
Συστήματα Μεταβλητής Παροχής σε Πρωτεύοντα Δίκτυα Κρυου Νερου

**Μια εναλλακτική σχεδίαση στο κυκλωμα
παραγωγής κρυου νερου με στοχο την
εξοικονομηση ενεργειας**

Συστήματα Μεταβλητής Παροχής Πρωτευοντος (ΜΠΠ)

- Συγκριση μεταξυ Πρωτευοντος / Δευτερευοντος και ΜΠΠ
- Γιατι αυτην την εποχη?
- Τι προκλησεις προσφερει το ΜΠΠ
- Κατανοηση του τροπου λειτουργιας και παραλληλισμου των Ψυκτικων συγκροτηματων με ΜΠΠ
- Ψυχροστασιο
- Γενικος σχεδιασμος υδραυλικων δικτυων ΜΠΠ - επιλογη εξοπλισμου

Οταν εξεταζεται η πιθανοτητα εφαρμογης ενος συστηματος οπως το η Μεταβλητη Παροχη στο Πρωτευον (ΜΠΠ) ειναι σωστο να γινεται η συγκριση του νεου αυτου συστηματος με καποιο που μεχρι τωρα ηταν το αποδεκτο και υπηρχε μεγαλυτερη εμπειρια.

Η συγκριση του νεου συστηματος θα γινει με το συμβατικο συστημα παραγωγης διανομης κρυου νερου πρωτευον/δευτερευον.

Μετα θα προσπαθησουμε να απαντησουμε στο ερωτημα “ γιατι τωρα αυτο το συστημα τωρα “ ενω στο παρελθον ειμαστε εναντιον, ενω θα συνεχισουμε να εξετασουμε τις διαφορες προκλησεις που γενιουνται και να απαντησουμε στα ερωτηματα σχετικα με τον νεο σχεδιασμο

Ο τροπος χειρισμου της παραλληλης λειτουργιας των ψυκτικων συγκροτηματων ειναι μια βασικοτατη θεωρηση του νεου σχεδιασμου και επισης θα προσπαθησουμε να κατανοησουμε γιατι εξεταζουμε ολο το συστημα περιλαμβανομενων των αντλιων, βαλβιδων, ψυκτικων στοιχειων κλπ.

pumping chilled water

ASHRAE 90.1-2001

- ◆ **Requires variable chilled water flow for systems if:**
 - ◆ Total pump power exceeds 75 hp
 - AND
 - ◆ More than 3 control valves

pumping chilled water

ASHRAE 90.1-2001

- ◆ **Requires 30% design wattage at 50% flow if:**
 - ◆ Any variable-flow pump motor equals/exceeds 50 hp
 - AND
 - ◆ Design head pressure equals/exceeds 100 ft

Variable-speed drive

[slide] Once an individual pump has at least a 50 horsepower motor AND is designed to overcome 100 feet of pressure difference, it must have the capability to greatly reduce its energy consumption at system part load conditions. **[click]** This is almost always achieved by using a variable speed drive on the chilled water pump.

Συγκριση μεταξυ Πρωτ. / Δευτ. – ΜΠΠ

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">▪ Πρωτευον/Δευτερευ.◆ Αντλιες πρωτευοντος◆ Ψυκτες και αντλιες πρωτευοντος εχουν διασυνδεση μεταξυ τους◆ Παρακαμπτηρια γραμμη (by pass) επιτρεπει σταθερη ροη στο εξαμιστη σε μερικα φορτια | <ul style="list-style-type: none">▪ ΜΠΠ◆ Απουσια αντλιων πρωτευοντος◆ Δεν υπαρχει διασυνδεση μεταξυ ψυκτικων συγκροτηματων και αντλιων πρωτευοντος◆ Η παρακαμπτηρια γραμμη ειναι σχεδιασμενη για την χαμηλοτερη παροχη παρακαμψης (bypass)◆ Χαμηλοτερο κοστος εγκαταστασης◆ Χαμηλοτερο κοστος λειτουργιας |
|---|--|

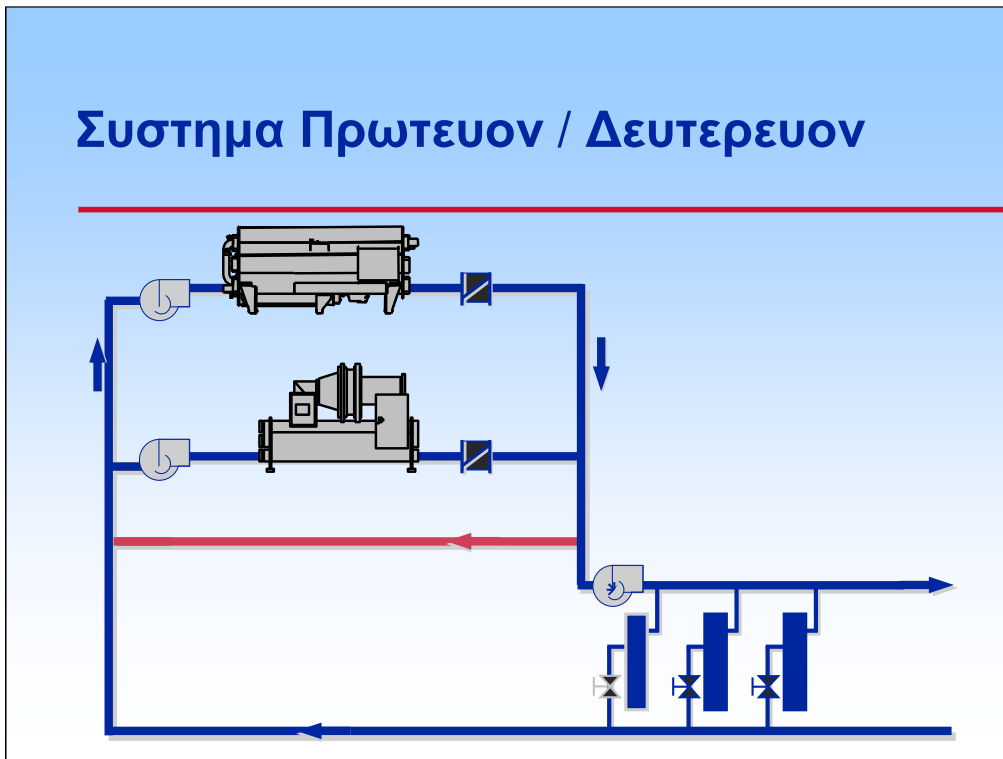
Αλλα ποιες ειναι οι διαφορες μεταξυ των δυο?

- Το περισσοτερο προφανες ειναι ο αριθμος των αντλιων.
- Οπως θα συζητησουμε αργοτερα σε ενα συστημα ΜΠΠ δεν υπαρχει διασυνδεση στην λειτουργια μεταξυ αντλιων και ψυκτικων συγκροτηματων.

Δυο ειναι οι βασικοι παραγοντες που κανουν το συστημα ΜΠΠ ιδιαιτερα ελκυστικο

- Χαμηλοτερο αρχικο κοστος εγκαταστασης (λιγοτερες αντλιες, υδραυλικες σωληνωσεις, βανες κλπ)
- Χαμηλοτερο κοστος λειτουργιας, κυριως λογω του καλλιτερου βαθμου αποδοσης των μεγαλων αντλιων σε σχεση με τις μικροτερες, καθως επισης λογω του μεγαλυτερου ευρους μεταβολης της κυκλοφοριας του κρουυ νερου σε σχεση με τα παλαια συστηματα.

Συστημα Πρωτευον / Δευτερευον



Ας δουμε τωρα το βασικο συστημα πρωτευον/δευτερευον.

Οταν το ενα ψυκτικο συγκροτημα λειτουργει, η αντλια που κυκλοφορει το νερο στο πρωτευον ειναι σταθερης παροχης. Επομενωσ στο πρωτευον κυκλωμα η κυκλοφορια του νερου ειναι

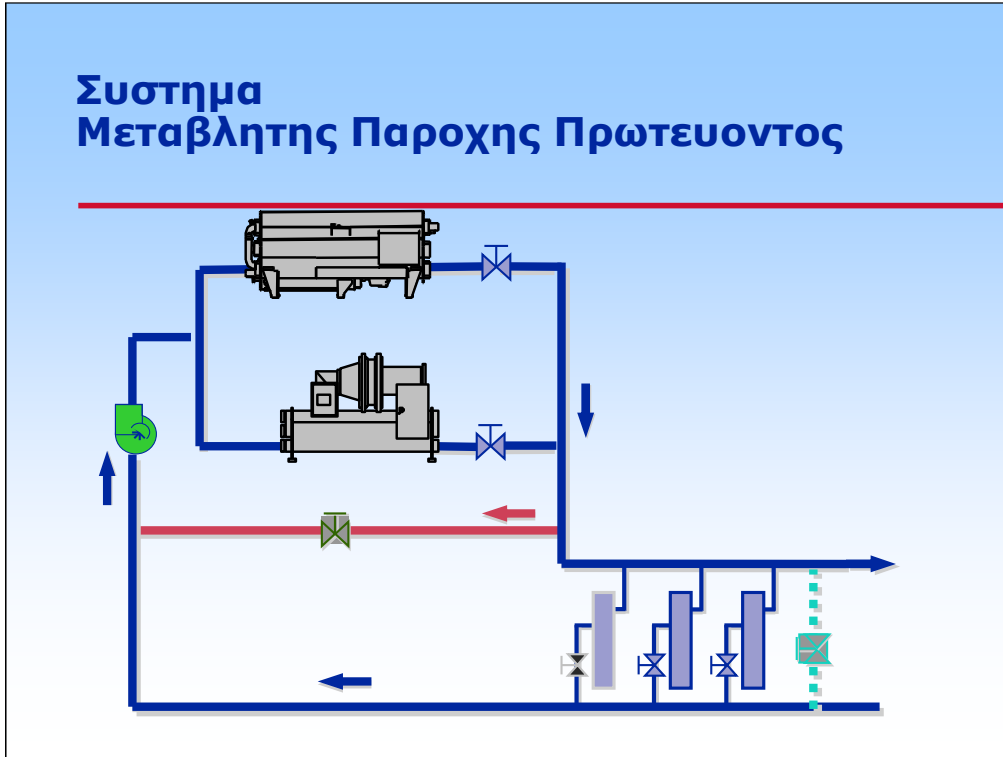
σταθερη **ανα ψυκτικο συγκροτημα**. Καθωσ οι απαιτησιες του φορτιου αυξανονται, το δευτερο ψυκτικο συγκροτημα με την αντλια του ξεκινα.

Στο δευτερευον κυκλωμα στα ψυκτικα στοιχεια ειναι εγκατεστημενες διοδες βαλβιδες. Το αποτελεσμα ειναι οτι στο δευτερευον κυκλωμα η κυκλοφορια του νερου ειναι μεταβλητη. Η παροχη ησ αντλιασ του δευτερευοντοσ ειναι μεταβαλλομενη αναλογα με τις αναγκεσ του ψυκτικου φορτιου. Η μεταβολη της παροχης της αντλιασ του δευτερευοντοσ γινεται συνηθωσ μεσω ενοσ frequency inverter που ρυθμιζει τις στροφες και κατ'επεκταση την παροχη βασει της ζητησης.

Οταν η παραγωγη του κρου νερου στο πρωτευον ειναι ιδια με την ζητηση στο δευτερευον δεν υπαρχει παρακαμψη (by pass).

Σε αντιθετη περιπτωση οταν υπαρχει περισσεια παραγωγησ κρου νερου, το επι πλεον νερο της παραγωγησ κρου επιστρεφει στην αναρροφηση των ψυκτικων συγκροτηματον μεσω της παρακαμπτηριασ γραμμης (by pass).

Συστημα Μεταβλητης Παροχης Πρωτευοντος



Το προηγούμενο συστημα λοιπον ειναι μια μορφη μεταβλητης παροχης, η μεταβλητη παροχη ομως ει ναι μονο στο δευτερευον,ενω στο πρωτευον η κυκλοφορια του νερου στα ψυκτικα συγκροτηματα ειναι παντα σταθερη.

Ας δουμε τωρα το συστημα μεταβλητης παροχης στο πρωτευον και στο δευτερευον.

Υπαρχουν δυο ομοιοτητες στα δυο συστηματα. Και τα δυο συστηματα εχουν διοδες βανες και εχουν εγκατεστημενη παρακαμπηρια γραμμη.Φυσικα υπαρχουν αρκετες διαφορες μεταξυ των δυο συστηματων.

- Λιγοτερες αντλιες.Στην συγκεκριμενη εφαρμογη μια αντλια αντι για τρεις.(Αναφερομαστε μονο για τις αντλιες χρησης και οχι επι πεον αντλιες για st by).
- Η μοναδικη αντλια κυκλοφορει το νερο σε ολο το δικτυο – πρωτευον και δευτερευον.
- Στην παρακαμπηρια γραμμη ειναι εγκατεστημενη μια βανα.Οπως θα δουμε αργοτερα, η παρακαμπηρια γραμμη σε ενα συστημα ΜΠΠ ρυθμιζει την παροχη του νερου ετσι ωστε η ροη του νερου μεσα απο τα ψυκτικα συγκροτηματα να ειναι παντα αυτη που συνιστα ο κατασκευαστης των ψυκτικων συγκροτηματων οσον αφορα την ελαχιστη παροχη.

Να σημειωσουμε επι πλεον

Γιατι η εφαρμογη ΜΠΠ?

- **Εξελιγμενα συστηματα ψηφιακου ελεγχου**
- **Εξοικονομηση χρηματων στην αρχικη εγκατασταση**
 - ◆ Λιγοτερες αντλιες
 - ◆ Μικροτερη ηλεκτρολογικη εγκατασταση
 - ◆ Λιγοτερες υδραυλικες συνδεσεις
- **Εξοικονομηση ενεργειας**
 - ◆ Λιγοτερες αντλιες στο συστημα –χαμηλοτερη καταναλωση

Ο βασικότερος λόγος εφαρμογής των συστημάτων ΜΠΠ είναι η εξέλιξη των διαφόρων συστημάτων ελέγχου.

Στο παρελθόν όλοι οι κατασκευαστές ψυκτικών συγκροτημάτων ήταν σαφώς ορισμένοι στις οδηγίες τους σχετικά με την κυκλοφορία του νερού μέσα από τα ψυκτικά συγκροτήματα. Επρεπε να είναι πάντα σταθερή. Σήμερα τα εξελιγμένα ψηφιακά συστήματα αντιδρούν πολύ γρήγορα στις διαφορές μεταβολές σε σχέση με τα παλαιά συμβατικά ηλεκτρομηχανολογικά ή ηλεκτρονικά. Επί πλέον προσφέρουν μεγαλύτερη πιστότητα στην λειτουργία.

Ο βασικότερος λόγος όμως εφαρμογής είναι το χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης.

Επίσης λόγω του γεγονότος ότι η παραγωγή του κρύου νερού ακολουθεί ακριβώς την ζήτηση υπάρχει σοβαρή εξοικονόμηση ενέργειας στις αντλίες, γιατί δεν υπάρχει περίσσεια κυκλοφορίας στο κρύο νερό και κατά επέκταση σπατάλη.

Προκλήσεις των συστημάτων ΜΠΠ

- **Μεταβολές στις παροχές νερού**
 - ◆ Απολυτές παροχές (μέγιστες – ελαχίστες)
 - ◆ Αλλαγές στην κυκλοφορία του νερού στην μονάδα του χρόνου

- **Πτώσεις πιέσεως νερού στον εξατμιστή**

Όπως αναφέρθηκε πριν, για να γινή σωστή μεταφορά της θερμότητας από το νερό στο ψυκτικό στον εξατμιστή, καθώς επίσης και για λόγους σωστής και ασφαλούς λειτουργίας του ψυκτικού συγκροτήματος απαιτείται ένα ευρύς κυκλοφορίας νερού στον εξατμιστή, τα μέγιστα και ελαχίστα όρια αυτής της κυκλοφορίας με κανένα τρόπο δεν πρέπει να καταστρατηγούνται.

Μερικοί μηχανικοί σχεδιαστές αυτών των συστημάτων, επιμένουν ότι η παρακαμπτήρια γραμμή δεν χρειάζεται.

Τα ψυκτικά συγκροτήματα όμως για την σωστή και ασφαλή λειτουργία τους απαιτούν σωστή μεταφορά θερμότητας, που σημαίνει σωστή ταχύτητα του νερού μέσα στους αυλούς. Σωστή ταχύτητα στους αυλούς σημαίνει επαρκής κυκλοφορία νερού.

Σε αρκετές περιπτώσεις που τα ψυκτικά φορτία στην καταναλώση είναι χαμηλά, υπάρχει πιθανότητα η απαιτούμενη κυκλοφορία νερού στην καταναλώση (KKM, FCUs) να είναι μικρότερη

από την ελάχιστη κυκλοφορία του νερού που χρειάζεται το ψυκτικό συγκρότημα να λειτουργήσει σωστά και με ασφάλεια.

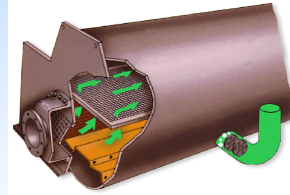
Σε αυτές τις συνθήκες η παρακαμπτήρια γραμμή (by pass) πρέπει να λειτουργήσει με το δικό της σύστημα ελέγχου ώστε στο ψυκτικό συγκρότημα να κυκλοφορήσει η μικρότερη δυνατή παροχή νερού που θα του επιτρέψει σωστή και ασφαλή λειτουργία.

Σε αυτόν τον περιορισμό πρέπει να προστεθεί και ένας άλλος που

Προκλήσεις των συστημάτων ΜΠΠ Ελαχίστες παροχές - επιλογή

■ Επιλογή ψυκτικού συγκροτήματος με ικανότητα χαμηλότερης δυνατής παροχής κρου νερού στον εξατμιστή

- ◆ 60% είναι εφικτή για συμβατικά ψυκτικά συγκροτήματα
- ◆ 40% ή χαμηλότερη σε ψυκτές ειδικής κατασκευής
 - Περισσότερα περάσματα (*passes*)
 - Υψηλότερη πτώση πίεσης σε μεγιστες συνθηκες



Είναι κατανοητό ότι όσο χαμηλότερη είναι η ελαχίστη επιτρεπόμενη κυκλοφορία νερού στον εξατμιστή ενός ψυκτικού συγκροτήματος, τόσο το καλλίτερο.

Πολλοί ρωτούν **ΠΟΣΟ?** Με άλλα λόγια ποια είναι η ποσοστιαία ελαχίστη παροχή σε σχέση με την μέγιστη που έχω σχεδιάσει ώστε να μην έχω προβλήματα λειτουργίας και πιθανής βλάβης στο ψυκτικό συγκρότημα ώστε να την προδιαγράψω και να αποφυγώ τα διάφορα πιθανά λειτουργικά προβλήματα?

Η απάντηση είναι γύρω στο 40% της παροχής του μέγιστου φορτίου του σχεδιασμού.

Αυτό το ποσοστό δίνει την δυνατότητα στους κατασκευαστές των ψυκτικών συγκροτημάτων να σχεδιάσουν μια μηχανή που παράλληλα με το κριτήριο της σωστής λειτουργίας θα έχει και ένα σωστό κόστος.

Αρκετές φορές για να φθάσει αυτή η παροχή στο 40% υπάρχει πιθανότητα στην μέγιστη κυκλοφορία η πτώση πίεσης στον εξατμιστή να είναι πολύ υψηλή με αποτέλεσμα επι πλεον καταναλώση ενέργειας στην αντλία.

Είναι προφανές ότι ο μηχανικός σχεδιαστής του συστήματος πρέπει να λαμβάνει υπ' όψη την πτώση πίεσης στο μέγιστο φορτίο, είναι όμως σημαντικότερο, να λαβεί υπ' όψη τις χαμηλές παροχές γιατί το ψυκτικό συγκρότημα θα λειτουργήσει πολύ περισσότερες ώρες σε μερικά φορτία.

Προκλήσεις των συστημάτων ΜΠΠ

Ελαχίστες παροχές – παρακαμψη (by pass)

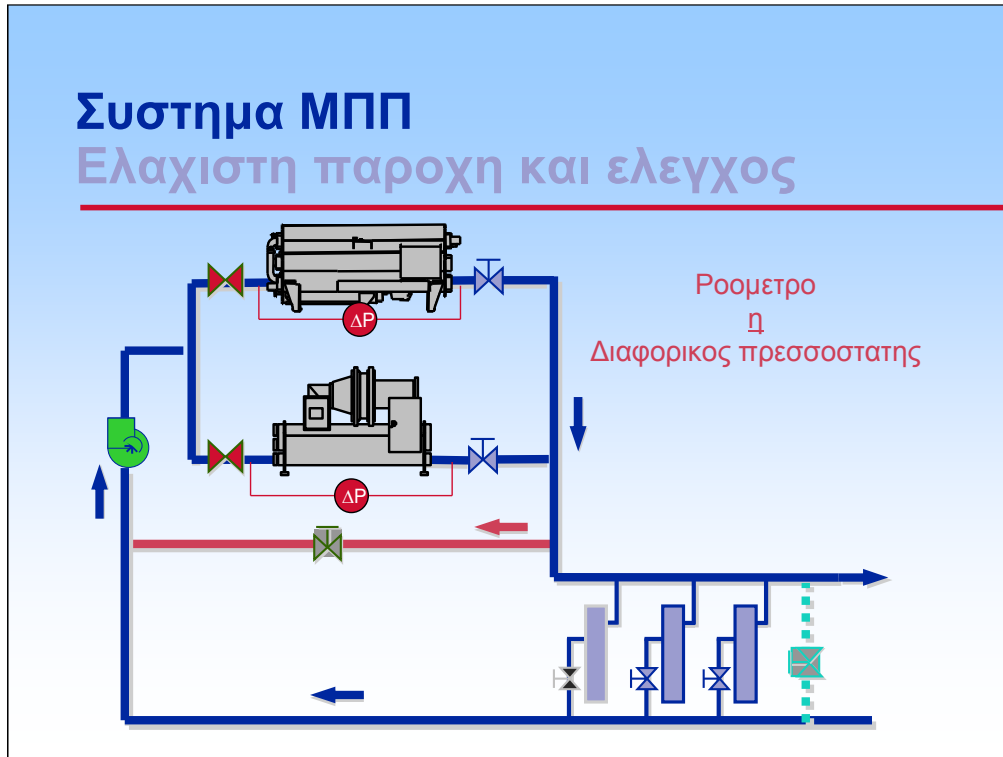
- **Μεθοδος ελαχιστης δυνατης παροχης**
 - ◆ Μετρηση ροης
 - ◆ Ξεχωριστη παρακαμπτηρια γραμμη (bypass)
 - ◆ Αλλοι τροποι

Καθως το ψυκτικο φορτιο στις καταναλωσεις μειωνεται, οι διοδες βανες μειωνουν την παροχη του κρουου νερου στα ψυκτικα στοιχεια, το inverter της αντλιας

μειωνει τις στροφες και την κυκλοφορια του νερου, και καθως το φορτιο ελαττωνεται, επι πλεον μειωση της παροχης, σημαινει χαμηλοτερη απο την ελαχιστη επιτρεπομενη κυκλοφορια νερου στον εξατμιστη του ψυκτικου συγκροτηματος. Όταν η κυκλοφορια φθασει σ' αυτο το οριο πρεπει να υπαρξει ενας τροπος ωστε αυτη η κυκλοφορια να ειναι παντα υψηλοτερη απο το αυτο το οριο.

Συστημα ΜΠΠ

Ελαχιστη παροχη και ελεγχος



Οι συνηθεισ μεθοδοι μετρησης της κυκλοφοριας ειναι με ενα η περισσοτερα ροομετρα στο συστημα η ενα διαφορικο πρεσσοστατη που μετρα την πωση πιεσης στον εξατμιστη του ψυκτη.Εαν χρησιμοποιηθη ο πρεσσοστατη, τοτε η χαμηλοτερη κυκλοφορια εξισωνεται με μια συγκεκριμενη πωση πιεσης.

Οταν οι μετρησεισ ανιχνευσουν οτι η κυκλοφορια πλησιαζει στο χαμηλοτερο επιτρεπτο οριο,τοτε η βαλα που βρισκεται στην παρακαμπτηρια γραμμη αρχιζει να ανοιγη.

Μετρητες ροης

- Ροομετρο
- Διαφορικος πρεσσοστατης



Συστημα ΜΠΠ

Ελαχιστη παροχη και ελεγχος παρακαμψης

- **Βανα ελεγχου**
 - Αναλογικο συστημα
 - Γραμμικη αποκριση
- **Ακριβεστατα αιθητηρια ροης**
- **Ελαχιστη υστερηση ελεγχου μεταξυ βανας και αισθητηριου ροης**
- **Σωστος σχεδιασμος γραμμης παρακαμψης**
- **OXI** οικονομια στην αγορα αυτων των οργανων



Η βανα στην παρακαμπτηρια γραμμη οπως αναφερθηκε πρεπει να ειναι αναλογικη και να εχει οσο το δυνατο καλλιτερη γραμμικη αποκριση. Διαφορετικα οταν ειναι ανοικτη 20% υπαρχει πιθανοτητα η ροη στην παρακαμψη να ειναι 80%. Επισης δεν πρεπει να υπαρχει υστερηση στην ανταποκριση απο την στιγμη που θα παρει το σημα απο τον ελεγκτη για τον ελεγχο της ροης

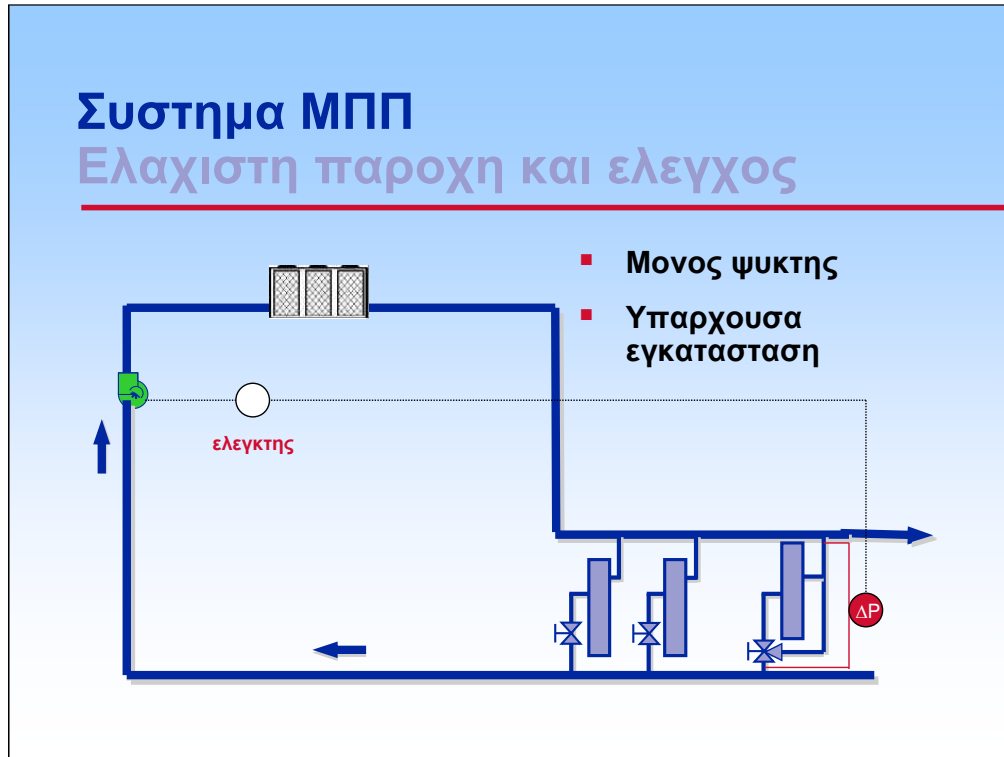
Τα οργανα μετρησης της ροης πρεπει να ειναι μεγαλης ακριβειας. Ολη η λειτουργια του συστηματος βασιζεται στις μετρησεις της ροης. Στην αγορα αυτων των οργανων **δεν** επιτρεπεται να γινη εξοικονομηση χρηματων. Η αριστη ποιτητα τους εξασφαλιζει την σωστη λειτουργια του συστηματος.

Ο σχεδιασμος της γραμμης παρακαμψης πρεπει να ειναι τετοιος ωστε να επιτρεπει την μεγαστη χαμηλοτερη παρακαμψη. Σωστος σχεδιασμος ελαττωνει το κοστος και αυξανει την ακριβεια στον ελεγχο

Προσοχη να δοθη στην επιλογη του ροομετρου σε περιπτωση που α μηχανικος σχεδιαστης του συστηματος αποφασισει να εγκαταστησει ροομετρα τυπου 'paddle wheel'. Τα ροομετρα αυτου του τυπου δινουν ασταθεις μετρησεις σε χαμηλες παροχες. Αυτος ειναι και ο λογος που οι περισσοτεροι χρησιμοποιοουν διαφορικους πρεσσοστατες για τον ελεγχο της βανας στην παρακαμψη.

Συστημα ΜΠΠ

Ελαχιστη παροχη και ελεγχος



Αρκετες φορες, αντι να υπαρχει ξεχωριστη γραμμη παρακαμψης, χρησιμοποιειται αλλος τροπος ωστε να εξασφαλισθη η χαμηλοτερη παροχη. Το συστημα μπορει να σχεδιασθη με αρκετες τριοδες βανες η παροχη των οποιων να ειναι ιση με την απαιτουμενη χαμηλοτερη κυκλοφορια του κρουου νερου στο ψυκτικο συγκροτημα. Ο ελεγκτης τοτε της αντλιας ρυθμιζεται ετσι ωστε να διατηρει την απαιτουμενη διαφορικη πιεση στην τριοδη βανα.

Η εφαρμογη αυτη παρουσιαζει ιδιαιτερο ενδιαφερον για μετατροπες εγκαταστασεων που ηδη λειτουργουν με ενα η δυο ψυκτικα συγκροτηματα. Η συγκεκριμενη αναλυση σε μετατροπη δυο κτιριων γραφειων εδειξε εξοικονομηση ενεργειας 6%. Η μετατροπη του υπαρχοντος συστηματος απαιτει την εγκατασταση ενος inverter στην αντλια και αλλαγη μερικων τριοδων σε διοδες

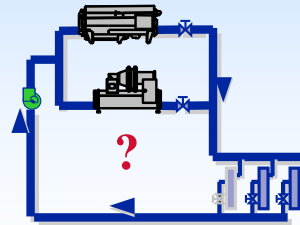
Το αποτελεσμα ειναι ενα συστημα ΜΠΠ πολυ απλο στην λειτουργια του.

Συστημα ΜΠΠ

Παρακαμτηρια γραμμη (bypass)

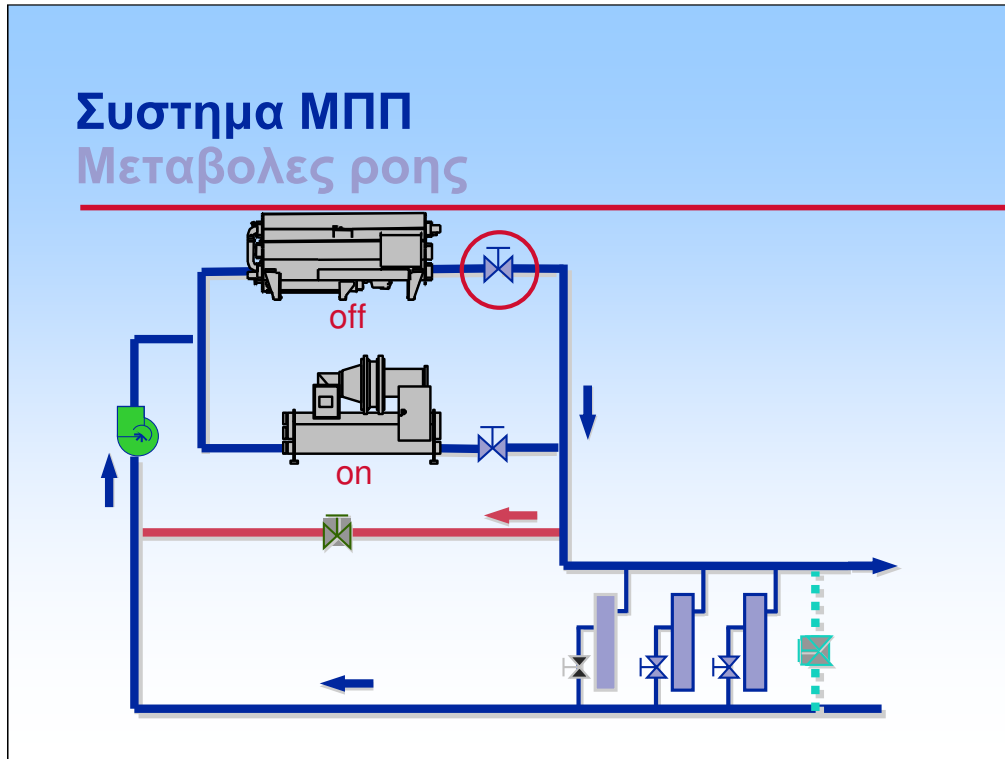
- **ΠΡΟΣΟΧΗ** Ο σωστος σχεδιασμος ειναι απαιρητο στοιχειο για την λειτουργια της εγκαταστασης

- ◆ Υπολογισμος διατομης
- ◆ Επιλογη οργανων



Μερικοι “εξυπνακηδες” εγκαταστατες προσπαθουν να αποφυγουν την εγκατασταση της παρακαμτηριας γραμμης με την βανα λεγοντας οτι “εγγυωνται” την σωστη λειτουργια και την παροχη που απαιτει το ψυκτικο συγκροτημα. Πιστευουν οτι μπορουν να το κανουν με επιπλεον μειωση των στροφων λειτουργιας της αντλιας. Το συστημα δεν μπορει να λειτουργησει με αυτον τον τροπο. Εαν η λειτουργια της αντλιας φθασει στην χαμηλοτερη δυνατη παροχη αλλα οι διοδες βανες αξακολουθουν να κλεινουν τοτε η παροχη της αντλιας θα μειωθη ακομη περισσοτερο και η κυκλοφορια του νερου στο ψυκτικο συγκροτημα θα ειναι μικροτερη απο το χαμηλοτερο επιτρεπτο.

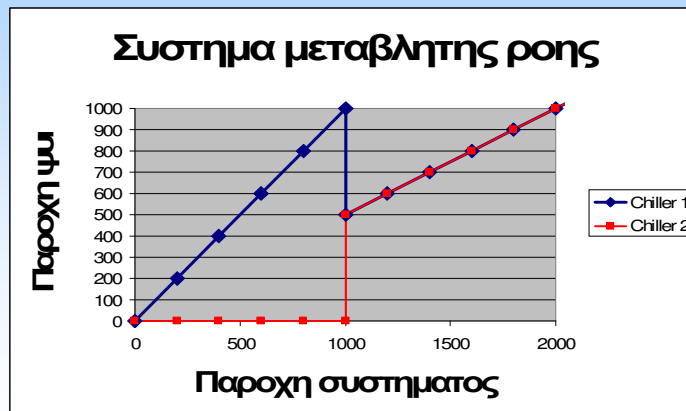
Συστημα ΜΠΠ Μεταβολες ροης



Ας δουμε τωρα ενα συμβατικο συστημα ΜΠΠ.Εαν το ενα ψυκτικο συγκροτημα λειτουργει αλλα οι απαιτησεις του φορτιου αυξανονται και οι διοδες βανες ανοιγουν περισσοτερο για να ικανοποιησουν την επιπλεον ζητηση,το ενα ψυκτικο συγκροτημα δεν επαρκει να ικανοποιηση την ζητηση αυτη, και ειναι αναγκη να ξεκινηση ο δευτερος ψυκτης.

Η βαλβιδα απομονωσης του δευτερου ψυκτικου ανοιγει.Αλλα τι συμβαινει ομως με την κυκλοφορια του νερου?

Συστημα μεταβλητης παροχης Μεταβολες Ροης



Οταν η βαλβιδα απομονωσης του δευτερου ψυκτικου ανοιξει η κυκλοφορια του νερου στον ψυκτη που λειτουργει μειωνεται στο 50%.Εαν η βανα ανοιξει πολυ γρηγορα, η κυκλοφορια του νερου στο ψυκτικο συγκροτημα που λειτουργει θα μειωθη επισης πολυ γρηγορα.

Οταν η κυκλοφορια του νερου μειωθη στο 50% τι συμβαινει στην θερμοκρασια του κρουου νερου?

Παροχη και Θερμοκρασιακη διαφορα

- $KW_{\psiυξης} = \text{Liters/sec} \times \Delta T(0^{\circ}) / 0.239$
- **Οταν Lit/sec μειωθουν κατα 50% το ΔΤ διπλασιαζεται**
 - ◆ Μεχρι ο ελεγκτης του ψυκτη ξεφορτωση την μηχανη, η...
 - ◆ Μεχρι τα συστημα ασφαλειας ξεφορτωσουν τον ψυκτη και σταματησουν την μηχανη

Η ψυκτικη ισχυς ενος ψυκτικου συγκροτηματος ειναι ευθεως αναλογη με την παροχη του νερου και ευθεως αναλογη με την θερμοκρασιακη διαφορα.Επομενωσ για την ιδια ψυκτικη αποδοση οταν η παροχη μειωθη στο 50%, η διαφορα θερμοκρασιας διαπλασιαζεται.Αυτο σημαινει οτι η θερμοκρασια εξοδου του κρυου νερου απο το ψυκτικο συγκροτημα μειωνεται – πολυ γρηγορα---

Το ψυκτικο μεσω των συστηματων ελεγχου θα προσπαθηση να ξεφορτωσει για να διατηρησει την ρυθμιση (set point) με το συστημα ελεγχου η τα συστημα ασφαλειας θα σταματησουν την μηχανη για λογους προστασιας.

Το προβλημα εδω ειναι οτι η μηχανη σταματα οταν την χρειαζομαστε περισσοτερο.

Συστημα μεταβλητης παροχης Μεταβολες παροχης

Αριθμος ψυκτων σε λειτουργια	Μειωση παροχης*
1	50%
2	33%
3	25%
4	20%
5	17%

*Οταν η βαλβιδα απομονωσης ανοιξη

% μειωση της παροχης = $1 - \left\{ \frac{\text{αριθμο ψυκτων σε λειτουργια}}{(\text{αριθμο ψυκτων σε λειτουργια} + 1)} \right\}$

Καθως βλεπουμε τις αλλαγες κυκλοφοριας του νερου στα διαφορα ψυκτικα συγκροτηματα, παρατηρουμε οτι η μεγαστη αλλαγη στην παροχη ειναι οταν λειτουργει μονο ενα ψυκτικο και ξεκινα το δευτερο.

Τι μπορει να γινη ωστε το ψυκτικο συγκροτημα να συνεχισει να λειτουργει ειδικα οταν ξεκινα ο δευτερος ψυκτης?

Επιτρεπομενες αλλαγες παροχης Επιτυχημενες πρακτικες

- **Υψηλοτερη = Καλλιτερη**
- **Αλλαγη λειτουργιας απο 1 -2 ψυκτες απαιτει:**
 - 30 λεπτα με 2% επιτρεπομενη αλλαγη/λεπτο
 - 5 λεπτα με 10% επιτρεπομενη αλλαγη/λεπτο
 - 1.6 λεπτα με 30% Επιτρεπομενη αλλαγη/λεπτο

**ΓΙΑ ΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ 'SET POINT' ΚΑΙ
ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

Πρωτα, ο σχεδιαστης του συστηματος πρεπει να γνωριζει την μεγαστη αλλαγη στην κυκλοφορια του νερου στην μοναδα του χρονου που επιτρεπει ο κατασκευαστης των ψυκτικων συγκροτηματων. Μελετωντας την βιβλιογραφια των διαφορων κατασκευαστων, παρατηρουμε οτι οι επιτρεπομενη αλλαγη κυμαινεται απο 2% εως 30%.

30 λεπτα ειναι πολυς χρονος για να γινη εξισορροπηση του συστηματος, 5 λεπτα ειναι σχετικα αποδεκτο, ενω 1.6 λεπτα ειναι απολυτα αποδεκτο.

Συστημα μεταβλητης παροχης Παραλληλη λειτουργια ψυκτων

- Προσθεση ψυκτικων συγκροτηματων στο κυκλωμα λειτουργιας
 - Οι βαλβιδες απομονωσης να ανοιγουν σιγα σιγα (3 λεπτα)
 - Αποφορτιση του ψυκτη σε λειτουργια πριν την εκκινηση του επομενου
 - Γραμμικη σχεση μεταξυ βαλβιδας και παροχης

Ας δουμε ομως και μερικες αλλες πρακτικες για να αντιμετωπισουμε αυτο το θεμα.

•Οταν δοθη εντολη για την εκκινηση του δευτερου ψυκτη λογω αυξησης του φορτιου, πριν το δευτερο ψυκτικο ξεκινηση, υστερα απο εντολη ο ψυκτης σε λειτουργια ξεφορτωνει περιπου στο 60% και μετα ξεκινα η δευτερη μηχανη.Με αυτον τον τροπο αποτομη αλλαγη στην κυκλοφορια δεν δημιουργει σοβαρο λειτουργικο προβλημα, λογω περιορισμενης ψυκτικης αποδοσης στον ψυκτη που λειτουργει.Να σημειωθη εδω οτι για ενα μικρο χρονικο διαστημα το ‘set point’ της θερμοκρασιας του κρουου νερου δεν τηρηται.

•Η βαλβιδα απομονωσης του ψυκτικου ειναι δυνατο να ρυθμιστει να ανοιγει σε 3 λεπτα περιπου απο τελειως κλειστη σε τελειως ανοικτη θεση.

•Αυτο ομως προυποθετει οτι η σχεση μεταξυ παροχης και ανοιγματος βαλβιδας ειναι γραμμικη.Να σημειωθη εδω οτι η επιλογη της βαλβιδας ειναι σημαντικη.

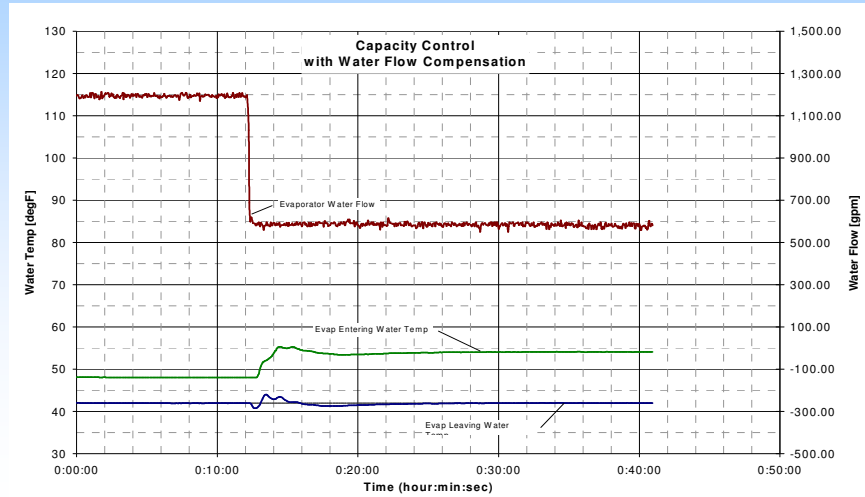
Αυτες ειναι οι διαφορες πρακτικες που χρησιμοποιουντα σημερα για να αντιμετωπισθη το συγκεκριμενο προβλημα.

Εαν ομως ο κατασκευαστης του ψυκτικου συγκροτηματος επιτρεπει την αποτομη αλλαγη στο 50%, τοτε οι παραπανω προφυλαξεις δεν απαιτουνται.

Μερικοι κατασκευαστες ψυκτικων συγκροτηματων εχουν εξελιξει τους ελεγκτες των ψυκτικων συγκροτηματων με ενα νεο συστημα.

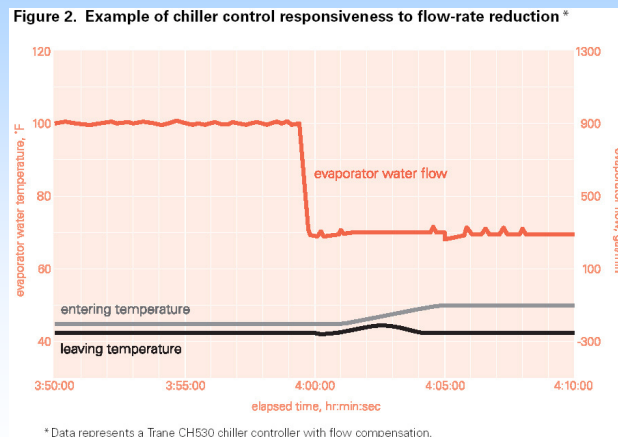
Οι νεοι αυτοι ελεγκτες εχουν ενα επιπλεον χαρακτηριστικο που λεγεται ‘ ANTIΣΤΑΘΜΙΣΗ ΡΟΗΣ’ (FLOW COMPESATION).

Ελεγκτής ψυκτικού με flow compensation Παράδειγμα 1



Εδώ φαίνονται τα αποτελέσματα μιας δοκιμής στο εργαστήριο ενός κατασκευαστή που η κυκλοφορία του νερού στο ψυκτικό συγκρότημα μειώθηκε κατά 50% από 1200 US GPM σε 600.σε περίπου 30 δευτερά.Καθώς βλέπουμε ο ψυκτής παρέμεινε σε λειτουργία και συνέχισε την παραγωγή του κρύου νερού.

Ελεγκτής ψυκτικού με flow compensation Παραδειγμα 2



Όσο μεγαλύτερη η επιτρεπόμενη αλλαγή τόσο καλύτερη

Εδώ είναι ένας άλλος εργαστηριακός έλεγχος που δείχνει μείωση της παροχής από 900 US GPM σε 300 μια μείωση της παροχής 67%!!!!!!.

Το ψυκτικό συγκροτημα έμεινε σε λειτουργία και συνέχισε την παραγωγή κρύου νερού.

Η συμπεριφορά των ψυκτικών συγκροτημάτων σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας παρέμεινε η ίδια με το σύστημα της αντισταθμίσης ροής.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί και πάλι ότι όσο υψηλότερη μεταβολή στην κυκλοφορία του νερού στο ψυκτικό συγκροτημα επιτρέπει ο κατασκευαστής τόσο περισσότερο αυξάνεται η πιστοτητα της λειτουργίας του συστήματος και υπάρχουν και λιγότερες απαιτήσεις για επι πλεον συστήματα ελεγχου.

Μεταβολες ροης

Κυκλωματα διανομης κρου νερου

- Βαλβιδες αργης αποκρισης στα στοιχεια κρου νερου
- Εκκινηση/παυση διαφορων κυκλωματων διανομης να γινεται σε σειρα



Οι αλλαγες στην κυκλοφορια του νερου δεν υπαρχουν μονο οταν ξεκινουν τα ψυκτικα συγκροτηματα αλλα και ολο το διαστημα της λειτουργιας του συστηματος, λογω των ψυκτικων στοιχειων στις κλιματιστικες μοναδες. Το ψυκτικο φορτιο των κλιματιστικων μοναδων διαρκως μεταβαλλεται, οι βαλβιδες ελεγχου διαρκως αυξομειωνουν την παροχη του νερου στα στοιχεια των μοναδων, με αποτελεσμα την συνεχη μεταβολη της κυκλοφοριας του νερου στο συστημα.

Εαν οι βαλβιδες των κλιματιστικων ανοιγουν και κλεινουν αποτομα,πιθανον να υπαρχουν προβληματα στην λειτουργια. Εαν ο κατασκευαστης των ψυκτων επιτρεπει μονο 2-3% αλλαγη στην κυκλοφορια του νερου,θα υπαρχει προβλημα στην λειτουργια ακομη και οταν οι αλλαγες στην κυκλοφορια του νερου ειναι φυσιολογικες.Γι'αυτο τον λογο οι βανες ελεγχου στις κλιματιστικες να ειναι αργης αποκρισης.

Ενα αλλο θεμα που πρεπει να αναφερθη ειναι η παυση της λειτουργιας των κλιματιστικων μοναδων.Οι μοναδες δεν πρεπει να σταματουν ολες μαζι αλλα το 20% ανα 10 λεπτα περιπου.

Σε διαφορετικη περιπτωση που οι μοναδες σταματησουν ολες μαζι, η αποτομη μεταβολη στην κυκλοφορια του νερου θα δημιουργησει προβλημα στην λειτουργια του ψυκτου, και τα συστηματα ασφαλειας θα διακοψουν την λειτουργια του.

Συστημα μεταβλητης παροχης Παραλληλη λειτουργια ψυκτων

- Καθε ψυκτικο συγκροτημα να φορτωνει στο μεγαιστο πριν την εκκινηση του επομενου
- Αποφυγη συχνης εκκινησης/παυσης των ψυκτικων συγκροτηματων

- $$\% \text{ Υπολοιπο} = \frac{\sum \% \text{ FLA}^* (\text{Ψυκτες σε λειτουργια})}{\text{Αριθμος ψυκτων σε λειτουργια} - 1}$$

* FLA = Full Load Amps

Ας δουμε τωρα μερικα επιπλεον στοιχεια στον τροπο εκκινησης η παυσης της λειτουργιας ενος ψυκτου, σε ενα συστημα με περισσοτερα απο ενα ψυκτικα συγκροτηματα.

Ο κανονας στην φορτιση των ψυκτικων συγκροτηματων ειναι οτι ο δευτερος ψυκτης ξεκινα οταν ο πρωτος ειναι φορτωμενος 100% και δεν ειναι αρκετος να καλυψη την ζητηση.

Εδω υπαρχει η πρακτικη οτι το ψυκτικο συγκροτημα ειναι φορτωμενο στο μεγαιστο οταν τα ΑΜΠΕΡ που απορροφα η μηχανη ειναι στο μεγαιστο (FLA = Full Load Amps)

Αυτη η πρακτικη δεν ειναι σωστη. Το ψυκτικο συγκροτημα για λογους μιας πιθανης ανωμαλιας στην λειτουργια του (πχ απωλεια ψυκτικου υγρου) να μην εχει την δυνατοτητα να φορτωσει στο μεγαιστο των απορροφουμενων ΑΜΠΕΡ και να υπαρχει ζητηση ψυκτικης ισχυος στην καταναλωση που δεν μπορει να καλυψει το εν λειτουργια ψυκτικο συγκροτημα. Περισσοτερο ασφαλης ειναι η ενδειξη θερομοκρασιας του κρουου νερου, πχ οταν η θερομοκρασια του κρουου νερου για 10 λεπτα ειναι υψηλοτερη απο το σημειο ρυθμισης (set point), τοτε ειναι αναγκη να ξεκινηση το δευτερο ψυκτικο συγκροτημα.

Η παυση της λειτουργιας ενος ψυκτου γινεται με ενδειξη των απορροφουμενων ΑΜΠΕΡ των μηχανων οταν αυτα εχουν ενα συγκεκριμενο ποσοστο του μεγαιστου συμφωνα με τον παρακατω τυπο.

Παραλληλη λειτουργία

Πότε σταματάμε ένα ψυκτήρα?

Παραδειγμα

- 3 ψυκτες λειτουργουν με 60% του FLA
- Η εντολη για παυση δινεται οταν το φορτιο ειναι 80% η λιγοτερο του FLA
- Πρεπει ο ενας να σταματηση ?

$$80\% \leq \frac{60\% + 60\% + 60\%}{3-1} ?$$

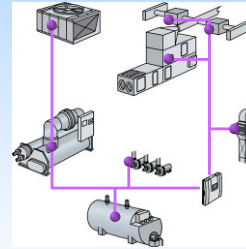
$$80\% \leq 90\% ? \quad \text{OXI}$$

Για παραδειγμα θελουμε να σταματησουμε ενα ψυκτη οταν οι υπολοιποι που θα παραμεινουν σε λειτουργια ειναι φορτωμενοι με 80% η λιγοτερο του FLA.

Βαζοντας τα νουμερα στην φορμουλα το αποτελεσμα ειναι 90% και ως εκ τουτου η απαντηση ειναι αρνητικη.

Η λειτουργία της εγκατάστασης

- Γραπτη και λεπτομερειακη
- Λειτουργια σε πληρες και μερικο φορτιο
- Πληρης ελεγχος μεγαστων και ελαχιστων παροχων
- Αλλαγες φορτιων στην μοναδα του χρονου
- Εκκινηση και παυση ψυκτων



Η λειτουργία του ψυχοστασιου πρεπει να ειναι γραπτη και λεπτομερης και να αναφερονται τα παντα που αναφερονται εδω.

Επιρροη ανομοιων πτωσεων πιεσεως στους εξατμιστες

- Επιλογη πτωσης πιεσης στους εξατμιστες οσο περισσοτερο ομοιες

	Ψυκτικη Ισχυς KW	Παροχη νερου (l/sec)		Πτωση πιεσης (m H ₂ O)		Αλλαγη %
		Επιλογη	Πραγμ	Επιλογη	Πραγμ	
Chiller 1	1500	36	39	3.7	4.4	+9.2
Chiller 2	1000	21.5	18.2	6	4.4	-15.3

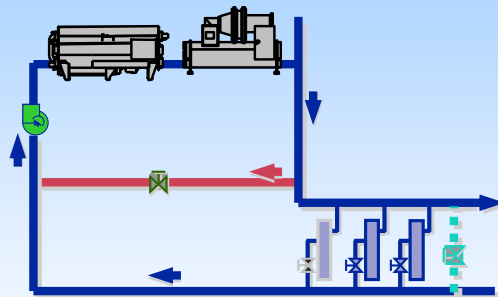
Ας δουμε τωρα τι συμβαινει οταν σε μια εγκατασταση υπαρχουν δυο ψυκτικα συγκροτηματα με διαφορετικη αποδοση και διαφορετικες πτωσεις πιεσεως στον εξατμιστη.

Στο παραδειγμα οταν τα δυο ψυκτικα συγκροτηματα λειτουργουν, η κυκλοφορια του νερου σε καθε εξατμιστη θα ειναι τετοια ωστε η πτωση πιεσης να ειναι ιδια, η παροχη ομως ειναι εκτος σχεδιασμου. Ο ψυκτης Νο 1 εχει 9.2% περισσοτερη παροχη ενω ο Νο 2 15.3% λιγοτερη. Αυτο σημαινει οτι μια καποια στιγμη ο ψυκτης Νο 2 δεν θα μπορει να δωσει την μεγαστη ψυκτικη ισχυ εκτος εαν η θερμοκρασια εξοδου του κρουου νερου ρυθμιστει σε χαμηλοτερο επιπεδο. Ακομη απο τον ψυκτη Νο 1 θα ζητηθη μεγαλυτερη ψυκτικη ισχυς απο αυτη που εχει την δυνατοτητα.

Αυτος ειναι ο λογος που οταν ο σχεδιασμος μιας εγκαταστασης απαιτει ψυκτικα συγκροτηματα διαφορετικου μεγεθους, το κριτηριο της επιλογης πρεπει να ειναι τετοιο ωστε η πτωση πιεσης του νερου στους εξατμιστες να ειναι οσο το δυνατο ομοιομορφες.

Διατάξεις συστημάτων Ψυκτικά συγκροτήματα σε σειρά

- Ευκολη φορτιση καθε συγκροτηματος
- Χαμηλοτερη καταναλωση
- Η ψυκτικη αποδοση του πρωτου ψυκτη αυξανεται σε αυτη την θεση



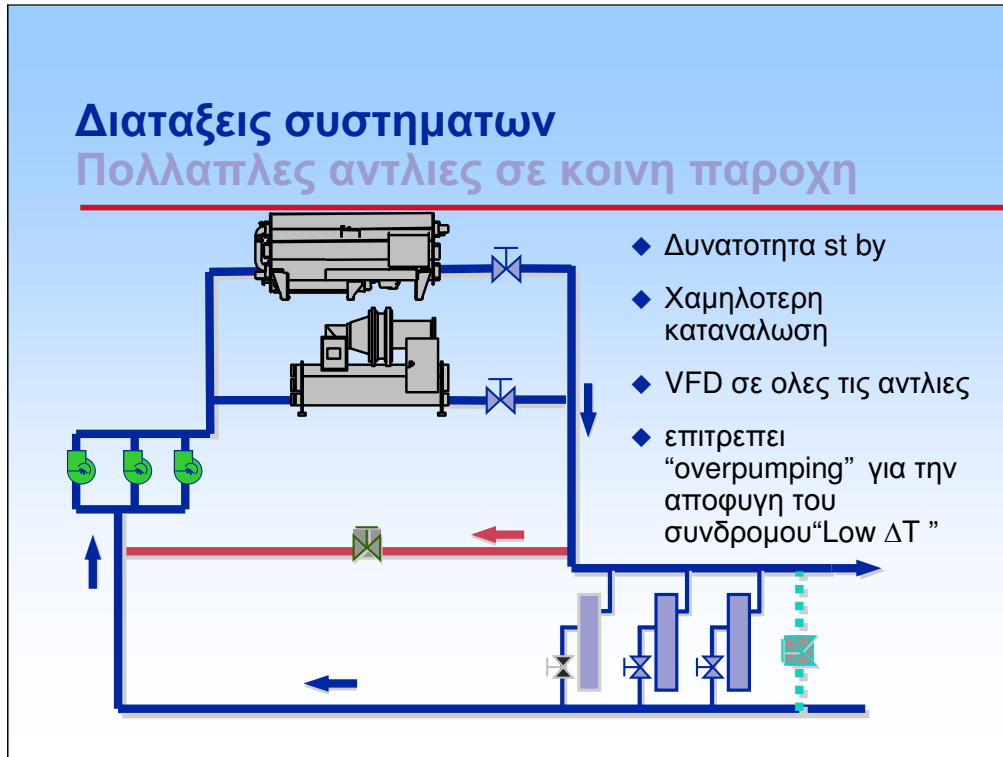
Οταν υπαρχουν δυο ψυκτικα συγκροτηματα σε μια εγκατασταση, ειναι δυνατο να συνδεθουν σε σειρα. Αυτος ο τροπος συνδεσης επιτρεπει απλουστευση των συστηματος ελεγχου των ψυκτων, γιατι η κυκλοφορια του νερου δεν αλλαζει οταν ξεκινησει το δευτερο ψυκτικο.

Ο ελεγχος της θερμοκρασιας του κρουου νερου ειναι απλος -- αλλαζει η θερμοκρασια του κρουου νερου του πρωτου ψυκτη –

Βεβαια οταν δυο ψυκτικα συγκροτηματα συνδεθουν σε σειρα η εγκατασταση εχει αυξημενη πτωση πιεσης στους αζατιστες.

Οπως ομως αναφερθηκε προηγουμενα ο χρονος που η παροχη ειναι στο μεγαιστο ειναι πολυ μικρος. Με μειωση της παροχης κατα 10-20% η ηλεκτρικη καταναλωση της αντλιας πεφτει σημαντικα.

Διατάξεις συστημάτων Πολλαπλές αντλίες σε κοινή παροχή



Πολλοί μηχανικοί όταν σχεδιάζουν ένα σύστημα ΜΠΠ, προτιμούν αντλίες όπως φαίνεται στην εικόνα. Σε αυτήν την εφαρμογή, οι δύο αντλίες καλύπτουν τις ανάγκες κυκλοφορίας του κρύου νερού του συστήματος και υπάρχει μια εφεδρική. Ο σχεδιασμός αυτός παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα.

- Κάθε αντλία μπορεί να λειτουργήσει με οποιοδήποτε ψυκτική
- Οι αντλίες μπορούν να ρυθμιστούν έτσι ώστε να έχουν χαμηλότερη καταναλωση; για παράδειγμα δύο αντλίες που λειτουργούν σε χαμηλές στροφές έχουν χαμηλότερη καταναλωση από μια που λειτουργεί στο μέγιστο για την ίδια παροχή
- Προσοχή όμως. Η σωστή λειτουργία του συστήματος προϋποθέτει να είναι εγκατεστημένα inverters σε **ΟΛΕΣ** τις αντλίες. Υπάρχει η τάση να γίνεται η εγκατάσταση ενός μόνο inverter και όταν η πρώτη αντλία φθάσει στο μέγιστο της παροχής, η λειτουργία του inverter να μεταφέρεται στην δεύτερη αντλία. Αυτός ο σχεδιασμός απλά δεν λειτουργεί. Όταν η αντλία No1 λειτουργεί στην μέγιστη παροχή, έχει και μια αυξημένη πίεση. Μέχρι η λειτουργία της αντλίας No 2 φθάσει αυτήν την πίεση, η αντλία No 2 δεν έχει καμία παροχή νερού. Τι σημαίνει αυτό? Οτι για να υπάρχει κυκλοφορία νερού από την αντλία No 2, η πίεση λειτουργίας της No 2 πρέπει να είναι ίδια με την No 1 δηλ στην μέγιστη οση και της No 1
- Τέλος με τον σχεδιασμό αυτό αποφεύγεται το “Σύνδρομο της χαμηλής θερμοκρασιακής διαφοράς” που θα εξηγήσουμε παρακάτω στο παράδειγμα

Παραδειγμα “Overpumping”

Μορφη	Παροχη νερου (l/sec)	Θερμ εισοδ (0 ^c)	Θερμ εξοδ (0 ^c)	Ψυκτικη Ισχυς (KW)
Σχεδιασμος	31.6	13	4.5	1760
Πραγματικες απαιτησεις	63	10	4.5	1470
Μια αντλια ανα ψυκτη	31.6	10	4.5	1100
Ψυκτης “Overpumped”	63	10	4.5	1470

*Η μεγιστη παροχη του ψυκτικου συγκροτηματος σ’αυτο το παραδειγμα ειναι 67 l/sec

Σε μια εγκατασταση εχουν επιλεγει 2 ψυκτικα συγκροτηματα για παροχη νερου 36 L/sec και θερμοκρασια 13/4.5 0C το καθενα.

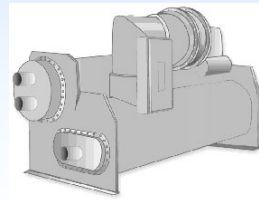
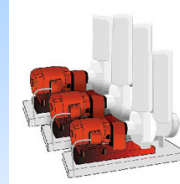
Η εγκατασταση δεν λειτουργει σωστα. Τα ψυκτικα στοιχεια ειναι βρωμικα, οι ελεγκτες των κλιματιστικων μοναδων χρειαζονται ρυθμιση. Το αποτελεσμα ειναι οτι η θερμοκρασια επιστροφης του νερου απο την καταναλωση ειναι 10 0C αν και οι αναγκες ειναι 1470 KW. Η αδυναμια του συστηματος να ικανοποιηση την ζητηση αναγκαζει τις διοδες βανες των κλιματιστικων να ανοιξουν ακομη περισσοτερο και αυτο δρομολογει την εκκινηση της δευτερης αντλιας. Η συνολικη παροχη στο συστημα ειναι τωρα 63 L/sec και με την θερμοκρασια του νερου 10/4.5 0C, πραγμα που ικανοποιη την ζητηση χωρις να ειναι αναγκη να ξεκινήσει το δευτερο ψυκτικο συγκροτημα.

Να σημειωθι εδω οτι η μεγιστη επιτρεπομενη παροχη απο τον εξατμιστη του ψυκτη ειναι 67 L/sec.

Η συγκεκριμενη λειτουργια μπορει να εφαρμοσθει μονο οταν οι αντλιες ειναι συνδεδεμενες σε κοινο δικτυο. Σε αντιθετη περιπτωση εαν καθε ψυκτικο συγκροτημα λειτουργουσε με την “δικη του” αντλια η παραπανω εφαρμογη θα ηταν αδυνατη, το δευτερο ψυκτικο επρεπε να ξεκινήσει και καθενα απο αυτα θα λειτουργουσε στο 40% της μεγιστης αποδοσης -- μια ενεργοβορα λειτουργια.

Απαραίτητη η αλλαγή νοοτροπίας

- Η δουλειά της αντλίας είναι να κυκλοφορεί το κρύο νερό
- Η δουλειά του ψυκτή είναι να παράγει κρύο νερό
- Ο έλεγχος αντλίας και ψυκτού μπορεί να είναι ξεχωριστός
- Ο αριθμός των αντλιών μπορεί να είναι διαφορετικός από τον αριθμό των ψυκτών



Μετά από όσα αναφερθηκαν παραπάνω είναι προφανές ότι στα δίκτυα ΜΠΠ η λειτουργία των ψυκτών και των αντλιών δεν είναι αλληλενδετή, όπως είναι στα δίκτυα πρωτεύοντος/δευτερεύοντος. Η παραλληλή λειτουργία των αντλιών είναι δυνατό να ρυθμιστεί ανεξάρτητα με την λειτουργία των ψυκτικών συγκροτημάτων.

Συστημα μεταβλητης παροχης Σχεδιασμος

- Σωστη και ακριβης σειρα λειτουργιας
- Υπολογισμος αποσβεσεων
- Παρακαμπτηρια γραμμη
- Σωστη επιλογη εγκαταστατη



Σωστος σχεδιασμος και λειτουργικος προγραμματισμος ολων των παραμετρων ειναι απαραιτητες προυποθεσεις για την σωστη εφαρμογη των δικτυων ΜΠΠ. Τα ψυκτικα συγκροτηματα πρεπει να “ παραγουν “ ακομη και οταν υπαρχουν σημαντικες διαακυμανσεις στην κυκλοφορια του νερου.

Τα οικονομικα μεγεθη (πρωτο κοστος, κοστος λειτουργιας) πρεπει να ληφθουν πολυ σοβαρα π’οψη.

Ιδιαιτερη προσοχη στους “εξυπνακηδες” ειδημονες εγκαταστατες που μπορουν να κανουν τα παντα με μηδενικο κοστος.

Οι συνεργατες εγκαταστατες πρεπει να ειναι γνωστες του αντικειμενου, ευσυνηδειτοι και να ειναι αποφασισμενοι οτι θα κατασκευασουν ενα επιτυχημενο συστημα.

Συστημα μεταβλητης παροχης Εγκατασταση και λειτουργια

- **Ακριβης μετρηση των παροχων**
- **Αυστηρη τηρηση των οριων**
 - Απολυτες παροχες
 - Αλλαγες παροχων στην μοναδα του χρονου
- **Σωστη εκπαιδευση του προσωπικου λειτουργιας**

Η σωστη εφαρμογη των συστημων ΜΠΠ απαιτει

- Σωστη επικοινωνια μεταξυ του εξοπλισμου (αντλιες, ψυκτες, αισθητηρια, μετρητες ροης κλπ) με το κεντρικο συστημα ελεγχου. Κακη λειτουργια των συστημων ελεγχου ICS (Integrated Control Systems) οσο καλος ειναι ο υπολοιπος εξοπλισμος προδιαθετει αποτυχια του συστηματος.
- Η ακριβης μετρηση της κυκλοφοριας του νερου ειναι ο βασικότερος παραγων επιτυχιας. Η λειτουργικη επιτυχια του συστηματος ελεγχου εξαρταται απολυτα απο την ακριβεια αυτων των μετρησεων.
- Τα ορια των μεταβολων των διαφορων παροχων πρεπει να τηρουνται αυστηρα συμφωνα με τις οδηγιες των διαφορων κατασκευαστων του συγκεκριμενου εξοπλισμου.
- Τελος ακομη και οταν το συστημα σχεδιασθει και εγκατασταθει σωστα το προσωπικο που θα ειναι υπευθυνο για την λειτουργια πρεπει να εκπαιδευτει και ενημερωθει σωστα ωστε να υπαρχει πληρης κατανοηση στον τροπο λειτουργιας.

Συστημα μεταβλητης παροχης Περιληψη

- Σωστη επιλογη
 - ◆ Ψυκτικων συγκροτηματων
 - ◆ Βαλβιδων
 - ◆ Μετρητων ροης
- Σωστη εγκατασταση
- Απολυτα προκαθορισμενος τροπος λειτουργιας
- Λειτουργια εγκαταστασης συμφωνα τα παραπανω

Οι κατασκευαστες του εξοπλισμου που θα εγκατασταθη πρεπει να **επιβεβαιωσουν γραπτα** την δυνατοτητα του εξοπλισμου που θα προμηθευσουν οτι μπορει να εργασθη σε τετοια συστηματα.

Σωστη εγκατασταση

Απολυτα προκαθορισμενος τροπος λειτουργιας

ΤΕΛΟΣ

Ο σχεδιαστης μηχανικος/εγκαταστατης/προσωπικο λειτουργιας εχουν πληρη κατανοηση του τροπου λειτουργιας.

Κανονας Νο 1 . Εαν ο σχεδιαστης μηχανικος εχει σαφη εικονα του τροπου λειτουργιας του συστηματος και μεταφερει αυτην την εικονα τοτε το συστημα θα εχει εξασφαλισμενη λειτουργικη επιτυχια .

Διαφορετικα δεν υπαρχει περιπτωση

Κανονας Νο 2 . Εαν το προσωπικο υπευθυνο για την λειτουργια του συστηματος κατανοησει πληρως τον τροπο λειτουργιας και ακολουθησει πιστα τις σαφεις οδηγιες που θα του δοθουν, το συστημα θα εχει εξασφαλισμενη λειτουργικη επιτυχια. Διαφορετικα δεν υπαρχει περιπτωση.

Τελος Παρουσιασης

**Ευχαριστουμε πολυ για την
προσοχη σας**