

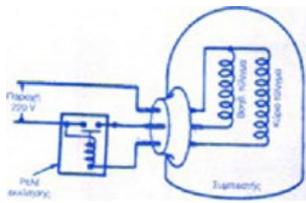
Μονοφασικός επαγωγικός ηλεκτροκινητήρας με βοηθητικό τύλιγμα μεγάλης ωμικής αντίστασης (RSIR) και εκκινητή (ρελέ) τύπου έντασης

Γράφει
ο Νίκος
Σεκεριάδης

Μηχανολόγος
Μηχανικός-
Εκπαιδευτικός

Οι κινητήρες αυτού του είδους έχουν βοηθητική περιέλιξη μεγάλης ωμικής αντίστασης για τη δημιουργία της απαιτούμενης διαφοράς φάσης, η οποία θα δημιουργήσει τη ροπή στρέψης για το ξεκίνημα του κινητήρα. Μετά το ξεκίνημα του κινητήρα η βοηθητική περιέλιξη βγαίνει εκτός λειτουργίας με τη βοήθεια του ρελέ έντασης (εκκίνησης). Οι κινητήρες αυτοί είναι πολύ απλοί και δεν χρειάζονται πυκνωτή. Παρουσιάζουν μικρή ροπή εκκίνησης και χρησιμοποιούνται σε

μικρούς συμπιεστές κλειστού τύπου, ισχύος μέχρι 1/3 H P (250W), οι οποίοι τοποθετούνται σε ψυκτικές μονάδες που έχουν σαν μέσο εκτόνωσης, τριχοειδή σωλήνα.

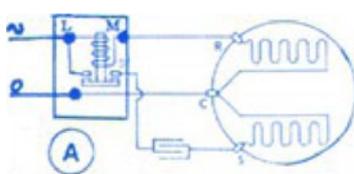


Εύρεση ακροδεκτών στο ρελέ έντασης με χρήση ωμομέτρου

Τοποθετούμε το ρελέ με την ένδειξη "UP" προς τα πάνω. Μετράμε με το ωμόμετρο την αντίσταση μεταξύ των ακροδεκτών (ανά δύο). Ο ακροδέκτης που δεν κλείνει κύκλωμα με κανένα από τους δύο άλλους είναι ο S και θα συνδεθεί με τη βοηθητική περιέλιξη του συμπιεστή. Αναποδογυρίζουμε τώρα το ρελέ με την ένδειξη "UP" προς τα κάτω και μετράμε την αντίσταση μεταξύ του ακροδέκτη S και του κάθε ενός από τους άλλους δύο ακροδέκτες. Σημειώνουμε τη τιμή της αντίστασης. Οι ακροδέκτες που έχουν αντίσταση 0 είναι ο S και ο I στον οποίο θα συνδεθεί η φάση. Επομένως ο τρίτος ακροδέκτης είναι ο R ή M που θα συνδεθεί με την κύρια περιέλιξη (R) του συμπιεστή.

Η αντίσταση μεταξύ των επαφών I και R είναι πολύ μικρή και θέλει προσοχή κατά τη μέτρηση της
I: (Line): Στην επαφή αυτή συνδέεται η φάση
M: (Main) ή R (Run): Στην επαφή αυτή συνδέεται η κύρια περιέλιξη (R) του συμπιεστή
S: (Start): Στην επαφή αυτή συνδέεται η βοηθητική περιέλιξη

Τα ρελέ έντασης (εκκίνησης) είναι ρυθμισμένα από το κατασκευαστή τους στα ονομαστικά όρια ρεύματος για εκκίνηση και λειτουργία. Όταν όμως η τάση του δικτύου πέσει κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια, υπάρχει φόβος να μην αποσυνδέεται η βοηθητική περιέλιξη, γιατί η (I) ένταση αυξάνει και το ρελέ δεν αποδιεγείρεται για να ανοίξει τις επαφές του, με συνέπεια το κάψιμο του συμπιεστή.



Μονοφασικός επαγωγικός ηλεκτροκινητήρας με πυκνωτή εκκίνησης (CSIR)

Είναι ίδιας κατασκευής με τους (RSIR) μόνο που σε σειρά με τη βοηθητική περιέλιξη, συνδέεται ένας πυκνωτής εκκίνησης. Ο πυκνωτής εκκίνησης βγαίνει εκτός λειτουργίας, μαζί με το βοηθητικό τύλιγμα, όταν ο κινητήρας, αποκτήσει το 80% των στροφών του, με τη βοήθεια του ρελέ έντασης (εκκίνησης). Παρουσιάζουν μεγαλύτερη ροπή εκκίνησης από τους (RSIR) και χρησιμοποιούνται σε συμπιεστές κλειστού τύπου, ισχύος μέχρι 3/4 HP (560W), οι οποίοι τοποθετούνται σε ψυκτικές μονάδες με κάθε είδους εκτονωτικό μέσο.

Μονοφασικός επαγωγικός ηλεκτροκινητήρας με πυκνωτή εκκίνησης και λειτουργίας (CSR)

Σ' αυτό το είδος, των ηλεκτροκινητήρων, χρησιμοποιούνται πυκνωτές εκκίνησης και λειτουργίας. Ο πυκνωτής εκκίνησης συνδέεται σε σειρά με τη βοηθητική περιέλιξη και βγαίνει εκτός λειτουργίας, μαζί με το βοηθητικό τύλιγμα, όταν ο κινητήρας αποκτήσει το 80% των στροφών του, με τη βοήθεια του ρελέ έντασης (εκκίνησης). Ο πυκνωτής λειτουργίας συνδέεται παράλληλα μεταξύ των άκρων R και S των περιελίξεων και παραμένει υπό τάση, καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του ηλεκτροκινητήρα (συμπιεστή). Στις περισσότερες περιπτώσεις για την εκκίνηση αυτών των ηλεκτροκινητήρων χρησιμοποιείται ρελέ εκκίνησης τύπου τάσης. Χρησιμοποιούνται σε όλες τις εφαρμογές ψύξης και κλιματισμού μέχρι 5 H P (4 KW) περίπου και με όλα τα εκτονωτικά μέσα.

Ρελέ (εκκινητής) τύπου τάσης

Το ρελέ τάσης χρησιμοποιείται σε μονάδες ψύξης και κλιματισμού μεγαλύτερες από 3/4 HP (0.5 KW). Αποτελείται από ένα πηνίο με φιλό σύρμα και πολλές σπείρες, τα άκρα του οποίου (1-2) συνδέονται παράλληλα προς τη βοηθητική περιέλιξη. Έτσι η τάση που επικρατεί στα άκρα της περιέλιξης εκκίνησης (βοηθητικής S-C) είναι ίση με τη τάση στα άκρα του πηνίου του ρελέ, γιατί είναι παράλληλα κυκλώματα.

Οι επαφές του ρελέ τάσης είναι κανονικά κλειστές (αντίθετα με το ρελέ έντασης). Το γεγονός αυτό είναι ένα μεγάλο πλεονέκτημα των ρελέ τάσης, γιατί το υψηλό ρεύμα εκκίνησης βρίσκει ελεύθερη δίοδο προς τη βοηθητική περιέλιξη και έτσι δεν δημιουργείται σπινθήρας (ARC), ο οποίος θερμαίνει και καταστρέφει τις επαφές. Όσο αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα αυξάνεται και η παραγόμενη αντιηλεκτρεγερτική δύναμη στη περιέλιξη εκκίνησης.

Όταν οι στροφές του ηλεκτροκινητήρα φτάσουν στο 75 - 80% των στροφών της κανονικής λειτουργίας του, έχει αναπτυχθεί στα άκρα της βοηθητικής περιέλιξης και επομένως και στα άκρα του πηνίου του ρελέ (λόγω

της παράλληλης σύνδεσης μεταξύ τους) τάση της οποίας η τιμή είναι περίπου 2,5 φορές μεγαλύτερη από τη τάση του δικτύου. Η τάση αυτή προκαλεί τη ροή ρεύματος για τη δημιουργία στο πηνίο του ρελέ ικανού μαγνητικού πεδίου για την έλξη (άνοιγα) των επαφών (1-2) Έτσι η βοηθητική περιέλιξη βγαίνει εκτός λειτουργίας. Το ρελέ παραμένει οπλισμένο και με τη βοηθητική περιέλιξη εκτός λειτουργίας όση ώρα λειτουργεί ο κινητήρας. Όταν σταματήσει ο κινητήρας οι επαφές έρχονται πάλι στη κλειστή θέση, έτοιμες για μια νέα εκκίνηση.

ΠΡΟΣΟΧΗ

- Αν καεί το πηνίο του ρελέ τάσης, ο κινητήρας θα ξεκινήσει αλλά η βοηθητική περιέλιξη και ο πυκνωτής εκκίνησης θα παραμείνουν στο κύκλωμα και μετά την εκκίνηση. Αυτό σημαίνει καταστροφή του πυκνωτή ή ακόμα και τις ίδιες της βοηθητικής περιέλιξης .
- Μην λειτουργείτε το κινητήρα χωρίς το προβλεπόμενο ρελέ.

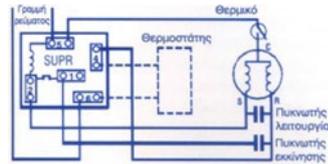
Εύρεση ακροδεκτών στο ρελέ τάσης με χρήση ωμόμετρου

- Μετράμε με το ωμόμετρο τις επαφές 5 (L) και 2 (M) του ρελέ τάσης. Η ένδειξη είναι περίπου 1 0-40 ΚΩ.
- Μετράμε με το ωμόμετρο τις επαφές 1 (S) και 2 (M) του ρελέ τάσης. Η ένδειξη είναι μηδέν. Αυτό συμβαίνει γιατί μετράμε τη τιμή της αντίστασης των επαφών του ρελέ τάσης.
- Μετράμε με το ωμόμετρο τις επαφές 5 (L) και 1 (S) του

ρελέ τάσης. Η ένδειξη είναι περίπου 10-40 ΚΩ. Αυτό συμβαίνει γιατί μετράμε τη τιμή της αντίστασης του πηνίου και των επαφών του ρελέ τάσης που είναι σε σειρά συνδεδεμένες

- Μετράμε με το ωμόμετρο την επαφή 4 και μία από τις επαφές 1,2,5 του ρελέ τάσης. Η ένδειξη είναι άπειρο δηλαδή δεν υπάρχει ηλεκτρική σύνδεση με το πηνίο ή τις επαφές.

Συνδεσμολογία με θερμοστάτη και θερμικό



Διαφορές ρελέ έντασης – ρελέ τάσης

ΕΞΑΡΤΗΜΑ	ΡΕΛΕ ΕΝΤΑΣΗΣ	ΡΕΛΕ ΤΑΣΗΣ
ΠΗΝΙΟ	Αποτελείται από χονδρό σύρμα και λίγες σπείρες. Συνδέεται σε σειρά με τη κύρια περιέλιξη (R)	Αποτελείται από λεπτό σύρμα και πολλές σπείρες. Συνδέεται παράλληλα με τη βοηθητική περιέλιξη (R-C)
ΕΠΑΦΕΣ	Είναι κανονικά ανοικτές. Κλείνουν για 3-4 sec κατά την εκκίνηση.	Είναι κανονικά κλειστές. Παραμένουν κλειστές για 3-4 sec κατά την εκκίνηση.
ΧΡΗΣΗ	Σε συμπιεστές μέχρι 3/4 HP (0.5 KW)	Σε συμπιεστές πάνω από 3/4 HP (0.5 KW)



ΓΕΝΙΚΗ ΨΥΚΤΙΚΗ Α.Τ.Ε.Κ.Ε

Επαγγελματικές λύσεις & υπηρεσίες υψηλού επιπέδου



ΙΣΧΥΣ



ΡΥΘΜΙΣΗ



ΕΛΕΓΧΟΣ



ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ



ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ

Μέσα σε ένα δύσκολο οικονομικό περιβάλλον, η **εξοικονόμηση ενέργειας** μπορεί να προσφέρει σε κάθε επιχείρηση στρατηγικό πλεονέκτημα μέσω της **μείωσης των λειτουργικών εξόδων**. Αρωγός προς αυτή την κατεύθυνση η Γενική Ψυκτική με την πολυετή πείρα της, προσφέρει **λύσεις** ταυτισμένες με την ποιότητα, την εφευρετικότητα, την ευχρηστία και την τεχνολογική αρτιότητα.

Η Κρυογενική Ψύξη



Γράφει
ο **Δημήτρης
Μενεγάκης**
Μηχανολόγος
Μηχανικός

Στην πολύχρονη καριέρα μου έχω ασχοληθεί αρκετά και με την **Κρυογενική Ψύξη**, τόσο σε επίπεδο τεχνικών εφαρμογών, όσο και εφαρμογών για επιστημονικά, ερευνητικά και πειραματικά εργαστήρια. Ποτέ όμως δε σκέφθηκα να γράψω δύο λόγια στο περιοδικό μας, γιατί πίστευα, ότι αυτό το είδος της ψύξης, είναι έξω από τα ενδιαφέροντα του Έλληνα ψυκτικού.

Στο σημερινό μου άρθρο θα γράψω σε συντομία δύο λόγια, θα κάνω ένα σύντομο αφιέρωμα, για να συστήσω την κρυογενική ψύξη στους αναγνώστες μου ψυκτικούς, αφού όμως πρώτα τους εξομολογηθώ, ότι ο λόγος που μ' έκανε ν' αλλάξω γνώμη είναι τα ψυκτικά ρευστά και ο σάλος που ξεσπά, κατά καιρούς, γύρω απ' αυτά.

Θεωρώ λοιπόν σκόπιμο, να κάνω μια σύντομη αναδρομή στο παρελθόν, σε σχέση με τη χρονολογική εξέλιξη των ψυκτικών ρευστών και την πορεία της καθιέρωσής τους και ύστερα να ασχοληθώ με την επικεφαλίδα του σημερινού μου άρθρου, την Κρυογενική ψύξη.

Τα ψυκτικά ρευστά του παρελθόντος

Με την επικράτηση της μηχανικής ψύξης, χρησιμοποιήθηκαν, αρχικά σαν ψυκτικά ρευστά:

- _ το Διοξείδιο του Άνθρακα (CO_2)
- _ Το Διοξείδιο του Θείου (SO_2)
- _ Το Χλωριούχο Μεθύλιο (CH_3Cl)
- _ Το Χλωριούχο Μεθυλένιο (CH_2Cl_2)
- _ Το Βουτάνιο (C_4H_{10}), συστατικό των υγραερίων καυσίμων
- _ Το Προπάνιο (C_3H_8), επίσης συστατικό των υγραερίων και
- _ Η Αμμωνία (NH_3)

Η γρήγορη εξέλιξη της τεχνολογίας της ψύξης και των ψυκτικών μηχανών, επέβαλε τη μελέτη και την παραγωγή νέων ψυκτικών ρευστών, λόγω των σοβαρών μειονεκτημάτων, που παρουσίαζαν κατά τη χρήση τους τα «αρχικά» ψυκτικά ρευστά που αναφέρθηκαν παραπάνω. Η παγκόσμια παραγωγή καθιέρω-

σε τότε μια επαναστατική σειρά ψυκτικών ρευστών τους χλωριωμένους φθοριοάνθρακες, κύρια του μεθανίου και του αιθανίου, που χαρακτηρίζονται διεθνώς με τα γράμματα CFC, που είναι τα αρχικά του όρου «χλωριωμένοι φθοριοάνθρακες» στην Αγγλική γλώσσα. Είναι τα γνωστά μας FREON, που για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα έλυσαν ικανοποιητικά τα προβλήματα των ψυκτικών μηχανικών και των εργοστασίων κατασκευής ψυκτικών μηχανών, σ'ολόκληρο τον κόσμο. Από τη σειρά των FREON ξεχώρισαν, όπως ξέρετε:

- _ Το R12 _ Διχλωρο-διφθορομεθάνιο (CF_2Cl_2)
- _ Το R22 _ Μονοχλωρο - διφθορομεθάνιο (CHF_2Cl) και
- _ Το R502 _ (Μίγμα)

Αυτά ικανοποιούσαν τις απαιτήσεις των τεχνικών σε πολλούς τομείς. Δεν ήταν εύφλεκτα και εκρηκτικά, όπως το βουτάνιο και το προπάνιο. Δεν ήταν τοξικά, όπως η Αμμωνία. Είχαν χαμηλή πίεση και θερμοκρασία συμπύκνωσης, που σημαίνει εύκολη υγροποίηση και αποβολή θερμότητας, σε αντίθεση με το CO_2 . Εδώ πρέπει να αναφέρω, ότι το R22 έχει πίεση συμπύκνωσης 12kg/cm^2 στους $+30^\circ\text{C}$ ενώ η πίεση συμπύκνωσης του CO_2 , στην ίδια θερμοκρασία, είναι 73kg/cm^2 . Τα FREON είχαν βαθμό απόδοσης 84% στον κύκλο λειτουργίας (κύκλος CARNOT), όταν το CO_2 έχει 45% κάλυψαν για μεγάλο χρονικό διάστημα τις ανάγκες των τεχνικών, της βιομηχανίας και της αγοράς, μέχρι το 1995.

Τα Ψυκτικά ρευστά του παρόντος

Έρευνες απέδειξαν ότι το χλώριο επηρεάζει το Όζον του φυσικού μας περιβάλλοντος. Πιο συγκεκριμένα το χλώριο «απωθεί» ή «εκτοπίζει» το όζον, προκαλώντας την πολυσυστημένη «τρύπα του όζοντος» (OZON DEPLETION), μια επικίνδυνη κατάσταση, που προκαλεί έλλειψη οξυγόνου, με ότι αυτό συνεπάγεται για τους ανθρώπους. Το όζον εμποδίζει την υπεριώδη ακτινοβολία να φθάσει στη Γή και με τον τρόπο αυτό προστατεύει τον άνθρωπο, σαν ένα φίλτρο. Οι κίνδυνοι αυτοί ανάγκασαν τα πιο πολλά κράτη να πάρουν κατεπείγοντα μέτρα και να υπογράψουν στις 31 Δεκεμβρίου 1995 το **Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ**, που τέθηκε σε ισχύ από την επόμενη κιόλας ημέρα, την 1 Ιανουαρίου 1996. Με τη συμφωνία αυτή απαγορεύτηκε η παραγωγή προϊόντων που περιέχουν χλώριο, οπότε διακόπηκε και η παραγωγή των χλωριωμένων φθοριοανθράκων, ακό-



μη και των ψυκτικών ρευστών μεγάλου φάσματος, όπως ήταν το R12, το R22, και το R502. Όπως ασφαλώς θυμάστε δόθηκε μια περίοδος χάριτος μόνο στο R22, γιατί αυτό επηρέαζε το περιβάλλον 20 φορές λιγότερο από τα άλλα δύο. Με το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ θεσπίστηκαν νέα κριτήρια για τα Ψυκτικά ρευστά, που πρέπει να μην επηρεάζουν το περιβάλλον, γι αυτό τα ονομάζουν «οικολογικά». Οι βιομηχανίες παραγωγής ψυκτικών ρευστών άρχισαν να παράγουν και να διαθέτουν στην αγορά ψυκτικά ρευστά, αντικαταστάτες εκείνων που καταργήθηκαν, με τα ίδια θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά περίπου, αλλά με λιγότερο ή καθόλου χλώριο. Είναι τα FREON που χρησιμοποιούμε σήμερα που κυκλοφορούν σε 2 σειρές:

α/ Υδρογονωμένοι φθοριοάνθρακες (HFC), όπως το R404A, το R407A και το R407B.

β/ Υδρογονωμένοι – χλωριωμένοι – φθοριοάνθρακες (HCFC), όπως το R134A, το R401A, το R402B, το R407C, το R408A, το R409Ακ.α. Η σειρά αυτή σαν προϊόντα είναι τα ίδια με τα προηγούμενα, αλλά περιέχουν ίχνη χλωρίου.

Για τα FREON που χρησιμοποιούμε σήμερα άρχισε μια «οικολογική γκρίνια» από το 2005, που έβαλε στόχο αυτή τη φορά, όχι μόνο τα ίχνη χλωρίου των HCFC, αλλά και το φθόριο που περιέχουν τόσο τα HCFC, όσο και τα HFC, δηλαδή και οι δύο σειρές των ψυκτικών ρευστών, που χρησιμοποιούμε σήμερα. Σιγά – σιγά η «γκρίνια» αυτή πήρε την επίσημη μορφή του Κανονισμού 517/2014 της Ευρωπαϊκής Ένωσης, βάσει του οποίου:

α/ Μειώνεται σταδιακά η παραγωγή των ψυκτικών ρευστών που χρησιμοποιούμε σήμερα, στο 21%, από το 2020 μέχρι το 2030. Κατά συνέπεια περιορίζεται η εισαγωγή, η διακίνηση και η χρήση.

β/ Ορισμένα ψυκτικά ρευστά δεν καταργούνται, αλλά εύκολα καταλαβαίνει οποιοσδήποτε, ότι αυτά θα είναι δυσεύρετα και ασφαλώς ακριβά, λόγω της περιορισμένης παραγωγής.

γ/ Επιδίδονται **απαγορεύσεις** χρήσης στις περισσότερες περιπτώσεις γνωστών μας εφαρμογών από το 2020 μέχρι το 2030.

δ/ Ο κανονισμός 517/2014 επιτρέπει χωρίς κανένα περιορισμό τη χρήση της υγρής Αμμωνίας (NH₃), ιδιαίτερα στις ψυκτικές εγκαταστάσεις μεγάλης ισχύος. Η Αμμωνία είναι ένα άριστο ψυκτικό ρευστό, υψηλής απόδοσης και χαμηλού κόστους, αλλά είναι πολύ τοξική και απαιτείται καλή γνώση της τεχνολογίας της.

ε/ Ο κανονισμός 517/2014, ανασύρει από την αφάνεια του παρελθόντος και επιτρέπει τη χρήση χωρίς κανένα περιορισμό σε ψυκτικά ρευστά, όπως το Βουτάνιο και το Προπάνιο που είναι, όπως προαναφέρθηκε, εκρηκτικά και εύφλεκτα. Είναι τα γνωστά μας υγραέρια.

στ/ Ο κανονισμός 517/2014, ανασύρει από την αφάνεια του παρελθόντος και το Διοξείδιο του άνθρακα και επιτρέπει τη χρήση του, χωρίς κανένα περιορισμό, σαν ψυκτικό ρευστό. Το CO₂ χρησιμοποιήθηκε κατά το παρελθόν σε κάποιες ψυκτικές εγκαταστάσεις, αλλά έχει αρκετές σημαντικές διαφορές από τα άλλα ψυκτικά ρευστά, που πρέπει να τις αναφέρουμε.

Το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ το είχε καταδικάσει το 1995 επειδή αυξάνει τη μέση θερμοκρασία της Γής. Κατά τη λειτουργία του αναπτύσσει υψηλές πιέσεις. Για παράδειγμα η πίεση συμπίκνωσης στους +30°C είναι 73kg/cm², όταν η αντίστοιχη πίεση του R22 είναι 12kg/cm². Αυτές οι πιέσεις (1040 psi) απαιτούν συμπίεστες ισχυρής κατασκευής και με ειδικά εξαρτήματα στεγάνωσης, δηλαδή υδραυλικούς λαβύρινθους κ.α. που σημαίνουν υψηλό κόστος. Έχει χαμηλή κρίσιμη θερμοκρασία, μόλις +31°C, που σημαίνει χαμηλή λανθάνουσα θερμότητα, με αποτέλεσμα να αναπτύσσει χαμηλό βαθμό απόδοσης, ενώ απαιτεί μεγάλη ισχύ ηλεκτροκινητήρα, λόγω των υψηλών πιέσεων λειτουργίας.

Μέσα σ' αυτό το λαβύρινθο των συγκρουόμενων απόψεων για τα ψυκτικά ρευστά, που καθιερώνονται τη μια μέρα και αρχίζει η αμφισβήτησή του από την επόμενη.

Μέσα στον κυκεώνα των κανονισμών, που καταδικάζουν ένα ψυκτικό ρευστό και ύστερα από κάμποσο καιρό το ανασύρουν και το ξανακαθιερώνουν με την ίδια ευκολία, που το είχαν καταδικάσει, σκέφθηκα κι εγώ να αλλάξω τη γνώμη μου, να ανασκευάσω την αποφασή μου και να γράψω δύο λόγια για την κρυογενική ψύξη. Όλα πια μπορεί να τα περιμένει κανείς, ακόμη και μια «προφητική» αλλαγή γνώμης.

Η Κρυογενική ψύξη

Ο όρος «κρυογενική» ψύξη, που χρησιμοποιείται διεθνώς, προέρχεται από την Ελληνική γλώσσα και σημαίνει «γένεση» ψύχους. Σε ελεύθερη μετάφραση σημαίνει «παραγωγή ψύχους». Σαν τεχνικός όρος αναφέρεται στην περιοχή των πιο χαμηλών θερμοκρασιών της φύσης, που αρχίζει από τους -90°C και φθάνει στο απόλυτο 0, δηλαδή στους -273°C, που είναι το 0 της κλίμακας Κέλβιν (0°K).

Στην κρυογενική ψύξη χρησιμοποιούνται ορισμένα υγρά, ή μάλλον υγροποιημένα αέρια και η θερμο-



κρασία, που μπορούμε να πετύχουμε εξαρτάται από το υγροποιημένο αέριο που θα χρησιμοποιήσουμε. Ο παρακάτω πίνακας δίνει τις θερμοκρασίες βρασμού και επομένως τις θερμοκρασίες που μπορούμε να πετύχουμε με τα πιο συνηθισμένα κρυογενικά υγροποιημένα αέρια, σε κανονικές συνθήκες:

Αιθυλένιο	_90°C (183°K)
Μεθάνιο	_161°C (112°K)
Οξυγόνο	_183°C (87°K)
Αέρας	_186°C (84°K)
Άζωτο	_196°C (74°K)
Νέον	_246°C (24°K)
Υδρογόνο	_253°C (17°K)
Ήλιον	_269°C (4°K)

Για τη μέτρηση των κρυογενικών θερμοκρασιών χρησιμοποιείται η κλίμακα, Κέλβιν, που έχει αρχή μετρήσεων το απόλυτο μηδέν, δηλαδή η θερμοκρασία στην οποία μηδενίζεται ο όγκος των αερίων, δηλαδή παύουν να υπάρχουν αέρια. Το 0 της κλίμακας Κέλβιν αντιστοιχεί στους _273°C και στους _460°F.

Η εξέλιξη της κρυογενικής

Η βάση της κρυογενικής μηχανικής ήταν η υγροποίηση του αζώτου (_196°C) από τον Linde και τον Dewar το 1898 και του ηλίου (_269°C) από τον Kemmerling Onnes, το 1908. Ήταν τεράστιο το επιστημονικό ενδιαφέρον, αλλά σχεδόν ανύπαρκτο το εμπορικό. Αυτό μέτρησε αρνητικά για την εξέλιξη της κρυογενικής. Μέχρι το 1940 η έρευνα στον τομέα αυτό γίνονταν μόνο σε λίγα πανεπιστήμια της Ευρώπης και της Αμερικής. Ένα μεγάλο άλμα έγινε το 1947, όταν το τεχνολογικό ινστιτούτο της Μασαχουσέτης (M.I.T.) κατασκεύασε τον **Υγροποιητή Ηλίου** του Collins, με τον οποίο η έρευνα έφθασε στη θερμοκρασία βρασμού του ηλίου _269°C σε κανονικές συνθήκες. Λίγο αργότερα οι ίδιοι ερευνητές έφθασαν στην κρίσιμη θερμοκρασία του ηλίου, στους _272°C, που είναι η υψηλή θερμοκρασία της υγρής κατάστασης αυτού του αερίου και απέχει μόλις 1°C από το απόλυτο 0. Παράλληλα με τις έρευνες αυτές μελετήθηκε η συμπεριφορά των μετάλλων στις κρυογενικές θερμοκρασίες και προέκυψαν νέα κράματα. Έτσι αυξήθηκε το εμπορικό ενδιαφέρον για τις εφαρμογές των πολύ χαμηλών θερμοκρασιών, που είναι κατά κύριο λόγο:

- _ η βιομηχανοποιημένη υγροποίηση αερίων, η ασφαλής αποθήκευση και η μεταφορά τους με ειδικά διασκευασμένα πλοία
- _ η πολεμική βιομηχανία
- _ η βιομηχανία διαπλανητικών προγραμμάτων και
- _ η κρυογενική ψυκτική εγκατάσταση

Η εγκατάσταση κρυογενικής ψύξης

Η κρυογενική ψυκτική εγκατάσταση είναι πολύ απλή. Δεν χρησιμοποιούνται τα μηχανικά συγκροτήματα της

συμβατικής ψύξης, δηλαδή δεν υπάρχει ο συμπιεστής, ούτε ο εξατμιστής (αεροψυκτήρας), ούτε ο συμπυκνωτής. Το «ψυκτικό ρευστό» **δεν** εξατμίζεται μέσα σε αεροψυκτήρες – εξατμιστές, απορροφώντας θερμότητα από το χώρο του ψυγείου και τα αποθηκευμένα ευπαθή προϊόντα. **Ούτε** συμπυκνώνεται σε συμπυκνωτές, απορρίπτοντας τη θερμότητα που περιέχει, ώστε να μετατραπεί πάλι σε υγρό, για να επαναλάβει τον κύκλο του, όπως γίνεται στη συμβατική ψυκτική εγκατάσταση. Δεν θα είναι υπερβολή να αναφέρουμε, ότι η κρυογενική ψύξη αγοράζεται «έτοιμη» από τις χημικές βιομηχανίες αερίων, συσκευασμένη σε ειδικές δεξαμενές, σε μορφή υγροποιημένου αερίου, που συνήθως είναι άζωτο. Το αέριο αυτό έχει καθιερωθεί, γιατί είναι φθινό, πολύ ασφαλές στη χρήση του και αδρανές.

Το υγροποιημένο άζωτο από την ειδική δεξαμενή του οδηγείται στο χώρο του ψυγείου, ψεκάζεται σε μορφή νέφους μέσα στο ψυκτικό θάλαμο, πάνω στα αποθηκευμένα ευπαθή, διαχέεται και απορροφά θερμότητα για να φθάσει σε θερμοκρασία βρασμού. Έτσι ο χώρος και τα προϊόντα ψύχονται και μπορούν να φθάσουν γρήγορα (ταχεία ψύξη) στην επιθυμητή θερμοκρασία, που ρυθμίζει ένας θερμοστάτης χώρου και μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα. Η θερμοκρασία του χώρου μπορεί να πλησιάσει κοντά στους _196°C, που είναι η θερμοκρασία βρασμού του υγρού αζώτου. Ύστερα από την ενέργειά τους οι ατμοί του αζώτου απορρίπτονται στην ατμόσφαιρα, χωρίς να επαναλάβουν τον κρυογενικό ψυκτικό κύκλο τους.

Η κρυογενική ψυκτική εγκατάσταση είναι πιο απλή από τη συμβατική, χωρίς αυτό να σημαίνει, ότι δεν έχει κι αυτή τη δική της τεχνολογία. Η ψυκτική εγκατάσταση είναι πολύ πιο μικρού κόστους, αλλά το λειτουργικό κόστος είναι διπλάσιο της συμβατικής, με τα σημερινά δεδομένα. Ψυκτικές εγκαταστάσεις υγροποιημένου αζώτου χρησιμοποιούνται σε φούρνους βαθειάς κατάψυξης, σε αυτοκίνητα μεταφοράς ευπαθών, σε ψυκτικούς θαλάμους παράλληλα με τη συμβατική για λόγους ασφάλειας και στα Νοσοκομεία, για τη διατήρηση βιολογικού υλικού και μοσχευμάτων. Πρέπει να σημειωθεί, ότι ιδιαίτερα στους φούρνους βαθειάς κατάψυξης η κρυογενική εγκατάσταση παρουσιάζει μεγάλα πλεονεκτήματα, διότι η γρήγορη κατάψυξη των προϊόντων έχει σαν αποτέλεσμα τη διατήρηση του χρώματος, του αρώματος και των φυσικών συστατικών του προϊόντος. Επί πλέον οι κυτταρικές δομές παραμένουν ανέπαφες και τα φαινόμενα ενζυμάτων ή βακτηριακών αλλοιώσεων είναι ανύπαρκτα.

Σ' αυτό βοηθά όχι μόνο η χαμηλή θερμοκρασία επεξεργασίας αλλά και η ουδέτερη ατμόσφαιρα που δημιουργούν οι ατμοί του κρυογενικού αερίου. ❀

(συνέχεια στο επόμενο τεύχος)