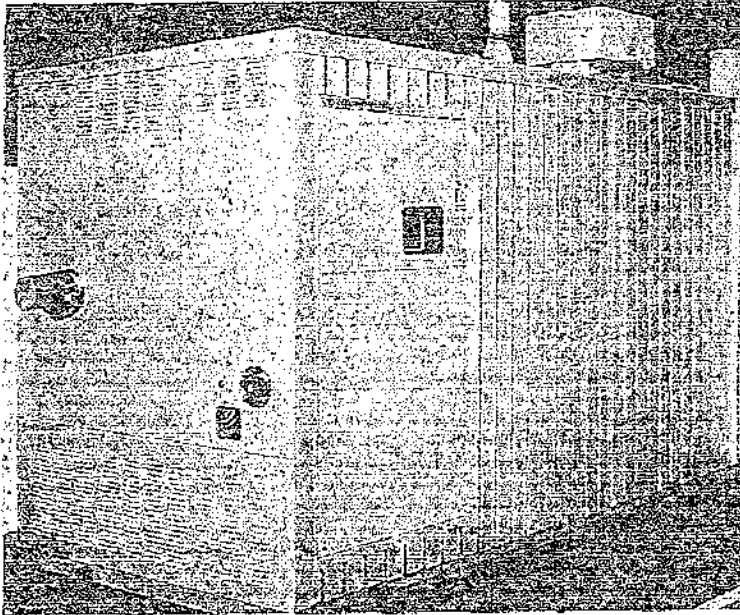
Μερικά μοντέλα, στην χαμηλότερη κατηγορία ισχύος, προορίζονται για εγκατάσταση στο εξωτερικό και, στην περίπτωση αυτή, διαθέτουν ήδη μια ειδική καπνοδόχο για την απαγωγή των καπνών. (Βλέπε σχήμα 4.17).



Σχήμα 4.17 Θερμοψυκτική μονάδα βρωμιούχου λιθίου μεσαίας – μεγάλης ισχύος, διπλής ενέργειας, τροφοδοτούμενη με αέριο για εγκατάσταση στο εξωτερικό και εφοδιασμένη με καπνοδόχο για την απαγωγή των καπνών.

Μερικοί κατασκευαστές για τα μηχανήματα μεγαλύτερης ισχύος προσφέρουν προαιρετικά ειδικά περιβλήματα που επιτρέπουν την εγκατάσταση στο εξωτερικό και είναι εφοδιασμένα με καπνοδόχο. Μια τέτοια κατασκευή φαίνεται στο σχήμα 4.18.

Γενικά αυτά τα μηχανήματα έχουν όγκους και βάρη αισθητά μεγαλύτερα από τα μηχανήματα συμπίεσης με ηλεκτρικούς κινητήρες και αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψη ήδη από τα προκαταρκτικά στάδια της μελέτης. Ενδεικτικά, τα μηχανήματα με καυστήρα μεσαίας και μεγάλης ικανότητας έχουν ειδική μάζα που κυμαίνεται από 13 έως 16 kg για κάθε προσφερόμενο ψυκτικό kw. Ο καταλαμβανόμενος χώρος εκτιμάται από 0,01 έως 0,013 τετραγωνικά μέτρα για κάθε ψυκτικό kw που προσφέρεται.



Σχήμα 4,18 Περιβλήμα που επιτρέπει την εγκατάσταση στο εξωτερικό θερμοψυκτικών μονάδων αερίου άμεσης φλόγωσης.

Συμπέρασμα

Οι ψυκτικές και θερμοψυκτικές μονάδες απορρόφησης αποτελούν μια εναλλακτική πρόταση για τις εγκαταστάσεις κλιματισμού σε όλες εκείνες τις περιπτώσεις που είναι διαθέσιμος ατμός ή υπέρθερμο νερό σε χαμηλό κόστος ή όπου φυσικό αέριο προσφέρεται σε χαμηλές τιμές. Το κόστος για κάθε εγκατεστημένο kw αυτών των μηχανημάτων παραμένει υψηλό, αλλά πολιτικές κινήτρων των εταιριών διανομής αερίου θα μπορούσαν σε πολλές περιπτώσεις να συμβάλλουν στο ξεπέρασμα αυτού του περιορισμού. Προβλέπεται μια σταθερά αυξανόμενη διάδοση στα επόμενα χρόνια αυτών των μηχανημάτων και κυρίως εκείνων που τροφοδοτούνται με αέριο.

Κεφάλαιο Πέμπτο

ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΨΥΞΗΣ

5.1 ΨΥΞΗ ΜΕ JET ΑΤΜΟΥ

5.1.1 Συστήματα ψύξης ρεύματος ατμού

Αυτά τα συστήματα έχουν πολλά πλεονεκτήματα έναντι άλλων συστημάτων σε αυτές τις εγκαταστάσεις όπου το νερό και ο ατμός υψηλής πίεσης είναι και τα δύο διαθέσιμα σε μικρό κόστος. Επειδή δεν έχουν κινούμενα μέρη αυτές οι μονάδες ατμού έχουν οριακές ταλαντώσεις (κραδασμούς) και μπορούν να τοποθετηθούν παντού.

Αυτό είναι πολύ χρήσιμο στις εγκαταστάσεις γιατί κίνδυνοι όπως η φωτιά ή η τοξική μόλυνση μηδενίζονται. Τα ψυκτικά συστήματα ρεύματος ατμού χρησιμοποιούνται όταν επιθυμούνται χαμηλές θερμοκρασίες: για παράδειγμα ως διαχωριστές των παραφινών και των λιπαντικών λαδιών.

Αρχές λειτουργίας των Συστημάτων ρεύματος Ατμού

Το νερό παραμένει υγρό μέχρι τη θερμοκρασία όπου το σημείο βρασμού του ανταποκρίνεται με την πίεση του. Όταν το νερό σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 45°F εισαχθεί σε δοχείο που επικρατεί πίεση 0,148 psia το νερό παγώνει στους 45°F γιατί χάνει θερμότητα. Το νερό από μόνο του εξατμίζεται επειδή δεν υπάρχει άλλο μέσο σε μια θερμοκρασία αρκετά χαμηλή να πάρει αυτή τη θερμότητα.

Έτσι η θερμότητα που δίνεται από το νερό στην ψύξη χρησιμοποιείται ως λανθάνουσα θερμότητα. Η λανθάνουσα θερμότητα εξατμίζει μια μικρή ποσότητα του νερού που εισέρχεται μέσα στο δοχείο. Το ζεστό νερό, το οποίο επιστρέφει στο δοχείο κρύνει σε μια θερμοκρασία που αντιστοιχεί στην πίεση του δοχείου. Η χαμηλή πίεση προσδιορίζει την θερμοκρασία όπου το νερό μπορεί να ψυχθεί. Το ψυχμένο νερό

μεταφέρεται από μια αντλία που ανεβάζει την πίεση της τόσο όσο απαιτείται για να μεταδοθεί η ψύξη στο χώρο.

Το δοχείο όπου το νερό συνεχώς γίνεται ατμός είναι γνωστό ως δοχείο εξαέρωσης. Επειδή ο παραγόμενος ατμός μετακινείται γρήγορα η επιθυμητή χαμηλή πίεση στο δοχείο δεν είναι πάντα αρκετή. Αυτό σημαίνει ότι ο ατμός πρέπει να μετακινηθεί και μετά να συμπιεστεί στο σημείο όπου αυτός συμπυκνείται σε μια θερμοκρασία πάνω από την μέση θερμοκρασία που χρειάζεται γι' αυτή την περίπτωση. Ένας υδρόψυκτος συμπυκνωτής χρησιμοποιείται συνήθως εδώ ώστε το νερό να είναι μετρίως κρύο.

Συνήθως η πίεση του ατμού πρέπει να αυξηθεί ως το σημείο όπου συμπυκνείται δηλ. 100⁰ F. Η πίεση που αντιστοιχεί στους 100°F είναι 0,95 psia. Επιστρέφοντας πίσω στο ψυχωμένο νερό βλέπουμε ότι, χρειάζεται μια πίεση 0,15 psia για να κρατήσει την θερμοκρασία των 45°F που χρειάζεται στο δοχείο εξαέρωσης. Αυτό σημαίνει ότι για να συμπυκνωθεί ο ατμός πρέπει η πίεση του να είναι από 0,15 έως 0,95 psia.

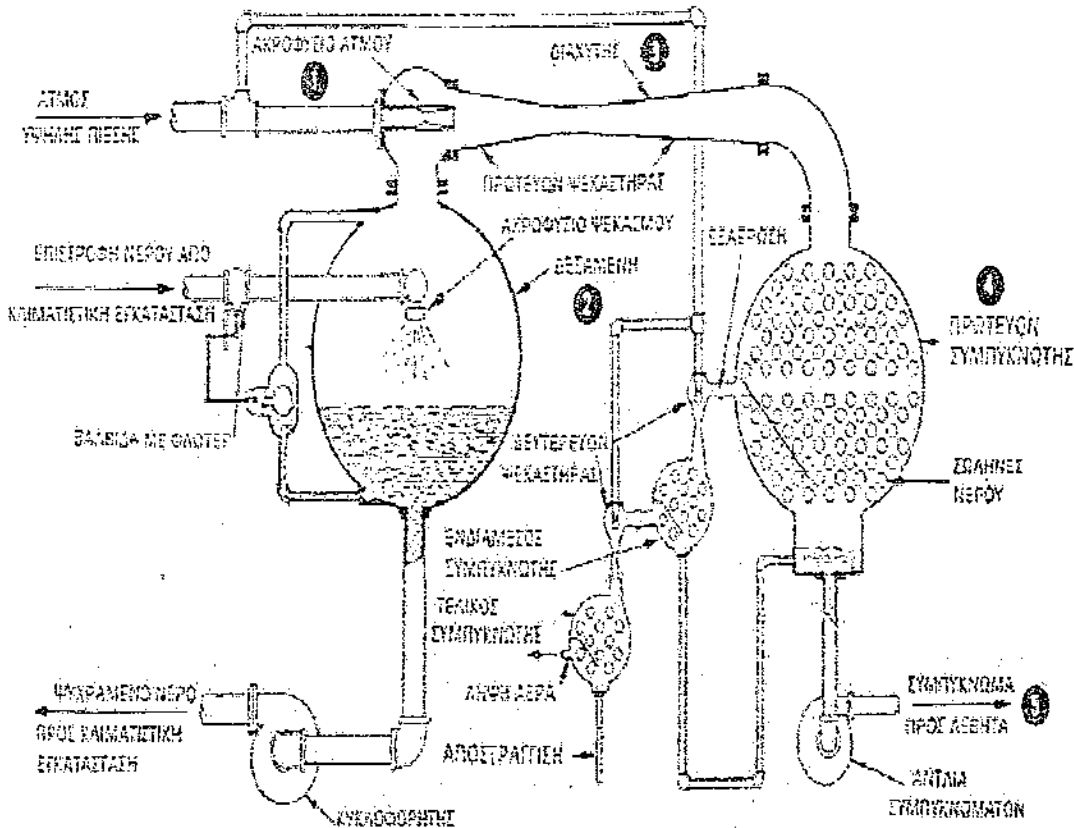
Βασικός εκχυτήρας και συμπυκνωτής

Μια από τις συνηθισμένες μεθόδους που χρησιμοποιούνται στη συμπίεση του ατμού ανάφλεξης είναι ο εκχυτήρας ατμού. Αυτός χρησιμοποιεί την ενέργεια ενός μετακινούμενου ρεύματος ατμού για να συλλάβει τον ατμό του δοχείου εξαέρωσης και να τον συμπιέσει.

Στο σχήμα 5.1 ο ατμός υψηλής πίεσεως εκτονώνεται ενώ ρέει μέσω του στόμιου (1). Η εκτόνωση ρίχνει την πίεση και έχουμε μια αντίστοιχη αύξηση της ταχύτητας (περίπου 4000 πόδια ανά δευτερόλεπτο). Εξ' αιτίας αυτής της μεγάλης ταχύτητας ο ατμός του δοχείου (2) οδηγείται στον περιφερειακά μετακινούμενο ατμό και το μείγμα εισάγεται στον διάχυτη (3).

Η ταχύτητα μειώνεται σταδιακά εξ' αιτίας της αύξησης της περιοχής της εγκάρσιας διατομής του διαχυτήρα.

Είναι αρκετά ενδιαφέρον το ότι σ' αυτό το σημείο η πίεση του ατμού ανεβαίνει από 0,15 psia στην είσοδο του διαχυτήρα σε περίπου 0,95 psia στον συμπυκνωτή (4). Αυτή η πίεση αντιστοιχεί στην θερμοκρασία συμπύκνωσης των 100°F. Αυτό σημαίνει ότι η ανάμιξη του ατμού υψηλής πίεσης και του ατμού εξαέρωσης μπορεί να υγροποιηθεί στον βασικό συμπυκνωτή σ' αυτή τη θερμοκρασία. Η λανθάνουσα θερμότητα της συμπύκνωσης μεταφέρεται στο νερό του συμπυκνωτή που βρίσκεται στους 80°F. Ο συμπυκνωτής (5) σταματά την άντληση και επιστρέφει το μείγμα στον λέβητα (Boiler) όπου αυτό πάλι μπορεί να εξατμιστεί σε μεγάλη πίεση.



Σχήμα 5.1 Σύστημα ψύξεως ρεύματος ατμού

Δοχείο εξαέρωσης του νερού

Το ζεστό νερό που επιστρέφει στο δοχείο εξαέρωσης για να ψυχθεί ψεκάζεται έτσι ώστε να εκτίθεται μια μεγάλη επιφάνεια. Σαν αποτέλεσμα της ψύξης, αρκετός ατμός από την εξαέρωση διαχέεται από το δοχείο εξαέρωσης μέσω του διαχυτήρα και παρέχεται στον συμπυκνωτή. Είναι σημαντικό ότι το δοχείο μονώνεται για να μην επιτραπεί η διαρροή της θερμότητας από τα τοιχώματα. Τέτοια θερμότητα μπορεί να προστεθεί στον ατμό που πρέπει να συμπιεστεί και να παροχευτευθεί στον συμπυκνωτή. Επίσης πρέπει να υπάρχει μια σταθερή επιστροφή του νερού από το χώρο ψύξης ώστε να αντικαθίστανται η απώλεια των $p/hg/ton$ της ψυκτικής ικανότητας.

Ανοικτά και Κλειστά Συστήματα της Ψύξεως του Αέρα

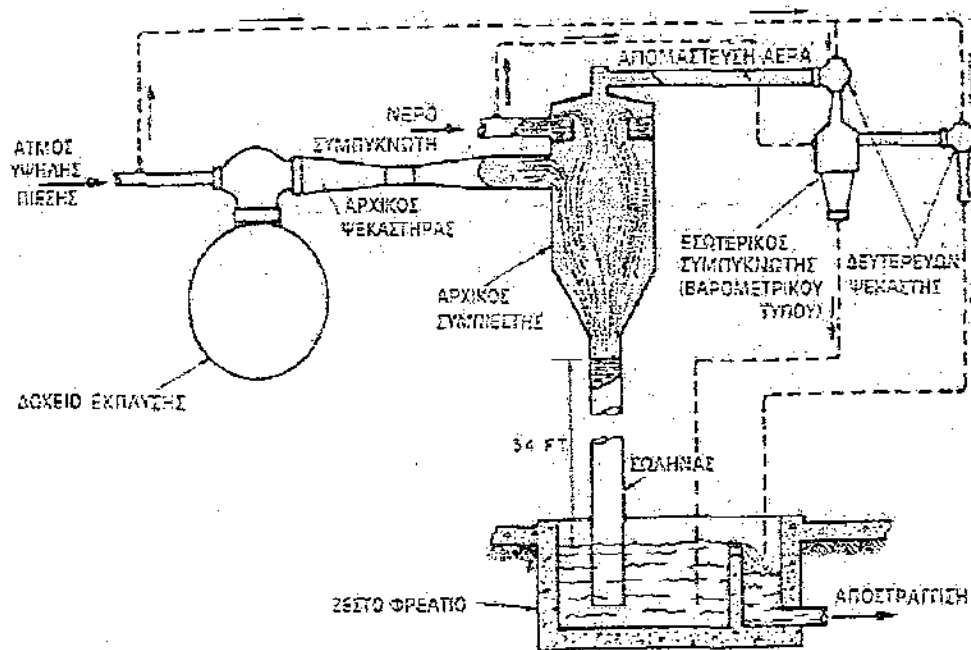
Ο όρος κλειστό σύστημα σημαίνει ότι το ψυχμένο νερό από το δοχείο εξαέρωσης οδηγείται μέσω ενός στοιχείου για να ψύξει τον αέρα και να επιστρέψει στο

δοχείο εξαέρωσης. Σε ένα ανοικτό σύστημα το ψυχμένο νερό ψεκάζεται μεσ' τον αέρα για να ψυχθεί και μετά συλλέγεται στο χώρο καθορισμού του αέρα (δοχείο καθαρισμού) και επιστρέφει στο δοχείο ανάφλεξης για να ψυχθεί πάλι.

Συμπυκνωτής

Ο επιφανειακός συμπυκνωτής είναι συνηθισμένος στις κλιματιστικές εγκαταστάσεις. Αυτός ο συμπυκνωτής είναι ίδιος όσον αφορά το περίβλημα και τις σωληνώσεις με τον συμπυκνωτή που χρησιμοποιείται σε απλές ψυκτικές εγκαταστάσεις. Το νερό ρέει μέσω των σωλήνων ενώ ο ατμός συμπυκνώνεται στην εξωτερική επιφάνεια των σωλήνων.

Οι jet συμπυκνωτές κατασκευάζονται και αυτοί σε δύο τύπους έναν βαρομετρικό και έναν χαμηλού επιπέδου. Το σχήμα 5.2 δείχνει ένα βαρομετρικό συμπυκνωτή που διανύει μια απόσταση 34 ποδιών πάνω από το επίπεδο του νερού στο ζεστό φρεάτιο. Αυτό το ύψος χρειάζεται εξ' αιτίας του υψηλού κενού στο συμπυκνωτή (28 in.Hg) καθώς επίσης για να αποχετεύει το συμπυκνούμενο νερό και να συμπυκνώνει με τη βαρύτητα.

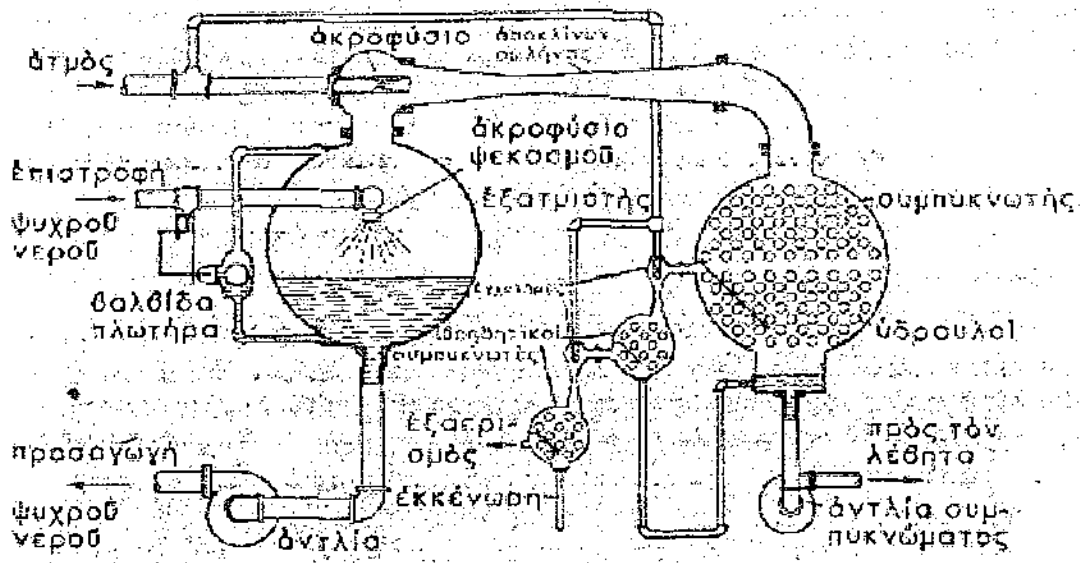


Σχήμα 5.2 Σχηματική παράσταση βαρομετρικού συμπυκνωτή.

Στο τύπο χαμηλού επιπέδου το συμπυκνωμένο νερό αντλείται πάνω από 28 in στήλης υδραργύρου σε ένα κενό ζεστό φρεάτιο, που είναι σε ατμοσφαιρική πίεση,

5.1.2 Ψυκτικός κύκλος ρεύματος ατμού

Σ' αυτόν τον κύκλο χρησιμοποιείται νερό σαν ψυκτικό μέσο. Ο υδρατμός που αναρροφάτε από τον εξατμιστή, καταλαμβάνει σε θερμοκρασίες εξάτμισης μεταξύ ± 0 και $+10^{\circ}\text{C}$ και της αντίστοιχης πίεσης κορεσμών περίπου 7 ως 12 mbar ένα ασυνήθιστα μεγάλο όγκο, ο οποίος μπορεί να συμπιεστεί οικονομικά μόνον μέσα σε μία συσκευή που λειτουργεί με ρεύμα ατμού (εγχυτήρας ατμού). (Συνεπώς και αυτός ο κύκλος ανήκει στους ψυκτικούς κύκλους συμπίεσης).



Σχήμα 5.3 Ψυκτική Εγκατάσταση ρεύματος

Τρόπος λειτουργίας Ψυκτική Εγκατάσταση ρεύματος ατμού(Σχήμα 5.3)

Από ένα ή περισσότερα ακροφύσια εξέρχεται ο ατμός μεταφοράς ο οποίος αναρροφά ατμό από τον εξατμιστή. Στον αποκλίνοντα σωλήνα που ακολουθεί επιβραδύνεται η ταχύτητα του ατμού μίξης και μετατρέπεται σε μία διαφορά πίεσης, που αντιστοιχεί στην πίεση συμπύκνωσης. Το συμπύκνωμα που δημιουργείται στον συμπυκνωτή προσάγεται εν μέρει στο λέβητα και εν μέρει στον εξατμιστή. Στον εξατμιστή ψεκάζεται το νερό που επιστρέφει από το κύκλωμα ψυχρού νερού και με την εξάτμιση ενός μέρους αυτού επαναψύχεται στη θερμοκρασία εξόδου. Επειδή ο κύκλος εκτυλίσσεται σε υψηλό κενό, είναι αναπόφευκτοι οι πολυβάθμιοι εγχυτήρες για τον εξαερισμό του κυκλώματος.

5.2 ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΨΥΞΗ

5.2.1 Θερμοηλεκτρικά συστήματα ψύξης

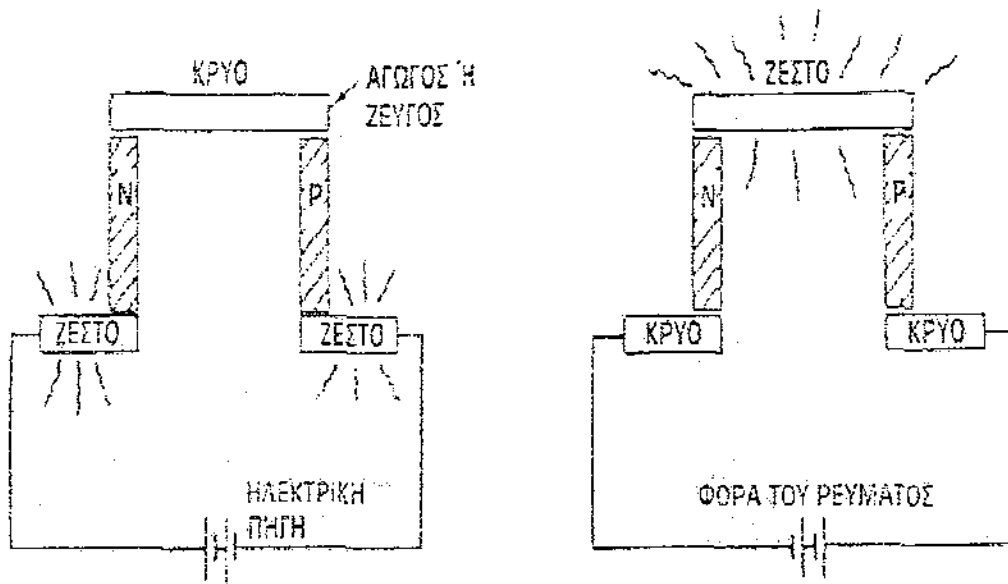
Πριν συζητηθούν οι αρχές ενός θερμοηλεκτρικού συστήματος είναι αναγκαία η αναφορά της κατάστασης της θερμότητας των κυριότερων μετάλλων και υλικών που είναι αγωγοί. Αυτό το γεγονός είναι σημαντικό στη ψύξη επειδή ένας σημαντικός αριθμός μηχανισμών ελέγχου και εξαρτημάτων ελέγχου εξαρτώνται απ' αυτό, για να μπορέσουν να λειτουργήσουν. Ένας οδηγός φωτοφλόγας μπορεί να δώσει αρκετό ρεύμα για να λειτουργήσει μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα που ρυθμίζεται από τη φλόγα.

Το αντίθετο γεγονός ονομάζεται φαινόμενο Peltier. Αυτό παρουσιάζει νέους τρόπους παραγωγής ψύξης. Στο φαινόμενο Peltier, αλλαγές στην φορά ενός ηλεκτρικού ρεύματος σε μια διακλάδωση προκαλούν θερμότητα ως επί το πλείστον με τα ιδανικά θερμοηλεκτρικά υλικά που είναι 3 καταστάσεων.

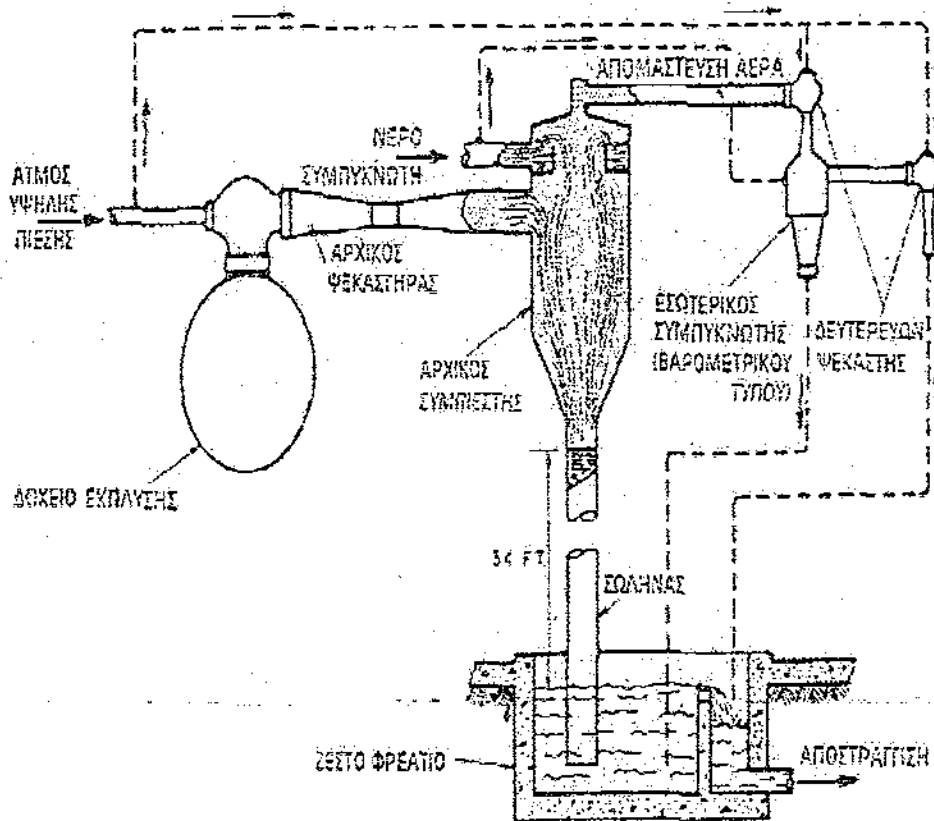
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 1 :Το θερμοηλεκτρικό υλικό πρέπει να είναι ένας εξαιρετικός αγωγός ηλεκτρικού ρεύματος ώστε να μηδενίζονται οι απώλειες αντιστάσεων.

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 2 :Το θερμοηλεκτρικό υλικό πρέπει να είναι αγωγός πτωχός σε θερμότητα επειδή η θερμότητα πρέπει να απορροφάται στη μια άκρη και να απορρίπτεται από την άλλη. Επίσης πρέπει να έχει όριο ροής θερμότητας από το θερμό στο ψυχρό άκρο.

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 3 :Το θερμοηλεκτρικό υλικό πρέπει να έχει υψηλή θερμοηλεκτρική δύναμη. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να έχει μεγάλες δυνατότητες αλλαγών με τη θερμοκρασία.



Σχήμα 5.4 Σχηματική παράσταση βαρομετρικού συμπιεστή.



Σχήμα 5.5 Σύνδεση απλού αγωγού

Τα μέταλλα είναι συνήθως καλοί αγωγοί της θερμότητας και του ηλεκτρισμού. Από την άλλη μεριά οι μονωτές είναι κακοί αγωγοί. Αυτό σημαίνει ότι ένα εντελώς διαφορετικό υλικό πρέπει να χρησιμοποιείται ως θερμοηλεκτρικό υλικό. Οι ημιαγωγοί είναι τα υλικά που έχουν και ιδιότητες του αγωγού αλλά και του μονωτή.

Ενώ κάποιοι ημιαγωγοί έχουν μια θερμοηλεκτρική δύναμη που είναι εκατοντάδες φορές ανώτερη απ' αυτήν των μετάλλων, η απόδοση του είναι εξαιρετικά μικρή. Αυτό το θερμοηλεκτρικό φαινόμενο αυξάνεται αναλογικά με τη σύνθεση του ημιαγωγού.

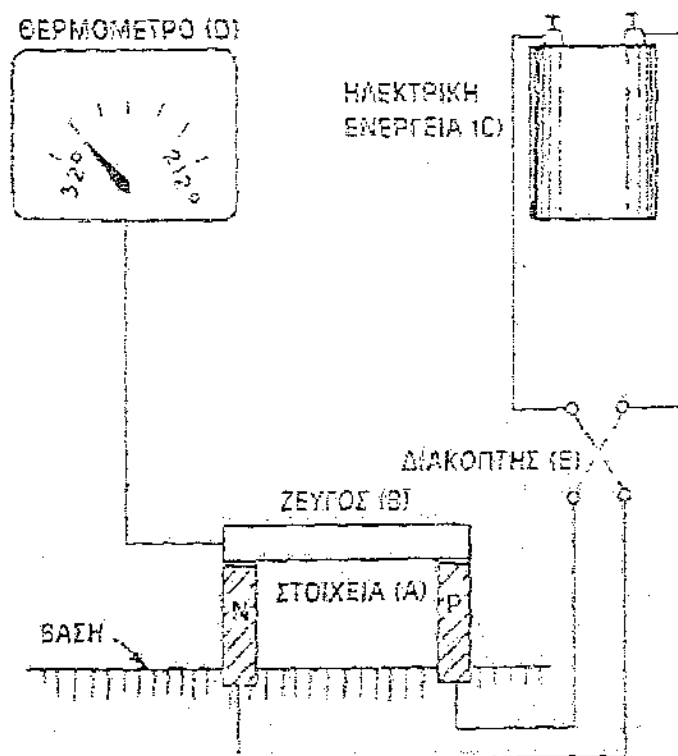
Για να ανακεφαλαιώσουμε η αντίδραση ενός θερμοηλεκτρικού υλικού εξαρτάται από την ηλεκτρική και θερμική του αγωγιμότητα και την θερμοηλεκτρική του δύναμη.

Τα δύο διαγράμματα του σχήματος (5.5) δείχνουν πως ένας απλός αγωγός μπορεί να συνδεθεί χρησιμοποιώντας δύο διαφορετικούς τύπους ημιαγωγών (N και P) και πως αλλάζει η φορά του ρεύματος. Ο αγωγός έχει μεγάλη θερμοηλεκτρική δύναμη όταν χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικοί ημιαγωγοί.

Τα βασικά μέρη ενός θερμοηλεκτρικού συστήματος περιγράφονται στο σχήμα 5.6. Τα θερμοηλεκτρικά στοιχεία (A) συνδέονται με το ζεύγος (B) που είναι ένα μεταλλικό έλασμα. Στην πράξη ένα θερμοηλεκτρικό ψυγείο μπορεί να περιέχει ένα μεγάλο αριθμό τέτοιων ζευγών επειδή η χωρητικότητας του κάθε ζεύγους είναι μικρή. Το ζεύγος συνδέεται στην πηγή της ηλεκτρικής ενέργειας (C). Το θερμόμετρο (D) δείχνει την θερμοκρασία του μεταλλικού ελάσματος. Η φορά του ρεύματος ελέγχεται από την θέση του διακόπτη (E).

Στην θέση της ψύξης η θερμότητα απορροφάται από το μεταλλικό έλασμα (B) και αντλείται θερμοηλεκτρικά στη βάση που βρίσκονται οι άλλες άκρες των στοιχείων. Το έλασμα παγώνει περισσότερο από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και σχεδόν ψύχεται. Όταν το ρεύμα επιστρέφει τα στοιχεία απορροφούν θερμότητα από τη βάση και πάλι την οδηγούν στον αγωγό που σχηματίζεται από το μεταλλικό έλασμα.

Το έλασμα αποκτά τόσο υψηλή θερμοκρασία για να αντισταθεί στη ψύξη που μπορεί ακόμα και να βράσει μικρή ποσότητα (σταγόνα) νερού. Αν και το φαινόμενο Peltier είναι πολλά χρόνια γνωστό έχει ελάχιστη χρήση στην ψύξη επειδή οι ιδανικοί ημιαγωγοί δεν χρησιμοποιούντο ευρέως μέχρι πρόσφατα.



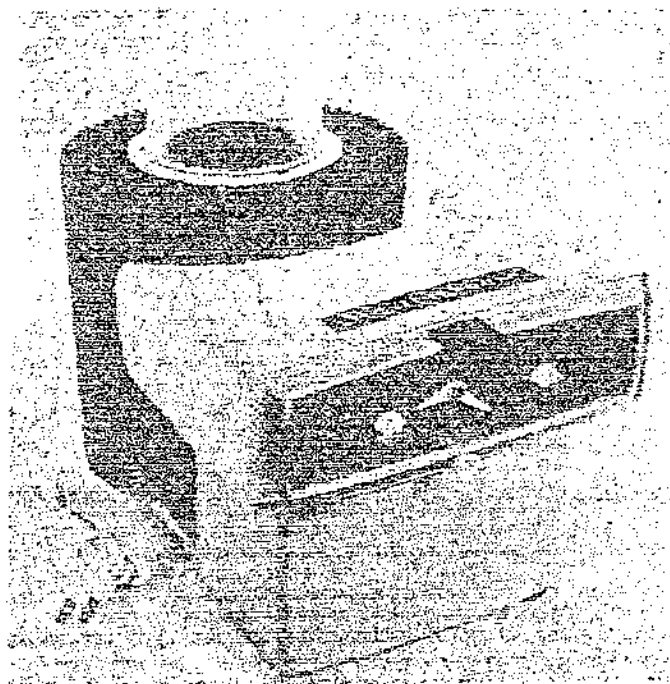
Σχήμα 5.6 Σχηματική παράσταση μιας απλής ψυκτικής θερμοηλεκτρικής μονάδας.

Εφαρμογές της θερμοηλεκτρικής ψύξης

Μια μονάδα θέρμανσης - ψύξης που μπορεί να ψύξει μια μικρή ποσότητα υγρού στους 40°F ή να θερμάνει έως τους 100°F είναι το σχήμα (5.7). Αυτές οι θερμοκρασίες ελέγχονται αυτόματα. Η συγκεκριμένη κατασκευή λειτουργεί από μια απλή ηλεκτρική πηγή. Υπάρχουν περίπου 50 αγωγοί peltier συνδεδεμένοι σε μια άκρη με το τοίχωμα του φρεατίου, ενώ η άλλη άκρη των ζευγών είναι συνδεδεμένη με τον εσωτερικό εναλλάκτη θερμότητας.

Επειδή η φορά του ρεύματος είναι χρήσιμη και παίζει ρόλο υπάρχει ένας ανορθωτής στη μονάδα. Το υγρό στο δοχείο μπορεί να κρατηθεί και σε υψηλή και σε χαμηλή θερμοκρασία επειδή η αλλαγή της θερμοκρασίας ελέγχεται αυτόματα. Μια απλοποιημένη μορφή αυτής της μονάδας ήταν διαθέσιμη για χρήση σε αυτοκίνητα τα οποία είχαν παροχή ρεύματος.

Τα θερμοηλεκτρικά ψυγεία έχουν εξαρτήματα για πάγο ψύξη και συντήρηση τροφίμων. Ο θερμοστατικός υγραντήρας που κρατά τις τροφές υγρές και μαλακές είναι ένα άλλο εξάρτημα. Ένα από τα κυριότερα πλεονεκτήματα των θερμοηλεκτρικών ψυγείων είναι η σχεδόν απολύτως αθόρυβη λειτουργία τους.



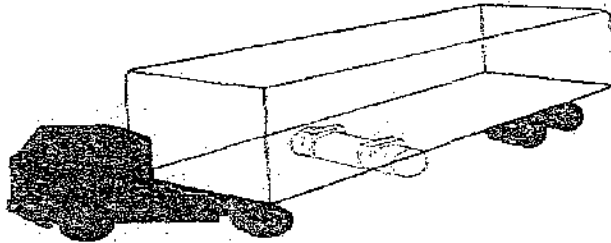
Σχήμα 5.7 Μικρός αυτόματος παραγωγός ψύξης - Θέρμανσης

5.3 ΨΥΞΗ ΜΕ ΑΝΑΛΩΣΙΜΑ ΨΥΚΤΙΚΑ ΥΓΡΑ (ΣΥΣΤΗΜΑ ΥΓΡΟΥ ΑΖΩΤΟΥ)

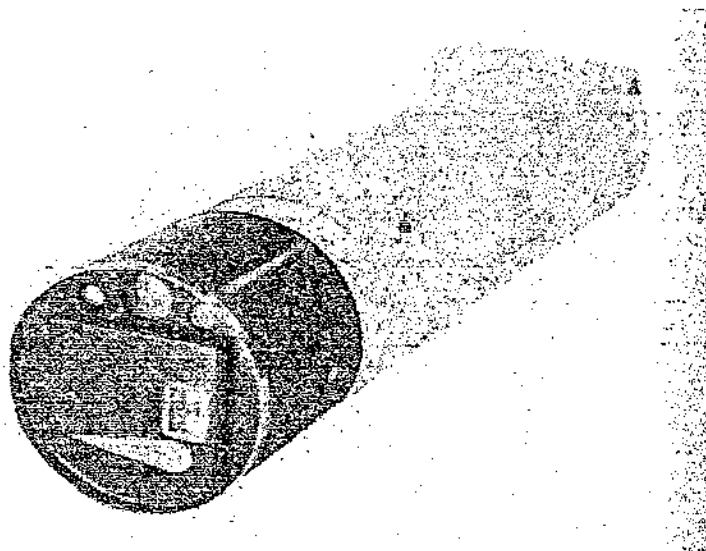
Το τελευταίο από τα μηχανικά συστήματα ψύξης για μεταφορά είναι το χημικό υγρό αζώτου. Τα συστήματα αυτά ήταν πολύ διαδεδομένα και χρησιμοποιούνται περισσότερο μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Αυτά τα συστήματα αντικαθιστάθηκαν από άλλα συστήματα περισσότερο οικονομικά στη λειτουργία. Τα συστήματα υγρού αζώτου περιέχονται σ' αυτό το κεφάλαιο γιατί οι αρχές της λειτουργίας του και η κατανόηση των σημαντικότερων εφαρμογών τους είναι απαραίτητες στην μελέτη της ψύξης. Όπως και άλλα ψυκτικά μέσα το υγρό άζωτο έχει πολύ χαμηλή θερμοκρασία βρασμού σε κανονική ατμοσφαιρική πίεση. Αυτό το χαρακτηριστικό το καθιστά πολύ καλό ψυκτικό. Πρακτικά όταν βρισκόμαστε σε κανονική ατμοσφαιρική πίεση το υγρό άζωτο βράζει στους -320°F . Άρα όταν χρησιμοποιείται στην ψύξη μεταφοράς το δοχείο εμπιεριστικότητας πρέπει να είναι ειδικά μονωμένο με πολύ καλή μόνωση και βαλβίδα.

Ένα ή περισσότερα κλειστά δοχεία υγρού αζώτου μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε φορητό ανάλογο με τις διαστάσεις του, Η μόνωση στους τοίχους την οροφή και το πάτωμα καθορίζει και την επιτυχία της διατήρησης της θερμοκρασίας στο φορτίο

δηλαδή στα προϊόντα, λαμβάνοντας υπ' όψιν τον αριθμό που θα ανοίξουν και θα κλείσουν οι πόρτες.



Σχήμα 5.8 Εξωτερική σύνδεση του δοχείου υγρού αζώτου



Σχήμα 5.9. Εξωτερικό κέλυφος μηχανισμού

Η σύνθεση του δοχείου είναι εύκαμπτη. Ένα ή περισσότερα δοχεία εγκαταστημένα σ' ένα χωριστό χώρο στην άκρη του τρέιλερ (μεταφορά) που συχνά αποσυνδέεται από το υπόλοιπο όχημα (τράκτορα). Μια κατασκευή είναι το σχήμα 5.8.. Η εξωτερική σύνδεση αποδίδει το μέγιστο χώρο φόρτωσης των προϊόντων. Το σχήμα 5.9. δείχνει ένα στέλεχος του δοχείου υγρού αζώτου που κάνει για τοποθέτηση κάτω από το χώρο φόρτωσης. Η χωρητικότητά του είναι 425 Pounds. Η τοποθέτησή του απαιτεί σοβαρή μόνωση και ασφαλή σύνδεση ώστε να κρατήσει το αέριο σε όλη τη διάρκεια της

λειτουργίας. Όταν χρησιμοποιούνται κλειστά δοχεία σχήματος κυψέλης για πολλαπλές μονάδες μεταφοράς (σχήμα 5.9) και τοποθετούνται πολλά δοχεία σε ένα τρέιλερ όπου απαιτείται ασφαλής λειτουργία επειδή δεν υπάρχει σαφής εξασφάλιση των δοχείων και των ελέγχων, οι κύλινδροι τοποθετούνται μέσα και οι έλεγχοι είναι τοποθετημένοι πάνω σ' αυτούς.

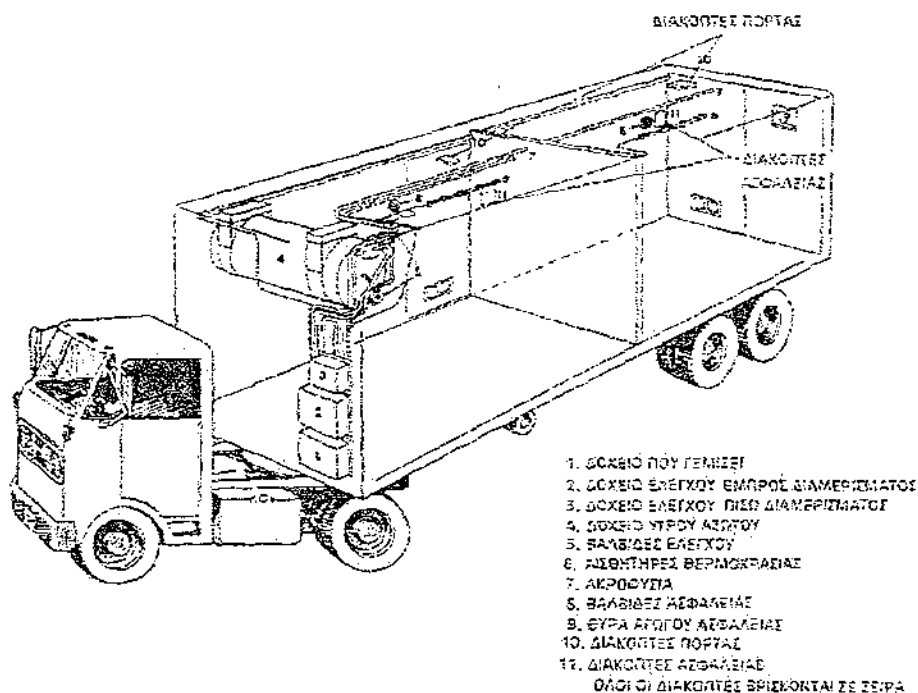
Αυτό το σύστημα εύκολα προσαρμοζόταν στην ψύξη διαφορετικών χώρων με διαφορετικές απαιτήσεις στη θερμοκρασία και μπορούσαν να βρίσκονται σε ένα φορητό όπως φαίνεται στο σχήμα. Σήμερα η λειτουργία ψύξης πολλών διαφορετικών χώρων μοιάζει πολύ με τα συστήματα του υγρού αζώτου.

Λειτουργία του Συστήματος Υγρού Αζώτου

Όταν τα δοχεία ήταν γεμάτα με υγρό άζωτο και τα προϊόντα ήταν φορτωμένα η επιθυμητή θερμοκρασία ελέγχονταν από τον κύριο έλεγχο. Το στοιχείο ευαισθησίας της θερμοκρασίας στο χώρο φόρτωσης των προϊόντων δείχνει κάθε αύξηση της θερμοκρασίας που είναι αποτέλεσμα της απορρόφησης της θερμότητας μέσω των πλευρών ή άλλων τμημάτων του φορητού.

Ο ελεγκτής θερμοκρασίας άνοιγε την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα στη γραμμή του υγρού. Αυτό άφηνε το υγρό άζωτο να εξαχθεί από τον κυρίως ακροφύσιο. Το ακροφύσιο ήταν ένας διάτρητος σωλήνας που βρισκόταν στην οροφή του χώρου φόρτωσης. Το υγρό άζωτο εξατμιζόταν αμέσως.

Ενώ γινόταν αυτό, απορροφά την θερμότητα από τον γύρω ατμοσφαιρικό αέρα στο πάνω μέρος του χώρου φόρτωσης. Καθώς ο αέρας ψυχόταν η πυκνότητά του αυξανόταν και κατέβαινε προς το πάτωμα εκκινώντας τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις για να διατηρήσουν το χώρο παγωμένο. Όταν η θερμοκρασία πλησίαζε τη θερμοκρασία που ήταν ρυθμισμένος ο αισθητήρας τότε ενεργοποιείτο ο ρυθμιστής για να κλείσει τη βαλβίδα και να σταματήσει τη ροή του υγρού αζώτου.



Σχήμα 5.10 Παλιό σύστημα ψύξης με υγρό άζωτο πολλαπλών χωρών

Το σύστημα ήταν ευέλικτο στο ότι ο έλεγχος μπορούσε να ξεκινήσει με μια πολύ μικρή προσπάθεια από μέρος του οδηγού και να προσαρμόσει τις απαιτήσεις της θερμοκρασίας σε κάθε φορτίο. Επειδή τα κινούμενα μέρη ήταν ελάχιστα, η διαδικασία ήταν αξιόπιστη. Η εξαιρετικά χαμηλή θερμοκρασία των -320°F του εξατμιζόμενου αζώτου κάνει αυτό το σύστημα πρακτικά ιδανικό για μία γρήγορη αποκατάσταση της θερμοκρασίας μετά από κάθε άνοιγμα πόρτας. Αν και το δοχείο αποθήκευσης του υγρού απαιτούσε ειδική μόνωση και δόμηση του χώρου, το υγρό διαρκούσε αρκετά μεγάλο διάστημα καθώς χρησιμοποιείτο μόνο κατά την παραγωγή ψύξης για την υπερκάλυψη της θερμότητας που εισέρχεται στο χώρο φόρτωσης. Το φόρτωμα είχε προψυχθεί και βρισκόταν σε μία επιθυμητή θερμοκρασία έτσι ώστε το άζωτο να μη χρησιμοποιείται παρά μόνο στη διατήρηση αυτής της κατάστασης.

Η χρήση των ταχείας αποσύνδεσης συνδέσμων επιτάχυνε την επανάληψη της υπερπλήρωσης των δοχείων όπως απαιτείται. Τα δοχεία είχαν βαλβίδες ασφαλείας μέσω των οποίων απορρίπτετο το άζωτο έξω εάν η πίεση στο δοχείο αυξανόταν πάνω από 22 psia. Όλα τα φορτηγά ήταν επιπλέον εφοδιασμένα με ένα αγωγό ασφαλείας. Αυτός ο μηχανισμός επέτρεπε στο αέριο να εκτονωθεί στην ατμόσφαιρα όταν η πίεση στο χώρο του φορτώματος υπερέβαινε την ατμοσφαιρική.

Πλεονεκτήματα συστήματος ψύξης με ψεκασμό υγρού αζώτου

Το σύστημα ψύξεως με ψεκασμό που χρησιμοποιούσε άζωτο είχε άλλα πλεονεκτήματα όπως απλότητα εξοπλισμού, ελάχιστα κινούμενα μέρη, ευκολία στην συντήρηση καθώς και αξιοπιστία. Το σύστημα παρήγαγε μία αδρανή ατμόσφαιρα η οποία όχι μόνο ελάττωνε την ταχύτητα αναπνοής των φρούτων και των λαχανικών αλλά και τα προστάτευε από την καταστροφή τους λόγω της εκκένωσης του οξυγόνου. Επιπλέον το σύστημα προνοούσε την αποφυγή της αφυδάτωσης των προϊόντων κατά τη μεταφορά. Ένα άλλο σημαντικό του πλεονέκτημα ήταν ότι το σύστημα έδινε ταχύτητα αποκατάστασης της θερμοκρασίας που με κάποιο τρόπο χανόταν στο χώρο φόρτωσης.

ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΕΙΣ

- Στα συστήματα ψύξης με ψεκασμό υπήρχαν διακόπτες ασφαλείας συνδεδεμένοι με κάθε πόρτα. Όταν η πόρτα ήταν ανοικτή ο διακόπτης ασφαλείας αυτόματα σταματούσε τη λειτουργία της μονάδας.

Υπήρχαν 3 λόγοι για την ύπαρξη αυτού του χαρακτηριστικού :

- ✓ Πρώτον προνοούσε την απώλεια του υγρού αζώτου.
- ✓ Δεύτερον προστάτευε τον χειριστή από το να έρθει σε επαφή με τον επικίνδυνο κρύο ατμό ο οποίος εξαγόταν από το ακροφύσιο. Ακόμα επειδή το υγρό εξαγόταν από το ακροφύσιο και αμέσως άλλαζε σε ατμό στους $- 320^{\circ}\text{F}$ κάθε επαφή πάγωνε τα πάντα τόσο γρήγορα που ο χειριστής σχεδόν δεν το καταλάβαινε.
- ✓ Τρίτον οι προφυλάξεις χρειάζονται για να αποκλείσουν πιθανή ασφυξία σε κάθε περίπτωση όπου το άζωτο (N_2) αντικαθιστά το οξυγόνο στους διάφορους χώρους.

Συνήθως αυτές οι παρακάτω προειδοποιήσεις και κάποιες οδηγίες ήταν αναρτημένες σε κάθε πόρτα του ψυγείου στο εξωτερικό της μέρους για να ενημερώνουν το χειριστή.

ΠΡΟΣΟΧΗ ΠΡΙΝ ΕΙΣΕΛΘΕΤΕ

1. ΚΛΕΙΣΕ ΤΟ ΚΥΡΙΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ (ΘΕΣΗ OFF)

2. ΠΡΙΝ ΕΙΣΕΛΘΕΤΕ ΠΕΡΙΜΕΝΕΤΕ ΤΡΙΑ ΛΕΠΤΑ ΜΕ ΤΙΣ ΠΟΡΤΕΣ ΑΝΟΙΚΤΕΣ. ΕΑΝ ΕΧΕΙ ΠΕΡΑΣΕΙ ΜΙΑ ΩΡΑ Η ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟ ΑΠΟ ΤΟ ΤΕΛΕΥΤΑΙΟ ΑΝΟΙΓΜΑ ΤΗΣ ΠΟΡΤΑΣ.

Ήταν απαραίτητη η μεγάλη προσοχή των χειριστών για να (Βεβαιώνονται κάθε φορά ότι δεν υπήρχε κανένας άνθρωπος στο χώρο ψύξεως όταν το σύστημα υγρού Αζώτου εκκινούσε. Σαν μία ακόμα προστασία μία πόρτα κινδύνου υπήρχε στο εσωτερικό μέρος κάθε πόρτας.

Άλλες πρόσθετες προστασίες που έπρεπε να παίρνονται ήταν ότι οι πόρτες ασφαλείας έπρεπε να ήταν ανοικτές, ο αέρας μέσα στο φορτηγό να είχε ανανεωθεί, να μην περνούσε ψυκτικό μέσα από το σύστημα, οι άνθρωποι που έκαναν την συντήρηση να φορούσαν στολή και ακόμη να γνώριζαν τις πιέσεις που απαιτούντο καθώς επίσης τις Βαλβίδες ασφαλείας και τους ελέγχους που χρησιμοποιούνται στο σύστημα. Οι προφυλάξεις ακολουθείτο ακόμα και στο χώρο οδήγησης του φορτηγού όπου ακόμα και τα υλικά της ταπετσαρίας έπρεπε να συμφωνούν με τους κανόνες του Διεθνών Μεταφορών.

Συνδυασμοί συστημάτων υγρού αζώτου, πλακών συγκράτησης και συστή-ματος στοιχείου με ανεμιστήρα

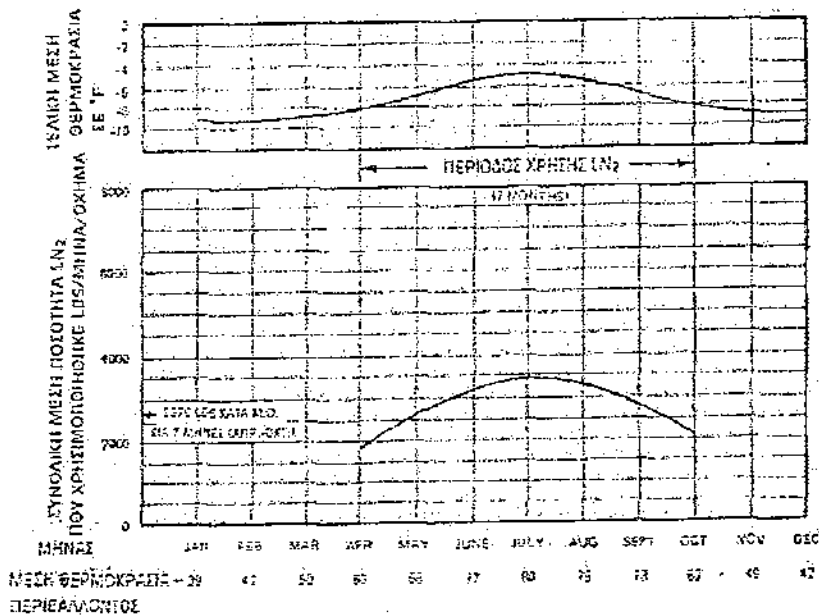
Οι συνδυασμοί των συστημάτων όπως του υγρού αζώτου των πλακών συγκράτησης και του στοιχείου με ανεμιστήρα παράγουν ένα σύστημα ασφαλέστερο και μικρότερου κόστους συντηρήσεως απ' ότι το σύστημα υγρού αζώτου, ένα πιο αξιόπιστο και οικονομικό σύστημα που έχει τα πλεονεκτήματα να μην εξαρτάται από το βοηθητικό μηχανικού τύπου ανεμιστήρα που κινείται από τη μηχανή όταν χρησιμοποιείται μόνο του, αλλά και να πετυχαίνει καλύτερα αποτελέσματα. Τα συνδυασμένα συστήματα επίσης προνοούν για διαρκή παραγωγή ψύξεως και εξασφαλίζουν ακόμα την προστασία που προσφέρει η λειτουργία δύο ανεξαρτήτων συστημάτων ψύξεως.

Δύο συνηθισμένοι συνδυασμοί είναι : αυτός που χρησιμοποιείται πριν το σύστημα υγρού αζώτου (έχει καταργηθεί). (1) το σύστημα υγρού αζώτου και ηλεκτρικού στοιχείου με ανεμιστήρα και (2) το σύστημα υγρού αζώτου και πλακών συγκράτησης.

Σύστημα υγρού Αζώτου και στοιχείου χαμηλής θερμοκρασίας με ανεμιστήρα

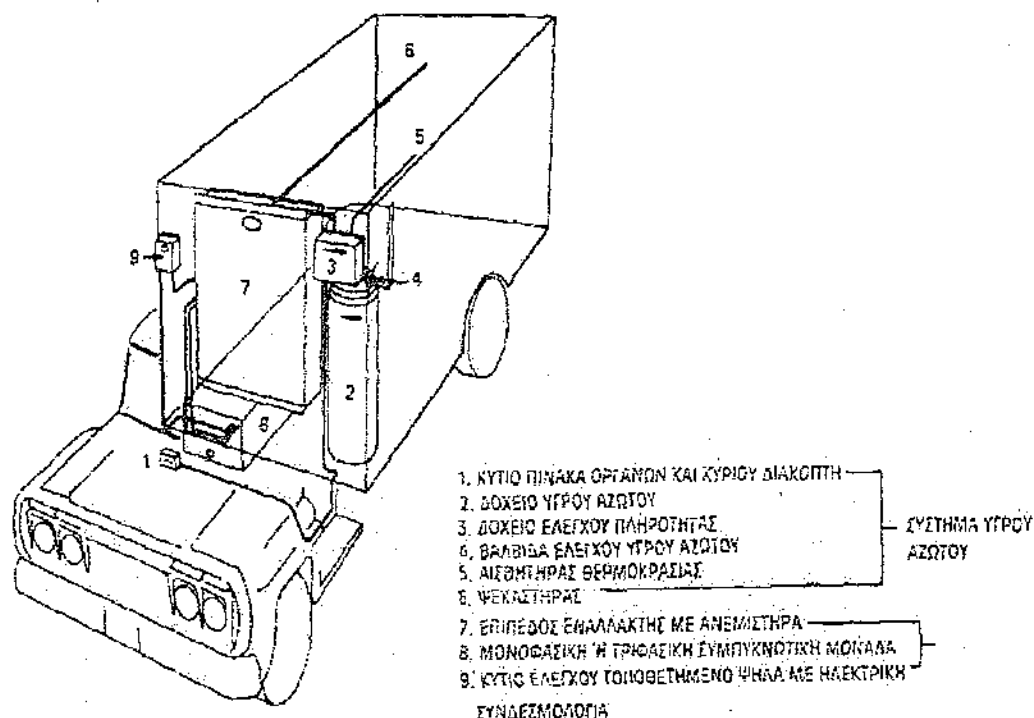
Το σύστημα αυτό (σχήμα 5.11) ήταν πολύ πρακτικό για την παραγωγή και επίσης οικονομικό γιατί ελάττωσε το συνολικό ετήσιο κόστος ψύξης εφαρμόζοντας την συνεχή λειτουργία της ψύξης ανεξάρτητα από το άνοιγμα και κλείσιμο των θυρών. Το σύστημα του ηλεκτρικά τροφοδοτούμενου και σε χαμηλή θερμοκρασία ευρισκόμενου στοιχείου με ανεμιστήρα φροντίζει για την αποφυγή της διαρροής θερμότητας, ελατώνει την αναπαραγωγή θερμότητας από το ηλεκτρικό καλώδιο όταν αυτό λειτουργεί και παράγει ψύξη για μία μέρα, μια εβδομάδα ή για άλλα σταθερά χρονικά διαστήματα.

- ΚΑΘΗΜΕΡΟ ΕΛΕΓΧΟΝ ΤΗΝ ΠΥΡΑΝΑ
- ΚΑΤΑ ΜΕΣΟ ΣΤΟΙΧΙΟΥ
- ΚΑΤΑ ΜΕΣΟ ΣΤΟΙΧΙΟΥ
- ΚΑΤΑ ΜΕΣΟ ΣΤΟΙΧΙΟΥ
- ΚΑΤΑ ΜΕΣΟ ΣΤΟΙΧΙΟΥ
- ΚΑΤΑ ΜΕΣΟ ΣΤΟΙΧΙΟΥ



Σχήμα 5.11 Γραφική παράσταση της εξαέρωσης του υγρού αζώτου σε μία πλάκα υπερσυγκάτησης (διάρκεια 7 μήνες)

Στο σύστημα ψυγείου υγρού αζώτου μπορεί να αντιμετωπισθεί ένα πρόβλημα διαρροής και ανοίγματος της πόρτας του service κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του φορτηγού. Το σύστημα παράγει την πιο γρήγορη θερμοκρασιακή αποκατάσταση μετά από κάθε άνοιγμα πόρτας και είναι τελείως αθόρυβο.



Σχήμα 5,12 Κύρια εξαρτήματα συνδυασμένου συστήματος υγρού αζώτου και χαμηλής θερμοκρασίας στοιχείου με ανεμιστήρα

Συνδυασμός συστήματος πλακών συγκράτησης και συστήματος υγρού αζώτου

Σ'αυτό το σύστημα (σχήμα 5.12) που χρησιμοποιείται για την πτώση της παροχής οι πλάκες συγκρατούν την διαρροή στο χώρο καθώς ανοίγει η πόρτα και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι 100°F και καθώς γίνονται πολλά ανοιγοκλεισίματα με μέσο όρο θερμοκρασίας 60° F. Επίσης το σύστημα φτάνει στις επιθυμητές θερμοκρασίες καθώς λειτουργεί με παροχή εκτός συστήματος.

Η φάση του υγρού αζώτου καλύπτει τα περισσότερα ανοίγματα των θυρών σε θερμοκρασίες κάτω από 60 ° F ώστε να μπορεί ταχύτατα να υπερκαλύψει την αλλαγή της θερμοκρασίας και να επαναφέρει την επιθυμητή:

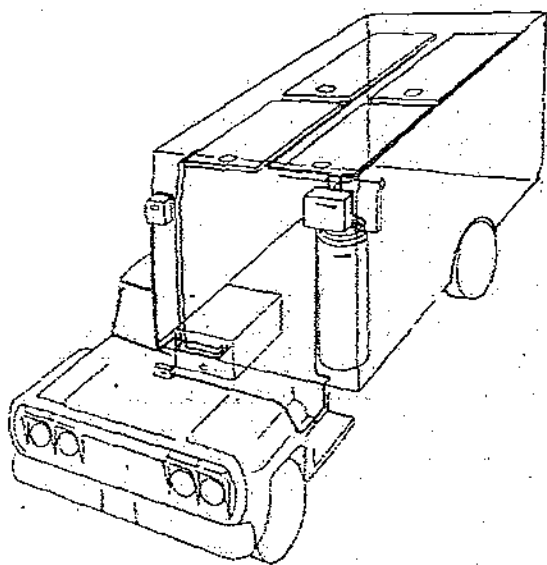
Τα πλεονεκτήματα αυτού του συνδυασμού είναι:

- Αξιοπιστία, οικονομική ψύξη με τις πλάκες συγκράτησης στις ψυχρές μέρες και αποτελεσματική ψύξη με ψεκασμό από το σύστημα υγρού αζώτου στις ζεστές μέρες.

- Γρήγορη και αποτελεσματική αποκατάσταση της ψύξης με το σύστημα υγρού αζώτου μετά από κάθε άνοιγμα πόρτας.
- Επιτυχημένη και αθόρυβη λειτουργία.
- Προστασία των δύο ανεξαρτήτων συστημάτων ψύξης.

Στις πλάκες συγκράτησης περνά ηλεκτρική ενέργεια προερχόμενη από εξωτερικό σταθμό ηλεκτρικής ενέργειας που ψύχει το εύκτηκτο διάλυμα των πλακών. Όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι κάτω από 60° F το σύστημα υγρού αζώτου εκκινεί για να αποδώσει την επιθυμητή θερμοκρασία.

Τα αέρια εξαρτήματα του συστήματος υγρού αζώτου ήταν τα ίδια που περιγράφηκαν πριν. Το σχήμα 5.13 δείχνει τις 4 συνδεδεμένες πλάκες συγκράτησης στην οροφή.



Σχήμα 5.13 Ψυγείο συνδυασμού συστήματος υγρού αζώτου και πλακών συγκράτησης.

Οι πλάκες συγκράτησης σχεδιάστηκαν για να :

- Προλαβαίνουν τις διαρροές και την προστασία από ένα τυχαίο άνοιγμα της πόρτας σε θερμοκρασία χώρου 100°F και να προστατεύουν όλες τις διαρροές και όλα τα ανοίγματα σε θερμοκρασία χώρου 60°F.
- Προσφέρουν επιπρόσθετη προστασία στην μετακίνηση των προϊόντων ανεξάρτητα από τις οποιοδήποτε αυξήσεις των ήδη υψηλών θερμοκρασιών του περιβάλλοντος.
- Έχουν χαμηλό κόστος ακόμα και όταν χρησιμοποιούν τον ηλεκτρισμό.

Το σύστημα υγρού αζώτου έχει σχεδιαστεί για να :

- Κρατά τις απαραίτητες θερμοκρασίες όταν ανοίγει η πόρτα σε θερμοκρασίες χώρου μεγαλύτερες των 60°F.
- Προστατεύει στη διατήρηση των συνθηκών του χώρου ψύξεως αν πάθει βλάβη το σύστημα των πλακών υπερσυγκράτησης.
- Επαναφέρει ταχύτατα τη θερμοκρασία μετά από κάθε άνοιγμα πόρτας.

5.4 ΨΥΞΗ ΜΕ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΨΥΧΡΟΥ ΑΕΡΑ

Ψυκτικός κύκλος συμπίεσης ψυχρού αέρα

Ο κύκλος λειτουργίας ή κύκλος ψυχρού αερίου χρησιμοποιεί σαν ψυκτικό μέσο αέρια, τα όποια δεν μπορούν πλέον να υγροποιηθούν στις επιθυμητές θερμοκρασίες λειτουργίας. Η τεχνική δομή της εγκατάστασης είναι στην πράξη ίδια όπως και στον κύκλο ψυχρών ατμών, με τη διαφορά ότι αντί του στραγγαλιστικού οργάνου πρέπει να τοποθετηθεί μία μηχανή εκτόνωσης για να μπορεί να μετατρέψει τη διαφορά πίεσης σε ωφέλιμο έργο για τη μείωση της καταναλισκόμενης ισχύος για την κίνηση των συμπιεστών. Παρ' όλα' αυτά όμως παραμένουν οι αποκλίσεις από τον τύπο του Carnot σημαντικά μεγαλύτερες απ' ότι στη μηχανή ψυχρών ατμών, και εκτός τούτου είναι πολύ μικρή η ανά Kg κυκλοφορούντος αέρα κερδιζόμενη ψυκτική ισχύς.

5,5 ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ

Μαγνητικό σύστημα παραγωγής χαμηλών θερμοκρασιών

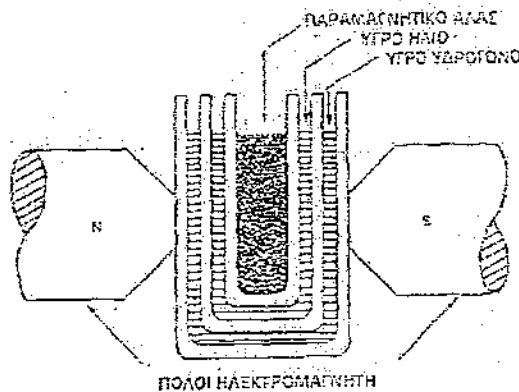
Οι εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες επιτυγχάνονται με την εξάτμιση υγροποιημένων αερίων σε μονωμένα δοχεία. Μπορώ να έχω θερμοκρασίες των 90° K με τον υγροποιημένο αέρα, 54,3°K με το υγρό οξυγόνο, 35,6°K με το υγρό άζωτο, 14°K με το υγρό υδρογόνο και λιγότερο από 1° K το υγρό ήλιων. Η χαμηλότερη θερμοκρασία που επιτυγχάνεται με το βρασμό του υγρού ηλίου στην πιο χαμηλή πίεση είναι 0,71 °K.

Όλα τα υλικά κατατάσσονται σε 3 κατηγορίες ανάλογα με τις μαγνητικές τους ιδιότητες. Αυτά τα υλικά που προσελκύονται δυνατά από ένα μαγνήτη ονομάζονται σιδηρομαγνητικά. Αυτά που απωθούνται από ένα μαγνητικό πόλο διαμαγνητικά και τα ασθενώς προσκολλώμενα παραμαγνητικά.

Όταν τα παραμαγνητικά άλατα προψύχονται σε μια πολύ χαμηλή θερμοκρασία, η μετατόπιση της θερμότητας των μορίων μηδενίζεται. Αυτά τα μόρια μπορούν κατόπιν να εξελιχθούν σε μαγνήτες όταν έρθουν σ' επαφή με ισχυρό μαγνητικό πεδίο. Εάν τα παραμαγνητικά υλικά κατόπιν απομαγνητιστούν ψύχονται περισσότερο επειδή δεν υπάρχει καμία προσαγωγή ούτε απώλεια θερμότητας από το ίδιο το σύστημα εξωτερικά. Αυτό ονομάζεται αδιαβατική ψύξη.

Εδώ δεν υπάρχει πιθανότητα να μετρηθεί η χαμηλότερη θερμοκρασία που εγγίζεται από τη μαγνητική ψύξη, υπολογίζεται ότι θερμοκρασίες μικρότερες από 0,001 °K είναι πιθανόν να επιτευχθούν με αυτή τη μέθοδο. Το σχήμα 5.15 δείχνει τη σειρά των υλικών και την πηγή ενέργειας για μαγνητική ψύξη των παραμαγνητικών υλικών.

Το παραμαγνητικό άλας ψύχεται πρώτο. Αυτό γίνεται εάν το άλας περιβάλλεται από υγρό ήλιο που βράζει σε μια πίεση χαμηλή. Το άλας (που περιβάλλεται από το ήλιο που βράζει) κατόπιν εισέρχεται σ' ένα πολύ ισχυρό μαγνητικό πεδίο. Η αποδιδόμενη θερμότητα απορροφάται χωρίς αλλαγή θερμοκρασίας. Αυτό οδηγεί την θερμοκρασία κάτω από τον 1 ° K. Τελικά, η απομαγνητοποίηση χωρίς καμία μεταβολή θερμότητας από το εσωτερικό περιβάλλον του συστήματος αναγκάζει την θερμοκρασία να πέσει στους 0,001 °K και χαμηλότερα.



Σχήμα 5.15 Μαγνητική ψύξη από ένα παραμαγνητικό υλικό

Η μαγνητική ψύξη χρησιμοποιείται ακόμα για έρευνα. Αναμένεται όμως περισσότερη χρήση αυτής της μεθόδου σε βιομηχανικούς χώρους εμπορικούς χώρους ή στον τομέα της ιατρικής καθώς και σε κατοικίες.

Κεφάλαιο Έκτο

ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΑ ΜΗ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ- ΗΛΙΑΚΟΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι απαιτήσεις κλιματισμού στον τριτογενή τομέα αυξάνονται συνεχώς, ιδιαίτερα λόγω των μεγαλύτερων απαιτήσεων θερμικής άνεσης και των υψηλότερων θερμοκρασιών που έχουν εμφανιστεί κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας. Παράλληλα, εφαρμογές παθητικών και ημιενεργητικών συστημάτων, που χρησιμοποιούνται για αιώνες για τη διατήρηση άνετων συνθηκών σε εσωτερικούς χώρους, φαίνεται να μην αξιοποιούνται σε πολλά νέα κτίρια. Αυτή η όλο και περισσότερο εκτενής χρήση των ηλεκτροκίνητων συστημάτων ψύξης με συμπίεση

είναι υπεύθυνη για την αυξανόμενη ζήτηση αιχμής της ηλεκτρικής ενέργειας το καλοκαίρι, η οποία φτάνει σε διάφορες περιπτώσεις στο ανώτατο όριο του δικτύου. Η εκπομπή αερίων ρύπων υπεύθυνων για το φαινόμενο του θερμοκηπίου αυξάνεται, είτε από την ενεργειακή παραγωγή, είτε από τυχόν διαρροές των ψυκτικών ρευστών, γεγονός που ενισχύει το φαύλο κύκλο των κλιματικών αλλαγών. Όπως παρουσιάζεται στο πρώτο μέρος του οδηγού, ένα μεγάλο εύρος επιλογών παθητικών συστημάτων είναι διαθέσιμο, είτε για εφαρμογή σε νέα κτίρια που βρίσκονται στο στάδιο του σχεδιασμού, είτε για ήδη υπάρχοντα, με σκοπό τη βελτίωση των συνθηκών εσωτερικών χώρων χωρίς τη χρήση οποιουδήποτε συστήματος κλιματισμού, ή τουλάχιστον τη δραστική μείωση των αναγκών ψύξης το καλοκαίρι. Την ίδια στιγμή, η ηλιακή ακτινοβολία είναι διαθέσιμη. Οι ηλιακές τεχνολογίες ψύξης που παρουσιάζονται στην παρούσα έκδοση έχουν αποδείξει, κάποιες για διάρκεια μεγαλύτερη των δέκα ετών, την αποδοτικότητα και αξιοπιστία τους. Αυτές οι τεχνολογίες χρησιμοποιούν αβλαβή ρευστά (κυρίως νερό) και πολύ λιγότερη πρωτογενή ενέργεια σε σχέση με τα κλασικά συστήματα. Επομένως, γιατί να μη χρησιμοποιηθεί η ηλιακή ενέργεια με σκοπό τη διατήρηση άνετων συνθηκών σε εσωτερικούς χώρους ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

Κατά καιρούς, έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες μέθοδοι για την αποφυγή της υπερθέρμανσης και τη μείωση των εσωτερικών θερμοκρασιών κτιρίων κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Στην περιοχή της Μεσογείου για παράδειγμα, τα κτίρια είναι βαμμένα με ανοιχτά χρώματα, προκειμένου να αντανακλούν μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας, ειδικά κατά τη θερινή περίοδο. Οι εναλλακτικές μέθοδοι δροσισμού είναι βασισμένες σε διάφορες τεχνικές παθητικής ψύξης και ψύξης χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης (προστασία με μέτρα στο σχεδιασμό του κτιρίου, χρήση ειδικού εξοπλισμού για τη μείωση των θερμικών κερδών ή για την απόρριψη θερμότητας στο περιβάλλον). Όλες αυτές οι τεχνικές στοχεύουν στη μείωση των ψυκτικών φορτίων και της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για κλιματισμό.

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια αυξάνεται λόγω της εκτενούς χρήσης του κλιματισμού χώρων (Heating Ventilation & Air Conditioning, HVAC), αυξάνοντας το ηλεκτρικό φορτίο αιχμής με αποτέλεσμα να προκαλούνται σημαντικά προβλήματα στην ηλεκτροδότηση. Η "ενεργειακή έλλειψη" είναι πιο έντονη κατά τη διάρκεια των "ξηρών" ετών λόγω της ανεπάρκειας των υδροηλεκτρικών σταθμών, ώστε να καλυφθεί ποσοστό του φορτίου αιχμής.

Η χρήση της ηλιακής ενέργειας για τη λειτουργία συστημάτων κλιματισμού χώρων είναι ελκυστική, δεδομένου ότι το ψυκτικό φορτίο συμπίπτει γενικά με τη διαθεσιμότητα της ηλιακής ενέργειας και επομένως οι απαιτήσεις σε ψύξη ενός κτιρίου συμπίπτει με την υψηλή ηλιακή ακτινοβολία.

Τα συστήματα ηλιακής ψύξης έχουν το πλεονέκτημα ότι χρησιμοποιούν απολύτως αβλαβή ρευστά όπως το νερό, ή διαλύματα αλάτων για την λειτουργία τους. Είναι ενεργειακά αποδοτικά και περιβαλλοντικά φιλικά. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως αυτόνομα συστήματα, είτε σε συνδυασμό με συμβατικό κλιματισμό, για να βελτιώσουν την ποιότητα της ατμόσφαιρας του εσωτερικού όλων των τύπων κτιρίων. Ο κύριος στόχος είναι να χρησιμοποιηθούν τεχνολογίες "μηδενικών εκπομπών" με σκοπό τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO₂.

6.2 ΗΛΙΑΚΟΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ

Τεχνική επισκόπηση

Στα συστήματα ηλιακού κλιματισμού, η διαδικασία ψύξης τροφοδοτείται από την ηλιακή ακτινοβολία. Οι πιο κοινές τεχνολογίες κλιματισμού με χρήση της ηλιακής ενέργειας, παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Τα συστήματα ηλιακού κλιματισμού που χρησιμοποιούνται μέχρι τώρα μπορούν να ταξινομηθούν σε:

- **κλειστά συστήματα:** αυτά είναι θερμοκίνητοι ψύκτες που παρέχουν ψυχρό νερό, το οποίο είτε χρησιμοποιείται στις κεντρικές κλιματιστικές μονάδες για να παρέχει πλήρως κλιματισμένο αέρα (ψυχρό, ξηρό) είτε διανέμεται μέσω ενός δικτύου ψυχρού νερού σε καθορισμένους χώρους για να ενεργοποιήσει τις τοπικές μονάδες των δωματίων (π.χ. fan coils). Στην αγορά σήμερα υπάρχουν διαθέσιμοι οι ψύκτες απορρόφησης (πιο κοινοί) και ψύκτες προσρόφησης (μερικές εκατοντάδες συστήματα παγκοσμίως, αλλά συνεχώς αυξανόμενου ενδιαφέροντος για τον ηλιακό κλιματισμό).
- **ανοικτά συστήματα:** που επιτρέπουν πλήρη κλιματισμό παρέχοντας ψυχρό και ξηρό αέρα σύμφωνα με τις απαιτούμενες συνθήκες άνεσης. Το ψυκτικό μέσο είναι πάντα νερό, δεδομένου ότι είναι σε άμεση επαφή με τον αέρα. Τα πιο κοινά συστήματα είναι συστήματα ψύξης ανοικτού κύκλου (desiccant*),

που χρησιμοποιούν έναν περιστρεφόμενο τροχό αφύγρανσης με στερεό πορώδες ροφητικό υλικό.

Μέθοδος Ψυκτικός κύκλος	Κλειστού Κύκλου		Ανοικτού Κύκλου	
	Λοχή	Φάση υλικού ρρόφησης	Στερεό	Υγρό
				
Τυπικά ζεύγη υλικών	νερό - silica gel	νερό - βρωμιούχο λίθιο αμμωνία - νερό	νερό - silica gel νερό - χλωριούχο ασβέστιο	νερό - χλωριούχο ασβέστιο, νερό - χλωριούχο λίθιο
Τεχνολογία διαθέσιμη στην αγορά	Ψύκτης προσαρρόφησης	Ψύκτης απορρόφησης	DEC	Κοντά στην εισαγωγή στην αγορά
Τυπική ψυκτική κανότητα(kW)	50 - 430 kW	15 kW - 5 MW	20 kW - 350 kW (ανά μονάδα)	
Τυπικό COP	0,5 - 0,7	0,6 - 0,75 (απλής βαθμίδας)	0,5 - > 1	> 1
Θερμοκρασία αναγέννησης	80 - 90 °C	80 - 110 °C	45 - 95 °C	45 - 70 °C
Ηλιακοί συλλέκτες	Συλλέκτες κενού, επίπεδοι συλλέκτες	Συλλέκτες κενού, επίπεδοι συλλέκτες	Επίπεδοι συλλέκτες, συλλέκτες αέρος	Επίπεδοι συλλέκτες, συλλέκτες αέρος

Πίνακας 1. Επισκόπηση των πιο κοινών τεχνολογιών ηλιακού κλιματισμού

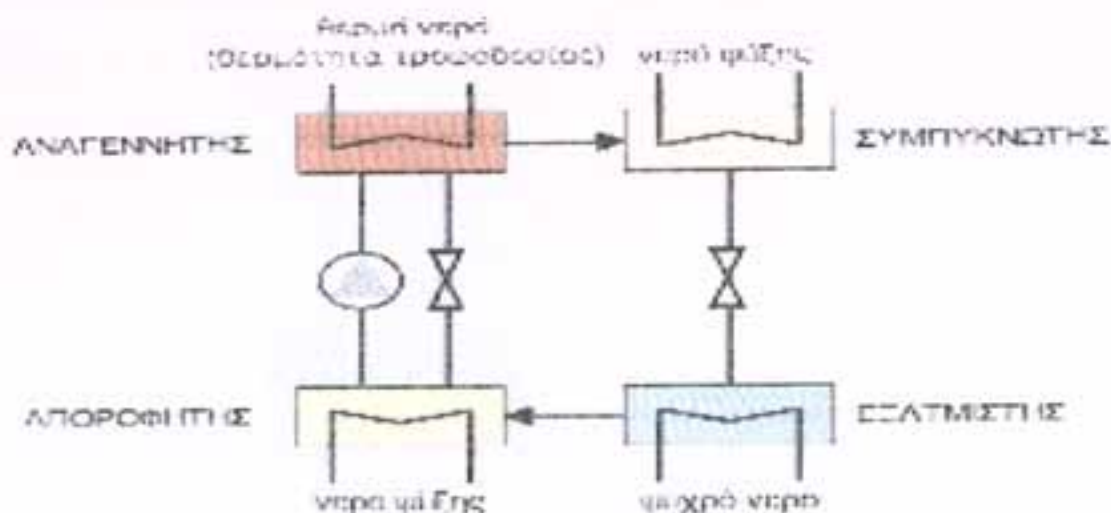
6.3 ΘΕΡΜΟΚΙΝΗΤΟΙ ΨΥΚΤΕΣ

Οι θερμοκίνητοι ψύκτες μπορούν να χαρακτηριστούν από τρία θερμοκρασιακά επίπεδα:

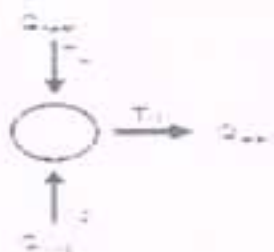
- Επίπεδο υψηλής θερμοκρασίας στο οποίο παρέχεται η θερμοκρασία αναγέννησης της διεργασίας ρόφησης (sorption),

- Επίπεδο χαμηλής θερμοκρασίας στο οποίο λειτουργεί η διαδικασία ψύξης,
- μέσο επίπεδο θερμοκρασίας στο οποίο και η θερμότητα που απορρίπτεται από τον κύκλο ψυχρού νερού και η θερμότητα αναγέννησης πρέπει να απομακρυνθούν.

Για την απομάκρυνση αυτής της θερμότητας, στις περισσότερες περιπτώσεις χρησιμοποιείται πύργος ψύξης υγρού τύπου.



Σχήμα 6,1 Σχηματικό διάγραμμα ενός ψύκτη απορρόφησης



Σχήμα 6,2

Βασικό σχέδιο της διαδικασίας: Το Q_{cold} είναι η θερμότητα που απορρίπτεται από το ψυχρό νερό στον εξατμιστή του ψύκτη (ψυκτική ενέργεια), το Q_{heat} είναι η απαιτούμενη θερμότητα αναγέννηση (τροφοδοσίας), και το ποσό Q_{reject} , το άθροισμα του Q_{cold} και του Q_{heat} , πρέπει να απορριφθεί σε μέσο επίπεδο θερμοκρασίας T_M . Το Q_{heat} παρέχεται είτε από το ηλιακό σύστημα είτε από τις εφεδρικές πηγές θερμότητας, π.χ. από τηλεθέρμανση ή από καυστήρα φυσικού αερίου.

Μια βασική παράμετρος που περιγράφει την αποδοτικότητα ενός θερμοκίνητου ψύκτη είναι ο Θερμικός Συντελεστής Απόδοσης (Coefficient of Performance, COP), που ορίζεται ως το κλάσμα της θερμότητας που απορρίπτεται από το κύκλωμα ψυχρού νερού και της απαραίτητης θερμότητας αναγέννησης, δηλαδή

$$COP_{thermal} = Q_{cold} / Q_{heat}.$$

Είναι δε διαφορετικός από το COP_{conv} ενός συμβατικού, ηλεκτροκίνητου ψύκτη συμπίεσης, που ορίζεται ως :

$$COP_{conv} = Q_{cold} / E_{electric},$$

με τον όρο $E_{electric}$ να αντιπροσωπεύει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του ψύκτη.

Ο ορισμός του $COP_{thermal}$ δεν περιλαμβάνει οποιαδήποτε άλλη πρόσθετη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Συνεπώς, μια ρεαλιστική σύγκριση διαφορετικών τεχνολογιών απαιτεί την εκτίμηση της συνολικής ενέργειας που απαιτείται για τροφοδοσία θερμότητας, για αντλίες, ανεμιστήρες, κλπ.

Πρέπει να σημειωθεί ότι όσο μικρότερος είναι ο COP, τόσο περισσότερη τροφοδοσία θερμότητας απαιτείται και περισσότερη θερμότητα πρέπει να απορριφθεί από τον ψυκτικό πύργο. Αντίστροφα, η υψηλή τιμή COP είναι πλεονεκτική στη μείωση και της τροφοδοσίας θερμότητας και της ηλεκτρικής ενέργειας για τις αντλίες στον κύκλο θέρμανσης και στον κύκλο επανάψυξης (re-cooling cycle).

Η απαιτούμενη θερμοκρασία ψυχρού νερού εξαρτάται από το εγκατεστημένο σύστημα ψύξης στους επιμέρους χώρους. Σε περίπτωση που απαιτείται αφύγρανση του αέρα, π.χ. πτώση κάτω από το σημείο κορεσμού της θερμοκρασίας δωματίου με τη χρήση τοπικών κλιματιστικών μονάδων, απαιτούνται θερμοκρασίες ψυχρού νερού της τάξης 6°C-9°C. Για την απομάκρυνση μόνο των αισθητών ψυκτικών φορτίων, δεδομένου ότι επιτυγχάνεται με παροχή ψυχρού αέρα ή με ψυχρές οροφές κλπ., η θερμοκρασία ψυχρού νερού 12°C - 15°C είναι ικανοποιητική, επιτρέποντας έτσι να λειτουργήσει ο ψύκτης με υψηλότερη απόδοση.

Ψύκτες απορρόφησης(absorption)

Οι ψύκτες απορρόφησης είναι οι πιο διαδεδομένοι ψύκτες παγκοσμίως. Η θερμική συμπίεση του ψυκτικού μέσου επιτυγχάνεται με τη χρήση υγρού διαλύματος

ψυκτικού μέσου/ροφητικού υλικού και πηγή θερμότητας, αντικαθιστώντας με αυτόν τον τρόπο την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ενός μηχανικού συμπιεστή. Για ψυχρό νερό άνω των 0°C , όπως απαιτείται στον κλιματισμό, τυπικά χρησιμοποιείται ένα υγρό διάλυμα $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$, με το νερό ως ψυκτικό μέσο. Τα περισσότερα συστήματα χρησιμοποιούν εσωτερική αντλία για το διάλυμα, καταναλώνοντας όμως μικρή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας. Στη λειτουργία του ψύκτη απορρόφησης $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$, η κρυστάλλωση του διαλύματος πρέπει να αποφευχθεί με εσωτερικό έλεγχο της θερμοκρασίας απόρριψης θερμότητας στη μηχανή.

Τα κύρια σημεία ενός ψύκτη απορρόφησης παρουσιάζονται στο σχήμα 6.1. Η ψύξη βασίζεται στην εξατμισμό του ψυκτικού μέσου (νερό) στον εξατμιστή σε πολύ χαμηλές πιέσεις. Το ατμοποιημένο ψυκτικό μέσο απορροφάται στον απορροφητή, αραιώνοντας το διάλυμα $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ (για να καταστεί η διαδικασία απορρόφησης αποδοτική, απαιτείται ψύξη σε αυτό το στάδιο της διεργασίας). Το διάλυμα αντλείται συνεχώς στον αναγεννητή (γεννήτρια ατμού), όπου επιτυγχάνεται η αναγέννηση του διαλύματος χρησιμοποιώντας θερμότητα (θερμότητα αναγέννησης/τροφοδοσίας) (π.χ. ζεστό νερό από ηλιακά). Το ψυκτικό μέσο στη συνέχεια, συμπυκνώνεται στο συμπυκνωτή και κυκλοφορεί με τη βοήθεια μιας στραγγαλιστικής/εκτονωτικής βαλβίδας πάλι στον εξατμιστή.

Η ονομαστική ψυκτική ικανότητα των ψυκτών απορρόφησης είναι της τάξης αρκετών εκατοντάδων kW. Τροφοδοτούνται κυρίως μέσω κεντρικής θέρμανσης.



Σχήμα 6,3
Ψύκτης προσρόφησης 350kW
- Βιομηχανία Σαράντης Α.Ε.-
Ελλάδα

απορριπτόμενης θερμότητας ή θερμότητας από συμπαραγωγή. Η απαιτούμενη θερμοκρασία της θερμικής πηγής είναι συνήθως πάνω από 80°C για τις μηχανές μονής βαθμίδας ενώ ο COP είναι της τάξης του 0,6 έως 0,8. Μηχανές διπλής

βαθμίδας με δύο στάδια συμπίεσης, απαιτούν θερμοκρασία άνω των 140°C, αλλά ο COP μπορεί να επιτύχει τιμές μέχρι και 1,2.

Υπάρχουν επίσης διαθέσιμοι κάποιοι ψύκτες απορρόφησης ψυκτικής ισχύος κάτω των 50 kW. Τέτοιες μικρές μονάδες χρησιμοποιούνται συχνά στα συστήματα ηλιακού κλιματισμού με ψύκτες απορρόφησης. Ένας πρόσφατα αναπτυγμένος τύπος ψυκτών, μικρής ισχύος, επιτρέπει λειτουργία μερικού φορτίου με μειωμένη ψυκτική ισχύ σε θερμοκρασίες αναγέννησης 65°C και με COP περίπου 0,7. Αυτό δείχνει πως υπάρχει περαιτέρω δυνατότητα για βελτίωση της απόδοσης των ψυκτών απορρόφησης.

Ψύκτες προσρόφησης (adsorption)

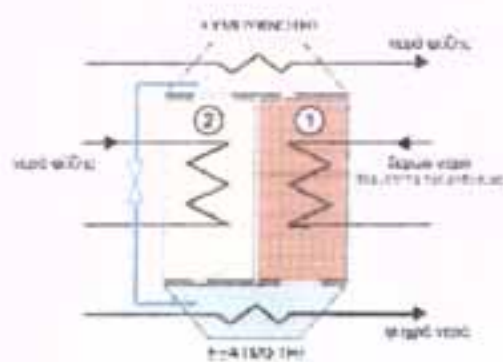
Στην περίπτωση των ψυκτών προσρόφησης, αντί υγρού διαλύματος, χρησιμοποιούνται στερεά πορώδη ροφητικά υλικά. Τα διαθέσιμα στην αγορά συστήματα χρησιμοποιούν νερό ως ψυκτικό μέσο και silica gel ως ροφητικό υλικό.

Οι ψύκτες αποτελούνται από δύο χώρους ροφητικού υλικού (που αναφέρονται ως 1 και 2 στο παρακάτω σχήμα), έναν εξατμιστή και ένα συμπυκνωτή. Ενώ το ροφητικό υλικό στο πρώτο διαμέρισμα αναγεννάται χρησιμοποιώντας ζεστό νερό από εξωτερική πηγή θερμότητας, π.χ. τον ηλιακό συλλέκτη, το ροφητικό υλικό στο διαμέρισμα 2 (προσροφητικό υλικό) προσροφά τους υδρατμούς που εισάγονται από τον εξατμιστή. Αυτός ο χώρος πρέπει να ψυχθεί προκειμένου να επιτραπεί συνεχής προσρόφηση. Το νερό στον εξατμιστή περνά στην αέρια φάση, θερμαινόμενο από το εξωτερικό κύκλωμα νερού. Στην πραγματικότητα, εδώ παράγεται η χρήσιμη ψυκτική ισχύς. Εάν η ψυκτική ικανότητα μειωθεί σε μια ορισμένη τιμή λόγω της πλήρωσης του ροφητικού υλικού στον προσροφητή, οι θάλαμοι αντιστρέφουν τη λειτουργία τους. Μέχρι σήμερα, μόνο κάποιοι Ασιάτες κατασκευαστές παράγουν ψύκτες προσρόφησης.

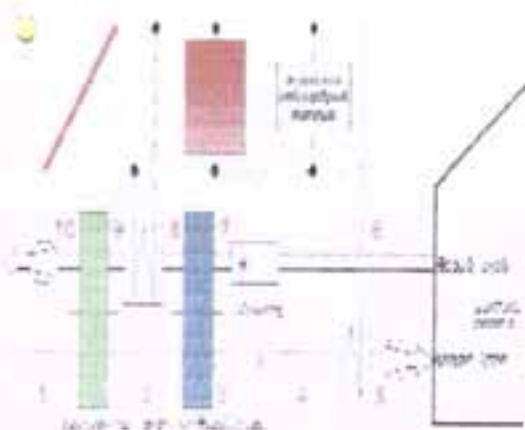
Υπό τυπικές συνθήκες λειτουργίας με θερμοκρασία αναγέννησης περίπου 80°C, τα συστήματα επιτυγχάνουν COP περίπου 0,6, αλλά είναι δυνατόν να λειτουργήσουν ακόμη και σε θερμοκρασίες αναγέννησης της τάξης των 60°C. Η ψυκτική τους ικανότητα κυμαίνεται από 50-500 kW. Η απλότητα κατασκευής των ψυκτών προσρόφησης και η αναμενόμενη μηχανική αντοχή τους είναι σημαντικά πλεονεκτήματα.

Δεν υπάρχει περιορισμός στη θερμοκρασία απόρριψης θερμότητας, καθώς δεν υφίσταται κανένας κίνδυνος κρυστάλλωσης. Δεν υπάρχει εσωτερική αντλία

διαλύματος και ως εκ τούτου η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται είναι ελάχιστη. Μειονεκτήματα αυτού του τύπου των ψυκτών είναι ο συγκριτικά μεγάλος όγκος και το βάρος τους. Επιπλέον, λόγω του μικρού αριθμού παραγόμενων μονάδων, η τιμή των ψυκτών προσρόφησης παραμένει υψηλή. Υπάρχει μεγάλη δυνατότητα, στις επόμενες γενεές των ψυκτών προσρόφησης, για βελτίωση των εναλλακτών θερμότητας στα διαμερίσματα προσροφητών και κατά συνέπεια αναμένεται αξιοσημείωτη μείωση του όγκου και του βάρους τους.



Σχήμα 6,5
Σχηματικό διάγραμμα
ενός συστήματος ψύξης
DEC



Σχήμα 6,4
Σχηματικό διάγραμμα ενός ψύκτη
προσρόφησης

6.4 ΨΥΚΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΕΞΑΤΜΙΣΤΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (DESICCANT)

Τα συστήματα ψύξης ανοικτού κύκλου (desiccant*) χρησιμοποιούν νερό ως ψυκτικό μέσο, σε άμεση επαφή με τον αέρα. Ο θερμοκίνητος ψυκτικός κύκλος είναι συνδυασμός εξατμιστικής ψύξης με αφύγρανση αέρα μέσω ξηραντικού/αφυγραντικού υλικού, δηλαδή υγροσκοπτικού υλικού. Για το σκοπό αυτό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν υγρά ή στερεά υλικά. Ο όρος "ανοικτός" χρησιμοποιείται για να δείξει ότι το ψυκτικό μέσο απορρίπτεται από το σύστημα αφού παράσχει την ψύξη και νέα ποσότητα ψυκτικού μέσου εισάγεται, μέσω ενός ανοιχτού βρόγχου.

Επομένως, μόνο το νερό είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ως ψυκτικό μέσο, δεδομένου ότι υπάρχει άμεση επαφή με την ατμόσφαιρα. Η διαδεδομένη τεχνολογία που εφαρμόζεται σήμερα χρησιμοποιεί περιστρεφόμενους τροχούς αφυγραντικού υλικού, εφοδιασμένους είτε με silica gel, είτε με χλωριούχο λίθιο ως ροφητικό υλικό.

Ψύξη στερεού μέσου ανοικτού κύκλου (DESICCANT) με περιστρεφόμενους τροχούς

Τα βασικά μέρη ενός συστήματος ηλιακής ψύξης DEC, παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα. Η βασική διαδικασία παροχής κλιματιζόμενου αέρα μπορεί να περιγραφεί ως εξής:

1. Περίπτωση ψύξης

Ο θερμός και υγρός νωπός αέρας (1) εισάγεται στον αργά περιστρεφόμενο τροχό αφύγρανσης και αφυδατώνεται με την προσρόφηση της υγρασίας (1-2). Δεδομένου ότι ο αέρας θερμαίνεται από τη θερμότητα προσρόφησης, οδηγείται στον τροχό ανάκτησης θερμότητας (2-3), με συνέπεια να επιτυγχάνεται σημαντική πρόψυξη του ρεύματος νωπού αέρα.

Στη συνέχεια, ο αέρας υγραίνεται και ψύχεται περαιτέρω από έναν ελεγχόμενο υγραντή (3-4), σύμφωνα με την επιθυμητή θερμοκρασία και υγρασία του αέρα παροχής. Το ρεύμα αέρα απόρριψης υγραίνεται (6-7) κοντά στο σημείο κορεσμού του για να εκμεταλλευτεί την μέγιστη δυνατότητα ψύξης, προκειμένου να επιτευχθεί μια αποδοτική ανάκτηση θερμότητας (7-8).

Τέλος, το ροφητικό υλικό του τροχού πρέπει να αναγεννηθεί (9-10) με τη χρήση θερμότητας σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (της τάξης των 50-75°C), επιτρέποντας έτσι συνεχή λειτουργία αφύγρανσης.

2. Περίπτωση θέρμανσης

Σε περιόδους με χαμηλές απαιτήσεις σε θέρμανση, μπορεί να αρκεί ανάκτηση θερμότητας από το ρεύμα αέρα απόρριψης και ανταλλαγή ενθαλπίας χρησιμοποιώντας έναν τρόπο ταχείας περιστροφής του τροχού αφύγρανσης. Σε περίπτωση αυξημένης ζήτησης σε θέρμανση, διοχετεύεται θερμότητα από τους θερμικούς ηλιακούς συλλέκτες και, εάν είναι απαραίτητο, από μια εφεδρική πηγή θερμότητας (4-5).



Σχήμα 6,6
*Σύστημα ψύξης υγρού μέσου DEC
εγκατεστημένο στο νέο κτίριο
του "Solar Building Innovation
Center (SOBIC)" στο Freiburg (D)*

Επίπεδοι θερμικοί ηλιακοί συλλέκτες μπορούν να εφαρμοστούν ως πηγή θέρμανσης στα συστήματα ηλιακής ψύξης DEC. Το ηλιακό σύστημα μπορεί να αποτελείται από συλλέκτες υγρού και δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού, για καλύτερη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας. Αυτή η διάταξη απαιτεί πρόσθετο εναλλάκτη θερμότητας νερού/αέρα (8-9), για να συνδεθεί το ηλιακό σύστημα με το σύστημα αέρα.

Μια εναλλακτική λύση, που οδηγεί σε χαμηλότερο πάγιο κόστος, είναι η άμεση τροφοδότηση της θερμότητας αναγέννησης από ηλιακούς συλλέκτες αέρα. Σε περιπτώσεις ακραίων συνθηκών όπως π.χ. σε παράκτιες περιοχές της Μεσογείου, απαιτείται ειδικός σχεδιασμός του τροχού αφύγρανσης.

Εδώ, λόγω της υψηλής υγρασίας του περιβαλλοντικού αέρα, μια τυποποιημένη διάταξη του ψυκτικού κύκλου αφύγρανσης δεν είναι ικανή να μειώσει την υγρασία σε επίπεδο αρκετά χαμηλό, ώστε να επιτρέψει τη χρήση άμεσης εξατμιστικής ψύξης.

Πιο σύνθετες διατάξεις κεντρικών κλιματιστικών μονάδων DEC, που χρησιμοποιούν για παράδειγμα διαφορετικό τροχό ενθαλπίας ή πρόσθετους ψύκτες αέρος τροφοδοτούμενους με ψυχρό νερό, μπορούν να δώσουν λύση σε τέτοιου είδους προβλήματα.

Ψύξη υγρού μέσου ανοικτού κύκλου (DESICCANT)

Μια νέα καινοτομική προσέγγιση, που σύντομα θα εισαχθεί στην αγορά, είναι τα συστήματα ψύξης DEC που χρησιμοποιούν υγρό διάλυμα νερού/χλωριούχου λιθίου

ως υλικό ρόφησης. Αυτός ο τύπος συστημάτων παρουσιάζει διάφορα πλεονεκτήματα όπως υψηλότερα ποσοστά αφύγρανσης αέρα στις ίδιες θερμοκρασίες αναγέννησης σε σχέση με τα συστήματα ψύξης DEC στερεού μέσου, και δυνατότητα υψηλής ενεργειακής αποθήκευσης με αποθήκευση μάζας του συμπυκνωμένου διαλύματος. Η τεχνολογία αυτή αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη επιλογή για περαιτέρω αύξηση της εκμετάλλευσης των θερμικών ηλιακών συστημάτων κλιματισμού.

6.5 ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ

Οι θερμικοί ηλιακοί συλλέκτες που διατίθενται στην αγορά παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα. Τα συστήματα υψηλών θερμοκρασιών όπως οι παραβολικοί συλλέκτες με σύστημα παρακολούθησης του ήλιου δε λαμβάνονται υπόψη.

Στα συστήματα ηλιακού κλιματισμού, η διαφορά στη λειτουργία των ηλιακών συλλεκτών σε σχέση με τα ηλιακά συστήματα ζεστού νερού χρήσης είναι το υψηλό επίπεδο θερμοκρασίας, στο οποίο πρέπει να παρασχεθεί η χρήσιμη θερμότητα. Για τους θερμοκίνητους ψύκτες, η θερμοκρασία αναγέννησης είναι συνήθως άνω των 80°C, με ελάχιστη τιμή 60°C. Για τα συστήματα ψύξης DEC, η θερμοκρασία αναγέννησης είναι από 55°C ως και 90°C. Λόγω των υψηλών παροχών στο κύκλωμα θέρμανσης, η ιδανική στρωμάτωση στην αποθήκευση ζεστού νερού είναι δύσκολο να επιτευχθεί και έτσι η θερμοκρασία επιστροφής στον ηλιακό συλλέκτη είναι σχετικά υψηλή. Αυτό προκαλεί μερικούς περιορισμούς στην επιλογή του τύπου συλλεκτών.

Συνεπώς, οι τυποποιημένοι επίπεδοι συλλέκτες και οι ηλιακοί συλλέκτες αέρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν με μέγιστο όφελος στα συστήματα DEC. Στις διατάξεις που χρησιμοποιούν ψύκτη προσρόφησης ή απορρόφησης μονής βαθμίδας, η χρήση επίπεδων συλλεκτών επιλεκτικής επιφάνειας περιορίζεται σε περιοχές με υψηλή ηλιακή ακτινοβολία. Για τις άλλες περιοχές και για ψύκτες που απαιτούν υψηλότερες θερμοκρασίες αναγέννησης, χρησιμοποιούνται συλλέκτες υψηλής απόδοσης, π.χ. συλλέκτες σωλήνων κενού. Από τα σταθερά συστήματα συλλεκτών, οι υψηλότερες θερμοκρασίες μπορούν να επιτευχθούν με συλλέκτες σωλήνων κενού, χρησιμοποιώντας οπτική συγκέντρωση. Αυτή αποτελεί ενδιαφέρουσα επιλογή για τα συστήματα ηλιακού κλιματισμού που χρησιμοποιούν υψηλής απόδοσης ψύκτες απορρόφησης (διπλής βαθμίδας).

Τύπος συλλεκτών	Ηλιακός συλλέκτης αέρα	Επίπεδος συλλέκτης	Σταθερός παραβολικός σύνθετος συλλέκτης	Συλλέκτης Σωλήνων Κενού
Σύντομη	(Solar Air Collector) SAC	(Flat-Plate Collector) FPC	(Stationary Parabolic Compound Collector) CPC	Evacuated Tube Collector ETC: 1. Evacuated Tube with Heat Pipe EHP (με σωλήνα θερμότητας) 2. Evacuated Tube with Direct Flow EDF (απ'ευθείας ροής) 3. Sydney-type Evacuated Tube with Concentrator Reflector SYC (τύπος Sydney με συγκεντρωτικό)
				
Αρχή λειτουργίας	Άμεση θέρμανση του αέρα	Θέρμανση υγρού (νερό, νερό-γλυκόλη) Συγκέντρωση ακτινοβολίας χωρίς παρακολούθηση	Θέρμανση υγρού (νερό, νερό-γλυκόλη)	Γυάλινος σωλήνας κενού για μείωση των θερμικών απωλειών
Κύρια εφαρμογή	Προθέρμανση του αέρα προσαγωγής	Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης	Παραγωγή ζεστού νερού οικιακής και βιομηχανικής χρήσης	Παραγωγή ζεστού νερού οικιακής και βιομηχανικής χρήσης
Κύρια εφαρμογή στον ηλιακό κλιματισμό	Ανοικτά συστήματα ψύξης, π.χ. συστήματα ψύξης DEC	Συστήματα ψύξης DEC θερμοκίνητοι ψύκτες μιας βαθμίδας	Θερμοκίνητοι ψύκτες μιας βαθμίδας	Θερμοκίνητοι ψύκτες μιας βαθμίδας θερμοκίνητοι ψύκτες διπλής βαθμίδας (SYC)

Ξενοδοχείο Κρήτη “Rethimno Village”



Το Rethimno Village Hotel βρίσκεται στο Ρέθυμνο της Κρήτης, στη νότια Ελλάδα. Είναι τουριστικό συγκρότημα χωρητικότητας 170 κλινών και έχει πληρότητα 100% το καλοκαίρι και 45% το χειμώνα.

Η εγκατάσταση χρησιμοποιεί επίπεδους συλλέκτες (επιλεκτικής επιφάνειας, 448 m²) για τον κεντρικό κλιματισμό (ψύξη και θέρμανση) και επίσης συλλέκτες πολυπροπυλενίου 199 m² που τροφοδοτούν ζεστό νερό για τη θέρμανση της πισίνας. Ο σχεδιασμός, η προμήθεια και η εγκατάσταση αυτού του συστήματος έγιναν από τη SOLE A.E.

Συνολική κλιματιζόμενη επιφάνεια: 3.000 m².

Κόστος επένδυσης και οικονομικά δεδομένα

Συνολικό πάγιο κόστος: 264.123.€ Το έργο επιχορηγήθηκε 50% από το Εθνικό Επιχειρησιακό Πρόγραμμα για την Ενέργεια (ΕΠΕ) (του Ελληνικού Υπουργείου Ανάπτυξης).

Στο πρόγραμμα έχει απονεμηθεί από το ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας) βραβείο ως η καλύτερη επένδυση εξοικονόμησης ενέργειας για το έτος 2000.

Ενεργειακά και περιβαλλοντικά δεδομένα

Οι ηλιακοί συλλέκτες τροφοδοτούν ένα ψύκτη απορρόφησης με ζεστό νερό θερμοκρασίας 70-75 °C που λειτουργεί με συντελεστή απόδοσης 60%. Ο ψύκτης απορρόφησης χρησιμοποιεί το ζεστό νερό ως πηγή ενέργειας και παράγει ψυχρό

νερό θερμοκρασίας 8-10°C. Το μέσο ψύξης είναι επίσης νερό (αντί του φρέοντος ή της αμμωνίας).

Ο ψύκτης απορρόφησης χρησιμοποιεί ελάχιστη ηλεκτρική ενέργεια για τη λειτουργία της αντλίας κενού (0,5 kW). Η ισχύς του είναι 105 kW. Ένας λέβητας (φυσικού αερίου) 600 kW αντικαθιστά τους συλλέκτες όταν υπάρχει συννεφιά ή όποτε υπάρχει ανάγκη για κλιματισμό κατά τη διάρκεια της νύχτας. Κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου οι ηλιακοί συλλέκτες παράγουν ζεστό νερό 55°C, το οποίο κυκλοφορεί άμεσα στις τοπικές κλιματιστικές μονάδες. Ο ίδιος λέβητας αντικαθιστά τους συλλέκτες σε περίπτωση συννεφιάς. Το ψυχρό νερό (κατά τη θερινή περίοδο) και το ζεστό νερό (κατά τη χειμερινή περίοδο) κατευθύνεται στην τοπική μονάδα κλιματισμού όπου ψύχουν ή θερμαίνουν τον αέρα περιβάλλοντος.

Τεχνικά αποτελέσματα:

Περίοδος αναφοράς: 12 μήνες

Παραγωγή ενέργειας από το ηλιακό σύστημα: 651 MWh,

Συνολικό ενεργειακό φορτίο: 1.498 MWh,

Ηλιακή κάλυψη: 43%

Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας: 651 MWh.

Μείωση της παραγωγής CO₂: 1.095 kg.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- C. THOMAS OLIVO «ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ» ΕΚΔΟΣΕΙΣ 'ΙΩΝ' ΣΤΕΛΛΑ ΠΑΡΙΚΟΥ ΚΑΙ ΣΙΑ Ο.Ε. 1994
- RECKNAGEL – SPRENGER «ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ» ΕΚΔΟΤΗΣ ΜΟΣΧΟΣ ΓΚΙΟΥΡΔΑΣ .ΑΘΗΝΑ 1991
- ANTONIO BRIGANTI «ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ» ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΕΧΝΟΕΚΔΟΤΙΚΗ Ε.Π.Ε.
- ΣΠΥΡΟΥ Ν. ΧΑΛΙΚΙΑ «ΘΕΡΜΑΝΣΗ –ΨΥΞΗ- ΑΕΡΙΣΜΟΣ» ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΕΧΝΟΕΚΔΟΤΙΚΗ Ε.Π.Ε. ΑΘΗΝΑ 1988
- «ΑΡΧΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ» LANG ΕΚΔΟΣΕΙΣ 'ΙΩΝ' ΑΘΗΝΑ 2000
- ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
www.cres.gr