

ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΨΥΚΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ – 1

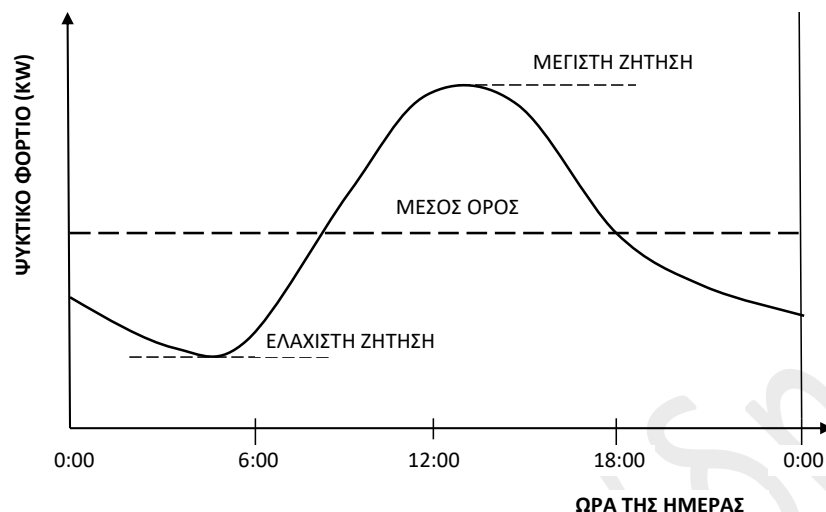
Νίκος Χαριτωνίδης, Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, Master of Engineering Univ. of Sheffield, Γενικός Διευθυντής ΨΥΓΕΙΑ ΑΛΑΣΚΑ ΑΕΒΤΕ & CRYOLOGIC ΕΕ.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί την «πρώτη ύλη» για την λειτουργία της βιομηχανίας ψύχους (ψυχρές αποθήκες, ψύκτες, καταψύκτες) και στατιστικά το δεύτερο κέντρο λειτουργικού κόστους (μετά το κόστος εργασίας). Επιπρόσθετα, σημαντικό κοινωνικό κόστος είναι η επιμόλυνση που προκαλείται στο περιβάλλον από τις εκπομπές αερίων (κύρια CO₂) που προκαλούνται κατά τις διεργασίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Συνεπώς η προσπάθεια ενεργειακής εξοικονόμησης είναι πρώτης σειράς, τόσο σε επίπεδο επιχείρησης (micro) όσο και κοινωνίας (macro). Στον οποιονδήποτε ιδιοκτήτη / λειτουργό / διαχειριστή μιας τέτοιας μονάδας επιβάλλεται να είναι διάχυτο το πνεύμα της εξοικονόμησης, όσον αφορά τον ορθό σχεδιασμό και τη λειτουργία του συγκροτήματος. Σε τούτο το πλαίσιο, δεν θα μπορούσε να παραληφθεί η δυνατότητα της εξοικονόμησης μέσω της αποθήκευσης της ενέργειας (ψύξης). Η ιδέα είναι απλή: Αντί να ζητάται ενέργεια και ισχύς τις ώρες αιχμής, που συμβαίνει να είναι και δυσμενέστερες οι καιρικές συνθήκες, ακριβότερες οι τιμές μονάδας και συχνά ανεπαρκείς οι πόροι των εταιρειών παραγωγής ρεύματος, το συγκρότημα παράγει και αποθηκεύει ενέργεια κατά τις βραδινές ώρες (που δεν συντρέχουν τα ως άνω προβλήματα) και την χρησιμοποιεί (επικουρικά ή καθολικά) την ημέρα. Η θεωρία της αποθήκευσης είναι επίσης απλή: Κατά κύριο λόγο γίνεται σε υλικά αλλαγής φάσης, τα οποία κατά την φάση της «φόρτισης» ψύχονται κάτω του σημείου παγώματος και αποθηκεύουν ουσιαστικά τη δυνατότητα να απορροφήσουν αργότερα (φάση χρήσης) την λανθάνουσα θερμότητα υγροποίησης. Πρόκειται για την «αρχαία» αρχή λειτουργίας του ψυγείου πάγου. Η ιδέα εφαρμόζεται σε βιομηχανική ψύξη, σε κλιματισμό και σε μεταφορά. Ένα ακόμα όφελος είναι η εξοικονόμηση στο κόστος επένδυσης: Όσον αφορά την επιλογή του εξοπλισμού, ο μελετητής κατευθύνεται μάλλον προς τη λογική του μέσου όρου παρά του (στιγμιαίου) μεγίστου. Ένα τρίτο και όχι λιγότερο σημαντικό όφελος, είναι η εξασφάλιση εφεδρείας ψύξης κατά παντός κινδύνου και η σταθερότητα της θερμοκρασίας.

ΓΙΑΤΙ ΝΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΟΥΜΕ ΤΗΝ ΨΥΞΗ;

Μια μονάδα παραγωγής ψύξης χαρακτηρίζεται από τις συνεχείς μεταβολές του ψυκτικού φορτίου, τόσο σε εποχιακό επίπεδο, όσο και σε επίπεδο ημέρας. Για παράδειγμα, μια μονάδα ψυχρής αποθήκευσης τροφίμων μπορεί να έχει στη διάρκεια του 24ώρου διακύμανση του φορτίου 1 προς 3 όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα, με το ψηλό φορτίο στη διάρκεια της κανονικής βάρδιας και προς το μεσημέρι, όπου οι ανοικτές πόρτες από τη διακίνηση αυξάνουν το φορτίο διεξόδου και μεγιστοποιείται το φορτίο δομικών στοιχείων λόγω μέγιστης θερμοκρασίας και ακτινοβολίας και το χαμηλό φορτίο στη διάρκεια της νύκτας, όπου η εγκατάσταση «αδρανοποιείται» ενώ οι καιρικές συνθήκες υποχωρούν.



Σχήμα 1: Μεταβλητότητα ψυκτικού φορτίου κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Η μεταβλητότητα αυτή δεν είναι ευχάριστη. Δημιουργεί ενεργειακά και λειτουργικά προβλήματα, με βασικότερα τα εξής:

- ❖ Υποχρεώνει τον μελετητή να σχεδιάσει την εγκατάσταση ώστε να ικανοποιεί τη μέγιστη ζήτηση, που συμβαίνει μόνο «μια στιγμή». Όλο το υπόλοιπο διάστημα η εγκατάσταση λειτουργεί σε μερική φόρτιση, πράγμα που γνωρίζουμε ότι (ειδικά στους συμπιεστές) είναι ενεργειακά ανεπιθύμητο.
- ❖ Το διάστημα της μεγάλης ζήτησης, γνωστό σαν «περίοδος αιχμής» (8:00 - 18:00 στο σχήμα) χαρακτηρίζεται όχι μόνο από την μέγιστη ζήτηση, αλλά λογικά και από αυξημένες τιμές του παρόχου της ηλεκτρικής ενέργειας. Πράγματι, οι πάροχοι τυπικά επιβάλλουν «penalties» σε δυο επίπεδα: (α) στην τιμή μονάδας της ενέργειας (KWH) κατά την περίοδο αιχμής και (β) ανάλογα με το ύψος της μεγίστης (στιγμιαίας) ισχύος που απορροφάται στην περίοδο αιχμής (KW). Έτσι δίνουν κίνητρα για μετάθεση της υπερβολικής ζήτησης σε διαστήματα της ημέρας που δεν είναι φορτισμένα τα δίκτυα διανομής ρεύματος (νύκτα)¹.
- ❖ Η μέγιστη ζήτηση συμπίπτει με μεγάλες περιόδους που είναι ανοικτές οι πόρτες των θαλάμων. Η εντατική λειτουργία των εξατμιστών συμπίπτει με μεγάλη διείσδυση νερού και σχηματισμού πάγου στην επιφάνεια του εξατμιστή και αλλού.
- ❖ Σε περιόδους παύσης του συγκροτήματος, ειδικά κατά τις θερμές περιόδους η θερμοκρασία των χώρων ανεβαίνει γρήγορα. Οι διακυμάνσεις τις θερμοκρασίας είναι έντονες και προκαλούν ποιοτικά προβλήματα στα προϊόντα με χαρακτηριστικότερο την αφυδάτωση σε προϊόντα «φτωχής» συσκευασίας.
- ❖ Η κακή ενεργειακή απόδοση επιβαρύνει το περιβάλλον.

Είναι γεγονός, ότι το προφίλ της μεταβλητότητας της ζήτησης που παρατηρούμε στο σχήμα 1 δεν μπορεί να αλλάξει. Τούτο επιβάλλεται από τις δραστηριότητες της επιχείρησης μέρα με τη μέρα. Εκείνο όμως που μπορεί να αλλάξει είναι ο χρονισμός (timing) της παραγωγής της ψύξης σε ενεργειακούς όρους (KWH): Αντί να παράγεται ανά πάσα στιγμή η απαιτούμενη ψυκτική ικανότητα (πράγμα που στην περίοδο αιχμής

¹ Στην Ελληνική πραγματικότητα αυτά αναφέρονται στην εποχή του Δημόσιου παρόχου ηλεκτρισμού. Δεν έχει υποπέσει στην αντίληψή μου ανάλογο σχήμα στην σημερινή πραγματικότητα των ιδιωτικών παρόχων.

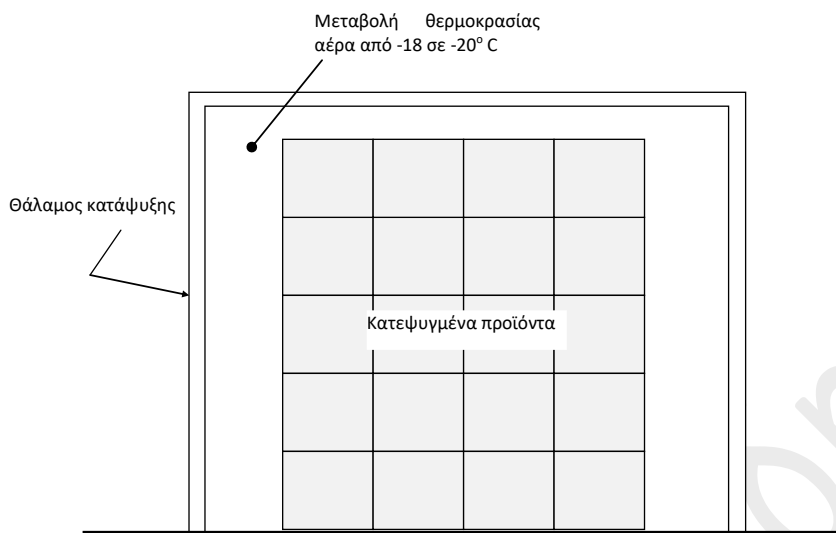
οδηγεί σε πολλά KW), παράγεται ένα απόθεμα ενέργειας (KWH) κατά τη διάρκεια της περιόδου χαμηλής ζήτησης (νύκτα) που μάλιστα λογικά προσφέρεται και «φθινό» ρεύμα. Το απόθεμα αυτό με κάποιο τρόπο αποθηκεύεται και χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της περιόδου αιχμής, είτε αυτοτελώς ή συμπληρωματικά με μηχανική παραγωγή ψύξης χαμηλής ισχύος (λίγα KW). Με τον τρόπο αυτό αντιμετωπίζονται όλα τα παραπάνω μειονεκτήματα και το προφίλ της ζήτησης παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος εξομαλύνεται και προσεγγίζει το ιδανικό του μέσου όρου, που φαίνεται στη διακεκομμένη γραμμή του σχήματος 1.

Η αποθήκευση ενεργειακής θερμότητας εξηγείται με απλά λόγια σαν η δυνατότητα ετεροχρονισμένης χρήσης της (ηλεκτρικής) ενέργειας, ώστε να γεφυρώνεται το χρονικό κενό μεταξύ διαθεσιμότητας «φθινής» ενέργειας και χρήσης της τελευταίας αργότερα, όταν η παραγωγή της είναι ακριβή. Η ψύξη «αποθηκεύεται» σε μια σχετικά μεγάλη μάζα εντός του αποθηκευτικού χώρου, που παγώνει (στερεοποιείται) στη φάση λειτουργίας του συγκροτήματος σε χαμηλότερη θερμοκρασία από εκείνη του χώρου και απορροφάει θερμότητα «λιώνοντας» κατά την φάση παύσης ή μειωμένης λειτουργίας. Η απορρόφηση της θερμότητας γίνεται είτε με την αισθητή οδό (άνοδος της θερμοκρασίας της μάζας) ή (κατά κύριο λόγο) με την λανθάνουσα (αλλαγή φάσης της μάζας). Στην πρώτη περίπτωση η «μάζα» μπορεί να είναι και τα ίδια τα προϊόντα που αποθηκεύονται. Η ποσότητα της ενέργειας που αποθηκεύεται με τη λανθάνουσα οδό ανά kg είναι πολύ μεγαλύτερη εκείνης που αποθηκεύεται με την αισθητή οδό με πτώση θερμοκρασίας μερικών βαθμών.

Κατόπιν των ανωτέρω, μπορούμε να πούμε ότι υπάρχουν δύο τρόποι αποθήκευσης ψυκτικής ενέργειας: (α) στα ίδια τα αποθηκευμένα προϊόντα (όχι και τόσο ποιοτική) και (β) σε υλικά αλλαγής φάσης, που τοποθετούνται εντός του θαλάμου (ποιοτική).

ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΨΥΞΗΣ ΣΤΑ ΙΔΙΑ ΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

Η μέθοδος αυτή ακολουθείται βασικά σε θαλάμους κατάψυξης μεγάλης πληρότητας και με προϊόντα ερμητικής συσκευασίας προς αποφυγή αφυδάτωσης. Η θερμοκρασία των προϊόντων κατεβαίνει 1-2 βαθμούς πιο κάτω από το θερμοκρασιακό όριο και κατόπιν τα ίδια τα προϊόντα σε περίοδο παύσης ή μερικής λειτουργίας απορροφούν αισθητή θερμότητα χωρίς όμως να επιτρέπεται στη θερμοκρασία των προϊόντων να ανέβει πάνω από το επιτρεπτό όριο. Η λογική γίνεται αντιληπτή στο επόμενο σχήμα και στην εφαρμογή που ακολουθεί.



Σχήμα 2: Αποθήκευση ψυκτικής ενέργειας στα αποθηκευόμενα προϊόντα.

Στο επόμενο τεύχος συνεχίζουμε με τα υλικά αλλαγής φάσης.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Νίκος Χαριτωνίδης «ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΨΥΞΗΣ – ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΑΜΜΩΝΙΑ», 2020.