



**AIR CONDITIONING
& ENERGY SOLUTION COMPANY**



Εισαγωγή



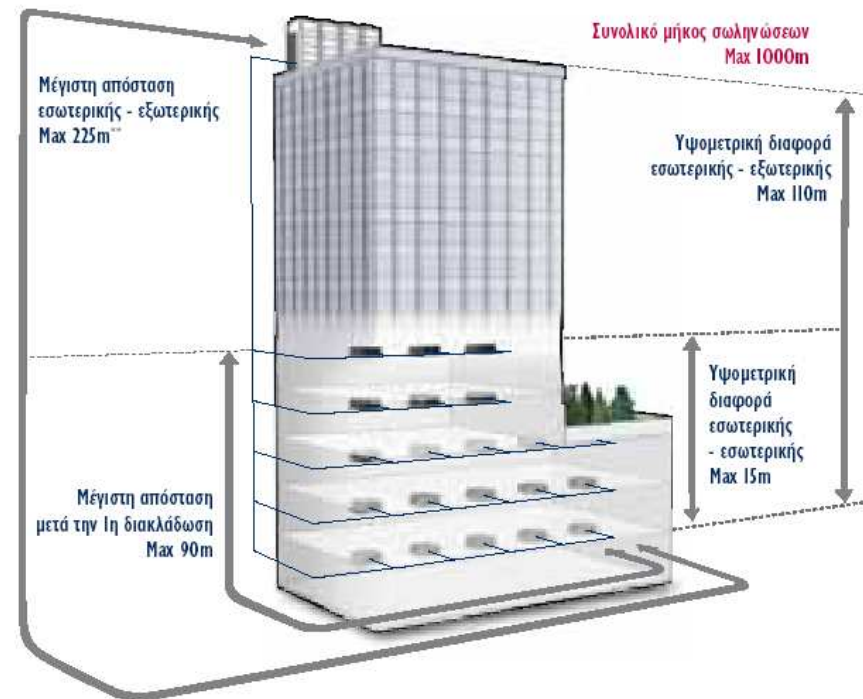
Καθώς λόγω των κλιματικών αλλαγών , η εξοικονόμηση ενέργειας είναι πλέον ένα απο τα βασικά ζητούμενα σε οποιαδήποτε κτιριακή κατασκευή , η αποδοτικότητα των συστημάτων HVAC παίζει ένα σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή διαχείριση όλων των κτιρίων . Σαν συνέπεια αυτών , η ζήτηση για συστήματα μεταβλητής ροής ψυκτικού μέσου (VRF – Variable Refrigerant Flow) έχει αυξηθεί σημαντικά καθώς επιτρέπει τον τοπικό έλεγχο κάθε κλιματιζόμενου χώρου και την ανεξάρτητη ρύθμιση της θερμοκρασίας.

Συστήματα VRF

Χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των αναγκών HVAC στο **50 %** περίπου των κτιρίων στην ΝΑ Ασία με εμβαδό έως 6.500 m² & στο **30 %** των κτιρίων με εμβαδό πάνω από 6.500 m².

Εισαγωγή

Οι εξωτερικές μονάδες των συστημάτων VRF γενικά εγκαθίστανται στην ταράτσα των κλιματιζόμενων κτιρίων ενώ το ψυκτικό μέσο κυκλοφορεί έως τους κλιματιζόμενους χώρους μέσω ψυκτικών σωληνώσεων που μπορούν να φτάσουν τα 1000 μέτρα σε συνολικό μήκος, τα 200 μέτρα σε μέγιστη απόσταση & τα 100 μέτρα υψομετρική απόσταση μεταξύ εξωτερικής έως την πλέον απομακρυσμένη εσωτερική μονάδα.



Σχήμα 1 – Συστήματα VRF

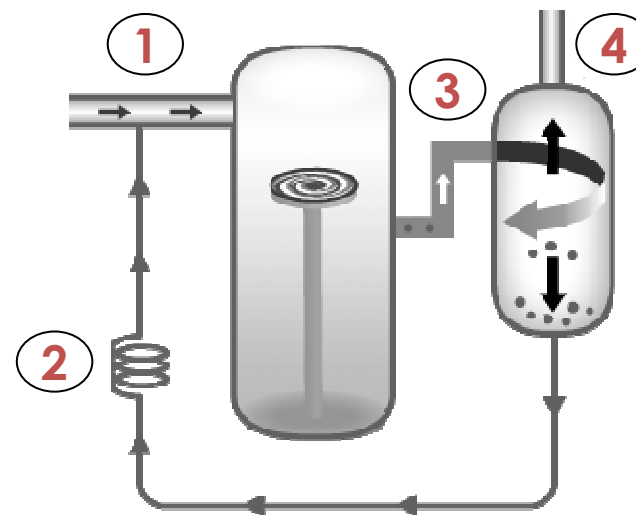
Ετσι, το έλαιο που καταθλίβεται από τον συμπιεστή πρέπει να επιστρέψει με την κατάλληλη διάταξη επιστροφής λαδιού.

Τεχνολογία – Συμβατικός τρόπος επιστροφής λαδιού



Ο συμβατικός τρόπος είναι ο ακόλουθος : ο ελαιοδιαχωριστής διαχωρίζει το το λάδι από το ψυκτικό μέσο (που βρίσκεται υπό υψηλή πίεση) και μέσω ενός τριχοειδούς σωλήνα το επιστρεφει στον σωλήνα αναρρόφησης του συμπιεστή , χρησιμοποιώντας την διαφορά πίεσης μεταξύ της πλευράς αναρρόφησης και της πλευράς κατάθλιψης

- ① Πλευρά χαμηλής πίεσης - αναρρόφηση
- ② Τριχοειδής σωλήνας (Capillary tube)
- ③ Πλευρά υψηλής πίεσης - κατάθλιψη
- ④ Ελαιοδιαχωριστής



Σχήμα 2

Συμβατικός τρόπος επιστροφής λαδιού

Τεχνολογία – Συμβατικός τρόπος επιστροφής λαδιού



Γιατί χρειαζόμαστε την επιστροφή λαδιού στον συμπιεστή ;

Λογω των μεγάλων αποστάσεων μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών μονάδων ή της μεγάλης υψομετρικής διαφοράς , το ποσό του λαδιού στον συμπιεστή μπορεί να πέσει κάτω απο το ελάχιστο απαιτούμενο έως ότου το συμπιεσμένο λάδι επιστρέψει στον συμπιεστή. Κατά συνέπεια, ο ελαιοδιαχωριστής ο οποίος είναι συνδεδεμένος με την σωλήνα κατάθλιψης του συμπιεστή επιστρέφει το λάδι που διαχωρίζεται από το συμπιεσμένο ψυκτικό μέσο ξανά πίσω στον συμπιεστή.

Τεχνολογία – Συμβατικός τρόπος επιστροφής λαδιού



Πως γίνεται ο διαχωρισμός του μίγματος ψυκτικού / λαδιού

Η βασική αρχή της επιστροφής και του διαχωρισμού είναι ότι οι συγκρούσεις των σταγονιδίων λαδιού μεταξύ τους ή οι συγκρούσεις με τα εσωτερικά τοιχώματα μέσω της κυκλωνικής ροής στον ελαιοδιαχωριστή έχουν σαν αποτέλεσμα την αποκόλληση τους από την ροή του ψυκτικού μέσου. Τα διαχωρισμένο λάδι επιστρέφει στην πλευρά χαμηλής πίεσης χάρη στην διαφορά πίεσης.

Εισαγωγή – Συμβατικός τρόπος επιστροφής λαδιού

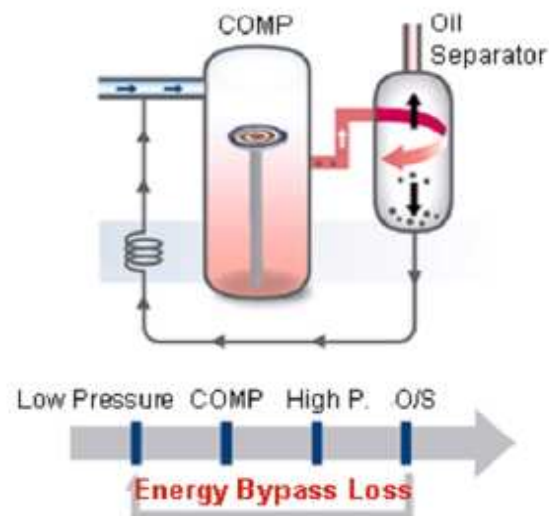


Μειονεκτήματα της επιστροφής λαδιού στην πλευρά χαμηλής πίεσης

Το υψηλής πίεσης ψυκτικό μέσο που επιστρέφει (μέσω τριχοειδούς) στην αναρρόφηση του συμπιεστή μπορεί να προκαλέσει πτώση του συντελεστή απόδοσης (EER).

Το μείγμα λαδιού/συμπιεσμένου ψυκτικού μέσου επιστρέφει σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας μιάς και ο σχεδιασμός του συστήματος είναι τέτοιος ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί τόσο κατά την έναρξη λειτουργίας όσο και κατά την λειτουργία σε υψηλές ταχύτητες.

Αντίστοιχα η επιστροφή στην αναρρόφηση χαμηλής πίεσης προκαλεί πτώση απόδοσης.Ειδικότερα , όσο μειώνεται η ταχύτητα περιστροφής του συμπιεστή τόσο μεγαλώνει η πτώση της απόδοσης (απώλεια ενέργειας)



Σχήμα 3

Απώλειες
ενέργειας

Εισαγωγή – Συμβατικός τρόπος επιστροφής λαδιού



.Για την σταθερή λειτουργία της επιστροφής του λαδιού σε όλο το εύρος λειτουργίας του συστήματος , ο σχεδιασμός τόσο του ελαιοδιαχωριστή όσο και της τριχοειδούς σωλήνας βασίζονται στην λειτουργία του συστήματος με την μεγαλύτερη δυνατή ζήτηση από τις εσωτερικές μονάδες (Πλήρες φορτίο).

Κατά συνέπεια όταν η μονάδα λειτουργεί σε μερικά φορτία υπάρχουν απώλειες ενέργειας καθώς η μονάδα εξαναγκάζεται να επιστρέψει ήδη συμπιεσμένο μίγμα ψυκτικού μέσου/λαδιού στην πλευρά χαμηλής πίεσης (αναρρόφηση).

Αυτή όμως η απώλεια ενέργειας ακυρώνει μερικώς ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των συστημάτων μεταβλητής ροής ψυκτικού μέσου που είναι η αυξημένη αποδοτικότητά τους όταν λειτουργούν σε συνθήκες μερικού φορτίου.

Μηχανισμός επιστροφής υπό υψηλή πίεση (HiPOR™)

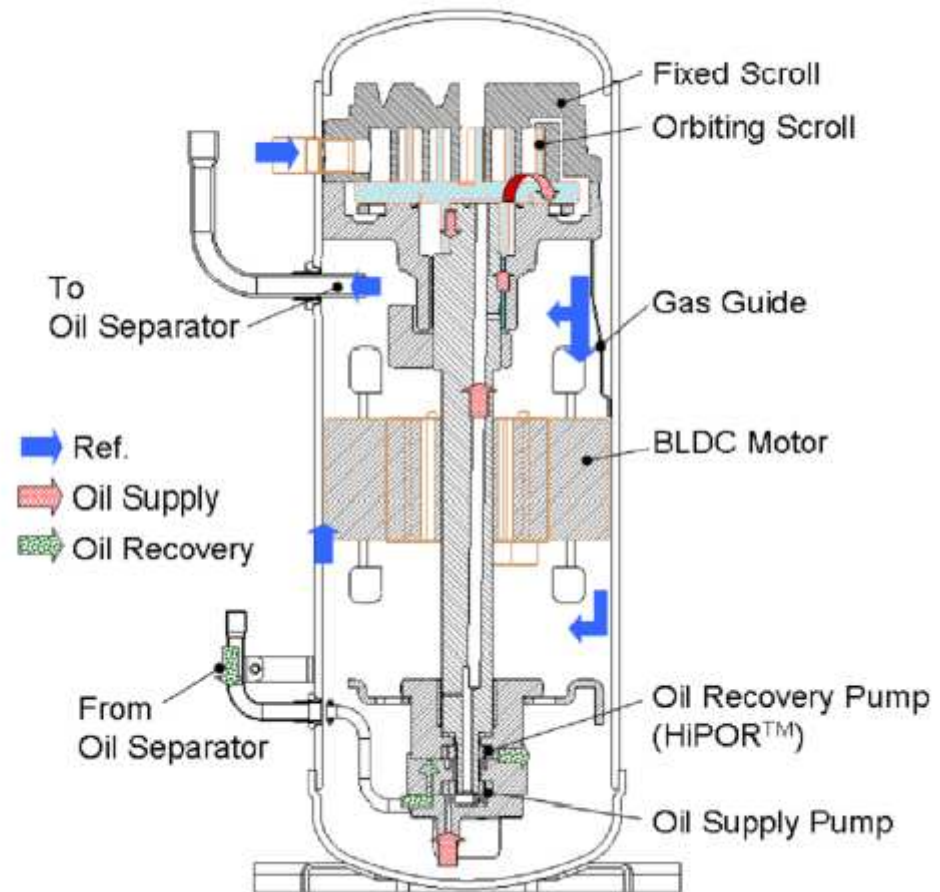


Το ψυκτικό μέσο ρέει από την πλευρά χαμηλής πίεσης μέσω του σωλήνα αναρρόφησης στο θάλαμο συμπίεσης, όπου και συμπιέζεται. Το συμπιεσμένο ψυκτικό οδηγείται μέσω του οδηγού αερίου που βρίσκεται την πλευρά του σασί και χωρίζεται στην άνω και την κάτω πλευρά του κινητήρα. Κατόπιν, οι ξεχωριστές ροές οδηγούνται στον σωλήνα κατάθλιψης αφού ψύξουν τον στάτορα. Το λάδι διαχωρίζεται από το ψυκτικό μέσο στον ελαιοδιαχωριστή και τέλος το ψυκτικό εξέρχεται από τον ελαιοδιαχωριστή για να συνεχίσει τον κύκλο ενώ το λάδι επιστρέφει στον συμπιεστή μέσω της αντλίας λαδιού.

Εφόσον η εσωτερική πίεση στον συμπιεστή είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από την πίεση στον ελαιοδιαχωριστή είναι αδύνατη η επιστροφή του λαδιού χωρίς την χρήση κάποιου ειδικού μηχανισμού. Έτσι εξελίχθηκε ο μηχανισμός άντλησης λαδιού από τον ελαιοδιαχωριστή προς τον συμπιεστή.

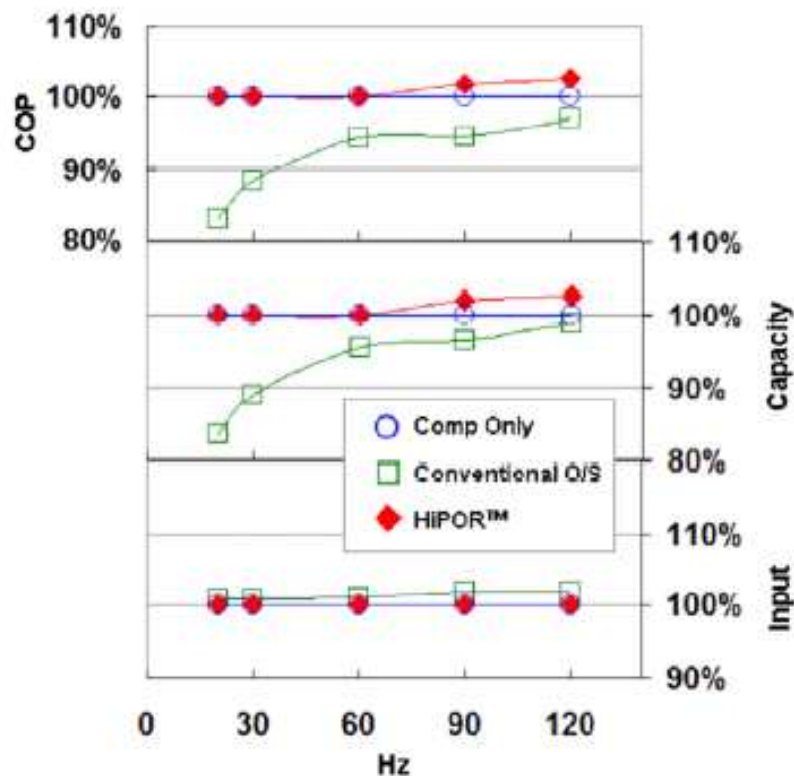
Μηχανισμός επιστροφής υπό υψηλή πίεση (HiPOR™)

Το λάδι που αποθηκεύεται στην δεξαμενή που βρίσκεται στην βάση του συμπιεστή παρέχεται στα έδρανα που βρίσκονται στην εσοχή του πλαισίου μέσω της αντλίας λαδιού. Η ποσότητα λαδιού στην εσοχή παρέχεται από την εσοχή παροχής λαδιού που βρίσκεται στο πίσω μέρος του περιστρεφόμενου scroll και το υπόλοιπο λάδι επιστρέφει στην δεξαμενή λαδιού με τον οδηγό λαδιού.



Σχήμα 4 - HiPOR™

Μηχανισμός επιστροφής υπό υψηλή πίεση (HiPOR™) Εκτίμηση απόδοσης



Σχήμα 5

Αποτελέσματα **HiPOR™**

Το σχήμα 5 δείχνει τα αποτελέσματα της εκτίμησης απόδοσης σε συνθήκες ARI (Teva: 7.2 °C, Tcond: 54.4 °C, Ts: 18.3 °C και Tvi: 46.1 °C) για τους διάφορους μηχανισμούς επιστροφής λαδιού

Χωρίς μηχανισμό επιστροφής (μόνο συμπιεστής)

Συμβατικός τύπος (μηχανισμός επιστροφής λαδιού σε χαμηλή πίεση)

Μηχανισμός HiPOR™ (επιστροφή λαδιού σε υψηλή πίεση).

Μηχανισμός επιστροφής υπό υψηλή πίεση (HiPOR™)

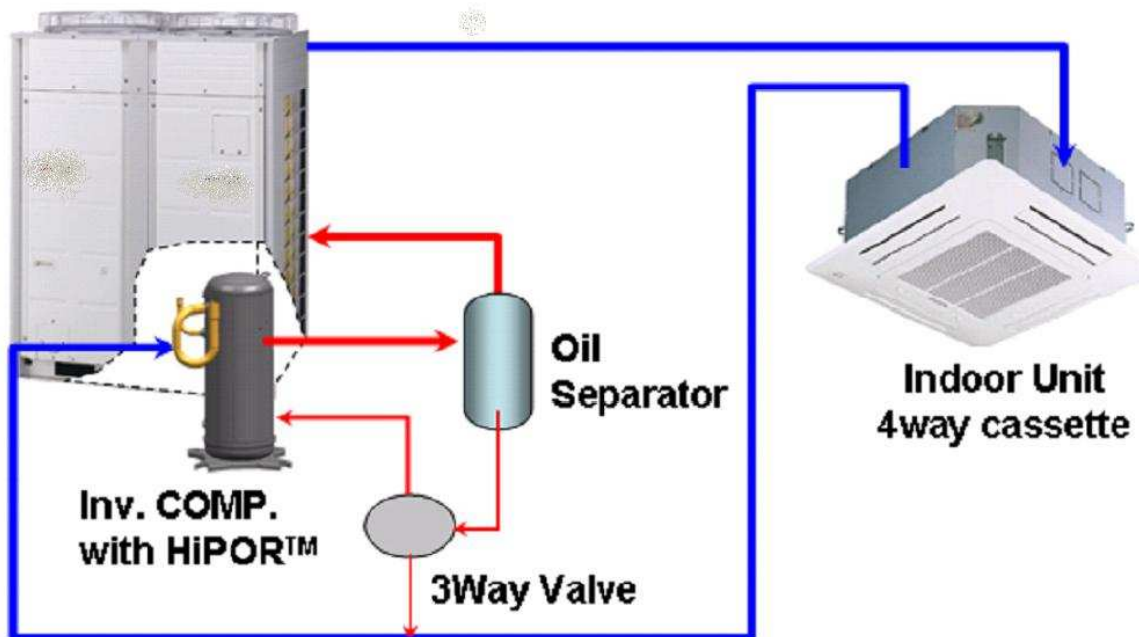
Εκτίμηση απόδοσης



Με την επιστροφή λαδιού στην πλευρά χαμηλής πίεσης , η απόδοση ψύξης είναι μικρότερη απο την περίπτωση οπου υπάρχει μόνο ο συμπιεστής όταν η λειτουργία είναι σε χαμηλές στροφές. Αντιθέτως με τον μηχανισμό επιστροφής στην πλευρά υψηλής πίεσης η απόδοση βελτιώνεται κατά **20 %** στις χαμηλές στροφές γιατί δεν υπάρχει πτώση της απόδοσης ενώ βελτιώνεται και κατά **6 %** στις υψηλές στροφές λόγω της αυξησης της ογκομετρικής απόδοσης χάρη στο μειωμένο κόστος λειτουργίας.

Η απόδοση της επιστροφής λαδιού είναι αναλογική με την ταχύτητα περιστροφής μιας και η αντλία επιστροφής συνδέεται απ'ευθείας με τον στροφαλοφόρο άξονα.Με βάση όλα τα παραπάνω η επιστροφή λαδιού σε υψηλή πίεση μπορεί να βελτιώσει τόσο την απόδοση όσο και την αξιοπιστία της διαχείρισης λαδιού.

Μηχανισμός επιστροφής υπό υψηλή πίεση (HiPOR™) Μετρήσεις απόδοσης



Σχήμα 6 : Σύστημα αναφοράς για μέτρηση της επίδρασης του HiPOR™ στην απόδοση συστήματος μεταβλητής ροής ψυκτικού μέσου

Μηχανισμός επιστροφής υπό υψηλή πίεση (HiPOR™)

Μετρήσεις απόδοσης



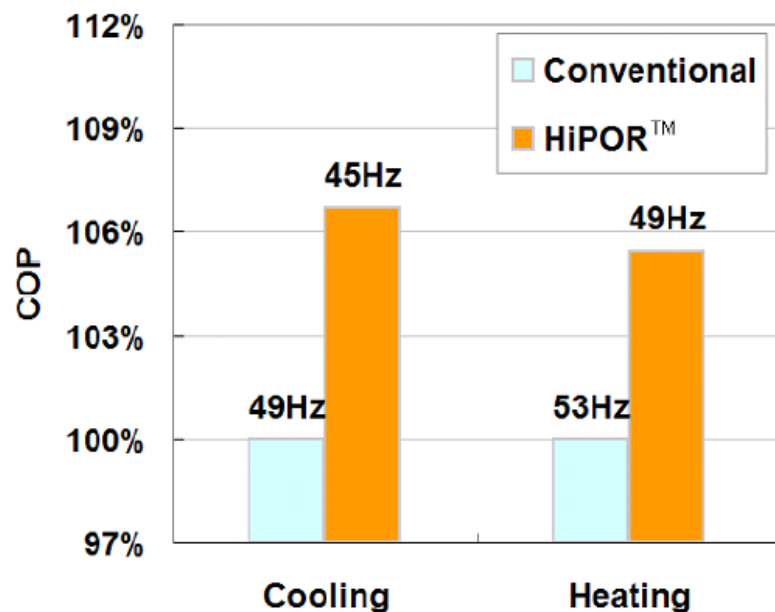
Απόδοση συστήματος σε συνθήκες αναφοράς στην Ψύξη/Θέρμανση

Το σχήμα 6 δείχνει την μετρητική διάταξη που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της απόδοσης σε σύστημα με HiPOR™ (Οι μετρήσεις γίνονται σε συνθήκες αναφοράς και τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 7).

Η μονάδα δοκιμών είναι μια μονάδα ονομαστικής απόδοσης 5 HP

Προκειμένου να υπολογισθεί το αποτέλεσμα που έχει το HiPOR™, τόσο ο μηχανισμός επιστροφής σε υψηλή πίεση όσο και ο μηχανισμός επιστροφής σε χαμηλή πίεση εγκαθίστανται στην ίδια μονάδα 5 HP (ονομαστική απόδοση ψύξης 14.5 kW, ονομαστική απόδοση θέρμανσης 16.3 kW) με τον ίδιο συμπιεστή Inverter 5.5 HP (4.6RT στις 60 Rps).

Μηχανισμός επιστροφής υπό υψηλή πίεση (HiPOR™) Μετρήσεις απόδοσης



Σχήμα 7

Βελτίωση απόδοσης

Καθώς η καταναλισκόμενη ενέργεια από τον συμπιεστή μειώνεται με την λειτουργία σε χαμηλότερη συχνότητα

(Ψύξη : 49 - 745 RPS

Θέρμανση: 53 - 749 RPS)

για την ίδια απόδοση όπως φαίνεται στο σχήμα 7, ο συντελεστής απόδοσης στο σύστημα με HiPOR™ τόσο στην ψύξη όσο και στην θέρμανση μπορεί να βελτιωθεί κατά **6.7 %** και **5.4 %**, αντίστοιχα.

Μηχανισμός επιστροφής υπό υψηλή πίεση (HiPOR™)

Μετρήσεις απόδοσης



Προσομοίωση αποδοτικότητας σε συνθήκες μερικού φορτίου

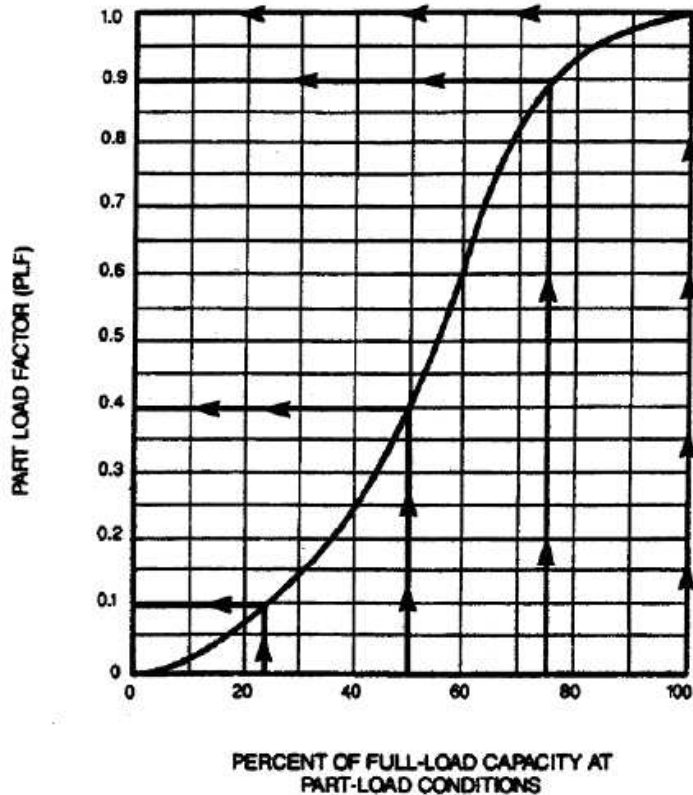
Ο συμβατικός μηχανισμός επιστροφής λαδιού στην πλευρά χαμηλής πίεσης μειώνει δραστικά την απόδοση όταν η μονάδα λειτουργεί σε μερικό φορτίο καθώς οι απώλειες λόγω παράκαμψης αυξάνονται στις χαμηλές ταχύτητες περιστροφής.

Το σχήμα 8 δείχνει τις τιμές του IP_{PLV} of IPLV (Integrated Part-Load Value: AHRI 1230[3] , με συντελεστές βαρύτητας 0.02, 0.671, 0.238 & 0.125 για λειτουργία στο 100 %, 75 %, 50 %, 25 % αντίστοιχα , με μονάδα δοκιμών 8 HP (ονομαστική απόδοση ψύξης 23.2 kW), συμπεριλαμβανόμενης της κατανάλωσης ρεύματος των ανεμιστήρων..

Μηχανισμός επιστροφής υπό υψηλή πίεση (HiPOR™)

Μετρήσεις απόδοσης

Μέθοδος υπολογισμού IPLV (ASHRAE 1230 – 2010)



Note: The curve is based on following equation:

$$PLF = A0 + (A1 \times Q) + (A2 \times Q^2) + (A3 \times Q^3) + (A4 \times Q^4) + (A5 \times Q^5) + (A6 \times Q^6)$$

where: PLF = Part-Load Factor

Q = Percent of full-load capacity at part-load rating conditions.

$$A0 = -0.12773917 \times 10^{-6}$$

$$A1 = -0.27648713 \times 10^{-3}$$

$$A2 = 0.50672449 \times 10^{-3}$$

$$A3 = -0.25966636 \times 10^{-4}$$

$$A4 = 0.69875354 \times 10^{-6}$$

$$A5 = -0.76859712 \times 10^{-8}$$

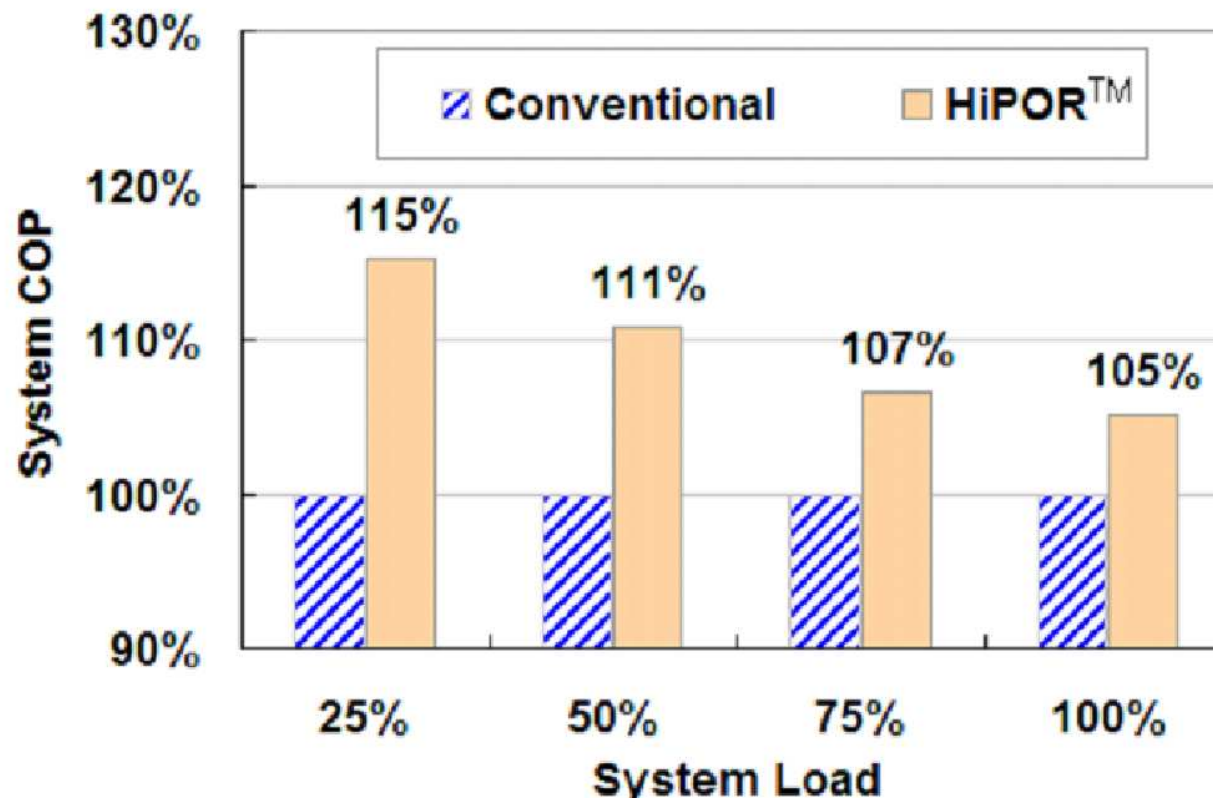
$$A6 = 0.28918272 \times 10^{-10}$$

$$IPLV = (PLF_1 - PLF_2) \left(\frac{EER_1 + EER_2}{2} \right) + (PLF_2 - PLF_3) \left(\frac{EER_2 + EER_3}{2} \right) + \dots$$

$$+ (PLF_{n-1} - PLF_n) \left(\frac{EER_{n-1} + EER_n}{2} \right) + (PLF_n)(EER_n)$$

Μηχανισμός επιστροφής υπό υψηλή πίεση (HiPOR™)

Μετρήσεις απόδοσης - Αποτελέσματα



Σχήμα 8

Μηχανισμός επιστροφής υπό υψηλή πίεση (HiPOR™)

Μετρήσεις απόδοσης - Αποτελέσματα



Βελτίωση απόδοσης

Η βελτίωση της απόδοσης είναι **5 %** σε λειτουργία πλήρους φορτίου , όπου η ταχύτητα περιστροφής του συμπιεστή είναι η μέγιστη και μεταξύ **7~15 %** σε λειτουργία φορτίων **25~75 %** (όπου είναι και οι συνθήκες που κατά κανόνα λειτουργούν τα συστήματα αυτού του τύπου). Τα παραπάνω έχουν σαν αποτέλεσμα την σταθμισμένη σε όλο το εύρος λειτουργίας βελτίωση του IPLV κατά **8.7 %** και κατά συνέπεια την σημαντική μείωση του ετήσιου κόστους ηλεκτρικής ενέργειας

High side shell (HSS) scroll - Αντίθλιψη



Ο συμπιεστής High side shell (HSS) scroll έχει το σημαντικό πλεονέκτημα της αποφυγής διαρροών με την χρήση της αντίθλιψης που εφαρμόζεται στην πίσω πλευρά του περιστρεφόμενου scroll.

Η αντίθλιψη σχηματίζεται από την πίεση κατάθλιψης που γεμίζει το εσωτερικό του κελυφους.

Η δομή της αποφυγής διαρροών με αντίθλιψη που αποτρέπει την διαρροή μεταξύ των θυλάκων συμπίεσης με το να πιέζει το περιστρεφόμενο scroll σφιχτά πάνω στο σταθερό scroll έχει καλύτερα αποτελέσματα και υψηλότερη αξιοπιστία στις υψηλές θερμοκρασίες από την χρήση σφραγισμένων άκρων

High side shell (HSS) scroll - Αντίθλιψη

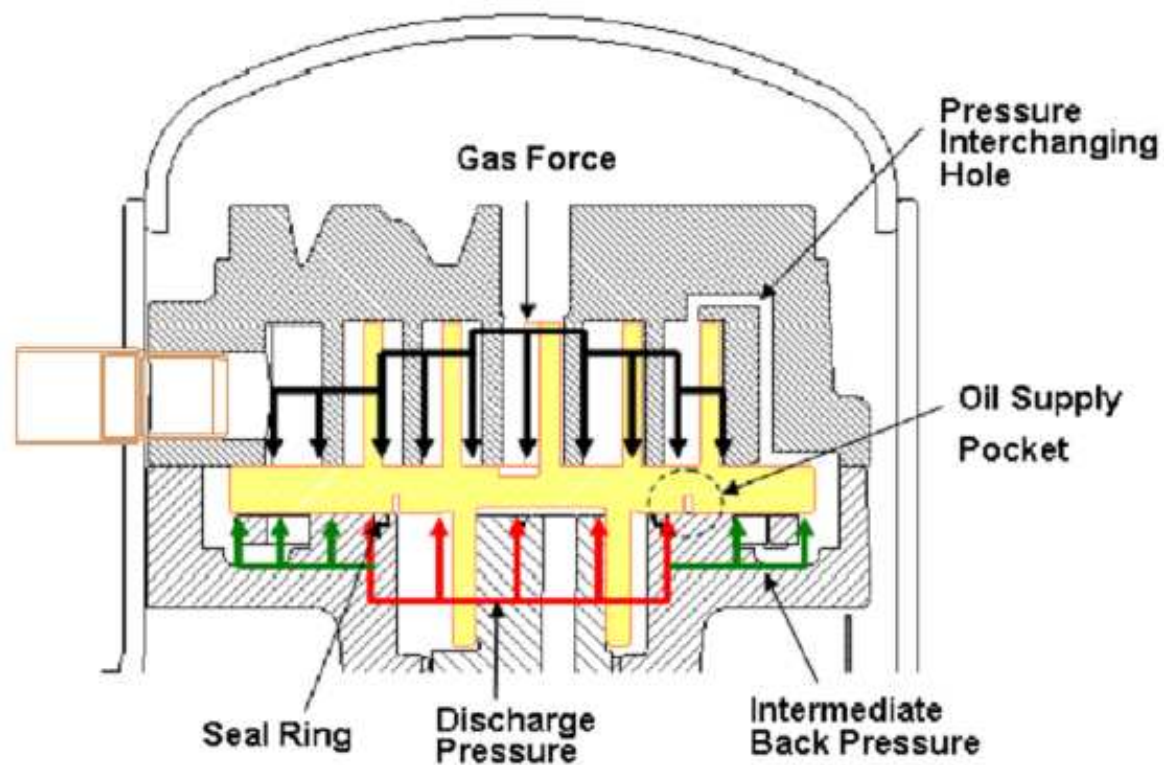


Ο συμπιεστής HSS χάρη στην αντίθλιψη μπορεί να μειώσει την δύναμη ώθησης στο κύριο πλαίσιο αντισταθμίζοντας την ώθηση του αερίου με την αντίθλιψη και την ενδιάμεση πίεση ενώ στην περίπτωση συμπιεστή με LSS με χρήση σφραγισμένων άκρων, η ώθηση του αερίου υποστηρίζεται μόνο από τα ωστικά εδρανα του κυρίου πλαισίου.

Το σχήμα 9 δείχνει την δομή αντίθλιψης του συμπιεστή και το σχήμα 10 δείχνει τον σχηματισμό της αντίθλιψης. Η ενδιάμεση πίεση η οποία είναι ανάλογη της πίεσης αναρρόφησης εξασφαλίζει την σταθερότητα του ελέγχου της αντίθλιψης και επιτρέπει στην αντίθλιψη να λειτουργήσει κάτω από το κατώτατο όριο της δύναμης ώθησης σε όλο το εύρος λειτουργίας για βελτιωμένη λειτουργία και αξιοπιστία.

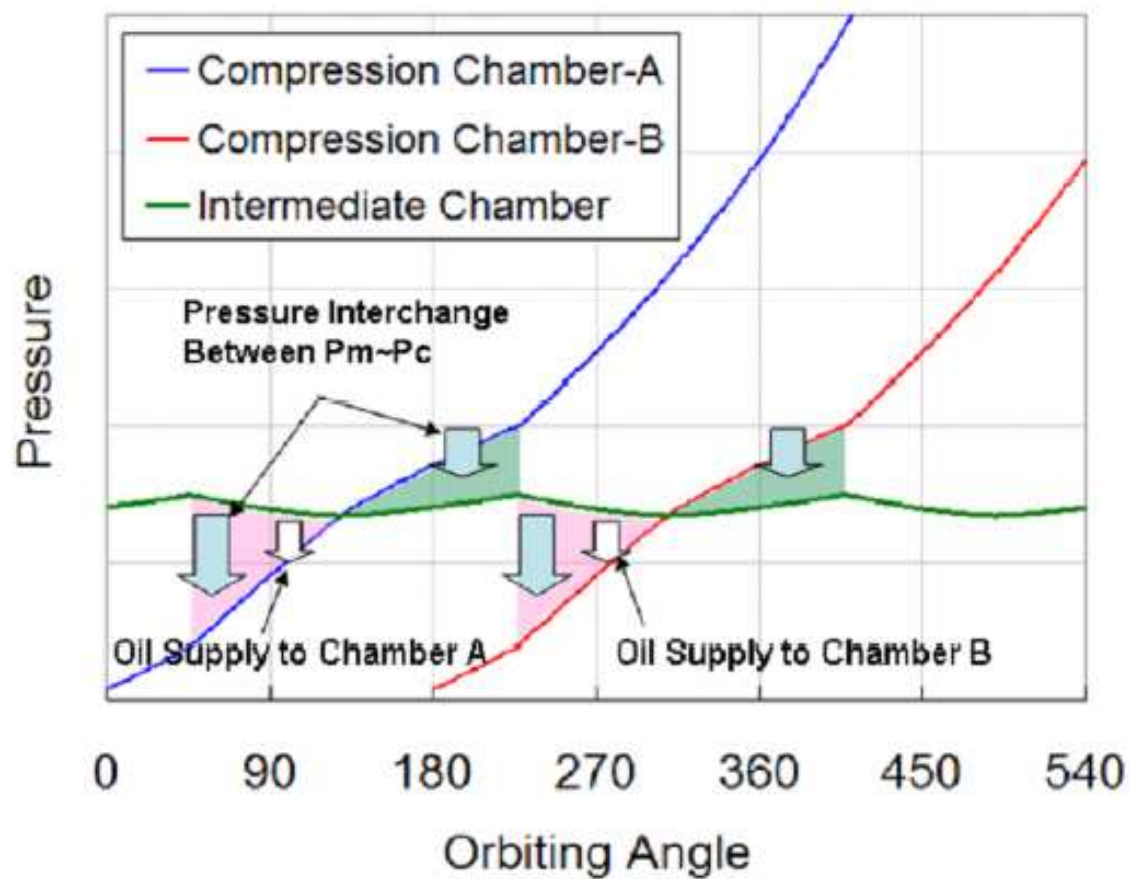
Η συνολική αξιοπιστία του συμπιεστή αυξάνεται κατά 10 % περίπου.

High side shell (HSS) scroll - Αντίθλιψη



Σχήμα 9 – Δομή για σχηματισμό αντίθλιψης

High side shell (HSS) scroll - Αντίθλιψη



Σχήμα 10

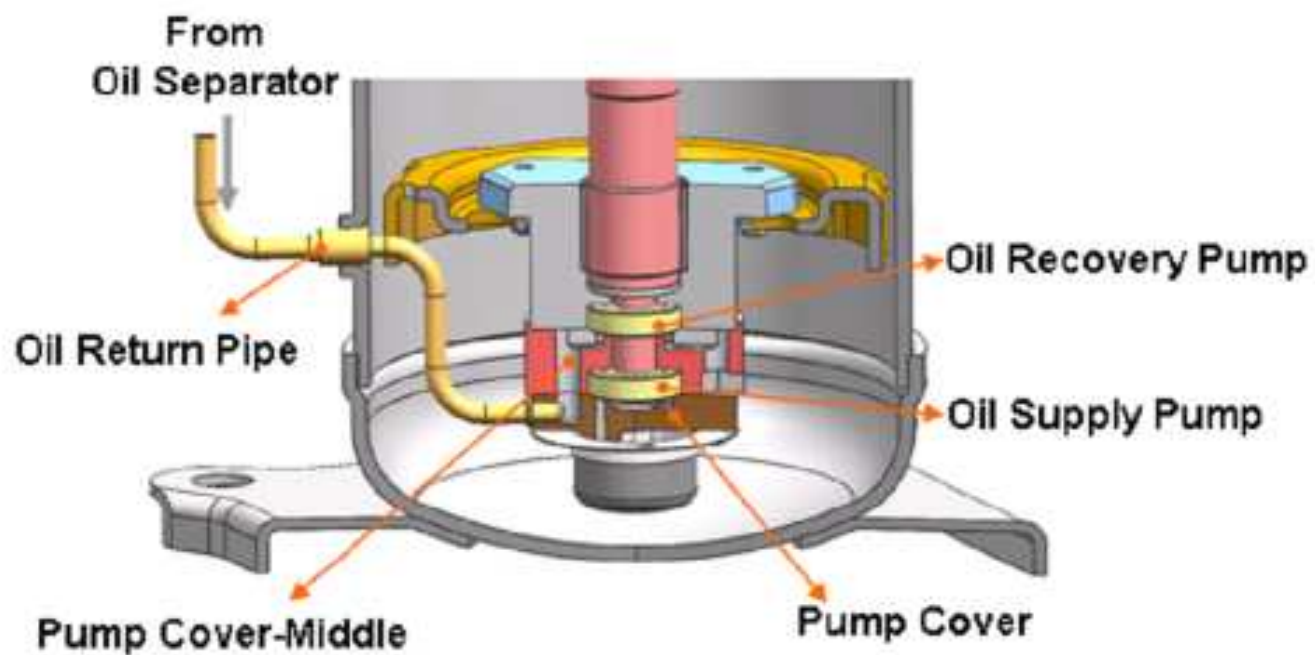
High side shell (HSS) scroll - Αντίθλιψη



Καθώς το ψυκτικό μέσο που αναρροφάται με τον μηχανισμό HiPOR™ δεν περιέχει αρκετό λάδι , ήταν απαραίτητη η δημιουργία ενός επιπλέον μηχανισμού που θα παρέχει λάδι στο θάλαμο συμπίεσης. Έτσι , παρέχεται λάδι στο θάλαμο ενδιάμεσης πίεσης με την εγκατάσταση θύλακα παροχής λαδιού στο πίσω μέρος του περιστρεφόμενου scroll.

Το λάδι μπορεί να παρασχεθεί στο θάλαμο συμπίεσης καθώς ο θάλαμος συμπίεσης συνδέεται εμπρός και πίσω με δύο θύλακες συμπίεσης (θύλακας A/B) εξασφαλίζοντας επαρκή λίπανση στο θάλαμο συμπίεσης.

High side shell (HSS) scroll – Παροχή λαδιού



Σχήμα 11 – Παροχή λαδιού (Λεπτομέρεια)

High side shell (HSS) scroll - Ψεκασμός



Ψεκασμός

Καθώς το φορτίο θέρμανσης αυξάνεται όταν η εξωτερική θερμοκρασία μειώνεται, η απόδοση θέρμανσης του συστήματος μειώνεται καθώς η πίεση εξάτμισης μειώνεται.

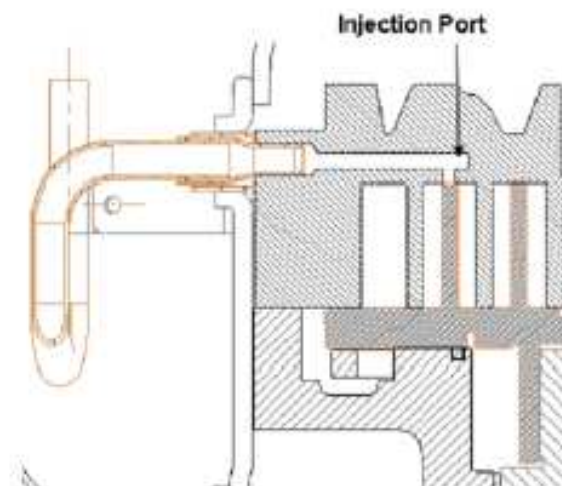
Για να ανταπεξέλθει η μονάδα αυτές τις συνθήκες υπάρχουν αρκετές λύσεις: εγκατάσταση επιπρόσθετου θερμαντήρα / αύξηση της ονομαστικής απόδοσης του συμπιεστή / εγκατάσταση βοηθητικής μονάδας (booster unit).

Ο πιο δημοφιλής τρόπος είναι του ψεκασμού ατμών.

High side shell (HSS) scroll - Ψεκασμός

Στο σχήμα 12 φαίνεται η κατασκευή της θύρας ψεκασμού ατμού και στο σχήμα 13 φαίνεται το αποτέλεσμα την αύξησης της απόδοσης θέρμανσης χαρη στον ψεκασμό και το HiPOR™.

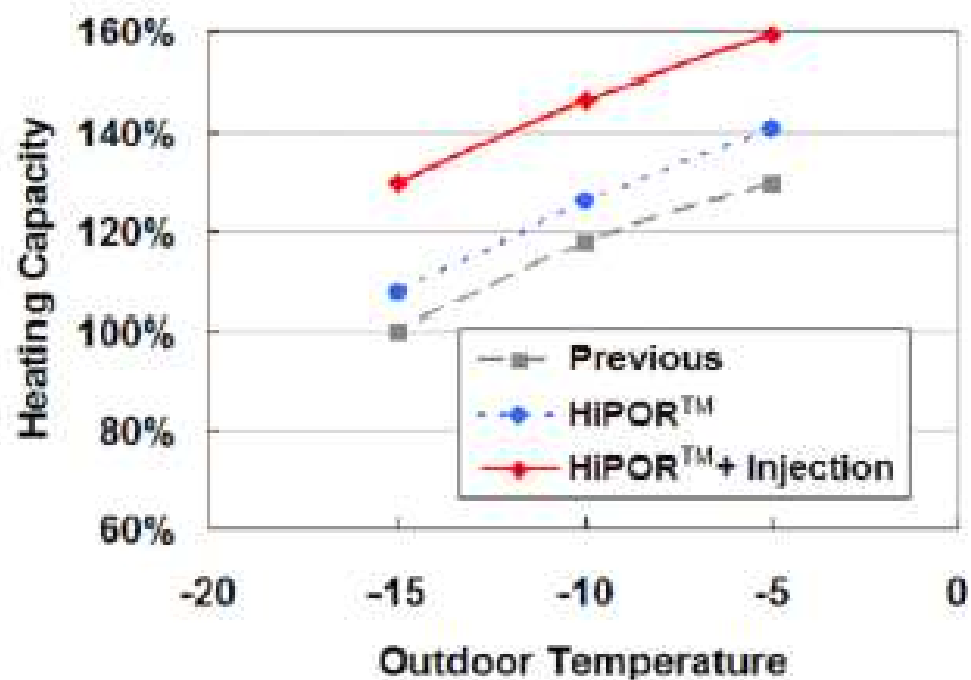
Με το HiPOR™, η απόδοση θέρμανσης σε ψυχρό κλίμα μπορεί να βελτιωθεί έως και **7 %** και με την εφαρμογή ψεκασμού ατμού η απόδοση θέρμανσης και ο συντελεστής απόδοσης (COP) μπορούν να αυξηθουν **20 %** και **10 %** αντιστοίχα..



Σχήμα 12

Κατασκευή θύρας ψεκασμού

High side shell (HSS) scroll - Συμπεράσματα



Σχήμα 13

Επίδραση της λειτουργίας HiPOR™ και της λειτουργίας ψεκασμού στην απόδοση του συστήματος

High side shell (HSS) scroll - Συμπεράσματα



Συμπεράσματα

Οι νέες τεχνολογίες του High Side Scroll συμπιεστή συνοψίζονται ως εξής :

Η απόδοση του συστήματος τόσο στο ονομαστικό φορτίο όσο και στο μερικό φορτίο έχει βελτιωθεί κατά **6 % & 15 %** αντίστοιχα χάρη στο HiPOR™

Η απόδοση του συμπιεστή έχει βελτιωθεί κατά **10 %** χάρη στην αποφυγή διαρροών κατά μήκος του άξονα με τον έλεγχο της αντίθλιψης και της παροχής λαδιού

Η απόδοση στην λειτουργία θέρμανσης έχει βελτιωθεί κατά **20 %** με την υλοποίηση της τεχνολογίας ψεκασμού ατμών

High side shell (HSS) scroll - Συμπεράσματα



Όπως λοιπόν προκύπτει εύκολα από τα συμπεράσματα, η υιοθέτηση ενός High Side Scroll συμπιεστή από ένα σύστημα μεταβλητής ροής ψυκτικού μέσου έχει σημαντικά πλεονεκτήματα (τόσο ενεργειακά όσο και αξιοπιστίας)

Τα σημαντικότερα ωφέλη δε, αποκομίζονται στην περιοχή λειτουργίας υπό μερικό φορτίο – συνθήκες οι οποίες είναι κατά κανόνα αυτές που καλούνται να αντιμετωπίσουν αυτού του τύπου τα συστήματα και αποτελούν το βασικό κριτήριο επιλογής τους.