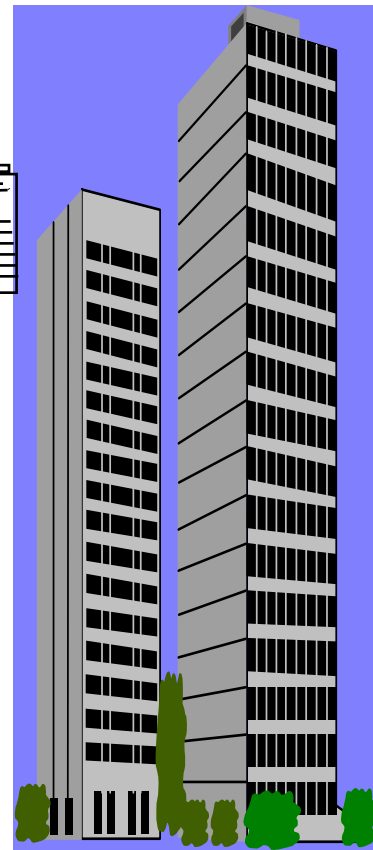
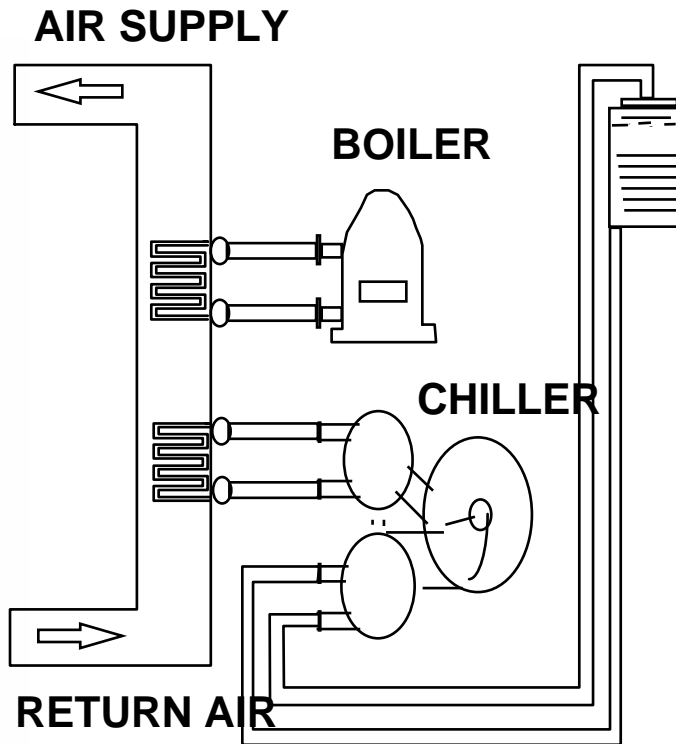


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΣΕΡΡΩΝ
ΤΕΙ ΣΕΡΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΡΥΘΜΙΣΗ ΣΤΡΟΦΩΝ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΓΚΑΒΑΛΙΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΣΤΑΝΓΚΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΑΙ
ΠΑΤΟΥΧΙΑΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	3
-----------------	----------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Εισαγωγή – Ιστορική αναδρομή.	4
1.1. Ιστορία της ψύξης και του κλιματισμού.	5
1.2 .Ιστορία της Θέρμανσης.	11
1.3. Εξέλιξη των συστημάτων ψύξης και κλιματισμού.	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2.1 Κλιματισμός.	13
2.2 Ορισμός του κλιματισμού.	13
2.3 Τρόποι μετάδοσης της θερμότητας.	15
2.4 Κύκλος αέρα.	15
2.5 Κύκλος κλιματισμού αέρα.	15
2.6 Εξαρτήματα κλιματισμού κύκλου.	16
2.7 Ορισμός Σημαντικών λειτουργιών .	16
2.7.1 Θέρμανση.	16
2.7.2 Ύγρανση.	16
2.7.3 Ψύξη.	17
2.7.4 Αφύγρανση.	17
2.7.5 Καθαρισμός.	17
2.7.6 Κίνηση του αέρα.	17

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

3.1 Ρύθμιση θερμοκρασίας με τη μέθοδο ON-OFF.	19
3.2 Ρύθμιση θερμοκρασίας με τη μέθοδο ελέγχου αναλογικής δράσης (P).	20
3.2.1. Περιγραφή της αναλογικής δράσης ελέγχου.	20
3.2.2. Χρονικά υποδιαιρούμενη αναλογική δράση ελέγχου.	21
3.2.3. Μετατόπιση.	21
3.2.4. Επιλογή αναλογικής περιόδου.	21
3.3 Ρύθμιση θερμοκρασίας με τη μέθοδο της αναστοιχειοθέτησης (I).	22
3.3.1. Δράση ελέγχου αναστοιχειοθέτησης (I).	22
3.3.2. Χρόνος Αναστοιχειοθέτησης.	22
3.3.3. Ποσοστό αναστοιχειοθέτησης.	23
3.4 Ρύθμιση θερμοκρασίας με τη μέθοδο ελέγχου ποσοστού (D).	24
3.4.1. Δράση ελέγχου ποσοστού (D).	24
3.4.2. Χρόνος Ποσοστού.	24
3.4.3. Διαφορική Επίδραση.	24
3.5 Ρύθμιση θερμοκρασίας με τη μέθοδο ελέγχου αναλογικής αναστοιχειοθέτησης ποσοστού (PID).	25

3.5.1. Δράση ελέγχου PID.	25
3.5.2. Καθορισμός των παραμέτρων ελέγχου PID.	26
3.6. Μαθηματικό μοντέλο του PID.	27

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

4.1 Αντιστροφείς διαμόρφωσης εύρους παλμών (PWM).	30
4.2 Στρατηγική της διαμόρφωσης εύρους παλμών (PWM).	30
4.3 Κινητήρια συστήματα μεταβλητής συχνότητας	30
4.4 Συντελεστής ισχύος και κυματομορφή ρεύματος.	31
4.5 Συντελεστής ισχύος και κυματομορφή ρεύματος	32
4.6 Ηλεκτρομαγνητική πέδηση	32
4.7 Κινητήρια συστήματα PWM με ρυθμιζόμενη ταχύτητα.	33

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

Ρυθμιστές στροφών ασύγχρονων κινητήρων (INVERTERS).	
5.1 Γενικά.	36
5.2 Πλεονεκτήματα από την εφαρμογή συστημάτων ρυθμιζόμενης ταχύτητας .	38
5.3 Ενίσχυση της ροπής εκκίνησης.	39
5.4 Επιτάχυνση – Επιβράδυνση κινητήρα.	40
5.5 Έλεγχος συχνότητας (έλεγχος πεδίου ταχύτητας).	41
5.6 Λειτουργία με μειωμένο φορτίο.	43
5.7 Ελεγχόμενη εκκίνηση.	43
5.8 Ελεγχόμενο σταμάτημα.	43
5.9 Τοποθέτηση πλάτους αναπήδησης περιοχών (ζώνες συχνότητας) .	45
5.10 Τοποθέτηση μέγιστης συχνότητας κινητήρα.	45
5.11 Συστήματα οδήγησης κινητήρων.	46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο

Εφαρμογές των Inverters.	
6.1.1 Συμπιεστής με οδήγηση Inverter.	49
6.1.2 Ανεμιστήρες με οδήγηση Inverter.	50
6.2 Οδήγηση τριφασικού κινητήρα – αντλίας.	51
6.3 Πως γίνεται ο έλεγχος και η ρύθμιση της θερμοκρασίας σε ένα σύστημα inverter.	52
6.4 Οικονομία ρεύματος με την χρήση Inverter στον κλιματισμό.	53
6.5 Παράδειγμα μεταβολής της ροπής και της ισχύος με τη χρήση inverter.	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο

7.1 Συμπεράσματα	56
------------------	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	68
---------------------	-----------

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην εργασία μας αυτήν θα ασχοληθούμε με ζητήματα της καθημερινής μας ζωής που μας αφορούν όλους άμεσα . Τέτοια είναι ο κλιματισμός γιατί θέλουμε να έχουμε μια σταθερή θερμοκρασία (θέρμανση ή ψύξη), υγρασία και καθαρό αέρα ώστε να έχουμε άνεση στην διαβίωση μας σε κάθε χώρο στον οποίο βρισκόμαστε .

Θα δούμε μια ιστορική αναδρομή σχετικά με σημαντικά γεγονότα που σημάδεψαν την πορεία του κλιματισμού και της ψύξης στον κόσμο .

Θα δούμε διάφορα συστήματα ρύθμισης της θερμοκρασίας , και πώς αυτά συνεργάζονται με τα σύγχρονα επιτεύγματα της τεχνολογίας για να μας χαρίσουν τις ανέσεις που θέλουμε .

Θα ασχοληθούμε στην συνέχεια με τον ρυθμιστή στροφών . Τι είναι το INVERTER , πώς λειτουργεί τι γίνεται με την ρύθμιση των στροφών και της ροπής. Θα αναφερθούν και κάποια παραδείγματα.

Σκοπός μας δεν είναι να παρουσιάσουμε μια ακόμα εργασία με θέμα τον κλιματισμό , αλλά να παρουσιάσουμε μερικά συστήματα νέας τεχνολογίας τα οποία θα βοηθήσουν τη γη μας να πάρει μια ανάσα , από την υπέρμετρη κατανάλωση ενέργειας που την μαστίζει .

Κάτι άλλο είναι η χρήση του INVERTER στον κλιματισμό και τέλος πώς επιτυγχάνετε οικονομία τόσο με την μείωση στην κατανάλωση ρεύματος όσο και στην χρήση καύσιμων και κατά συνέπεια και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον γιατί θα έχουμε μειωμένες εκπομπές CO₂.

Σε αυτή μας την εργασία μας έδωσαν μεγάλη βοήθεια ο επιβλέπων καθηγητής μας κ. Γκαβαλιάς Βασίλειος με υλικό και ιδέες για το πώς θα την ολοκληρώσουμε και η βιβλιοθήκη του ΤΕΙ Σερρών που με τα βιβλία της μας έδωσε την δυνατότητα να εμπλουτίσουμε τις γνώσεις μας .

Τελειώνοντας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα για τις ώρες που μας αφιέρωσε από τον χρόνο του βοηθώντας και διορθώνοντας την εργασία μας .

Ευχαριστούμε επίσης όλους τους καθηγητές μας στο τμήμα μηχανολογίας και ιδιαίτερα του ενεργειακού τομέα για τις γνώσεις και τη βοήθεια που μας προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια της φοίτησης μας .

ΣΤΑΝΓΚΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΠΑΤΟΥΧΙΑΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Εισαγωγή – Ιστορική αναδρομή

Η ψύξη με τον τρόπο που χρησιμοποιείται σχετίζεται με την ψύξη του αέρα και των υγρών , ώστε να αναπτύσσονται χαμηλές θερμοκρασίες , για την συντήρηση των τροφίμων , για την παραγωγή πάγου ,και την ψύξη των ποτών κτλ .

Ο κλιματισμός περιλαμβάνει την ψύξη , την θέρμανση , την εφύγρανση και την αφύγρανση ενός χώρου , τον καθαρισμό και την κυκλοφορία του αέρα , ώστε να βελτιώνονται οι εσωτερικές συνθήκες διαβίωσης .

1.1. Ιστορία της ψύξης και του κλιματισμού

Οι περισσότερες μαρτυρίες δηλώνουν ότι πρώτοι οι Κινέζοι αποθήκευαν το φυσικό πάγο (χιόνι – παγετός) , για την ψύξη του κρασιού και άλλων τροφίμων .

Αυτές οι υπόγειες αποθήκες πάγου χρησιμοποιήθηκαν στην Κίνα το 1000 π. Χ . .

Αργότερα οι Έλληνες και οι Ρωμαίοι , χρησιμοποιούσαν υπόγειες αποθήκες για την αποθήκευση πάγου , των οποίων σκέπαζαν με άχυρα , ψάθες , αγριόχορτα και άλλα υλικά , τα οποία χρησιμοποιούσαν ως μόνωση , για να διατηρήσουν τον πάγο όσο το δυνατόν περισσότερο . Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι και οι Ινδοί , πάγωναν τα ποτά τους σε πήλινα δοχεία . Αυτά τα δοχεία , τα τοποθετούσαν στον ξηρό νυχτερινό αέρα , ο οποίος διαπερνούσε μέσα από τα πορώδη τοιχώματα αυτών των δοχείων και έτσι δημιουργείτο ψύξη . Μερικές μαρτυρίες δηλώνουν ότι μ' αυτόν τον τρόπο και με πήλινα δοχεία κατασκεύαζαν ακόμα και πάγο . Στον 18^ο και 19^ο αιώνα , φυσικός πάγος από λίμνες και πηγές , αποθηκευόταν το χειμώνα κάτω από τη γη , για να χρησιμοποιηθεί στους θερμούς μήνες . Στις αρχές του 20^ο αιώνα , ο φυσικός πάγος των λιμνών , μονώνετο με πριονίδι και πωλείτο στα σπίτια και στα μαγαζιά .

Το 1823 , ο Michael Faraday ανακάλυψε ότι τα περιορισμένα αέρια κάτω από μια σταθερή πίεση θα συμπυκνωθούν κατά την ψύξη .

Το 1834 , ο Αμερικανός Jacob Perkins ανακάλυψε ένα κλειστό ψυκτικό σύστημα , με την χρησιμοποίηση της εκτόνωσης και της μετέπειτα συμπίεσης ενός υγρού , για την παραγωγή ψύξης . Αυτός χρησιμοποίησε

τον αιθέρα σαν ψυκτικό μέσο , (ουσία) , ένα χειροκίνητο συμπιεστή , έναν υδρόψυκτο συμπυκνωτή και έναν εξατμιστή , μέσα σε έναν ψύκτη υγρού . Κατά την διάρκεια του ίδιου χρόνου , στην Μ . Βρετανία , ο L . W . Wright παρασκεύασε πάγο από την εκτόνωση του συμπιεσμένου αέρα .

Το 1842 , ο φυσικός John Gorrie από τη Φλόριντα των Η.Π.Α τοποθέτησε ένα δοχείο αμμωνίας στην κορυφή μιας σκάλας , αφήνοντας την αμμωνία να στάζει , με αποτέλεσμα αυτή να εξατμίζεται και να

παράγει ψύξη . Αυτή η βασική αρχή χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα στον κλιματισμό και την ψύξη .

Το 1856 , ο Αυστραλός εφευρέτης James Harrison (μετανάστης από τη Σκωτία) , χρησιμοποίησε ένα συμπιεστή αιθέρα . Αυτός χρησιμοποίησε κατά τα πειράματα του την αμμωνία , αλλά όταν κατασκεύασε τον εξοπλισμό ψύξης χρησιμοποίησε τον αιθέρα .

Το 1858 , ο Γάλλος εφευρέτης Ferdinand Carre , ανακάλυψε ένα μηχανικό ψυγείο χρησιμοποιώντας υγρή αμμωνία σε μια μηχανή συμπίεσης . Με τον τρόπο αυτό παρασκεύαζε παγάκια . Γενικά , αυτό το μηχανικό ψυγείο ήταν το πρώτο μηχανήμα που κατασκευάστηκε για την παραγωγή πάγου .

Το 1875 , ο Ελβετός Raul Pictet χρησιμοποίησε ως ψυκτικό μέσο το διοξείδιο του θείου . Επίσης το διοξείδιο του θείου είναι και λιπαντικό , οπότε χρησιμοποιήθηκε ως ψυκτικό μέσο και ως λιπαντικό μέσο για τον συμπιεστή . Αυτό το ψυκτικό μέσο χρησιμοποιήθηκε πολύ μετά το 1890 , και χρησιμοποιήθηκε στα Βρετανικά πλοία το 1940 .

Το 1881 , ο Gustavous Swift ανακάλυψε την αυτοκινητάμαξα ψύξης , η οποία βελτιώθηκε το 1890 από τον Michael Cudahy .

Το 1902 , ο Willis Carrier ο πατέρας του κλιματισμού σχεδίασε έναν μηχανισμό ελέγχου και ρύθμισης της υγρασίας , ο οποίος ήταν ο προπομπός ενός καινούριου κλιματιστικού συστήματος . Το 1915 αυτός και άλλοι μηχανικοί δημιούργησαν την εταιρία Carrier η οποία υφίσταται μέχρι και σήμερα .

Το 1918 , το όνομα της εταιρίας Αυτόματη ηλεκτρική ψύξη άλλαξε και έγινε Kelvinator . Η εταιρία Kelvinator είναι γνωστή σαν η πρώτη εταιρία που κατασκεύασε και πούλησε οικιακά ψυγεία . Το ψυγείο αυτό ήταν μονάδα διαιρούμενου τύπου , όπου η μονάδα συμπύκνωσης τοποθετούνταν σε έναν υπόγειο χώρο και συνδεόταν με έναν εξατμιστή που βρισκόταν σε ένα ψυκτικό θάλαμο της κουζίνας .

Η εταιρία ψυγείων Guardian κατασκεύασε τα ψυγεία Guardian . Το 1918 η εταιρία General Motors αγόρασε την Guardian και έβγαλε στην αγορά το ψυγείο Frigidaire . Το 1929 , οι πωλήσεις των ψυγείων στις Η.Π.Α ανήλθαν στα 800.000 κομμάτια .

Η μέση τιμή πώλησης ενός ψυγείου έπεσε από τα 600 δολάρια το 1900 στα 170 δολάρια το 1939 .

Το 1923 , ο Nizer κατασκεύασε μια υδρόψυκτη μονάδα συμπιεστή και συμπυκνωτή για τους ψυκτικούς θαλάμους παγωτών . Σε σύντομο χρονικό διάστημα ο Nizer απορροφήθηκε των παγωτών . Αυτή η μονάδα θεωρήθηκε στην αγορά σαν το πρώτο ψυγείο από τη εταιρία Kelvinator .

Το 1923 , ο Savage Arms ανακάλυψε την πρώτη αυτόματα ελεγχόμενη επαγγελματική μονάδα . Ο συμπιεστής του Savage Arms δεν είχε έμβολα , ούτε εσωτερικά κινούμενα μέρη . Κατά την περιστροφή αυτής της μονάδας , μια στήλη υδραργύρου συμπιέζε το ατμοποιημένο ψυκτικό μέσο (ψυκτική ουσία) ο συμπιεστής αυτός πρακτικά ήταν αθόρυβος .

Το 1928 , ο Paul Crosley ανακάλυψε μια ψυκτική μηχανή απορροφητικού τύπου , έτσι υπήρχε η δυνατότητα ψύξης στις αγροτικές περιοχές όπου δεν υπήρχε ηλεκτρικό ρεύμα . Σε αυτό το σύστημα ένα φορτίο αμμωνίας και νερού περνάει πάνω από έναν καυστήρα κηροζίνης

, με αποτέλεσμα να έχουμε στον ψυκτικό θάλαμο θερμοκρασίες κάτω από 5° C . Με αυτό το σύστημα στην πραγματικότητα μπορεί να παραχθεί πάγος σε μια χρονική περίοδο 36 ωρών , ανάλογα με την θερμοκρασία του γύρω χώρου .

Με την πάροδο των χρόνων έχουν ανακαλυφθεί πολλά ψυκτικά μέσα (ψυκτικές ουσίες) .

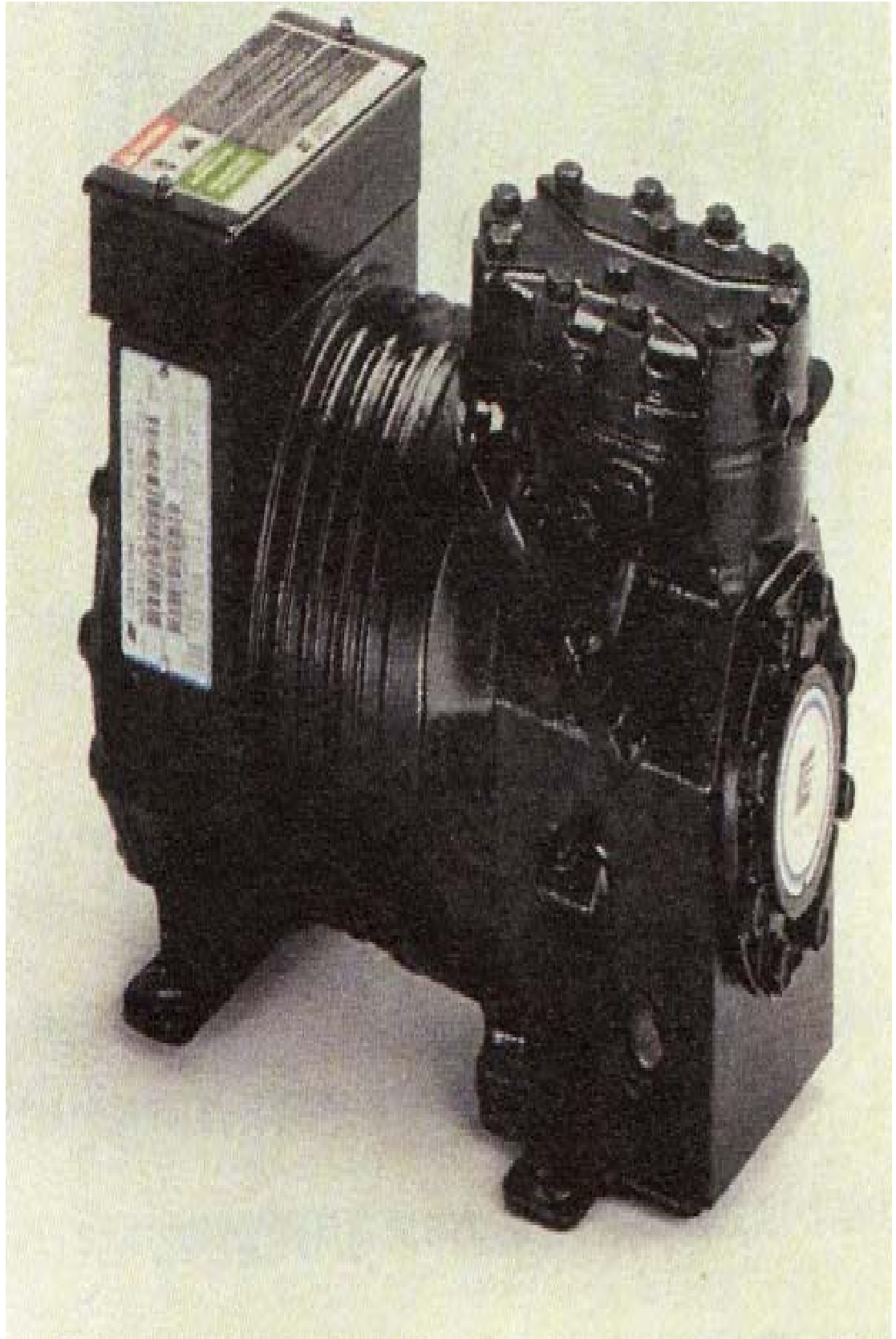
Το 1931 , ο Tommas Midgley ανακάλυψε έναν χλωροφθοράνθρακα (CFC) το γνωστό R 12 . Από το 1930 η ψύξη είχε εισέλθει στην αμερικανική ζωή , καθώς τα ψυκτικά συστήματα εισήλθαν στα σπίτια και στους επαγγελματικούς χώρους .

Το 1939 , η εταιρία Copeland κυκλοφόρησε με επιτυχία τον πρώτο ημερησιο συντηρήσιμο συμπιεστή . Ο συμπιεστής αυτός είχε εμπορική επιτυχία εξαιτίας τριών αλλαγών που έγιναν στους μέχρι τότε γνωστούς συμπιεστές .

1. Οι περιελίξεις του κινητήρα που ήταν μονωμένες με ύφασμα, μονωθήκαν με ειδικό βερνίκι .
2. Οι περιελίξεις των ηλεκτρικών ακροδεκτών από πορσελάνη , αντικαταστάθηκε με μόνωση νεοπρενίου .
3. Οι βαλβίδες ξανασχεδιάστηκαν για την βελτίωση της απόδοσης .

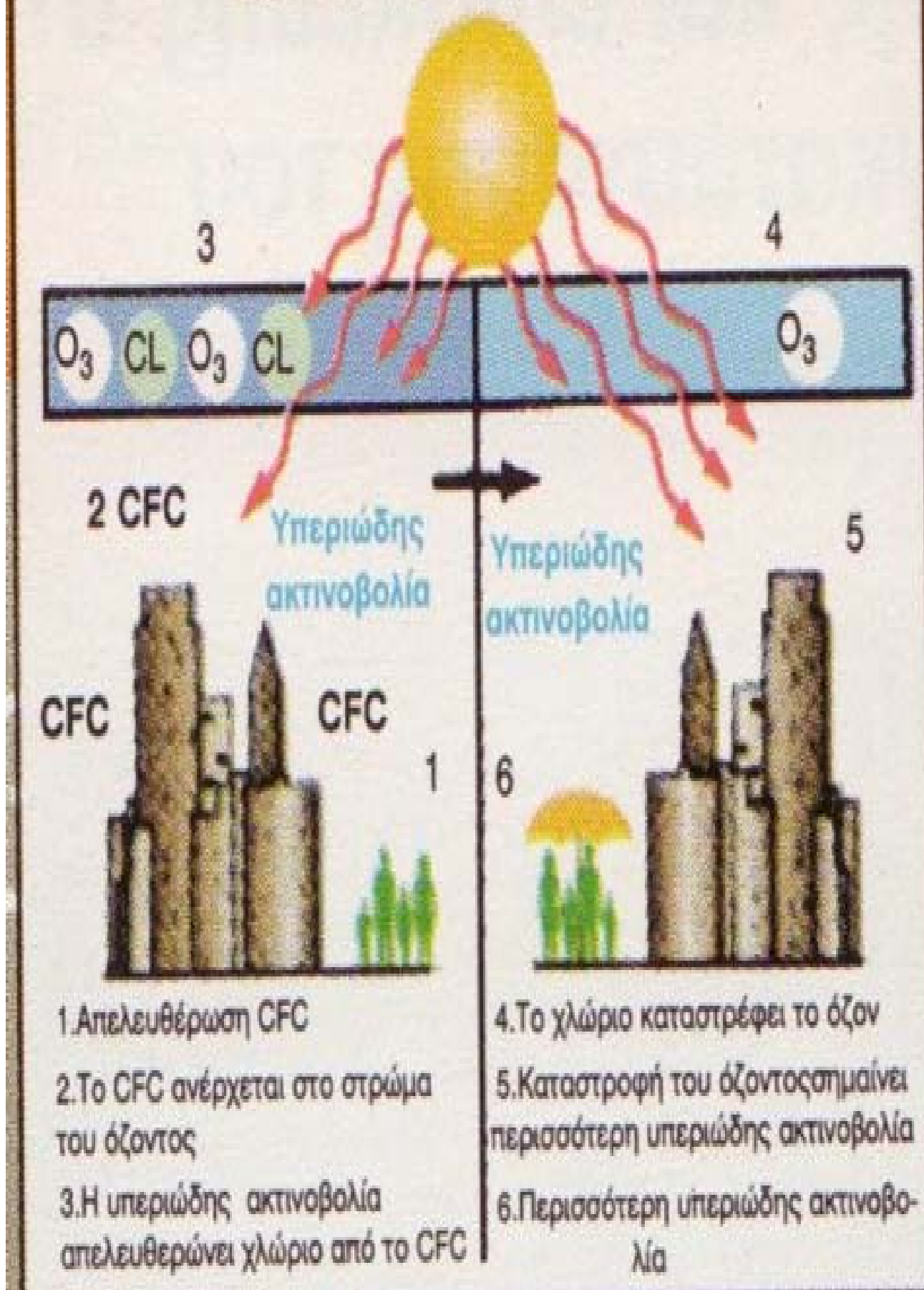
Το 1974 , δύο καθηγητές του πανεπιστημίου της Καλιφορνία , ο Sherwood Rowland και ο Mario Molina , ανέπτυξαν τη θεωρία του όζοντος . Κατά αυτήν την θεωρία , τα ψυκτικά μέσα CFC , καταστρέφουν το στρώμα του όζοντος της γήινης ατμόσφαιρας .

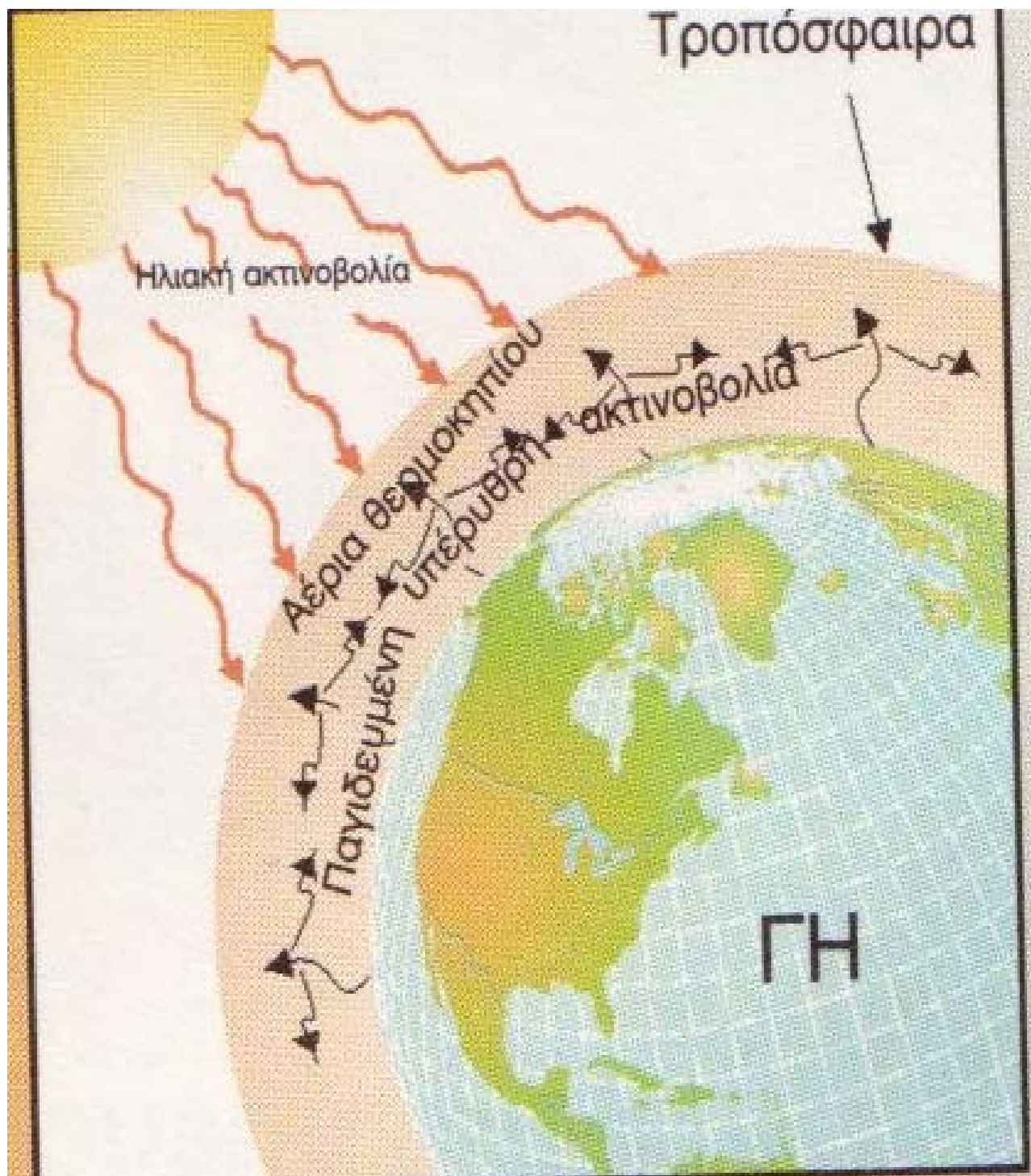
Το Σεπτέμβριο του 1987 , αντιπρόσωποι από τις Η.Π.Α τον Καναδά και από 30 άλλες χώρες , συγκεντρώθηκαν στο Μόντρεαλ του Καναδά και προσπάθησαν να λύσουν τα προβλήματα που δημιουργούνται από την απελευθέρωση των ψυκτικών ουσιών CFC στην ατμόσφαιρα . Σ' αυτήν την συνάντηση συντάχθηκε το γνωστό πρωτόκολλο του Μόντρεαλ . Αυτό το πρωτόκολλο έγινε αποδεκτό από 100 χώρες και προέβλεπε την σταδιακή αντικατάσταση των CFC με άλλα ψυκτικά μέσα που δεν καταστρέφουν την ατμόσφαιρα .



Ο ημιαυτοματικός συμπιεστής της Copeland.

Διαδικασία καταστροφής του όζοντος





Ατμοσφαιρικές ζώνες

Ιονόσφαιρα(30-300 μίλια)

Στρατόσφαιρα(7-30 μίλια)



Τροπόσφαιρα(7 μίλια από το έδαφος)

1.2 . Ιστορία της Θέρμανσης των σπιτιών και των καταστημάτων

Ο άνθρωπος στην αρχή ανακάλυψε την φωτιά . Σιγά –σιγά ο άνθρωπος διαπίστωσε ότι ήταν ποιο άνετα να ζει κάτω από μια στέγη , και να χρησιμοποιεί την φωτιά ως μέσω θέρμανσης . Πολλές φορές η φωτιά μεταφερόταν από το ένα μέρος στο άλλο . Στην αρχή ο καπνός που δημιουργού-σε η φωτιά ήταν ένα πρόβλημα , το οποίο σιγά - σιγά λύθηκε με την απαγωγή του προς τα έξω .

Στην Ευρώπη και στην Αμερική ήταν συνηθισμένα τα τζάκια από τα οποία ο καπνός έφευγε προς την ατμόσφαιρα από τις καπνοδόχους . Στα μέσα του 18^ο ανακαλύφθηκαν διάφορα μέσα επένδυσης για τα τζάκια και ένα σύστημα αγωγών απαγωγής του καπνού και μεταφοράς της θερμότητας . Αυτή ήταν η αρχή για τα συστήματα θέρμανσης με την κυκλοφορία του θερμού αέρα .

Οι βραστήρες οι οποίοι ζέσταιναν νερό , συνδέθηκαν με ένα σύστημα σωλήνων και αγωγών , μέσα από τους οποίους κυκλοφορούσε το θερμό νερό και η θερμότητα αυτή του νερού περνούσε στον γύρω χώρο δια με-σου των σωλήνων . Έτσι ανακαλύφθηκε το καλοριφέρ .

1.3. Εφαρμογή και εξέλιξη των συστημάτων ψύξης και κλιματισμού

Οι άνθρωποι στις Η.Π.Α κατά τις ψυχρές εποχές ήθελαν θέρμανση και κατά τις θερμές εποχές ήθελαν δροσιά . Επίσης ήθελαν τα τρόφιμα τους να διατηρούνται κατάλληλα και να παγώνουν τα ποτά τους . Πολλά κτήρια κατασκευάστηκαν στην αρχή , έτσι ώστε να υπάρχει ρύθμιση του αέρα μέσα από ένα ειδικό εξοπλισμό . Οι συνθήκες που πρέπει να βρίσκεται ο αέρας

πρέπει να ρυθμίζονται και να ελέγχονται , ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής του . Έτσι συστήματα ψύξης χρησιμοποιούνται στην αποθήκευση και μεταφορά τροφίμων , στην ιατρική και αλλού , ενώ συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού χρησιμοποιούνται στα σπίτια , στους χώρους εργασίας και λοιπά .

Οι τεχνίτες ψύξης και κλιματισμού τοποθετούν και συντηρούν τέτοια συστήματα και γι' αυτό το λόγω πρέπει να εξειδικευθούν σ' αυτή τη δουλειά και μάλιστα καλό θα ήταν να εξειδικεύονται σε έναν μόνο τύπο αυτού του εξοπλισμού .

Πολλές προμηθευτικές και επισκευαστικές εταιρίες εξειδικεύονται στις μεγάλες ψυκτικές εγκαταστάσεις . Οι τεχνίτες εγκατάστασης και συντήρησης αυτών των εταιριών , τοποθετούν εγκαταστάσεις ψύξης σε εστιατόρια , ξενοδοχεία , ανθοπωλεία μεγάλα πολυκαταστήματα , και όπου αλλού απαιτούνται τέτοιου είδους εγκαταστάσεις . Άλλες εταιρίες εξειδικεύουν τους τεχνίτες τους στον κλιματισμό και άλλες στην θέρμανση των αντίστοιχων

χώρων . Ο κλιματισμός μπορεί να περιλαμβάνει ψύξη , θέρμανση , εφύγρανση , αφύγρανση ή καθαρισμό του αέρα .

Η εγκατάσταση θέρμανσης μπορεί να περιλαμβάνει μονάδες πετρελαίου , αερίου , ηλεκτρισμού , ή αντλίες θερμότητας . Αυτές οι εγκαταστάσεις διαφέρουν από μέρος σε μέρος και από χώρα σε χώρα , γεγονός που εξαρτάται από το κλίμα και από τη δυναμικότητα της πηγής θέρμανσης . Οι τεχνίτες πρέπει να εξειδικεύονται στην εγκατάσταση και τη συντήρηση του εξοπλισμού , άλλοι τεχνίτες να μελετούν τις εγκαταστάσεις και άλλοι να ασχολούνται με τις πωλήσεις . Άλλοι τεχνίτες απασχολούνται στις εταιρίες κατασκευής , και άλλοι στις οικιακές εγκαταστάσεις , οι οποίες περιλαμβάνουν ψυγεία , καταψύκτες και κλιματιστικά . Μερικά σύγχρονα κτίσματα κατά-σκευάζονται κατά τέτοιο τρόπο , ώστε να εμποδίζουν την είσοδο του αέρα ενώ υπάρχει εγκατάσταση ανακύκλωσης του ίδιου αέρα , πολλές φορές . Ενδεχομένως η ποιότητα αυτού του αέρα , να προκαλέσει πρόβλημα υγείας στους ανθρώπους που περνούν πολλές ώρες σε ένα τέτοιο κτήριο . Η ποιότητα του εσωτερικού αέρα , είναι ένα άλλο πεδίο ασχολίας των τεχνιτών , οι οποίοι μπορεί να ασχοληθούν με τον καθαρισμό των φίλτρων και των αγωγών , να παίρνουν μετρήσεις για την ποιότητα του αέρα , να ελέγχουν τα συστήματα εξαερισμού και να εκτελούν τέτοιες εργασίες , οι οποίες να εξασφαλίζουν υγιεινές συνθήκες διαβίωσης .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

2.1 Κλιματισμός

Όλοι μας εκτιμούμε την άνεση που μας παρέχουν τα σύγχρονα συστήματα κλιματισμού και αυτό γιατί όλοι μας μπορούμε να καταλάβουμε ότι χωρίς έλεγχο του εσωτερικού περιβάλλοντος δεν θα είχαμε άνετες συνθήκες διαβίωσης στα σπίτια μας, στα γραφεία, σε εμπορικά καταστήματα και αλλού. Επίσης με την ανθρώπινη άνεση κατανοήθηκε ότι θα μπορούσαν να παράγονται καλύτερα τα διάφορα αγαθά όπως επίσης και ταχύτερα αλλά και ποιο οικονομικά.

Πριν το 1922 ο κλιματισμός του αέρα χρησιμοποιούταν για την προστασία των παραγόμενων αναλώσιμων προϊόντων όπως τα ζαχαρωτά, τυρί, και σπίρτα . Το 1922 έγινε η πρώτη εγκατάσταση σε ένα θέατρο.

Τα περισσότερα συστήματα που εγκαταστάθηκαν πριν την δεκαετία του 70 σχεδιάστηκαν με μικρή έμφαση στην εξοικονόμηση ενέργειας , δεδομένου ότι η τιμή των καύσιμων ήταν χαμηλή. Από εκείνη την περίοδο και μετά υπήρξε αυξημένη μέριμνα για την εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και για καλύτερη απόδοση των μηχανών. Τρεις παράγοντες συντέλεσαν σε αυτό:

- 1^ο το ανερχόμενο ενεργειακό κόστος
- 2^ο μεγάλωσε και η ανάγκη για στενότερο έλεγχο του περιβάλλοντος σε ξενοδοχεία , νοσοκομεία και βιομηχανικές εγκαταστάσεις , γραφεία, σε κλειστούς χώρους και
- 3^ο ήταν η σημασία που δόθηκε στην άνεση και την ποιότητα του εσωτερικού αέρα τόσο για την υγεία όσο και για την αποδοτικότητα.

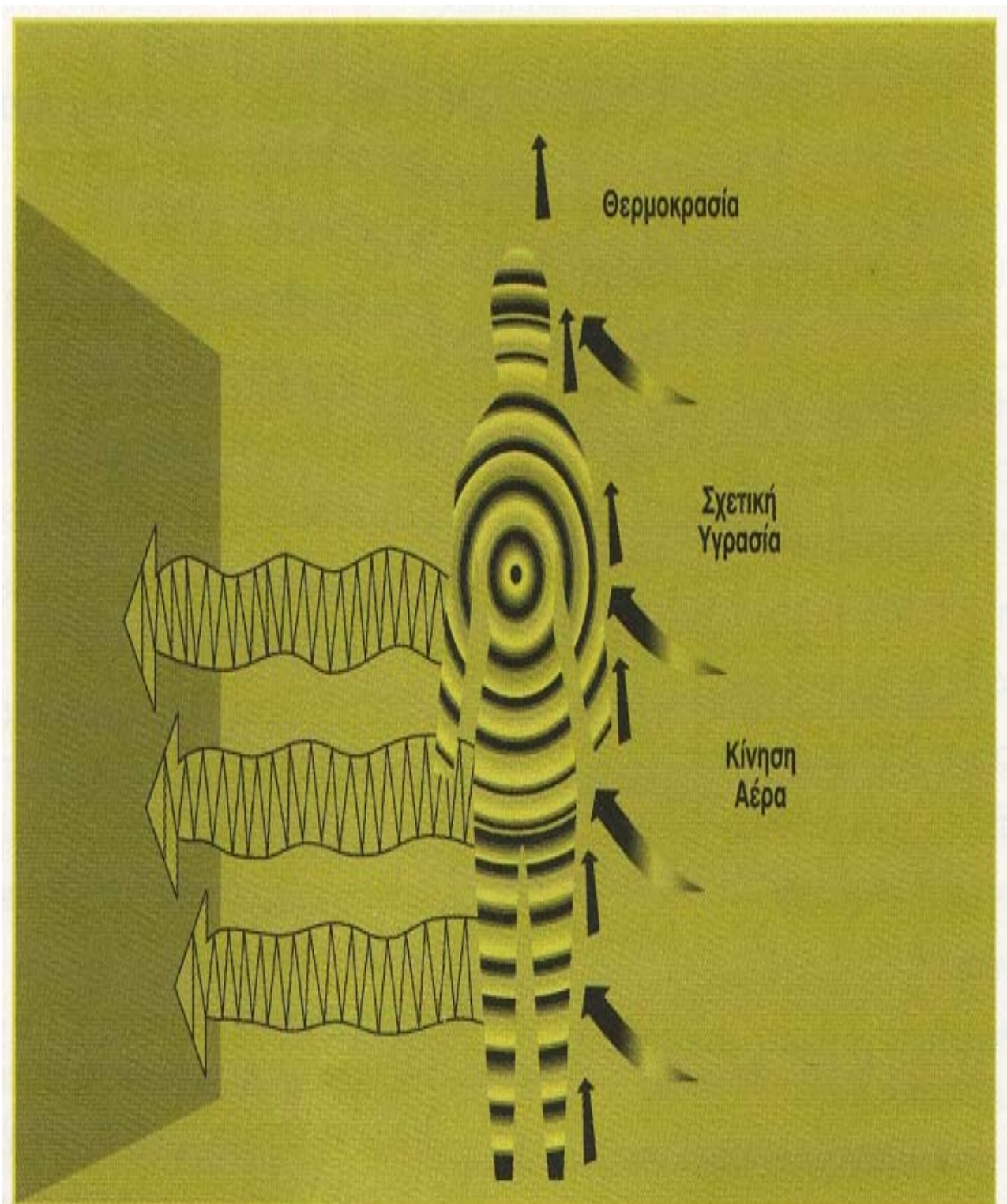
2.2 Ορισμός του κλιματισμού

Ο κλιματισμός ορίζεται ως το μέσο που:

- Κρατάει σταθερή την θερμοκρασία του αέρα, με την θέρμανση ή την ψύξη του.
- Ελέγχει την υγρασία του αέρα με την ύγρανση ή την αφύγρανση του και τέλος
- Τον καθαρίζει και τον ανακυκλώνει.

Συνοπτικά ο κλιματισμός εξασφαλίζει αυτές τις συνθήκες ταυτόχρονα, όλες τις εποχές του έτους. Έτσι ο κλιματισμός αλλάζει τις συνθήκες του αέρα σε κλειστούς χώρους.

Επειδή όλοι οι άνθρωποι περνάνε ένα μεγάλο μέρος της ζωής τους σε κλειστούς χώρους βλέπουμε την μεγάλη σημασία του κλιματισμού και ότι τα οφέλη που απολαμβάνουμε είναι πολλή περισσότερα από όσα αντιλαμβάνονται οι άνθρωποι.



Εικόνα 6-10 Συνθήκες που το ανθρώπινο σώμα αισθάνεται άνεση.

2.3 Τρόποι μετάδοσης της θερμότητας

Η μετάδοση της θερμότητας γίνεται με τρεις τρόπους:

1. Με επαφή-μεταφορά
2. Με ακτινοβολία
3. Με εξάτμιση.

Η επαφή-μεταφορά βασίζεται στο φαινόμενο όπου η θερμοκρασία ρέει από μια θερμή σε μια ψυχρή επιφάνεια και της αυξάνει την θερμοκρασία.

Η μετάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία είναι η διαδικασία όπου η θερμότητα εκπέμπεται από μια θερμή επιφάνεια προς μια ψυχρή μέσω ακτινών όπως π.χ. οι ακτίνες του ήλιου.

Η εξάτμιση είναι η διαδικασία απομάκρυνσης της υγρασίας από μια ζεστή επιφάνεια. Καθώς η υγρασία εξατμίζεται η επιφάνεια ψύχεται.

2.4 Κύκλος αέρα

Τυπικός κύκλος αέρα

Ο αέρας των εσωτερικών χώρων μπορεί να είναι παγωμένος, πολύ ζεστός, με μεγάλη υγρασία, πολύ ξηρός, να μετακινείται με ρεύματα με μεγάλη ταχύτητα, ή να παραμένει τελείως στάσιμος. Αυτές οι συνθήκες που περιλαμβάνονται στον κύκλο κλιματισμού του αέρα μπορούν να αλλάξουν δηλαδή ο ψυχρός αέρας μπορεί να ζεσταίνεται, ο θερμός να ψύχεται, υγρασία να προστίθεται στον ξηρό αέρα και να αναιρείται από τον υγρό και οι ανεμιστήρες επιτυγχάνουν μια κανονική ταχύτητα μετακίνησης του αέρα.

2.5 Κύκλος κλιματισμού αέρα

Ο κύκλος αρχίζει όταν ο ανεμιστήρας στέλνει τον αέρα μέσω αεραγωγών στα ``ανοίγματα`` του δωματίου. Αυτά τα ανοίγματα ονομάζονται στόμια εξόδου ή τερματικά . Ο αέρας , καθαρός και με την κατάλληλη υγρασία και θερμοκρασία (ζεστός τον χειμώνα και κρύος το καλοκαίρι) , περνά μέσα από τους αεραγωγούς προσαγωγής φτάνει στα στόμια εξόδου και από αυτά διασκορπίζεται στο δωμάτιο. Εκεί θα χάσει την κατάλληλη υγρασία του, θα αναμειχθεί με κάπνες, σκόνη κ.λ.π. και το μεν καλοκαίρι θα ζεσταθεί ενώ τον χειμώνα θα κρυώσει. Στην συνέχεια ο αέρας θα περάσει από τα στόμια εισόδου στους αεραγωγούς επιστροφής και θα επιστρέψει στην κλιματιστική μονάδα . Εκεί θα περάσει από τα φίλτρα πρώτα για να καθαριστεί και στην συνέχεια από το στοιχείο ψύξης ή θερμάνσεις , ανάλογα με την εποχή , για να ψυχθεί ή να θερμανθεί . Εάν είναι χειμώνας, θα προστεθεί και υγρασία στο θερμό αέρα. Τέλος ο αέρας, καθαρός και κλιματισμένος, επιστρέφει με την βοήθεια του ανεμιστήρα και ο κύκλος ολοκληρώνεται.

2.6 ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΥΚΛΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

Τα εξαρτήματα που απαιτούνται για την συμπλήρωση του κλιματισμού είναι:

1. Ο ανεμιστήρας που μετακινεί τον αέρα.
2. Οι αεραγωγοί προσαγωγής όπου κατευθύνουν τον αέρα στα στόμια προσαγωγής του δωματίου.
3. Τα στόμια που κατευθύνουν τον αέρα στο δωμάτιο.
4. Το δωμάτιο που είναι ο κλειστός χώρος όπου διοχετεύετε ο αέρας.
5. Τα στόμια επιστροφής που επιτρέπουν στον αέρα να διαφεύγει από το δωμάτιο.
6. Οι αεραγωγοί επιστροφής που οδηγούν τον αέρα πίσω στον ανεμιστήρα και στο τμήμα αυτό περιλαμβάνονται το φίλτρο, το θερμικό στοιχείο και το ψυκτικό στοιχείο.
7. Το φίλτρο καθαρίζει τον αέρα κατακρατώντας την σκόνη και τα ξένα σωματίδια.
8. Το θερμικό στοιχείο που θερμαίνει τον αέρα στην χειμερινή λειτουργία.
9. Το ψυκτικό στοιχείο που ψύχει και ξηραίνει τον αέρα στην θερινή λειτουργία.

2.7 Ορισμός Σημαντικών Λειτουργιών που απαιτούνται για τον πλήρη κλιματισμό ενός χώρου.

Για να κλιματιστεί ένας χώρος απαιτούνται κάποιες λειτουργίες να γίνουν όπως:

2.7.1 Θέρμανση

Θέρμανση είναι η μεταφορά ενέργειας σ' ένα χώρο ή στον αέρα ενός χώρου μέσω της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ της πηγής και του χώρου ή του αέρα. Η διεργασία αυτή μπορεί να έχει διάφορες μορφές όπως απευθείας ακτινοβολία και ελεύθερη μεταγωγή στον χώρο, αέρας απευθείας θερμαινόμενος ή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας, ή μέσω θέρμανσης του νερού που κυκλοφορεί στον εγγύς χώρο και θερμαίνει τον αέρα κυκλοφορίας.

2.7.2 Ύγρανση

Ύγρανση ονομάζεται η μεταφορά υδρατμών στον ατμοσφαιρικό αέρα. Η μεταφορά θερμότητας σχετίζεται μ' αυτήν τη διεργασία μεταφοράς μάζας, όμως, η μεταφορά μάζας και ενέργειας είναι φανερή στην αύξηση της συμπύκνωσης του νερού-μίγμα υδρατμών.

2.7.3 Ψύξη

Ψύξη είναι η μεταφορά ενέργειας από ένα χώρο ή από τον αέρα παροχής του χώρου μέσω της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ της πηγής και του χώρου ή του αέρα. Σε μια συνηθισμένη ψυκτική διεργασία ο αέρας κυκλοφορεί σε μια επιφάνεια χαμηλής θερμοκρασίας. Η επιφάνεια μπορεί να βρίσκεται μέσα στον ψυχωμένο χώρο ή μακρύτερα απ' αυτόν. Όποτε ο αέρας μεταφέρετε με αγωγούς από και προς τον χώρο. Το ψυκτικό μέσο είναι συνήθως νερό ή μια πτητική ψυκτική ουσία.

2.7.4 Αφύγρανση

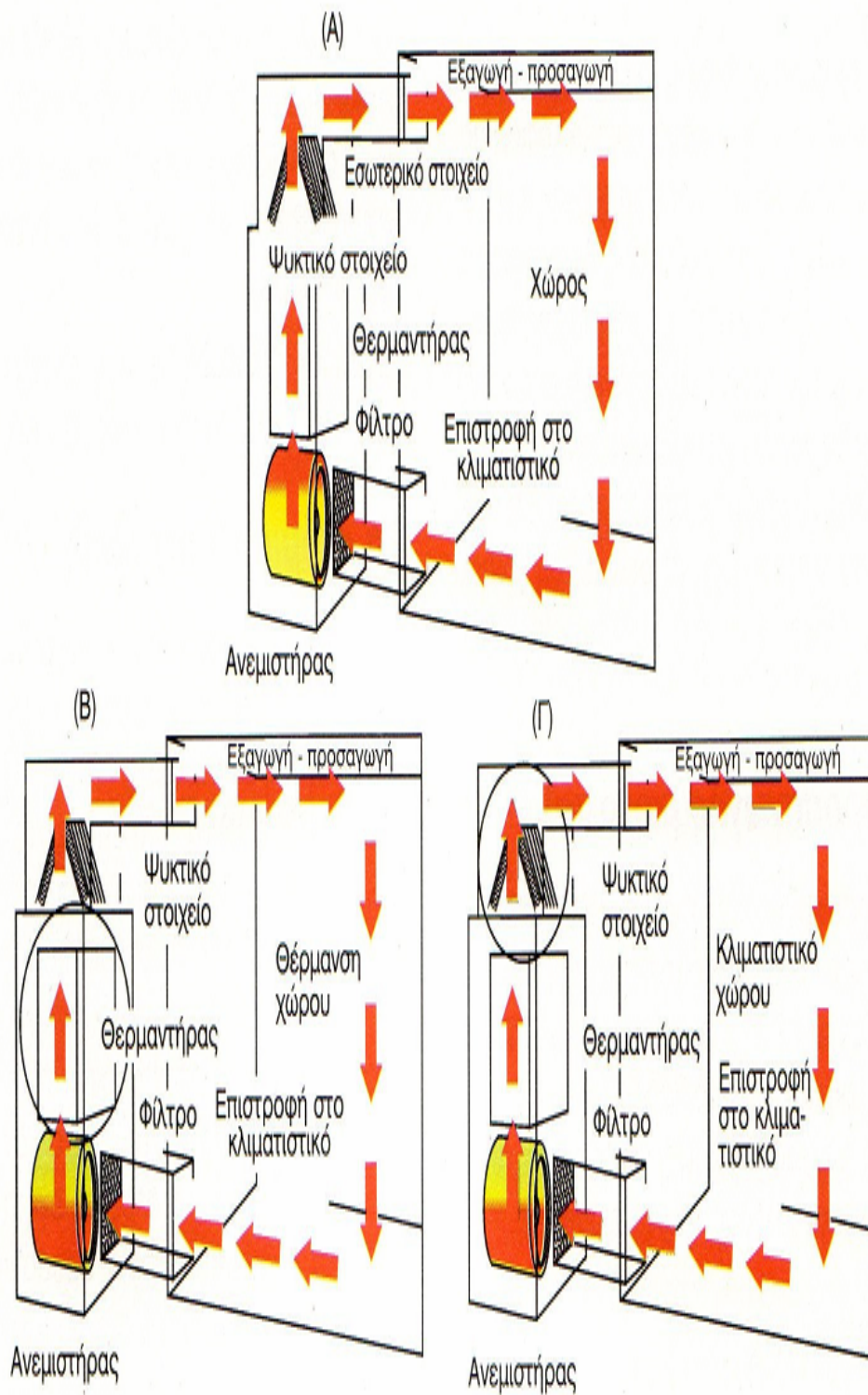
Αφύγρανση ονομάζεται η μεταφορά υδρατμών από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Η μεταφορά ενέργειας είναι από τον αέρα, και κατά συνέπεια η συγκέντρωση του νερού στον αέρα μειώνετε. Η διεργασία αυτή συνήθως πραγματοποιείτε μέσω της κυκλοφορίας του αέρα σε μια επιφάνεια χαμηλής θερμοκρασίας ώστε οι υδρατμοί του μίγματος να υφίστανται συμπύκνωση. Η αφύγρανση μπορεί επίσης να υλοποιηθεί με ψεκασμό του ρεύματος αέρα με ψυχρό νερό.

2.7.5 Καθαρισμός

Για τον καθαρισμό του αέρα συνήθως χρησιμοποιούνται φίλτρα, επιπρόσθετα μπορεί να απαιτηθεί και απομάκρυνση μολυσματικών αέριων. Το φιλτράρισμα συνήθως γίνεται με μια διεργασία κατά την οποία τα ακάθαρτα σωματίδια συγκεντρώνονται σ' ένα πορώδες μέσο. Χρησιμοποιούνται επίσης ηλεκτροστατικοί καθαριστές για την απομάκρυνση πολύ μικρών σωματιδίων, και σε ορισμένες περιπτώσεις υδροψεκασμός. Τα μολυσματικά αέρα θα απομακρυνθούν με απορρόφηση, με φυσική προσρόφηση, και με διάφορα αλλά μέσα.

2.7.6 Κίνηση του αέρα

Η κίνηση το αέρα κοντά σ' ένα άτομο μπορεί να είναι αρκετά έντονη ώστε να απομακρύνει την ενέργεια που παράγει το σώμα, αλλά και αρκετά διακριτική ώστε να παραμένει απαραίτητη. Η επιθυμητή κίνηση του αέρα πραγματοποιείτε μέσω κατάλληλης τοποθέτησης Εισαγωγών αέρα στον χώρο καθώς και διάφορων συστημάτων διανομής. Η σημασία της κίνησης του αέρα πρέπει να λαμβάνετε σοβαρά υπ' όψη ειδικότερα όταν απαιτητέ η εξασφάλιση άνετης διαβίωσης των ατόμων.



Εικόνα 6-11 (Α) Ο κύκλος του αέρα, (Β) Κύκλος θέρμανσης του αέρα, (Γ) Κύκλος ψύξεως του αέρα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

3.1 Ρύθμιση θερμοκρασίας με τη μέθοδο ON-OFF

1) Περιγραφή της on-off δράσης

Με την ελεγχόμενη ρύθμιση συστήματος που παρουσιάζεται στο σχ. 1 επόμενη σελίδα, ο ηλεκτρονόμος εξόδου ανοίγει για να εφαρμόσει ισχύ στη θερμάστρα όταν μειώνεται η παρούσα τιμή της θερμοκρασίας στο φούρνο κάτω από το σημείο αναφοράς. Ο ηλεκτρονόμος εξόδου απελευθερώνεται για να κλείσει το θερμαντήρα όταν αυξάνεται ψηλότερα η θερμοκρασία από το σημείο αναφοράς. Η μέθοδος ελέγχου θερμοκρασίας με την οποία η θερμοκρασία καθορίζεται σε μια ορισμένη τιμή με το να ανοιγοκλείνει την ισχύ στο θερμαντήρα αποκαλείται on-off δράση ελέγχου. Αυτή η ενέργεια καλείται επί-σης «δράση ελέγχου δυο θέσεων» επειδή δύο χειριζόμενες μεταβλητές (0% και 100%) χρησιμοποιούνται σε σχέση με το σημείο αναφοράς.

2) Διευθετήσιμη ευαισθησία (Υστέρηση)

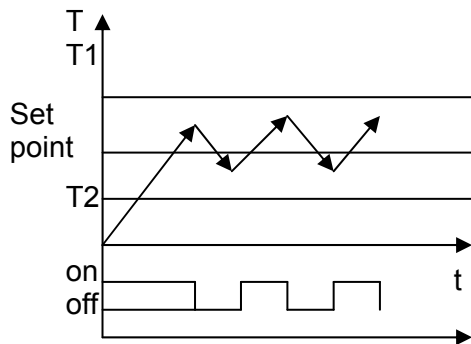
Εάν ο ηλεκτρονόμος εξόδου ανοίγεται/μακριά σε ένα σημείο αναφοράς, της εξόδου μπορεί να εμφανιστεί, αναγκάζοντας το ελεγχόμενο σύστημα να είναι ευαίσθητο στις επιρροές του θορύβου. Για αυτόν τον λόγο μια υστέρηση μεταξύ ON και OFF παρέχεται συνήθως στην έξοδο όπως φαίνεται στην Εικόνα 2. Αυτή η υστέρηση καλείται "ευαισθησία ρύθμισης" (επίσης αποκαλείται "νεκρή ζώνη ή απλά ζώνη" ή "αναισθητη ζώνη"). Μια υψηλότερη διευθετήσιμη ευαισθησία απαιτείται για μια τέτοια συσκευή ως αεροσυμπιεστής ενός ψυκτήρα του οποίου η συχνή ON/OFF λειτουργία πρέπει να αποφευχθεί.

3) Ανίχνευση

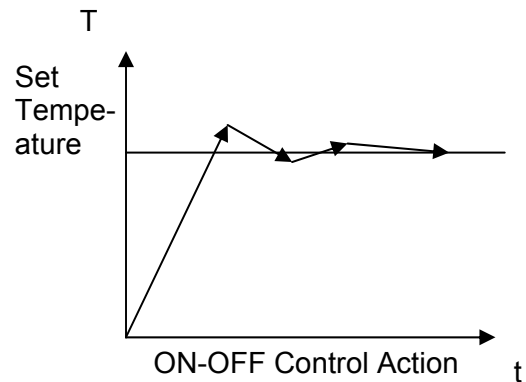
Όταν το σημείο αναφοράς ελέγχεται με τη βοήθεια της on-off δράσης ελέγχου, οι χειριζόμενες μεταβλητές αλλάζει κυκλικά όπως φαίνεται στην Εικόνα 3. Αυτή η κυκλική αλλαγή καλείται "Ανίχνευση". Τα καλύτερα αποτελέσματα της on-off δράσης ελέγχου επιτυγχάνονται εάν το εύρος της ανίχνευσης ελαχιστοποιείται. Το εύρος της ανίχνευσης μπορεί να εκφραστεί από την ακόλουθη εξίσωση.

4) Ελεγχόμενο σύστημα κατάλληλο για την on-off δράση ελέγχου

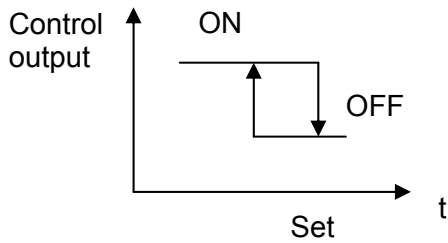
Η on-off δράση ελέγχου είναι καταλληλότερη για το ελεγχόμενο σύστημα όπου η θερμοκρασία αυξάνεται αργά και η διαφορά (G) μεταξύ της ισορροπημένης θερμοκρασίας όταν η έξοδος είναι ανοικτή και όταν αυτή είναι κλειστή είναι μικρή. Παραδείγματος χάρη το (G) ελαχιστοποιείται με μια γρήγορη θερμική απόκριση που διατηρείται και έτσι η ανίχνευση καταστέλλεται με την εκτέλεση μιας on-off δράσης ελέγχου όπως φαίνεται στην Εικόνα 4. Στην Εικόνα 4, χρησιμοποιείται μια έξοδος ειδοποίησης. Μια θερμοκρασία μέχρι τη χαμηλότερη οριακή τιμή της εξόδου ειδοποίησης ελέγχεται από δύο θερμαντήρες με μια συνολική ισχύ 600W. Κοντά στο σημείο αναφοράς, η θερμοκρασία ελέγχεται από έναν θερμαντήρα 300W.



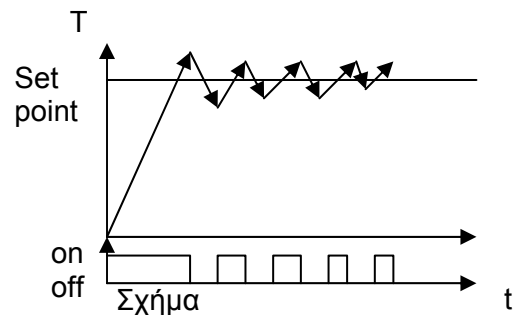
Σχήμα 3.1.1



Σχήμα



Σχήμα 3.1.2



Σχήμα

3.2 Ρύθμιση θερμοκρασίας με τη μέθοδο ελέγχου αναλογικής δράσης (P)

3.2.1.Περιγραφή της αναλογικής δράσης ελέγχου

Αυτή είναι μια δράση ελέγχου στην οποία η χειριζόμενη μεταβολή (μεταβολή παραγωγής ελέγχου) είναι ανάλογη προς την απόκλιση από το καθορισμένο σημείο μέσα στην ανάλογη ζώνη για την καθορισμένη σειρά θερμοκρασίας . Όταν η τρέχουσα θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από το χαμηλότερο όριο της αναλογικής ζώνης η χειριζόμενη μεταβολή είναι 100%. Όταν η θερμοκρασία είναι μέσα στην αναλογικής ζώνη, η χειριζόμενη μεταβολή μειώνεται βαθμιαία αναλογικά προς την απόκλιση και μειώνεται σε 50% όταν η παρούσα θερμοκρασία γίνεται ίση με το καθορισμένο σημείο και έτσι καμία απόκλιση δεν υπάρχει. Επομένως, η δράση P επιτρέπει τον ομαλότερο έλεγχο θερμοκρασίας με τη μικρότερη ανίχνευση από την ON-OFF δράση ελέγχου.

3.2.2.Χρονικά υποδιαιρούμενη αναλογική δράση ελέγχου

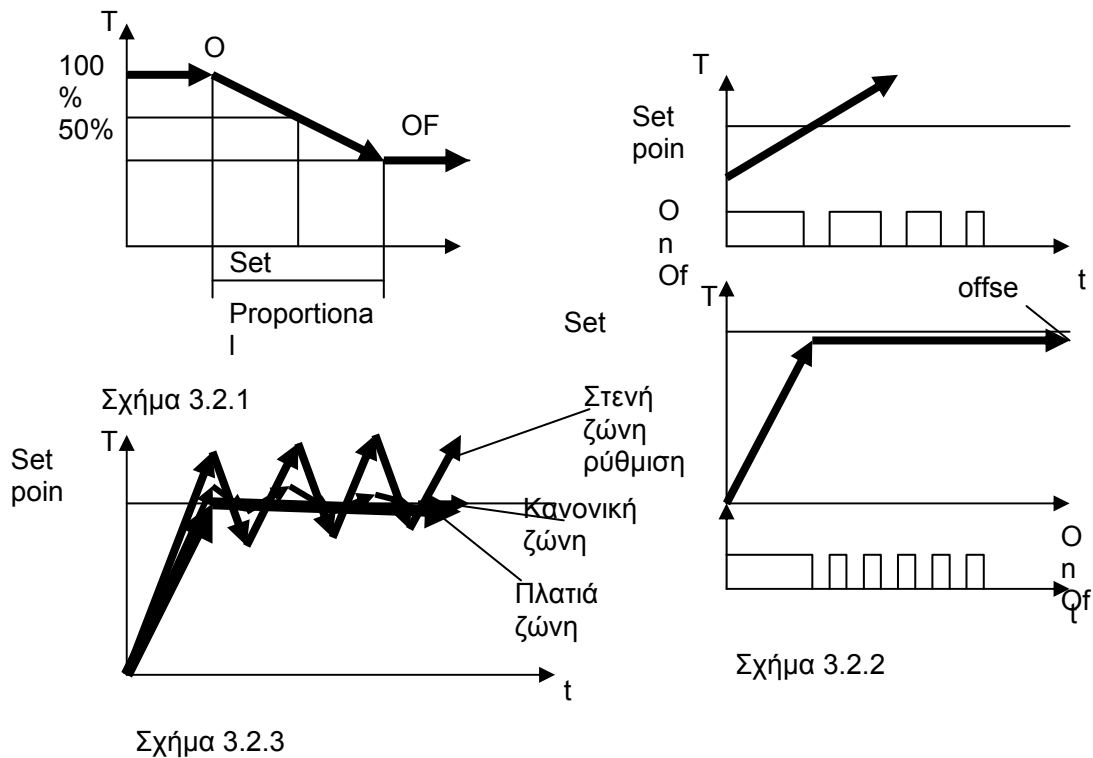
Μια συσκευή που εκδίδει την έξοδο σε μορφή παλμών που δείχνουν ON του και OFF καταστάσεις μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως συσκευή ελέγχου του ελεγκτή θερμοκρασίας . Αυτά τα αποτελέσματα περιλαμβάνουν την παραγωγή ηλεκτρονόμων , την παραγωγή SSR (στερεάς κατάστασης ηλεκτρονόμος), και την παραγωγή τάσης . Εάν μια τέτοια συσκευή παραγωγής (δηλ., ηλεκτρονόμος) χρησιμοποιείται, είναι επανειλημμένα γυρισμένο στο ON και OFF στη αναλογική ζώνη σε έναν σταθερό κύκλο όπως παρουσιασμένο στο σχέδιο 2 . Ο χρόνος ON της εξόδου είναι ανάλογος με την απόκλιση. Η αναλογία του χρόνου ON με το χρόνο OFF είναι 1:1 και η μεταβολή είναι 50% ηλεκτρονόμος εξόδου κυκλικής παραγωγής γυρίζει ON και OFF με την ελεγχόμενη θερμοκρασία ίση με το καθορισμένο σημείο . Ένας κύκλος διαδικασιών από το ON στο OFF της συσκευής παραγωγής είναι γνωστή ως “αναλογική περίοδος” και η δράση ελέγχου που χρησιμοποιεί την αναλογική περίοδο είναι γνωστή ως “χρονικά-υποδιαιρούμενη αναλογική δράση ελέγχου”.

3.2.3.Μετατόπιση

Στην αναλογική δράση ελέγχου, μια σταθερή απόκλιση δημιουργείται από το συσχετισμό μεταξύ της θερμικής ικανότητας του ελεγχόμενου συστήματος και της ικανότητας μιας συσκευής θέρμανσης και παραμένει το ελεγχόμενο σύστημα φτάσει σε μια σταθερή κατάσταση. Αυτή η απόκλιση ονομάζεται “μετατόπιση”. Εάν η μετατόπιση εμφανίζεται σε ένα θερμοστάτη ο οποίος λειτουργεί με αναλογική δράση ελέγχου, μπορεί να διορθωθεί με το μεταβλητό αντιστάτη του θερμοστάτη.

3.2.4.Επιλογή αναλογικής περιόδου

Αν η αναλογική περίοδος μιας εξόδου ενός ηλεκτρονόμου είναι μικρή, Ο ηλεκτρονόμος συχνά επαναλαμβάνει τις διαδικασίες ON και OFF. Αν συμβαίνει αυτό , το πλάτος ανίχνευσης της ελεγχόμενης θερμοκρασίας είναι στενό και έχουμε καλά αποτελέσματα της δράσης ελέγχου. Επομένως, εάν χρησιμοποιείται μια συσκευή εξόδου που μπορεί να επαναλαμβάνει συχνά τις διαδικασίες της (όπως ένα SSR ή thyristor) , η αναλογική περίοδος της συσκευής πρέπει να τεθεί ως στόχος να είναι μικρή. Αντιθέτως, η αναλογική περίοδος ενός ηλεκτρονόμου πρέπει να τίθεται ως στόχος να είναι μεγάλη επειδή οι πάρα πολύ συχνές διαδικασίες έχουν επιπτώσεις στη διάρκεια ζωής του ηλεκτρονόμου.



3.3 Ρύθμιση θερμοκρασίας με τη μέθοδο της αναστοιχειοθέτησης (I)

Η δράση ελέγχου αναστοιχειοθέτησης (I) εκτελεί μια διορθωτική δράση αναλογικά προς την ενσωματωμένη τιμή της απόκλισης που προκαλείται από τη μετατόπιση.

3.3.1. Δράση ελέγχου αναστοιχειοθέτησης (I)

Η μετατόπιση είναι πιθανό να εμφανιστεί στην αναλογική δράση (P). Για να μικρύνουμε και να εξουδετερώσουμε τη μετατόπιση καθώς ο χρόνος παρέρχεται έτσι ώστε η ελεγχόμενη θερμοκρασία συμφωνεί με το σημείο αναφοράς, η δράση P χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με μια αναστοιχειοθέτηση ή την ακέραια (I) δράση ελέγχου.

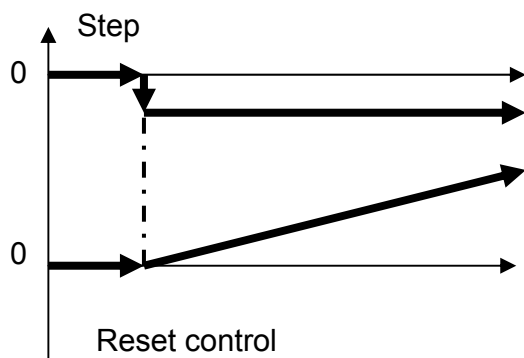
3.3.2. Χρόνος Αναστοιχειοθέτησης

Ο χρόνος αναστοιχειοθέτησης είναι μια ποσότητα που εκφράζει τη δύναμη της δράσης αναστοιχειοθέτησης. Αυτό είναι ο χρόνος που απαιτείται για τη χειριζόμενη μεταβλητή του ολοκληρώματος για να φθάσει στη ίδια χειριζόμενη μεταβλητή όπως στην αναλογική δράση ελέγχου όταν πραγματοποιείται η σταδιακή αλλαγή στην απόκλιση (σχέδιο 2).

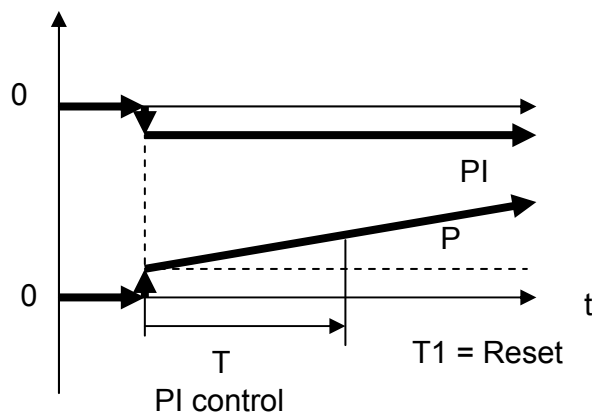
Επομένως , όσο κοντύτερος ο χρόνος αναστοιχειοθέτησης , τόσο αποτελεσματικότερος ο έλεγχος αναστοιχειοθέτησης ο οποίος εκτελείται . Εντούτοις, ένας πάρα πολύ σύντομος χρόνος αναστοιχειοθέτησης, δηλαδή πάρα πολύ γρήγορη δράση διόρθωσης , μπορεί να προκαλέσει την ανίχνευση να εμφανιστεί.

3.3.3. Ποσοστό αναστοιχειοθέτησης

Η δράση ελέγχου αναστοιχειοθέτησης (1) χρησιμοποιείται για να εξουδετερώσει (αναστοιχειοθετήσει) τη μετατόπιση σε συνδυασμό με την αναλογική δράση ελέγχου. Ο συνδυασμός της διαδικασίας I με τη διαδικασία P αποκαλείται: " διαδικασία PI" . Η μονάδα της δράσης ελέγχου αναστοιχειοθέτησης εκφράζεται ως " ποσοστό αναστοιχειοθέτησης " (διαδικασίες ανά λεπτό) σε μερικές χώρες . Το ποσοστό αναστοιχειοθέτησης είναι το αντίστροφο του ποσοστού του χρόνου.



Σχήμα 3.3.1



Σχήμα 3.3.2

3.4 Ρύθμιση θερμοκρασίας με τη μέθοδο ελέγχου ποσοστού (D)

3.4.1. Δράση ελέγχου ποσοστού (D)

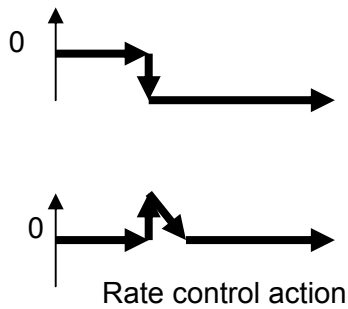
Ο ακόλουθος έλεγχος αναλογικής δράσης ελέγχου ή αναστοιχειοθετικής δράσης ελέγχου θα καθυστερήσει επειδή και οι δυο ενέργειες χρησιμοποιούν τη χειριζόμενη μεταβλητή σχετική με την παρούσα ή προηγούμενη απόκλιση . Η δράση ποσοστού , επίσης γνωστή ως "παράγωγος δράση", απαιτείται για να αντισταθμίσει . Εκτελεί μια διορθωτική δράση με τη χειριζόμενη μεταβλητή ανάλογη προς την κλίση που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα (διαφορικός συντελεστής) στο οποίο η απόκλιση παράγεται . Αυτό υποδεικνύει ότι μια μεγάλη ποσότητα της χειριζόμενης μεταβλητής δίνεται για να επανεγκαθιδρύσει γρήγορα μια κανονική κατάσταση ελέγχου μετά από μια γρήγορη αλλαγή στην απόκλιση που προκλήθηκε από τις εξωτερικές διαταραχές.

3.4.2. Χρόνος Ποσοστού

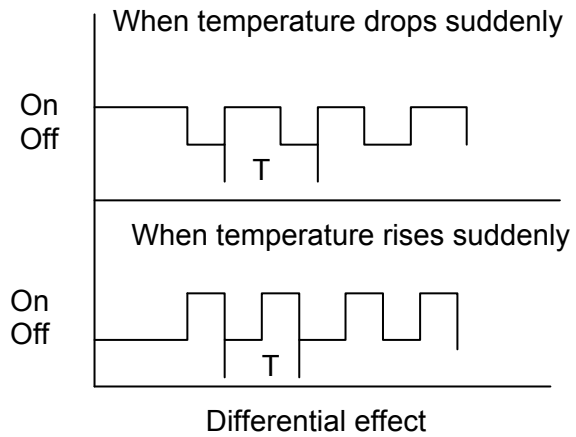
Ο χρόνος ποσοστού είναι μια ποσότητα που εκφράζει τη δύναμη της δράσης ποσοστού. Αυτός είναι ο χρόνος που απαιτείται για τη χειριζόμενη μεταβλητή της δράσης ποσοστού για να επιτευχθεί η ίδια χειριζόμενη μεταβλητή όπως στην αναλογική δράση όταν εμφανίζεται μια ανοδική κλίση στην απόκλιση όπως φαίνεται στο σχέδιο 2. Συνεπώς, όσο περισσότερος είναι ο χρόνος ποσοστού τόσο ισχυρότερο είναι και το διαφορικό.

3.4.3. Διαφορική Επίδραση

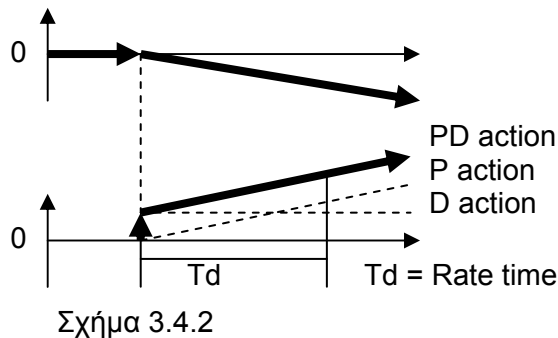
Σε περίπτωση μιας ξαφνικής απόκλισης στην χρονικά-υποδιαιρούμενη αναλογική δράση όπως φαίνεται στο σχέδιο 3, ο πρώτος ON ή OFF χρόνος του ηλεκτρονόμου εξόδου παρατείνεται με την εκτέλεση ενός ορισμένου ελέγχου για να φθάσει στο σημείο αναφοράς (θέστε τη θερμοκρασία) πιο γρήγορα . Επειδή η επίδραση αυτού του ελέγχου είναι παρόμοια με εκείνη της δράσης ποσοστού, αναφέρεται ως "διαφορική επίδραση". Γενικά , οι θερμοστάτες που υιοθετούν την αναλογική μέθοδο κυκλωμάτων των οποίων η PD διαδικασία δεν εκφράζεται στους όρους του χρόνου ποσοστού χρησιμοποιούν τη διαφορική επίδραση.



Σχήμα 3.4.1



Σχήμα 3.4.3



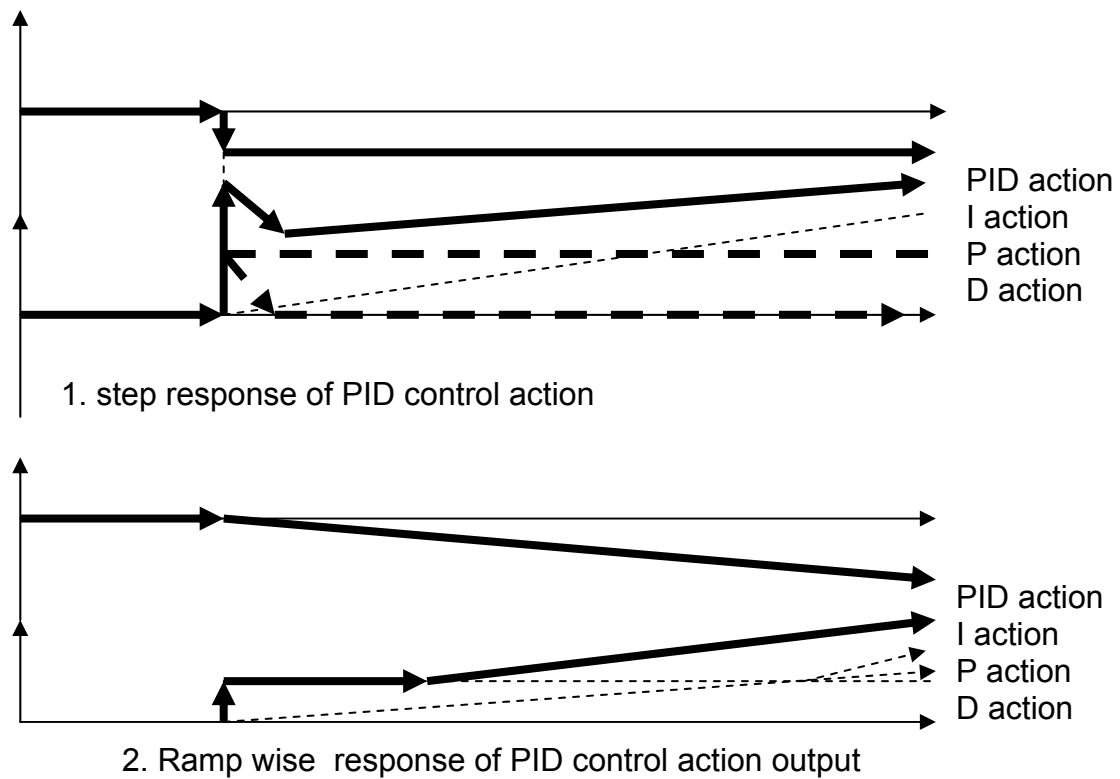
3.5 Ρύθμιση θερμοκρασίας με τη μέθοδο ελέγχου αναλογικής αναστοιχειθέτησης ποσοστού (PID) .

3.5.1. Δράση ελέγχου PID

Η δράση ελέγχου PID είναι ένας συνδυασμός αναλογικής δράσης ελέγχου (P) , αναστοιχειθετικής (I) δράσης ελέγχου, και δράσης ελέγχου ποσοστού (D) . Τα καλύτερα αποτελέσματα του ελέγχου μπορούν να επιτευχθούν όταν η δράση ελέγχου PID πραγματοποιείται σε ένα ελεγχόμενο σύστημα που έχει μια μεγάλη διάρκεια μη απασχόλησης. Από τις τρεις ενέργειες, η διαδικασία P επιτρέπει στον έλεγχο για να εκτελεστεί απαλλαγμένος από την ανίχνευση ενώ η διαδικασία I χρησιμοποιείται αυτόματα έτσι ώστε να διορθώνει τη μετατόπιση. Επιπρόσθετα, η διαδικασία D διορθώνει γρήγορα τη μεταβολή στη χειριζόμενη μεταβλητή που προκαλείται από εξωτερικές διαταραχές. Αυτή η αλληλεπίδραση των τριών ενεργειών ελέγχου επιβεβαιώνει το βέλτιστο έλεγχο . Το σχέδιο 1 παρουσιάζει τη χειριζόμενη μεταβλητή της διαδικασίας PID όταν εμφανίζεται μια σταδιακή αλλαγή στην απόκλιση και το σχέδιο 2 παρουσιάζει χειριζόμενη μεταβλητή όταν εμφανίζεται μια ανοδική μεταβολή στην απόκλιση.

3.5.2. Καθορισμός των παραμέτρων ελέγχου PID

Και με το χρόνο αναστοιχειοθέτησης (I) αλλά και με το χρόνο ποσοστού (D) καθορισμένο στο μηδέν, ή στις μέσες τιμές τους ($I = 4$ λεπτά, $D = 1$ λεπτό), η αναλογική ζώνη (P) στενεύει βαθμιαία. Όταν η P στενεύει στο όριο όπου η ανίχνευση ενεργοποιείται, το I και το D ρυθμίζονται σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά ελέγχου. Αυτή είναι μια μέθοδος προσδιορισμού των παραμέτρων PID. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται γενικά και η απόκριση των βημάτων αλλά και οι απόλυτες μέθοδοι ευαισθησίας.



Σχήμα 3.5.1

3.6. Μαθηματικό μοντέλο του PID ελέγχου

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται ένας PID ελεγκτής κάποιου συστήματος . Εάν το μαθηματικό μοντέλο αυτού του συστήματος μπορεί να υπολογιστεί , τότε υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν διάφορες τεχνικές εύρεσης των κατάλληλων παραμέτρων του PID ελεγκτή που θα οδηγήσουν στη βελτιστοποίηση της λειτουργίας αυτού του συστήματος .

Όπου το σύστημα απεικονίζει το μοντέλο (μηχανήμα) , του οποίου η λειτουργία πρέπει να βελτιωθεί και ο ελεγκτής PID ο οποίος βελτιστοποιεί την λειτουργία του συστήματος . Η συνάρτηση μεταφοράς του PID ελεγκτή είναι η ακόλουθη :

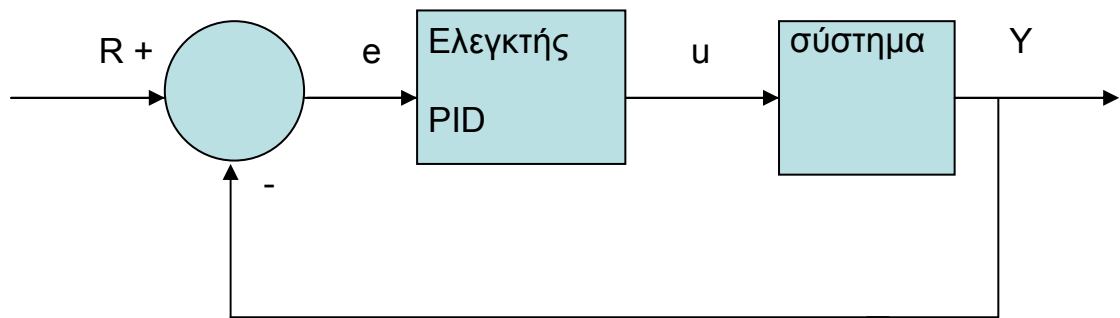
$$K_p + (K_i / s) + K_d s = (K_d s^2 + K_p s + K_i) / s$$

Όπου K_p αντιστοιχεί στον αναλογικό συντελεστή (**P**) ,
 K_i αντιστοιχεί στον συντελεστή ολοκλήρωσης (**I**)
και το K_d στο συντελεστή παραγωγής (**D**) .

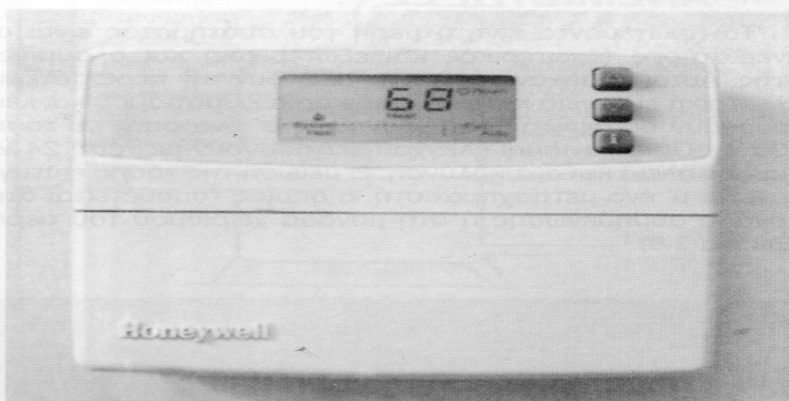
Αρχικά ας δούμε τον τρόπο με τον οποίο ο PID ελεγκτής λειτουργεί σε έναν κλειστό βρόγχο χρησιμοποιώντας το σχήμα του PID , το σήμα σφάλματος e αντιπροσωπεύει την διαφορά μεταξύ της επιθυμητής συνάρτησης εισόδου ή επιθυμητό σήμα εισόδου R και της πραγματικής εξόδου Y του συστήματος . Αυτό το σήμα σφάλματος e θα σταλεί στον PID ελεγκτή όπου και υπολογίζεται παράλληλα και το παράγωγο (derivative) , και το ολοκλήρωμα (integral) , του σήματος e . Κατά συνέπεια από τον PID ελεγκτή προκύπτει ένα νέο τροποποιημένο σήμα u το οποίο και ισούται με την παρακάτω εξίσωση :

$$u = K_p e + K_i \int e dt + K_d (de / dt)$$

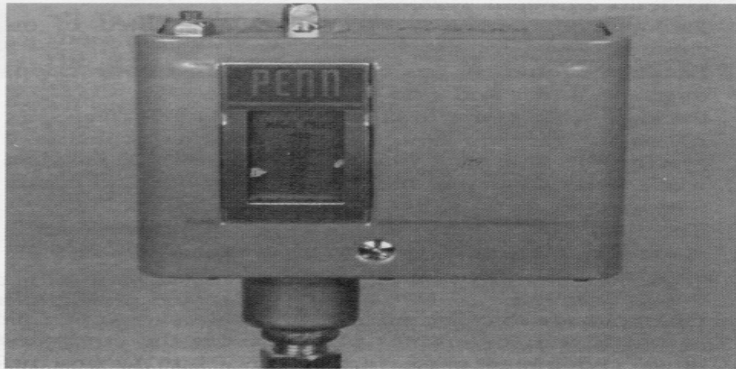
Το σήμα ελέγχου u στέλνεται στο σύστημα και έτσι προκύπτει το νέο σήμα εξόδου Y . Από το σήμα Y υπολογίζεται το καινούριο σήμα σφάλματος e το οποίο και στέλνεται στον PID ελεγκτή . Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται συνεχώς και έχει ως αποτέλεσμα την βελτιστοποίηση της συμπεριφοράς του συστήματος . Το κρισιμότερο στάδιο στην σχεδίαση ενός PID ελεγκτή είναι η εύρεση των συντελεστών K_p , K_i , και K_d . Αρκετοί ερευνητές έχουν αναπτύξει θεωρίες πάνω στην επιλογή των τιμών για τους παραπάνω συντελεστές . Η πιο γνωστή είναι αυτή των Ziegler – Nichols στην οποία έχουν δημιουργηθεί κανόνες επιλογής των παραμέτρων ανάλογα με το σύστημα αυτοματισμού που εξετάζεται .



Σχήμα 3.6.1 Σύστημα με οδήγηση ελεγκτή PID



Εικόνα 2-1: Θερμοστάτης δωματίου για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του χώρου.



Εικόνα 2-2: Εμπορικός μηχανισμός ελέγχου υψηλής πίεσης, ο οποίος κατά το παρελθόν χρησιμοποιήθηκε και σε οικιακές εγκαταστάσεις.

Όργανα
Ελέγχου
Θερμοκρασίας
Και Πίεσης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

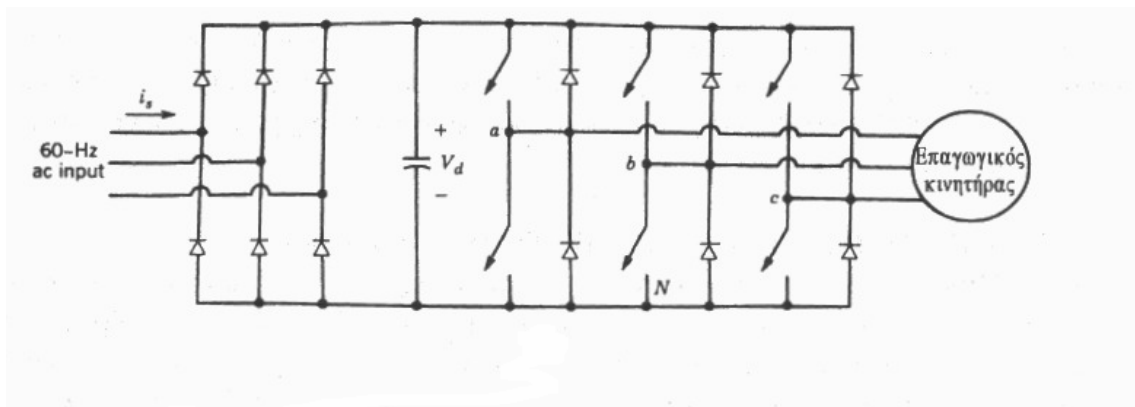
4.1 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΕΥΡΟΥΣ ΠΑΛΜΩΝ (PWM)

Στους Αντιστροφείς αυτούς η dc τάση εισόδου έχει ουσιαστικά σταθερό πλάτος, όπου για την ανόρθωση της τάσης του δικτύου, χρησιμοποιείται ένας ανορθωτής με διόδους. Επομένως, ο αντιστροφέας πρέπει να ελέγχει το πλάτος και τη συχνότητα των ac τάσεων εξόδου. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διαμόρφωση του εύρους των παλμών των διακοπών του αντιστροφέα και έτσι τέτοιοι αντιστροφείς ονομάζονται Αντιστροφείς με διαμόρφωση εύρους παλμών (PWM). Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι διαμόρφωσης PWM των διακοπών του αντιστροφέα με σκοπό την επίτευξη ac τάσεων εξόδου που να πλησιάζουν την ημιτονοειδή κυματομορφή.

4.2 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΤΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΕΥΡΟΥΣ ΠΑΛΜΩΝ (PWM)

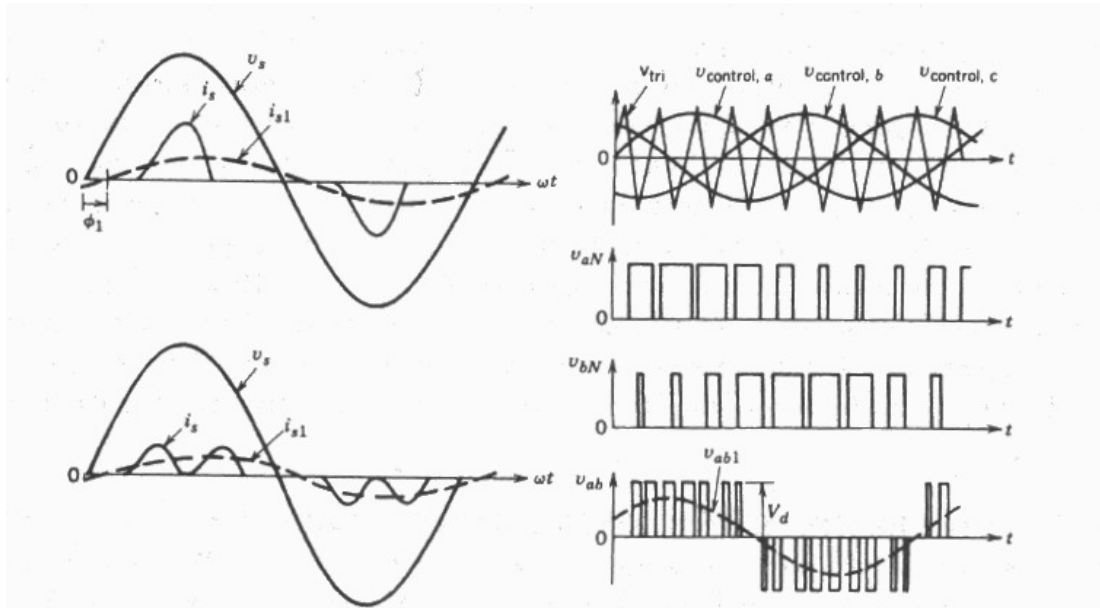
Στα κυκλώματα αντιστροφέων με διαμόρφωση PWM είναι επιθυμητό η έξοδος του αντιστροφέα να είναι ημιτονοειδής και να υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου του πλάτους και της συχνότητάς της. Για την παραγωγή μιας ημιτονοειδούς τάσης εξόδου σε μια επιθυμητή συχνότητα, συγκρίνεται ένα ημιτονοειδές σήμα ελέγχου στην επιθυμητή συχνότητα με μια τριγωνική κυματομορφή. Η συχνότητα της τριγωνικής κυματομορφής καθορίζει τη συχνότητα μετάβασης του αντιστροφέα και διατηρείται γενικά σταθερή, όπως και το πλάτος της V_{tri} .

4.3 ΚΙΝΗΤΗΡΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ



Σχήμα 1

Στο Σχ.1 δίνεται το σχηματικό διάγραμμα ενός τριφασικού PWM . Ένας αντιστροφέας με διαμόρφωση PWM ελέγχει ταυτόχρονα το πλάτος και τη συχνότητα της τάσης εξόδου. Έτσι, στην είσοδο χρησιμοποιείται γενικά μια μη ελεγχόμενη ανορθωτική γέφυρα με διόδους. Μια δυνατή μέθοδος δημιουργίας των σημάτων μετάβασης του αντιστροφέα είναι η σύγκριση τριών ημιτονοειδών τάσεων ελέγχου (με την επιθυμητή συχνότητα και πλάτος ανάλογο του επιθυμητού πλάτους της τάσης εξόδου) με μια τριγωνική κυματομορφή με συχνότητα την επιθυμητή συχνότητα μετάβασης, όπως φαίνεται στο Σχ.2.



Σχήμα 2

Σ' έναν αντιστροφέα με διαμόρφωση PWM οι αρμονικές της τάσης εξόδου εμφανίζονται σε πλευρικές ζώνες της συχνότητας μετάβασης και των πολλαπλασίων τους. Έτσι, μια υψηλή συχνότητα μετάβασης προκαλεί στον κινητήρα ένα σχεδόν ημιτονοειδές ρεύμα (με μια μικρή κυμάτωση στην υψηλή συχνότητα).

Επειδή η κυμάτωση του ρεύματος στον πυκνωτή της dc ζεύξης έχει μεγάλη συχνότητα, η σύνθετη αντίσταση της dc πηγής εισόδου, που φαίνεται από τον αντιστροφέα, θα είναι μικρότερη στις υψηλές συχνότητες. Έτσι, στους αντιστροφέες PWM αρκεί μια μικρή χωρητικότητα. Όμως, αυτή η χωρητικότητα πρέπει να είναι ικανή να χειρίζεται το ρεύμα κυμάτωσης. Ακόμη, μια μικρή χωρητικότητα στην έξοδο του ανορθωτή βελτιώνει τις κυματομορφές των ρευμάτων γραμμής. Όμως, πρέπει να αποφεύγεται η μεγάλη κυμάτωση της τάσης στην dc ζεύξη, επειδή θα μπορούσε να προκαλέσει πρόσθετες αρμονικές στην τάση που εφαρμόζεται στον κινητήρα.

4.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΡΜΟΝΙΚΩΝ ΤΟΥ PWM-VSI

Σ' έναν PWM-VSI επειδή οι αρμονικές της τάσης εξόδου έχουν υψηλές συχνότητες, η κυμάτωση του ρεύματος του κινητήρα είναι συνήθως μικρή, επειδή οι αντιδράσεις διαρροής σ' αυτές τις συχνότητες είναι μεγάλες. Επειδή αυτές οι υψηλές αρμονικές ης τάσης μπορούν να έχουν μεγαλύτερο ή ακόμη μεγαλύτερο πλάτος σε σχέση με το πλάτος της θεμελιώδους, οι απώλειες σιδήρου (δινορεύματα και υστέρηση στον στάτη και τον ρότορα) υπερτερούν. Στην πράξη οι ολικές απώλειες που οφείλονται στις αρμονικές μπορεί να είναι μεγαλύτερες στον αντιστροφέα PWM παρά στον αντιστροφέα με τετραγωνική κυματομορφή. Βέβαια, αυτή η σύγκριση εξαρτάται από την κλάση σχεδίασης του κινητήρα, τα μαγνητικά υλικά και τη συχνότητα μετάβασης. Εξαιτίας των πρόσθετων αρμονικών απωλειών, συνιστάται γενικώς η χρήση κινητήρων με ισχύ μεγαλύτερη κατά 5-10% από τη συνήθη.

4.5 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Το ρεύμα εισόδου του ανορθωτή του PWM-VSI περιέχει μεγάλο ποσοστό αρμονικών. Οι κυματομορφές του για μονοφασική και τριφασική είσοδο δίνονται στο Σχ.2 Η αυτεπαγωγή εισόδου L_s βελτιώνει κάπως την κυματομορφή του ρεύματος εισόδου. Επιπλέον, μια μικρή χωρητικότητα στη dc ζεύξη προκαλεί καλύτερες κυματομορφές.

Ο συντελεστής ισχύος του κινητήριου συστήματος, όπως αυτός φαίνεται από το δίκτυο, είναι σχεδόν ανεξάρτητος από τον συντελεστή ισχύος και την ταχύτητα του κινητήρα. Αυτός εξαρτάται λίγο από την ισχύ εξόδου και βελτιώνεται καθώς αυτή αυξάνει. Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στις κυματομορφές του ρεύματος εισόδου του Σχ.2 ο συντελεστής μετατόπισης (DPF) είναι περίπου 100%.

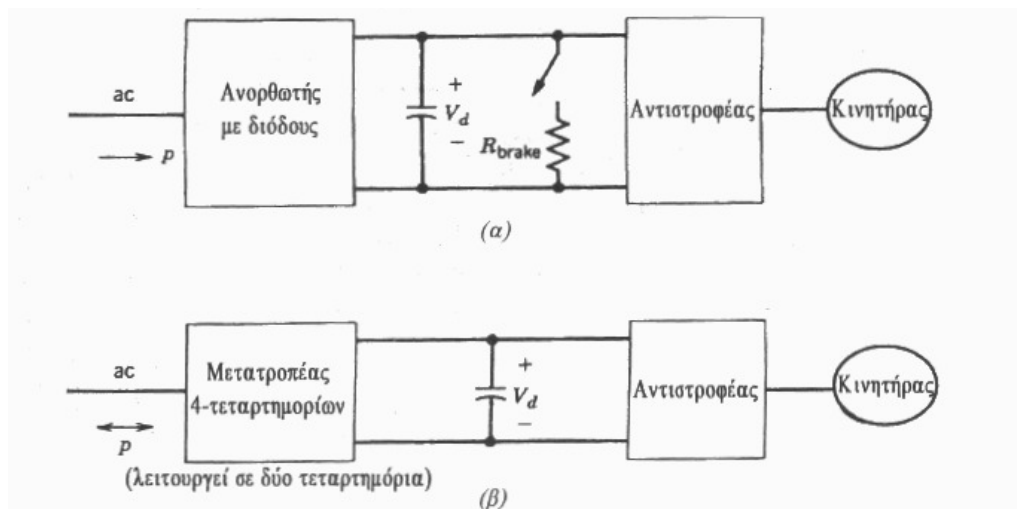
4.6 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΠΕΔΗΣΗ

Κατά την ηλεκτρομαγνητική πέδηση η ροή της ισχύος γίνεται από τον κινητήρα προς τον ελεγκτή μεταβλητής ταχύτητας. Κατά την πέδηση η τάση στα άκρα του πυκνωτή στην dc ζεύξη διατηρεί την πολικότητά του, όπως και στην περίπτωση της λειτουργίας κινητήρα. Έτσι, η φορά του ρεύματος στη dc ζεύξη αντιστρέφεται. Επειδή η φορά του ρεύματος στην ανορθωτική γέφυρα με διόδους, που χρησιμοποιείται κανονικά στους PWM-VSI, δεν μπορεί να αντιστραφεί, πρέπει να υλοποιηθεί κάποιος μηχανισμός για την απορρόφηση της ενέργειας που απελευθερώνεται κατά την πέδηση, διαφορετικά η τάση στη dc ζεύξη μπορεί να φθάσει σε καταστροφικά επίπεδα.

Ένας τρόπος επίτευξης αυτού του στόχου είναι η παρεμβολή μιας αντίστασης εν παραλλήλω με τον πυκνωτή, όπως φαίνεται στο Σχ.3α, όταν η τάση του πυκνωτή ξεπερνά ένα προκαθορισμένο επίπεδο, ώστε να καταναλωθεί η ενέργεια που απελευθερώνεται κατά την πέδηση.

Μια αποδοτική μέθοδος πέδησης αναφέρεται στη χρήση ενός μετατροπέα τεσσάρων τεταρτημορίων (μετατροπέας διακοπτικού τύπου ή αντιπαράλληλοι

μετατροπείς με (thyristor) στη θέση της ανορθωτικής γέφυρας με διόδους. Όπως φαίνεται στο Σχ.3β αυτό επιτρέπει την ανάκτηση ης ενέργειας από τον κινητήρα-φορτίο και την επιστροφή της στο δίκτυο αφού η φορά του ρεύματος στον μετατροπέα τεσσάρων τεταρτημορίων μπορεί να αναστραφεί. Αυτή η διαδικασία λέγεται πέδηση με ανάκτηση της ενέργειας, επειδή η ενέργεια που απελευθερώνεται δεν καταναλώνεται. Η απόφαση για την εφαρμογή της μιας ή της άλλης μεθόδου πέδησης εξαρτάται από το πρόσθετο κόστος της διάταξης σε σχέση με την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται και την επιθυμία για ημιτονοειδή ρεύματα και υψηλό συντελεστή ισχύος (περίπου μονάδα).



Σχήμα 3

4.7 ΚΙΝΗΤΗΡΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ PWM ΜΕ ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ

Στα κινητήρια συστήματα με VSI (με διαμόρφωση PWM ή τετραγωνικής κυματομορφής) η ταχύτητα μπορεί να ελέγχεται χωρίς βρόχο ανάδρασης για την ταχύτητα. Η συχνότητα f της τάσης εξόδου του αντιστροφέα ελέγχεται από το σήμα της ταχύτητας αναφοράς ω_{ref} . Το σήμα ης εισόδου αναφοράς ω_{ref} διαμορφώνεται κατάλληλα για λόγους προστασίας και βελτίωσης της λειτουργίας,

όπως θα εξηγηθεί με λίγα λόγια και υπολογίζονται οι απαιτούμενες είσοδοι (ω_s ή f και V_s) για τον ελεγκτή PWM του Σχ.14-21. Ο ελεγκτής PWM μπορεί να υλοποιηθεί με αναλογικά ηλεκτρονικά στοιχεία. Τα σήματα ελέγχου (π.χ. $V_{\alpha,control}$) μπορούν να υπολογιστούν από την f και την V_s , και γνωρίζοντας τις τιμές των V_d και V_{tri} .

Θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί σύγχρονη διαμόρφωση PWM Αυτό απαιτεί η συχνότητα μετάβασης να μεταβάλλεται ανάλογα προς την f . Για να διατηρείται η συχνότητα μετάβασης κοντά στη μέγιστη τιμή η_s , καθώς η f ελαττώνεται, προκαλούνται άλματα στον m_f και κατά συνέπεια στην f_s . Για να αποφευχθεί ο αποσυγχρονισμός στις συχνότητες που συμβαίνουν τα άλματα πρέπει να υπάρχει κάποια υστέρηση. Στο εμπόριο διατίθενται ψηφιακά ολοκληρωμένα κυκλώματα, όπως το HEF5752V, τα οποία περιέχουν πολλές από τις λειτουργίες του ελεγκτή PWM που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

Για λόγους προστασίας και μεγαλύτερης ακρίβειας στην ταχύτητα, πρέπει να χρησιμοποιηθούν βρόχοι ανάδρασης του ρεύματος και της τάσης. Αυτά τα σήματα είναι απαραίτητα για την εκκίνηση και την πέδηση του συστήματος ώστε να περιορίζεται το μέγιστο ρεύμα κατά την επιτάχυνση και την επιβράδυνση ή σε μεγάλες φορτίσεις. Ακόμη, χρειάζονται για τον περιορισμό της μέγιστης τάσης της dc ζεύξης κατά την πέδηση του επαγωγικού κινητήρα. Εξαιτίας της ολίσθησης ο επαγωγικός κινητήρας λειτουργεί σε ταχύτητες μικρότερες από τη σύγχρονη. Είναι δυνατό να αντισταθμιστεί η ταχύτητα ολίσθησης, η οποία αυξάνει με τη ροπή, χωρίς τη μέτρηση της πραγματικής ταχύτητας. Επιπλέον, στις χαμηλές ταχύτητες χρειάζεται μια ανύψωση της τάσης. Για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι, πρέπει να μετριέται το ρεύμα του κινητήρα και η τάση V_d του πυκνωτή της dc ζεύξης. Για να παρασταθούν τα ρεύματα του τριφασικού επαγωγικού κινητήρα, μετράται το ρεύμα i_o στην είσοδο του αντιστροφέα όπως φαίνεται στο Σχ.14-21. Οι βασικές βαθμίδες του συστήματος ελέγχου είναι οι εξής:

1. Βαθμίδα ελέγχου ταχύτητας. Η βαθμίδα ελέγχου της ταχύτητας δέχεται ως είσοδο το σήμα αναφοράς της ταχύτητας $\omega_{r,ref}$, για τον έλεγχο της τάσης εξόδου του αντιστροφέα. Με τον περιοριστή d/dt (περιοριστή κλίσης) προκαθορίζονται οι μέγιστοι ρυθμοί επιτάχυνσης/επιβράδυνσης. Ο προκαθορισμός γίνεται από τον χρήστη με τη ρύθμιση ποτενσιομέτρων που καθορίζουν το ρυθμό μεταβολής του σήματος αναφοράς της ταχύτητας, κατά τη διάρκεια των επιταχύνσεων/επιβραδύνσεων είναι απαραίτητο να διατηρείται το ρεύμα του κινητήρα i_o και η τάση της dc ζεύξης V_d μέσα σε κάποια όρια.

Αν πρέπει να βελτιωθεί η σταθεροποίηση της ταχύτητας, ώστε να είναι περισσότερο ανεξάρτητη από τη ροπή φορτίου, η βαθμίδα ελέγχου της ταχύτητας δέχεται μια είσοδο από τη βαθμίδα αντιστάθμισης ολίσθησης, όπως εξηγείται παρακάτω στο βήμα 3.

2. Βαθμίδα περιορισμού του ρεύματος. Αν δεν χρησιμοποιείται περιοριστής κλίσης για την ταχύτητα, είναι αναγκαίο να χρησιμοποιηθεί περιοριστής ρεύματος. Στη λειτουργία κινητήρα, αν η ω_s αυξηθεί πολύ γρήγορα σε σχέση με την ταχύτητα του κινητήρα, τότε η ταχύτητα ολίσθησης ω_{sl} και το ρεύμα i_o θα αυξηθούν. Για να περιοριστεί ο μέγιστος ρυθμός της επιτάχυνσης, ώστε το ρεύμα του κινητήρα να παραμείνει μικρότερο από τον περιορισμό ρεύματος, το πραγματικό ρεύμα συγκρίνεται με τον περιορισμό ρεύματος και το σφάλμα, μέσω του ελεγκτή, ενεργεί στη βαθμίδα ελέγχου της ταχύτητας ελαττώνοντας την επιτάχυνση (π.χ. μειώνοντας την ω_s).

Κατά την πέδηση, αν το ω_s ελαττωθεί πολύ γρήγορα η αρνητική ολίσθηση θα αποκτήσει μεγάλη τιμή με αποτέλεσμα ένα μεγάλο ρεύμα πέδησης στον κινητήρα και τον αντιστροφέα. Για να περιοριστεί το ρεύμα αυτό στα

επιθυμητά όρια το πραγματικό ρεύμα συγκρίνεται με τον περιορισμό του ρεύματος και το σφάλμα, μέσω του ελεγκτή ενεργεί στη βαθμίδα ελέγχου της ταχύτητας μειώνοντας την επιβράδυνση (π.χ. αυξάνοντας την ω_s). Κατά την πέδηση η τάση του πυκνωτή της dc ζεύξης πρέπει να διατηρείται μικρότερη από ένα μέγιστο όριο. Αν δεν γίνεται πέδηση με ανάκτηση ισχύος, παρεμβάλλεται μια αντίσταση παράλληλα προς τον πυκνωτή. Αν η ενέργεια που απελευθερώνεται είναι περισσότερη από αυτή που μπορούν να απορροφήσουν οι διάφορες καταναλώσεις του συστήματος τότε η τάση του πυκνωτή θα αυξηθεί πάρα πολύ. Άρα, μόλις η τάση αυτή υπερβεί τον περιορισμό της, παρεμβαίνει το κύκλωμα ελέγχου και μειώνει την επιβράδυνση (ελαττώνοντας την ω_s).

3. Αντιστάθμιση της ταχύτητας. Για να παραμένει η ταχύτητα του ρότορα σταθερή, πρέπει να προστίθεται ένας όρος στη συχνότητα του στάτη. Ο όρος αυτός είναι ανάλογος προς τη ροπή του κινητήρα T_{em} .

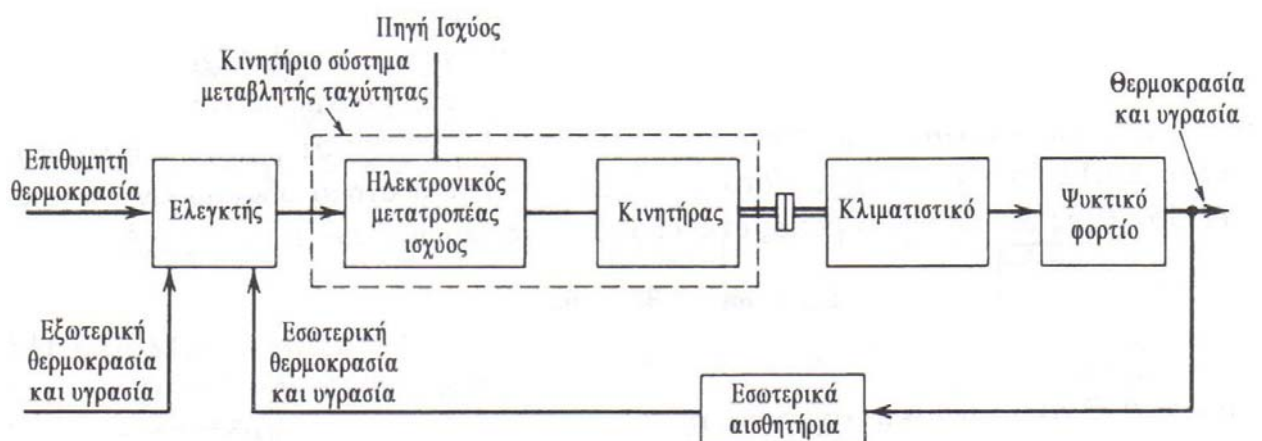
$$\omega_s = \omega_{r,ref} + k_{18} T_{em}$$

Ο δεύτερος όρος στην παραπάνω εξίσωση υπολογίζεται από τη βαθμίδα αντιστάθμισης της ολίσθησης. Ένας τρόπος είναι η εκτίμηση της T_{em} . Αυτό μπορεί να γίνει μετρώντας την ισχύ που απορροφά το σύστημα στη dc ζεύξη. Κατόπιν, αφαιρώντας τις απώλειες του αντιστροφέα και του κινητήρα υπολογίζεται η ισχύς διακένου. Στη συνέχεια, από τις υπολογίζεται η T_{em} .

4. Ανύψωση της τάσης. Για να παραμείνει η ροή διακένου ϕ_{ag} σταθερή και ίση με την ονομαστική, η τάση του κινητήρα πρέπει να είναι:

$$V_s = k_{19} \omega_s + k_{20} T_{em}$$

Γνωρίζοντας την ω_s και χρησιμοποιώντας την T_{em} που προκύπτει από το βήμα 3, μπορεί να υπολογιστεί η απαιτούμενη τάση. Έτσι, προκύπτει η απαιτούμενη ανύψωση τάσης.



Κινητήριο σύστημα μεταβλητής ταχύτητας σ' ένα σύστημα κλιματισμού.

Σχήμα 14-21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΣΤΡΟΦΩΝ ΑΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ (INVERTERS)

5.1 Γενικά

Ο επαγωγικός κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα , καλύπτει ένα πολύ μεγάλο ποσοστό των αναγκών της βιομηχανίας , επειδή έχει χαμηλό κόστος και πολύ γερή κατασκευή .

Η ταχύτητα περιστροφής του επαγωγικού κινητήρα , εξαρτάται από τον αριθμό των πόλων του τυλίγματος του στάτη και από την συχνότητα του ρεύματος τροφοδοσίας .

Όταν συνδέεται στο δίκτυο με σταθερή τάση και συχνότητα , ο επαγωγικός κινητήρας λειτουργεί με σχεδόν σταθερή ταχύτητα .

Ένας τρόπος μεταβολής της ταχύτητας περιστροφής του επαγωγικού κινητήρα είναι, κρατώντας σταθερή την τάση και την συχνότητα και μεταβάλλοντας τον αριθμό των πόλων του τυλίγματος .

Μπορούμε να μεταβάλλουμε σε μεγαλύτερη κλίμακα την ταχύτητα περιστροφής του επαγωγικού κινητήρα χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικούς μετατροπείς ισχύος , που μεταβάλλουν τη συχνότητα και την τάση τροφοδοσίας του κινητήρα .

Ο έλεγχος της ταχύτητας με την μεταβολή της συχνότητας και της τάσης , δίνει τη δυνατότητα στον κινητήρα , να λειτουργεί με ταχύτητες μικρό-τερες ή μεγαλύτερες από την ονομαστική του ταχύτητα .

Αν η συχνότητα που εφαρμόζεται στον στάτη σε έναν επαγωγικό κινητήρα μεταβληθεί , ο ρυθμός περιστροφής των μαγνητικών πεδίων , μεταβάλλεται ανάλογα με την μεταβολή της ηλεκτρικής συχνότητας , ενώ το σημείο λειτουργίας χωρίς φορτίο στην καμπύλη ροπής – ταχύτητας μεταβάλλεται επίσης .

Η σύγχρονη ταχύτητα του κινητήρα στις ονομαστικές συνθήκες είναι γνώστη ως βασική ταχύτητα .

Μια προσεκτικά σχεδιασμένη συσκευή οδήγησης επαγωγικού κινητήρα με μεταβλητή συχνότητα μπορεί να είναι ιδιαίτερα ευέλικτη . Η ρύθμιση της ταχύτητας του επαγωγικού κινητήρα μπορεί να ξεκινά από ένα μικρό εύρος τιμών , και να φθάνει σε τιμές διπλάσιες της βασικής ταχύτητας του . Όμως είναι σημαντικό να καθοριστούν κάποια όρια για την τάση και την ροπή του κινητήρα κατά τη μεταβολή της ταχύτητας του , ώστε η λειτουργία του να είναι ασφαλής .

Όταν ο κινητήρας περιστρέφεται με ταχύτητες μικρότερες της βασικής ταχύτητας , θα πρέπει η τάση που εφαρμόζεται στον στάτη του κινητήρα να περιορίζεται , με σκοπό να είναι ασφαλής η λειτουργία του .

Η τάση εισόδου στο στάτη θα πρέπει να μειώνεται γραμμικά με τη μείωση της συχνότητας .

Η διαδικασία αυτή ονομάζεται υποβιβασμός της τάσης . Αν δεν ακολουθηθεί αυτή η διαδικασία , ο χάλυβας του στάτη οδηγείται σε κορεσμό και το ρεύμα μαγνήτισης του κινητήρα μπορεί να πάρει εξαιρετικά μεγάλες τιμές .

Για να γίνει κατανοητή η αναγκαιότητα του υποβιβασμού της τάσης , ας πούμε ότι ο επαγωγικός κινητήρας είναι ένας στρεφόμενος μετασχηματιστής .

Όπως σε κάθε μετασχηματιστή , η μαγνητική ροή στον πυρήνα ενός επαγωγικού κινητήρα , υπολογίζεται από το νόμο του Faraday:

$$U(t)=N*(d\Phi/dt)$$

Όπου :

$U(t)$ =τάση από επαγωγή συναρτήσει του χρόνου .

N = αριθμός σπειρών

$d\Phi/dt$ = ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής ως προς το χρόνο .

Φ = Μαγνητική ροή που διέρχεται από το πηνίο .

Με βάση τα παραπάνω , θα έχουμε :

$$\varphi = 1/N \quad U(t) \cdot dt \Rightarrow \varphi = 1/N \quad V \cdot \eta \mu \omega t \cdot dt \Rightarrow \varphi = V/\omega \cdot N \cdot \sin \omega t \Rightarrow \varphi = V/2\pi f \cdot N \cdot \sin \omega t$$

Επειδή η συχνότητα f στην παραπάνω σχέση , εμφανίζεται στον παρονομαστή αν μειωθεί κατά 10% και το πλάτος της τάσης παραμείνει σταθερό η μαγνητική ροή στον πυρήνα του κινητήρα αυξάνει περίπου κατά 10% και το ρεύμα μαγνήτισης στο εσωτερικό του αυξάνεται επίσης . Στην ακόρεστη περιοχή της καμπύλης μαγνήτισης του κινητήρα η αύξηση του ρεύματος μαγνήτισης θα είναι και αυτή περίπου ίση με 10% .

Όμως στην κορεσμένη περιοχή της καμπύλης μαγνήτισης η αύξηση της μαγνητικής ροής κατά 10% απαιτεί πολύ μεγαλύτερη αύξηση του ρεύματος μαγνήτισης . Οι επαγωγικοί κινητήρες συνήθως κατασκευάζονται να λειτουργούν κοντά στο σημείο κορεσμού της καμπύλης μαγνήτισης και έτσι η αύξηση της μαγνητικής ροής , που οφείλεται στ η μείωση της συχνότητας , προκαλεί σοβαρή αύξηση στο ρεύμα μαγνήτισης του κινητήρα .

Στην πράξη , στους οδηγούς AC , η τάση που εφαρμόζεται στον στάτη του κινητήρα , ελαττώνεται σε ποσοστό ανάλογο της μείωσης της συχνότητας με σκοπό την αποφυγή των εξαιρετικά μεγάλων ρευμάτων μαγνήτισης , κάθε φορά που η συχνότητα μειώνεται κάτω από την ονομαστική της τιμή . Αφού η εφαρμοζόμενη τάση V εμφανίζεται στον αριθμητή και η ηλεκτρική συχνότητα f στον παρονομαστή της , τα αποτελέσματα της μεταβολής τους εξουδετερώνονται μεταξύ τους , ώστε το ρεύμα μαγνήτισης να παραμένει ανεπηρέαστο .

Όταν το πλάτος της τάσης που εφαρμόζεται στο στάτη του κινητήρα μεταβάλλεται γραμμικά με τη συχνότητα σε ταχύτητες μικρότερες από τη βασική ταχύτητα , η μαγνητική ροή του κινητήρα παραμένει σχεδόν σταθερή . Έτσι η μέγιστη ροπή που μπορεί να προσφέρει ο κινητήρας παραμένει σχετικά υψηλή .

Όμως η μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύς του κινητήρα θα πρέπει και αυτή να μειώνεται γραμμικά με τη μείωση της συχνότητας , ώστε το κύκλωμα του στάτη να προστατεύεται από την υπερθέρμανση .

Η ισχύς με την οποία τροφοδοτείται ένας τριφασικός κινητήρας δίνεται από τη σχέση:

$$P = \sqrt{3} U \cdot I \cdot \cos\phi$$

Αν η τάση U μειωθεί , θα πρέπει να μειωθεί και η μέγιστη ισχύς P , διαφορετικά το ρεύμα στο εσωτερικό του κινητήρα θα πάρει τόσο μεγάλες τιμές , που ο κινητήρας θα υπερθερμανθεί .

Όταν η συχνότητα του ρεύματος που εφαρμόζεται στον κινητήρα ξεπεράσει την ονομαστική συχνότητα , η τάση στον στάτη θα πρέπει να παραμείνει σταθερή . Αν και κάτω από αυτές τις συνθήκες οι περιορισμοί που αναφέραμε για τον κορεσμό του στάτη επιτρέπουν την αύξηση της τάσης πάνω από την ονομαστική τιμή , η τάση συγκρατείται σε αυτή την τιμή με σκοπό την προστασία του κινητήρα .

Όσο η ηλεκτρική συχνότητα αυξάνεται πάνω από τη συχνότητα που αντιστοιχεί στη βασική ταχύτητα , τόσο μεγαλύτερος γίνεται ο παρονομαστής της σχέσης (α) .

Όμως επειδή , ο αριθμητής της σχέσης αυτής για τιμές συχνότητας πάνω από την ονομαστική παραμένει σταθερός , η προκαλούμενη μαγνητική ροή στη μηχανή θα μειώνεται και μαζί της θα μειώνεται η μέγιστη ροπή του κινητήρα .

5.2 Πλεονεκτήματα από την εφαρμογή συστημάτων ρυθμιζόμενης ταχύτητας .

Στην πράξη τα συστήματα που χρησιμοποιούμε για την ρύθμιση της ταχύτητας των ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα , μπορεί να είναι απλά (ρύθμιση ταχύτητας ανεμιστήρων , συμπιεστών , αντλιών ,κτλ)

ή μπορεί να είναι σύνθετα υψηλών αποδόσεων , για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιφερειακά υπολογιστών ,σε εργαλειομηχανές , στη ρομποτική , κτλ .

Τα πλεονεκτήματα από την εφαρμογή στην πράξη συστημάτων ρυθμιζόμενης ταχύτητας , τα παρουσιάζουμε στο παρακάτω παράδειγμα .

Ένας ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα κινεί μια φυγόκεντρη αντλία . Επειδή ο κινητήρας και η αντλία στρέφονται με σταθερή ταχύτητα , όταν χρειάζεται να μειώσουμε τη ροή του νερού , θα πρέπει να κλείσουμε μερικώς τη βάνα ρύθμισης της ροής . Κλείνοντας , όμως μερικώς τη βάνα δημιουργούνται απώλειες . Μπορούμε να αποφύγουμε τις απώλειες , αν έχουμε τη δυνατότητα να μειώσουμε την παροχή του νερού , μειώνοντας την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα (η παροχή της αντλίας εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής της) . Η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα μπορεί να μεταβληθεί χρησιμοποιώντας ένα μετατροπέα μεταβλητής συχνότητας (inverter) .

Ο μετατροπέας συχνότητας , που παρεμβάλλεται ανάμεσα στο δίκτυο και στον επαγωγικό κινητήρα , θα πρέπει να ικανοποιεί τις παρακάτω βασικές απαιτήσεις :

1. Να μπορεί να ρυθμίσει τη συχνότητα του ρεύματος , σύμφωνα με την επιθυμητή ταχύτητα εξόδου .
2. Να μπορεί να ρυθμίζει το πλάτος της τάσης εξόδου ,ώστε στην περιοχή σταθερής ροπής , να διατηρείται σταθερή η ροή διακένου .
3. Να μπορεί να παρέχει διαρκώς το ονομαστικό ρεύμα σε κάθε συχνότητα .

Χρησιμοποιώντας μικροελεγκτές , μπορούμε να έχουμε στην πράξη ψηφιακούς οδηγούς AC με πολλά προγραμματισμένα χαρακτηριστικά .

Χρησιμοποιώντας ειδικά κλειδιά – διακόπτες και ειδικούς χαρακτήρες , μπορούμε να προγραμματίσουμε διάφορες λειτουργίες στους οδηγούς AC , με άριστα αποτελέσματα .

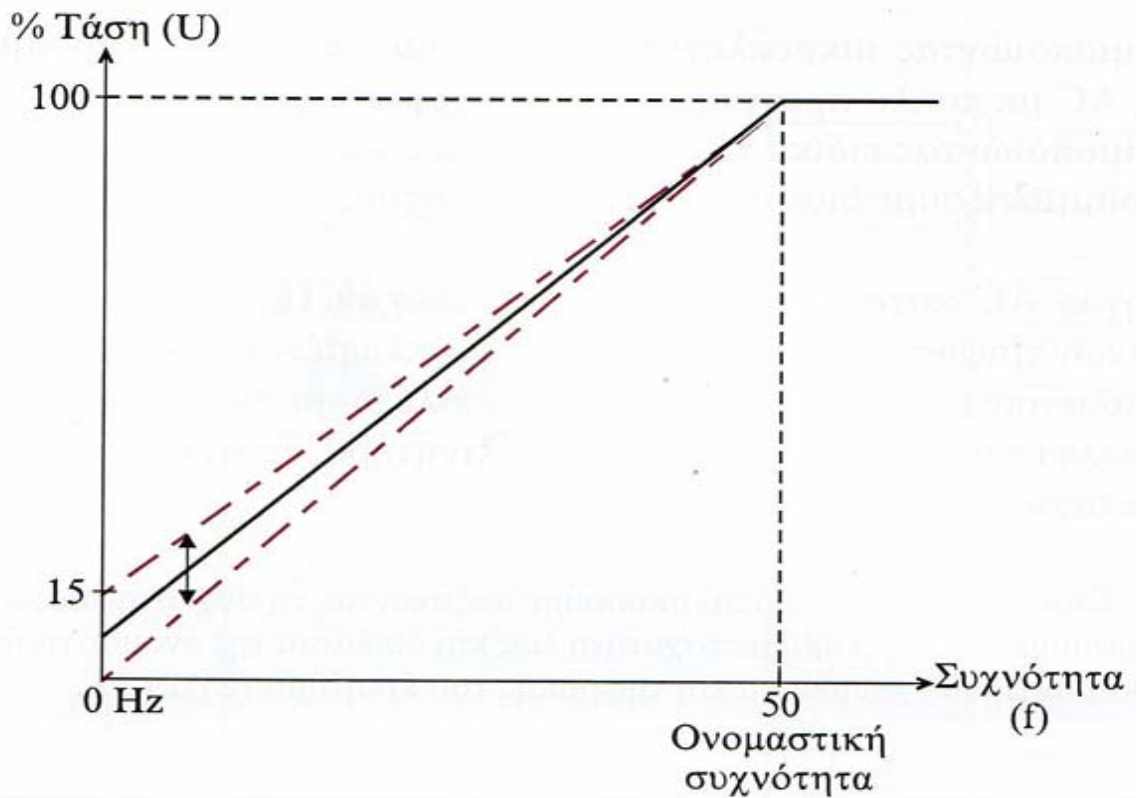
Ο οδηγός AC , κατασκευάστηκε για να ελέγχει την ταχύτητα περιστροφής των ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα . Για να έχουμε στην πράξη καλά αποτελέσματα , θα πρέπει να επιλέξουμε έναν οδηγό , που να μπορεί να ανταπεξέλθει στο ονομαστικό φορτίο του κινητήρα ,δίνοντας την απαιτούμενη ροπή για κάθε ταχύτητα .

5.3 Ενίσχυση της ροπής εκκίνησης

Επειδή οι τύποι των μηχανικών φορτίων που εφαρμόζονται σ' έναν επαγωγικό κινητήρα , παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία , η συσκευή οδήγησης AC έχει τη δυνατότητα να παράγει ποικιλία καμπύλων τάσης – συχνότητας από τις οποίες μπορεί να επιλεγεί η πιο κατάλληλη , με σκοπό η ροπή του κινητήρα να ανταποκρίνεται στην απαιτούμενη ροπή του φορτίου .

Οι εφαρμογές των αντλιών και οι ανεμιστήρες , απαιτούν μικρή ροπή κατά την εκκίνηση (ή όταν περιστρέφονται με μικρή ταχύτητα) , που αυξάνεται με το τετράγωνο της ταχύτητας .

Στην πράξη , με βάση τις οδηγίες του κατασκευαστή , θα πρέπει να δώσουμε στον οδηγό AC την κατάλληλη παράμετρο (παίρνοντας υπόψη τις απαιτήσεις του φορτίου) , για να έχουμε την απαιτούμενη ενίσχυση της ροπής . Η ενίσχυση της ροπής κατά την εκκίνηση , επιτυγχάνεται με την αύξηση της τάσης σε ποσοστό , πάνω στην ονομαστική τάση λειτουργίας του κινητήρα (%U) .



Χαρακτηριστική ευθεία ενίσχυσης ροπής.

5.4 Επιτάχυνση – Επιβράδυνση κινητήρα

Όταν η ταχύτητα του κινητήρα θα πρέπει να μεταβληθεί, η συσκευή οδήγησης που τον ελέγχει, θα πρέπει να μεταβάλει τη συχνότητα, ώστε η ταχύτητα να πάρει την νέα της τιμή.

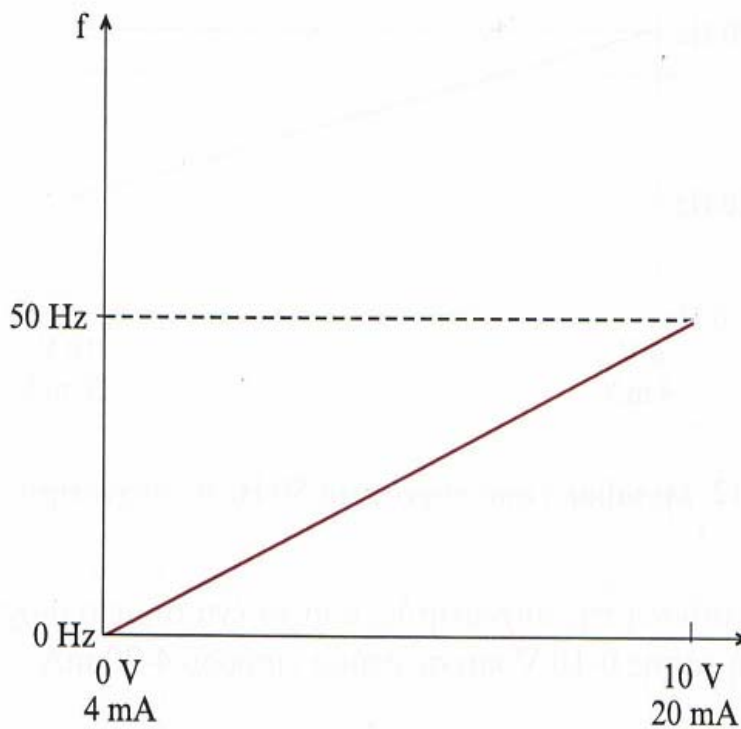
Ο ρυθμός αύξησης της συχνότητας (επιτάχυνση), ή ο ρυθμός μείωσης (επιβράδυνση), μπορούν να καθοριστούν από τον οδηγό, τοποθετώντας την κατάλληλη παράμετρο.

Ονομαστική επιτάχυνση (επιβράδυνση) = ταχύτητα Hz / χρόνος Sec

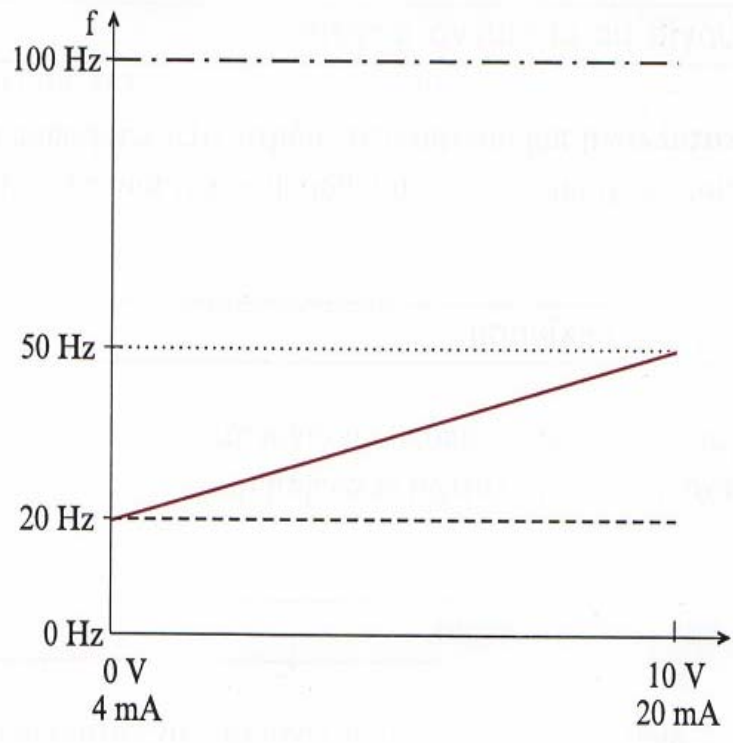
5.5 Έλεγχος συχνότητας (έλεγχος πεδίου ταχύτητας)

Τοποθετώντας στον οδηγό AC μια ελάχιστη και μια μέγιστη συχνότητα με την κατάλληλη παράμετρο , μπορούμε ανάμεσα στα δύο αυτά σημεία , να έχουμε μια γραμμική μεταβολή της συχνότητας .

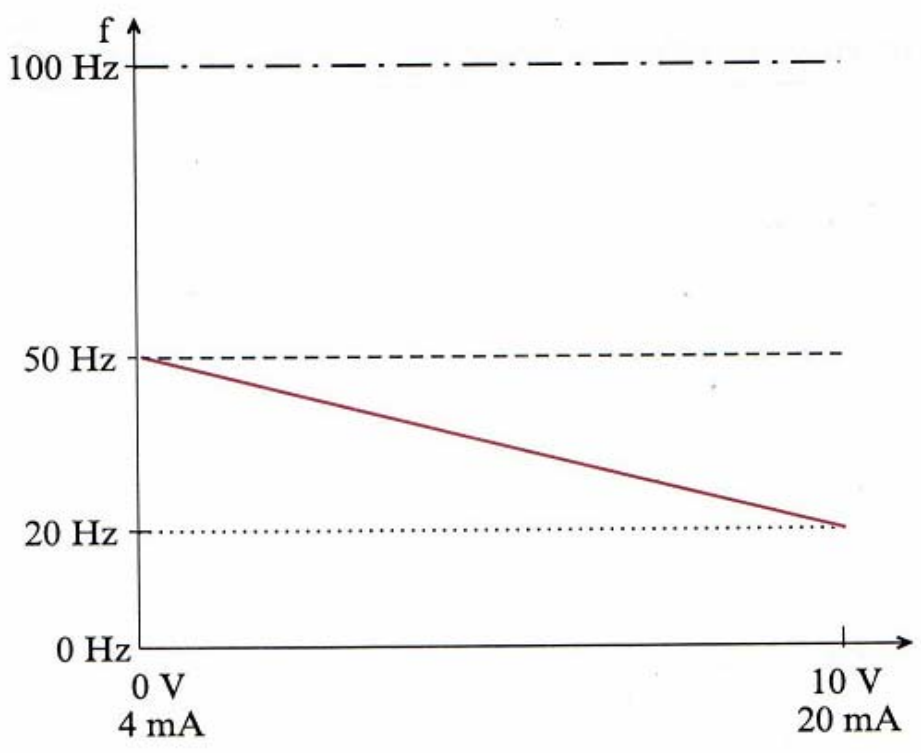
Η γραμμική μεταβολή της συχνότητας , από το ένα σημείο μέχρι το άλλο , αντιστοιχεί σε παροχή τάσης 0 -10 V και σε ρεύμα 4 – 20 mA .



Σημείο ελάχιστης συχνότητας 0 Hz, σημείο μέγιστης συχνότητας 50 Hz.



Σημείο ελάχιστης συχνότητας 20 Hz, σημείο μέγιστης συχνότητας 50 Hz.



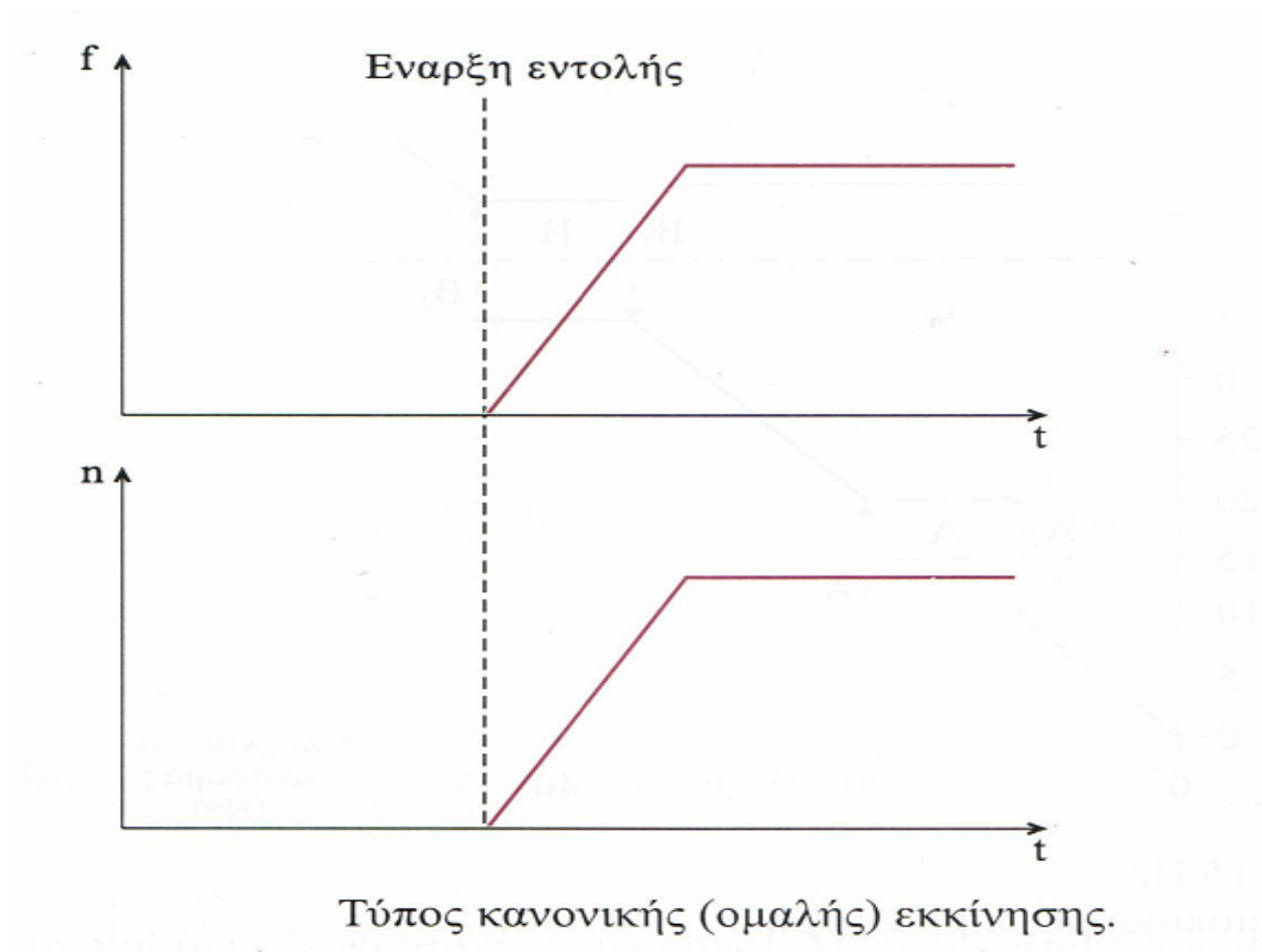
Μεταβολή από συχνότητα 50 Hz σε συχνότητα 20 Hz.

5.6 Λειτουργία με μειωμένο φορτίο

Δίνοντας την κατάλληλη παράμετρο στον οδηγό AC , μπορούμε σε λειτουργία με μειωμένο φορτίο , να έχουμε μείωση του θορύβου και των απωλειών .

5.7 Ελεγχόμενη εκκίνηση

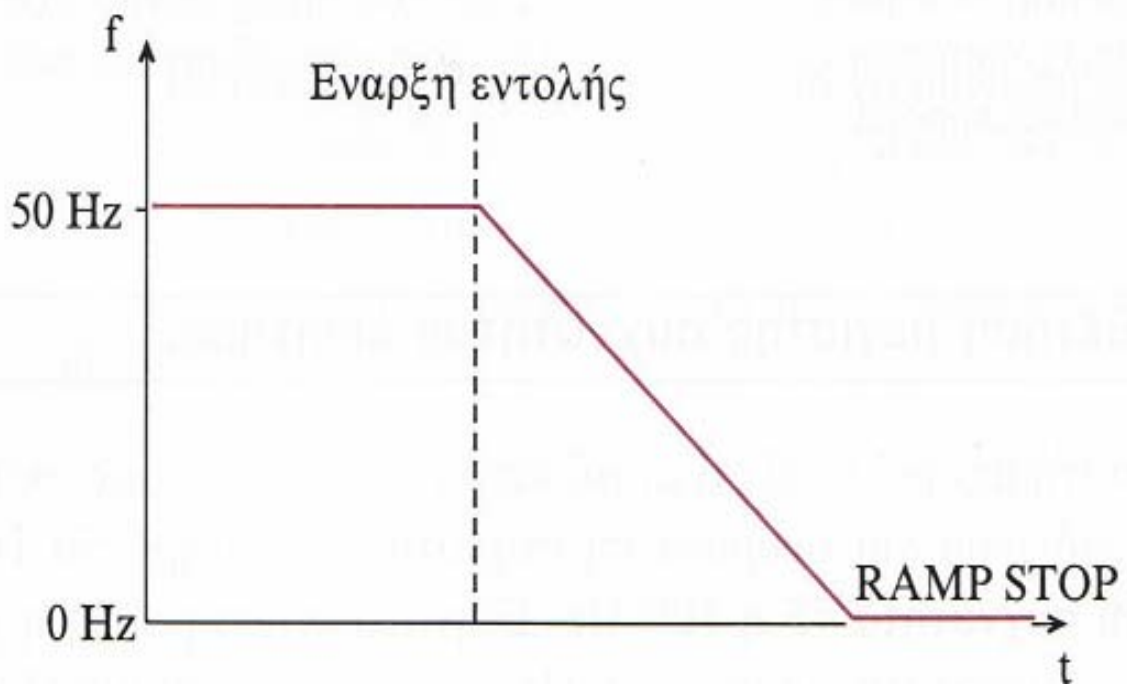
Για εφαρμογές με ειδικά φορτία , μπορούμε δίνοντας την κατάλληλη παράμετρο στον οδηγό AC , να έχουμε ομαλότερη εκκίνηση (ράμπα εκκίνησης) .



5.8 Ελεγχόμενο σταμάτημα

Για εφαρμογές με ειδικά φορτία , μπορούμε δίνοντας την κατάλληλη παράμετρο στον οδηγό AC , να έχουμε ομαλό σταμάτημα (ράμπα σταματήματος) .

Με κατάλληλη παράμετρο μπορούμε να έχουμε ελεύθερο σταμάτημα , ή σταμάτημα (φρενάρισμα) με συνεχές ρεύμα (DC) .

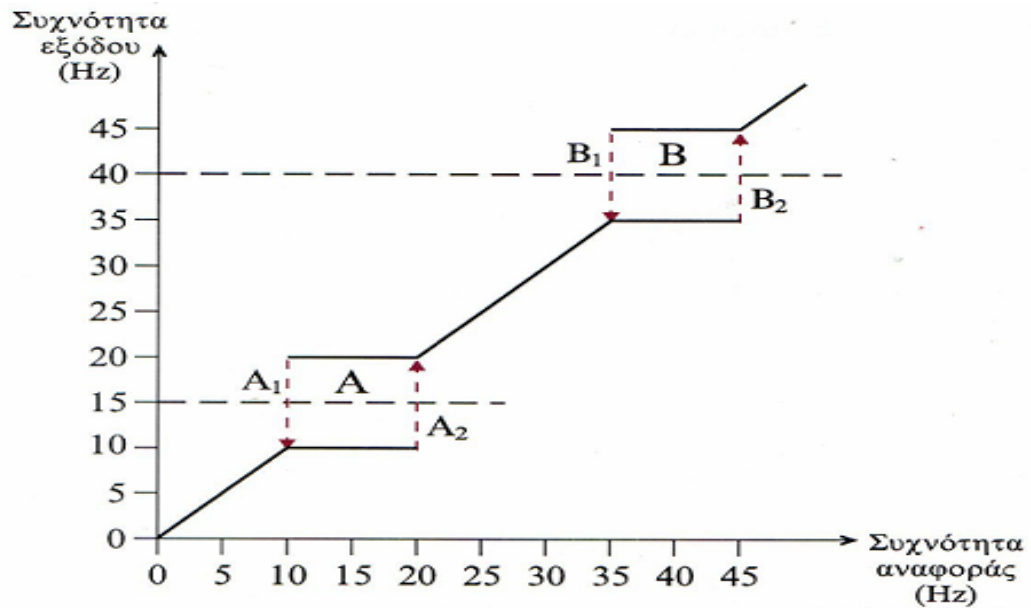


Ομαλό σταμάτημα (ράμπα).

5.9 Τοποθέτηση πλάτους αναπήδησης περιοχών (ζώνες συχνότητας) .

Μπορούμε να κρατάμε εκτός περιοχές συχνοτήτων (γύρω από τα σημεία λειτουργίας), για να αποφεύγουμε συντονισμούς των φυσικών μηχανημάτων .

Οι περιοχές αυτές είναι ελεγχόμενες και ρυθμιζόμενες γύρω από ένα ή δύο σημεία λειτουργίας .



Σημείο A = 15 Hz.

A₁ = Χρησιμοποιούμε επιβράδυνση.

A₂ = Χρησιμοποιούμενη επιτάχυνση.

Σημείο B = 40 Hz.

B₁ = Χρησιμοποιούμενη επιβράδυνση.

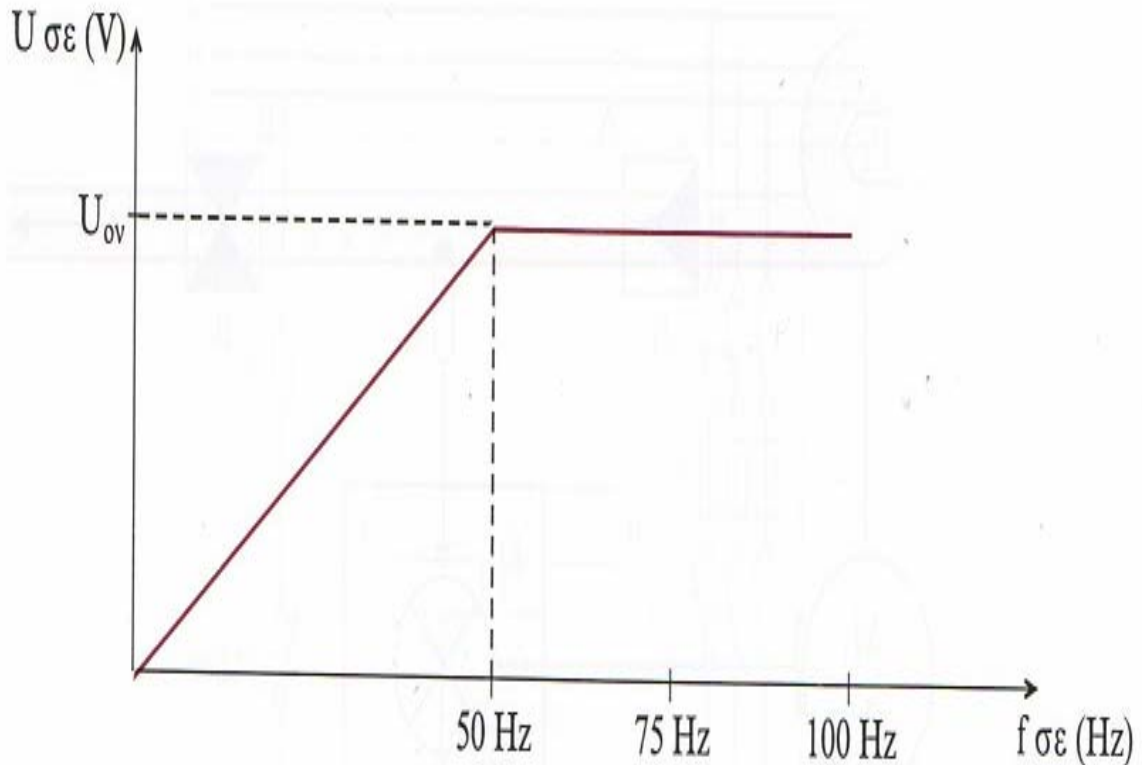
B₂ = Χρησιμοποιούμενη επιτάχυνση.

Πλάτος (ζώνη) συχνοτήτων = 10 Hz.

5.10 Τοποθέτηση μέγιστης συχνότητας κινητήρα

Η συχνότητα αυτή μπορεί να είναι μεγαλύτερη από την ονομαστική συχνότητα του κινητήρα . Παράδειγμα για ονομαστική συχνότητα κινητήρα 50 Hz .

Μπορούμε να έχουμε μέγιστη συχνότητα 75 Hz . Στην περίπτωση αυτή η χαρακτηριστική καμπύλη τάσης – συχνότητας μετά τα 50 Hz είναι ευθεία γραμμή .



5.11 Συστήματα οδήγησης κινητήρων

Η ηλεκτρική κίνηση είναι μια από τις βασικές περιοχές της επιστήμης του μηχανικού . Σχετίζεται με τις διατάξεις οδήγησης και ελέγχου ηλεκτρικών κινητήρων (έλεγχος θέσης , ταχύτητας , ροπής) , με σκοπό την συνεχή αναπροσαρμογή της κινητήριας μηχανής στις απαιτήσεις του κινούμενου συστήματος (φορτίο) .

Η σωστή σχεδίαση ενός συστήματος κίνησης , απαιτεί πλήρη γνώση της στατικής και δυναμικής συμπεριφοράς όλων των επιμέρους συνιστωσών του , καθόσον με την δράση και την αλληλεπίδραση τους επιτυγχάνεται το επιθυμητό αποτέλεσμα . Η δομή ενός στοιχειώδους συστήματος κίνησης παρουσιάζεται παρακάτω σχήμα 1 .

Ο κινητήρας μαζί με τον μετατροπέα ισχύος αποτελούν το σύστημα οδήγησης του μηχανικού φορτίου . Βασικές μεταβλητές ελέγχου , όπως προαναφέραμε , μπορεί να είναι η ροπή , η επιτάχυνση , η ταχύτητα , η θέση και ο οποιοσδήποτε συνδυασμός αυτών . Έχοντας λοιπόν καθορίσει τις απαιτήσεις του μηχανικού φορτίου , ο μετατροπέας ισχύος μέσω του συστήματος ελέγχου , τροφοδοτεί τον κινητήρα με το κατάλληλο ρεύμα και τάση , έτσι ώστε να εξασφαλίσει την επιθυμητή λειτουργία .

Στην περίπτωση συστημάτων ελέγχου κλειστού βρόχου , το σήμα ελέγχου του μετατροπέα ισχύος προέρχεται από την βαθμίδα ανάδρασης , η οποία στη γενική της περίπτωση περιλαμβάνει το μετατροπέα της ελεγχόμενης μεταβλητής σε κατάλληλο ηλεκτρικό σήμα πχ ταχογεννήτρια)

,τον ενισχυτή και ίσως κάποιο φίλτρο . Το σφάλμα δηλαδή η απόκλιση του ελεγχόμενου μεγέθους από την ελεγχόμενη τιμή (τιμή αναφοράς) , αποτελεί την είσοδο της βαθμίδας ελέγχου (PID ελεγκτής) . Η έξοδος της μονάδας ελέγχου , αποτελεί το σήμα ελέγχου του μετατροπέα ισχύος . Στην περίπτωση ελέγχου περισσοτέρων της μιας παραμέτρων , το τελικό σήμα προέρχεται από τον συνδυασμό των επιμέρους συστημάτων . Εξυπακούεται ότι το κύκλωμα θα περιέχει αντίστοιχους βρόχους ανατροφοδότησης . Οι στατικές χαρακτηριστικές ροπής στροφών ενός ιδανικού συστήματος οδήγησης δίνονται παρακάτω σχήμα 2 .

Όπου :

$T_{\pi\phi}$ = ροπή πλήρους φορτίου , (Nm)

$T_{κ\phi}$ = ροπή κενού φορτίου , (Nm)

Σύμφωνα λοιπόν με το σχήμα 2 , οι στροφές του συστήματος ουσιαστικά παραμένουν αμετάβλητες για οποιαδήποτε μεταβολή του φορτίου (πχ από το σημείο A στο σημείο B). Δηλαδή σε ένα ιδανικό σύστημα οδήγησης , η ρύθμιση της ταχύτητας είναι μηδενική και αυτό προφανώς οφείλεται στην μορφή των χαρακτηριστικών του . Με τον όρο ρύθμιση ταχύτητας εννοούμε την ποσοστιαία μεταβολή των στροφών λόγω της μεταβολής του φορτίου . Συνήθως για τον υπολογισμό της θεωρούμε δύο ακραίες λειτουργικές καταστάσεις , χωρίς φορτίο και κάτω από πλήρες φορτίο .

$$P. T (\%) = ((\eta_{\pi\phi} - \eta_{κ\phi}) / \eta_{κ\phi}) \times 100$$

Όπου :

$\eta_{κ\phi}$ = στροφές χωρίς φορτίο , (rpm)

$\eta_{\pi\phi}$ = στροφές κάτω από πλήρες φορτίο , (rpm)

Σε πολλά βιομηχανικά συστήματα οδήγησης μια ρύθμιση ταχύτητας μέχρι 5% είναι αποδεκτή . Συστήματα ακριβείας τα οποία απαιτούν μηδενική ρύθμιση είναι ως επί το πλείστον κλειστού βρόχου και συνήθως χρησιμοποιούν συγχρόνους και ασύγχρονους κινητήρες , με ταυτόχρονη ρύθμιση της τάσης και της συχνότητας τροφοδοσίας .

Ένας άλλος κρίσιμος παράγοντας για την επιλογή και την σχεδίαση ενός συστήματος οδήγησης είναι η δυναμική συμπεριφορά του , δηλαδή η αντίδραση του σε απότομες μεταβολές του φορτίου του , ή του σήματος ελέγχου αντίστοιχα . Είναι γενικά επιθυμητό , η χρονική διάρκεια κατά την μετάβαση από μια λειτουργική κατάσταση σε άλλη (πχ. Μεταβολή των στροφών για βηματική αύξηση του φορτίου) , και ταυτόχρονα η μέγιστη διακύμανση του ελεγχόμενου μεγέθους , να έχουν όσο το δυνατόν μικρότερες τιμές . Στο σχήμα 3 , δείχνεται η χρονική μεταβολή των στροφών για βηματική αύξηση του φορτίου και βηματική μείωση του σήματος ελέγχου (μεταβολές A – B και B – Γ του σχήματος 2) .

Είναι γνωστό από την θεωρία των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου , ότι η μείωση του χρόνου αποκατάστασης της διαταραχής , πρακτικά οδηγεί σε μεγαλύτερες ταλαντώσεις (η υπεραπόσβεση) του ελεγχόμενου μεγέθους και το αντίστροφο . Δηλαδή αύξηση του χρόνου αποκατάστασης σημαίνει πως η υποαπόσβεση (νωθρή απόκριση του συστήματος) . Κατά τη σχεδίαση των ρυθμιστών , γίνεται λοιπόν κάποιος συμβιβασμός μεταξύ των δύο παραπάνω μεγεθών .

Τέλος να αναφέρουμε ότι τα διάφορα βιομηχανικά συστήματα οδήγησης , ανάλογα με το είδος του κινητήρα και της τάσης που χρησιμοποιούν , κατατάσσονται στις εξής τρεις κατηγορίες .

- α) Κινητήρες Ε. Ρ. , τροφοδοσία από δίκτιο Ε. Ρ.
- β) Κινητήρες Σ. Ρ. , τροφοδοσία από δίκτιο Ε. Ρ.
- γ) Κινητήρες Σ. Ρ. , τροφοδοσία από δίκτιο Σ. Ρ.

Στην πρώτη κατηγορία , χρησιμοποιούνται κατά κόρον ασύγχρονοι κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα και σπανιότερα δακτυλιοφόροι ασύγχρονοι και σύγχρονοι κινητήρες .

Στην δεύτερη και τρίτη κατηγορία χρησιμοποιούνται κατά κόρο κινητήρες Σ. Ρ. ξένης διέγερσης και στην μεν πρώτη περίπτωση ο έλεγχος γίνεται μέσω των ανορθωτικών διατάξεων ελεγχόμενης φάσης , στη δε δεύτερη μέσω μετατροπών Σ. Ρ. / Σ. Ρ. .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°

Εφαρμογές των Inverters

6.1.1 Συμπιεστής με οδήγηση Inverter

Ένα αισθητήριο που είναι ενσωματωμένο στην εσωτερική μονάδα ανιχνεύει την θερμοκρασία του χώρου και την ελέγχει δίνοντας "οδηγίες" στο σύστημα Inverter .

Το inverter συγκρίνει την θερμοκρασία του χώρου με την επιθυμητή και επιλέγει την κατάλληλη συχνότητα . Με τον τρόπο αυτό αλλάζει η ψυκτική ή η θερμική απόδοση ανάλογα με τις ανάγκες του χώρου .

Η μονάδα λειτουργεί σε υψηλές συχνότητες όταν υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας χώρου και επιθυμητής θερμοκρασίας , και σε χαμηλές συχνότητες όταν αυτή η διαφορά είναι μικρή .

Το Inverter επιλέγει την κατάλληλη συχνότητα μεταξύ των 20 και 110 Hz με βάση την παραπάνω διαφορά θερμοκρασίας και εκτελεί την εναλλαγή των στροφών στο συμπιεστή με βάση την παραπάνω διαφορά της θερμοκρασίας .

Είναι σημαντικά βελτιωμένο σε ότι αφορά την θερμική απόδοση σε σχέση με τις συμβατικές αντλίες θερμότητας . Ο χαμηλής θερμοκρασίας αέρας θερμαίνεται ταχύτατα μέχρι την επιθυμητή θερμοκρασία . Ο χρόνος που απαιτείται για την άνοδο της θερμοκρασίας στο επιθυμητό επίπεδο είναι συνήθως ο μισός από το χρόνο που χρειάζεται ένα συμβατό κλιματιστικό .

Όταν η επιθυμητή θερμοκρασία επιτευχθεί , το σύστημα ελαττώνει σταδιακά την ισχύ του . Τελικά η οικονομική , χαμηλής ισχύος λειτουργία στα 30 Hz , διατηρεί άνετη θερμοκρασία .

6.1.2 Ανεμιστήρες με οδήγηση Inverter

Στον κλιματισμό οι ανεμιστήρες και οι εξαεριστήρες όπως και οι αντλίες θερμότητας είναι συσκευές παροχής και υπόκεινται στο θεώρημα της αναλογίας :

$$V \sim n \quad , \quad H \sim n^2 \quad , \quad P \sim n^3 \quad .$$

Όπου V= παροχή
H= μανομετρικό
P= ισχύς
n= στρόφες

Χρησιμοποιώντας τις μαθηματικές σχέσεις αναλογίας , βρίσκουμε ότι για μειωμένη παροχή (V) 50% πρέπει ο αριθμός των στροφών να ελαττωθεί κατά 50% . Κατά αυτόν τον τρόπο ελαττώνεται η πίεση (H) στο 25% και η καταναλωμένη ισχύς (P) στο 12,5 % . Στην πράξη , σε εφαρμογές κλιματισμού αυτό μπορεί να συμβεί για παράδειγμα όταν η απαιτούμενη παροχή του αέρα παραμένει σταθερή ενώ μεταβάλλεται η πίεση , όπως σε συσκευές φίλτρου γίνεται αυξομείωση των στροφών λόγω της αυξανόμενης αντίστασης του φίλτρου , εξαιτίας της ρύπανσης του .

Πολύ καλύτερες συνθήκες λειτουργίας προκύπτουν όταν η ρύθμιση γίνεται μεταβαλλόντας τις στροφές κίνησης χρησιμοποιώντας την τεχνολογία inverter καθώς .

Αν ένας ανεμιστήρας δουλεύει πέντε ώρες στο 100 % της απόδοσης του καταναλώνει μεγαλύτερη ενέργεια από ότι αν λειτουργούσε δέκα ώρες στο 50 % της ισχύος του , και έχουμε μικρότερες μηχανικές καταπονήσεις μολοντί δουλεύει σε μεγαλύτερο χρόνο κι αυτό γιατί δουλεύει σε μικρότερο ποσοστό .

Και σε αυτή την περίπτωση η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του χώρου και της κατάλληλης (για τις συνθήκες άνεσης) θερμοκρασίας καθορίζουν την απαραίτητη συχνότητα .

6.2 Οδήγηση τριφασικού κινητήρα – αντλίας

Ένας ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα κινεί μία φυγόκεντρη αντλία . Επειδή ο κινητήρας και η αντλία στρέφονται με σταθερή ταχύτητα , όταν χρειάζεται να μειώσουμε την ροή του νερού θα πρέπει να κλείσουμε μερικώς τη βάνα . Κλείνοντας όμως μερικώς τη βάνα δημιουργούνται απώλειες . Μπορούμε να αποφύγουμε τις απώλειες , αν έχουμε την δυνατότητα να μειώσουμε την παροχή του νερού , μειώνοντας την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα (η παροχή της αντλίας εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής) . Η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα μπορεί να μεταβληθεί χρησιμοποιώντας έναν μετατροπέα μεταβλητής συχνότητας (inverter) . Ο μετατροπέας μεταβλητής συχνότητας , που παρεμβάλλεται ανάμεσα στο δίκτιο και στον επαγωγικό κινητήρα θα πρέπει να ικανοποιεί τις Παρακάτω βασικές απαιτήσεις :

- 1 . Να μπορεί να ρυθμίζει την συχνότητα του ρεύματος , σύμφωνα με την επιθυμητή ταχύτητα εξόδου .
- 2 . Να μπορεί να ρυθμίζει το πλάτος της τάσης εξόδου , ώστε στην περιοχή σταθερής ροπής να διατηρείται σταθερή η ροή διακένου .
- 3 . Να μπορεί να παρέχει διαρκώς το ονομαστικό ρεύμα σε κάθε συχνότητα .

Χρησιμοποιώντας μικροελεγκτές , μπορούμε να έχουμε στην πράξη ψηφιακούς οδηγούς AC με πολλά προγραμματισμένα χαρακτηριστικά .

Χρησιμοποιώντας ειδικά κλειδιά –διακόπτες και ειδικούς χαρακτήρες , μπορούμε να προγραμματίζουμε διάφορες λειτουργίες στους οδηγούς AC , με άριστα αποτελέσματα .

Ο οδηγός AC κατασκευάστηκε για να ελέγχει την ταχύτητα περιστροφής των ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα . Για να έχουμε στην πράξη καλά αποτελέσματα , θα πρέπει να επιλέξουμε έναν οδηγό που να μπορεί να ανταπεξέλθει στο ονομαστικό φορτίο του κινητήρα , δίνοντας την απαιτούμενη ροπή για κάθε ταχύτητα .

Στην πράξη μπορούμε αυξάνοντας την συχνότητα εξόδου , να περιστρέψουμε τον κινητήρα με ταχύτητα έως και διπλάσια της ονομαστικής . Στην περίπτωση αυτή θα έχουμε μείωση της ροπής του κινητήρα .

6.3 Πως γίνεται ο έλεγχος και η ρύθμιση της θερμοκρασίας σε ένα σύστημα inverter

Ο υπαίθριος πίνακας συστημάτων ελέγχου μονάδων (μονάδα αναστροφών) ελέγχει το ηλεκτρικό ρεύμα που παρέχεται στην υπαίθρια μονάδα . Όταν μια οδηγία σημάτων από την εσωτερική μονάδα φέρνει το μήνυμα ότι η θερμοκρασία του χώρου που κλιματίζεται είναι σε ένα επίπεδο πιο υψηλό από την θερμοκρασία που εμείς έχουμε ρυθμίσει , η μονάδα αναστροφών μειώνει την ταχύτητα περιστροφής συμπιεστών προς τα κάτω σε ένα επίπεδο μέσα στη ράμπα μεταβολής της συχνότητας αλλά όσο πιο κοντά σε αυτή την τιμή ρύθμισης συχνότητας που απαιτείται από την οδηγία σημάτων από την εσωτερική μονάδα.

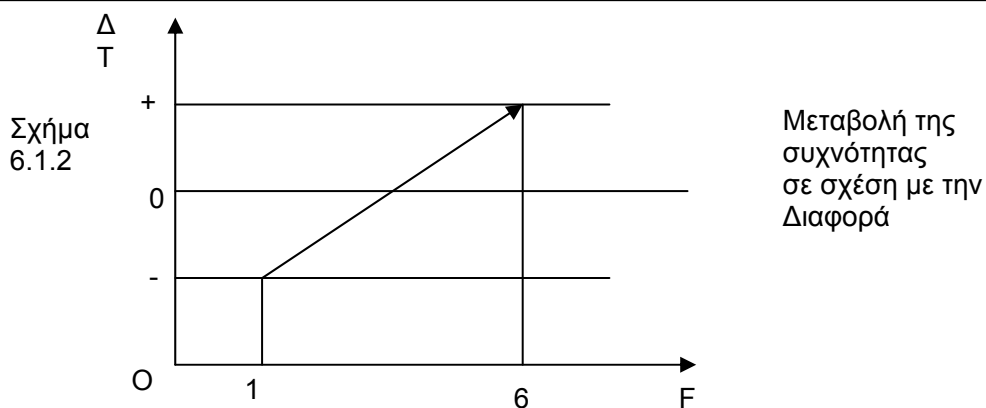
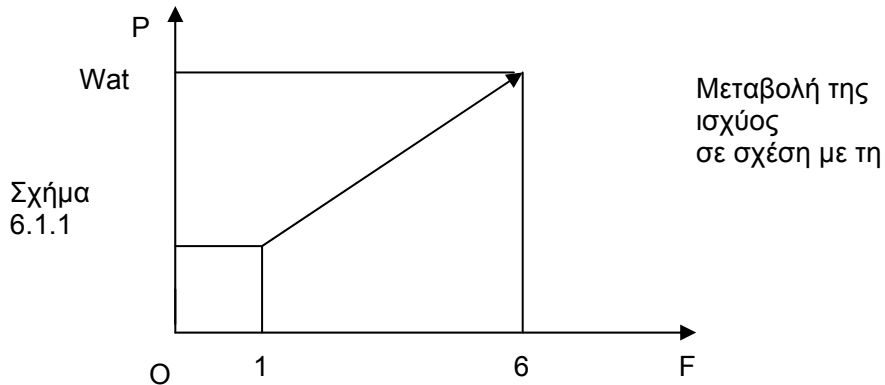
Η ράμπα μεταβολής της συχνότητας εργασίας της συσκευής κλιματισμού inverter είναι έτσι σχεδιασμένη ώστε στο, χαμηλότερο σημείο της το κλιματιστικό μηχανήμα να λειτουργεί στις ελάχιστες συνθήκες φόρτισης (ανακύκλωση του αέρα) , σε πολλά μηχανήματα η συχνότητα αυτή είναι γύρω στα 15 Hz. Η υψηλότερη συχνότητα της ράμπας μεταβολής της 50 Hz αντιστοιχεί στο υψηλότερο σημείο φόρτισης του κλιματιστικού μηχανήματος δηλαδή στην ονομαστική του ισχύ .

Όταν η διαφορά θερμοκρασίας ρύθμισης εσωτερικού χώρου με την θερμοκρασία του χώρου έχουν μια σημαντική διαφορά (για ορισμένα κλιματιστικά μηχανήματα +3 ή -3 βαθμοί C) , τότε το κλιματιστικό μηχανήμα λειτουργεί ή στην μέγιστη ισχύ του (όταν η διαφορά είναι -3 βαθμοί C) , ή στην ελάχιστη ισχύ του (όταν η διαφορά είναι +3 βαθμοί C) , (ανάλογα φυσικά σε ποια λειτουργία βρίσκεται ψύξης ή θέρμανσης) .

Όταν η διαφορά θερμοκρασίας ρύθμισης του κλιματιστικού μηχανήματος με την θερμοκρασία του χώρου κλιματισμού , βρίσκεται μεταξύ της ανώτατης αυτής τιμής και της κατώτατης (-3 , +3 βαθμοί C) , τότε ο τρόπος ρύθμισης γίνεται με την χρήση της μαθηματικής εξίσωσης του PID που έχουμε παρουσιάσει στην παράγραφο 3.6 , και ανάλογα με τον τρόπο επεξεργασίας που έχει επιλέξει ο κάθε κατασκευαστής του κάθε μηχανήματος .

Η μεταβολή της συχνότητας λειτουργίας γίνεται βηματικά , δηλαδή ο ελεγκτής ελέγχει συνεχώς τις δύο θερμοκρασίες τις συγκρίνει και εφόσον

υπάρχει διαφορά ανεβάζει ή κατεβάζει την συχνότητα λειτουργίας του μηχανήματος . Οι μεταβολές αυτές γίνονται με βήματα που έχει επιλέξει ο κάθε κατασκευαστής .



6.4 Οικονομία ρεύματος με την χρήση Inverter στον κλιματισμό .

Έστω ότι έχουμε ένα κλιματίσουμε μια αίθουσα δεξιώσεων ενός ξενοδοχείου , 1000 m² , ο οποίος μπορεί να χωριστή σε 3 διαφορετικούς χώρους με ενδιάμεσες πόρτες (ανάλογα με τον αριθμό ατόμων που παρευρίσκονται) , χωρητικότητας 500 ατόμων.

Για να κλιματίσουμε αυτόν τον χώρο με τη χρήση ενός κλιματιστικού μηχανήματος το οποίο δεν είναι κατασκευασμένο με την τεχνολογία INVERTER θα χρειαζόμασταν ένα κλιματιστικό μηχάνημα του οποίου η έξοδος θα έπρεπε να καλύπτει όλη την κλιματιστική ισχύ που χρειάζεται ο χώρος σε όλη του την έκταση και με όλα τα άτομα της χωρητικότητας του (τα οποία αυξάνουν, λόγω πραγματικής και λανθάνουσας θερμότητας την θερμοκρασία του χώρου) .

Στην περίπτωση που θα χρησιμοποιούσαμε ένα κομμάτι του χώρου με πολύ λιγότερα άτομα θα ήμασταν αναγκασμένοι να απορρίψουμε στο περιβάλλον την πλεονάζουσα ποσότητα αέρα με αποτέλεσμα σπατάλη ηλεκτρικής ενέργειας με ότι συνεπάγεται αυτό.

Με την χρήση της τεχνολογίας INVERTER μπορούμε να έχουμε οικονομία ρυθμίζοντας το μηχάνημα μας με διάφορους αισθητήρες (θερμοστάτες , πρεσοστάτες (αισθητήρια πίεσης) υγραστάτες) , τα οποία μας βοηθούν να έχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Έστω ότι θα χρησιμοποιήσουμε το 1/3 της αίθουσας το INVERTER θα ρυθμίσει ανάλογα την ταχύτητα του ανεμιστήρα έτσι ώστε η παροχή του αέρα να είναι επαρκής για την κάλυψη του (θερμοκρασία , υγρασία και την ταχύτητα εισόδου του αέρα στο χώρο) , με ένα από τα τρία προρυθμισμένα σενάρια.

Με την προσέλευση των επισκεπτών στον χώρο τα όργανα επιτήρησης του χώρου κάνουν τις μικρορυθμίσεις του κλίματος.

Με αυτήν την λειτουργία την πετυχαίνουμε να εξοικονομήσουμε όλη την ενέργεια που θα χάναμε αν δούλευε το κλιματιστικό μας στην πλήρη του ισχύ δαπανώντας ένα μέρος του στην κατανάλωση της συσκευής INVERTER.

Στην αρχή της λειτουργίας του συστήματος και μέχρι να επιτευχθεί η αρχική συνθήκη ισορροπίας (θερμοκρασία που έχει επιλεγεί) , το σύστημα δουλεύει με τον ανεμιστήρα στην πλήρη ταχύτητα του .

Μετά ανάλογα με το πόσα κομμάτια της αίθουσας χρησιμοποιούνται επιλέγεται ένα από τα τρία προρυθμιζόμενα σενάρια τα οποία έχουν προγραμματισθεί , έτσι ώστε να καλύπτουν , τις σε κάθε περίπτωση απώλειες του χρησιμοποιούμενου κάθε φορά χώρου .

Τα τρία διαφορετικά σενάρια ρυθμίζονται με διακόπτες έτσι ώστε να όταν χρησιμοποιείται μόνο το ένα κομμάτι τις αίθουσας ο ανεμιστήρας του κλιματιστικού μηχανήματος , ρυθμίζει την ταχύτητα του ώστε η παροχή αέρα να καλύπτει τις ανάγκες του χώρου που χρησιμοποιείται .

Οι μικρορυθμίσεις της θερμοκρασίας γίνονται από αναλογικούς θερμοστάτες στους χώρους τους οποίους χρησιμοποιούμε .

Το ποσοστό του φρέσκου αέρα ρυθμίζεται και αυτό επίσης από τα προρυθμιζόμενα σενάρια με το ίδιο (ή και διαφορετικό INVERTER , μπορούμε να έχουμε παράλληλη οδήγηση ανεμιστήρων) .

Έτσι με την χρήση του INVERTER επειδή οι ανεμιστήρες του συστήματος δουλεύουν στην πλήρη τους ταχύτητα (μέγιστη τους ισχύ) μόνο όταν το φορτίο του κλιματιστικού μας είναι μέγιστο , σε όλες τις άλλες περιπτώσεις επιτυγχάνουμε οικονομία ρεύματος , που σε βάθος χρόνου μας εξοικονομεί πολύ περισσότερα χρήματα από αυτά που θα δαπανήσουμε για την τοποθέτηση του INVERTER .

6.5 Παράδειγμα μεταβολής της ροπής και της ισχύος με τη χρήση inverter.

Η αναλυτική έκφραση της χαρακτηριστικής ροπής – στροφών, φυγοκεντρικής αντλίας είναι $T_L = (1,4 \times 10^{-3}) \omega_r^2 \text{ Nm}$. Ο κινητήρας της αντλίας είναι τριφασικός ασύγχρονος τετραπολικός, 220/380 V, 50 Hz. Οι παράμετροι του ισοδύναμου κυκλώματος του κινητήρα, ανοιγμένες στο στάτη, είναι $R = 0,25 \Omega$, $X_1 = 0,3 \Omega$, $R_2 = 0,6 \Omega$, $X_2 = 0,56 \Omega$ και $X_m = 17,3 \Omega$. Οι στροφές της αντλίας πρόκειται να μεταβάλλονται από τις ονομαστικές ($n_{ov} = 1400 \text{ rpm}$), έως τις 800 rpm, με μεταβολή της τάσης τροφοδοσίας. Για τις δύο ακραίες θέσεις λειτουργίας να υπολογιστούν:

A. Η εσωτερική ροπή. **B.** Η απορροφούμενη ισχύς. **Γ.** Ο βαθμός απόδοσης.

Λύση

1. Για $\eta = \eta_{ov}$, έχουμε

$$s = (1500 - 1400) / 1500 = 0,0667 \Rightarrow R_2/s = 9 \Omega$$

Αν αγνοήσουμε τις μηχανικές απώλειες τριβών και ανεμισμού,

$$T = T_L = P_{\varepsilon\sigma} / \omega_r = P_{\varepsilon\sigma} / (1 - s) \omega_s = P_{g1} / \omega_s = (3/\omega_s) I_2^2 (R_2/s)$$

Για $n_r = 1400 \text{ rpm}$ $\omega_r = 2\pi(n_r/60) = 146,6 \text{ rad / sec} \Rightarrow T_L = T = 30 \text{ Nm}$
Επομένως

$$I_2 = \sqrt{(s\omega_s T) / 3R_2} = 13,21 \text{ A, έστω ότι } I_2 = I_2' < 0$$

Τότε

$$E_1 = I_2' ((R_2/s) + jX_2) = I_2' (0 + j0,56) = 11,12 < 3,56$$

Επίσης

$$I_m = (119,12 < 3,56) / (17,3 < 90) = 6,885 < -86,44 = 0,427 - j6,862 \text{ A}$$

Και

$$I_1 = I_2' + I_m = 13,637 - j6,872 = 15,25 < -26,74 \text{ A}$$

Οπότε

$$V_1 = E_1 + I_1 (R_1 + jX_1) = 118,89 + j7,397 + 3,41 + j4,91 - j1,718 + 2,474 = 124,774 + j10,589 \Rightarrow V_1 = 125,22 < 4,85 \text{ V}$$

Η φασική απόκλιση της τάσης του ρεύματος εισόδου, είναι

$$\varphi = [V_1, I_1] = 4,85 + 26,74 \Rightarrow \cos \varphi = 0,85 \text{ επ.}$$

Η συνολικά απορροφούμενη φαινόμενη ισχύς, είναι

$$S = 3V_1 I_1 = 3 \times 125,22 < 4,85 \times 15,27 < -26,74 = 5,736 < 31,59 \text{ KVA}$$

Όπου

$$P = S \cos \varphi = 4,89 \text{ KW και } Q = 3 \text{ KVAr}$$

2. Εντελώς ανάλογα εργαζόμαστε και για $n_r = 800 \text{ rpm}$.

$$s = (1500 - 800) / 1500 = 0,466 \Rightarrow R_2/s = 1,285 \Omega$$

Αν αγνοήσουμε τις μηχανικές απώλειες τριβών και ανεμισμού ,

$$T = T_L = P_{\epsilon\sigma} / \omega_r = P_{\epsilon\sigma} / (1 - s) \omega_s = P_{g1} / \omega_s = (3/\omega_s) I_2' (R_2/s)$$

Για $n_r = 800 \text{ rpm}$ $\omega_r = 2\pi(n_r/60) = 83,775 \text{ rad / sec} \Rightarrow T_L = T = 9,825 \text{ Nm}$
Επομένως

$$I_2' = \sqrt{(s\omega_s T) / 3R_2} = 20 \text{ A, } \text{έστω ότι } I_2' = I_2' < 0$$

Τότε

$$E_1 = I_2' ((R_2/s) + jX_2) = I_2' (1,285 + j0,56) = 28,03 \angle 23,54$$

Επίσης

$$I_m = (28,03 \angle 23,54) / (17,3 \angle 90) = 1,62 \angle -66,46 = 0,647 - j1,485 \text{ A}$$

Και

$$I_1 = I_2' + I_m = 20,647 - j1,485 = 20,7 \angle -4,11 \text{ A}$$

Οπότε

$$V_1 = E_1 + I_1 (R_1 + jX_1) = 25,7 + j11,2 + 5,694 + j7,0596 = 31,394 + j18,26 \Rightarrow V_1 = 36,31 \angle 30,19 \text{ V}$$

Η φασική απόκλιση της τάσης του ρεύματος εισόδου , είναι

$$\varphi = [V_1, I_1] = 30,19 + 4,11 \Rightarrow \cos \varphi = 0,82 \text{ επ.}$$

Η συνολικά απορροφούμενη φαινόμενη ισχύς , είναι

$$S = 3V_1 I_1 = 3 \times 36,31 \angle 30,19 \times 20,7 \angle -4,11 = 2,255 \angle 34,3 \text{ KVA}$$

Όπου

$$P = S \cos \varphi = 1,86 \text{ KW} \text{ και } Q = 1,271 \text{ KVAr}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 Τα επιτεύγματα της τεχνολογίας και το περιβάλλον

Οι ανακαλύψεις των ανθρώπων σε όλους τους τομείς της τεχνολογίας είναι πάρα πολλές , και δεν θα μπορούσαν να λείψουν από τον χώρο της ενεργειακής μηχανικής . Έτσι σήμερα έχουμε στην διάθεση μας παμπολλές επιλογές , και λύσεις για να αντιμετωπίσουμε τα διάφορα προβλήματα που συναντούμε στις μηχανικές κατασκευές μας . Οπότε δεν θα αποτελούσε εξαίρεση και ο τομέας του κλιματισμού .

Έτσι και εδώ έχουν ανακαλυφθεί τρόποι ρύθμισης της θερμοκρασίας της πίεσης , της υγρασίας , και όλων των άλλων παραγόντων που έχουν σχέση με τον κλιματισμό . Όλα αυτά βέβαια ανακαλύφθηκαν με πρωταρχικό στόχο την ευημερία του ανθρώπου , όπως και οι περισσότερες ανακαλύψεις που έχουν γίνει ως τώρα . Όμως όπως και σε πολλά άλλα πράγματα , έτσι και στον κλιματισμό , το περιβάλλον μπήκε σε δεύτερη μοίρα και δεν δόθηκε η απαραίτητη σημασία σ' αυτό , αλλά στην άνεση των ανθρώπων και στα τελικά αποτελέσματα των ανακαλύψεων της ψύξης και του κλιματισμού .

Μόνο τα τελευταία χρονιά παρατηρούμε μια στροφή προς την πλευρά του περιβάλλοντος και αυτήν με πάρα πολύ μεγάλη δυσκολία . Κι αυτό γιατί είναι πολύ δύσκολο να συμφωνήσουν μεταξύ τους οι άνθρωποι .

Αυτό γίνεται γιατί πρώτο λόγω όταν πρέπει να γίνει κάτι , παίζει ρόλο το κόστος (οικονομικό , πολιτικό) και έπειτα το συμφέρον του κοινωνικού συνόλου και του περιβάλλοντος .

7.2 Κλιματισμός και inverter

Συνοψίζοντας λοιπόν όλα όσα είπαμε στα προηγούμενα κεφάλαια , βλέπουμε ότι η χρήση της τεχνολογίας **inverter** στον κλιματισμό ειδικά , και σε ότι περιλαμβάνει κινητήρες γενικά , μας αποφέρει με την χρήση της οικονομία ρεύματος = οικονομία καυσίμων = οικονομία χρημάτων = λιγότερα καυσαέρια στην ατμόσφαιρα .

Άρα θα πρέπει να την χρησιμοποιούμε όπου αυτή είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί , σκεπτόμενοι λαμβάνοντας υπόψη μας τα μακροχρόνια οφέλη που θα αποκομίσουμε , από την χρήση της και όχι μόνο το αρχικό κόστος απόκτησης της εφαρμογής που επιθυμούμε .

Όπως είδαμε και στα προηγούμενα κεφάλαια με την χρήση των **inverter** στον κλιματισμό μπορούμε να επιτύχουμε πάρα πολλά πράγματα , οικονομία , μεταβολή φορτίων , άνεση , ρυθμίσεις που δεν θα μπορούσαμε να πετύχουμε αλλιώς ή θα ήταν πολύ δύσκολες .

Όμως αν και αναφέραμε και την λέξη οικονομία , μαζί με τα άλλα πράγματα που μπορούμε να επιτύχουμε , αυτή δεν είναι άμεση είναι σε κάποιο βάθος χρόνου . Έτσι το κόστος της κατασκευής μιας εγκατάστασης κλιματισμού με την χρήση **inverter** είναι πολλαπλάσιο μιας συμβατικής κατασκευής . (Κόστος κλιματιστικού **inverter** = 3 X συμβατικό κλιματιστικό) .

7.3 Τρόποι αντιμετώπισης

Η κατάσταση αυτή θα μπορούσε να αντιμετωπισθεί με την συνεχή ενημέρωση από εξειδικευμένα άτομα , τα οποία θα αναλάβουν την ενδελεχή ενημέρωση της κοινής γνώμης , την κρατική επιχορήγηση τέτοιων συσκευών και την ενεργοποίηση διάφορων κοινωνικών φορέων που θα βοηθήσουν .

Και φυσικά από εκεί και πέρα θα πρέπει όλοι να δώσουμε την απαραίτητη σημασία στην προστασία του περιβάλλοντος και το μακροχρόνιο κέρδος που θα έχουμε εμείς και τα παιδιά μας από την προστασία του .

7.4 Επίλογος

Η λύση πολλών προβλημάτων που μας απασχολούν πολλές φορές είναι μπροστά μας , όμως εμείς κάνουμε πώς δεν την βλέπουμε και χρειάζονται κάποια πράγματα για να μας ξυπνήσουν , όπως κάποιες καταστροφές . Στις μέρες μας εκτός από καταστροφές έχουμε και μία μεγάλη (τεχνητή) ενεργειακή κρίση η οποία βοηθά με τον τρόπο της στο να αλλάξει ο κόσμος μας λίγο την νοοτροπία του .

Ρυθμιστές Στροφών

Για σύστημα ηλεκτροκίνησης
ρυθμιζόμενης ταχύτητας
Εξοικονόμηση Ενέργειας
Ως και 70%



Κερδίζοντας από την Εξοικονόμηση Ενέργειας
- Checklist επιλογής αποδοτικού συστήματος κίνησης

- Ελέγξτε πάντα το ενεργειακό ισοζύγιο.
- Το επιπλέον κόστος αγοράς ενός ρυθμιστή στροφών για αυτόματη ρύθμιση ταχύτητας μπορεί να αποσβεστεί σύντομα με την εξοικονόμηση ενέργειας.

κατά τον ίδιο τρόπο σκέψης θα πρέπει και όταν επιλέγουμε ένα κλιματιστικό μηχανήμα να μην ενεργούμε με βάση Το αρχικό κόστος απόκτησης του μηχανήματος, αλλά με βάση το συνολικό κόστος

Και τέλος ας σκεφτούμε λίγο και το περιβάλλον όπου ζούμε όταν κάνουμε οικονομία στην ενέργεια που καταναλώνουμε



Εξοικονόμηση Ενέργειας

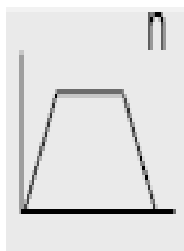
Οικονομική και Οικολογική σημασία



- Ηλεκτρικά κινητήρια συστήματα: αντιπροσωπεύουν $\approx 70\%$ της βιομηχανικής ενεργειακής κατανάλωσης
- Ενεργειακό δυναμικό εξοικονόμησης ανά έτος (μόνο στη Γερμανία):
 - 20 TWh =
 - 8 ΑΗΣ (συμβατικού καυσίμου)
 - 11 εκατ. τόνοι εκπομπών CO₂
 - 1.5 δισ. EUR ενεργειακό κόστος

Το μεγάλο ενεργειακό κόστος έχει άμεση επίδραση στα λειτουργικά έξοδα. Μείωση αυτών σημαίνει φιλική περιβαλλοντικά και οικονομικότερη παραγωγή.

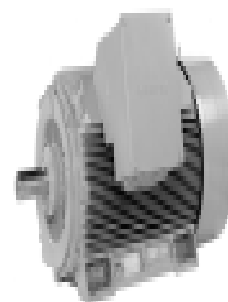
Βελτίωση Διαδικασίας



Τεχνολογία Κίνησης Χαμηλών Απωλειών

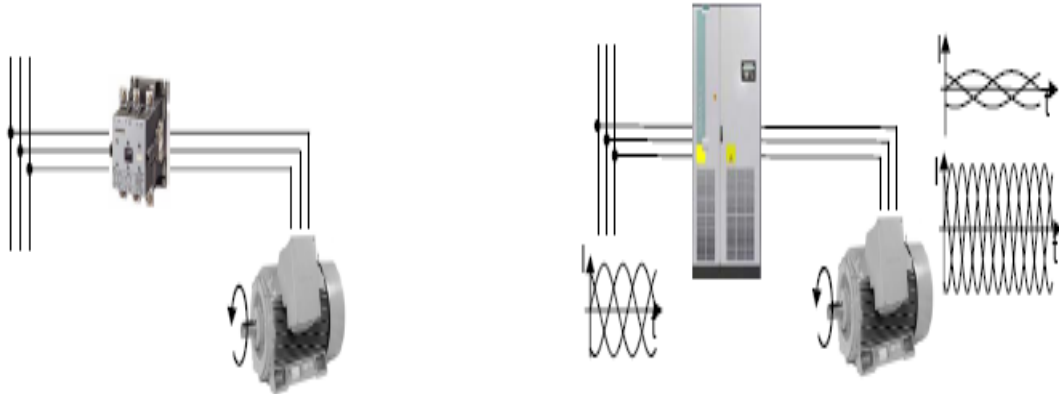


Κινητήρες Εξοικ. Ενέργειας



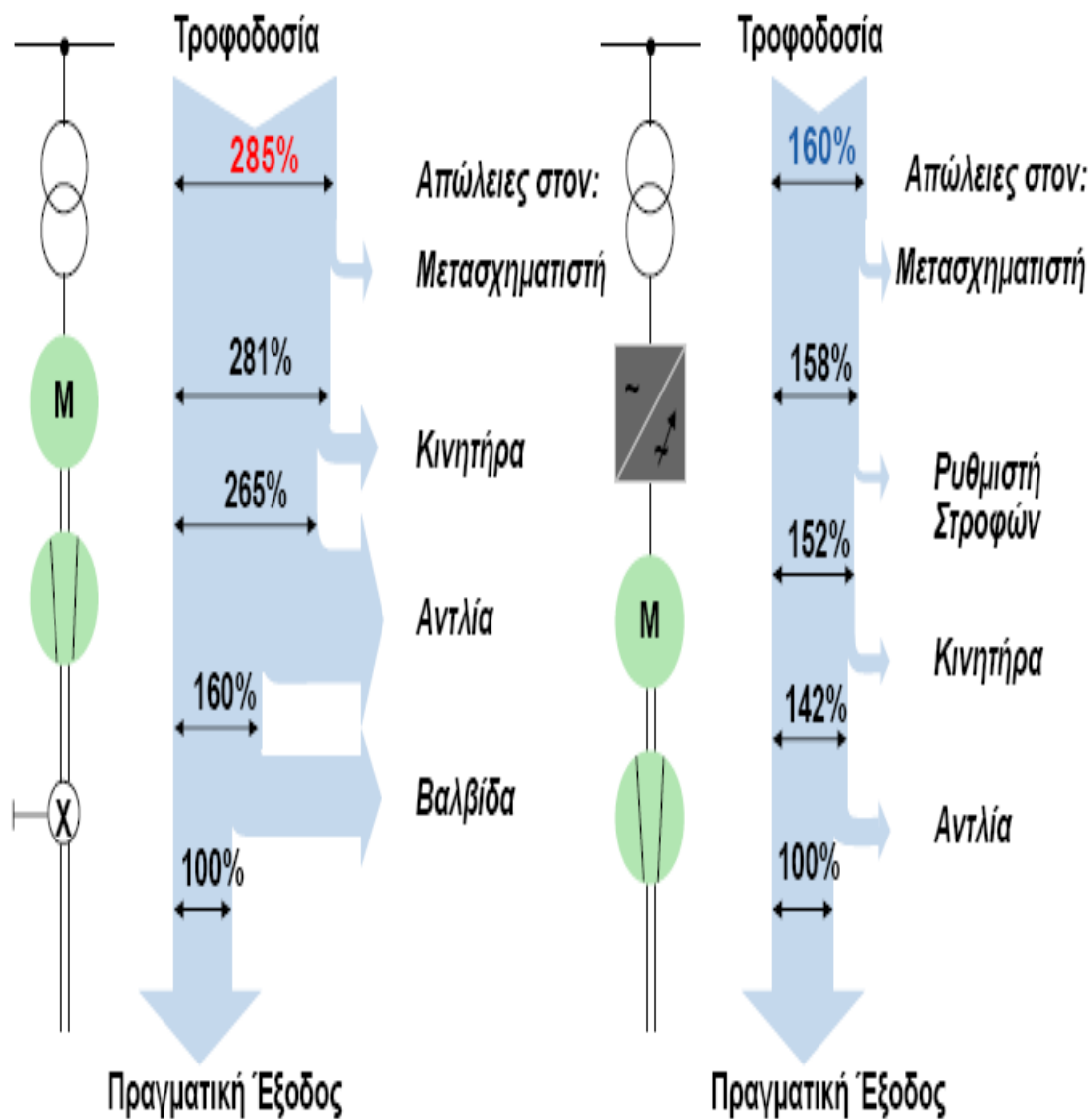
Εξοικονόμηση ενέργειας με βελτίωση του συστήματος

Παράδειγμα: Αντλία τουρμπίνας



Έλεγχος ροής με έλεγχο βαλβίδας

Έλεγχος ροής με έλεγχο στροφών



Συστήματα κλιματισμού





Τα διαιρούμενου τύπου συστήματα κλιματισμού αποτελούν μια οικονομικά συμφέρουσα και άκρως αποτελεσματική λύση σε ό,τι αφορά τον έλεγχο του κλιματισμού ενός χώρου. Η ανανεωμένη σειρά BIGFLOW αποτελείται από προϊόντα που λειτουργούν με το νέο οικολογικό ψυκτικό μέσο R410A και διαθέτουν τεχνικά χαρακτηριστικά τα οποία τους επιτρέπουν να ανταποκριθούν πλήρως στις ανάγκες ενός ευρέος φάσματος εφαρμογών.

- Νέος σχεδιασμός της σχάρας
- Περιστροφικός (rotary) συμπιεστής
- Ηλεκτρική παροχή DC 35V για την εσωτερική μονάδα
- Αθόρυβη λειτουργία
- Αυτόματη επανεκκίνηση από την προηγούμενη κατάσταση λειτουργίας
- Εύχρηστο τηλεχειριστήριο
- 24ωρος χρονοδιακόπτης
- Νέο φίλτρο καθαρισμού του αέρα (για μοντέλα RAS-09~14GH4)
- Καθαριζόμενο φίλτρο καθαρισμού αέρα (για μοντέλα RAS-18~24GH4)
- Συνδεσμολογία σωληνώσεων από αριστερά και δεξιά
- Πιστοποίηση κατά CE και EUROVENT





Στην ήδη υπάρχουσα σειρά MultiZONE, η οποία επιτρέπει τη σύνδεση έως και τεσσάρων εσωτερικών μονάδων σε μία εξωτερική, έρχεται να προστεθεί και το MonoZONE το οποίο αφορά τον κλιματισμό ενός μόνο χώρου. Έτσι μπορούν να κλιματιστούν μικρά γραφεία, ξενοδοχεία, καταστήματα ή κατοικίες χρησιμοποιώντας συνδυασμούς από συστήματα εσωτερικών και εξωτερικών μονάδων που μπορούν να ικανοποιήσουν τις ανάγκες για κλιματισμό ενός έως και τεσσάρων χώρων. Επιπλέον, το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου PAM (Power Active Module) με το οποίο είναι εξοπλισμένα τα συστήματα MonoZONE και MultiZONE προσφέρει μεγαλύτερη απόδοση και εξοικονόμηση ενέργειας.

Τα συστήματα κλιματισμού MonoZONE και MultiZONE προσφέρουν την ελευθερία σύνδεσης οποιασδήποτε εξωτερικής μονάδας με διάφορους τύπους εσωτερικών μονάδων, ανάλογα με τον αριθμό των δωματίων, τις διαστάσεις του δωματίου και τις προτιμήσεις. Η δημιουργία των καλύτερων συνθηκών κλιματισμού αποτελεί ένα πεδίο στο οποίο εξειδικεύεται η HITACHI.

Η HITACHI κατασκευάζει
 συστήματα κλιματισμού
 που είναι φιλικά
 προς το περιβάλλον

Η HITACHI χρησιμοποιεί ένα νέο ψυκτικό μέσο, το HFC (R410A), το οποίο δεν καταστρέφει το στρώμα του όζοντος, ενώ αναπτύσσει τεχνολογίες που αποβλέπουν στην εξοικονόμηση ενέργειας.



ALL DC PAM Inverter



[7]

Τα συστήματα τα οποία οδηγούνται από inverter έχουν ένα μεγάλο πλεονέκτημα ως προς την απόδοση σε σύγκριση με συστήματα σταθερής ταχύτητας. Ο συμπεστές μεταβαλλόμενης περιστροφής μπορεί να κάνει μια γρήγορη εκκίνηση και να φτάσει στη ζητούμενη θερμοκρασία σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα ενώ στη συνέχεια μειώνοντας τη ταχύτητα περιστροφής μπορεί να επιτύχει εξοικονόμηση ενέργειας κατά 30% χωρίς ταυτόχρονη απώλεια των συνθηκών άνεσης.

Επιπλέον, όλοι οι ανεμιστήρες και οι συμπεστές της Hitachi λειτουργούν με DC inverter που έχουν κατά 10% καλύτερη απόδοση από τα inverter εναλλασσόμενου ρεύματος. Η HITACHI είναι η πρώτη παγκοσμίως που εισήγαγε την τεχνολογία DC inverter και PAM στον τομέα του κλιματισμού.

Υψηλής απόδοσης θέρμανση στους -15° C

Το σύστημα PAM inverter της HITACHI επιτυγχάνει την πλέον αποτελεσματική απόδοση της ισχύος εισόδου με απώλειες μικρότερες του 1% ενώ προσφέρει τον υψηλότερο συντελεστή απόδοσης COP στην αγορά. Ειδικότερα η βελτίωση της απόδοσης κάνει δυνατή την θέρμανση ακόμη και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος -15° C.



Νέος ανεμιστήρας κωνικού σχήματος.
Αθόρυβη λειτουργία.



Αποτελεσματική ροή του αέρα.



Εύκολος καθαρισμός του φίλτρου.

Αυτοματισμοί και άνεση

Αυτόματη επανεκκίνηση: Εάν έχει επιλεγεί η λειτουργία αυτόματης επανεκκίνησης στο διακόπτη ON/OFF, η μονάδα επανέρχεται στην κατάσταση λειτουργίας που είχε επιλεγεί αρχικά.

Αυτόματη αλλαγή λειτουργίας (για RAC-25/35/50NH4): Ο ενσωματωμένος μικροϋπολογιστής επιλέγει συνέχεια την καλύτερη κατάσταση λειτουργίας έτσι ώστε να προσφέρει τις καλύτερες συνθήκες κλιματισμού, βασιζόμενος στην καθορισμένη θερμοκρασία λειτουργίας και τις μετρήσεις τις οποίες λαμβάνει ένα αισθητήρας ανά 10 λεπτά.

Εύκολη εγκατάσταση (για τα RAM-70/80QH4): Το σύστημα τετραπλής σύνδεσης μπορεί να καλύψει δίκτυο συνολικού μήκους 70m ενώ το σύστημα τριπλής σύνδεσης καλύπτει δίκτυο 60m με μέγιστη υψομετρική διαφορά της εσωτερικής από την εξωτερική μονάδα, τα 10m. Αυτά τα μήκη διατίθενται χωρίς το αντίστοιχο ψυκτικό μέσο.

Εύκολο service

- Τα σφάλματα και οι βλάβες εντοπίζονται εύκολα μέσω των ενδείξεων από τα LED που βρίσκονται τόσο στις εσωτερικές όσο και στις εξωτερικές μονάδες.
- Τα συστήματα είναι έτσι προσαρτημένα ώστε να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος από την υψηλή τάση.



α)



β)

α) Συμπεστές Twin Rotary - 80% μείωση κραδασμών
β) Ο σπειροειδής (Scroll) συμπεστές της Hitachi



UTOPIA G7

Τα κλιματιστικά συστήματα διαιρούμενου τύπου της σειράς UTOPIA της HITACHI είναι παγκοσμίως γνωστά για την αξιοπιστία, την ευέλικτη εγκατάσταση, την απλότητα και την ακρίβεια του χειρισμού τους. Η HITACHI βασισμένη στην συνεχή έρευνα, ανέπτυξε τη νέα γενιά UTOPIA G7 προσφέροντας αποδοτικότητα και τεχνολογικά στοιχεία, τέτοια ώστε να ανταποκριθεί τόσο στις υψηλές απαιτήσεις που παρουσιάζουν σήμερα οι εφαρμογές κλιματισμού, όσο και στην ανάγκη για προστασία του περιβάλλοντος και εξοικονόμηση ενέργειας.

Η σειρά προϊόντων UTOPIA G7 της HITACHI, προσφέρει μια ποικιλία από λύσεις κλιματισμού σε οικιακές, εμπορικές και βιομηχανικές εφαρμογές όπως καταστήματα, γραφεία και εστιατόρια, με εξωτερικές μονάδες από 2.0HP έως 10HP. Τα συστήματα της σειράς UTOPIA G7, φέρουν τον σπειροειδή (scroll) συμπιεστή της HITACHI και χρησιμοποιούν το οικολογικό ψυκτικό μέσο R 407C ενώ ξεχωρίζουν για τη χαμηλή στάθμη θορύβου, τα χαμηλά επίπεδα κραδασμών και τέλος, για την αξιοπιστία τους. Οι εξωτερικές μονάδες της σειράς UTOPIA G7 συνδυάζονται με μία, δύο, τρεις ή και τέσσερις εσωτερικές μονάδες, ενώ με τη χρήση συστήματος συνδέσης H-Link, το οποίο απαιτεί μόνο δύο καλώδια μετάδοσης μεταξύ εξωτερικής και εσωτερικής μονάδας, είναι δυνατός ο έλεγχος έως και 16 εξωτερικών μονάδων και 128 εσωτερικών.

UTOPIA DC INVERTER

Τα προϊόντα κλιματισμού της σειράς UTOPIA DC INVERTER είναι τα πιο αθόρυβα και με τις πιο μικρές διαστάσεις ενώ έχουν από τις υψηλότερες αποδοτικότητες σε σχέση με τους άμεσους ανταγωνιστές τους. Μειώνουν κατά πολύ τα λειτουργικά έξοδα, ελαχιστοποιώντας την κατανάλωση του ηλεκτρικού ρεύματος και συμβάλλοντας έτσι στην προστασία του περιβάλλοντος.

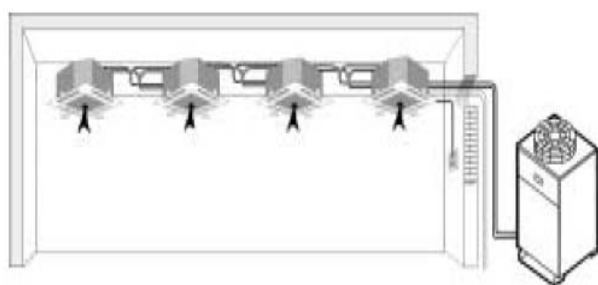
Η νέα σειρά UTOPIA DC INVERTER αποτελεί τρανταχτό παράδειγμα της συνεχούς προσπάθειας της HITACHI να επενδύει στην ανάπτυξη νέων προϊόντων. Στην περίπτωση των προϊόντων της σειράς UTOPIA DC INVERTER, η HITACHI έχει συνδυάσει την τεχνολογία PAM (Power Active Module), με συμπιεστές οδηγούμενους από DC inverter και ανεμιστήρες οδηγούμενους από συνεχές ρεύμα. Έτσι το τελευταίο επίτευγμα της HITACHI καταφέρνει να είναι 50% πιο αποδοτικό από οποιοδήποτε άλλο αντίστοιχο προϊόν σταθερής ταχύτητας που κυκλοφορεί στην αγορά σήμερα.

Η τεχνολογία DC inverter επιτρέπει τον αυτόματο έλεγχο της απόδοσης από 25-100%, με αποτέλεσμα η ψυκτική και η θερμική ικανότητα να συμπίπτει απόλυτα με τη ζήτηση σε ψυκτικό ή θερμικό φορτίο αντίστοιχα, βελτιώνοντας την ενεργειακή αποδοτικότητα ειδικά στα χαμηλά επίπεδα λειτουργίας.

Ο σχεδιασμός των πτερυγών του νέου εναλλάκτη θερμότητας επιτρέπει την καλύτερη ροή του αέρα, καθώς μειώνεται η αντίσταση και κατ' επέκταση η στάθμη θορύβου και οι απαιτήσεις σχετικά με την ταχύτητα του ανεμιστήρα.

Το σύστημα αυτοδιάγνωσης επιτρέπει τον γρήγορο έλεγχο των συνθηκών λειτουργίας των εσωτερικών και των εξωτερικών μονάδων, π.χ. θερμοκρασίας περιβάλλοντος, της θερμοκρασίας εξάτμισης, της θερμοκρασίας συμπύκνωσης και πολλών άλλων. Αυτή η ευκολία που





υπάρχει στη λήψη πληροφοριών έχει μειώσει το χρόνο που απαιτείται για τη επιβλεψη και τη συντήρηση των μονάδων.

Η HITACHI κατανοώντας τη σημασία της εύκολης εγκατάστασης και συντήρησης ενός συστήματος κλιματισμού, σχεδίασε τις εξωτερικές μονάδες της νέας σειράς UTOPIA DC INVERTER με μικρές διαστάσεις, έτσι ώστε να είναι εύκολη η εγκατάστασή τους σε περιορισμένο χώρο. Οι ομοιόμορφες διαστάσεις της κάτοψης των εξωτερικών μονάδων επιτρέπουν την πιο εύκολη εγκατάσταση πολλαπλών εξωτερικών μονάδων. Κάθε εξωτερική μονάδα μπορεί να τοποθετηθεί στην ελάχιστη απόσταση των 15 cm από μια άλλη. Επίσης έχει ληφθεί πρόνοια για εύκολη πρόσβαση σε όλα τα βασικά μηχανικά και ηλεκτρολογικά εξαρτήματα, χωρίς την ανάγκη για αφαίρεση του πάνω καλύμματος.

HITACHI CS-NET - Έκδοση 6.2B

Το CS-NET είναι το σύστημα ελέγχου μέσω δικτύου ηλεκτρονικού υπολογιστή της HITACHI για τις σειρές SET FREE και UTOPIA. Το σύστημα είναι σχεδιασμένο για να λειτουργεί σε περιβάλλον Microsoft Windows και έχει τη δυνατότητα να ελέγχει μέχρι 16 εξωτερικές μονάδες και 128 εσωτερικές μονάδες ανά interface. Η ευελιξία του συστήματος UTOPIA επιτρέπει στον χειριστή να ελέγχει εύκολα παραμέτρους λειτουργίας όπως η θερμοκρασία, η κατάσταση λειτουργίας, η ταχύτητα του ανεμιστήρα και άλλες με ασφαλή πρόσβαση στο σύστημα.

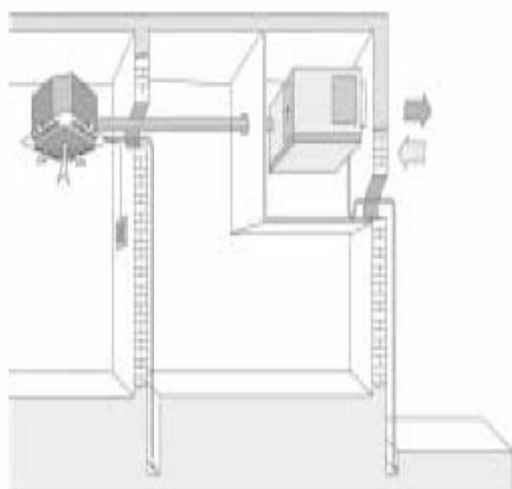


Εξωτερική μονάδα με φυγοκεντρικό ανεμιστήρα για εσωτερική εγκατάσταση



[23]

- **Μη εμφανής εγκατάσταση:** Κατάλληλη για επαγγελματικές και οικιακές εφαρμογές όπου είναι αδύνατη η τοποθέτηση εξωτερικής μονάδας σε εξωτερικό χώρο, βάσει νομοθεσίας ή λόγω έλλειψης χώρου.
- Είναι εξοπλισμένη με τον υψηλής αξιοπιστίας σπειροειδή (scroll) συμπιεστή της HITACHI
- Ευρύ φάσμα λειτουργίας με ρύθμιση της ταχύτητας του ανεμιστήρα για λειτουργία ψύξης σε χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος.
- Εξοικονόμηση χώρου χάρη στη χρήση του φυγοκεντρικού ανεμιστήρα
- Ευρύ φάσμα στατικής πίεσης
- 50m μέγιστο μήκος σωλήνα
- Συνεργάζεται με όλες τις εσωτερικές μονάδες της σειράς Utopia G7



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Σύγχρονες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις Κίνηση- Αυτοματισμός
Βας . Δ . Μπιτζιώνη Εκδόσεις Τζιόλα .
2. Ηλεκτρολογία 2^η Ελληνική Έκδοση
Bastian Peter Εκδόσεις Ίων
3. Ηλεκτρικές μηχανές Ac-Dc
Stephen J Charman Εκδόσεις Τζιόλα .
4. Εφαρμοσμένα ηλεκτρονικά
Charles A. Schuler Εκδόσεις Τζιόλα .
5. Ηλεκτρονική Malvino
Albert Malvino Εκδόσεις Τζιόλα .
6. Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών μέσης και χαμηλής τάσης
Πέτρος Ντοκόπουλος Εκδόσεις Ζήτη .
7. Βιομηχανικά ηλεκτρονικά
Frank Petruzella Εκδόσεις Τζιόλα .
8. Ηλεκτρικές βιομηχανικές εγκαταστάσεις
Στέφανος Τούλογλου Εκδόσεις Ίων .
9. Τεχνικά εγχειρίδια των εταιριών SIEMENS , ABB , SNENDER .
10. Ηλεκτρική κίνηση 2^η Έκδοση
Π . Μαλαπέτσας - Α . Μανιάς Εκδόσεις Τζιόλας
11. Εγκαταστάσεις κλιματισμού 4^η Ελληνική Έκδοση
Whitman – Johnson – Tomczyk Εκδόσεις ΙΩΝ
12. MATLAB 7 για μηχανικούς
Ε . Β . Χατζίκος Εκδόσεις Τζιόλας