

## Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας σε ψυκτικές και κλιματιστικές εγκαταστάσεις

Οι καιροί αλλάζουν γρήγορα και η ενέργεια, ηλεκτρική και μη, κοστίζει όλο και περισσότερο ενώ η παραγωγή της επιβαρύνει συνεχώς το περιβάλλον που ζούμε. Για να βελτιώσουμε λοιπόν τον αντίκτυπο που έχουν οι ψυκτικές μας εγκαταστάσεις, στο περιβάλλον αλλά και στην τσέπη μας, σας παραθέτω τις παρακάτω τεχνικές.

### 1 Πλακοειδής εναλλάκτης στην κεντρική κατάθλιψη του δικτύου για θέρμανση νερού.

Κάθε συμπιεστής που λειτουργεί με αερόψυκτο συμπυκνωτή στην Ελλάδα καταθλίβει το ψυκτικό του ρευστό σε θερμοκρασίες κατά μέσο όρο από 75-110°C για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Για να συμπυκνωθεί το ρευστό στον συμπυκνωτή απαιτείται αρκετή ενέργεια αφού είναι υπέρθερμο. Έτσι το αέριο πρώτα κρυώνει μέσα στον συμπυκνωτή, έπειτα μετατρέπεται σε υγρό και μετά ψύχεται (υπόψυξη) μερικούς βαθμούς ακόμα.

Στόχος μας με έναν πλακοειδή εναλλάκτη είναι να ανακτήσουμε μέρος της θερμότητας του υπέρθερμου ρευστού μεταφέροντάς τη σε νερό για χρήση ή για υποβοήθηση σε μπόιλερ.

Ο εναλλάκτης κατά κύριο λόγο πρέπει να είναι δύο τοιχωμάτων για αξιοπιστία σε περίπτωση διαρροής. Με τον απλό αυτό τρόπο και εφόσον χρησιμοποιούμε ζεστό νερό για χρήση ή θέρμανση το όφελος που έχουμε σε χρήματα είναι ανάλογο της ισχύος του συμπιεστή μας.

Για να αναλογιστεί κανείς το μέγεθος της εξοικονόμησης παραθέτω το παρακάτω πραγματικό παράδειγμα:

Μια εγκατάσταση στην Αθήνα με 3 συμπιεστές 5HP τύπος 4FC-5.2Y και αερόψυκτο συμπυκνωτή, λειτουργεί με R404a με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Θερμοκρασία εξάτμισης -10°C
- Θερμοκρασία συμπύκνωσης +50°C
- Μέση υπόψυξη συμπυκνωτή 2°C
- Μέγιστη υπερθέρμανση αεροψυκτήρα 10K
- Λειτουργία εγκατάστασης στα 400V, 3Ph, 50Hz

Χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα υπολογισμού του κατασκευαστή των συμπιεστών παρατηρούμε πως η θερμοκρασία κατάθλιψης των συμπιεστών στις ανωτέρω συνθήκες είναι 83,4°C και η συνολική παροχή ψυκτικού ρευστού από τους συμπιεστές στην κατάθλιψη είναι 810kg/h. Βλέπουμε πως η υπερθέρμανση του ρευστού είναι 33,4 βαθμοί.

Αν εγκαταστήσουμε ένα πλακοειδή εναλλάκτη, και αυτή η θερμότητα διοχετευτεί σε νερό που θα θερμαίνεται από τους 25 στους 50°C, κερδίζουμε εντελώς "δωρεάν" περίπου 9kW θερμότητας την ώρα ή 0,313m<sup>3</sup>/h ζεστού νερού! Επίσης αυτόματα ο συμπυκνωτής μας μένει ελεύθερος να συμπυκνώνει το ρευστό απ' ευθείας χωρίς να πρέπει να ψύξει το αέριο πρώτα, δηλαδή "μεγαλώνει η απόδοσή" του. Εάν θερμαίναμε το νερό με αντιστάσεις με κόστος κιλοβατώρας 12 λεπτά, θα πληρώναμε 9\*12=108=1,08€ την ώρα!

Η παραπάνω εφαρμογή όμως θα μπορούσε να αποδώσει και πιο ζεστό νερό αν μειώναμε την παροχή νερού στον εναλλάκτη. Αν η παροχή μας μειωνόταν σε 0,200m<sup>3</sup>/h η θερμοκρασία εξόδου του νερού στις ίδιες συνθήκες θα ήταν σχεδόν 64°C.

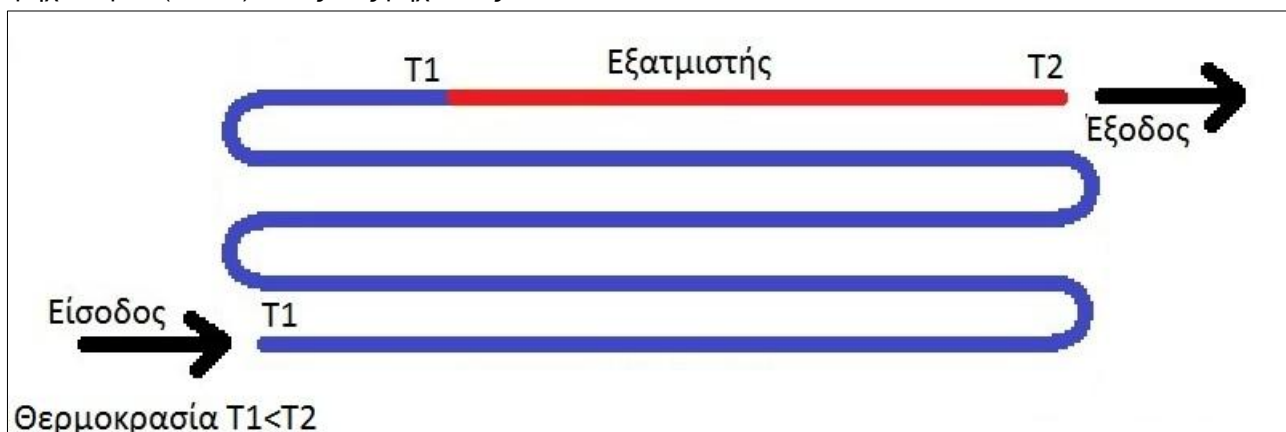


## 2 Ηλεκτρονικές εκτονωτικές βαλβίδες στους εξατμιστές



Κάθε εκτονωτική βαλβίδα δουλεύει με τέτοιο τρόπο ώστε ο εξατμιστής του συστήματος να υπερθερμαίνει το ψυκτικό ρευστό σε επίπεδα τέτοια που να μην υπάρχει περίπτωση να επιστρέψει υγρό στον συμπιεστή και τον καταστρέψει. Αυτό το μέρος της επιφάνειας (σκίτσο 1 με κόκκινο χρώμα ) δυστυχώς δεν αποδίδει το ίδιο σε σχέση με τον υπόλοιπο εξατμιστή. Χρησιμοποιώντας μια ηλεκτρονική εκτονωτική βαλβίδα μικραίνουμε τα επίπεδα υπερθέρμανσης του αερίου μιας και ο έλεγχος της διαδικασίας γίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια. Αυτό που επιτυγχάνουμε λοιπόν είναι μικρότερη (αλλά αρκετή) υπερθέρμανση στο αέριο. Αυτό σημαίνει ότι ο εξατμιστής μας χρησιμοποιεί περισσότερη επιφάνεια για εξάτμιση και λιγότερη για υπερθέρμανση. Αυτό σημαίνει πως για την ίδια ζητούμενη

απόδοση το  $\Delta T$  της εξάτμισης μπορεί να μειωθεί. Αυτό συνεπάγεται υψηλότερη θερμοκρασία εξάτμισης, υψηλότερη πίεση αναρρόφησης στον συμπιεστή και άρα μικρότερη κατανάλωση για ίδια ζητούμενα φορτία. Επιπλέον οι ηλεκτρονικές εκτονωτικές βαλβίδες συμπεριφέρονται το ίδιο καλά και σε μερικό φορτίο, απαραίτητο χαρακτηριστικό σε ψυκτικούς θαλάμους και βιτρίνες με συχνή χρήση, αφού προσαρμόζουν εύκολα και άμεσα την ποσότητα του υγρού που εκτονώνουν χωρίς να επιβάλλεται η αλλαγή του εσωτερικού μηχανισμού (orifice) όπως στις μηχανικές.

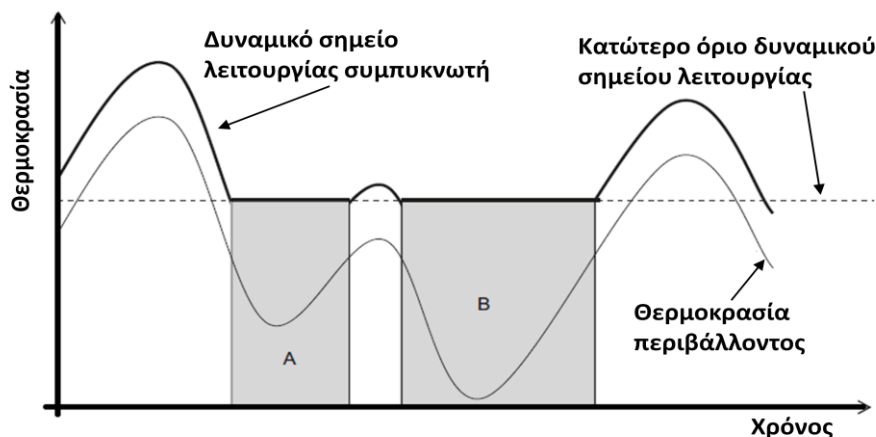


Σκίτσο 1

## 3 Δυναμικό σημείο λειτουργίας συμπύκνωσης

Ένα συνηθισμένο αερόψυκτο ψυκτικό ή κλιματιστικό μηχανήμα είναι ρυθμισμένο να λειτουργεί σε θερμοκρασία συμπύκνωσης περίπου  $50^{\circ}\text{C}$  ( $18\text{-}23\text{bar}$  ανάλογα το ψυκτικό ρευστό,  $22\text{bar}$  για το R404a). Παρότι θα επιθυμούσαμε η ρύθμιση της συμπύκνωσης να ήταν πιο χαμηλά, ακόμα και  $20^{\circ}\text{C}$  ή  $25^{\circ}\text{C}$  δεν μας το επιτρέπουν οι καιρικές συνθήκες για ένα μεγάλο μέρος του χρόνου, έτσι ο ψυκτικός αναγκάζεται να ρυθμίζει τη συμπύκνωση σε λιγότερο ικανοποιητικά επίπεδα λόγω του ζεστού κλίματος. Αν η εγκατάσταση δεν επιβλέπεται από ψυκτικό ο οποίος θα αλλάζει τις ρυθμίσεις ανάλογα τις κλιματικές συνθήκες, πράγμα πολύ συνηθισμένο, τότε το μηχανήμα θα λειτουργεί σε μη βέλτιστες συνθήκες όλο το χρόνο (πίνακας 1, γραμμή 1). Ακόμα και να ήταν όμως κάθε ώρα τις ημέρας είναι διαφορετική οπότε και πάλι το σύστημα δεν είναι βελτιστοποιημένο.

Η λύση στο πρόβλημα της υψηλής συμπύκνωσης είναι να χρησιμοποιήσουμε έναν ηλεκτρονικό ελεγκτή ο οποίος να μπορεί να μετράει τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και ανά πάσα στιγμή να προσαρμόζει την θερμοκρασία/πίεση συμπύκνωσης ανάλογα (γράφημα 1). Έτσι για μια κατά τα άλλα θερμή περίοδο του καλοκαιριού στην οποία δεν περιμέναμε ποτέ κάποια εξοικονόμηση, όταν η θερμοκρασία πέσει κάποιους βαθμούς π.χ. το απόγευμα ή το βράδυ, οι συνθήκες λειτουργίας βελτιώνονται (πίνακας 1, γραμμές 2-6). Το φθινόπωρο και χειμώνα όμως με χαμηλότερες θερμοκρασίες συμπύκνωσης, η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται, σε ένα προηγουμένως μη βελτιστοποιημένο σύστημα, είναι θεαματική (πίνακας 1, γραμμές 16-26).



Γράφημα 1

Παρατηρούμε λοιπόν πως ο συμπιεστής καταναλώνει λιγότερη ενέργεια αλλά αποδίδει και περισσότερο, διπλό όφελος δηλαδή σε μια εγκατάσταση. Σε πιο ψυχρές περιόδους η συμπύκνωση επιτρέπεται να κατέβει ακόμα και στους 25°C χωρίς κανένα πρόβλημα για την κυκλοφορία του ρευστού και του λαδιού.

A/A	Θερμοκρασία περιβάλλοντος C	Θερμοκρασία συμπύκνωσης C	Ψυκτική απόδοση / συμπιεστή kW	Συνολική Ψυκτική απόδοση / συμπιεστή kW	Κατανάλωση / συμπιεστή kw	COP / συμπιεστή	Περίσσεια συνολικής ισχύος για 22 kW	Περίσσεια συνολικής ισχύος %	Μέση ετήσια εξοικονόμηση
1	35	50	7,36	22,08	4,39	1,68	0,08	0,36%	0,00 €
2	34	49	7,55	22,65	4,35	1,74	0,65	2,87%	97,32 €
3	33	48	7,74	23,22	4,31	1,79	1,22	5,25%	199,16 €
4	32	47	7,93	23,79	4,28	1,85	1,79	7,52%	279,75 €
5	31	46	8,12	24,36	4,24	1,92	2,36	9,69%	389,15 €
6	30	45	8,31	24,93	4,20	1,98	2,93	11,75%	502,20 €
7	29	44	8,51	25,53	4,16	2,05	3,53	13,83%	619,21 €
8	28	43	8,70	26,10	4,12	2,11	4,10	15,71%	738,92 €
9	27	42	8,89	26,67	4,08	2,18	4,67	17,51%	861,60 €
10	26	41	9,08	27,24	4,03	2,25	5,24	19,24%	1.015,26 €
11	25	40	9,27	27,81	3,99	2,32	5,81	20,89%	1.143,73 €
12	24	39	9,46	28,38	3,95	2,40	6,38	22,48%	1.274,64 €
13	23	38	9,66	28,98	3,90	2,47	6,98	24,09%	1.438,09 €
14	22	37	9,85	29,55	3,86	2,55	7,55	25,55%	1.573,84 €
15	21	36	10,04	30,12	3,81	2,63	8,12	26,96%	1.741,64 €
16	20	35	10,23	30,69	3,76	2,72	8,69	28,32%	1.912,00 €
17	19	34	10,42	31,26	3,72	2,81	9,26	29,62%	2.054,11 €
18	18	33	10,62	31,86	3,67	2,89	9,86	30,95%	2.229,97 €
19	17	32	10,81	32,43	3,62	2,99	10,43	32,16%	2.406,93 €
20	16	31	11,00	33,00	3,57	3,08	11,00	33,33%	2.585,95 €
21	15	30	11,20	33,60	3,52	3,18	11,60	34,52%	2.768,13 €
22	14	29	11,39	34,17	3,47	3,29	12,17	35,62%	2.950,98 €
23	13	28	11,59	34,77	3,41	3,40	12,77	36,73%	3.169,19 €
24	12	27	11,79	35,37	3,36	3,51	13,37	37,80%	3.357,03 €
25	11	26	11,99	35,97	3,31	3,62	13,97	38,84%	3.546,50 €
26	10	25	12,19	36,57	3,25	3,75	14,57	39,84%	3.770,58 €

Πίνακας 1: Πηγή "Bitzer Software" έκδοση 5.3.2, κόστος υπολογισμού ηλεκτρικής ενέργειας 0,12€/kWh, ώρες λειτουργίας ανά συμπιεστή 6570.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:

Μια εγκατάσταση στην Αθήνα/Ελληνικό, με μέση ετήσια θερμοκρασία περίπου τους 19°C (στατιστικά

δεδομένα Ε.Μ.Υ.), έχει εγκατεστημένους 3 συμπιεστές 4FC-5.2Y με capacity regulator. Η ψυκτική ισχύς που απαιτείται από τους συμπιεστές είναι 22kW. Αναμένουμε μια εξοικονόμηση πάνω από 2.400,00€ από τη βελτιωμένη λειτουργία των συμπιεστών (ανάλογα με τις ώρες λειτουργίας τους). Μια αξιοσημείωτη διαπίστωση είναι ότι κατά μέσο ο ένας συμπιεστής από τους τρεις δεν λειτουργεί λόγω της αυξημένης απόδοσης των άλλων δύο! είναι απαραίτητη όμως η παρουσία του για τους καλοκαιρινούς μήνες και χρονικές περιόδους αυξημένης θερμοκρασίας συμπύκνωσης.

Δημήτρης Ταΐρης Beng/MSc  
Μηχανολόγος Μηχανικός / Μηχανικός Περιβάλλοντος