

## ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

18-9-12

Οι ψυχρές αποθήκες και ειδικά τα Ψυγεία Δημόσιας Χρήσης (ΨΔΧ) αντιμετωπίζουν έντονη μεταβλητότητα, όσον αφορά το εφαρμοζόμενο στην εγκατάσταση θερμικό φορτίο : Οι συνεχώς μεταβαλλόμενες απαιτήσεις των πελατών ενός ΨΔΧ, καθώς και οι έντονα εναλλασσόμενες πληρότητες στη διάρκεια του χρόνου, αναγκάζουν για έντονη μεταβολή της ψυκτικής ισχύος στη διάρκεια του χρόνου. Ένα ΨΔΧ σχεδιάζεται έτσι ώστε η εγκατεστημένη του ψυκτική ισχύς να έχει την ικανότητα να αντιμετωπίσει το μέγιστο αναμενόμενο θερμικό φορτίο κατά τη διάρκεια του χρόνου. Έτσι, είναι συνήθης πρακτική, να εγκαθίσταται ένα μεγάλο μηχάνημα (συμπιεστής ψύξης), που να έχει την ικανότητα να τα «βγάλει πέρα» στις πιο δύσκολες μέρες, όπου μεγιστοποιείται το θερμικό φορτίο (π.χ. όταν κατά τους θερινούς μήνες συμπίπτει η ζέστη με αιχμές ρυθμών διακίνησης). Η πρακτική αυτή φαίνεται λογική, κρύβει όμως ένα μεγάλο πρόβλημα : Τη σπατάλη ενέργειας, όταν η εγκατάσταση λειτουργεί σε φορτίο μικρότερο από το μέγιστο (τμηματική λειτουργία). Είναι γνωστό, ότι όταν ένας συμπιεστής ψύξης λειτουργεί σε κατάσταση μειωμένου φορτίου, η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος δεν είναι καθόλου ανάλογη (γραμμική) με τη μείωση του ψυκτικού φορτίου. Υπάρχει οπωσδήποτε μια μείωση, αλλά απέχει μακράν από του να ακολουθεί τη μείωση του ψυκτικού φορτίου με ευθεία αναλογία. Για παράδειγμα, μια μείωση ψυκτικού φορτίου κατά 50% μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του ηλεκτρικού φορτίου (κατανάλωσης) μόλις 25%. Αυτή η «ανισορροπία» ισχύει ιδιαίτερα στο κοχλιωτούς συμπιεστές, όπου δυστυχώς εφαρμόζεται εκτεταμένα η πρακτική του ενός και μεγάλου μηχανήματος. Από τα παραπάνω διαφαίνεται η ανάγκη, ο σχεδιασμός του μηχανοστασίου ψύξης να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε η ηλεκτρική ισχύς να ακολουθεί όσο γίνεται πιο κοντά τη ψυκτική ισχύ. Το ιδανικό θα ήταν να υπήρχε ευθεία αναλογία, πράγμα όμως πρακτικά (σχεδόν) ανέφικτο. Κατά παράδοση, στη γλώσσα των σχεδιαστών ψυκτικών συγκροτημάτων, υπάρχει η απαίτηση του ελέγχου λειτουργίας κατά βήματα (step control – capacity control). Τούτο δεν είναι τίποτε άλλο, παρά η προσπάθεια γραμμικής αντιστοίχισης, όσο γίνεται, της πραγματικά απαιτούμενης ψυκτικής ισχύος με την αναλούμενη ηλεκτρική ισχύ. Η απαίτηση αυτή ικανοποιείται με τα εξής βασικά μέτρα :

- Τοποθέτηση πολλών και μικρών συμπιεστών αντί ενός μεγάλου. Για παράδειγμα, αντί ενός μεγάλου, τοποθετούνται τέσσερις μικροί συμπιεστές. Η πρακτική αυτή προσφέρει προφανώς τέσσερα βήματα ελέγχου ισχύος. Ένα πρόσθετο πλεονέκτημα είναι η αυξημένη εφεδρεία (τι κάνω αν έχω μόνο ένα συμπιεστή και χαλάσει ;).
- Για σχετικά μικρές μονάδες (π.χ. μικρότερες των 1000 ψυκτικών KW), επιλέγονται παλινδρομικοί συμπιεστές, που έχουν καλύτερη συμπεριφορά σε τμηματική λειτουργία από τους κοχλιωτούς. Επίσης, μπορεί να ακολουθείται και η «ανάμικτη» πολιτική, όπου το «βασικό» φορτίο αντιμετωπίζεται από κοχλιωτούς, ενώ οι διακυμάνσεις από παλινδρομικούς.
- Τοποθέτηση Κινητήρων Μεταβλητής Συχνότητας (Variable Frequency Drive) στα μεγάλα μηχανήματα, όπως οι συμπιεστές. Η πρακτική αυτή βασίζεται στη μεταβολή των στροφών του κινητήρα, ανάλογα με την

αυξομείωση της απαίτησης. Η εξοικονόμηση είναι μεγάλη. Για παράδειγμα, σε ένα επίπεδο ταχύτητας κινητήρα 63% σε σχέση με τη μέγιστη ταχύτητά του, η κατανάλωση πέφτει μόλις στο 25% της αντιστοιχούσας στη μέγιστη ταχύτητα <sup>(2)</sup>.

Οι κατασκευαστές των συμπιεστών προβλέπουν μηχανισμούς τμηματικής λειτουργίας, εκ των οποίων ο πιο γνωστός είναι το άνοιγμα – κλείσιμο της «ολισθαίνουσας βαλβίδας» (slide valve) στους κοχλιωτούς συμπιεστές. Πρόκειται για μια «χονδροειδή» προσέγγιση, που δεν προσφέρει ιδιαίτερη οικονομία, ειδικά στα πολύ χαμηλά επίπεδα ισχύος.

Η τεχνολογία των Κινητήρων Μεταβλητής Συχνότητας (Variable Frequency Drives – VFD) βασίζεται στη αυξομείωση των στροφών του κινητήρα, ανάλογα με το ψυκτικό φορτίο. Σύμφωνα με μετρήσεις που έγιναν στις ΗΠΑ, σε ψυκτική μονάδα της εταιρείας Interstate Cold Storage (ICS), ηλικίας 22 ετών και χωρητικότητας 155.743 κυβικών μέτρων, κατόπιν της εγκατάστασης σε συμπιεστές, αεροψυκτήρες και συμπυκνωτές κινητήρων VFD, διαπιστώθηκε εξοικονόμηση της τάξης του 35% <sup>(1)</sup>. Το κόστος αρχικής επένδυσης στους κινητήρες VFD αποσβέστηκε σε μόλις 6 μήνες! Οι κύριες πηγές της εξοικονόμησης προέκυψαν από :

- Έλεγχο Ψυκτικής Ικανότητας των συμπιεστών (capacity control) : Πριν την εγκατάσταση των κινητήρων VFD, ο μοναδικός τρόπος ελέγχου ψυκτικής ικανότητας ήταν μέσω της ολισθαίνουσας βαλβίδας (slide valve), που πρόκειται για μια μη γραμμική, αναποτελεσματική μέθοδο. Μετά την εγκατάσταση των κινητήρων VFD, η ικανότητα έχει τη δυνατότητα ρύθμισης από 0 – 100%, επιτρέποντας τη παροχή της ακριβούς ποσότητας ενέργειας που απαιτείται σε κάθε στιγμή, χωρίς σπατάλη.
- Έλεγχο ικανότητας εξατμιστών και συμπυκνωτών : Πριν την εγκατάσταση των κινητήρων VFD, ο μόνος τρόπος ελέγχου της ικανότητας ήταν το “on” και “off”. Με την εγκατάσταση των κινητήρων VFD επιτεύχθη ομαλή ρύθμιση ικανότητας ανάλογα με τις ανάγκες.

Τα οφέλη των κινητήρων VFD δεν περιορίζονται μόνο στην εξοικονόμηση ενέργειας. Μερικά παράπλευρα οφέλη είναι τα εξής :

- Οι κινητήρες VFD μπορούν να προσφέρουν πολύ ακριβή έλεγχο επί της ταχύτητας παγώματος (freezing) ή λιώσιματος (thawing). Όπως είναι γνωστό, οι δυο αυτές διεργασίες διαφέρουν από προϊόν σε προϊόν.
- Κεντροποιημένος έλεγχος : Είναι δυνατός ο έλεγχος όλων των συστατικών του συγκροτήματος από ένα κεντροποιημένο interface.
- Εκτεταμένη διάρκεια ζωής – μειωμένη συντήρηση : Οι κινητήρες γυρίζουν μόνο στις απαραίτητες στροφές. Τούτο επιτρέπει για μειωμένη φθορά (π.χ. φθορές από τριβές), σε σχέση με τη συνεχή λειτουργία στις μέγιστες στροφές.

Αναφορές :

1. “Using Variable Frequency Drives to Control Energy Costs”, COLD FACTS, Global Cold Chain Alliance, July – August 2012.
2. Wikipedia, “Variable Frequency Drive”, [http://en.wikipedia.org/wiki/Variable-frequency\\_drive](http://en.wikipedia.org/wiki/Variable-frequency_drive)