



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (Π.Μ.Σ.) του
Τμήματος Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων &
Γεωργικής Μηχανικής (Α.Φ.Π. & Γ.Μ.) .

Τομέας: Ενεργειακά Συστήματα –
Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας .

**«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
ΤΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΧΕΣΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΣΤΗΝ
ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΝΟΣ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ.»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΤΟΥ

ΤΣΟΥΚΑΛΑ Κ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : καθ. ΛΑΜΠΡΙΝΟΣ ΓΡ.

ΑΘΗΝΑ 2012

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΤΟΥ
ΤΣΟΥΚΑΛΑ Κ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ

ΜΕ ΘΕΜΑ :

**«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
ΤΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΧΕΣΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΣΤΗΝ
ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΝΟΣ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ.»**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : καθ. ΛΑΜΠΡΙΝΟΣ ΓΡ.

ΜΕΛΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ:

- **ΛΑΜΠΡΙΝΟΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ (ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ)**
- **ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ (ΑΝΑΠΛ.ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ)**
- **ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ (ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ)**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο ογκομετρικός και ο ενδεικνυμένος βαθμός απόδοσης ενός συμπιεστή παίζει σημαντικό ρόλο στην απόδοση (συντελεστή συμπεριφοράς) μίας ψυκτικής μηχανής. Τόσο ο ογκομετρικός, όσο και ο ενδεικνυμένος βαθμός εξαρτώνται από τη σχέση συμπίεσης, την θερμοκρασία εξάτμισης, την υπερθέρμανση, το ψυκτικό ρευστό, το είδος και τα χαρακτηριστικά του συμπιεστή. Μέχρι σήμερα η πρόβλεψη (προεκτίμηση) του βαθμού απόδοσης γίνεται με την εμπειρική σχέση LORENTZEN , η οποία διανύει την πέμπτη δεκαετία ζωής.

Μέσα σ' αυτό το χρονικό διάστημα οι κλασσικοί (παλινδρομικοί) συμπιεστές έχουν αλλάξει χαρακτηριστικά όπως συμβαίνει και με τους κινητήρες, ενώ έχουν προκύψει νέοι τύποι συμπιεστών , όπως περιστροφικοί, κοχλιωτοί κ.λ.π. με τελείως διαφορετική συμπεριφορά. Παράλληλα έχει γίνει επανάσταση και με τα νέα (περιβαλλοντικά) ψυκτικά ρευστά.

Οφείλαμε επομένως να ξεκινήσουμε ένα νέο πρόγραμμα έρευνας της μεταβολής των βαθμών απόδοσης (ογκομετρικού, ενδεικνυμένου, μηχανικού) των σύγχρονων συμπιεστών με τα νέα ψυκτικά ρευστά ,προκειμένου να καταλήξουμε σε νέες σχέσεις πρόβλεψης που είναι απαραίτητες σε κάθε μελέτη του ψυκτικού κύκλου. Στα πλαίσια λοιπόν αυτού του προγράμματος πρόκειται να μελετηθεί η επίδραση των συνθηκών του ψυκτικού κύκλου με σύγχρονα ψυκτικά ρευστά στον ενδεικνυμένο βαθμό απόδοσης παλινδρομικών συμπιεστών.

Η μελέτη θα είναι υπολογιστική με τη βοήθεια προγραμμάτων υπολογιστικής Θερμοδυναμικής (CoolPack, RefT. Utilities, Nist Refprop) και υπολογιστικά φύλλα Excel, με κύριο στόχο να εκτιμηθεί η επίδραση του ισεντροπικού βαθμού συμπίεσης στον ενδεικνυμένο και στον ολικό βαθμό απόδοσης καθώς και στον συντελεστή ψυκτικής και θερμικής συμπεριφοράς του κύκλου για πέντε σύγχρονα και οικολογικά φιλικά προς το περιβάλλον ψυκτικά ρευστά (R134a, R22, R404, R410 ΚΑΙ R407).

ABSTRACT

The Volumetric and the indicated efficiency of a compressor plays an important role in performance (coefficient of performance) of a refrigerating machine. Both the volumetric, and the indicated degree are dependent of the compression ratio, the evaporation temperature, the overheating of the cooling fluid, the type and characteristics of the compressor. So far the prediction (predicting) the efficiency is compared with empirical equation LORENTZEN, which enters its fifth decade of life. Within this time the classical (reciprocating) compressors have changed characteristics as with engines, while resulting new types of compressors such as rotary, screw etc. a completely different behavior. It has also been revolutionized with the new (environmental) refrigerants. We had therefore to launch a new research program of changing efficiency (volumetric, indicated, engineering) of modern compressor with new refrigerants in order to come to new relationships forecasting is necessary to study each of the cooling cycle. Within this project we will study the effect of the conditions of modern refrigeration cycle with refrigerant in indicated efficiency reciprocating compressors. The study will be computed with the aid of computational thermodynamics (CoolRack, RefT. Utilities, Nist Refprop) spreadsheets and Excel, with the primary objective to assess the effect of the compression rate isentropically indicated and the overall efficiency and the rate of cooling and thermal behavior of the cycle for five modern and eco-friendly environment refrigerants (R134a, R22, R404, R410 and R407

<u>Περιεχόμενα</u>	<u>Σελ</u>
<u>ΜΕΡΟΣ 1^ο - ΓΕΝΙΚΟ</u>	7
1.ΓΕΝΙΚΑ	7
1.1 Σύστημα κλιματισμού	7
1.2 Διατάξεις παραγωγής ψύξης	7
1.3 Γενικά για την Ψυκτική μηχανή	8
1.4 Κύρια Μέρη Ψυκτικού Συγκροτήματος	10
1.2 Ο ΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ	15
1.2.1 Γενικά	15
1.2.2 Τύποι Συμπιεστών	16
1.2.2.A Κατάταξη συμπιεστών ανάλογα με τον τρόπο κίνησής τους και τη δυνατότητα επέμβασης στο εσωτερικό τους.....	16
1.2.2.A-1 Συμπιεστές ανοιχτού τύπου (Open Type Compressors).....	16
1.2.2.A-2 Ημίκλειστοι ή ημιαερμητικοί συμπιεστές (Semi-Hermetic Compressors)	20
1.2.2. A-3 Συμπιεστές Κλειστού Τύπου ή Ερμητικοί (Hermetic Compressors)	22
1.2.2 B Κατάταξη συμπιεστών ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους.....	24
1.2.2 B-1 Παλινδρομικοί (Εμβολοφόροι) Συμπιεστές (Reciprocating Compressors)	25
2.1.2. B-2 Περιστροφικοί Συμπιεστές (Rotary Vane Compressors).....	32
2.1.2.B-3 Φυγοκεντρικοί Συμπιεστές (Centrifugal Compressors)	37
2.1.2. B-4 Σπειροειδείς Συμπιεστές (Scroll Compressors).	42
2.1.2 B-5 Κοχλιωτοί Συμπιεστές (Screw Compressors).....	46
1.2.3 Διβάθμιοι Συμπιεστές	49

<u>ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ - ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ</u>	50
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΣΚΟΠΟΣ	50
2.2 ΥΛΙΚΑ-ΜΕΘΟΔΟΙ	51
2.2.1 Θεωρητικό υπόβαθρο	51
2.2.1.1 Απόδοση Συμπιεστή και Απόδοση Συστήματος.....	51
2.2.1.2 Υπολογισμός της Ισεντροπικής Απόδοσης Συμπιεστή.....	54
2.2.1.3 Λόγος Συμπίεσης (Σχέση Συμπίεσης).....	55
2.2.1.4 Βαθμός Απόδοσης.....	55
2.2.1.4 .1 Ογκομετρικός Βαθμός Απόδοσης (η_v).....	55
2.2.1.4 .2 Ενδεικνυμένος βαθμός απόδοσης (η_i).....	57
2.2.1.4 .3 Μηχανικός βαθμός απόδοσης: η_m	58
2.2.1.4 .4 Ολικός βαθμός απόδοσης: $\eta_{ολ}$	58
2.2.1.5 Πραγματικός συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς (COP ψ , REAL).	58
2.2.2 Μεθοδολογία	59
2.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ -ΣΧΟΛΙΑ	61
2.3.1 Αποτελέσματα για Ψυκτικό ρευστό : R134a.....	61
2.3.2 Αποτελέσματα για Ψυκτικό ρευστό : R22.....	76
2.3.3 Αποτελέσματα για Ψυκτικό ρευστό : R404A.....	92
2.3.4 Αποτελέσματα για Ψυκτικό ρευστό : R407C.....	108
2.3.5 Αποτελέσματα για Ψυκτικό ρευστό : R410a.....	124
2.3.6 Μεταβολή του COP με τον ισεντροπικό βαθμό απόδοσης για τα 4 καθεστώτα λειτουργίας (σχέσεις συμπίεσης r) στο ψ.ρευστό R407C	140
2.3.7 Μεταβολή του COP με τον ισεντροπικό βαθμό απόδοσης για τα διάφορα ψ.ρευστά και για διαφορετικά καθεστώτα λειτουργίας..	141
2.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	142
2.5 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	143
2.6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	144

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ : ΓΕΝΙΚΟ

1.ΓΕΝΙΚΑ

1.1 Σύστημα κλιματισμού

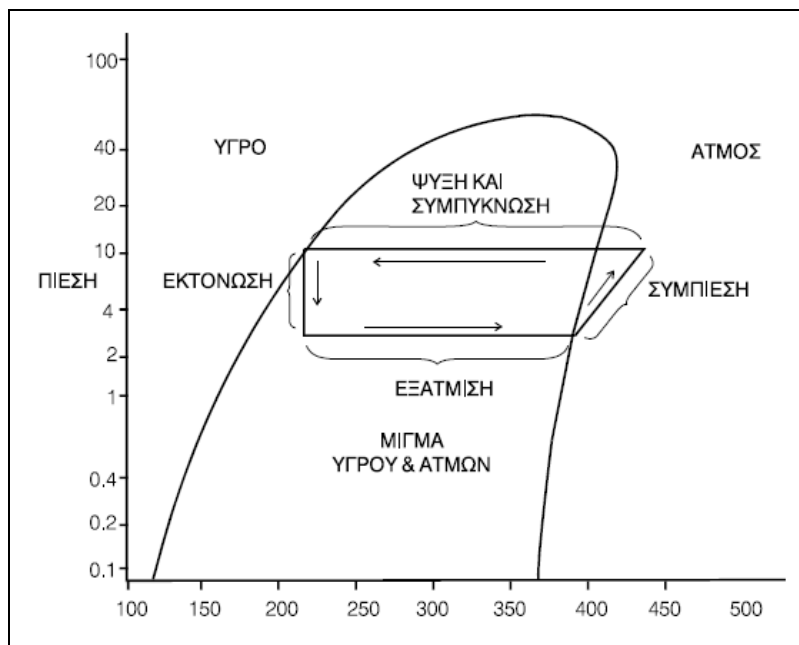
Ο όρος κλιματισμός αναφέρεται στην ρυθμιση θερμοκρασίας και υγρασίας ενός χώρου . Επομένως , ο όρος μπορεί να αναφέρεται σε οποιαδήποτε μορφή ψύξης, θέρμανσης, εξαερισμού που τροποποιεί και ρυθμίζει την κατάσταση του αέρα σε έναν χώρο . **Σύστημα κλιματισμού** είναι μια συσκευή, που μπορεί να σταθεροποιηθεί τη θερμοκρασία και την υγρασία του αέρα εντός της περιοχής συνθηκών άνεσης . Η έννοια του κλιματισμού είναι γνωστό ότι έχει εφαρμοστεί στην Αρχαία Ρώμη, όπου νερό υδραγωγείου, διανεμήθηκε στους τοίχους από ορισμένα σπίτια για να κρυώσουν. Παρόμοιες τεχνικές στην μεσαιωνική Περσία εμπλέκονται με τη χρήση δεξαμενών νερού και του ανέμου για την ψύξη των κτιρίων κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου.Ο σύγχρονος κλιματισμός προέκυψε από τις προόδους στη χημεία κατά τη διάρκεια του 19ου αιώνα, και η πρώτη μεγάλης κλίμακας ηλεκτρικού κλιματισμού επινοήθηκε το 1902 και χρησιμοποιείται από Willis Haviland Carrier.

1.2 Διατάξεις παραγωγής ψύξης

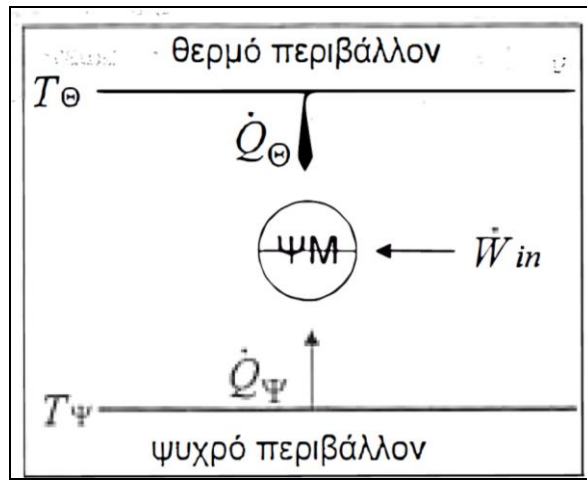
Υπάρχουν πολλές **διατάξεις παραγωγής ψύξης**, όμως μία έχει σχεδόν επικρατήσει ,αυτή με μηχανική συμπίεση. Στη χώρα μας η ψύξη γίνεται ως επί το πλείστον με μηχανική συμπίεση ατμού και εφαρμόζεται σε ψυκτικές εγκαταστάσεις ισχύος 40W έως 17,5MW ανά μονάδα. Βεβαίως για να λειτουργήσουν απαιτείται μηχανική ενέργεια ώστε να τεθεί σε κίνηση ο συμπιεστής. Υπάρχουν βεβαίως και άλλες ψυκτικές διατάξεις, συμπεριλαμβανομένου και του κύκλου ψύξης με απορρόφηση, στις οποίες δεν υπάρχει συμπιεστής αλλά μία πηγή θερμότητας (συνήθως υγραέριο). Οι διατάξεις αυτές δεν έχουν επικρατήσει λόγω υψηλού λειτουργικού κόστους σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας.

1.3 Γενικά για την Ψυκτική μηχανή

Οι διατάξεις συμπίεσης ατμού λειτουργούν με βάση την αρχή ότι τα καθαρά υγρά εξατμίζονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες και σε διαφορετικές πιέσεις - οι υψηλές πιέσεις δίνουν υψηλά σημεία βρασμού - και κατά τον βρασμό απορροφούν λανθάνουσα θερμότητα από το περιβάλλον τους. Αντίστροφα, κατά την μετατροπή ατμού σε υγρό (συμπύκνωση) εκλύεται θερμότητα. Εάν η εξάτμιση μπορεί να λάβει χώρα σε μια δεδομένη πίεση και η συμπύκνωση σε άλλη τότε η θερμότητα μπορεί να μεταφερθεί από ένα επίπεδο σε άλλο. Στην ψύξη θέλουμε να μεταφέρουμε θερμότητα από κάποια χαμηλή (ψυχρή) θερμοκρασία σε μία υψηλότερη. Ο ατμός που παράγεται από το υγρό που βράζει σε χαμηλή πίεση πρέπει να συμπιεστεί σε υψηλότερη πίεση έτσι ώστε να μπορεί να συμπυκνωθεί σε υψηλότερη θερμοκρασία. Αυτή η συμπίεση ατμού απαιτεί μηχανική ενέργεια και όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά μεταξύ των θερμοκρασιών υγροποίησης και εξάτμισης τόσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς που απαιτείται από τον συμπιεστή για την ίδια ποσότητα ψύξης.



Σχήμα 1.1 Διάγραμμα P-h ψυκτικού ρευστού



Σχήμα 1.2. Σχηματική παράσταση του τρόπου λειτουργίας μιας ψυκτική μηχανής

Σύμφωνα με το πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα για κλειστό κύκλωμα ισχύει:

$$\Delta E_{ολ.} = \Delta u + \Delta E_k + \Delta E_D = Q - W \quad (1)$$

Όπου:

$\Delta E_{ολ.}$: η ολική μεταβολή της ενέργειας σε Joule (J)

Δu : η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του συστήματος σε Joule (J)

ΔE_k : η μεταβολή της κινητικής ενέργειας σε Joule (J)

ΔE_D : η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας σε Joule (J)

Q : η ενέργεια που μεταφέρθηκε από ή προς το σύστημα με την μορφή θερμότητας σε Joule (J)

W : η μηχανική ενέργεια που μεταφέρθηκε από ή προς το σύστημα σε Joule (J)

Επειδή $\Delta E_k = \Delta E_D = 0$ τελικά ισχύει:

$$\Delta U = Q - W \quad (2)$$

Λαμβάνοντας υπόψη ότι για μια κυκλική μεταβολή σαν αυτή του ψυκτικού κυκλώματος $\Delta u = 0$, τελικά ισχύει:

$$0 = (Q_\psi - Q_\theta) - (-W)$$

$$\text{ή } Q_\theta - Q_\psi = W \quad (3)$$

όπου

Q_θ : η θερμική ενέργεια που αποδίδεται από τον συμπυκνωτή (θερμή πηγή)

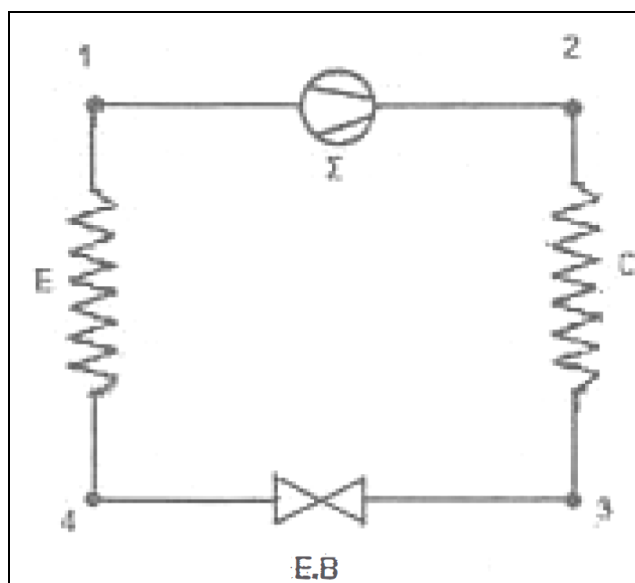
Q_ψ : η θερμική ενέργεια (ψυκτική) που απορροφάται στον εξατμιστή .

Εάν τα μεγέθη της σχέσης (4) εκφραστούν ανα μονάδα χρόνου (ισχύς) τότε η προηγούμενη έκφραση γίνεται :

$$Q'_{\theta} - Q'_{\psi} = W' = P \quad (4)$$

1.4 Κύρια Μέρη Ψυκτικού Συγκροτήματος

Τα κύρια μέρη μιας ψυκτικής εγκατάστασης παρουσιάζονται στο σχήμα 3 και αναλύονται παρακάτω.



Σχήμα 1.3. Τα κύρια μέρη του ψυκτικού συγκροτήματος

Σ: συμπιεστής, Ε: εξατμιστής, C: συμπυκνωτής, Ε.Β: εκτονωτική βαλβίδα

1.4.1 Συμπιεστής (Σ) ή Compressor

Το σπουδαιότερο τμήμα του ψυκτικού συγκροτήματος με την μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση είναι ο συμπιεστής.

Οι συμπιεστές είναι μηχανικές διατάξεις που αντλούν τον ψυκτικό ατμό από τον εξατμιστή, αυξάνοντας την πίεση του και κινούν το ψυκτικό ρευστό στο κύκλωμα. Η αύξηση της πίεσης επιτυγχάνεται με τη μείωση του όγκου του χώρου συμπίεσης με κάποιο μηχανικό τρόπο.

Σε επόμενο κεφάλαιο αναλύονται ο τρόπος λειτουργίας, τα είδη και οι χρήσεις τους.

1.4.2 Συμπυκνωτής (C) ή Condenser

Ο συμπυκνωτής είναι ένα από τα βασικότερα εξαρτήματα οποιασδήποτε ψυκτικής εγκατάστασης, όπου εισερχόμενο το υπέρθερμο ψυκτικό αέριο υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης εντός του αποβάλλει θερμότητα προς το μέσο συμπύκνωσης (νερό, αέρας ή και τα δύο) και συμπυκνώνεται.

Μπορούμε να πούμε ότι ο συμπυκνωτής είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας, όπου εναλλάσσεται θερμότητα, μεταξύ ψυκτικού αερίου και μέσου συμπύκνωσης.

Η επιφάνεια του συμπυκνωτή θα πρέπει να είναι κατά 25% μεγαλύτερη από την επιφάνεια του εξατμιστή για να μπορέσει να αποβληθεί όλη η απορριφθείσα θερμότητα από το ψυκτικό ρευστό κατά τον κύκλο ψύξης. Διότι το ψυκτικό ρευστό κατά το κύκλο ψύξης απορροφά θερμότητα:

1. Εντός του εξατμιστή (όταν εξατμίζεται)
2. Εντός του συμπιεστή (όταν συμπιέζεται)
3. Εντός της γραμμής αναρρόφησης (όταν το μήκος της είναι κάπως μεγάλο και δεν είναι επαρκώς μονωμένη)

Κατάταξη Συμπυκνωτών

Οι συμπυκνωτές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ως προς το χρησιμοποιούμενο μέσο συμπύκνωσης του ψυκτικού αερίου.

- Στους Αερόψυκτους
- Στους Υδροψυκτους

Αερόψυκτοι λέγονται οι συμπυκνωτές εκείνοι οι οποίοι χρησιμοποιούν σαν μέσο συμπύκνωσης τον ατμοσφαιρικό αέρα .

Η κυκλοφορία του αέρα ψύξης στους αερόψυκτους συμπυκνωτές γίνεται κατά δύο τρόπους:

- α) Με φυσική συναγωγή όπου ο αέρας ψύξης κυκλοφορεί ελεύθερα λόγω της διαφοράς πίεσης .
- β) Με βεβιασμένη κυκλοφορία όπου ο αέρας κυκλοφορεί μέσω ανεμιστήρα. Ο αριθμός των σειρών των σωλήνων ενός αερόψυκτου συμπυκνωτή μπορεί να είναι από μία έως οκτώ.(Ιατρίδης Μήνας , Ιούλιος 1996)

Στις πρώτες σειρές των σωλήνων ενός αερόψυκτου συμπυκνωτή ο αέρας απορροφά μεγαλύτερο ποσό θερμότητας από το ψυκτικό αέριο σε σύγκριση με τις τελευταίες σωληνώσεις όπου απορροφά λιγότερο ποσό θερμότητας επειδή η θερμοκρασία του έχει ήδη ανυψωθεί κατά τη διαδρομή του.

Υδρόψυκτοι καλούνται οι συμπυκνωτές οι οποίοι χρησιμοποιούν ως μέσο συμπύκνωσης του ψυκτικού αερίου, το νερό.

Ειδικές εφαρμογές με αυξημένα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας είναι η χρήση του νερού από γεωθερμικά πηγάδια, λίμνες, ποτάμια, θάλασσα όπου η θερμοκρασία του νερού είναι σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου το αποτέλεσμα είναι η σημαντική αύξηση του COP.

Το χρησιμοποιούμενο νερό για τη συμπύκνωση του υπέρθερμου ατμού μέσα στο συμπυκνωτή μπορεί να χρησιμοποιείται είτε μια μόνο φορά και στη συνέχεια απομακρύνεται προς την αποχέτευση είτε να χρησιμοποιείται και πάλι αφού προηγουμένως έχει ψυχθεί σε πύργο ψύξης.

Η λειτουργία του υδρόψυκτου συμπυκνωτή είναι όμοια με εκείνη του αερόψυκτου, δηλαδή στις πρώτες σωληνώσεις αποβάλλεται η θερμότητα υπερθέρμανσης, στη συνέχεια αρχίζει η συμπύκνωση και τέλος το ψυκτικό υγρό γίνεται υπόψυκτο στις τελευταίες σωληνώσεις του. (Ιατρίδης Μήνας , Ιούλιος 1996)

1.4.3 Εκτονωτική Βαλβίδα (E.B)

Η εκτονωτική βαλβίδα είναι εκείνο το βασικό εξάρτημα κάθε ψυκτικής εγκατάστασης που με την συνεργασία του συμβάλλει :

1. Στον έλεγχο της ακριβούς ποσότητας του διερχόμενου ψυκτικού ώστε ο εξατμιστής να μη παρουσιάζει έλλειψη ή υπερχειλίση ψυκτικού. Το αποτέλεσμα είναι η μονάδα να εργάζεται με τη μέγιστη της απόδοση και χωρίς να υπερφορτίζεται.
2. Προκαλώντας την εκτόνωση του υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού, μειώνοντας την πίεση και την θερμοκρασία του σε επίπεδα λειτουργίας του εξατμιστή.

1.4.4 Εξατμιστής (E) ή Evaporator

Ο εξατμιστής ή ψυκτικό στοιχείο είναι εκείνο το βασικό εξάρτημα κάθε ψυκτικής εγκατάστασης μέσα στο οποίο λαμβάνει χώρα η εξάτμιση του ψυκτικού υγρού (ψυκτικό ρευστό).

Λόγω των ποικίλων απαιτήσεων στις εφαρμογές της ψύξης και προς αντιμετώπιση τους οι εξατμιστές κατασκευάζονται και λειτουργούν κατά διάφορους τρόπους.

1.4.5 Ψυκτικά Ρευστά

Η καταλληλότητα μιας χημικής ουσίας για τη χρησιμοποίησή της ως ψυκτικού ρευστού σχετίζεται με τα θερμοδυναμικά, φυσικοχημικά και εμπορικά χαρακτηριστικά της.

Ένα ψυκτικό ρευστό για να χρησιμοποιηθεί σε μια ψυκτική εφαρμογή πρέπει να έχει τις παρακάτω βασικές ιδιότητες:

- 1. Χαμηλή θερμοκρασία βρασμού.**
- 2. Υψηλή κρίσιμη θερμοκρασία σε σχέση με τη θερμοκρασιακή περιοχή λειτουργίας του.**
- 3. Μικρό ειδικό όγκο ατμών.**
- 4. Να έχει καλές θερμοδυναμικές και θερμοφυσικές ιδιότητες.**
- 5. Να μη διαβρώνει τα μέταλλα.**
- 6. Να έχει σταθερές φυσικοχημικές ιδιότητες κατά τη διάρκεια της χρήσης του.**
- 7. Να μην είναι αναφλέξιμο ή εκρηκτικό.**
- 8. Να μην είναι τοξική ουσία.**
- 9. Να γίνεται εύκολα ανίχνευση των διαρροών του.**
- 10. Να έχει χαμηλό κόστος και να είναι διαθέσιμο στην αγορά.**

Στην πράξη δεν υπάρχει χημική ουσία που να συγκεντρώνει όλες τις παραπάνω ιδιότητες. Για την επιλογή του ψυκτικού μέσου λαμβάνονται υπόψη τα παραπάνω χαρακτηριστικά σε σχέση με τις ειδικές συνθήκες εφαρμογής .

Πίνακας 1.1 . Περιγραφή Ψυκτικών Ρευστών – Υποκατάστατα .

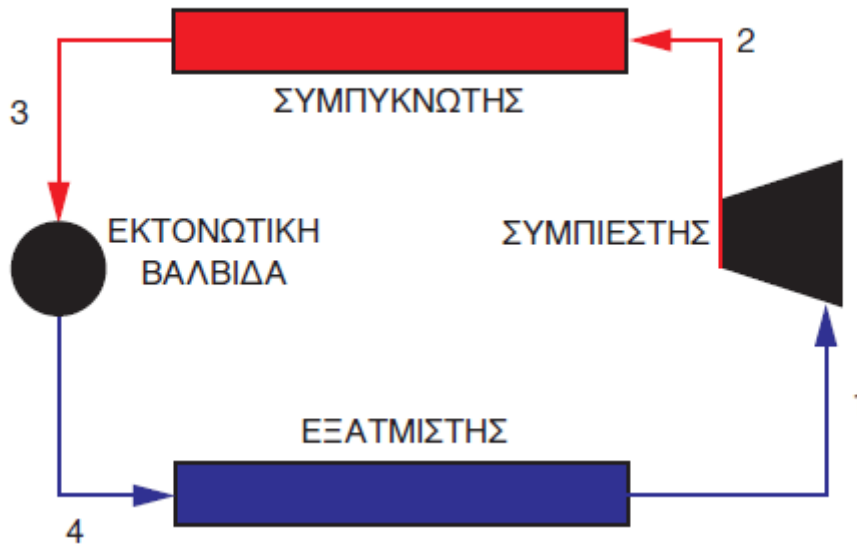
ΨΥΚΤΙΚΟ ΜΕΣΟ	ΧΗΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ (έτη)	ODR	GWP	ΑΝΤΙΚΑΘΙΣΤΩ-ΜΕΝΟ ΜΕΣΟ
CFC 11	CCl ₃ F	50-65	1	1	
CFC 12	CCl ₂ F ₂	120		2,1	
CFC 113	CCl ₂ F-CClF ₂	90	0,8-0,9	1,3-1,4	
CFC 114	CClF ₂ -CClF ₂	180-200	0,6-0,9	3,7-4,1	
CFC 115	CClF ₂ -CF ₃	380-400	0,3-0,6	7,4-7,6	
HCFC 22	CHClF ₂	15,3	0,05	0,43	
HCFC 123	CHClF ₂ -CF ₃	1,6	0.013-0,022	0.017-0,02	CFC11
HCFC 141b	CH ₃ -CCl ₂ F	7,8	0,07-0,11.	0,084-0,97	CFC11
HCF 125	CHF ₂ -CF ₃	28,1	0	0,71	R502
HCF 134a	CF ₃ CH ₂ F	15,5	0	0,34	CFC12
HCF 143a	CH ₃ -CF ₃	41	0	0,72-0,76	R502
HCF 152a	CHF ₂ -CH ₃	1,7	0	0.04	CFC12
ΠΡΟΠΑΝΙΟ	C ₃ H ₈	1	0		CFC12
ΙΣΟΒΟΥΤΑΝΙΟ	CH(CH ₃) ₃	1	0		
R500	R12/R152a		0,74		
R502	R22/R115		0,33		
ΑΜΜΩΝΙΑ	NH ₃	1	0	0	
ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ	CO ₂	120	0	0	

(πηγή : ΙΑΤΡΙΔΗΣ ΜΗΝΑΣ , ΙΟΥΛΙΟΣ 1996 , «ΟΔΗΓΟΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΨΥΞΗ» , ΕΚΔΟΣΕΙΣ Κ.Α.Π.Ε)

1.2 Ο ΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ

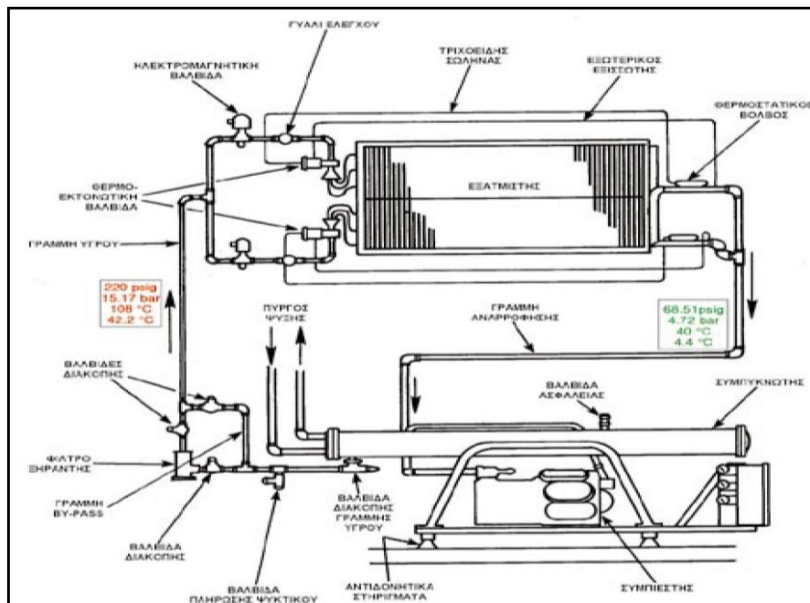
1.2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο συμπιεστής είναι το πιο σημαντικό μηχανήμα σε κάθε ψυκτική εγκατάσταση, που εργάζεται με βάση τον ψυκτικό κύκλο με συμπίεση ατμών του ψυκτικού ρευστού (FREON).



Σχήμα 1.4: Ψυκτικός κύκλος με συμπίεση ατμών ψυκτικού ρευστού

Ο συμπιεστής αναρροφά το ψυκτικό αέριο από τον εξατμιστή και το συμπιέζει (καταθλίβει) προς το συμπυκνωτή. Μ' αυτόν τον τρόπο δημιουργείται μία συνεχής διαφορά πίεσης μεταξύ της πλευράς αναρρόφησης και της πλευράς κατάθλιψης.



Σχήμα 1.5: Ψυκτικό κύκλωμα κλιματιστικής εγκατάστασης (πηγή : Εταιρεία Trane)

1.2.2 Τύποι Συμπιεστών

1.2.2.A Κατάταξη συμπιεστών ανάλογα με την λειτουργία τους και τη δυνατότητα επέμβασης στο εσωτερικό τους .

Οι συμπιεστές που προορίζονται για εγκαταστάσεις Ψύξης και κλιματισμού. μπορούν να καταταγούν σε τύπους ανάλογα με τον τρόπο που λαμβάνουν κίνηση και τη δυνατότητα επέμβασης στο εσωτερικό τους.

Έτσι οι συμπιεστές ως προς το πρώτο κριτήριο διακρίνονται σε:

- **Ανοιχτού τύπου (open)**
- **Ημίκλειστους ή ημιερμητικούς (semihhermetic)**
- **Κλειστού τύπου ή ερμητικούς (hermetic)**

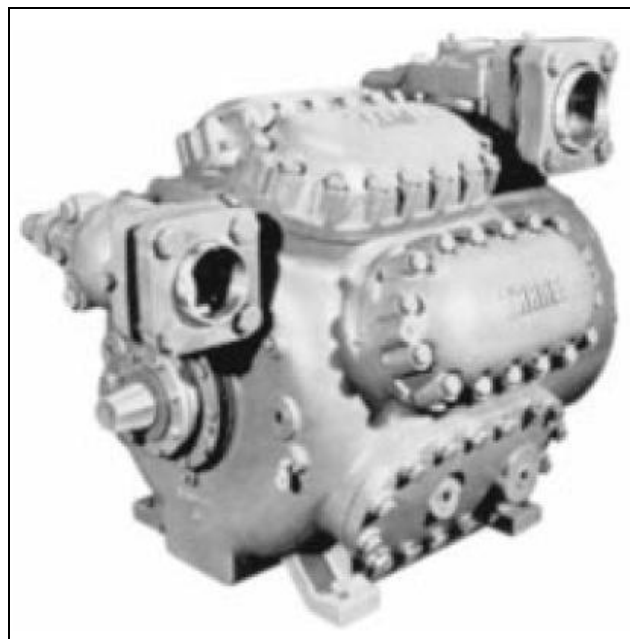
1.2.2.A-1 Συμπιεστές ανοιχτού τύπου (Open Type Compressors)

Οι συμπιεστές ανοιχτού τύπου χρησιμοποιήθηκαν παλαιότερα σε όλες σχεδόν τις ψυκτικές εγκαταστάσεις, λόγω του ότι η τεχνολογία τους ήταν σχετικά απλή. Στη σημερινή όμως εποχή, χρησιμοποιούνται λιγότερο συμπιεστές ανοιχτού τύπου, εξαιτίας των μειονεκτημάτων που παρουσιάζουν σε σχέση με τα άλλα είδη συμπιεστών που έχουν ήδη αναπτυχθεί και κατασκευασθεί.

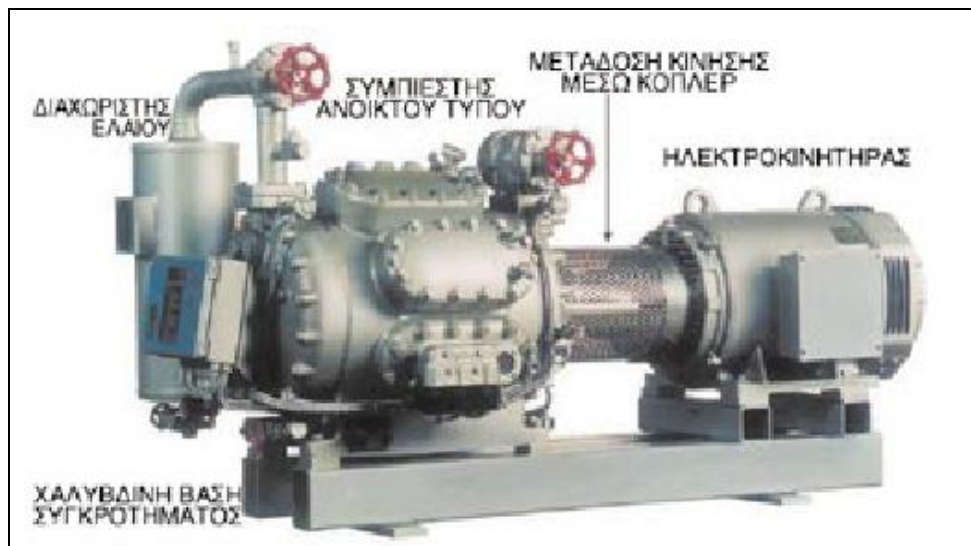
Στους συμπιεστές ανοιχτού τύπου, η κίνηση στον άξονα του συμπιεστή δίδεται μέσω συστήματος ιμάντων και τροχαλιών ή εύκαμπτου συνδέσμου (κόπλερ). Ο ηλεκτροκινητήρας βρίσκεται πάντα έξω του κύριου σώματος του συμπιεστή και κοντά σε αυτόν. Αναφερόμαστε, δηλαδή, σε συγκρότημα ηλεκτροκινητήρα-συμπιεστή πάνω σε κοινή μεταλλική βάση, στην οποία στερεώνονται με κοχλίες και αποσυναρμολογούνται στις περιπτώσεις συντήρησης ή επισκευής τους .



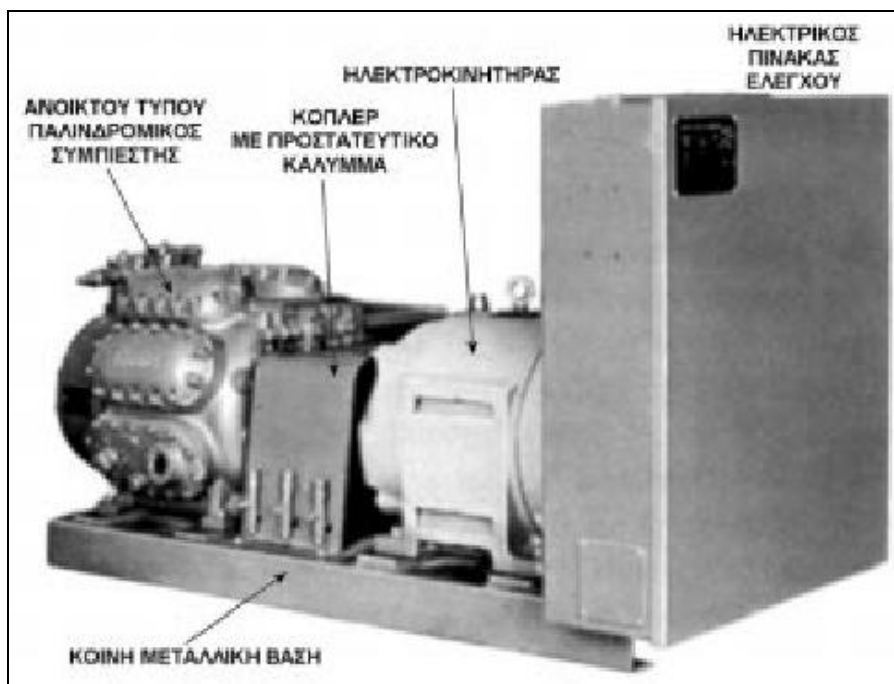
Σχήμα 1.6 : Ανοικτού τύπου ιμαντοκίνητος παλινδρομικός συμπιεστής
(πηγή:Εταιρεία Mycon)



Σχήμα 1.7 : Ανοικτού τύπου παλινδρομικός συμπιεστής (πηγή:Εταιρεία
Trane)



Σχήμα 1.8 : Συγκρότημα ανοικτού τύπου συμπιεστή-ηλεκτροκινητήρα με μετάδοση κίνησης μέσω εύκαμπτου συνδέσμου (πηγή:Εταιρεία York)



Σχήμα 1.9 : Πλήρης μονάδα ανοικτού τύπου συμπιεστή-ηλεκτροκινητήρα με μετάδοση κίνησης μέσω εύκαμπτου συνδέσμου (πηγή:Εταιρεία Trane)

Ο άξονας του συμπιεστή προεκτείνεται έξω από το περίβλημα του. Για το λόγο αυτό, υπάρχει μία τσιμούχα στεγανοποίησης (παρέμβυσμα) του άξονα, ώστε να παρεμποδίζεται το ψυκτικό ρευστό και να μη διαφεύγει στην ατμόσφαιρα τρόπος αυτός στεγανοποίησης χρησιμοποιείται για πολλά χρόνια έως σήμερα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2 : Πλεονεκτήματα συμπιεστών ανοικτού τύπου σε σχέση με τους συμπιεστές κλειστού τύπου

- Οι συμπιεστές αποσυναρμολογούνται εύκολα
- Όλα τα εξαρτήματά τους είναι προσιτά σε έλεγχο, συντήρηση, επισκευές ή αντικατάσταση
- Εύκολη επισκευή

(πηγή :Κτενιαδάκης-Παπαδάκης-Αργυρακάκης , 2003)

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3 : Μειονεκτήματα συμπιεστών ανοικτού τύπου σε σχέση με τους συμπιεστές κλειστού τύπου

- Οι συμπιεστές στεγανοποιούνται δύσκολα στην περιοχή εξόδου του στροφαλοφόρου άξονα τους, από το κύριο σώμα του συμπιεστή
- Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην ευθυγράμμιση των αξόνων του συμπιεστή και του ηλεκτροκινητήρα κίνησης, όταν χρησιμοποιείται σύνδεσμος (κόπλερ)
- Απαιτείται σωστή τοποθέτηση στο ίδιο επίπεδο, των τροχαλιών των ιμαντοκίνητων συμπιεστών και των αντίστοιχων ηλεκτροκινητήρων τους
- Απαιτείται προσεκτική ρύθμιση της τάσης του ιμάντα (λουριού) από το συντηρητή τεχνίτη ψυκτικό
- Είναι ογκώδεις και συνήθως μεγάλου βάρους
- Είναι περισσότερο θορυβώδεις κατά τη λειτουργία τους σε σύγκριση με άλλους τύπους συμπιεστών
- Από πλευράς κόστους, σε σχέση με άλλους τύπους συμπιεστών είναι ακριβότεροι

(πηγή :Κτενιαδάκης-Παπαδάκης-Αργυρακάκης , 2003)

Η χρήση των συμπιεστών ανοικτού τύπου, σήμερα, είναι περιορισμένη σε παλιές ψυκτικές εγκαταστάσεις επαγγελματικού και βιομηχανικού τύπου αλλά και σε εφαρμογές στις οποίες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν άλλοι τύποι συμπιεστών (πχ. σε αυτοκίνητα ψυγεία, σε κλιματισμό αυτοκίνητων οχημάτων κ.λπ.).

Η εξέλιξη όμως της τεχνολογίας έχει βελτιώσει τις μεθόδους στεγανοποίησης των συμπιεστών, τόσο σε σχέση με τους μηχανισμούς στεγανοποίησης όσο και τα στεγανοποιητικά υλικά. Έτσι, σήμερα, βλέπουμε να χρησιμοποιούνται συμπιεστές ανοικτού τύπου, με επιτυχία και χωρίς λειτουργικά προβλήματα και σε καινούργιες ψυκτικές εγκαταστάσεις, όπως:

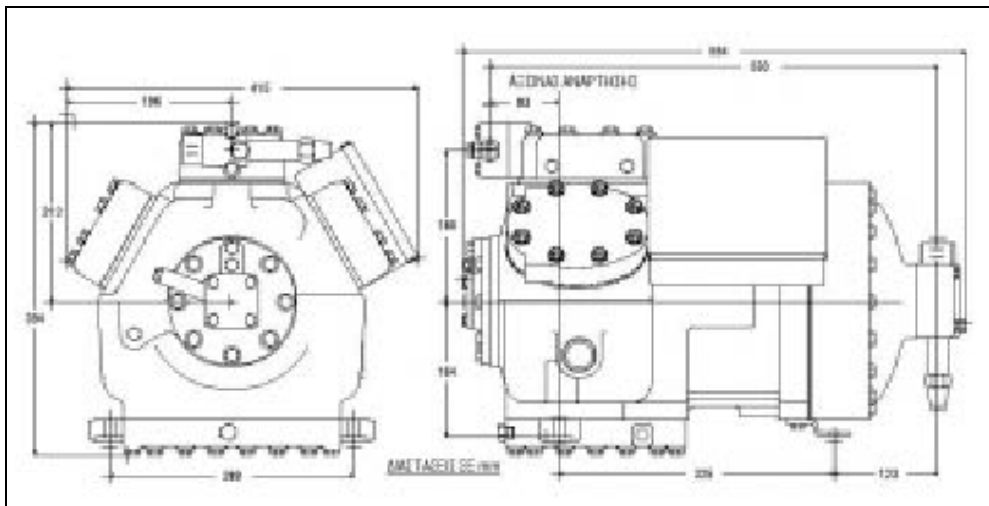
- ψυκτικές εγκαταστάσεις σε πλοία
- σε σύγχρονες επαγγελματικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις ψύξης.

1.2.2.A-2 Ημίκλειστοι ή ημιαερμητικοί συμπιεστές (Semi-Hermetic Compressors)

Στους ημίκλειστους ή ημιαερμητικούς συμπιεστές, ο ηλεκτροκινητήρας του συμπιεστή είναι εγκατεστημένος σε ειδικό χώρο μέσα στο χυτό του συμπιεστή. Εδώ, ο άξονας του συμπιεστή αποτελεί συνέχεια του άξονα του ηλεκτροκινητήρα και είναι μόνιμα συνδεδεμένος με αυτόν ή είναι κοινός (αποτελούν ένα κομμάτι). Το περίβλημα του συστήματος συμπιεστή-ηλεκτροκινητήρα, είναι ενιαίο, σχεδιασμένο όμως με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορεί να συντηρηθεί ο συμπιεστής.



Σχήμα 1.10 : Ημιαερμητικού τύπου παλινδρομικός συμπιεστής (πηγή:Εταιρεία Africold)



Σχήμα 1.11 : Όψεις 6-κύλινδρου ημερημτικού παλινδρομικού συμπιεστή
(πηγή:Εταιρεία Copeland)

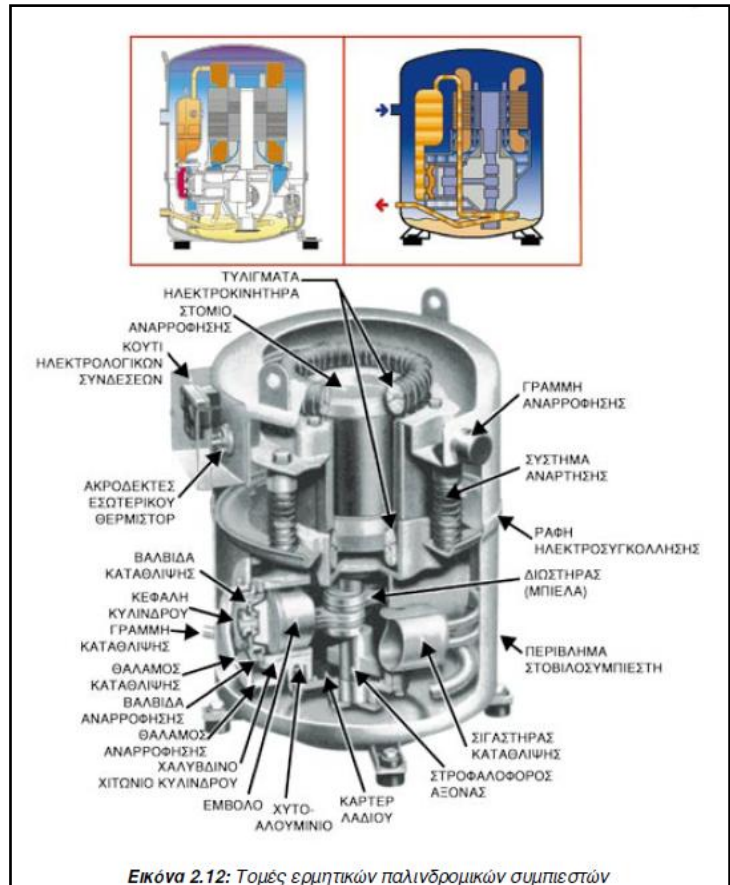
Η μονάδα συμπιεστή-ηλεκτροκινητήρα, είναι χυτοσιδηρά και στερεώνεται σε μεταλλική βάση με κοχλίες. Λόγω αυτής της κατασκευής, οι συμπιεστές ημίκλειστου τύπου είναι πιο βαρείς σε σύγκριση με τους κλειστούς (ερμητικούς) συμπιεστές. Η λίπανση των κινουμένων μηχανικών μερών γίνεται μέσω αντλίας λαδιού με πίεση για τους μεγαλύτερους συμπιεστές, ενώ χρησιμοποιείται, για τους μικρότερους συμπιεστές, ειδικό σύστημα έγχυσης μικρής ποσότητας λιπαντικού μέσου, που βρίσκεται στο κάρτερ λαδιού στο κάτω μέρος του συμπιεστή. Οι ημερημτικοί συμπιεστές είναι, συνήθως, αερόψυκτοι και φέρουν πτερύγια ή πρόσθετα μεταλλικά ελάσματα στο εξωτερικό μέρος του χυτού περιβλήματος για την αποτελεσματικότερη ψύξη τους.

ΧΡΗΣΗ ΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ ΗΜΙΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ

Οι ημίκλειστοι συμπιεστές χρησιμοποιούνται σε ευρεία κλίμακα σε επαγγελματικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις ψύξης μικρού και μεσαίου μεγέθους.

1.2.2. A-3 Συμπιεστές Κλειστού Τύπου ή Ερμητικοί (Hermetic Compressors)

Στους συμπιεστές κλειστού τύπου το μηχανικό μέρος του συμπιεστή και ο ηλεκτροκινητήρας του περιβάλλονται από ένα κοινό, πλήρως ηλεκτροσυγκολλημένο μεταλλικό περίβλημα, έτσι ώστε να κλείνεται ερμητικά. Κατ' ουσία δεν είναι δυνατή η πρόσβαση στο σύστημα συμπιεστής-ηλεκτροκινητήρας για συντήρηση, χωρίς την κοπή του περιβλήματος.



Σχήμα 1.12 Ερμητικοί παλινδρομικοί συμπιεστές (πηγή:Εταιρεία Copeland)

Όπως και στους ημίκλειστους συμπιεστές, ο άξονας του συμπιεστή αποτελεί συνέχεια του άξονα του ηλεκτροκινητήρα και είναι μόνιμα συνδεδεμένος με αυτόν ή είναι κοινός (αποτελούν ένα κομμάτι). Ειδικότερα για τους παλινδρομικούς συμπιεστές, τα έμβολα και οι διωστήρες λειτουργούν συνήθως οριζόντια, σε γωνία 90° σε σχέση με το στροφαλοφόρο άξονα και κινούνται μέσα-έξω. Οι συμπιεστές αυτού του τύπου ανοίγονται και επισκευάζονται μόνο από εξειδικευμένες εταιρείες. Τις περισσότερες φορές όμως, το κόστος επισκευής υπερβαίνει το κόστος αντικατάστασης του συμπιεστή με καινούργιο. Το ψυκτικό αέριο, από την πλευρά της αναρρόφησης, εισέρχεται και καταλαμβάνει όλο το χώρο του κελύφους (περιβλήματος). Το περίβλημα, επομένως, καταπονείται στην πίεση λειτουργίας της χαμηλής πλευράς. Η γραμμή κατάθλιψης (υψηλή πίεση), οδηγείται έξω από το περίβλημα. Τέλος, οι συμπιεστές ερμητικού τύπου, ψύχονται από το αναρροφούμενο ψυκτικό αέριο.

Η λίπανση των ερμητικών συμπιεστών επιτυγχάνεται με τη βοήθεια αντλίας λίπανσης με πίεση. Ο κοινός άξονας ηλεκτροκινητήρα-συμπιεστή συνήθως εγκαθίσταται σε κατακόρυφη θέση και περιστρέφεται σε δύο (2) έδρανα, ένα στη μέση του συγκροτήματος και ένα στο κάτω μέρος του άξονα, κοντά στην αντλία λαδιού.

Πίνακα 1.4: Πλεονεκτήματα συμπιεστών κλειστού τύπου σε σχέση με τους συμπιεστές ανοικτού τύπου

- Το κόστος προμήθειάς τους είναι το μικρότερο σε σχέση με κάθε άλλο είδος συμπιεστή
- Το βάρος και ο όγκος τους είναι το ελάχιστο δυνατό
- Σχεδόν μηδενική πιθανότητα διαρροών
- Σχεδόν αθόρυβη λειτουργία
- Σημαντική μείωση κραδασμών κατά τη λειτουργία

(πηγή :Κτενιαδάκης-Παπαδάκης-Αργυρακάκης , 2003)

ΧΡΗΣΗ ΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ ΕΡΜΗΤΙΚΑ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ

Οι συμπιεστές κλειστού τύπου χρησιμοποιούνται ευρύτατα στα οικιακά ψυγεία και σε επαγγελματικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις ψύξης μικρού μεγέθους.

1.2.2.Β Κατάταξη συμπιεστών ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους

Οι συμπιεστές για εγκαταστάσεις ψύξης και κλιματισμού, μπορούν να καταταγούν σε πέντε (5) μεγάλες κατηγορίες ή τύπους, ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους.

Οι τύποι αυτοί των συμπιεστών είναι:

- οι παλινδρομικοί ή εμβολοφόροι συμπιεστές (reciprocating compressors)
- οι περιστροφικοί συμπιεστές (rotary compressors)
- οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές (centrifugal compressors)
- οι σπειροειδείς συμπιεστές (scroll compressors)
- οι ελικοειδείς ή κοχλιωτοί συμπιεστές (screw compressors)

Στο πιο κάτω Πίνακα 1.5 απεικονίζονται τα πεδία εφαρμογών των προαναφερθέντων τύπων συμπιεστών.

Πίνακα 5: Πεδία εφαρμογών διαφόρων τύπων συμπιεστών

ΤΥΠΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ	ΧΡΗΣΕΙΣ
ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ	Χρησιμοποιούνται κυρίως στα επαγγελματικά συστήματα ψύξης-κλιματισμού, μικρού και μεσαίου μεγέθους.
ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΣΠΕΙΡΟΕΙΔΕΙΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ	Χρησιμοποιούνται στα οικιακά ψυγεία και στα επαγγελματικά συστήματα κλιματισμού μικρού σχετικά μεγέθους.
ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ	Χρησιμοποιούνται στα μεγάλα ψυκτικά συγκροτήματα κλιματισμού.
ΕΛΙΚΟΕΙΔΕΙΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ	Χρησιμοποιούνται στα επαγγελματικά και βιομηχανικά συστήματα ψύξης μεγάλου μεγέθους.

(πηγή :Κτενιαδάκης-Παπαδάκης-Αργυρακάκης , 2003

1.2.2.B-1 Παλινδρομικοί (Εμβολοφόροι) Συμπιεστές (Reciprocating Compressors)

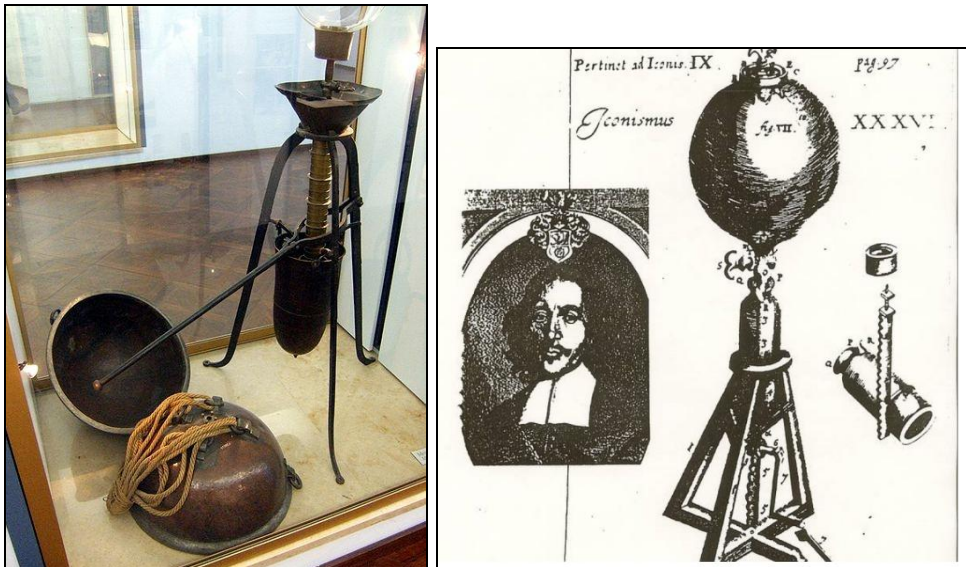
- **Εισαγωγή**

Ο παλινδρομικός συμπιεστής είναι το κυριότερο μέρος ενός κλιματιστικού συγκροτήματος . Είναι ο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενος συμπιεστής με ισχύ που κυμαίνεται από μερικά W σε εκατοντάδες KW. Οι σύγχρονοι παλινδρομικοί συμπιεστές είναι πολύστροφοι ($\approx 3000 - 3600$ rpm), μονής ενεργείας , μονοκύλινδροι ή πολυκύλινδροι (μέχρι 16 κυλίνδρους)

Οι παλινδρομικοί συμπιεστές χρησιμοποιούνται κυρίως για ψυκτικά μέσα με σχετικά μικρό ειδικό όγκο (m^3/kg), όπως τα FREON: R·12, R·22, R·502, R·134a (οικολογικό, αντικαθιστά το R·12) κλπ. Χρησιμοποιούνται όμως και για ψυκτικά μέσα, όπως η αμμωνία (NH_3), που έχει σχετικά μεγάλο ειδικό όγκο. Οι παλινδρομικοί συμπιεστές παρουσιάζουν μεγάλους λόγους συμπίεσης και αποδίδουν ικανοποιητικά και στις περιπτώσεις μεγάλων πιέσεων κατάθλιψης. Στο εμπόριο, μπορούμε να βρούμε παλινδρομικούς συμπιεστές με ηλεκτρική ισχύ από 0,1 HP έως και 100 HP.

- **Ιστορικό και ανάπτυξη**

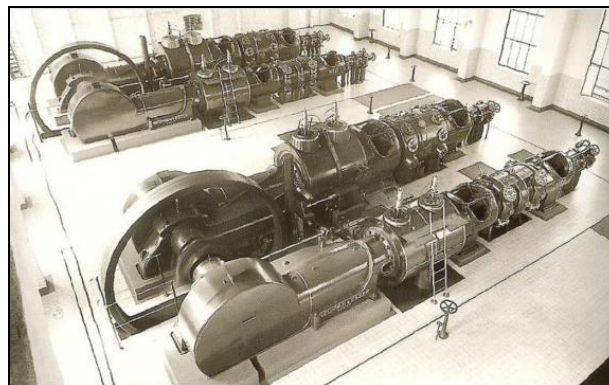
Η αύξηση της πίεσης του αέρα με την εφαρμογή μηχανικού έργου είχε ήδη ξεκινήσει από πρώιμους χρόνους. Στον μεσαίωνα χρησιμοποιήθηκαν χειροκίνητες φυσούνες σε χυτήρια μετάλλων. Ο Otto von Guericke ανέπτυξε το 1641 μια αντλία αέρα για τη δημιουργία κενού, το οποίο αποτέλεσε τη βάση για το εντυπωσιακό πείραμα των ημισφαιρίων του Μαγδεμβούργου. Και οι δύο κατασκευές μπορεί να θεωρηθούν ως ο πρόγονος των σημερινών εμβολοφόρων συμπιεστών.



Σχήμα 1.13 : Ημισφαίρια Μαγδεμβούργου και αντλία κενού

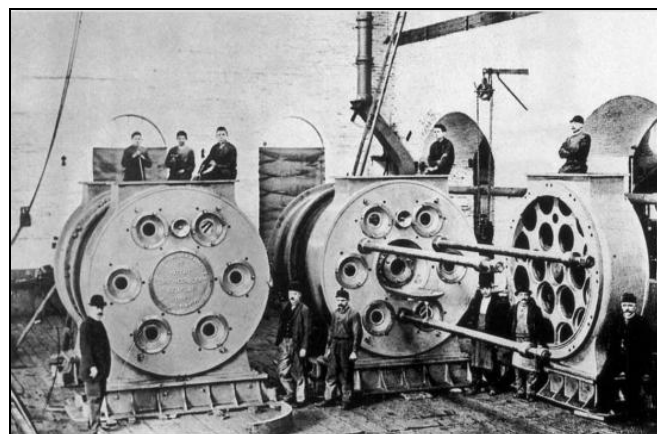
(πηγή: <http://www.recip.org>)

Μετά την ανάπτυξη της ατμομηχανής ως η πρώτη βιομηχανική εμβολοφόρα μηχανή ξεκίνησε η κατασκευή εμβολοφόρων συμπιεστών. Η ομοιότητα στο σχεδιασμό φαίνεται στην παρακάτω Σχήμα.



Σχήμα 1.14: Εμβολοφόροι συμπιεστές κινούμενοι από μηχανή ατμού (1935)

(πηγή: <http://www.recip.org>)



Σχήμα 1.15: Εμβολοφόρος ανεμιστήρας (1895) (πηγή: <http://www.recip.org>)

Οι πρώτοι βιομηχανικής κατασκευής μονοβάθμιοι συμπιεστές που χρησιμοποιήθηκαν για την άντληση του αέρα με πιέσεις από 3 έως 7 bar, εφαρμόστηκαν στα χυτήρια σιδήρου και στον τομέα της εξόρυξης. Πολυβάθμιοι συμπιεστές για υψηλότερες πιέσεις κατασκευάστηκαν στα τέλη του 19ου αιώνα για τη δημιουργία και υγροποίηση των τεχνικών αερίων. Η χρήση των εμβολοφόρων συμπιεστών για την παραγωγή πεπιεσμένου αέρα και στον ενεργειακό εφοδιασμό και ως μέρος των ψυκτικών εγκαταστάσεων οδήγησε στη μαζική παραγωγή των μικρών συμπιεστών στην περιοχή των χαμηλών πιέσεων.

Καθώς οι ατμομηχανές έχουν σχεδιαστεί για υψηλές θερμοκρασίες εισόδου χωρίς λίπανση των κυλίνδρων λόγω της έλλειψης επαρκών ελαίων, επίσης, μη ελαιολίπαντοι συμπιεστές εμφανίστηκαν στην αγορά στις αρχές του '30 του περασμένου αιώνα. Αυτοί ήταν που χρησιμοποιούνται κυρίως στη ζυθοποιεία

Σήμερα ο σχεδιασμός των μη ελαιολίπαντων συμπιεστών για πιέσεις έως και 30 MPa έχει παγιωθεί και αποτελεί προϋπόθεση για τη χρήση των εμβολοφόρων συμπιεστών σε πολλές παραγωγικές διαδικασίες.

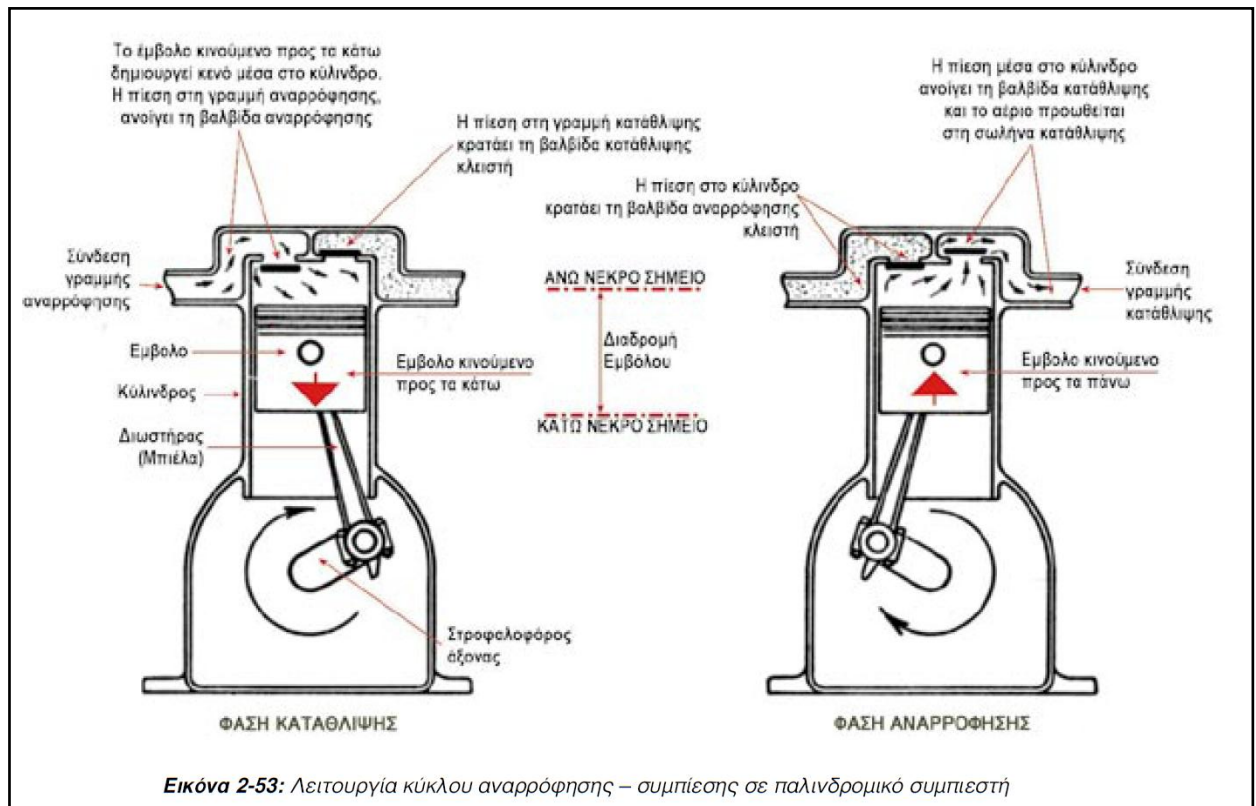
Τα βασικά εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται ένας παλινδρομικός συμπιεστής είναι:

- 1. Ο στροφαλοφόρος άξονας**
- 2. Ο διωστήρας**
- 3. Το έμβολο με τα ελατήρια του**
- 4. Ο κύλινδρος**
- 5. Οι βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης**
- 6. Η κεφαλή του συμπιεστή**
- 7. Τα παρεμβύσματα στεγανοποίησης (φλάντζες)**
- 8. Οι σιγαστήρες (σιλανσιέ)**
- 9. Το περίβλημα του συμπιεστή**
- 10. Οι εξωτερικές βαλβίδες ελέγχου των συμπιεστών**

- **Η λειτουργία του Παλινδρομικού Συμπιεστή**

Γενικά

Η λειτουργία του παλινδρομικού συμπιεστή είναι απλή και φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα.



Εικόνα 2-53: Λειτουργία κύκλου αναρρόφησης – συμπίεσης σε παλινδρομικό συμπιεστή

Σχήμα 1.16: Λειτουργία κύκλου αναρρόφησης – συμπίεσης σε παλινδρομικό συμπιεστή (πηγή:Κτενιαδάκης-Παπαδάκης-Αργυρακάκης , 2003)

Το έμβολο ανεβοκατεβαίνει (παλινδρομεί) μέσα στον κύλινδρο, μεταξύ δύο (2) σημείων. Το ανώτατο σημείο της διαδρομής του εμβόλου λέγεται **ΑΝΩ ΝΕΚΡΟ ΣΗΜΕΙΟ** (ΑΝΣ), ενώ το κατώτατο σημείο της διαδρομής του λέγεται **ΚΑΤΩ ΝΕΚΡΟ ΣΗΜΕΙΟ** (ΚΝΣ). Η απόσταση από το ΑΝΣ μέχρι το ΚΝ Σ, ονομάζεται **ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΜΒΟΛΟΥ**

Φάση Αναρρόφησης

Στο ΑΝΣ η βαλβίδα αναρρόφησης είναι κλειστή και η βαλβίδα κατάθλιψης ανοικτή. Καθώς το έμβολο κινείται προς τα κάτω, η πίεση που επικρατεί μέσα στον κύλινδρο συνεχώς μειώνεται. Έτσι, τη στιγμή που θα γίνει μικρότερη από την πίεση που επικρατεί στη γραμμή αναρρόφησης, η βαλβίδα αναρρόφησης

θα ανοίξει και ο χώρος του κυλίνδρου θα γεμίσει με ψυκτικό αέριο. Η είσοδος ψυκτικού αερίου στον κύλινδρο, θα συνεχίζεται μέχρις ότου το έμβολο φθάσει στο ΚΝΣ. Σημειωτέον ότι καθ'όλη τη διάρκεια της φάσης αναρρόφησης η βαλβίδα κατάθλιψης παραμένει κλειστή.

Φάση Κατάθλιψης

Αμέσως μόλις το έμβολο κινηθεί προς τα πάνω, φεύγοντας από το ΚΝΣ, η πίεση στον κύλινδρο θα αρχίσει να μεγαλώνει και πολύ σύντομα θα γίνει μεγαλύτερη από την πίεση που επικρατεί στη γραμμή αναρρόφησης. Τότε η βαλβίδα αναρρόφησης κλείνει, ενώ η φάση της συμπίεσης (κατάθλιψης) συνεχίζεται. Σ' αυτό το σημείο και οι δύο βαλβίδες (αναρρόφησης και κατάθλιψης) είναι κλειστές. Συνεχίζοντας το έμβολο τη διαδρομή του προς τα πάνω, συμπιέζει όλο και περισσότερο το ψυκτικό αέριο που είναι μέσα στον κύλινδρο. Σε κάποια στιγμή η πίεση στον κύλινδρο γίνεται μεγαλύτερη από την πίεση που επικρατεί στη γραμμή κατάθλιψης. Τότε η βαλβίδα κατάθλιψης ανοίγει και το ψυκτικό αέριο συμπιέζεται (καταθλίβεται) προς τη σωλήνα κατάθλιψης και προς το συμπυκνωτή. Όταν το έμβολο φθάνει στο ΑΝΣ, τότε η φάση της κατάθλιψης τελειώνει. Με την εν συνεχεία κίνηση του εμβόλου προς τα κάτω, θα αρχίσει πλέον ένας νέος κύκλος λειτουργίας του παλινδρομικού συμπιεστή. Οι φάσεις αναρρόφησης και κατάθλιψης που περιγράφηκαν πιο πάνω, επαναλαμβάνονται πολλές φορές σε κάθε λεπτό, ανάλογα με την ταχύτητα περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα του συμπιεστή. Είναι φανερό, ότι στο ΑΝΣ το έμβολο πλησιάζει πολύ κοντά στην πλάκα που φέρει τις βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης. Εκ κατασκευής η απόσταση αυτή είναι 0.40 - 0.75 mm. Λαμβάνοντας υπόψη τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες, παραμένει πάντα ένας (μικρός) χώρος γεμάτος με συμπιεσμένο αέριο μεταξύ του ΑΝΣ και της πλάκας βαλβίδων. Αυτός είναι ένας «νεκρός» χώρος, που θα πρέπει, ο κατασκευαστής του συμπιεστή, να τον έχει σχεδιάσει σαν τον ελάχιστο δυνατό. Στο «νεκρό» χώρο παραμένει ποσότητα ψυκτικού αερίου, που η ενέργεια συμπίεσής του τελικά χάνεται. **Επομένως, όσο μεγαλύτερος ο «νεκρός» χώρος και όσο μεγαλύτερη η πίεση κατάθλιψης, τόσο μικρότερη γίνεται η απόδοση του συμπιεστή.**

Παροχή εκτόπισης συμπιεστή

Παροχή εκτόπισης ονομάζουμε τον όγκο του ψυκτικού αερίου που θεωρητικά εκτοπίζεται από τα έμβολα του συμπιεστή προς τη γραμμή της κατάθλιψης, στη μονάδα του χρόνου.

Συνήθεις μονάδες μέτρησης: cm³ l min ή l s.

Η θεωρητική παροχή εκτόπισης του παλινδρομικού συμπιεστή υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\dot{V}_{\Theta} = \frac{\pi d^2}{4} L N z$$

ή

$$\dot{V}_{\Theta} = 0.785 d^2 L N z$$

Όπου:

\dot{V}_{Θ}	Η παροχή του εκτοπιζόμενου αερίου	cm ³ / min
d	Η διάμετρος του κυλίνδρου	cm
L	Το μήκος διαδρομής του εμβόλου	cm
N	Ο αριθμός των στροφών ανά λεπτό του στροφαλοφόρου άξονα του συμπιεστή	στροφές/min RPM
RPM	Revolutions per minute (στροφές ανά λεπτό)	
z	Ο αριθμός των ομοίων κυλίνδρων του συμπιεστή	
π	3,14	

- **Ψυκτική Ισχύς (Ικανότητα) παλινδρομικού Συμπιεστή**

Ως ψυκτική ισχύ ή ψυκτική ικανότητα ενός παλινδρομικού συμπιεστή ορίζουμε το αποδιδόμενο ψυκτικό έργο από το συμπιεστή στη μονάδα του χρόνου.

Ο ορισμός αυτός, δεν ισχύει μόνο για τους παλινδρομικούς συμπιεστές, αλλά για κάθε συμπιεστή ψυκτικών μονάδων.

Μονάδα ψυκτικής ισχύος: 1 kW

Άλλες μονάδες: 1 RT (ψυκτικός τόνος) = 3,517 kW

Επίσης είναι:

$$1 \text{ RT} = 12.000 \text{ BTU l h} = 3.000 \text{ kcal l h}$$

Η ψυκτική ισχύς (ικανότητα) ενός συμπιεστή εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας του, και κατά βάση από:

- τη θερμοκρασία αναρρόφησης, και,
- τη θερμοκρασία συμπίκνωσης

πιο συγκεκριμένα:

- Για σταθερή θερμοκρασία αναρρόφησης, η ψυκτική ικανότητα μειώνεται όσο αυξάνει η θερμοκρασία συμπύκνωσης.
- Για σταθερή θερμοκρασία συμπύκνωσης, η ψυκτική ικανότητα αυξάνει όσο αυξάνει η θερμοκρασία αναρρόφησης.

Στο Πίνακα 1.6 φαίνονται οι αποδόσεις ενός 8-κυλινδρου παλινδρομικού συμπιεστή με ψυκτικό ρευστό R-12.

Πίνακας 1.6 αποδόσεις ενός 8-κυλινδρου παλινδρομικού συμπιεστή με ψυκτικό ρευστό R-12.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ				
	32 °C	38 °C	40 °C	43 °C	49 °C
°C	ΨΥΚΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ (kW)				
- 40,0	17,9	15,1	-	-	-
- 34,5	28,1	24,3	22,2	20,4	-
- 29,0	41,5	36,6	34,5	32,0	27,8
- 23,5	58,7	52,8	49,9	47,1	41,5
- 18,0	79,8	72,8	68,9	65,4	58,4
- 12,0	105,2	96,7	92,1	87,9	79,1
- 7,0	135,1	124,9	119,6	114,3	103,8
- 1,0	169,5	157,6	151,2	144,3	135,6
+ 4,5	209,3	194,8	187,5	180,4	165,7
+ 10,0	253,9	237,4	229,0	220,5	203,6

(πηγή:Κτενιαδάκης-Παπαδάκης-Αργυρακάκης , 2003)

Η ψυκτική ισχύς (ψυκτική ικανότητα) ενός συμπιεστή εξαρτάται, επίσης, και από τον αριθμό στροφών του στροφαλοφόρου άξονα. Έτσι, για το συμπιεστή του παραδείγματος, η επίδραση των στροφών περιστροφής φαίνεται στον πιο κάτω πίνακα.

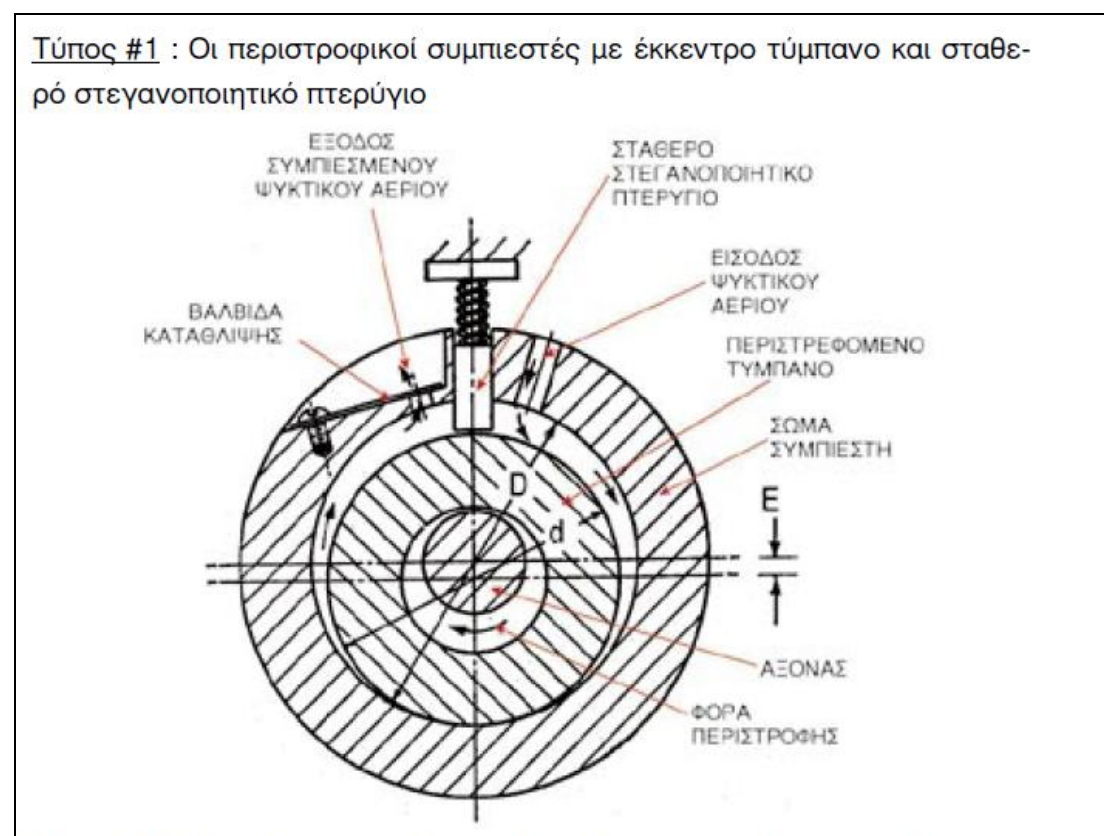
Πίνακας 1.7 Συντελεστής πολλαπλασιασμού στροφών

RPM	1.750	1.450	1.160
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΥ ΨΥΚΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ	x 1,00	x 0,83	x 0,67

(πηγή:Κτενιαδάκης-Παπαδάκης-Αργυρακάκης , 2003)

2.1.2. B-2 Περιστροφικοί Συμπιεστές (Rotary Vane Compressors)

Οι περιστροφικοί συμπιεστές λέγονται και διαφραγματικού τύπου. Βρίσκουν εφαρμογή σε ψυκτικές εγκαταστάσεις μικρού μεγέθους όπως τα οικιακά ψυγεία, οι κλιματιστικές συσκευές δωματίου κλπ. Είναι συμπιεστές απλής κατασκευής και κατατάσσονται σε δύο βασικούς τύπους, σύμφωνα με την αρχή λειτουργίας τους:



Σχήμα 1.17: Αρχή λειτουργίας Περιστροφικού Συμπιεστή με έκκεντρο τύμπανο και σταθερό στεγανοποιητικό πτερύγιο (πηγή:Κτενιαδάκης- Παπαδάκης-Αργυρακάκης , 2003)

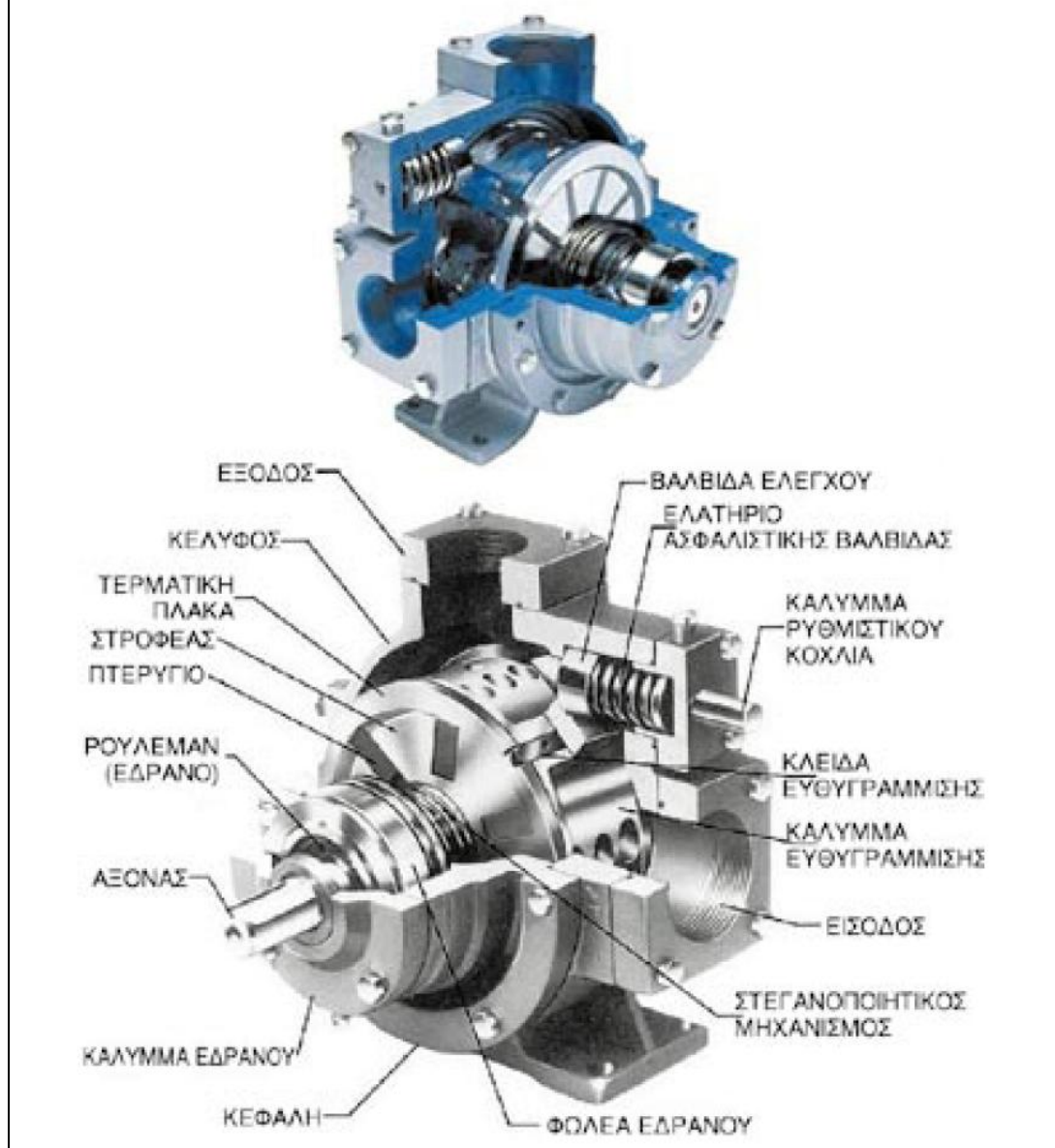
Τα κατασκευαστικά τμήματα ενός περιστροφικού συμπιεστή ΤΥΠΟΥ #1, είναι:

- Το σταθερό εξωτερικό σώμα
- Το περιστρεφόμενο τύμπανο
- Ο άξονας του συμπιεστή με το έκκεντρο τύμπανο
- Το σύστημα στεγανοποίησης του τυμπάνου με το σταθερό πτερύγιο

Ειδικότερα:

- Το σταθερό εξωτερικό σώμα του συμπιεστή έχει κυλινδρική μορφή και στην εσωτερική του επιφάνεια (κύλινδρος) κυλίνεται το περιστρεφόμενο τύμπανο. Επάνω στο σώμα του συμπιεστή έχουν προσαρμοσθεί οι σωληνώσεις αναρρόφησης και κατάθλιψης και το σταθερό σταθεροποιητικό πτερύγιο.
- Το περιστρεφόμενο τύμπανο του συμπιεστή κυλίνεται στην εσωτερική επιφάνεια του σώματος του συμπιεστή (κύλινδρος) και δημιουργεί τις διαδοχικές φάσεις αναρρόφησης και κατάθλιψης, που πάντα χωρίζονται μεταξύ τους και στεγανοποιούνται από το ακίνητο σταθεροποιητικό πτερύγιο. Μεταξύ του περιστρεφόμενου στροφείου και της εσωτερικής επιφάνειας του σώματος του συμπιεστή (κύλινδρου) παρεμβάλλεται πάντα λεπτό στρώμα ψυκτελαίου, ώστε να αποφεύγονται οι ανεπιθύμητες φθορές και τριβή των επιφανειών.
- Ο άξονας του συμπιεστή κινείται από τον ηλεκτροκινητήρα του συγκροτήματος. Φέρει το έκκεντρο τύμπανο, που περιστρέφεται έκκεντρα, οπότε και γίνεται δυνατή με αυτόν τον τρόπο η συνεχής και ταυτόχρονη αναρρόφηση και κατάθλιψη του ψυκτικού αερίου.
- Το σύστημα στεγανοποίησης του στροφείου με το σταθερό στεγανοποιητικό πτερύγιο, το οποίο εφάπτεται συνεχώς πάνω στο στροφείο κάτω από την πίεση ενός ελατηρίου και διαχωρίζει στεγανά το χώρο αναρρόφησης από το χώρο κατάθλιψης.

Τύπος #2 : Οι περιστροφικοί συμπιεστές με περιστρεφόμενο στροφέα και κινητό στεγανοποιητικό πτερύγιο (ένα ή περισσότερα)



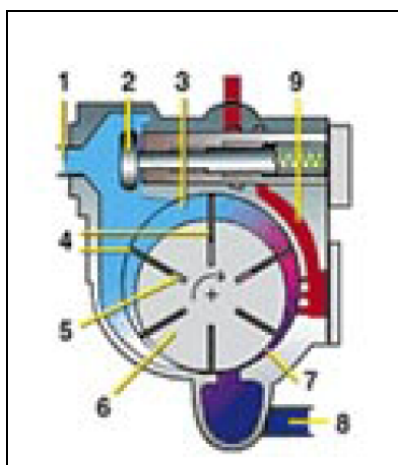
Σχήμα 1.18: Τομή Συμπιεστή με περιστρεφόμενο στροφέα και κινητό στεγανοποιητικό πτερύγιο (πηγή:εταιρεία Corken)

Τα κατασκευαστικά τμήματα ενός περιστροφικού συμπιεστή ΤΥΠΟΥ #2, είναι:

- Το σταθερό εξωτερικό σώμα
- Ο περιστρεφόμενος στροφέας
- Ο άξονας του συμπιεστή με το στροφέα
- Το σύστημα στεγανοποίησης του στροφέα με τα κινητά στεγανοποιητικά πτερύγια

Ειδικότερα:

- Το σταθερό εξωτερικό σώμα του συμπιεστή έχει κυλινδρική μορφή και στην εσωτερική του επιφάνεια (κύλινδρος) κυλιέται ο περιστρεφόμενος στροφέας. Επάνω στο σώμα του συμπιεστή έχουν προσαρμοσθεί οι σωληνώσεις αναρρόφησης και κατάθλιψης.
- Ο περιστρεφόμενος στροφέας του συμπιεστή κυλιέται στην εσωτερική επιφάνεια του σώματος του συμπιεστή (κύλινδρος) και δημιουργεί τις διαδοχικές φάσεις αναρρόφησης και κατάθλιψης, που πάντα χωρίζονται μεταξύ τους και στεγανοποιούνται από τα κινητά στεγανοποιητικά πτερύγια. Μεταξύ του περιστρεφόμενου στροφείου και της εσωτερικής επιφάνειας του σώματος του συμπιεστή (κυλίνδρου) παρεμβάλλεται πάντα λεπτό στρώμα ψυκτελαίου, ώστε να αποφεύγονται οι ανεπιθύμητες φθορές και τριβή των επιφανειών.
- Ο άξονας του συμπιεστή κινείται από τον ηλεκτροκινητήρα του συγκροτήματος. Φέρει τον περιστρεφόμενο στροφέα. Το σύστημα στεγανοποίησης του στροφέα με τα κινητά στεγανοποιητικά πτερύγια, που είναι εγκατεστημένα σε ειδικές υποδοχές συμμετρικά διαμορφωμένες πάνω στο στροφέα και περιστρέφονται μαζί του. Η άσκηση της πίεσης των στεγανοποιητικών πτερυγίων πάνω στο εσωτερικό τοίχωμα του κυλίνδρου επιτυγχάνεται με 2 τρόπους:
 - εγκαθίστανται ελατήρια μέσα στις υποδοχές του στροφέα τα οποία πιέζουν τα στεγανοποιητικά πτερύγια προς την εσωτερική επιφάνεια του κυλίνδρου.
 - αξιοποιείται η αναπτυσσόμενη από την περιστροφή φυγόκεντρη δύναμη, που εξαναγκάζει τα πτερύγια να κινηθούν ακτινικά και να πιέζονται πάνω στην εσωτερική επιφάνεια του κυλίνδρου, εξασφαλίζοντας έτσι τη στεγανότητα. Στην περίπτωση αυτή η ταχύτητα περιστροφής του άξονα του συμπιεστή είναι η ίδια με την ταχύτητα περιστροφής του άξονα του ηλεκτροκινητήρα (δηλαδή δεν παρεμβάλλεται σύστημα μείωσης στροφών).



Σχήμα 1.19: Αρχή λειτουργίας Συμπιεστή με περιστρεφόμενο στροφέα και κινητά στεγανοποιητικά πτερύγια (πηγή:εταιρεία Corken)

1.Είσοδος αερίου , 2.Έμβολο ρύθμισης , 3.Έκκεντρη κυλινδρική περιοχή , 4. Κινητά στεγανοποιητικά πτερύγια , 5.Κατα μήκος αύλακας , 6.Στροφέας , 7.Περιοχή μεγιστης συμπίεσης , 8.Έξοδος συμπιεσμένου αερίου , 9.Έντατική έγχυση ψυκτελαίου .

Πίνακας 1.8 Πλεονεκτήματα περιστροφικών συμπιεστών σε σχέση με τους παλινδρομικούς συμπιεστές

- Αθόρυβη λειτουργία
- Μεγάλος βαθμός απόδοσης σε μικρούς λόγους συμπίεσης
- Μικρές διαστάσεις
- Πολύ λίγα κινούμενα εξαρτήματα

(πηγή:Κτενιαδάκης-Παπαδάκης-Αργυρακάκης , 2003)

Πίνακας 1.9 Μειονεκτήματα περιστροφικών συμπιεστών σε σχέση με τους παλινδρομικούς συμπιεστές

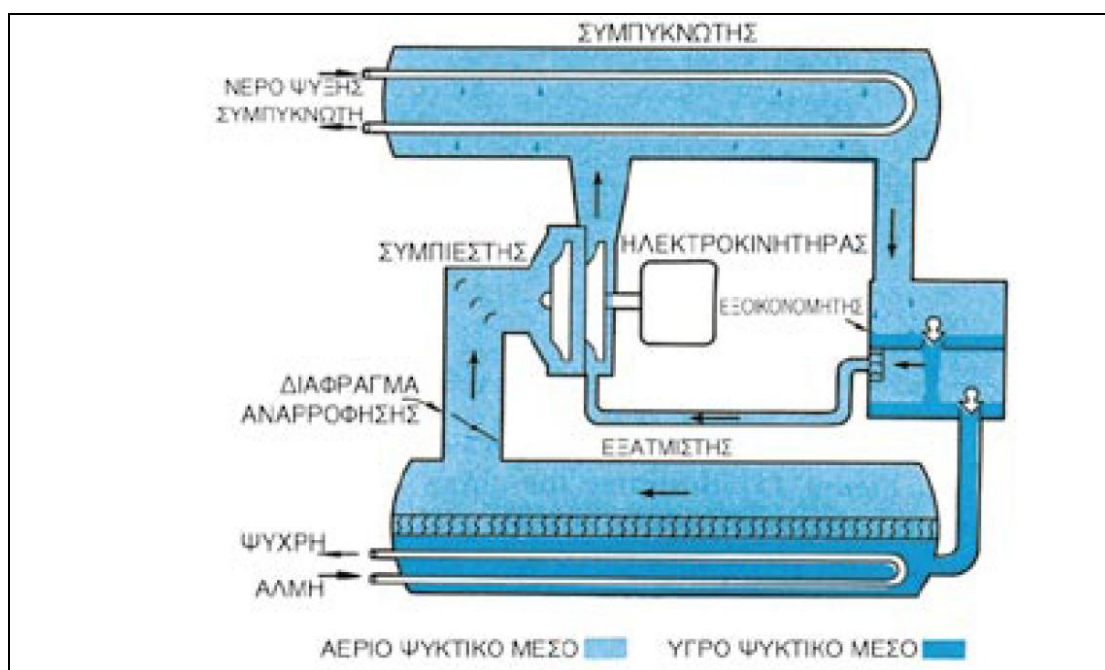
- Δυσκολία επισκευής
- Κόστος προμήθειας μεγάλο
- Ακατάλληλοι για μεγάλους λόγους συμπίεσης

(πηγή:Κτενιαδάκης-Παπαδάκης-Αργυρακάκης , 2003)

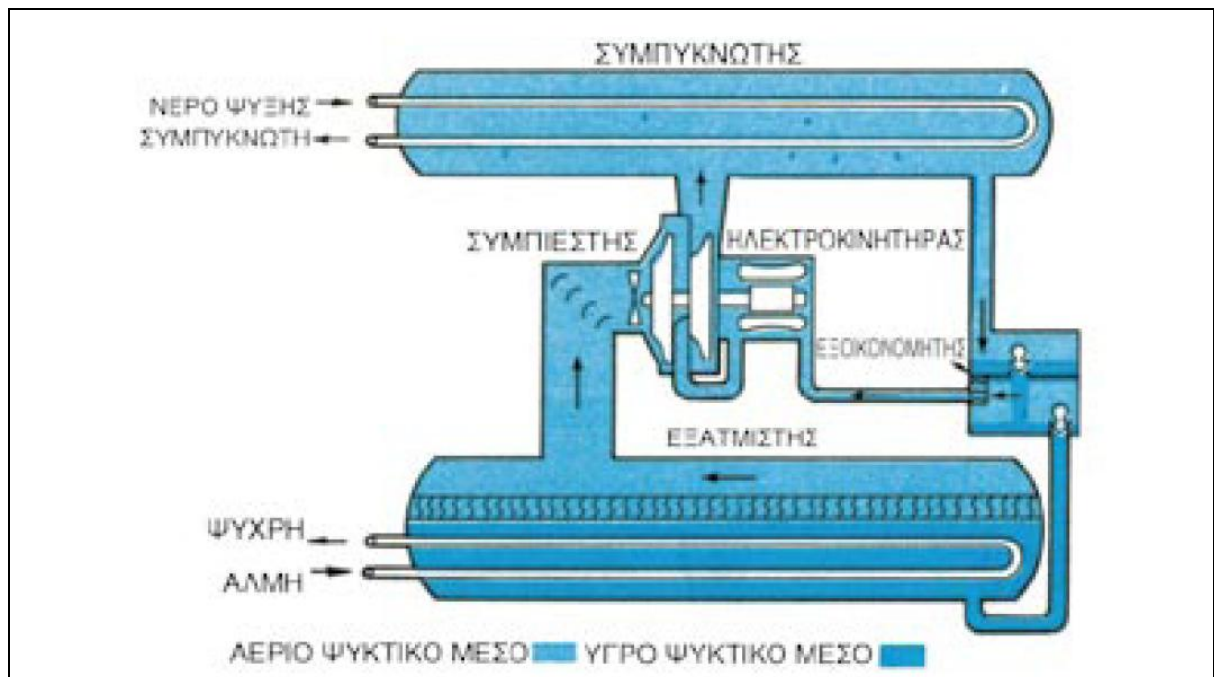
Οι περιστροφικοί συμπιεστές βρίσκουν εφαρμογές σε ψυκτικές εγκαταστάσεις που απαιτούν μεγάλες παροχές ψυκτικού ρευστού σε μέτριες πιέσεις λειτουργίας. Επίσης, εγκαθίστανται σε οικιακά ψυγεία, σε κλιματιστικές συσκευές δωματίου κλπ.

2.1.2.B-3 Φυγοκεντρικοί Συμπιεστές (Centrifuga/ Compressors)

Οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές είναι απλοί στην κατασκευή τους. Αποτελούνται, κατά βάση, από ένα ακίνητο κέλυφος και την περιστρεφόμενη φτερωτή. Η φτερωτή παίρνει κίνηση από ένα ηλεκτροκινητήρα, μέσω συστήματος μετατροπής των στροφών με ελικοειδείς οδοντωτούς τροχούς.



Σχήμα 1.20 Υδροψυκτο ψυκτικό συγκρότημα με ανοικτού τύπου διβάθμιου φυγοκεντρικού συμπιεστή (πηγή:εταιρεία Carrier)

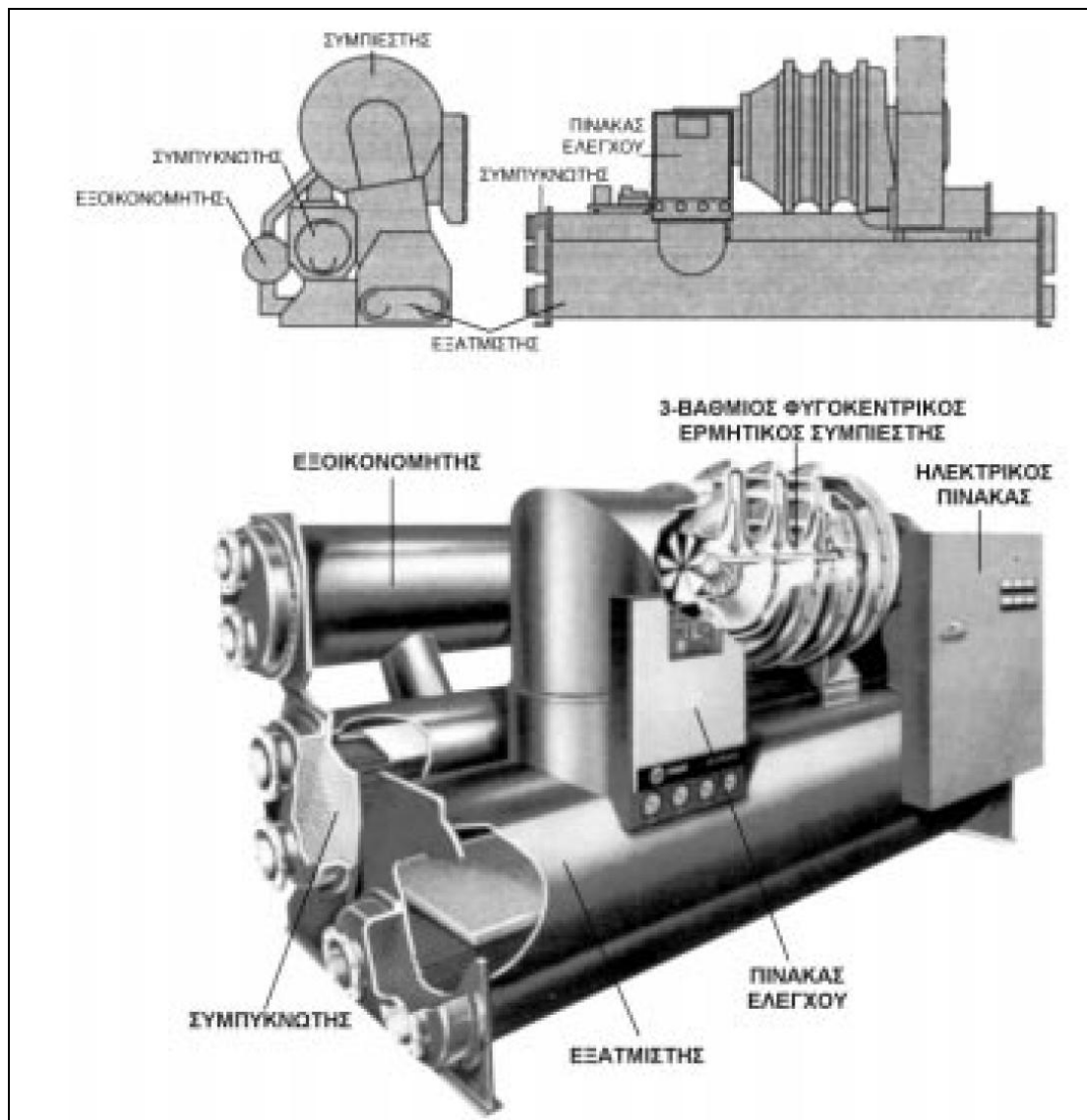


Σχήμα 1.21 Υδροψυκτο ψυκτικό συγκρότημα με ερμητικό διβάθμιο φυγοκεντρικό συμπιεστή (πηγή: εταιρεία Carrier)

Όλα τα εξωτερικά τμήματα του συμπιεστή είναι κατασκευασμένα από χάλυβα ή από ανθεκτικό χυτοσίδηρο. Οι φτερωτές μπορεί να είναι από ανθεκτικό κράμα αλουμινίου. Τα γρανάζια, οι επιφάνειες των εδράνων και οι περιοχές που δέχονται ωστικές δυνάμεις, είναι βαμμένες και λειασμένες με μεγάλη ακρίβεια. Το περίβλημα του συμπιεστή πρέπει να έχει δοκιμαστεί σε υδροστατική πίεση 2,6 MPa (26 bar). Το περιστρεφόμενο συγκρότημα δοκιμάζεται σε ταχύτητες 20% μεγαλύτερες από την ταχύτητα λειτουργίας για την οποία έχει σχεδιασθεί και ζυγостаθμίζεται δυναμικά. Μ' αυτόν τον τρόπο στις ονομαστικές ταχύτητες λειτουργίας το πλάτος των δονήσεων είναι ελάχιστο (δεν ξεπερνά τα 25 μm).

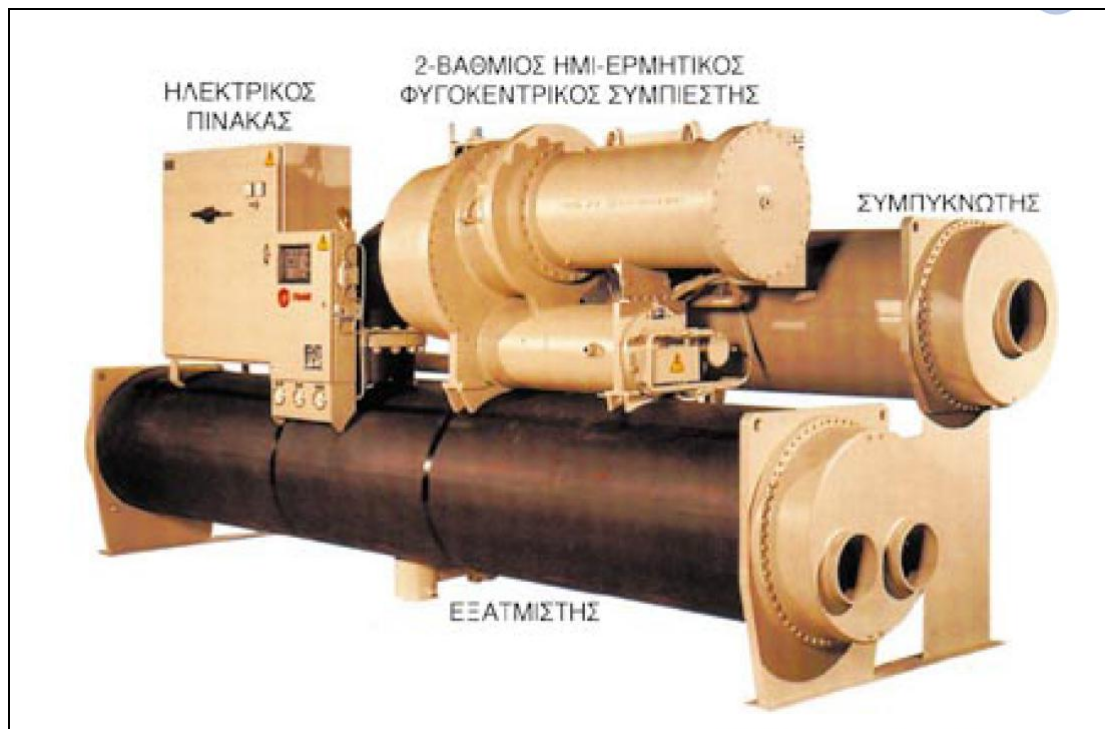
Η ταχύτητα περιστροφής στους φυγοκεντρικούς συμπιεστές είναι μεγαλύτερη από 3.000 RPM και μπορεί να φθάσει έως και 18.000 RPM. Οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές ανάλογα με το μέγεθος και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους σχεδιάζονται με μία ή περισσότερες βαθμίδες συμπίεσης. Επειδή οι μονοβάθμιοι συμπιεστές με φτερωτή μεγάλης διαμέτρου παρουσιάζουν το φαινόμενο του "μπουκώματος», χρησιμοποιούνται, συνηθέστατα, οι διβάθμιοι

συμπιεστές, που έχουν φτερωτές μικρότερης διαμέτρου και" μπουκώνουν» δυσκολότερα. Έτσι οι διβάθμιοι συμπιεστές βρίσκουν περισσότερες εφαρμογές απ' ότι οι μονοβάθμιοι.



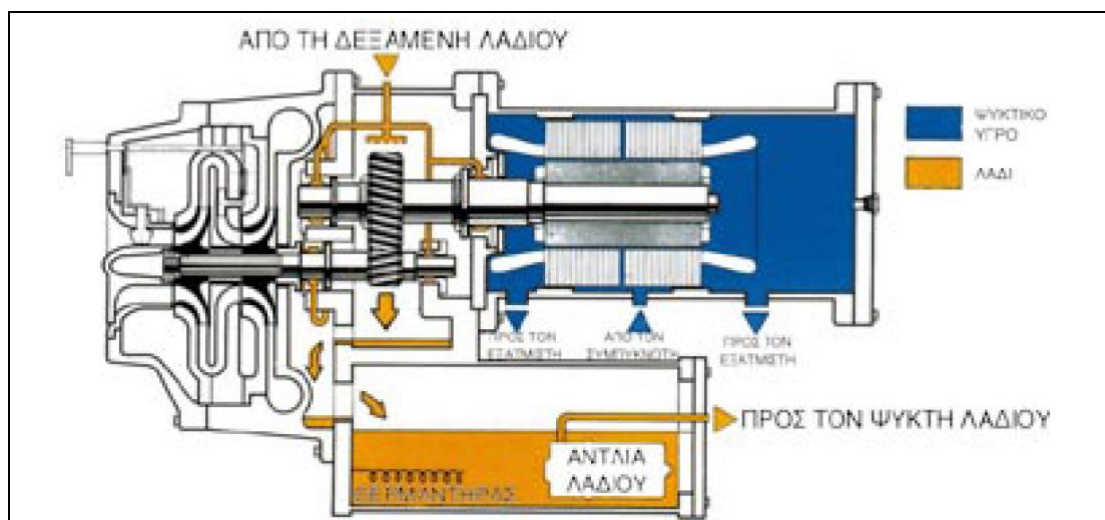
Σχήμα 1.22 Υδρόψυκτο ψυκτικό συγκρότημα με ερμητικό τριβάθμιο φυγοκεντρικού συμπιεστή (πηγή:εταιρεία Trane)

Στους ημι-ερμητικούς φυγοκεντρικούς συμπιεστές, στις συνδέσεις του περιβλήματος τοποθετούνται παρεμβύσματα. Στους συμπιεστές με περισσότερες της μίας βαθμίδας συμπίεσης, η κατάθλιψη της κάθε βαθμίδας, οδηγείται στην αναρρόφηση της επόμενης. Βεβαίως, η κατάθλιψη της τελευταίας βαθμίδας οδηγείται προς το συμπυκνωτή του ψυκτικού συγκροτήματος



Σχήμα 1.23 Υδροψυκτο ψυκτικό συγκρότημα με ημι-ερμητικό διβάθμιο φυγοκεντρικού συμπιεστή (πηγή:εταιρεία Trane)

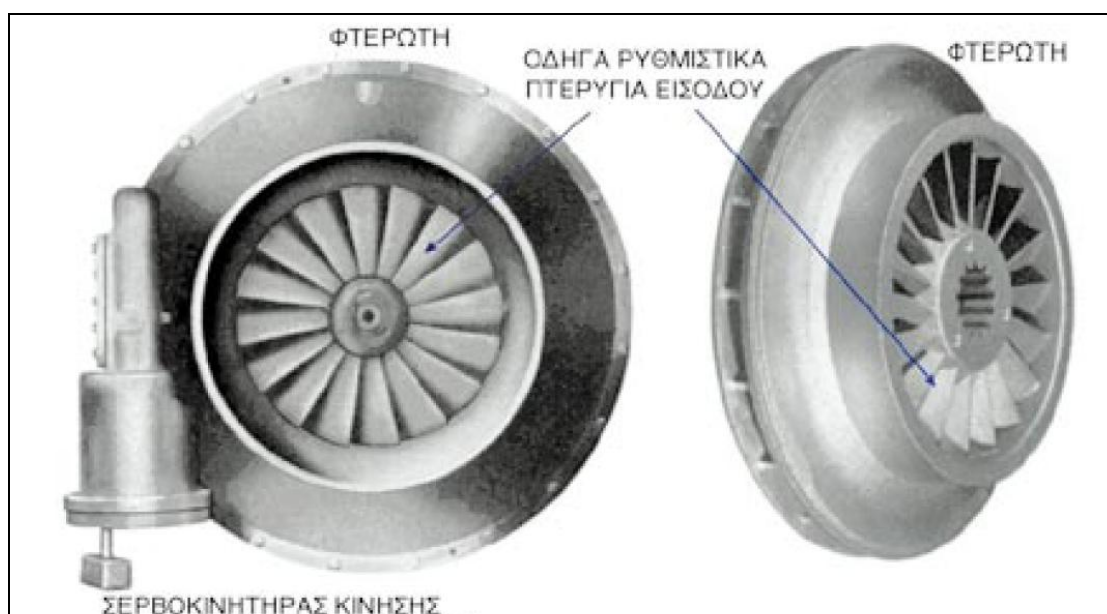
Το σύστημα λίπανσης των εδράνων και των οδοντωτών τροχών (γρاناζιών) του συμπιεστή είναι μεγάλης σπουδαιότητας γιατί αναπτύσσονται υψηλές θερμοκρασίες, λόγω των τριβών και των μεγάλων ταχυτήτων περιστροφής. Στους ημιερμητικούς και ερμητικούς φυγοκεντρικούς συμπιεστές ο κινητήρας ψύχεται με ψυκτικό υγρό προερχόμενο από το συμπυκνωτή του συγκροτήματος



Σχήμα 1.24 Σύστημα λίπανσης διβάθμιου ημι-ερμητικού φυγοκεντρικού συμπιεστή (πηγή:εταιρεία Trane)

Το σύστημα λίπανσης περιλαμβάνει ένα εξωτερικό ρεζερβουάρ λαδιού, μία παλινδρομική αντλία, ένα φίλτρο λαδιού και ένα θερμαντήρα λαδιού, ενώ ο ψύκτης λαδιού είναι τοποθετημένος στη λεκάνη του εξατμιστή. Το λάδι ψεκάζεται με πίεση στα ρουλεμάν και στους οδοντωτούς τροχούς (γρανάζια). Οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές έχουν άριστες αποδόσεις σε ψυκτικά μέσα μεγάλου ειδικού όγκου (m^3/kg) όπως είναι το R-11, R-113 και τα σύγχρονα οικολογικά ψυκτικά μέσα όπως το R-134a κλπ. Χαρακτηριστικό τους είναι η εύκολη προσαρμογή σε μεταβαλλόμενα φορτία (με ελάχιστο όμως φορτίο 20%).

Ο έλεγχος της ισχύος των φυγοκεντρικών συμπιεστών γίνεται με κινούμενα οδηγά πτερύγια εισόδου, που ανοίγουν και κλείνουν ηλεκτρικά (μέσω σερβοκινητήρα) και είναι τοποθετημένα πριν από την πρώτη βαθμίδα του συμπιεστή. Στα κινούμενα οδηγά πτερύγια εισόδου, μεταβάλλεται η γωνία με την οποία το αναρροφούμενο αέριο κατευθύνεται στην είσοδο της πρώτης βαθμίδας. Το ελάχιστο μερικό φορτίο καθορίζεται από την ποσότητα του αερίου που διαφεύγει μέσα από τα τελείως κλειστά οδηγά πτερύγια εισόδου.



Σχήμα 1.25 Πτερωτή φυγοκεντρικού συμπιεστή (πηγή:εταιρεία Carrier)

Με αυτό τον τρόπο το σύστημα ελέγχου της ισχύος έχει δυνατότητα διαμόρφωσης της από 20% (min) έως 100% (πλήρες φορτίο). Οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές βρίσκουν εφαρμογές σε ψυκτικά συγκροτήματα

κλιματιστικών εγκαταστάσεων μεγάλου μεγέθους, με ψυκτική ικανότητα 700 - 4.000 kW (200 - 1.200 RT).

Πίνακας 1.10 Πλεονεκτήματα φυγοκεντρικών συμπιεστών σε σχέση με τους παλινδρομικούς συμπιεστές

- Έχουν λιγότερα κινούμενα μέρη
- Έχουν απλούστερο σύστημα λίπανσης
- Παρουσιάζουν εύκολη προσαρμογή στο ψυκτικό φορτίο

(πηγή:Κτενιαδάκης-Παπαδάκης-Αργυρακάκης , 2003)

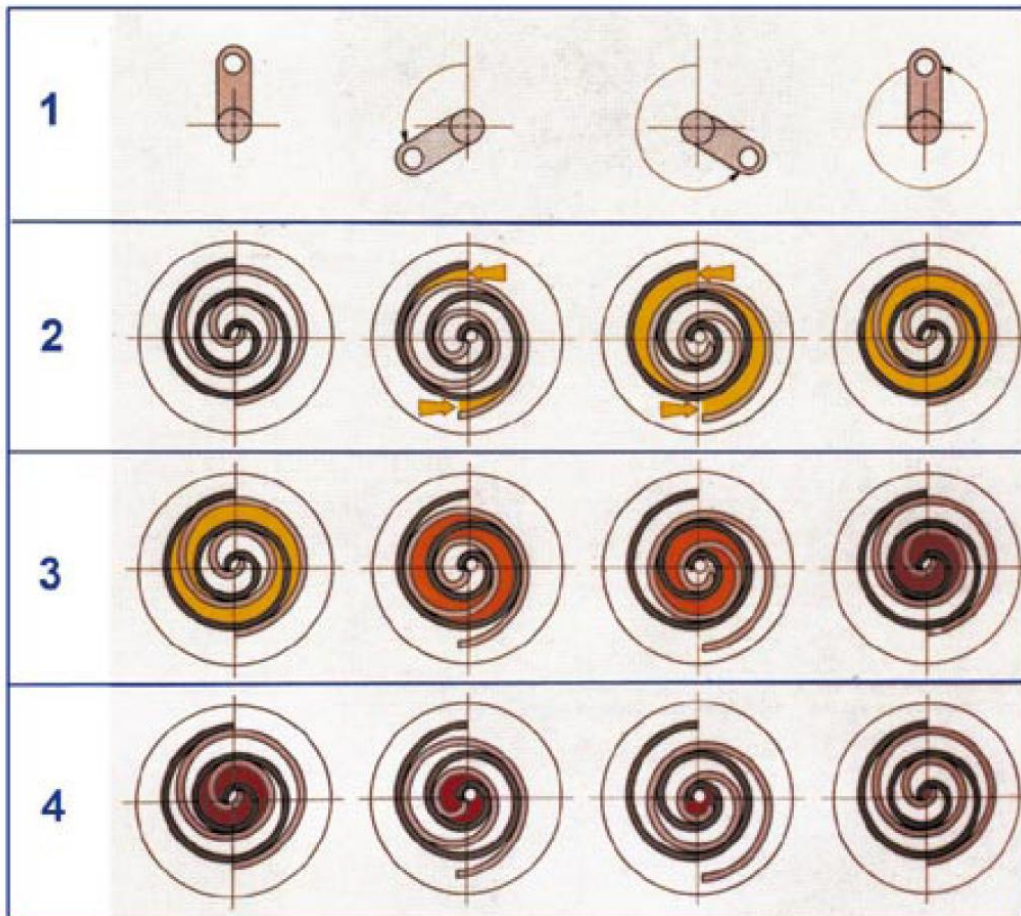
Πίνακας 1.11 Μειονεκτήματα φυγοκεντρικών συμπιεστών σε σχέση με τους παλινδρομικούς συμπιεστές

- Δεν κατασκευάζονται για ψυκτικές ισχύεις κάτω από 700 kW (200 RT περίπου)
- Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην καλή λειτουργία του συστήματος λίπανσης
- Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην αντικραδασμική εγκατάστασή τους

(πηγή:Κτενιαδάκης-Παπαδάκης-Αργυρακάκης , 2003)

2.1.2. B-4 Σπειροειδείς Συμπιεστές (Scroll Compressors)

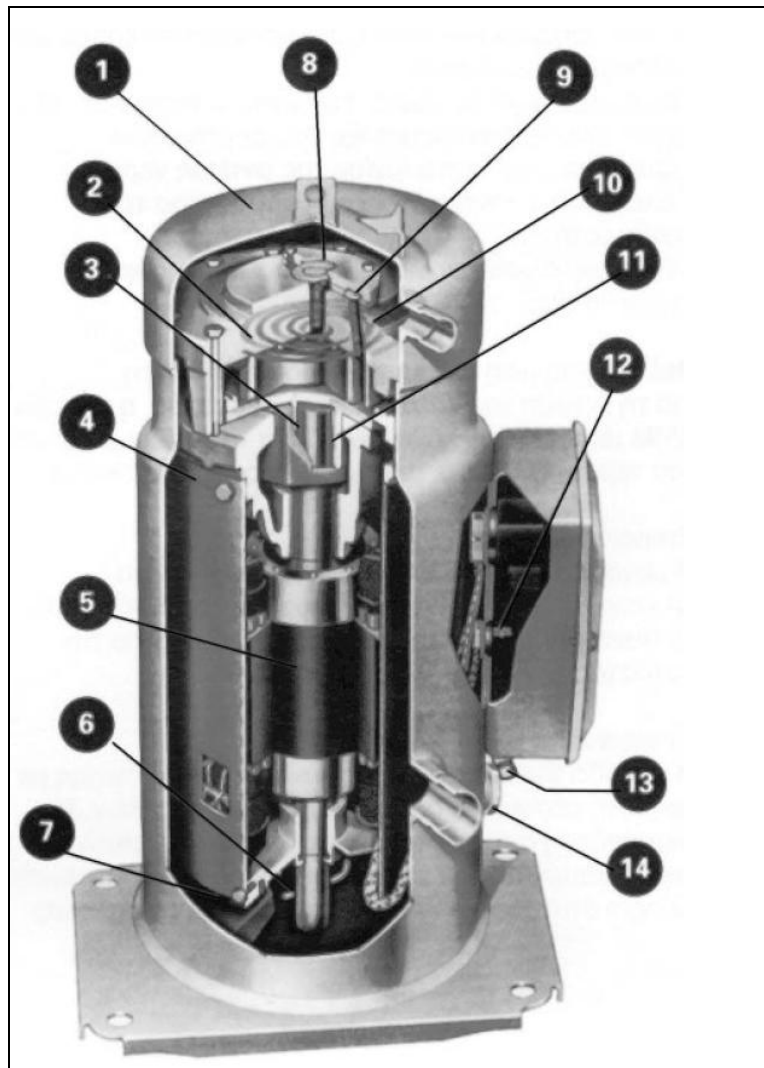
Οι σπειροειδείς συμπιεστές αποτελούνται από δύο οριζόντιες πλάκες που φέρουν από μία 3-διάστατη σπείρα προσαρμοσμένη η μία μέσα στην άλλη. Η πάνω πλάκα, με τη σπείρα της, είναι σταθερή, ενώ η κάτω περιστρέφεται έκκεντρα (μέσα στη σταθερή), με πολύ μικρές ανοχές. Η περιστρεφόμενη σπείρα παίρνει κίνηση από τον άξονα του ηλεκτροκινητήρα. Μέσω ενός ειδικού εξαρτήματος έκκεντρου, που βρίσκεται μεταξύ του άξονα του ηλεκτροκινητήρα και της περιστρεφόμενης σπείρας, η κίνησή τους γίνεται εκκεντρικά. Η έκκεντρη αυτή κίνηση δημιουργεί χώρους στους οποίους το ψυκτικό αέριο εισερχόμενο, εγκλωβίζεται, συμπιέζεται και οδηγείται στο κέντρο των δύο σπειρών. Εκεί έχει τοποθετηθεί η έξοδος του συμπιεζόμενου ψυκτικού αερίου.



Σχήμα 1.26 Λειτουργία του σπειροειδή (scroll) συμπιεστή (πηγή:εταιρεία Trane)

Ακριβώς, στην έξοδο του συμπιεσθέντος ψυκτικού αερίου, εγκαθίσταται βαλβίδα αντεπιστροφής, ώστε να παρεμποδίζεται η αντίθετη κίνηση και η επιστροφή του αερίου υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας στο χώρο αναρρόφησης του συμπιεστή (χώρος χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας) και από εκεί στον εξατμιστή,

Τέλος, υπάρχει ειδική στεγανοποιητική διάταξη, και στις 3 διαστάσεις, μεταξύ των δύο σπειρών, ώστε να εξασφαλίζεται η αναγκαία στεγανότητα μεταξύ του αναρροφούμενου και του καταθλιβόμενου ψυκτικού αερίου. Οι συμπιεστές τύπου scroll, είναι ερμητικά κλειστοί συμπιεστές, με τρία (3) μόνο κινούμενα μέρη. Ο κοινός άξονας κινητήρα-συμπιεστή είναι κατακόρυφος. Ο κινητήρας ψύχεται από το ψυκτικό αέριο της αναρρόφησης, και κινεί απευθείας το συμπιεστή με 3,000 RPM.



Σχήμα 1.27 Τομή ερμητικού σπειροειδούς (scroll) συμπιεστή (πηγή:εταιρεία Trane)

Οι σπειροειδείς συμπιεστές είναι επίσης εξοπλισμένοι με φυγοκεντρική αντλία λαδιού, με ενδεικτικό γυαλί στάθμης του λαδιού και με χειροκίνητη βάνα εκροής ή πλήρωσης λαδιού. Τα πτερύγια των σπειρών κατασκευάζονται συνήθως από χυτοσίδηρο για μείωση των θερμικών φορτίων και αύξηση του συντελεστή απόδοσης. Το κάρτερ λαδιού και το φίλτρο του λαδιού, βρίσκονται στο κάτω μέρος του συμπιεστή. Αντί ένσφαιρων τριβών (ρουλεμάν με μπίλιες) φέρουν επίπεδα έδρανα ολίσθησης που μεταδίδουν λιγότερο θόρυβο μεταξύ του κινούμενου και του σταθερού μέρους. Επιπλέον, το απλό σύστημα μετάδοσης της κίνησης στις σπείρες περιορίζει στο ελάχιστο δυνατό τις δονήσεις και τους κραδασμούς.

Πίνακας 1.12 Πλεονεκτήματα σπειροειδών συμπιεστών σε σχέση με τους παλινδρομικούς συμπιεστές

- Εχουν λιγότερα κινούμενα εξαρτήματα και επομένως λιγότερες φθορές και τριβές
- Εχουν υψηλότερες αποδόσεις, γιατί δεν υπάρχουν «νεκροί χρόνοι»
- Παρουσιάζουν αθόρυβη λειτουργία χωρίς κραδασμούς
- Είναι ανεπηρέαστοι από την παρουσία σταγόνων ψυκτικού υγρού που μπορεί να επιστρέψει στο συμπιεστή, καθώς και από την παρουσία ξένων σωματιδίων (για τους παλινδρομικούς συμπιεστές αυτή η περίπτωση είναι άκρως ζημιογόνα)

(πηγή:Κτενιαδάκης-Παπαδάκης-Αργυρακάκης , 2003)

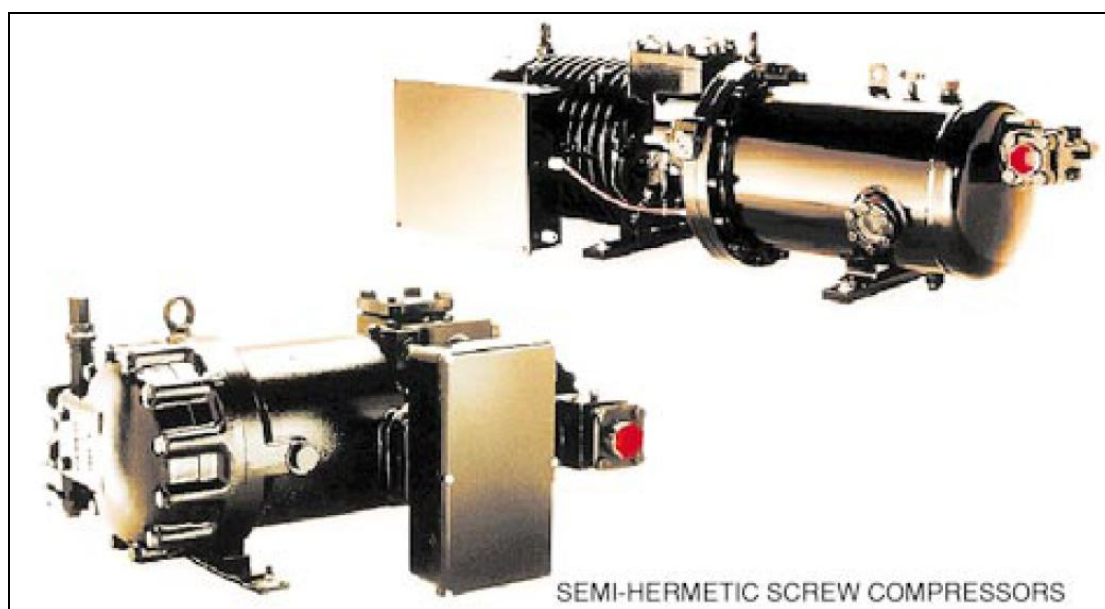


Σχήμα 1.28 Ψυκτικό συγκρότημα με 4 σπειροειδείς (scroll) συμπιεστές
(πηγή:εταιρεία Trane)

Οι σπειροειδείς συμπιεστές βρίσκουν εφαρμογές σε ψυκτικά συγκροτήματα κλιματισμού μικρού και μεσαίου μεγέθους (10 - 200 kW), με ψυκτικό ρευστό R-22 ή R-134a και μόνο σε ερμητικούς συμπιεστές.

2.1.2 B-5 Κοχλιωτοί Συμπιεστές (Screw Compressors)

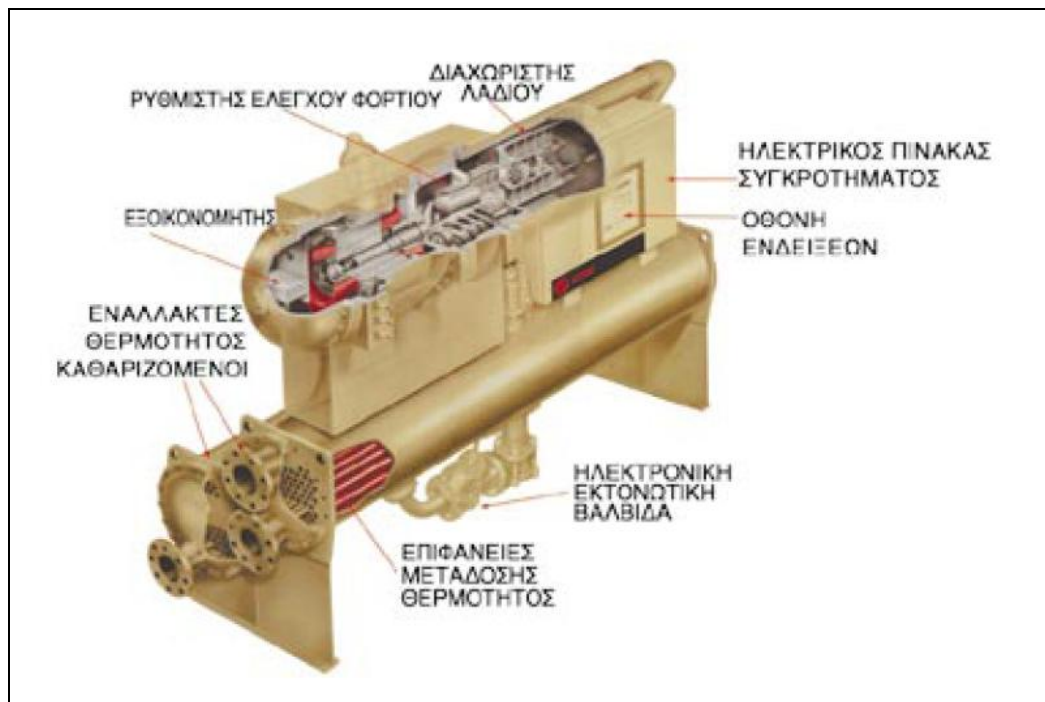
Οι κοχλιωτοί συμπιεστές αποτελούνται από το περίβλημα, κυλινδρικής μορφής και τους δύο περιστρεφόμενους στροφείς. Οι δύο αυτοί στροφείς φέρουν ατέρμονες κοχλίες με πτερύγια που εμπλέκονται τα μόν μέσα στα δε. Οι στροφείς περιστρέφονται από έναν ηλεκτροκινητήρα με τη βοήθεια συστήματος οδοντωτών τροχών (γρاناζιών).



Σχήμα 1.29 Ημιερμητικοί Κοχλιωτοί Συμπιεστές (Screw Compressors)

(πηγή:εταιρεία Trane)

Τα πτερύγια των στροφών, που συνεργάζονται με πολύ μικρές ανοχές καλύπτονται από ένα λεπτό στρώμα λαδιού. Μ' αυτόν τον τρόπο στεγανοποιείται άριστα ο χώρος της αναρρόφησης και της κατάθλιψης.



Σχήμα 1.30 Ψυκτικό συγκρότημα με κοχλιωτό ημιεργητικό συμπιεστή
(πηγή:εταιρεία Trane)

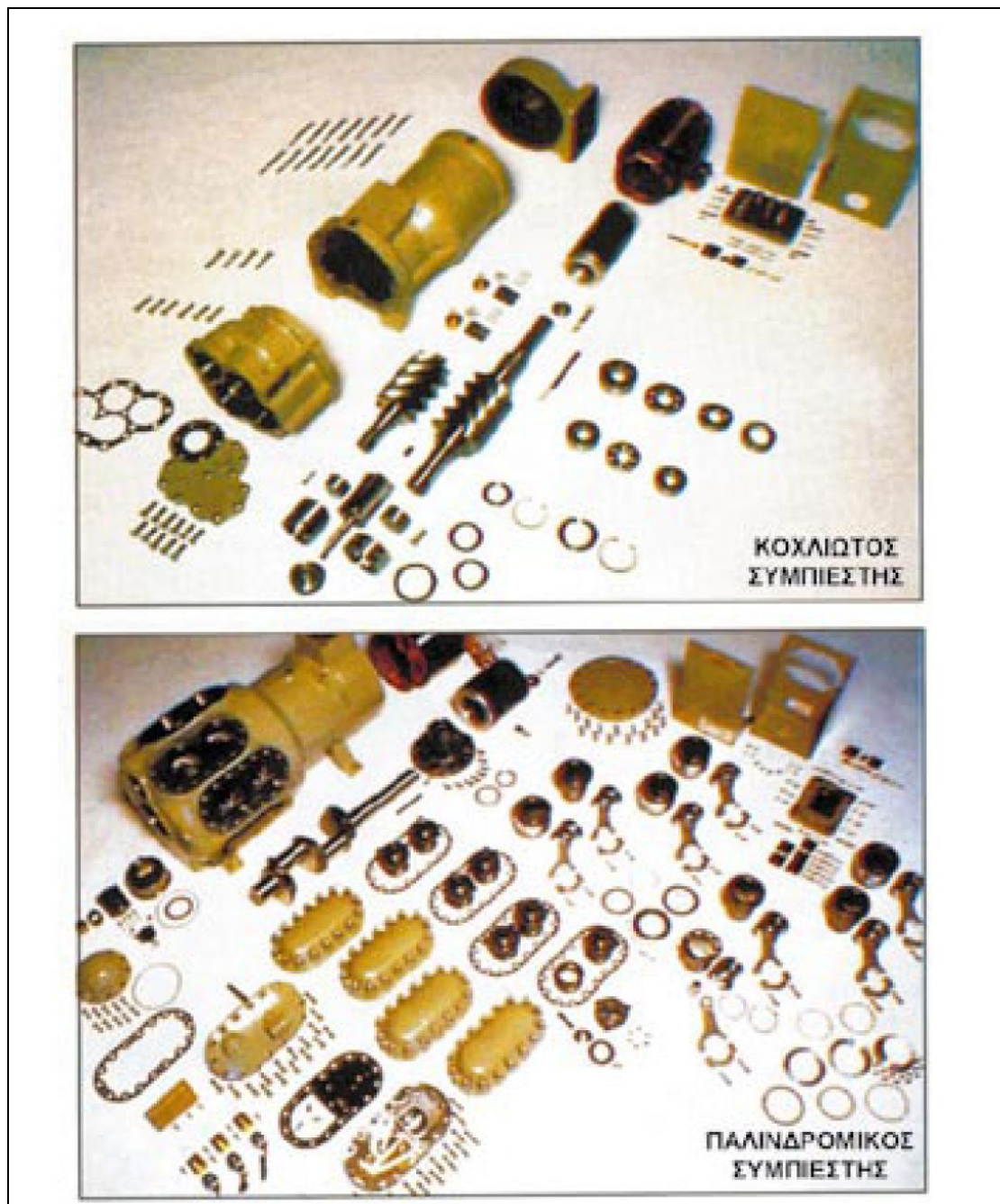
Ο μηχανισμός ελέγχου του φορτίου επιτυγχάνεται με την προοδευτική κίνηση μιας βαλβίδας που ολισθαίνει και βρίσκεται εγκατεστημένη κατά μήκος του κινητήριου άξονα και παράλληλα προς τα δύο στροφεία. Ανάλογα με τη θέση της βαλβίδας πάνω από τα στροφεία καθορίζεται και ο βαθμός φόρτισης του συμπιεστή. Η βαλβίδα κινείται από το υδραυλικό σύστημα πίεσης λαδιού και επιτρέπει στους συμπιεστές να τίθενται σε λειτουργία χωρίς φορτίο.

Κινούμενα μέρη

Οι κοχλιωτοί συμπιεστές έχουν ελάχιστο αριθμό κινούμενων μερών:

- τα δύο στροφεία με τις διατάξεις τους
- τη βαλβίδα ελέγχου της απόδοσης ή τις 2 βαλβίδες «εκκίνησης χωρίς φορτίο» και «αποφόρτισης».

Σε αντίθεση με τους παλινδρομικούς συμπιεστές, οι κοχλιωτοί συμπιεστές δεν έχουν έμβολα, διωστήρες, μηχανικές αντλίες λαδιού ή βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης. Οι κοχλιωτοί συμπιεστές έχουν 15 φορές λιγότερα καταπονούμενα μέρη από τους παλινδρομικούς συμπιεστές. Λιγότερα κινούμενα μέρη σημαίνει αυξημένη αξιοπιστία και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής .



Σχήμα 1.31 Σύγκριση κινούμενων μερών ενός κοχλιωτού και ενός παλινδρομικού συμπιεστή (πηγή: εταιρεία Trane)

Πίνακας 1.13 Πλεονεκτήματα κοχλιωτών συμπιεστών σε σχέση με τους παλινδρομικούς συμπιεστές

- Έχουν καλύτερο βαθμό απόδοσης από τους εμβολοφόρους, εφ' όσον ταιριάζει η συμπίεση στις συνθήκες λειτουργίας
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ : Οι κοχλιωτοί συμπιεστές έχουν , εκ κατασκευής, σταθερή σχέση συμπίεσης.
- Παρουσιάζουν μικρή μεταβολή του βαθμού απόδοσης τους με τη μεταβολή των στροφών
- Έχουν λίγα κινούμενα μέρη και επομένως λιγότερες φθορές
- Είναι αθόρυβοι
- Δεν έχουν βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης, αποφεύγοντας έτσι τις βλάβες και τις διαρροές ψυκτικού αερίου
- Επιτυγχάνουν μεγάλες πιέσεις κατάθλιψης
- Δεν κινδυνεύουν από εισροή υγρής φάσης ή υγρού εν γένει

(πηγή:Κτενιαδάκης-Παπαδάκης-Αργυρακάκης , 2003)

Ως μειονέκτημα των κοχλιωτών συμπιεστών σε σχέση με τους παλινδρομικούς συμπιεστές, μπορεί να θεωρηθεί η ακριβή κατασκευή τους, γιατί απαιτούν μηχανουργικές κατεργασίες υψηλής ακρίβειας. Οι κοχλιωτοί συμπιεστές κατασκευάζονται για ψυκτικά μέσα R-12, R-22, R-502, R-117 (αμμωνία) και R-134a (οικολογικό FREON) και βρίσκουν χρήση σε ψυκτικά συγκροτήματα εγκαταστάσεων κλιματισμού από 350 kW (100 RT) και πάνω.

1.2.3 Διβάθμιοι Συμπιεστές

Διβάθμιοι λέγονται οι συμπιεστές στους οποίους η συμπίεση προς τον συμπυκνωτή εκτελείται σε δύο (2) βαθμίδες.

- **Πρώτη βαθμίδα συμπίεσης = βαθμίδα χαμηλής πίεσης**
- **Δεύτερη βαθμίδα συμπίεσης = βαθμίδα υψηλής πίεσης**

Η βαθμίδα χαμηλής πίεσης αναρροφά το ψυκτικό αέριο από τον εξατμιστή και το καταθλίβει με ενδιάμεση σωλήνωση στην αναρρόφηση της βαθμίδας υψηλής πίεσης. Στη συνέχεια η βαθμίδα υψηλής πίεσης το καταθλίβει στην τελική πίεση κατάθλιψης και το οδηγεί στη σωλήνωση προς το συμπυκνωτή. Επειδή ο ειδικός όγκος του αναρροφούμενου αερίου στις δύο βαθμίδες διαφέρει, ο αριθμός των κυλίνδρων της βαθμίδας χαμηλής πίεσης εκλέγεται συνήθως διπλάσιος από τον αριθμό των κυλίνδρων της υψηλής πίεσης. Δηλαδή, για ένα διβάθμιο συμπιεστή με 3 κυλίνδρους, η πρώτη βαθμίδα θα έχει 2 κυλίνδρους και η δεύτερη βαθμίδα 1 κύλινδρο

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ : ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΚΟΠΟΣ

Ο παλινδρομικός συμπιεστής που χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις ψύξης είναι το εξάρτημα εκείνο της εγκατάστασης που καταναλώνει το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας και ως εκ τούτου, η βελτίωση της απόδοσης του αποτελεί ένα από τα κύρια θέματα των μελετητών και σχεδιαστών του συστήματος. Πρόβλεψη του βαθμού απόδοσης του συμπιεστή και του συντελεστή συμπεριφοράς του συγκροτήματος (COP) μπορεί να βοηθήσει μελετητές και σχεδιαστές να οδηγηθούν σε εναλλακτικές λύσεις για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Η μοντελοποίηση των χαρακτηριστικών λειτουργίας και κατανάλωσης των παλινδρομικών συμπιεστών για τις ψυκτικές εγκαταστάσεις έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές . Αυτά τα μαθηματικά μοντέλα μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες: εμπειρικά , ημι-εμπειρικά και αναλυτικά μοντέλα. Στην πρώτη περίπτωση, οι σχέσεις βασίζονται αποκλειστικά σε πειραματικά δεδομένα, αλλά δεν έχουν καμία φυσική σημασία και δεν μπορούν να εφαρμοστούν εκτός του εύρους του ελέγχου (ARI, 1999, ASHRAE, 1993). Η δεύτερη προσέγγιση, από την άλλη πλευρά, βασίζεται σε απλές θερμοδυναμικές σχέσεις στις οποίες ενσωματώνονται και εμπειρικοί όροι από πειραματικά δεδομένα (Porovic και Shapiro, 1995, Jähmig et al., 2000, Kim και Bullard, 2002, Winandy et al., 2002, Melo, 2006, Navarro et al. 2007α, Navarro et al. 2007β, Duprez et al. 2007). Η τρίτη κατηγορία χρησιμοποιείται για να μελετήσει τις λεπτομέρειες του σχεδιασμού του συμπιεστή, όπως ροές στην βαλβίδα, μεταφοράς θερμότητας στον κύλινδρο, διαρροές στο σύστημα κύλινδρος-έμβολο, που φέρει απώλειες, κλπ, αλλά απαιτεί υψηλές γνώσεις υπολογιστικών προγραμμάτων (MATLAB , MATHCAD , TRANSYS) , μεγάλο όγκο δεδομένων (π.χ. γεωμετρία βαλβίδων) , τα οποία είναι διαθέσιμα μόνο στους κατασκευαστές (Dufour et al., 1995, Srinivas et al., 2002, Longo και Gasparella, 2003, Elhaj et al. 2008) και τελικά επαλήθευση. Τα παραπάνω μοντέλα που ονομάζονται και **CFD** (Computational fluid dynamic) λαμβάνουν υπόψη τη ροή του ρευστού και τη μεταφορά θερμότητας εντός του κυλίνδρου

και μέσα από τις βαλβίδες τρισδιάστατη και τυρβώδης (Yasar και Κοζας, 2007, Pereira et al., 2007).

Η τρέχουσα ερευνητική εργασία τείνει σε ένα **ημι-εμπειρικό μοντέλο** για την πρόβλεψη της απόδοσης του συμπιεστή σε διάφορες συνθήκες λειτουργίας (διαφορετικοί ισεντροπικοί βαθμοί , διαφορετικές σχέσεις συμπίεσης και διάφορα ψυκτικά ρευστά) . Το μοντέλο βασίζεται σε θερμοδυναμικές εξισώσεις και δεδομένα ψυκτικών ρευστών που περιλαμβάνονται σε γνωστά υπολογιστικά προγράμματα και ως μέτρο σύγκρισης θα χρησιμοποιηθούν οι γνωστές εμπειρικές σχέσεις G.Lorenzten.

Σκοπός της παρούσης διατριβής είναι σε πρώτη φάση να μελετηθεί η επίδραση του ισεντροπικού βαθμού απόδοσης (επίδραση της λειτουργίας του συμπιεστή) και της σχέσης συμπίεσης (επίδραση των συνθηκών λειτουργίας και του χρησιμοποιούμενου ρευστού) .

2.2 ΥΛΙΚΑ-ΜΕΘΟΔΟΙ

2.2.1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

2.2.1.1 Απόδοση Συμπιεστή και Απόδοση Συστήματος

Είναι πολύ βασικό να αποδίδεται σωστά η διαφορά μεταξύ της απόδοσης του συμπιεστή και εκείνης του συστήματος ψύξης συνολικά. Η παράμετρος της απόδοσης συγχέεται συχνά για τον λόγο αυτό είναι απαραίτητο να δοθεί ξεκάθαρα η σχέση τους.

Η απόδοση συμπιεστή συχνά παρουσιάζεται από τους κατασκευαστές είτε ως διάγραμμα είτε σε **πίνακες απόδοσης και ισχύος** για την περιοχή θερμοκρασιών συμπύκνωσης και εξάτμισης.

Όταν λοιπόν μιλάμε για απόδοση του ψυκτικού συστήματος εννοούμε την ένδειξη της ενεργειακής απόδοσης ολόκληρου του ψυκτικού κύκλου.

Συνήθως την εκφράζουμε με τον συντελεστή συμπεριφοράς (COP).

Ο συντελεστή συμπεριφοράς (COP θεωρητικός) ενός ψυκτικού συγκροτήματος επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως :

- **Το ψυκτικό ρευστό**
- **Τη διάταξη του κύκλου**
- **Τις θερμοκρασίες συμπύκνωσης και εξάτμισης**
- **Την λειτουργία του συμπιεστή**
- **Τη κατανάλωση ενέργειας.**

Κάθε ένας από τους παραπάνω παράγοντες έχει μια συγκεκριμένη επίδραση στο COP και σε επέκταση στην συνολική ενεργειακή απόδοση. Προκειμένου να χαρακτηρίσουμε την απόδοση μιας τέτοιας ψυκτικής διάταξης συγκρίνουμε το χρήσιμο ποσόν θερμικής ενέργειας προς το μηχανικό έργο που δαπανάται .

Εάν η ωφέλιμη ενεργειακή ποσότητα είναι η ενέργεια θέρμανσης Q_{θ} , τότε ομιλούμε για αντλία θερμότητας και η απόδοση της χαρακτηρίζεται από τον συντελεστή θερμικής συμπεριφοράς:

$$\text{COP}_{\theta} = \frac{Q_{\theta}}{W} \quad (1)$$

Εάν το χρήσιμο ενεργειακό ποσόν είναι η ενέργεια ψύξης Q_{ψ} , τότε ομιλούμε για ψυκτική μηχανή ή ψυκτική εγκατάσταση και η απόδοση της χαρακτηρίζεται από τον συντελεστή ψυκτικής συμπεριφοράς:

$$\text{COP}_{\psi} = \frac{Q_{\psi}}{W} \quad (\text{θεωρητικός}) \quad (2)$$

Τέλος υπάρχουν ψυκτικές διατάξεις που εκμεταλλεύονται τόσο την ενέργεια θέρμανσης Q_{θ} όσο και την ενέργεια ψύξης Q_{ψ} οπότε ομιλούμε για θερμοψυκτική αντλία με συντελεστή συμπεριφοράς αντίστοιχα:

$$\text{COP}_{\theta,\psi} = \frac{Q_{\theta} + Q_{\psi}}{W} \quad (3)$$

Ο συντελεστής COP_{ψ} παίρνει τιμές μεγαλύτερες ή μικρότερες της μονάδας ενώ οι COP_{θ} και $\text{COP}_{\theta,\psi}$ είναι πάντοτε μεγαλύτεροι της μονάδας:

$$\text{COP}_{\theta} = \frac{Q_{\theta}}{W} = \frac{Q_{\psi} + W}{W} = 1 + \frac{Q_{\psi}}{W} > 1 \quad (4)$$

$$\text{Ομοίως : } \text{COP}_{\theta,\psi} = 1 + \frac{2Q_{\psi}}{W} > 1 \quad (5)$$

Πίνακας Β.1 Χαρακτηριστικά απόδοσης και ισχύος

Capacity (EN 12900/CECOMAF) watt

rpm \ °C	-30	-25	-23.3	-20	-15	-10	-5	0	5	10
2,000	15.8	23.9	26.9	33.1	43.8	56.6	71.7	89.9	111	136
2,500	20.2	29.9	33.5	41.2	54.6	70.7	89.7	112	139	
3,000	22.5	32.4	36.5	45.4	61.8	81.7	105	133		
3,500	26.2	35.9	40.4	50.5	69.8	93.6	122			

Capacity (ASHRAE) watt

rpm \ °C	-30	-25	-23.3	-20	-15	-10	-5	0	5	10
2,000	19.5	29.4	33.1	40.7	54.0	69.8	88.6	111	137	169
2,500	24.9	36.8	41.3	50.7	67.3	87.1	111	139	172	
3,000	27.7	39.9	44.9	55.9	76.1	101	130	164		
3,500	32.2	44.2	49.7	62.2	86.0	115	150			

Power consumption watt

rpm \ °C	-30	-25	-23.3	-20	-15	-10	-5	0	5	10
2,000	17.6	23.4	25.3	28.7	33.6	38.3	43.0	48.0	53.4	59.5
2,500	23.3	30.9	33.3	37.8	44.1	50.2	56.2	62.3	68.7	
3,000	29.9	36.0	38.3	43.0	50.7	58.7	66.8	74.8		
3,500	36.0	42.8	45.4	50.8	59.5	68.9	78.5			

Current consumption (for 24V applications the following must be halved) A

rpm \ °C	-30	-25	-23.3	-20	-15	-10	-5	0	5	10
2,000	1.5	2.0	2.1	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.5	5.0
2,500	1.9	2.6	2.8	3.2	3.7	4.2	4.7	5.2	5.8	
3,000	2.5	3.0	3.2	3.6	4.2	4.9	5.6	6.2		
3,500	3.0	3.6	3.8	4.3	5.0	5.7	6.5			

COP (EN 12900/CECOMAF) W/W

rpm \ °C	-30	-25	-23.3	-20	-15	-10	-5	0	5	10
2,000	0.90	1.02	1.06	1.15	1.31	1.48	1.67	1.87	2.08	2.29
2,500	0.87	0.97	1.01	1.09	1.24	1.41	1.60	1.80	2.02	
3,000	0.75	0.90	0.95	1.06	1.22	1.39	1.58	1.78		
3,500	0.73	0.84	0.89	1.00	1.17	1.36	1.55			

COP (ASHRAE) W/W

rpm \ °C	-30	-25	-23.3	-20	-15	-10	-5	0	5	10
2,000	1.10	1.25	1.31	1.42	1.61	1.82	2.06	2.31	2.57	2.84
2,500	1.07	1.19	1.24	1.34	1.53	1.74	1.97	2.23	2.50	
3,000	0.93	1.11	1.17	1.30	1.50	1.72	1.95	2.20		
3,500	0.89	1.03	1.09	1.23	1.44	1.68	1.91			

Test conditions

Condensing temperature 55°C
Ambient and suction gas temp. 32°C
Liquid temperature 55°C
Static cooling, 12V DC
1 Watt = 0.86 kcal/h

EN 12900/CECOMAF

55°C
32°C
55°C

ASHRAE

55°C
32°C
32°C

Compressor speed

Electronic unit	Resistor (R1) Ω	Motor speed rpm	Contr.circ. current mA
101N0210 101N0220	0	2,000	5
	277	2,500	4
	692	3,000	3
101N0300 with AEO	1523	3,500	2
	0	AEO	6
	173	2,000	5
	450	2,500	4
	865	3,000	3
	1696	3,500	2

In AEO (Adaptive Energy Optimizing) speed mode the BD compressor will always adapt its speed to the actual cooling demand.

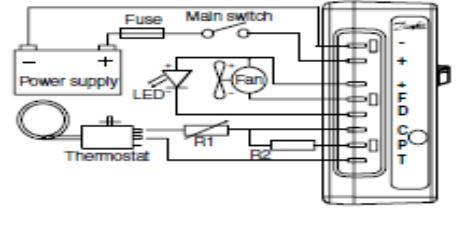
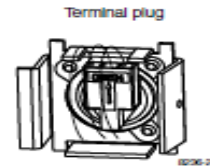
Accessories

Devices	BD35F
Standard automobile fuse DIN 7258 12V: 15A 24V: 7.5A	Not deliverable from Danfoss
Mounting accessories	
Bolt joint for one compressor	118-1917
Bolt joint in quantities	118-1918
Snap on in quantities	118-1919

Wire dimensions

AWG	Size	Max length* 12V operation		Max length* 24V operation	
		ft.	m	ft.	m
12	2.5	8	2.5	16	5
12	4	13	4	26	8
10	6	19.5	6	39	12
8	10	32.8	10	65.6	20

*Length between battery and electronic unit



Operational errors shown by LED (optional)

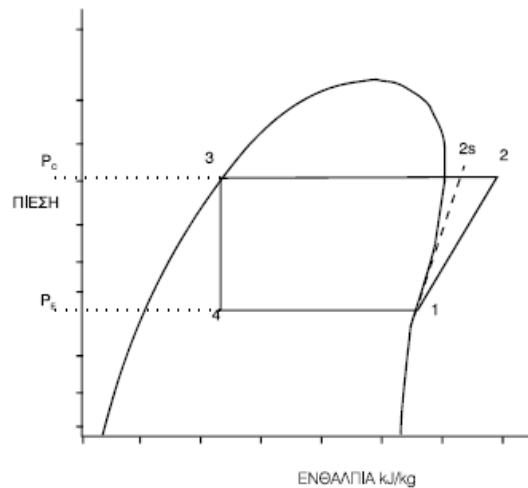
Number of flashes	Error type
5	Thermal cut-out of electronic unit (If the refrigeration system has been too heavily loaded, or if the ambient temperature is high, the electronic unit will run too hot).
4	Minimum motor speed error (If the refrigeration system is too heavily loaded, the motor cannot maintain minimum speed at approximately 1,850 rpm).
3	Motor start error (The rotor is blocked or the differential pressure in the refrigeration system is too high (>5 bar)).
2	Fan over-current cut-out (The fan loads the electronic unit with more than 1A _{max}).
1	Battery protection cut-out (The voltage is outside the cut-out setting).

Danfoss can accept no responsibility for possible errors in catalogues, brochures and other printed material. Danfoss reserves the right to alter its products without notice. This also applies to products already on order provided that such alterations can be made without subsequent changes being necessary in specifications already agreed. All trademarks in this material are property of the respective companies. Danfoss and the Danfoss logotype are trademarks of Danfoss A/S. All rights reserved.

(Πηγή : εταιρεία Danfoss)

2.2.1.2 Υπολογισμός της Ισεντροπικής Απόδοσης Συμπιεστή

Ο υπολογισμός της απόδοσης του συμπιεστή από τα στοιχεία του κατασκευαστή είναι απαραίτητος για τη διαμόρφωση του θερμοδυναμικού κύκλου χρησιμοποιώντας τα δεδομένα ψυκτικών ιδιοτήτων. Το βασικό σχεδιάγραμμα ενός μονοβάθμιου κύκλου παρουσιάζεται στην Σχήμα 2.1 με το αντίστοιχο διάγραμμα του Mollier .



Σχήμα 2.1 Διάγραμμα Πίεσης - Ενθαλπίας (Mollier)

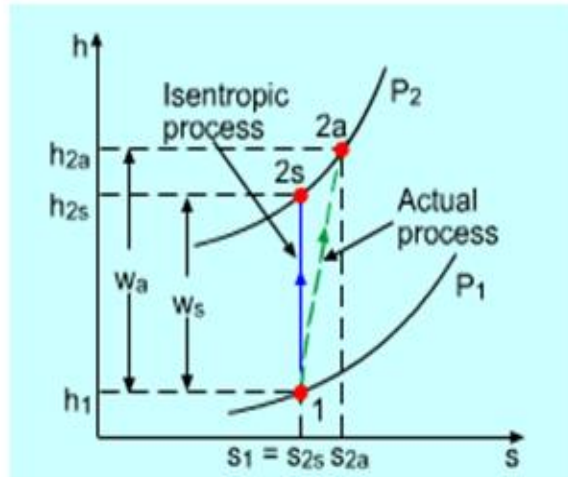
Η ισεντροπική απόδοση του συμπιεστή ορίζεται σαν το πηλίκο :

$$n_{is} = \frac{\text{Αντιστρεπτό έργο συμπίεσης}}{\text{Μη αντιστρεπτό έργο συμπίεσης}} \quad (6)$$

Κάνοντας αναφορά στην σχήμα 1 αυτό είναι ισοδύναμο με :

$$n_{is} = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1} \quad (7)$$

όπου h είναι η ενθαλπία του ψυκτικού ρευστού.



Σχήμα 2.2 : h-s της πραγματικής και της ισεντροπικής διαδικασίας ενός αδιαβατικού συμπιεστή

2.2.1.3 Λόγος Συμπίεσης (Σχέση Συμπίεσης)

Λόγος συμπίεσης ή σχέση συμπίεσης ενός συμπιεστή ονομάζεται ο λόγος της απόλυτης πίεσης της κατάθλιψης προς την απόλυτη πίεση της αναρρόφησης.

Δηλαδή:

$$\text{ΛΟΓΟΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ} = \frac{\text{ΑΠΟΛΥΤΗ ΠΙΕΣΗ ΚΑΤΑΘΛΙΨΗΣ}}{\text{ΑΠΟΛΥΤΗ ΠΙΕΣΗ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗΣ}}$$

$$r = \frac{P_c}{P_e} \quad (8)$$

2.2.1.4 ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

2.2.1.4 .1 Ογκομετρικός Βαθμός Απόδοσης (n_v)

Ο όγκος του ψυκτικού αερίου (στη μονάδα του χρόνου) που πραγματικά καταθλίβεται προς το συμπυκνωτή, είναι μικρότερος από το θεωρητικά υπολογισμένο.

Έστω:

\dot{V}_π = η παροχή του ψυκτικού αερίου που πραγματικά καταθλίβεται προς το συμπυκνωτή

\dot{V}_θ = η θεωρητικά υπολογιζόμενη παροχή του συμπιεστή

Τότε ο Ογκομετρικός Βαθμός Απόδοσης (η_v) του συμπιεστή δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Ογκομετρικός Βαθμός Απόδοσης} = \eta = \frac{\dot{V}_\pi}{\dot{V}_\theta} \times 100 \%$$

Είναι φανερό ότι $\eta < 100 \%$.

Ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης των συμπιεστών δεν είναι σταθερός, αλλά εξαρτάται από πολλούς παράγοντες.

Οι κυριότεροι είναι:

- 1. Το μέγεθος του νεκρού χώρου του συμπιεστή**
- 2. Η θερμοκρασία των κυλίνδρων**
- 3. Ο λόγος συμπίεσης**
- 4. Οι διαρροές ψυκτικού αερίου από τα έμβολα και τις βαλβίδες του συμπιεστή**

Ειδικότερα:

1. Ο νεκρός χώρος του συμπιεστή πρέπει να είναι ο ελάχιστος δυνατός. Όσο μεγαλύτερος είναι ο νεκρός χώρος, τόσο χαμηλότερο βαθμό απόδοσης έχουμε.

2. Η θερμοκρασία των κυλίνδρων επηρεάζει σημαντικά τον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης. Με την αύξηση της θερμοκρασίας, αυξάνεται ο ειδικός όγκος (m^3/kg) του ψυκτικού αερίου και έτσι η μάζα του ψυκτικού ρευστού που μπορεί να χωρέσει στον κύλινδρο, στη φάση της αναρρόφησης, ελαττώνεται.

Επομένως, η μάζα του κυκλοφορούντος ψυκτικού ρευστού μειώνεται, με αποτέλεσμα τη μείωση της ψυκτικής ικανότητας της μονάδας.

3. Ο λόγος συμπίεσης διαμορφώνει τελικά τον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης, που εξαρτάται από το μέγεθος της κατάθλιψης του συμπιεστή.

2.2.1.4 .2 Ενδεικνυμένος βαθμός απόδοσης (η_i)

(περίπου ίσος με τον ογκομετρικό):

2.2.1.4 .2 A Τύπος Lorenzen:

$$\eta_i \approx \eta_v = 1 - 0.05 \frac{P_c}{P_e} \quad (9)$$

(πρόβλεψη –προεκτίμηση του βαθμού απόδοσης με την εμπειρική σχέση του LORENTZEN.)

Η παραπάνω σχέση διανύει την πέμπτη δεκαετία ζωής ενώ οι κλασσικοί (παλινδρομικοί) συμπιεστές έχουν αλλάξει χαρακτηριστικά. Επίσης, έχουν προκύψει νέοι τύποι συμπιεστών , όπως περιστροφικοί, κοχλιωτοί κ.λ.π. με τελείως διαφορετική συμπεριφορά. Παράλληλα έχει γίνει επανάσταση και με τα νέα (περιβαλλοντικά) ψυκτικά ρευστά.

Οφείλαμε επομένως να ερευνήσουμε την μεταβολή του ενδεικνυμένου βαθμού απόδοσης των σύγχρονων συμπιεστών με τα νέα ψυκτικά ρευστά ,προκειμένου να καταλήξουμε σε νέες σχέσεις πρόβλεψης που είναι απαραίτητες σε κάθε μελέτη του ψυκτικού κύκλου

2.2.1.4 .2 B Εκτίμηση του ενδεικνυμένου βαθμού απόδοσης :

Η σχέση (6) αναλυτικά γράφεται :

$$\eta_{ic} = \frac{W_{rev}}{W_{real}} = \frac{(m * R / (\gamma - 1)) * (T_2 - T_1)}{h_2 - h_1} \quad (10)$$

όπου :

W_{rev} (kJ) = έργο αντιστρεπτής μεταβολής (πηγή :Δημόπουλος 1993)

W_{real} (kJ) = έργο μη αντιστρεπτής μεταβολής

m (kg) = 1

R (kJ/kg*K) = 0.09614

γ = σταθερά (c_p/c_v) για το εκάστοτε ψ.ρ

h_2-h_1 (kj/kg) = ειδ.ενθαπλίες σημείων 1 και 2 του σχήματος 2.1

T_1 , T_2 : θερμοκρασίες στα σημεία 1 και 2 του σχήματος 2.1

Παρατηρούμε, ότι ενώ η σχέση Lorentzen (σχέση 9) έχει σαν παράγοντα μόνο την σχέση συμπίεσης ($r = \frac{P_c}{P_e}$), η νέα προτεινόμενη σχέση (σχέση 10) έχει περισσότερες μεταβλητές όπως τη σταθερά του ρευστού R, το γ του ψ. ρευστού και τις θερμοκρασίες αναρρόφησης-κατάθλιψης στον συμπιεστή.

Έτσι, φαίνεται ότι η νέα σχέση, αφού λαμβάνει υπόψη της περισσότερους παράγοντες, θα έχει και μεγαλύτερη ακρίβεια

2.2.1.4 .3 Μηχανικός βαθμός απόδοσης:

$$\underline{n_m = 0,9} \quad (11)$$

(Παίρνουμε την τιμή 0,9 που συνήθως ισχύει για συμπιεστές του μεγέθους που εξετάζουμε και δηλώνει τις μηχανικές απώλειες.)

2.2.1.4 .4 Ολικός βαθμός απόδοσης:

$$\underline{n_{ολ} = n_i \times n_m} \quad (12)$$

Υπολογίζουμε τον ολικό βαθμό απόδοσης βάση της παραπάνω εξίσωσης 12 για ενδεικνυμένο βαθμό απόδοσης (n_{iL}) υπολογισμένο με την εμπειρική σχέση του LORENZEN (εξίσωση 9) και για ενδεικνυμένο βαθμό απόδοσης (n_{iC}) υπολογισμένο με τη σχέση 10.

2.2.1.5 ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ

($COP_{\psi, REAL}$):

$$COP_{\psi}^R = \frac{Q_{\psi}}{W} \times n_{ολ} \quad (13\alpha)$$

$$COP_{\theta}^R = \frac{Q_{\theta}}{W} \times n_{ολ} \quad (13\beta)$$

2.2.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν με το πρόγραμμα **COOLPACK** (Technical University of Denmark , 2000) το οποίο περιέχει διάφορα μοντέλα προσομοίωσης με τις ακόλουθες δυνατότητες:

- Ανάλυση του ψυκτικού κύκλου (σχεδιασμός της διαδικασίας)
- διαστασιολόγηση του συστήματος
- προσομοίωση του συστήματος
- υπολογισμοί των μερών του ψυκτικού συγκροτήματος (συμπιεστής , συμπυκνωτής , εξατμιστής , εκτονωτικής διάταξης.)
- Ανάλυση των συνθηκών λειτουργίας
- Θερμοδυναμικές ιδιότητες των ψυκτικών ρευστών και των θερμομεταφορικών μέσων.

Η παραπάνω προσομοίωση έγινε για πέντε ψυκτικά ρευστά (R134a , R22 , R410a , R404a , R407c) και τέσσερα διαφορετικά καθεστώτα λειτουργίας .

Έτσι , με δεδομένα τις θερμοκρασίες εξατμησης και συμπύκνωσης , τους ψυκτικούς κύκλους με υπερθέρμανση και υπόψυξη 5 K αντίστοιχα , και με βασική παράμετρο τον ισεντροπικό βαθμό απόδοσης ($n_{is} = 1$, $n_{is} = 0.9$, $n_{is} = 0.8$, $n_{is} = 0.7$, $n_{is} = 0.6$) υπολογίστηκαν με την βοήθεια υπολογιστικών φύλλων (excel) βασικά μεγέθη όπως :

- η σχέση συμπίεσης ($r = \frac{P_c}{P_e}$) ,
- ο ενδεικνυμένος βαθμός απόδοσης (n_{iL}) βάση της εξίσωσης LORENZEN ($n_{iL} = 1 - 0.05 * r$) ,
- ο νέος ενδεικνυμένος βαθμός απόδοσης (n_{iC}) βάση της σχέσης 10 ($n_{iC} = \frac{W_{rev}}{W_{real}} = \frac{(m * R / (\gamma - 1)) * (T_2 - T_1)}{h_2 - h_1}$) ,
- ο θεωρητικός συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς (COP_{θ}) ,
- ο πραγματικός συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς με βάση την σχέση του Lorenzen . ($COP_{\psi,r,L}$)
- ο πραγματικός συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς με βάση τον νέο ενδεικνυμένο βαθμό απόδοσης n_{iC} . ($COP_{\psi,r,c}$)

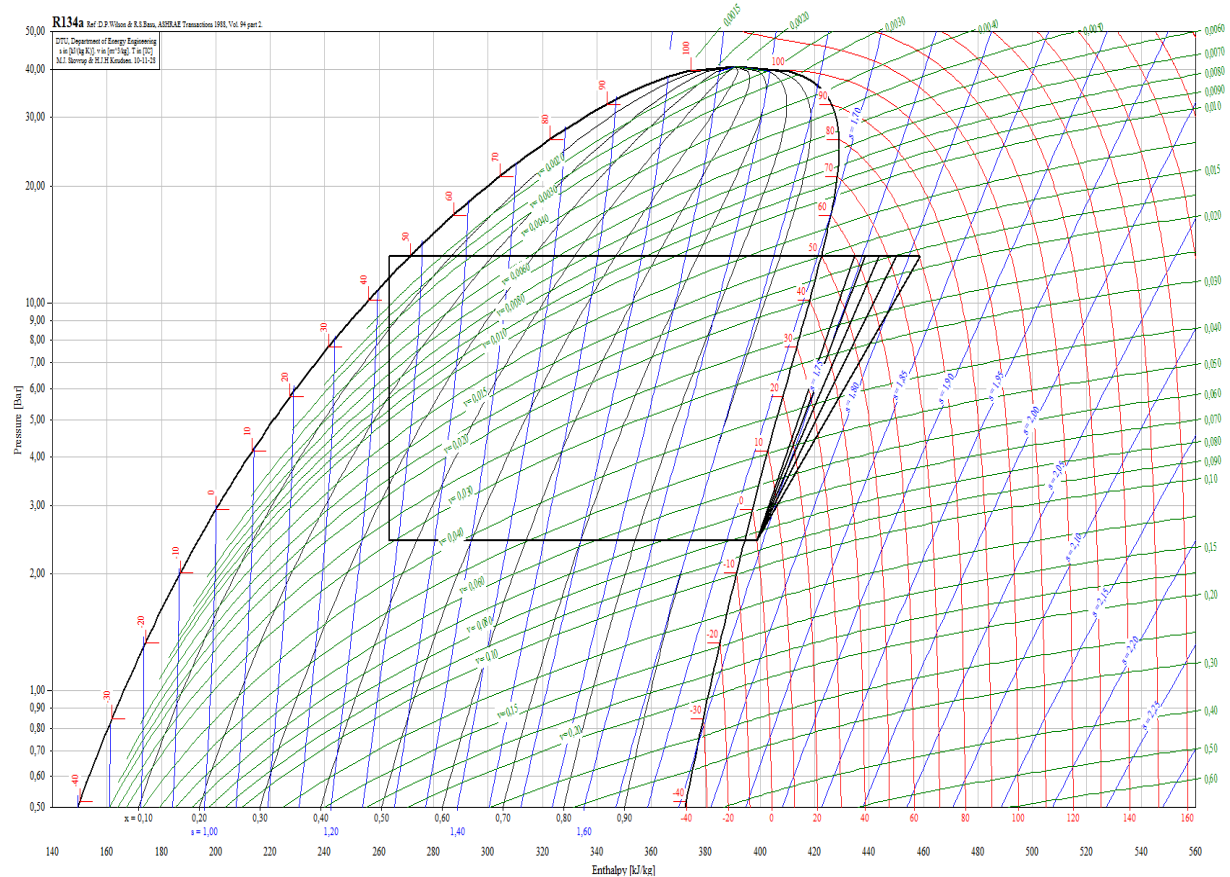
Τα καθεστώτα λειτουργίας (θερμοκρασία εξατμίσης T_e , θερμοκρασία συμπύκνωσης T_c) κάτω από τα οποία προσομοιώθηκαν οι ψυκτικοί κύκλοι για τα παραπάνω πέντε ρευστά είναι οι εξής :

- **ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Α** ($T_e = -5^{\circ} \text{ C}$, $T_c = +50^{\circ} \text{ C}$) : Η οποία αναφέρεται σε συνήθεις συνθήκες συντήρησης αγροτικών προϊόντων με αερόψυκτο συμπυκνωτή .
- **ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Β** ($T_e = -30^{\circ} \text{ C}$, $T_c = +30^{\circ} \text{ C}$) : Η οποία αναφέρεται σε συνθήκες κατάψυξης αγροτικών προϊόντων με υδρόψυκτο συμπυκνωτή .
- **ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Γ** ($T_e = -5^{\circ} \text{ C}$, $T_c = +30^{\circ} \text{ C}$) : Η οποία αναφέρεται σε συνθήκες συντήρησης αγροτικών προϊόντων με υδρόψυκτο συμπυκνωτή .
- **ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Δ** ($T_e = -30^{\circ} \text{ C}$, $T_c = +50^{\circ} \text{ C}$) : Η οποία αναφέρεται σε συνθήκες κατάψυξης αγροτικών προϊόντων με αερόψυκτο συμπυκνωτή .

2.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ -ΣΧΟΛΙΑ

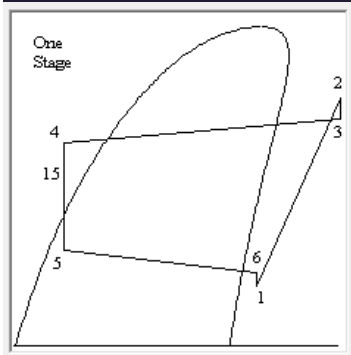
2.3.1 Αποτελέσματα για Ψυκτικό ρευστό : **R134a**

- **ΚΑΘΕΣΤΩΣ Α (Te = -5°C , Tc = +50°C) : ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΑΕΡΟΨΥΚΤΟ**



Για Ισεντροπική συμπίεση ($\eta_{is} = 1$)

ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΓΙΑ ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ



Σχηματική παράσταση κύκλου

Σημείο	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	0	2,434	0,084443	398,754	1,7414
2	58,819	13,176	0,016216	434,696	1,7414
3	58,819	13,176	0,016216	434,696	1,7414
4	45	13,176	N/A	263,712	N/A
5	N/A	2,434	N/A	263,712	N/A
6	0	2,434	0,084431	398,754	1,7414

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 1) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,729	niC	0,983
COP ψ ,L	2,466	COP ψ ,C	3,325
r	5,413	r	5,413
COP ψ^{θ}	3,757	COP ψ^{θ}	3,757

Όπου :

- r : Σχέση συμπίεσης . (σχέση 8) ο οποίος παραμένει ο ίδιος και για τα δύο αποτελέσματα
- COP ψ^{θ} : θεωρητικός συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς (σχέση 2) ο οποίος παραμένει ο ίδιος και για τα δύο αποτελέσματα
- niL : Ενδεικνυμένος βαθμός απόδοσης με βάση την σχέση του Lorenzen (σχέση 9)
- COP ψ ,L : πραγματικός συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς με βάση την σχέση του Lorenzen . (σχέση 13α)
- niC : Υπολογισμένος ενδεικνυμένος βαθμός απόδοσης με βάση την σχέση (10)
- COP ψ ,C : πραγματικός συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς με βάση τον ισεντροπικό βαθμό απόδοσης niC . (σχέση 13α)

Ομοίως , για $nis < 1$ οι αντίστοιχοι πίνακες αποτελεσμάτων είναι οι εξής :

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,9) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,729	niC	0,885
COP ψ ,L	2,466	COP ψ ,C	2,693
r	5,413	r	5,413
COP ψ^{θ}	3,381	COP ψ^{θ}	3,381

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,8) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,729	niC	0,786
COP ψ ,L	2,466	COP ψ ,C	2,128
r	5,413	r	5,413
COP ψ^{θ}	3,005	COP ψ^{θ}	3,005

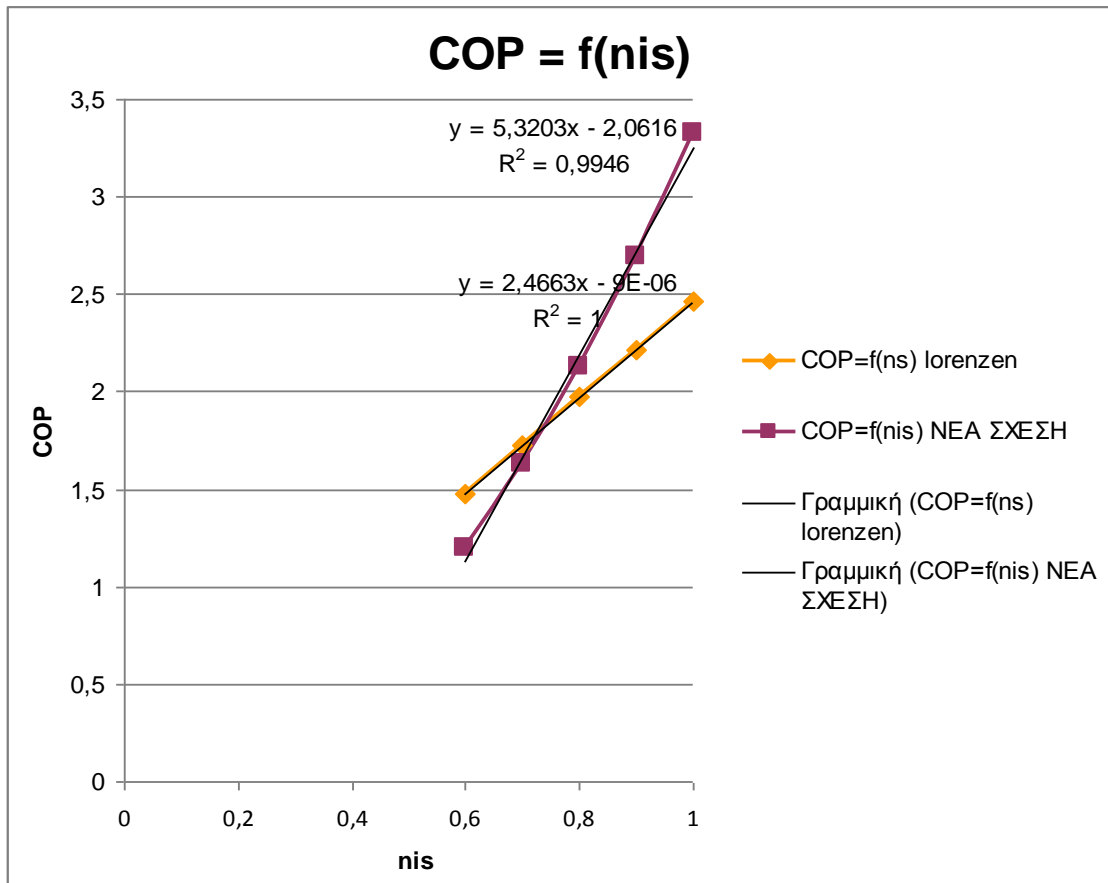
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,7) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorentzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,729	niC	0,688
COP ψ ,L	2,466	COP ψ ,C	1,629
r	5,413	r	5,413
COP ψ^{θ}	2,630	COP ψ^{θ}	2,630

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,6) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorentzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,729	niC	0,590
COP ψ ,L	2,466	COP ψ ,C	1,197
r	5,413	r	5,413
COP ψ^{θ}	2,254	COP ψ^{θ}	2,254

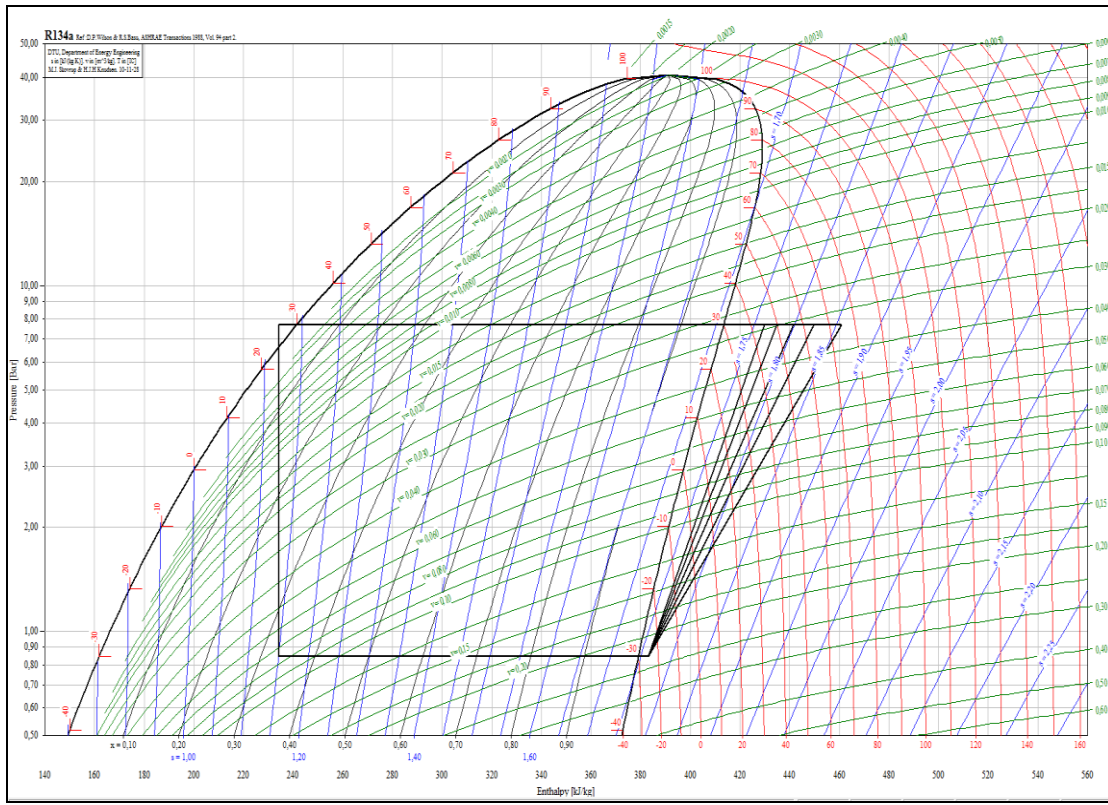
Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα που αφορούν το ψ.ρευστό R134a μπορούμε να αποτυπώσουμε γραφικά την μεταβολή του COP ψ με τον nis για το μελετηθέν καθεστώς.



nis	COP _{ψL}	COP _{ψC}
1	0,406	1,700
0,9	0,366	1,461
0,8	0,325	1,239
0,7	0,284	1,03
0,6	0,244	0,842

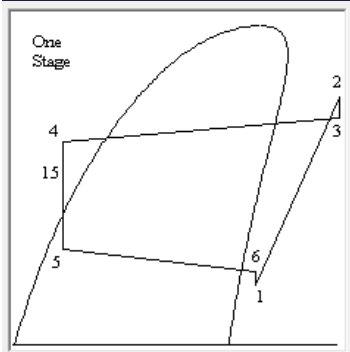
Σχήμα 2.3 : Γραφική παράσταση της σχέσης $COP = f(nis)$ για ψυκτικό ρευστό R134a για σχέση συμπίεσης $r = 5,41$

• ΚΑΘΕΣΤΩΣ Β ($T_e = -30^{\circ}\text{C}$, $T_c = +30^{\circ}\text{C}$) : ΚΑΤΑΨΥΞΗ ΥΔΡΟΨΥΚΤΟ



Για Ισεντροπική συμπίεση ($\eta_{is} = 1$)

ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΓΙΑ ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ



Σχηματική παράσταση κύκλου

ΣΗΜΕΙΟ	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	-25	0,847	0,22952	383,072	1,7624
2	45,094	7,701	0,029001	429,756	1,7624
3	45,094	7,701	0,029001	429,756	1,7624
4	25	7,701	N/A	234,294	N/A
5	N/A	0,847	N/A	234,294	N/A
6	-25	0,847	0,229518	383,072	1,7624

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 1) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,545	niC	0,902
			2,587
COP _{ψr,L}	1,564	COP _{ψr,C}	
r	9,092	r	9,092
COP _{ψ^θ}	3,186	COP _{ψ^θ}	3,186

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,9) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorentzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,545	niC	0,868
			2,242
COP _{ψr,L}	1,407	COP _{ψr,C}	
r	9,092	r	9,092
COP _{ψ^θ}	2,868	COP _{ψ^θ}	2,868

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,8) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorentzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,545	niC	0,835
			1,917
COP _{ψr,L}	1,251	COP _{ψr,C}	
r	9,092	r	9,092
COP _{ψ^θ}	2,549	COP _{ψ^θ}	2,549

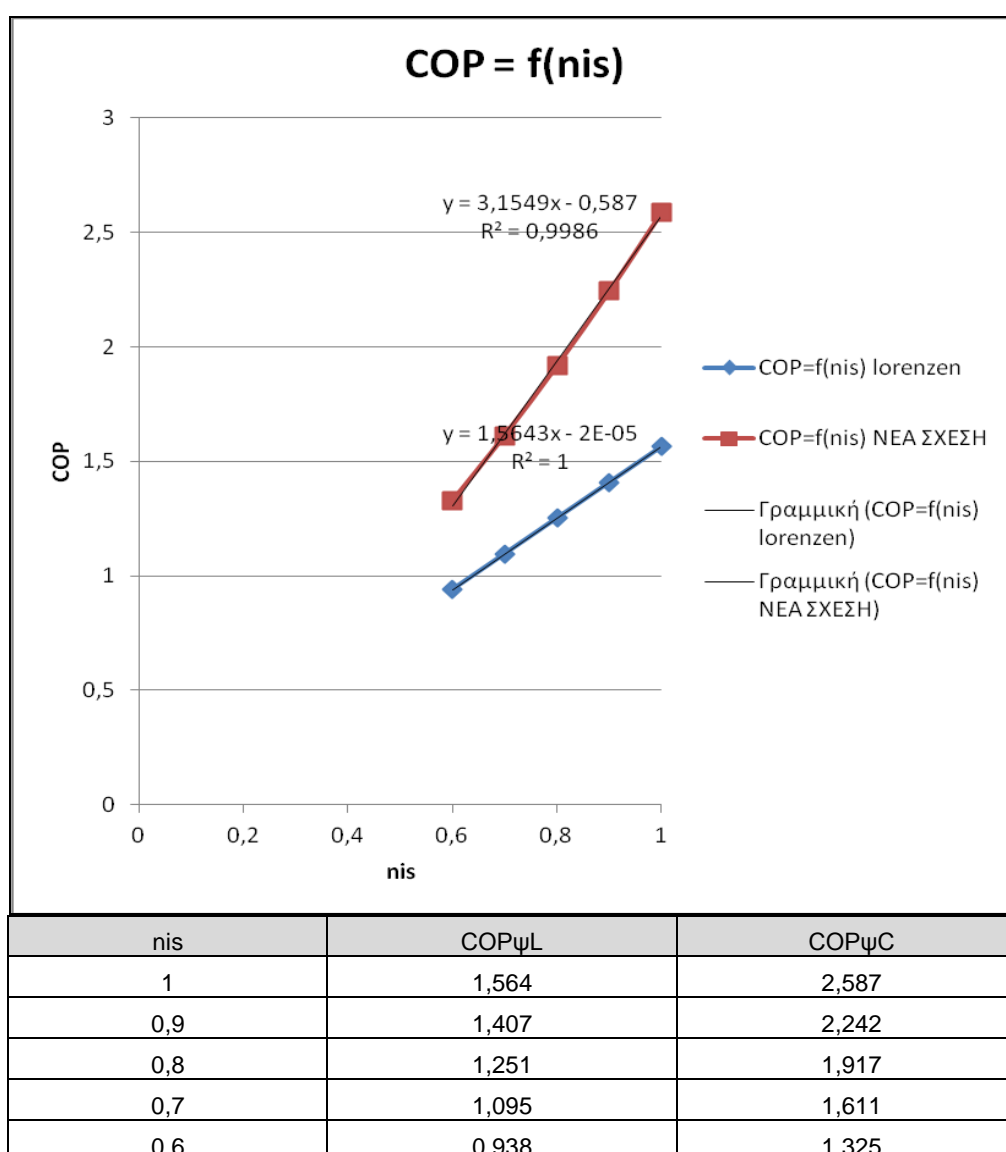
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,7) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorentzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,545	niC	0,802
			1,611
COP _{ψr,L}	1,095	COP _{ψr,C}	
r	9,092	r	9,092
COP _{ψ^θ}	2,230	COP _{ψ^θ}	2,230

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,6) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

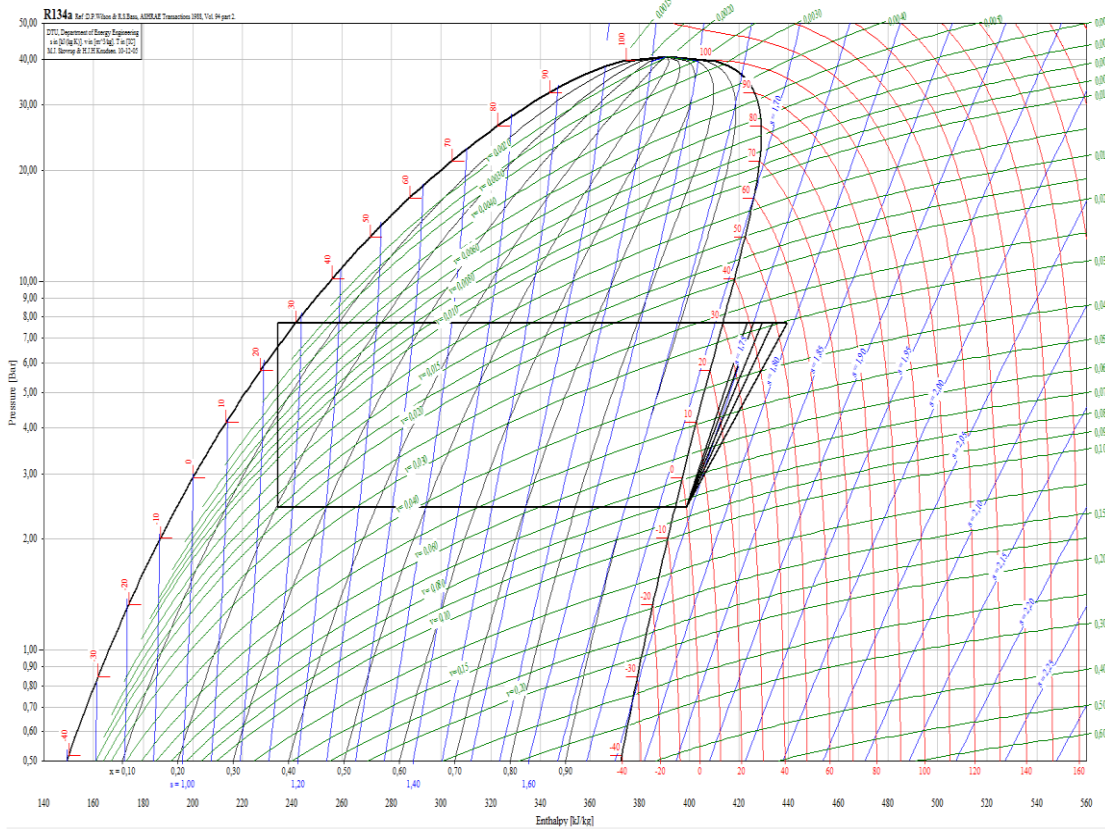
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorentzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,545	niC	0,770
COP _{ψr,L}	0,938	COP _{ψr,C}	1,325
r	9,092	r	9,092
COP _{ψ^θ}	1,912	COP _{ψ^θ}	1,912

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα που αφορούν το ψ.ρευστό R134a μπορούμε να αποτυπώσουμε γραφικά την μεταβολή του COP_ψ με τον nis για το μελετηθέν καθεστώς.



Σχήμα 2.4: Γραφική παράσταση της σχέσης COP = f(nis) για ψυκτικό ρευστό R134a για σχέση συμπίεσης r = 9,09209

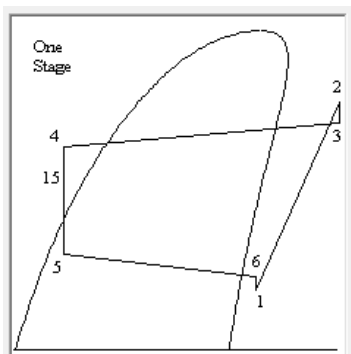
• **ΚΑΘΕΣΤΩΣ Γ ($T_e = -5^{\circ}\text{C}$, $T_c = +30^{\circ}\text{C}$) : ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΔΡΟΨΥΚΤΟ**



Για Ισεντροπική συμπίεση ($\eta_{is} = 1$)

ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΓΙΑ ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

Point	T	P	v	h	s
	[°C]	[bar]	[m ³ /kg]	[kJ/kg]	[kJ/(kg K)]
1	0	2,434	0,084434	398,754	1,7414
2	38,9	7,701	0,028003	423,139	1,7414
3	38,9	7,701	0,028003	423,139	1,7414
4	25	7,701	N/A	234,294	N/A
5	N/A	2,434	N/A	234,294	N/A
6	0	2,434	0,084431	398,754	1,7414



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 1) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorentzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,841	niC	0,958
COP _{ψr,L}	5,109	COP _{ψr,C}	5,818
r	3,163	r	3,163
COP _ψ ^θ	6,744	COP _ψ ^θ	6,744

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,9) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,841	niC	0,918
COP _{ψr,L}	4,598	COP _{ψr,C}	5,019
r	3,163	r	3,163
COP _ψ ^θ	6,069	COP _ψ ^θ	6,069

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,8) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

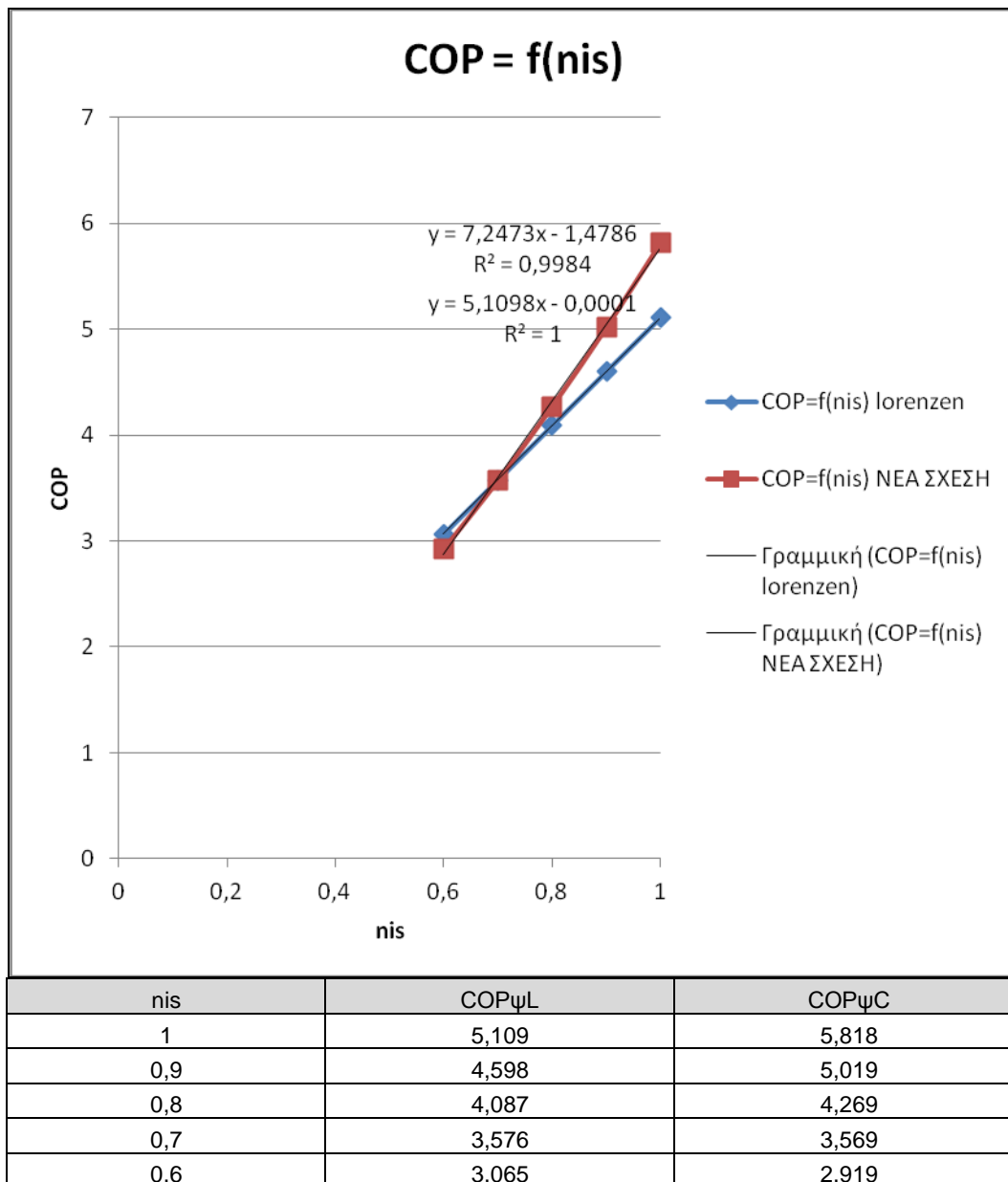
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,841	niC	0,879
COP _{ψr,L}	4,087	COP _{ψr,C}	4,269
r	3,163	r	3,163
COP _ψ ^θ	5,395	COP _ψ ^θ	5,395

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,7) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,841	niC	0,840
COP _{ψr,L}	3,576	COP _{ψr,C}	3,569
r	3,163	r	3,163
COP _ψ ^θ	4,720	COP _ψ ^θ	4,720

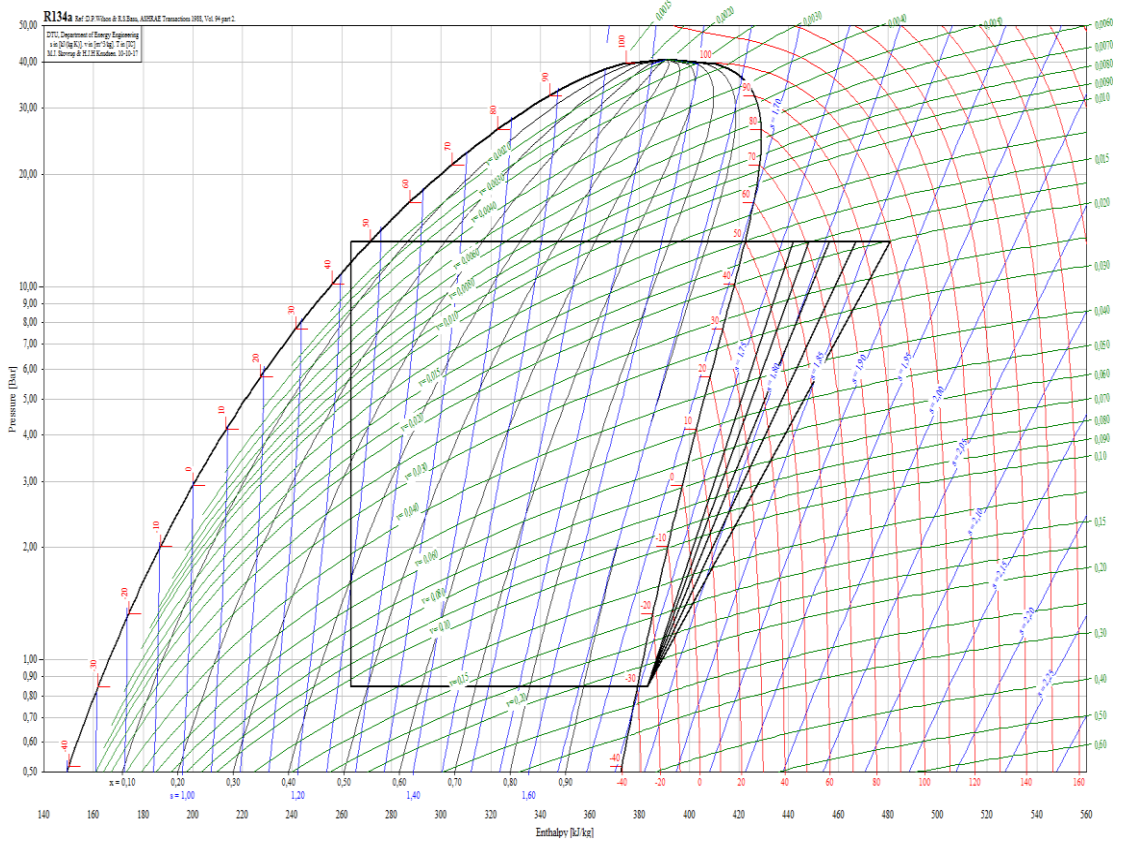
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,6) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,841	niC	0,801
COP _{ψr,L}	3,065	COP _{ψr,C}	2,919
r	3,163	r	3,163
COP _ψ ^θ	4,046	COP _ψ ^θ	4,046



Σχήμα 2.5: Γραφική παράσταση της σχέσης $COP = f(nis)$ για ψυκτικό ρευστό R134a για σχέση συμπίεσης $r = 3,16$

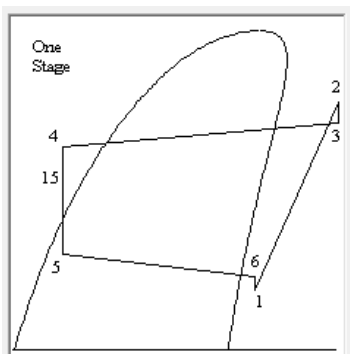
• ΚΑΘΕΣΤΩΣ Δ ($T_e = -30^{\circ}\text{C}$, $T_c = +50^{\circ}\text{C}$) : ΚΑΤΑΨΥΞΗ ΑΕΡΟΨΥΚΤΟ



Για Ισεντροπική συμπίεση ($\eta_{is} = 1$)

ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΓΙΑ ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

Point	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	-25	0,847	0,229	383,072	1,7624
2	65,697	13,176	0,01687	441,749	1,8725
3	65,697	13,176	0,01687	441,749	1,8725
4	45	13,176	N/A	263,712	N/A
5	N/A	0,847	N/A	263,712	N/A
6	-25	0,847	0,229518	383,072	1,7624
15	N/A	13,176	N/A	263,712	N/A



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 1) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,222	niC	0,928
COP ψ ,L	0,406	COP ψ ,C	1,700
r	15,556	r	15,556
COP ψ^{θ}	2,034	COP ψ^{θ}	2,034

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,9) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,222	niC	0,886
COP ψ ,L	0,366	COP ψ ,C	1,461
r	15,556	r	15,556
COP ψ^{θ}	1,830	COP ψ^{θ}	1,830

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,8) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,222	niC	0,846
COP ψ ,L	0,325	COP ψ ,C	1,239
r	15,556	r	15,556
COP ψ^{θ}	1,627	COP ψ^{θ}	1,627

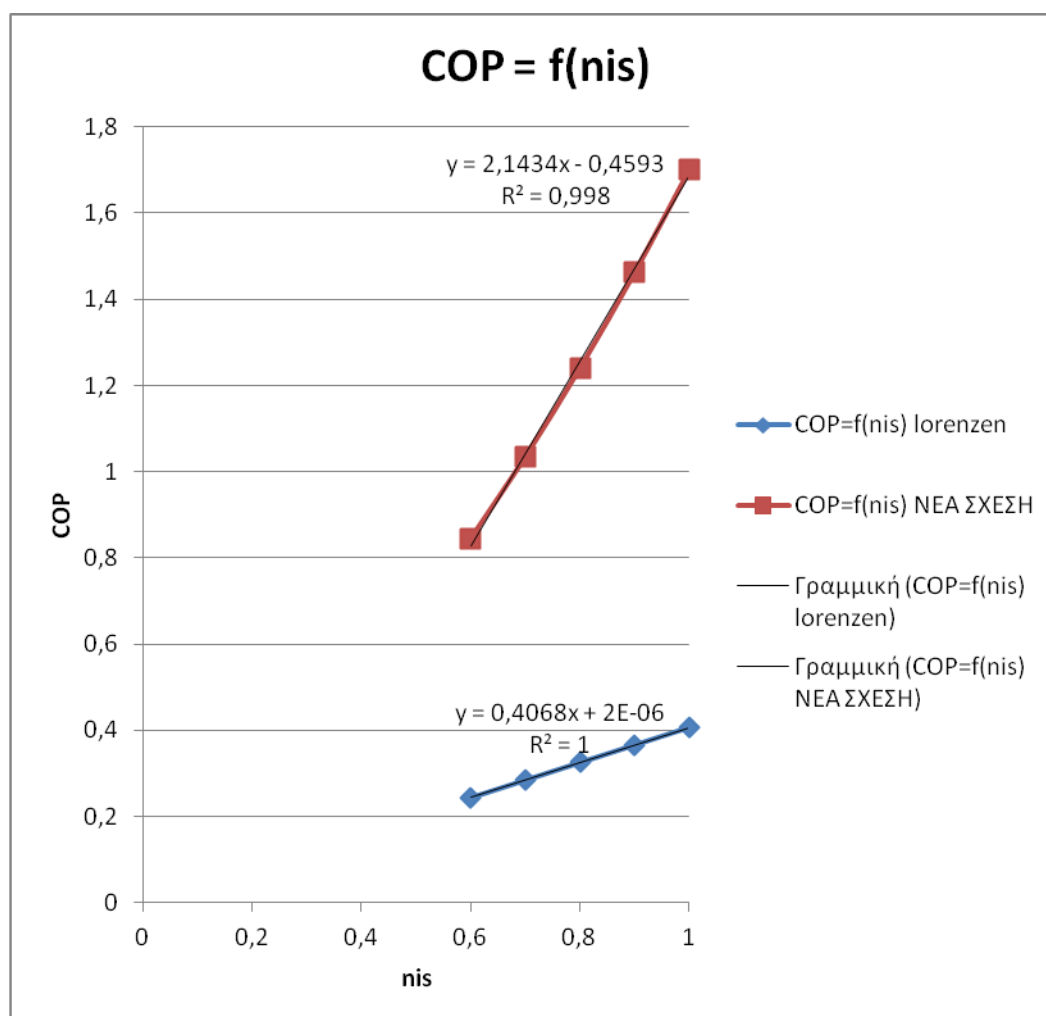
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,7) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,222	niC	0,806
COP ψ ,L	0,284	COP ψ ,C	1,033
r	15,556	r	15,556
COP ψ^{θ}	1,423	COP ψ^{θ}	1,423

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,6) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,222	niC	0,767
COP _{ψr,L}	0,244	COP _{ψr,C}	0,842
r	15,556	r	15,556
COP _{ψ^θ}	1,220	COP _{ψ^θ}	1,220

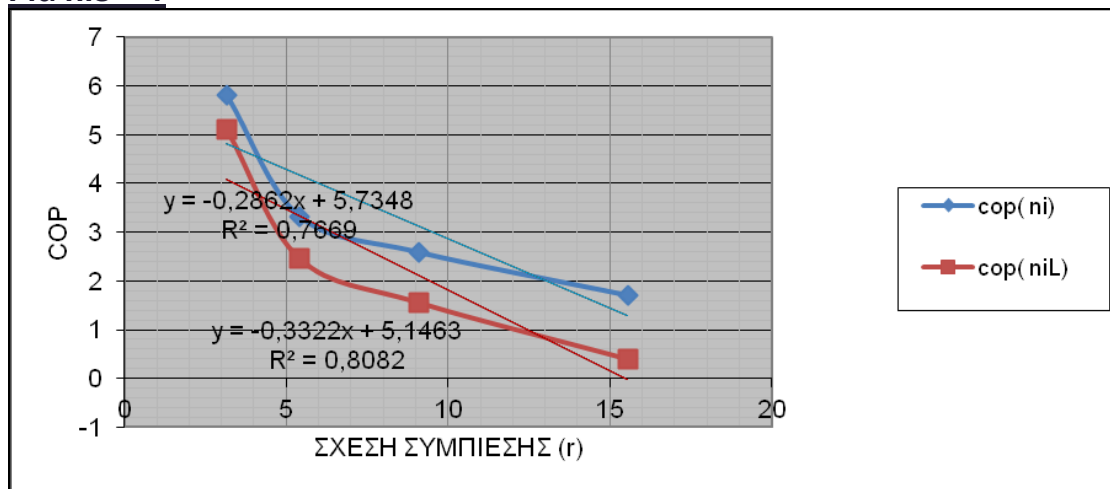
Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα που αφορούν το ψ.ρευστό R134a μπορούμε να αποτυπώσουμε γραφικά την μεταβολή του COP_ψ με τον nis για το μελετηθέν καθεστώς.



Σχήμα 2.6 : Γραφική παράσταση της σχέσης COP = f(nis) για ψυκτικό ρευστό R134a για σχέση συμπίεσης r = 15,556

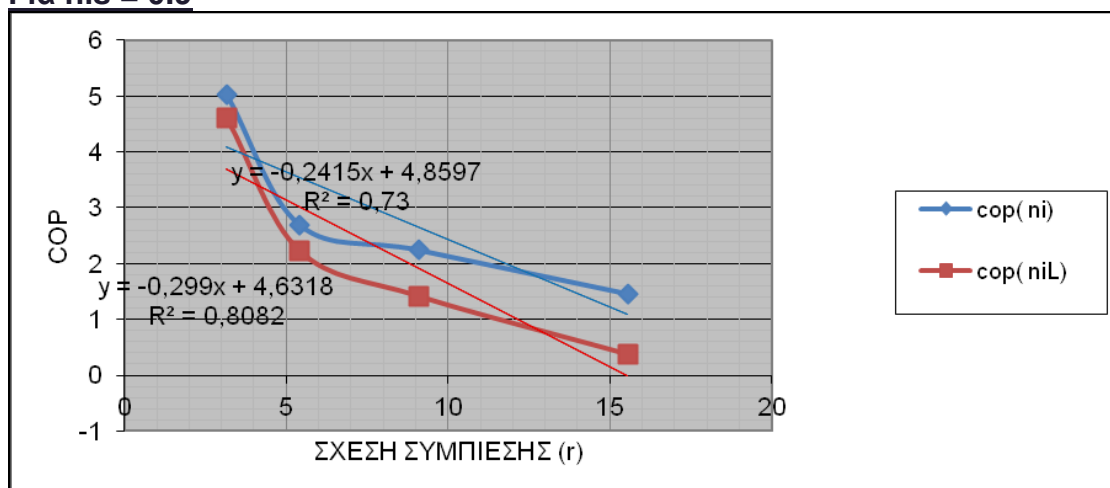
Για το **ψ.ρ R134a** , για όλες τις σχέσεις συμπίεσης και για τους 5 ισεντροπικούς βαθμούς απόδοσης ($n_{is} = 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1$) υπολογίζουμε την σχέση **COP=f(r)** για $n_i = n_{iL}$ και για $n_i = n_{iC}$.

Για $n_{is} = 1$



- $COP_{\psi,r,C} = 5.7348 - 0.2862r$
- $COP_{\psi,r,L} = 5.1463 - 0.3322r$

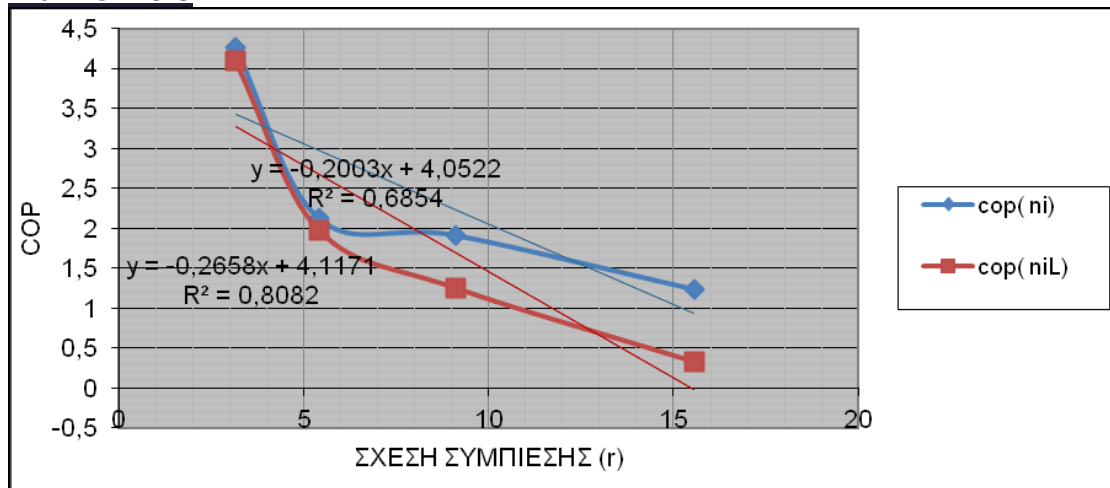
Για $n_{is} = 0.9$



- $COP_{\psi,r,C} = 4.8597 - 0.2415r$
- $COP_{\psi,r,L} = 4.6318 - 0.299r$

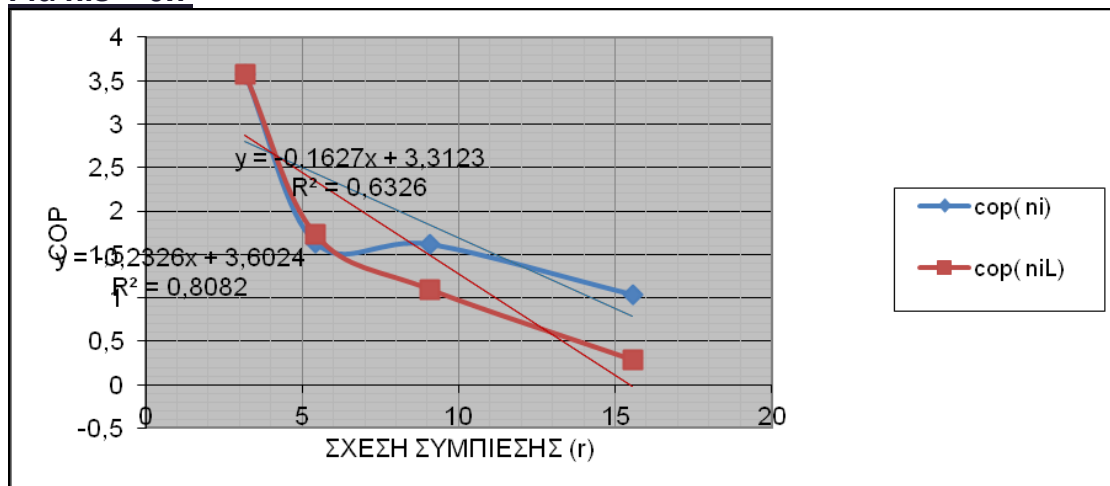
Σχήμα 2.7 . Μεταβολή του COP με την σχέση συμπίεσης για $n_{is} = 1$ και $n_{is} = 0.9$ για το ψ.ρ R134a .

Για nis = 0.8



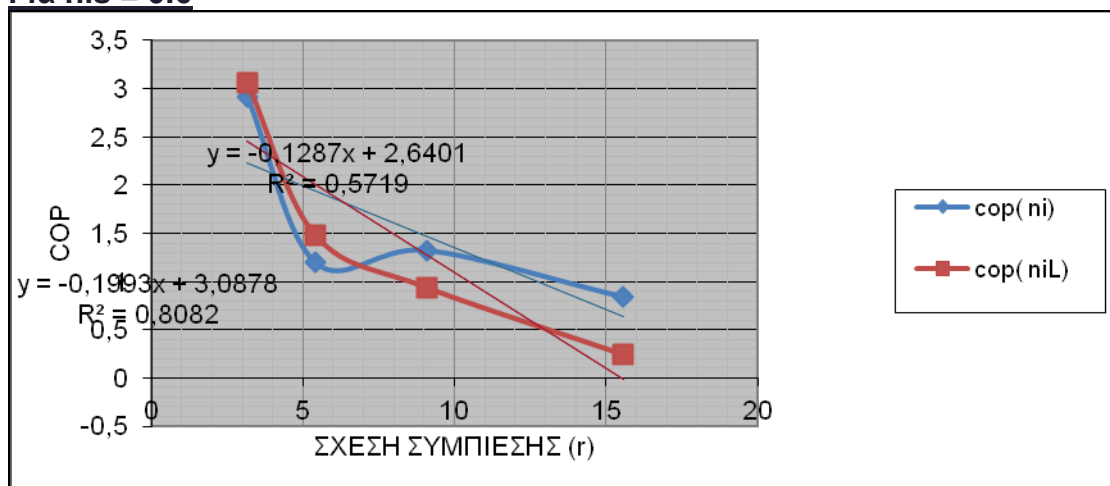
- $COP_{\psi,r,C} = 4.0522 - 0.2003r$
- $COP_{\psi,r,L} = 4.1171 - 0.2658r$

Για nis = 0.7



- $COP_{\psi,r,C} = 3.3123 - 0.1627r$
- $COP_{\psi,r,L} = 3.6024 - 0.2326r$

Για nis = 0.6

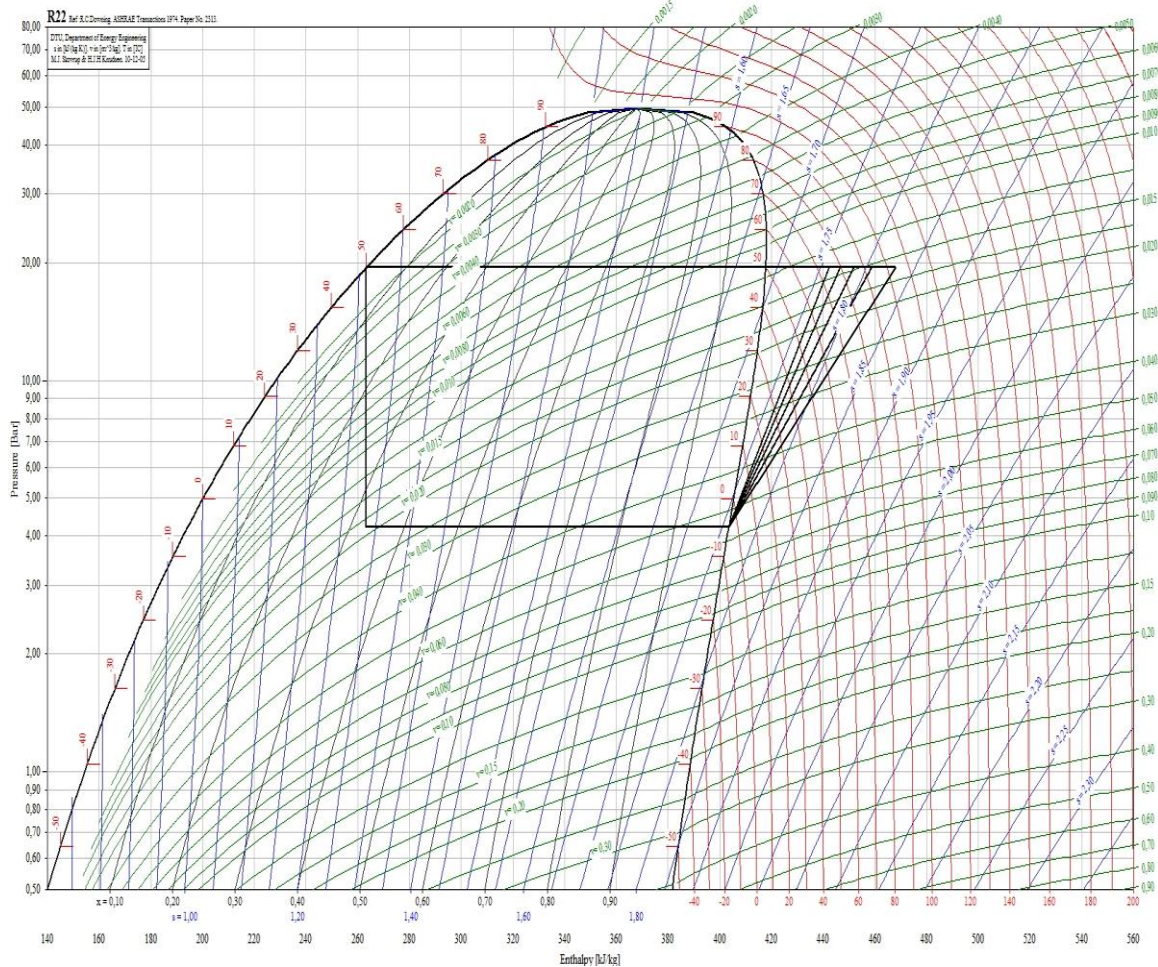


- $COP_{\psi,r,C} = 2.6401 - 0.1287r$
- $COP_{\psi,r,L} = 3.0878 - 0.199r$

Σχήμα 2.8 . Μεταβολή του COP με την σχέση συμπίεσης για nis = 1 και nis = 0.9 για το ψ.ρ R134a .

2.3.2 Αποτελέσματα για Ψυκτικό ρευστό : **R22**

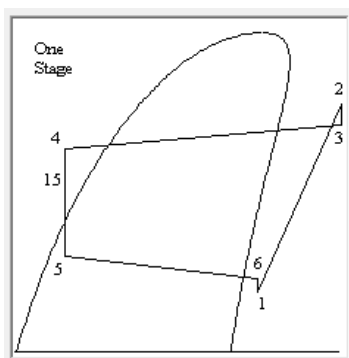
- **ΚΑΘΕΣΤΩΣ Α (T_e = -5°C , T_c = +50°C) : ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΑΕΡΟΨΥΚΤΟ**



Για Ισεντροπική συμπίεση ($\eta_{is} = 1$)

ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΓΙΑ ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

Σημείο	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	0	4,213	0,056788	407,021	1,7723
2	79,983	19,423	0,014333	446,823	1,7723
3	79,983	19,423	0,014333	446,823	1,7723
4	45	19,423	N/A	256,384	N/A
5	N/A	4,213	N/A	256,384	N/A
6	0	4,213	0,056788	407,021	1,7723



Σχηματική παράσταση κύκλου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 1) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorentzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,769	niC	0,831
COP _{ψr,L}	2,621	COP _{ψr,C}	2,831
r	4,610	r	4,610
COP _{ψ^θ}	3,784	COP _{ψ^θ}	3,784

Όπου :

- r : Σχέση συμπίεσης . (σχέση 8) ο οποίος παραμένει ο ίδιος και για τα δύο αποτελέσματα
- COP_{ψ^θ} : θεωρητικός συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς (σχέση 2) ο οποίος παραμένει ο ίδιος και για τα δύο αποτελέσματα
- niL : Ενδεικνυμένος βαθμός απόδοσης με βάση την σχέση του Lorentzen (σχέση 9)
- COP_{ψr,L} : πραγματικός συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς με βάση την σχέση του Lorentzen. (σχέση 2)
- niC : Υπολογισμένος ενδεικνυμένος βαθμός απόδοσης με βάση την σχέση (10)
- COP_{ψr,C} : πραγματικός συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς με βάση τον ισεντροπικό βαθμό απόδοσης niC . (σχέση 2)

Ομοίως , για $nis < 1$ οι αντίστοιχοι πίνακες αποτελεσμάτων είναι οι εξής :

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,9) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,769	niC	0,748
COP ψ ,L	2,348	COP ψ ,C	2,282
r	4,610	r	4,610
COP ψ^{θ}	3,390	COP ψ^{θ}	3,390

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,8) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

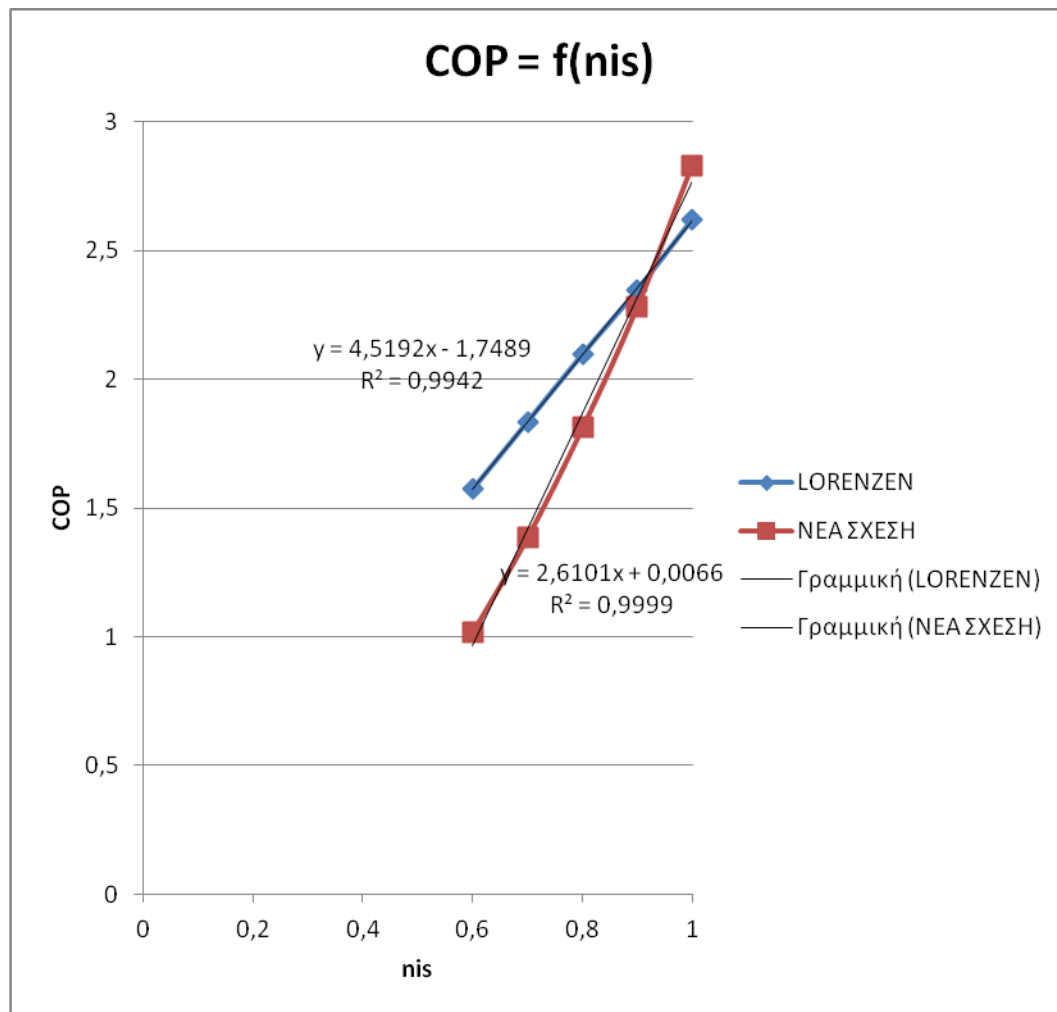
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,769	niC	0,664
COP ψ ,L	2,096	COP ψ ,C	1,811
r	4,610	r	4,610
COP ψ^{θ}	3,027	COP ψ^{θ}	3,027

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,7) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,769	niC	0,581
COP ψ ,L	1,834	COP ψ ,C	1,387
r	4,610	r	4,610
COP ψ^{θ}	2,649	COP ψ^{θ}	2,649

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,6) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

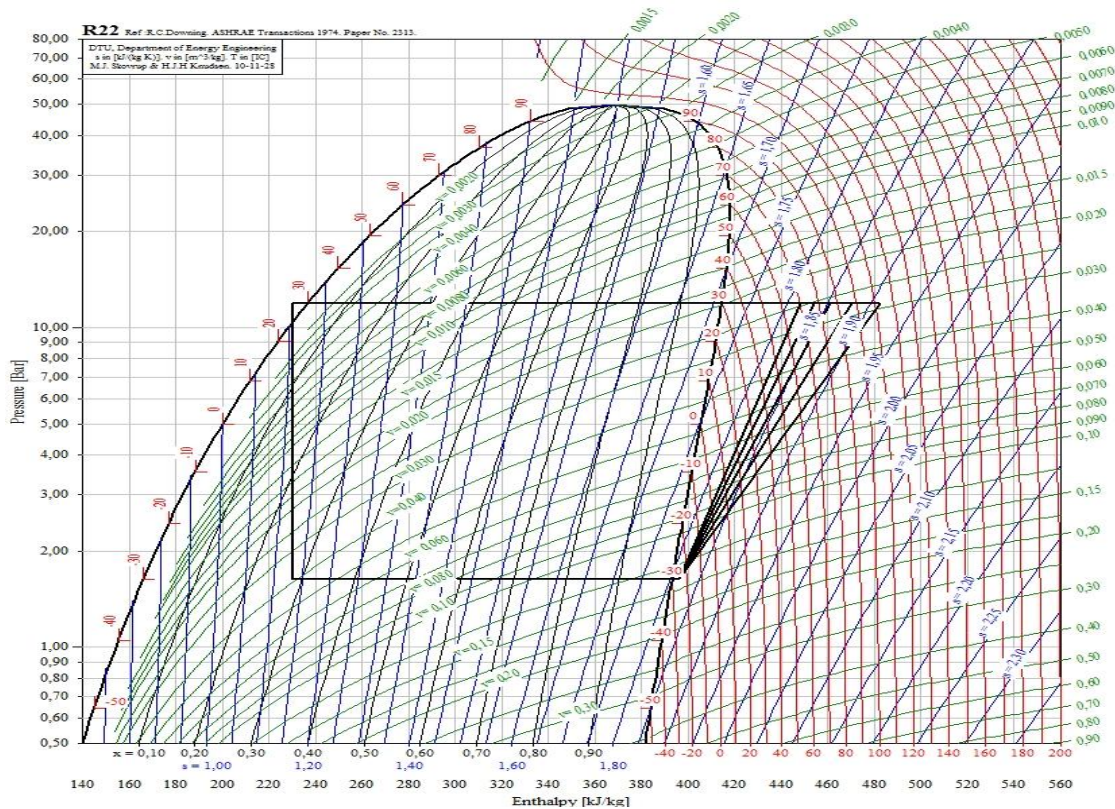
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,769	niC	0,498
COP ψ ,L	1,572	COP ψ ,C	1,019
r	4,610	r	4,610
COP ψ^{θ}	2,270	COP ψ^{θ}	2,270



nis	COP _{ψL}	COP _{ψC}
1	2,621	2,831
0,9	2,348	2,282
0,8	2,096	1,811
0,7	1,834	1,387
0,6	1,572	1,019

Σχήμα 2.9: Γραφική παράσταση της σχέσης $COP = f(nis)$ για ψυκτικό ρευστό R22 για σχέση συμπίεσης $r = 4,61$

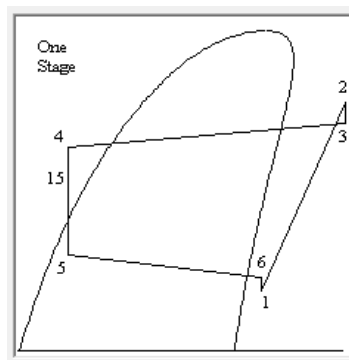
• ΚΑΘΕΣΤΩΣ Β ($T_e = -30^{\circ}\text{C}$, $T_c = +30^{\circ}\text{C}$) : ΚΑΤΑΨΥΞΗ ΥΔΡΟΨΥΚΤΟ



Για Ισεντροπική συμπίεση ($\eta_{iS} = 1$)

ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΓΙΑ ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

ΣΗΜΕΙΟ	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	-25	1,635	0,139184	396,279	1,8161
2	70,199	11,919	0,024497	448,099	1,8161
3	70,199	11,919	0,024497	448,099	1,8161
4	25	11,919	N/A	230,311	N/A
5	N/A	1,63	N/A	230,311	N/A
6	-25	1,63	0,139182	396,279	1,8161



χηματική παράσταση κύκλου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 1) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,653	niC	0,827
			2,163
COP _{ψr,L}	1,709	COP _{ψr,C}	
r	6,924	r	6,924
COP _ψ ^θ	2,904	COP _ψ ^θ	2,904

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,9) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ

:

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,653	niC	0,792
			1,864
COP _{ψr,L}	1,538	COP _{ψr,C}	
r	6,924	r	6,924
COP _ψ ^θ	2,614	COP _ψ ^θ	2,614

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,8) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ

:

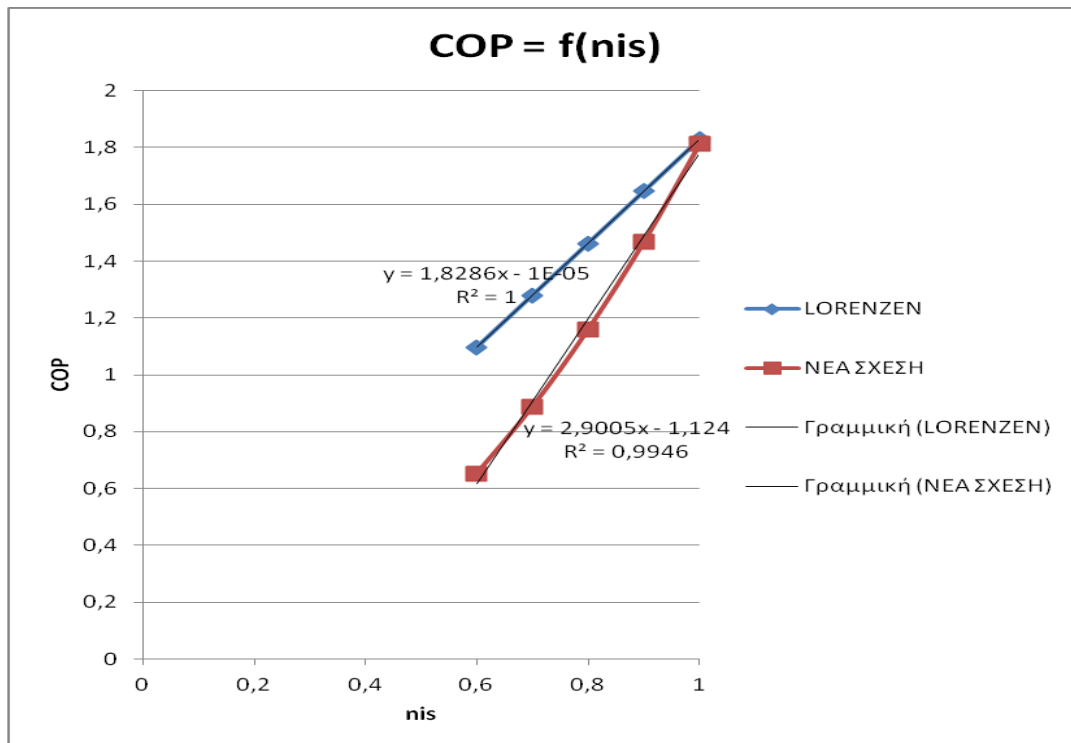
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,653	niC	0,757
			1,583
COP _{ψr,L}	1,367	COP _{ψr,C}	
r	6,924	r	6,924
COP _ψ ^θ	2,323	COP _ψ ^θ	2,323

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,7) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,653	niC	0,722
			1,321
COP _{ψr,L}	1,196	COP _{ψr,C}	
r	6,924	r	6,924
COP _ψ ^θ	2,033	COP _ψ ^θ	2,033

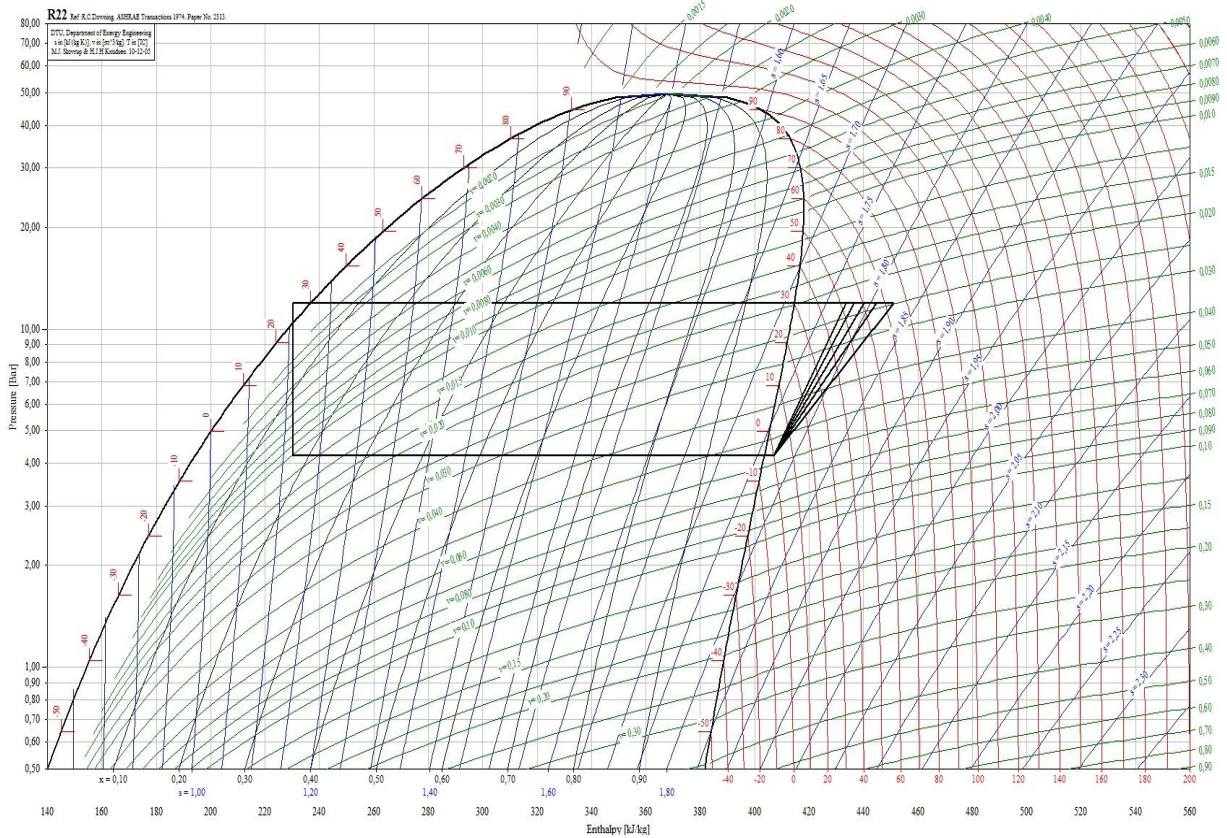
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,6) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,653	niC	0,687
COP _{ψr,L}	1,025	COP _{ψr,C}	1,077
r	6,924	r	6,924
COP _{ψ^θ}	1,742	COP _{ψ^θ}	1,742



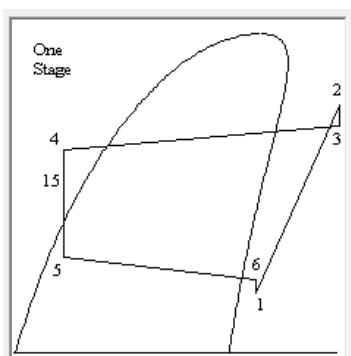
Σχήμα 2.10 Γραφική παράσταση της σχέσης COP = f(nis) για ψυκτικό ρευστό R22 για σχέση συμπίεσης $r = 6,924$

- ΚΑΘΕΣΤΩΣ Γ ($T_e = -5^{\circ}\text{C}$, $T_c = +30^{\circ}\text{C}$) : ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΔΡΟΨΥΚΤΟ



Για Ισεντροπική συμπίεση ($\eta_{is} = 1$)
ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΓΙΑ ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

Point	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	0	4,213	0,056788	407,021	1,7723
2	52,301	11,919	0,022503	433,466	1,7723
3	52,301	11,919	0,022503	433,466	1,7723
4	25	11,919	N/A	230,311	N/A
5	N/A	4,213	N/A	230,311	N/A
6	0	4,213	0,056788	407,021	1,7723



Σχηματική παράσταση κύκλου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 1) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,858	niC	0,718
			4,323
COP ψ ,L	5,163	COP ψ ,C	
r	2,829	r	2,829
COP ψ^{θ}	6,682	COP ψ^{θ}	6,682

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,9) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,858	niC	0,646
			3,501
COP ψ ,L	4,646	COP ψ ,C	
r	2,829	r	2,829
COP ψ^{θ}	6,013	COP ψ^{θ}	6,013

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,8) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

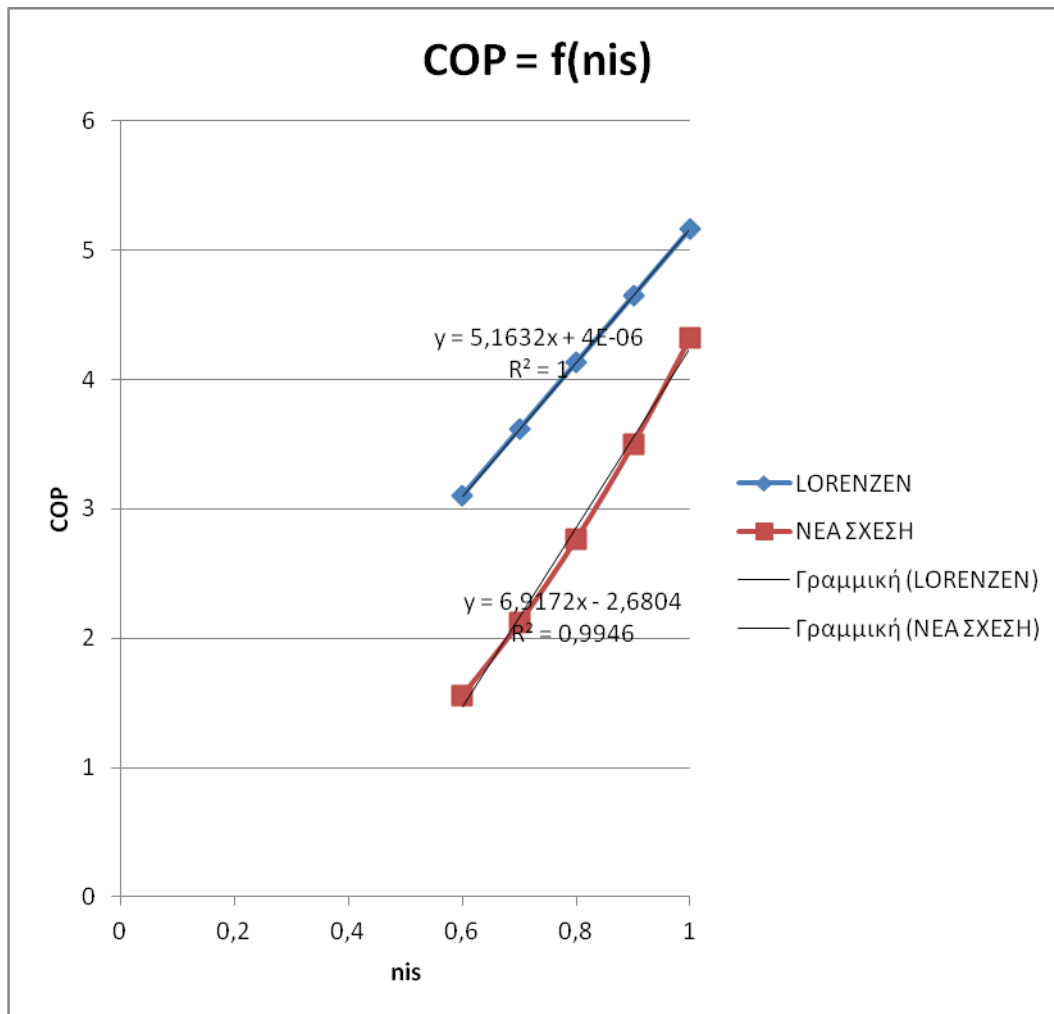
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,858	niC	0,575
			2,766
COP ψ ,L	4,130	COP ψ ,C	
r	2,829	r	2,829
COP ψ^{θ}	5,345	COP ψ^{θ}	5,345

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,7) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,858	niC	0,503
			2,118
COP ψ ,L	3,614	COP ψ ,C	
r	2,829	r	2,829
COP ψ^{θ}	4,677	COP ψ^{θ}	4,677

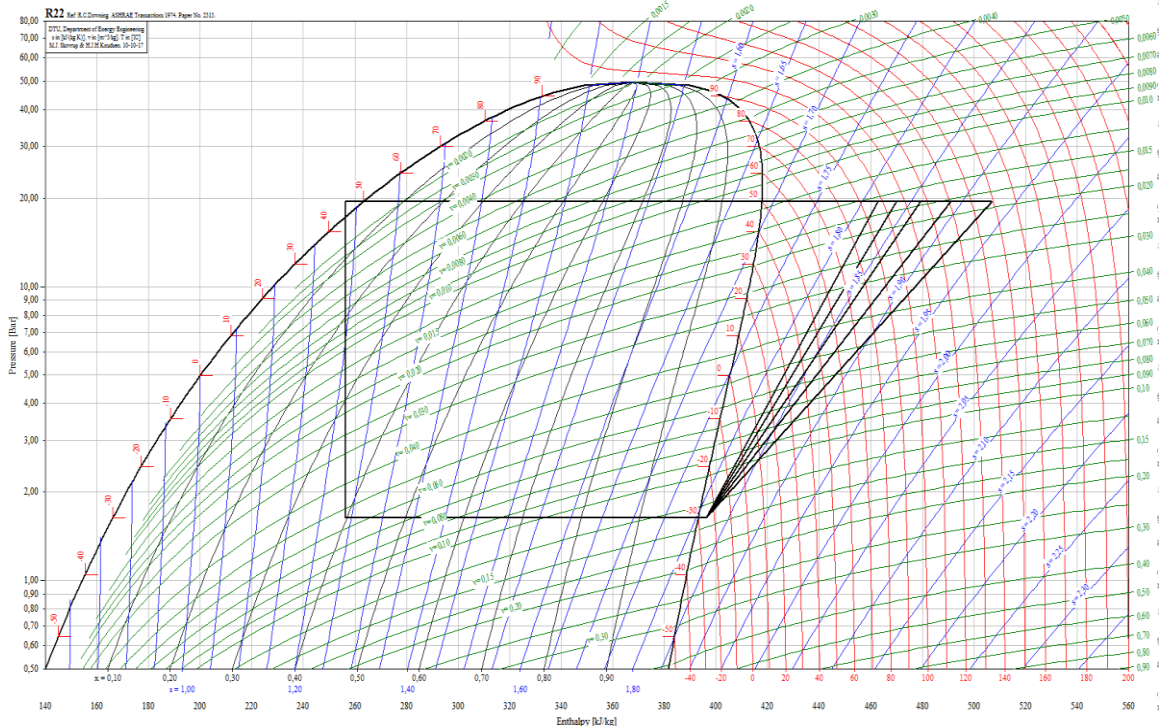
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,6) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,858	niC	0,431
COP _{ψr,L}	3,097	COP _{ψr,C}	1,556
r	2,829	r	2,829
COP _{ψ^θ}	4,009	COP _{ψ^θ}	4,009



Σχήμα 2.11: Γραφική παράσταση της σχέσης COP = f(nis) για ψυκτικό ρευστό R22 για σχέση συμπίεσης r = 2.82

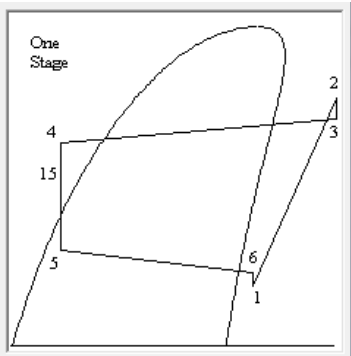
• ΚΑΘΕΣΤΩΣ Δ ($T_e = -30^{\circ}\text{C}$, $T_c = +50^{\circ}\text{C}$) : ΚΑΤΑΨΥΞΗ ΑΕΡΟΨΥΚΤΟ



Για Ισεντροπική συμπίεση ($\eta_{is} = 1$)

ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΓΙΑ ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

Point	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	-25	1,635	0,139184	396,279	1,8161
2	97,778	19,423	0,015663	462,664	1,8161
3	97,778	19,423	0,015663	462,664	1,8161
4	45	19,423	N/A	256,384	N/A
5	N/A	1,635	N/A	256,384	N/A
6	-25	1,635	0,139184	396,279	1,8161
15	N/A	19,423	N/A	256,384	N/A



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 1) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,406	niC	0,654
COP _{ψr,L}	0,770	COP _{ψr,C}	1,241
r	11,879	r	11,879
COP _ψ ^θ	2,107	COP _ψ ^θ	2,107

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,9) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,406	niC	0,589
COP _{ψr,L}	0,693	COP _{ψr,C}	1,005
r	11,879	r	11,879
COP _ψ ^θ	1,896	COP _ψ ^θ	1,896

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,8) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

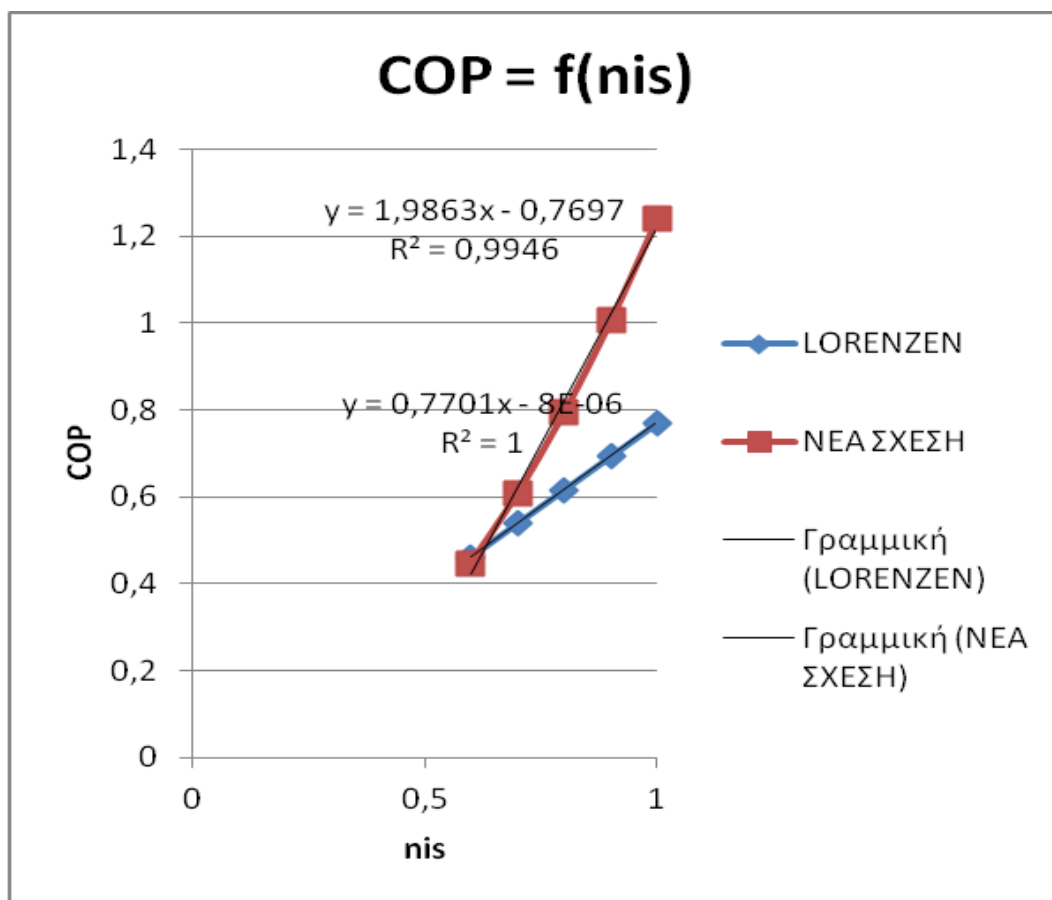
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,406	niC	0,523
COP _{ψr,L}	0,616	COP _{ψr,C}	0,794
r	11,879	r	11,879
COP _ψ ^θ	1,685	COP _ψ ^θ	1,685

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,7) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,406	niC	0,458
COP _{ψr,L}	0,539	COP _{ψr,C}	0,608
r	11,879	r	11,879
COP _ψ ^θ	1,475	COP _ψ ^θ	1,475

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,6) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,406	niC	0,392
COP _{ψr,L}	0,462	COP _{ψr,C}	0,446
r	11,879	r	11,879
COP _ψ ^θ	1,264	COP _ψ ^θ	1,264

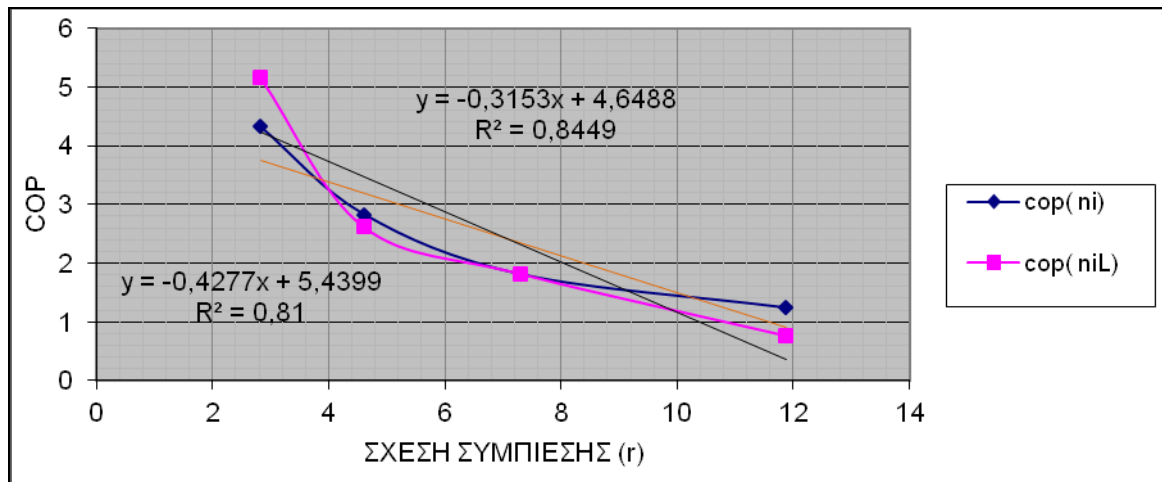


nis	COP _{ψL}	COP _{ψC}
1	0,770	1,241
0,9	0,693	1,005
0,8	0,616	0,794
0,7	0,539	0,608
0,6	0,462	0,446

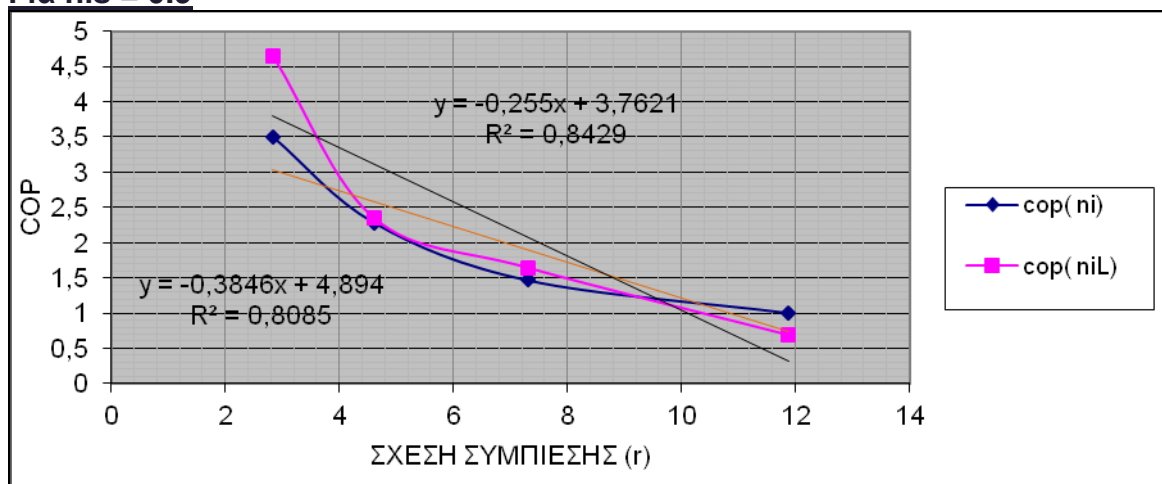
Σχήμα 2.12: Γραφική παράσταση της σχέσης COP = f(nis) για ψυκτικό ρευστό R22 για σχέση συμπίεσης, $r = 11,87$

Για το **ψ.ρ R22** , για όλες τις σχέσεις συμπίεσης και για τους 5 ισεντροπικούς βαθμούς απόδοσης ($\eta_{is} = 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1$) υπολογίζουμε την σχέση **COP=f(r)** για $\eta_i = \eta_{iL}$ και για $\eta_i = \eta_{iC}$.

Για $\eta_{is} = 1$

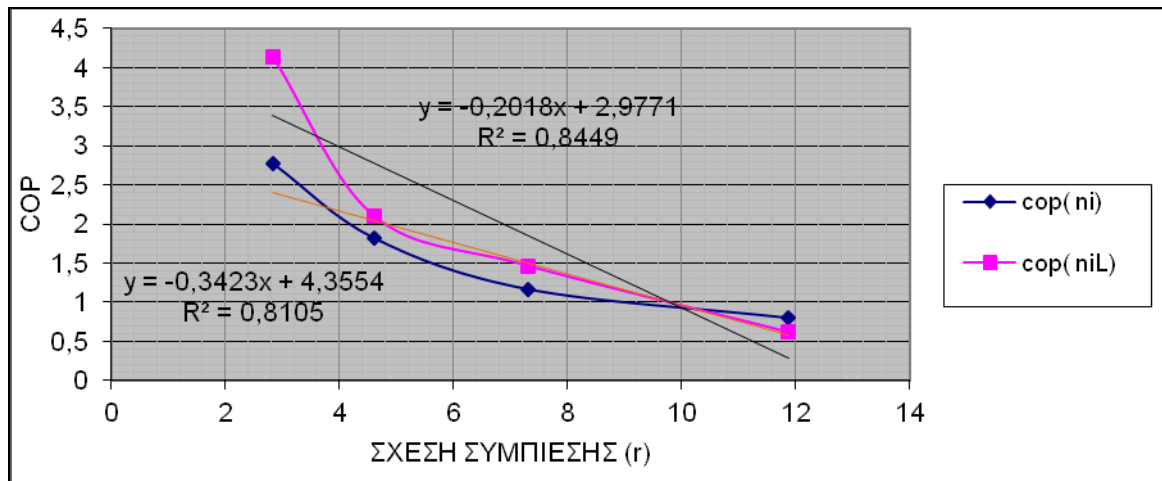


Για $\eta_{is} = 0.9$

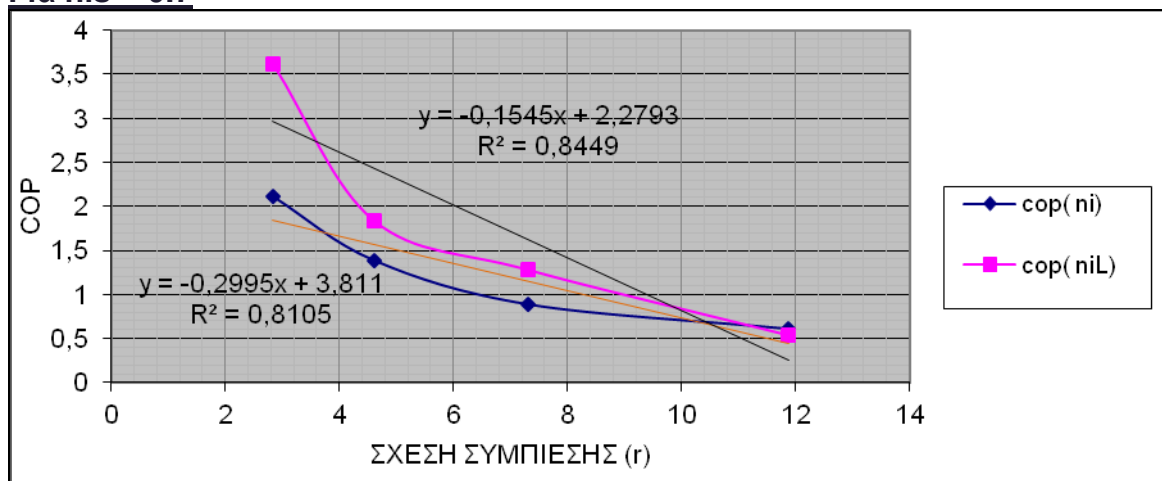


Σχήμα 2.13: Μεταβολή του COP με την σχέση συμπίεσης για $\eta_{is} = 1$ και $\eta_{is} = 0.9$ για το ψ.ρ R22

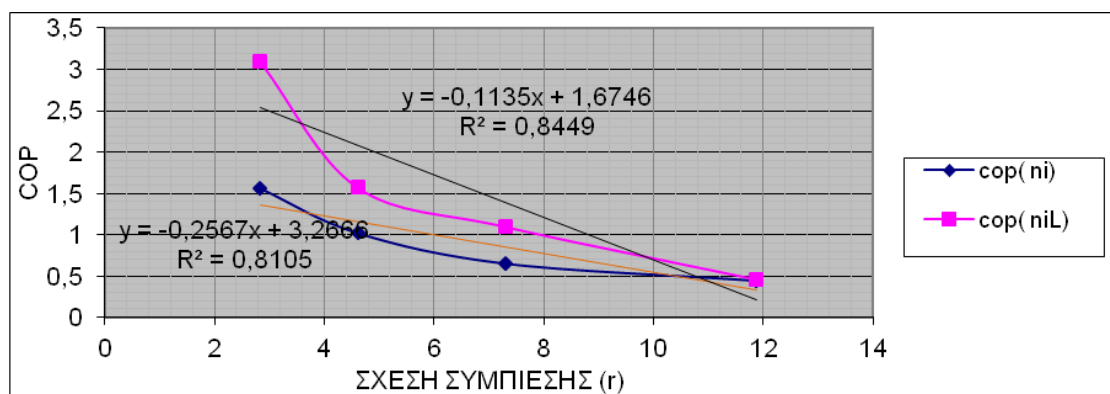
Για nis = 0.8



Για nis = 0.7



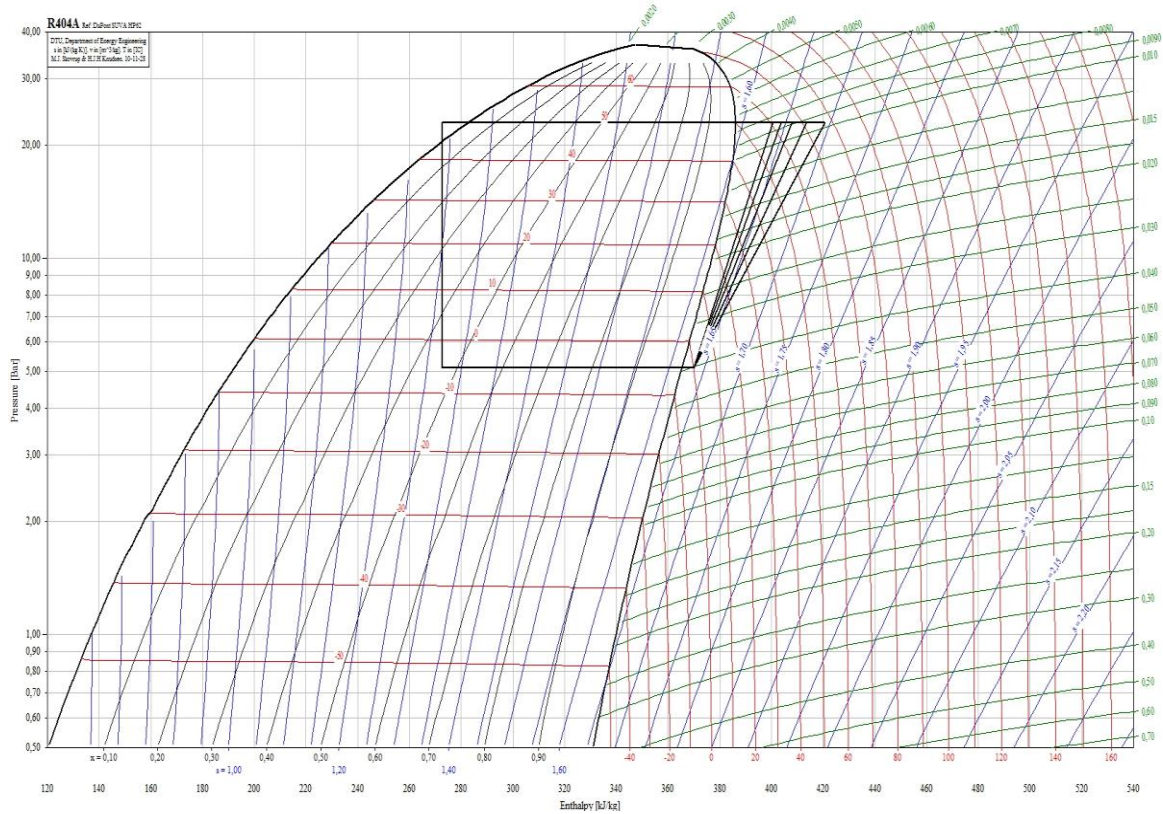
Για nis = 0.6



Σχήμα 2.14: Μεταβολή του COP με την σχέση συμπίεσης για nis = 0,8 , nis = 0,7, και nis = 0.6 για το ψ.ρ R22

2.3.3 Αποτελέσματα για Ψυκτικό ρευστό : **R404A**

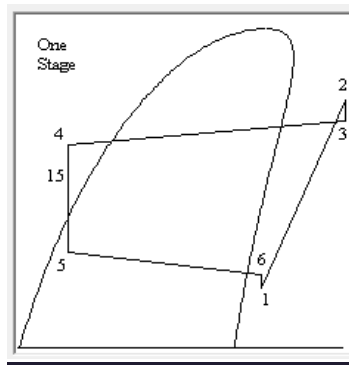
- **ΚΑΘΕΣΤΩΣ Α (T_e = -5°C , T_c = +50°C) : ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΑΕΡΟΨΥΚΤΟ**



Για Ισεντροπική συμπίεση ($\eta_{is} = 1$)

ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΓΙΑ ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

Σημείο	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	0	5,128	0,040178	369,913	1,6346
2	60,702	22,953	0,008395	400,438	1,6346
3	60,702	22,953	0,008395	400,438	1,6346
4	44,766	22,953	N/A	272,72	N/A
5	N/A	5,128	N/A	272,72	N/A
6	0	5,128	0,040178	369,13	1,6346



Σχηματική παράσταση κύκλου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 1) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorentzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,776	niC	0,995
COP _{ψr,L}	2,206	COP _{ψr,C}	2,830
r	4,476	r	4,476
COP _{ψ^θ}	3,158	COP _{ψ^θ}	3,158

Όπου :

- r : Σχέση συμπίεσης . (σχέση 8) ο οποίος παραμένει ο ίδιος και για τα δύο αποτελέσματα
- COP_{ψ^θ} : θεωρητικός συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς (σχέση 2) ο οποίος παραμένει ο ίδιος και για τα δύο αποτελέσματα
- niL : Ενδεικνυμένος βαθμός απόδοσης με βάση την σχέση του Lorentzen (σχέση 9)
- COP_{ψr,L} : πραγματικός συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς με βάση την σχέση του Lorentzen . (σχέση 2)
- niC : Υπολογισμένος ενδεικνυμένος βαθμός απόδοσης με βάση την σχέση (10)
- COP_{ψr,C} : πραγματικός συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς με βάση τον ισεντροπικό βαθμό απόδοσης niC . (σχέση 2)

Ομοίως , για $nis < 1$ οι αντίστοιχοι πίνακες αποτελεσμάτων είναι οι εξής :

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,9) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,776	niC	0,658
COP _{ψr,L}	1,985	COP _{ψr,C}	1,684
r	4,476	r	4,476
COP _{ψ^θ}	2,842	COP _{ψ^θ}	2,842

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,8) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

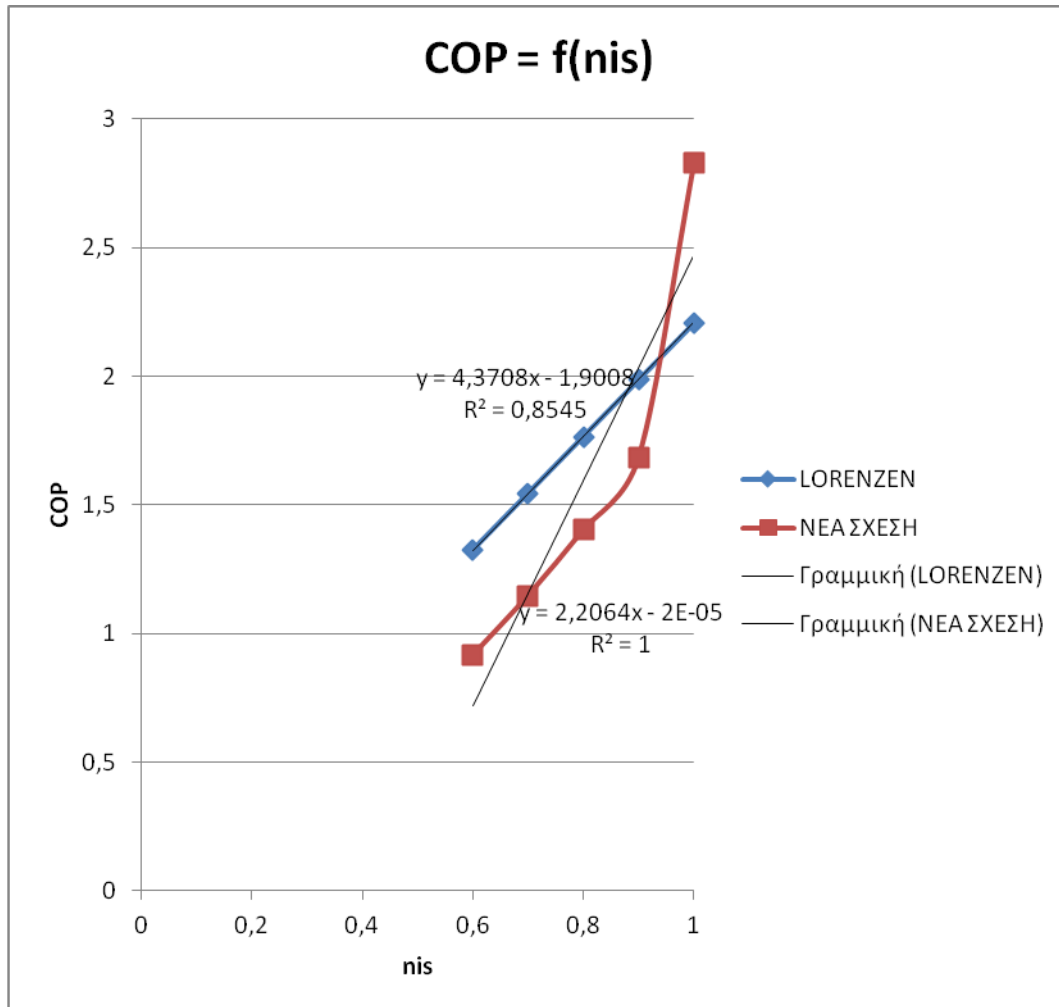
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,776	niC	0,617
COP _{ψr,L}	1,765	COP _{ψr,C}	1,403
r	4,476	r	4,476
COP _{ψ^θ}	2,526	COP _{ψ^θ}	2,526

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,7) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,776	niC	0,576
COP _{ψr,L}	1,544	COP _{ψr,C}	1,146
r	4,476	r	4,476
COP _{ψ^θ}	2,210	COP _{ψ^θ}	2,210

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,6) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

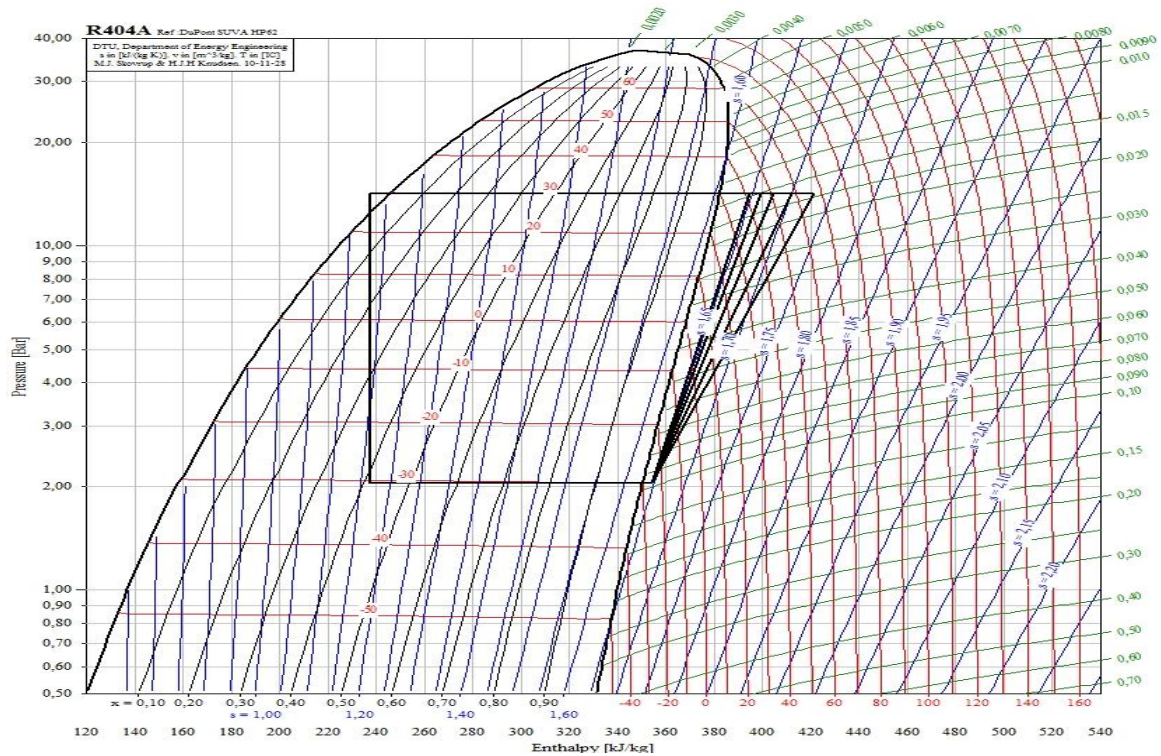
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,776	niC	0,536
COP _{ψr,L}	1,323	COP _{ψr,C}	0,914
r	4,476	r	4,476
COP _{ψ^θ}	1,895	COP _{ψ^θ}	1,895



nis	COP _{ψL}	COP _{ψC}
1	2,206	2,830
0,9	1,985	1,684
0,8	1,765	1,403
0,7	1,544	1,146
0,6	1,323	0,914

Σχήμα 2.15: Γραφική παράσταση της σχέσης $COP = f(nis)$ για ψυκτικό ρευστό R404a για σχέση συμπίεσης $r = 4,47$

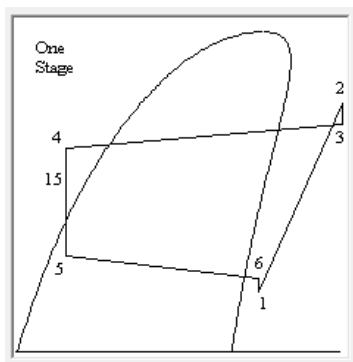
• ΚΑΘΕΣΤΩΣ Β ($T_e = -30^\circ\text{C}$, $T_c = +30^\circ\text{C}$) : ΚΑΤΑΨΥΞΗ ΥΔΡΟΨΥΚΤΟ



Για Ισεντροπική συμπίεση ($\eta_{is} = 1$)

ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΓΙΑ ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

ΣΗΜΕΙΟ	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	-25	2,045	0,097449	354,263	1,6463
2	41,537	14,16	0,01468	394,52	1,6463
3	41,537	14,16	0,01468	394,52	1,6463
4	24,659	14,16	N/A	237,329	N/A
5	N/A	2,045	N/A	237,329	N/A
6	-25	2,045	0,097449	354,263	1,6463



Σχηματική παράσταση κύκλου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 1) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,653	niC	0,827
COP _{ψr,L}	1,709	COP _{ψr,C}	2,163
r	6,924	r	6,924
COP _{ψ^θ}	2,904	COP _{ψ^θ}	2,904

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,9) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,653	niC	0,792
COP _{ψr,L}	1,538	COP _{ψr,C}	1,864
r	6,924	r	6,924
COP _{ψ^θ}	2,614	COP _{ψ^θ}	2,614

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,8) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

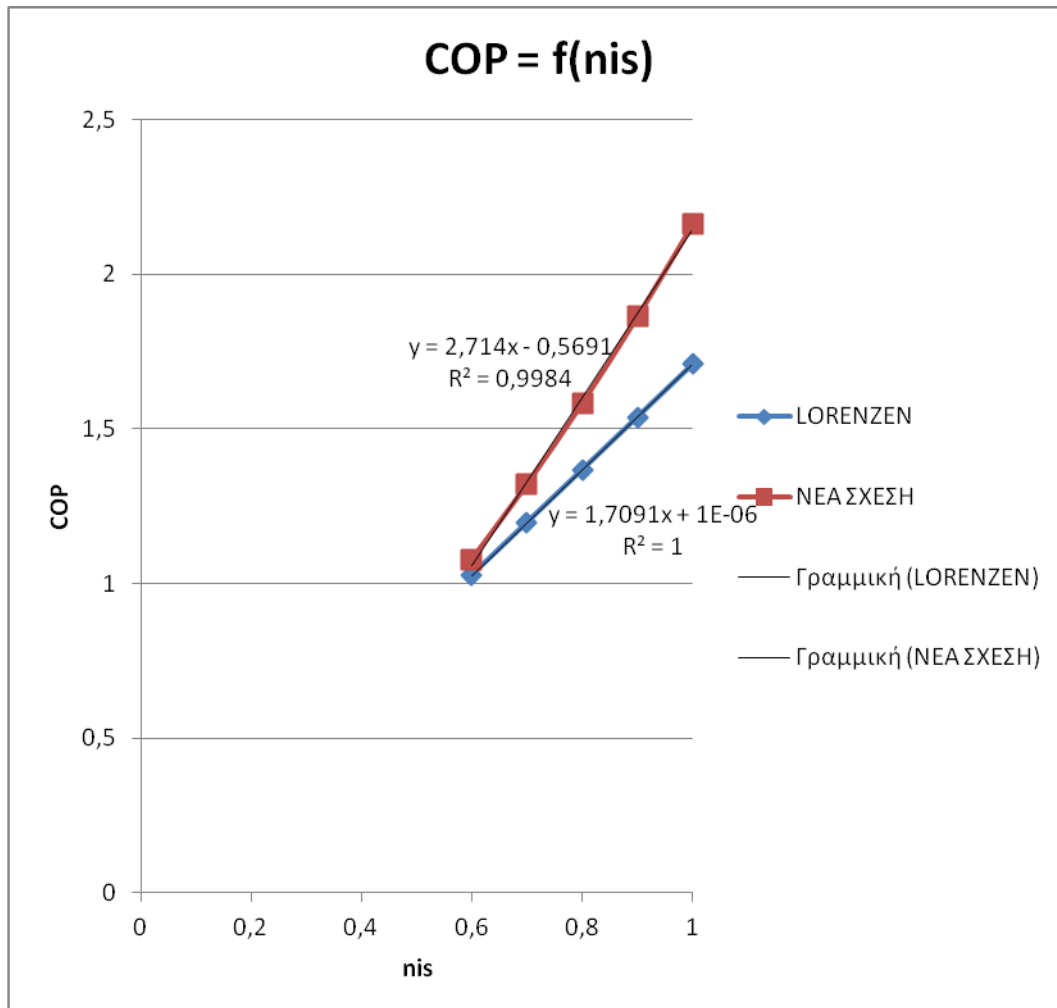
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,653	niC	0,757
COP _{ψr,L}	1,367	COP _{ψr,C}	1,583
r	6,924	r	6,924
COP _{ψ^θ}	2,323	COP _{ψ^θ}	2,323

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,7) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,653	niC	0,722
COP _{ψr,L}	1,196	COP _{ψr,C}	1,321
r	6,924	r	6,924
COP _{ψ^θ}	2,033	COP _{ψ^θ}	2,033

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,6) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

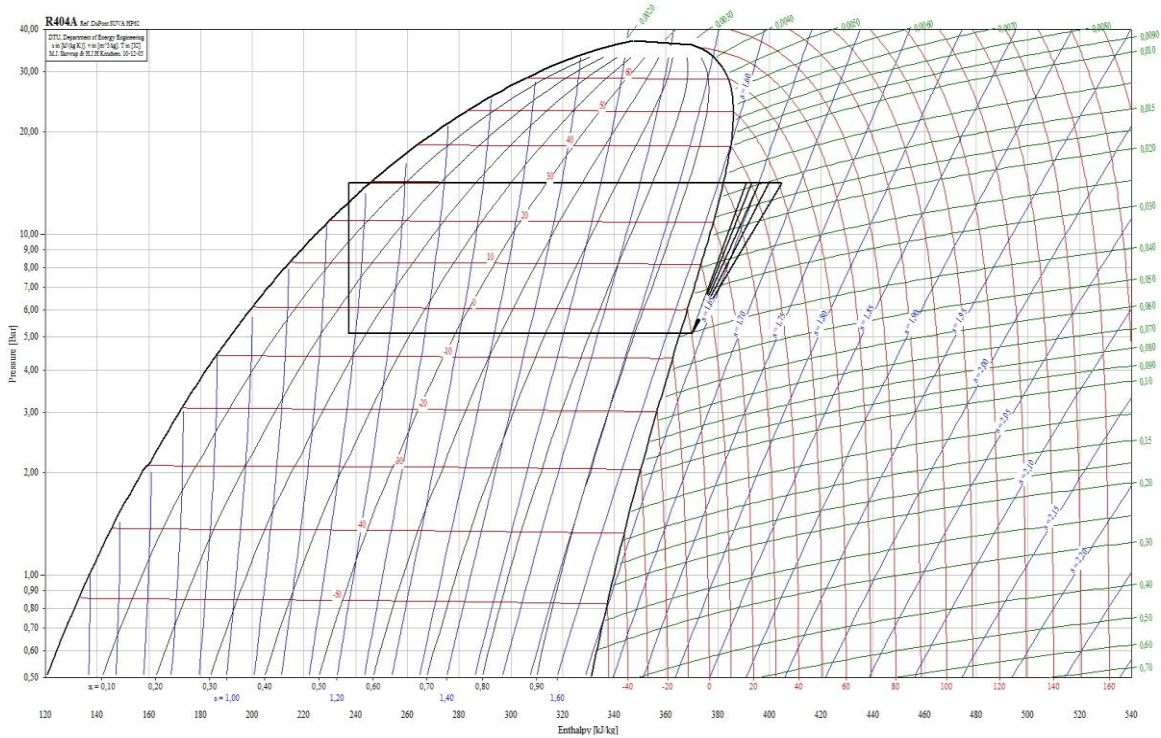
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,653	niC	0,687
COP _{ψr,L}	1,025	COP _{ψr,C}	1,077
r	6,924	r	6,924
COP _{ψ^θ}	1,742	COP _{ψ^θ}	1,742



nis	COP _{ψL}	COP _{ψC}
1	1,709	2,163
0,9	1,538	1,864
0,8	1,367	1,583
0,7	1,196	1,321
0,6	1,025	1,077

Σχήμα 2.16: Γραφική παράσταση της σχέσης COP = f(nis) για ψυκτικό ρευστό R404a για σχέση συμπίεσης $r = 6,92$

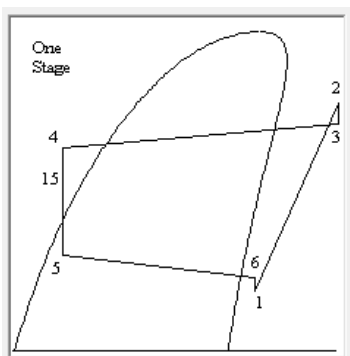
• ΚΑΘΕΣΤΩΣ Γ ($T_e = -5^\circ\text{C}$, $T_c = +30^\circ\text{C}$) : ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΔΡΟΨΥΚΤΟ



Για Ισεντροπική συμπίεση ($\eta_{is} = 1$)

ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΓΙΑ ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

Point	T	P	v	h	s
	[°C]	[bar]	[m ³ /kg]	[kJ/kg]	[kJ/(kg K)]
1	0	4,213	0,056788	407,021	1,7723
2	52,301	11,919	0,022503	433,466	1,7723
3	52,301	11,919	0,022503	433,466	1,7723
4	25	11,919	N/A	230,311	N/A
5	N/A	4,213	N/A	230,311	N/A
6	0	4,213	0,056788	407,021	1,7723



Σχηματική παράσταση κύκλου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 1) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,861	niC	0,908
			5,174
COP ψ ,L	4,910	COP ψ ,C	
r	2,761	r	2,761
COP ψ^{θ}	6,329	COP ψ^{θ}	6,329

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,9) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,861	niC	0,866
			4,442
COP ψ ,L	4,418	COP ψ ,C	
r	2,761	r	2,761
COP ψ^{θ}	5,696	COP ψ^{θ}	5,696

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,8) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

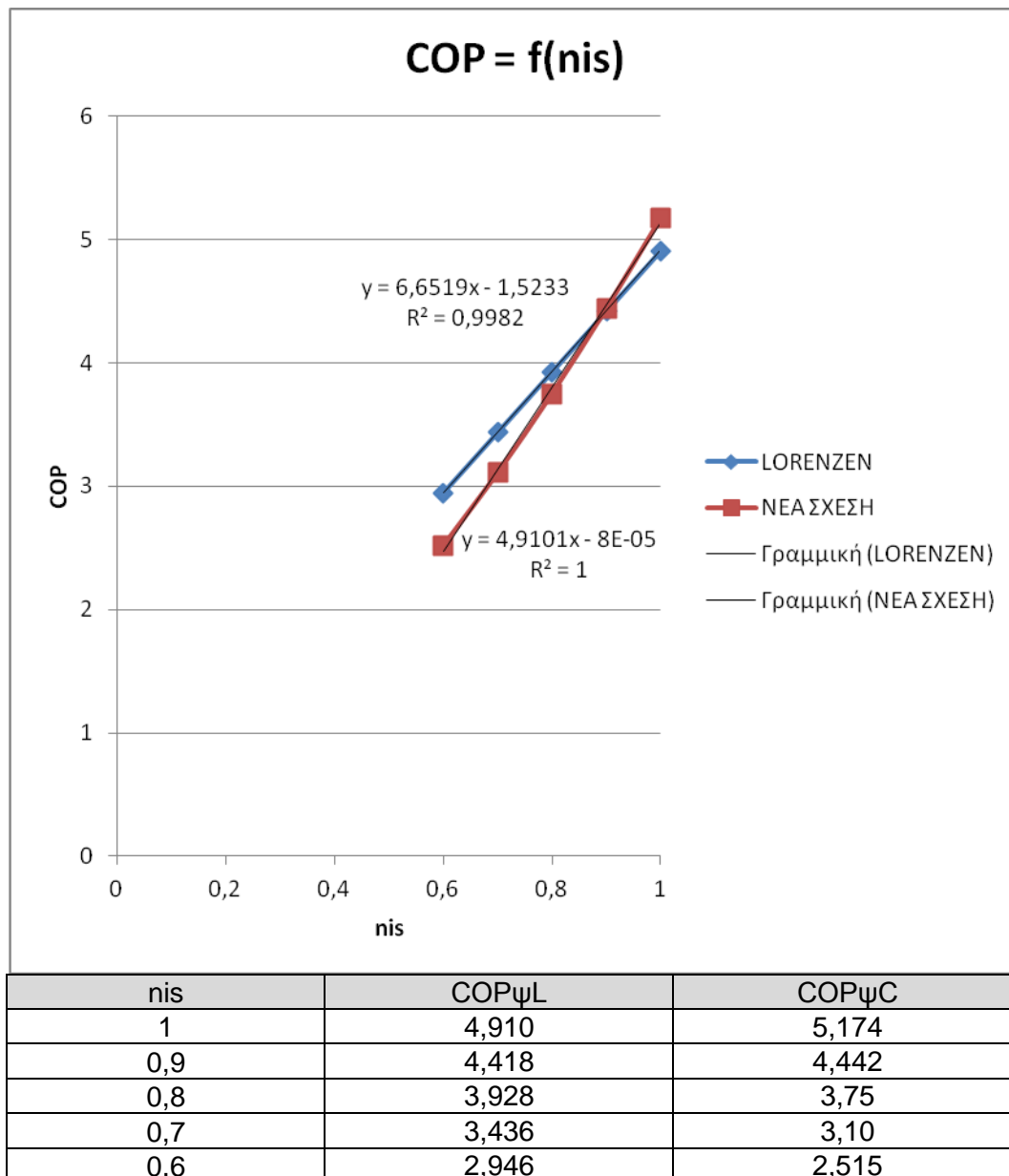
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,861	niC	0,822
			3,750
COP ψ ,L	3,928	COP ψ ,C	
r	2,761	r	2,761
COP ψ^{θ}	5,063	COP ψ^{θ}	5,063

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,7) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,861	niC	0,779
			3,107
COP ψ ,L	3,436	COP ψ ,C	
r	2,761	r	2,761
COP ψ^{θ}	4,430	COP ψ^{θ}	4,430

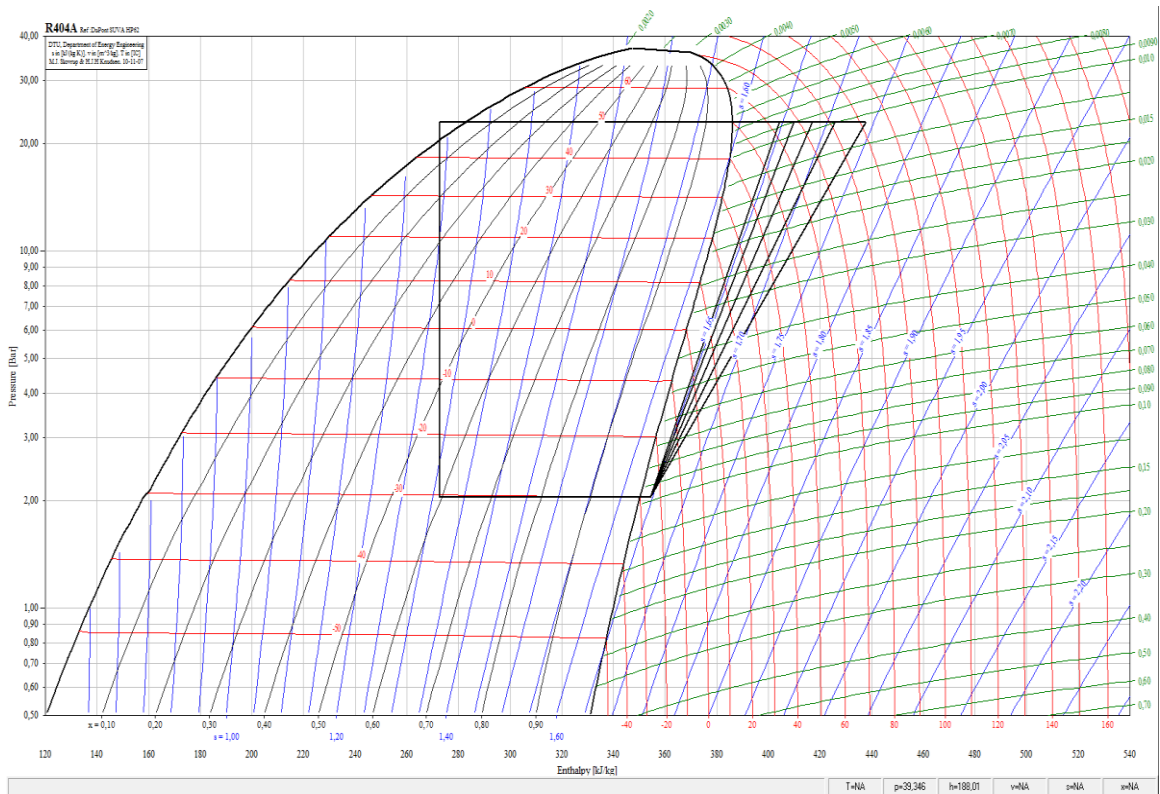
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,6) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,861	niC	0,736
COP _{ψr,L}	2,946	COP _{ψr,C}	2,515
r	2,761	r	2,761
COP _{ψ^θ}	3,797	COP _{ψ^θ}	3,797



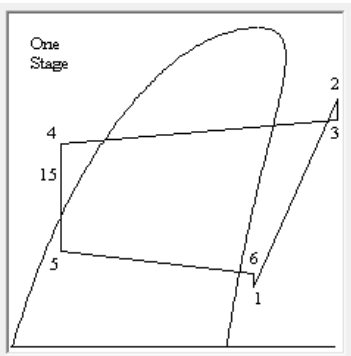
Σχήμα 2.17: Γραφική παράσταση της σχέσης COP = f(nis) για ψυκτικό ρευστό R404a για σχέση συμπίεσης $r = 2,7$

• ΚΑΘΕΣΤΩΣ Δ ($T_e = -30^{\circ}\text{C}$, $T_c = +50^{\circ}\text{C}$) : ΚΑΤΑΨΥΞΗ ΑΕΡΟΨΥΚΤΟ



Για Ισεντροπική συμπίεση ($\eta_{is} = 1$)
ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΓΙΑ ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

Point	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	-24,938	2,045	0,097449	354,236	1,6463
2	63,82	22,953	0,008653	404,36	1,6463
3	63,82	22,953	0,008653	404,36	1,6463
4	44,765	22,953	N/A	272,72	N/A
5	N/A	2,045	N/A	272,72	N/A
6	-24,938	2,045	0,097449	354,236	1,6463
15	N/A	22,953	N/A	272,72	N/A



Σχηματική παράσταση κύκλου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 1) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,438	niC	0,886
COP ψ ,L	0,642	COP ψ ,C	1,297
r	11,22	r	11,22
COP ψ^{θ}	1,626	COP ψ^{θ}	1,626

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,9) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,438	niC	0,838
COP ψ ,L	0,578	COP ψ ,C	1,104
r	11,224	r	11,224
COP ψ^{θ}	1,463	COP ψ^{θ}	1,463

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,8) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

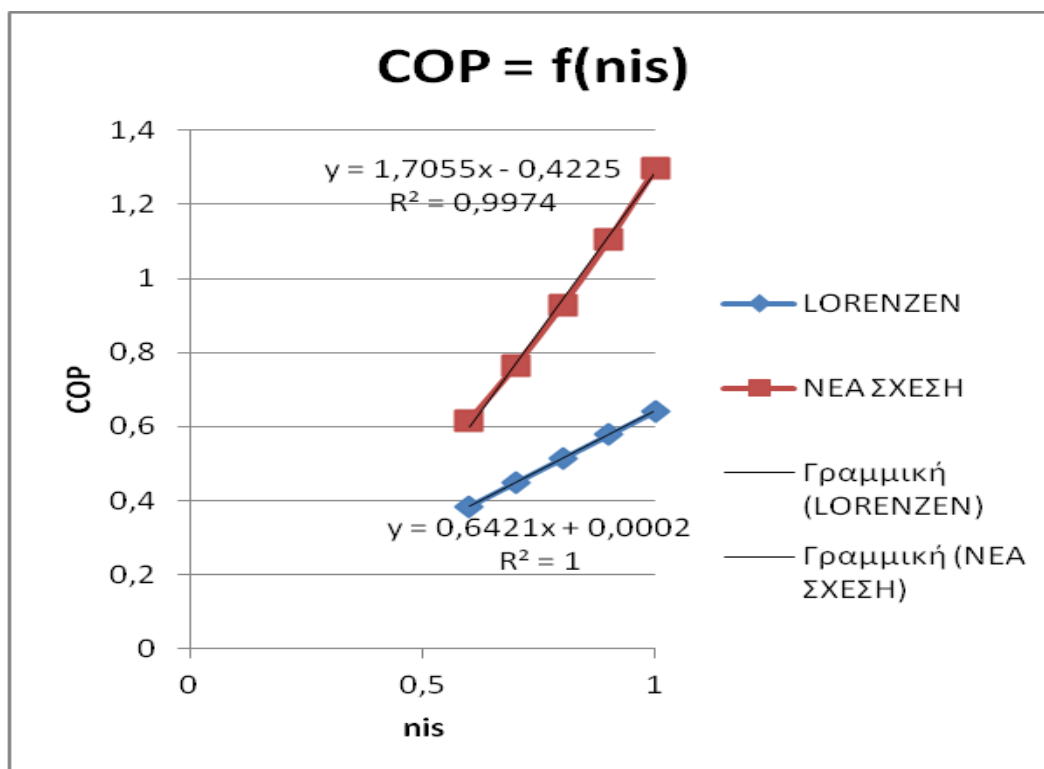
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,438	niC	0,791
COP ψ ,L	0,513	COP ψ ,C	0,927
r	11,22	r	11,224
COP ψ^{θ}	1,301	COP ψ^{θ}	1,301

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,7) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,438	niC	0,745
COP _{ψr,L}	0,449	COP _{ψr,C}	0,764
r	11,22	r	11,224
COP _{ψ^θ}	1,138	COP _{ψ^θ}	1,138

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,6) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

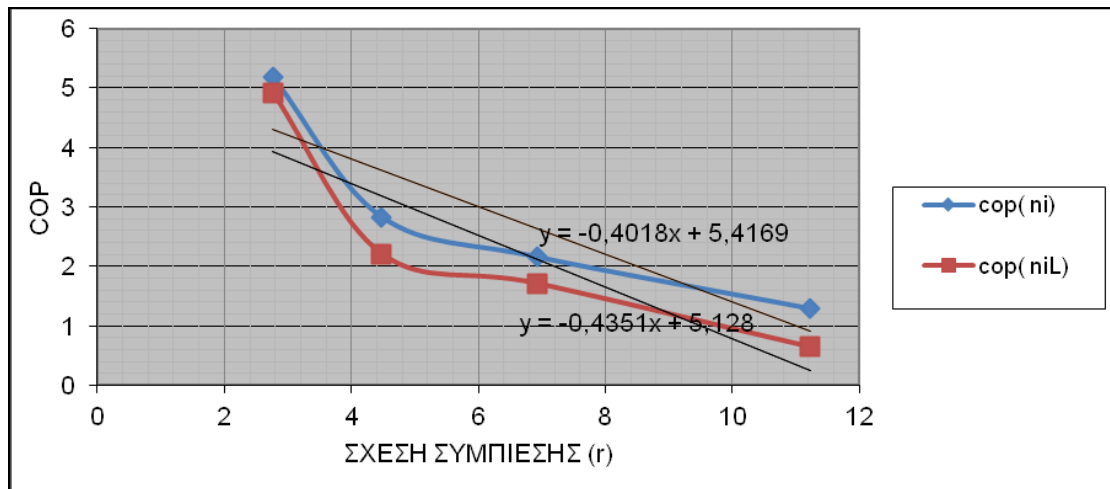
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,438	niC	0,70
COP _{ψr,L}	0,38	COP _{ψr,C}	0,61
r	11,22	r	11,22
COP _{ψ^θ}	0,975	COP _{ψ^θ}	0,975



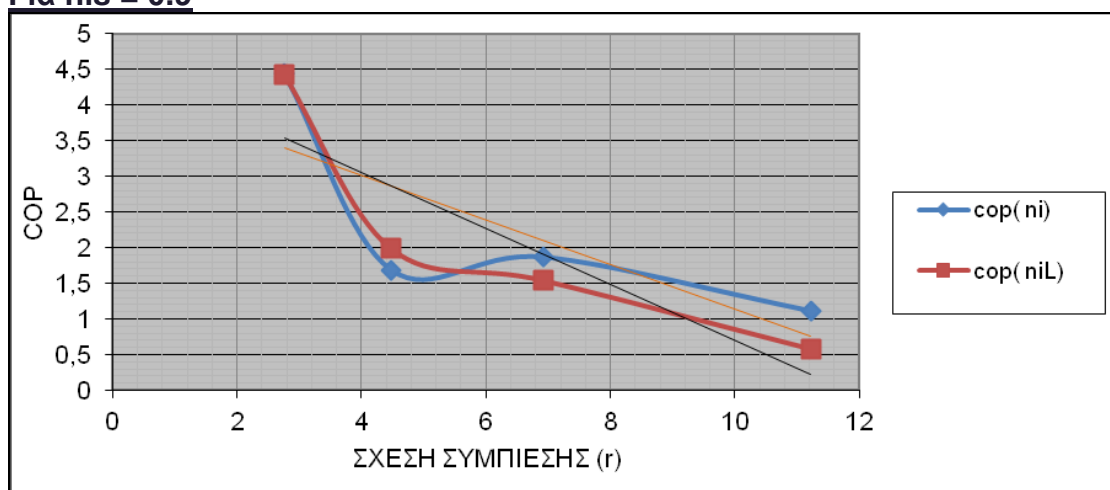
Σχήμα 2.18: Γραφική παράσταση της σχέσης $COP = f(nis)$ για ψυκτικό ρευστό R404a για σχέση συμπίεσης $r = 11,224$

Για το **ψ.ρ R404a** , για όλες τις σχέσεις συμπίεσης και για τους 5 ισεντροπικούς βαθμούς απόδοσης ($\eta_{is} = 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1$) υπολογίζουμε την σχέση **COP=f(r)** για $\eta_i = \eta_{iL}$ και για $\eta_i = \eta_{iC}$.

Για $\eta_{is} = 1$

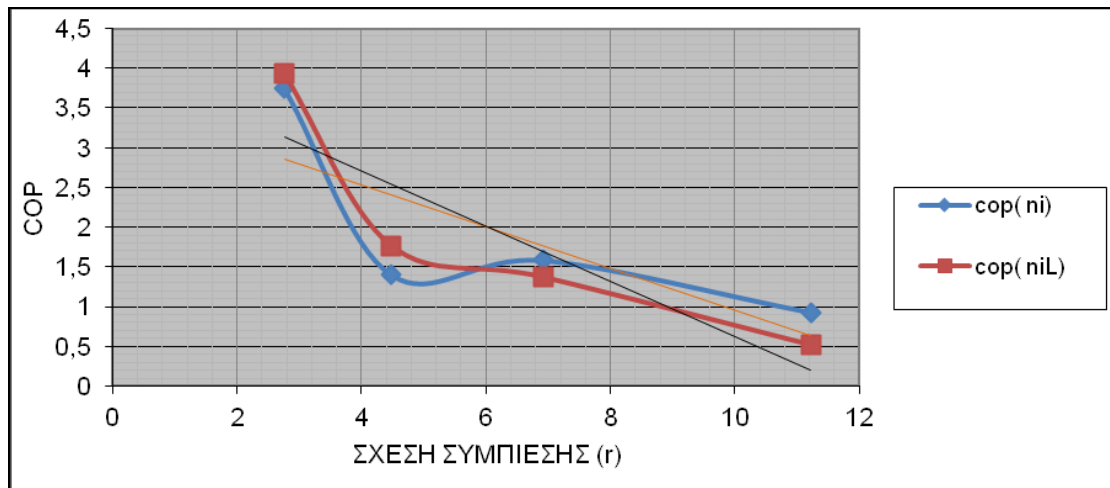


Για $\eta_{is} = 0.9$

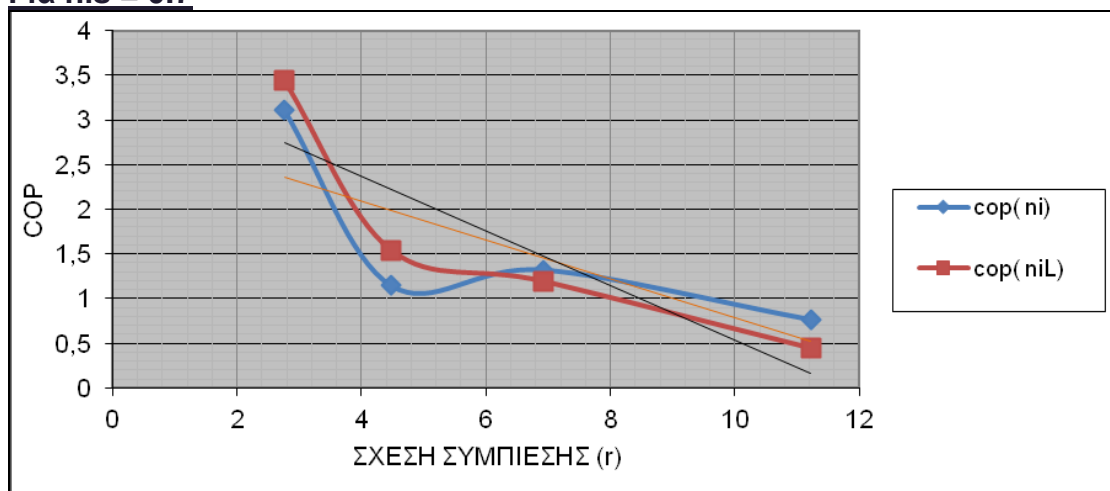


Σχήμα 2.19. Μεταβολή του COP με την σχέση συμπίεσης για $\eta_{is} = 1$ και $\eta_{is} = 0.9$ για το ρευστό R404a

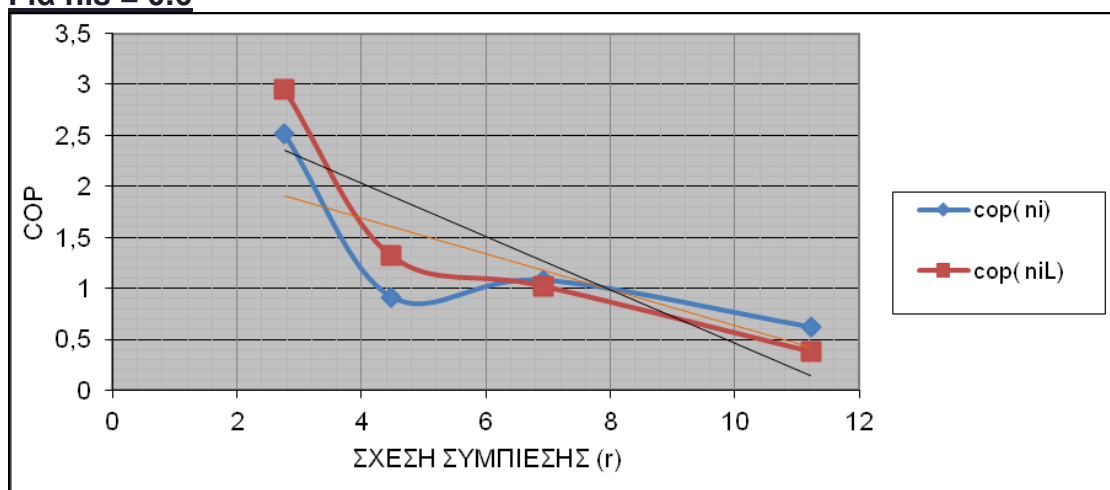
Για $n_{is} = 0.8$



Για $n_{is} = 0.7$



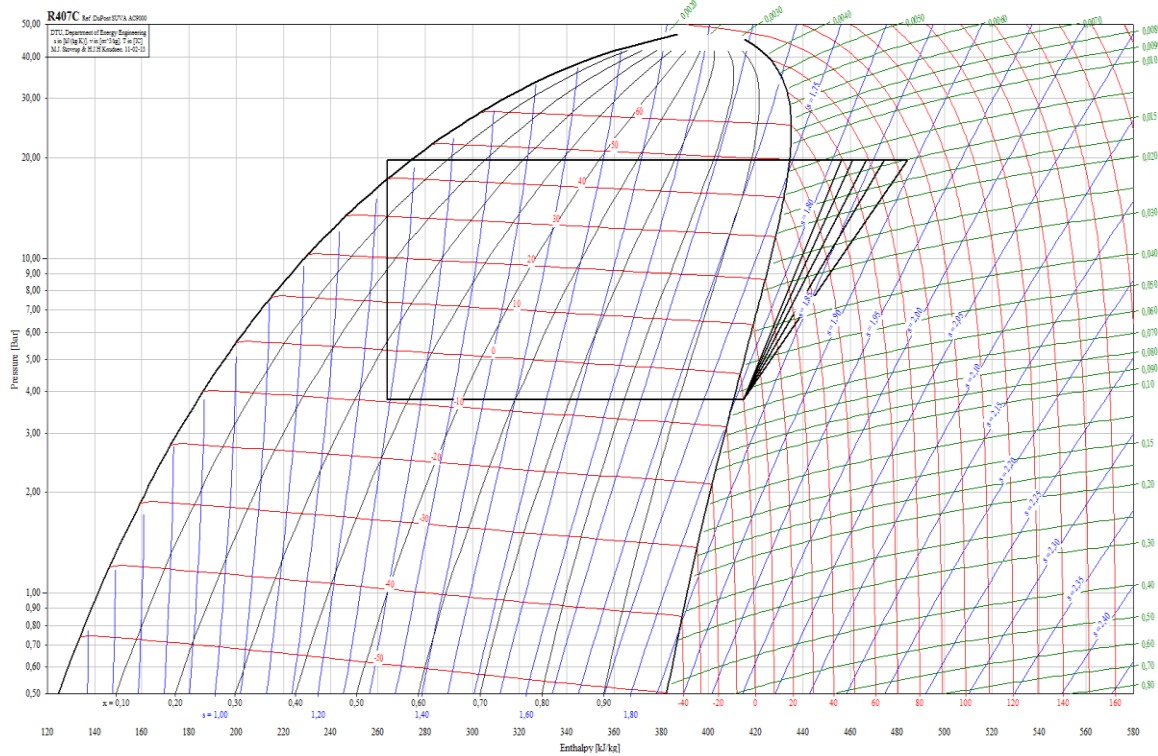
Για $n_{is} = 0.6$



Σχήμα 2.20. Μεταβολή του COP με την σχέση συμπίεσης για $n_{is} = 0,8$, $n_{is} = 0,7$, και $n_{is} = 0.6$ για για το ρευστό R404a

2.3.4 Αποτελέσματα για Ψυκτικό ρευστό : **R407C**

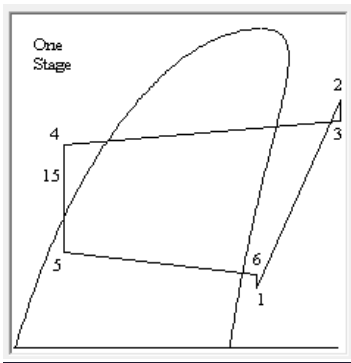
- **ΚΑΘΕΣΤΩΣ Α ($T_e = -5^{\circ}\text{C}$, $T_c = +50^{\circ}\text{C}$) : ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΑΕΡΟΨΥΚΤΟ**



Για Ισεντροπική συμπίεση ($\eta_{is} = 1$)

ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΓΙΑ ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

Σημείο	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	-0,147	3,782	0,064266	414,655	1,8121
2	69,504	19,597	0,013161	456,436	1,8121
3	69,504	19,597	0,013161	456,436	1,8121
4	39,905	19,597	N/A	263,899	N/A
5	N/A	3,782	N/A	263,899	N/A
6	-0,147	3,782	0,064266	414,655	1,8121



Σχηματική παράσταση κύκλου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 1) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorentzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,740	niC	0,971
COP _{ψr,L}	2,406	COP _{ψr,C}	3,154
r	5,181	r	5,181
COP _{ψ^θ}	3,608	COP _{ψ^θ}	3,608

Όπου :

- **r** : Σχέση συμπίεσης . (σχέση 8) ο οποίος παραμένει ο ίδιος και για τα δύο αποτελέσματα
- COP_{ψ^θ} : θεωρητικός συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς (σχέση 2) ο οποίος παραμένει ο ίδιος και για τα δύο αποτελέσματα
- niL : Ενδεικνυμένος βαθμός απόδοσης με βάση την σχέση του Lorentzen (σχέση 9)
- COP_{ψr,L} : πραγματικός συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς με βάση την σχέση του Lorentzen . (σχέση 2)
- niC : Υπολογισμένος ενδεικνυμένος βαθμός απόδοσης με βάση την σχέση (10)
- COP_{ψr,C} : πραγματικός συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς με βάση τον ισεντροπικό βαθμό απόδοσης niC . (σχέση 2)

Ομοίως , για $nis < 1$ οι αντίστοιχοι πίνακες αποτελεσμάτων είναι οι εξής :

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,9) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,740	niC	0,926
COP ψ ,L	2,165	COP ψ ,C	2,708
r	5,181	r	5,181
COP ψ^{θ}	3,247	COP ψ^{θ}	3,247

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,8) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

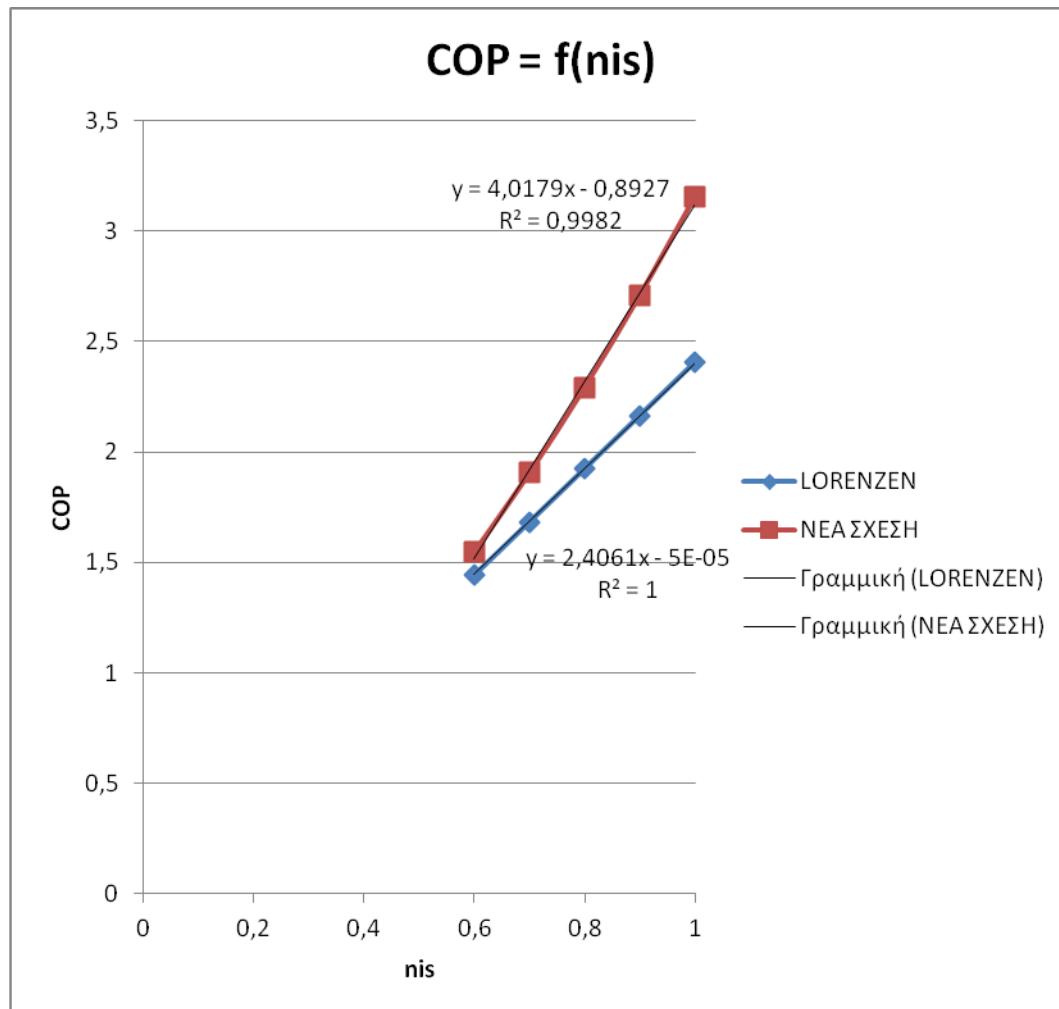
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,740	niC	0,882
COP ψ ,L	1,924	COP ψ ,C	2,29
r	5,181	r	5,181
COP ψ^{θ}	2,886	COP ψ^{θ}	2,886

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,7) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,740	niC	0,838
COP ψ ,L	1,684	COP ψ ,C	1,905
r	5,181	r	5,181
COP ψ^{θ}	2,525	COP ψ^{θ}	2,525

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,6) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

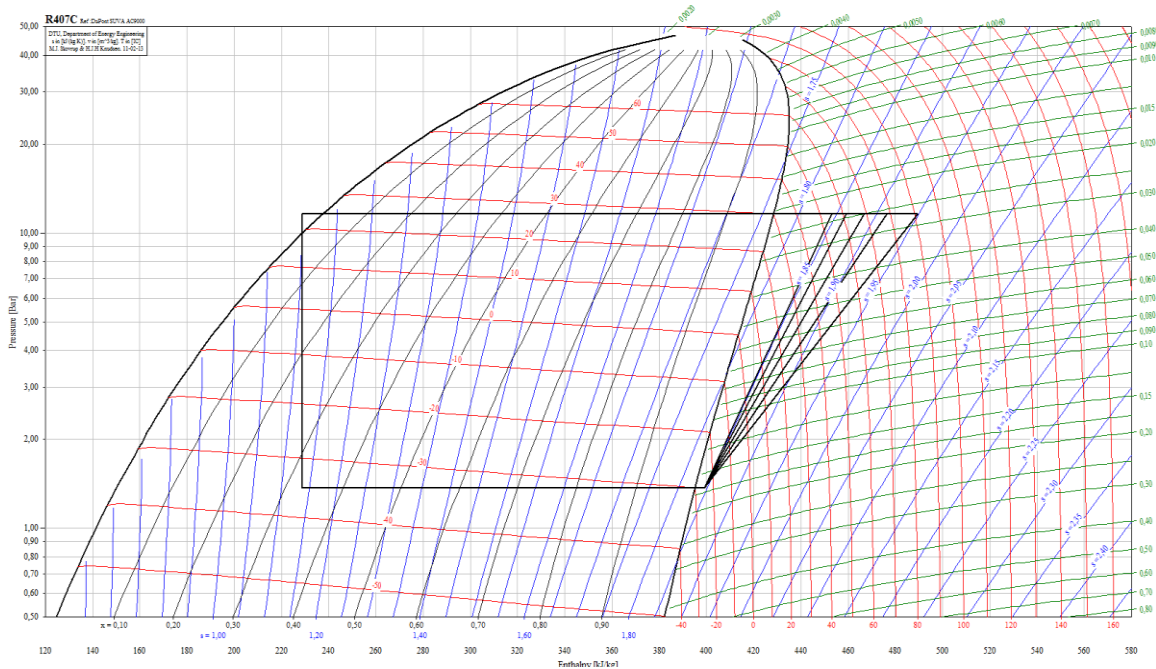
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,740	niC	0,793
COP ψ ,L	1,443	COP ψ ,C	1,546
r	5,181	r	5,181
COP ψ^{θ}	2,164	COP ψ^{θ}	2,164



nis	COP _{ψL}	COP _{ψC}
1	2,406	3,154
0,9	2,165	2,708
0,8	1,92	2,292
0,7	1,684	1,905
0,6	1,443	1,546

Σχήμα 2.21: Γραφική παράσταση της σχέσης $COP = f(nis)$ για ψυκτικό ρευστό R407c για σχέση συμπίεσης $r = 5,18$

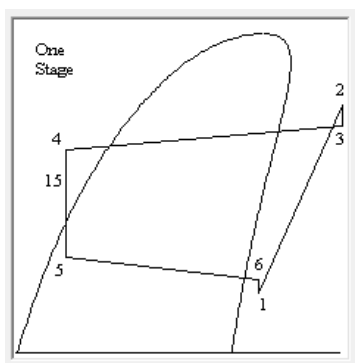
• ΚΑΘΕΣΤΩΣ Β ($T_e = -30^{\circ}\text{C}$, $T_c = +30^{\circ}\text{C}$) : ΚΑΤΑΨΥΞΗ ΥΔΡΟΨΥΚΤΟ



Για Ισεντροπική συμπίεση ($\eta_{is} = 1$)

ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΓΙΑ ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

ΣΗΜΕΙΟ	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	-25,118	1,369	0,168549	398,965	1,8445
2	55,35	11,557	0,023555	453,271	1,8445
3	79,711	11,557	0,023555	453,271	1,8445
4	39,905	11,557	N/A	228,787	N/A
5	N/A	1,369	N/A	228,787	N/A
6	-25,118	1,369	0,168549	398,965	1,8445



Σχηματική παράσταση κύκλου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 1) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,577	niC	0,863
			2,434
COP _{ψr,L}	1,629	COP _{ψr,C}	
r	8,441	r	8,441
COP _ψ ^θ	3,133	COP _ψ ^θ	3,133

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,9) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,577	niC	0,835
			2,121
COP _{ψr,L}	1,466	COP _{ψr,C}	
r	8,441	r	8,441
COP _ψ ^θ	2,820	COP _ψ ^θ	2,820

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,8) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

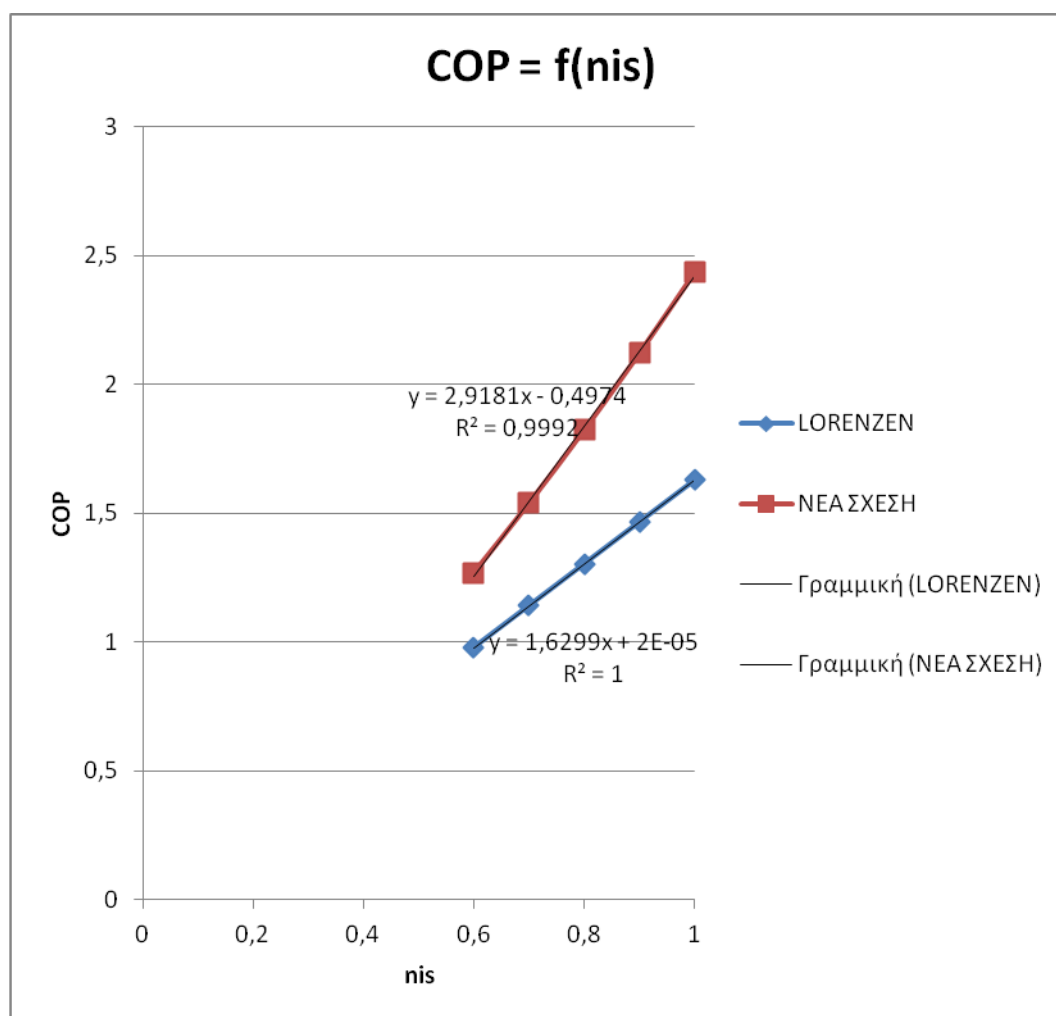
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,577	niC	0,807
			1,822
COP _{ψr,L}	1,303	COP _{ψr,C}	
r	8,441	r	8,441
COP _ψ ^θ	2,506	COP _ψ ^θ	2,506

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,7) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,577	niC	0,779
			1,5381
COP _{ψr,L}	1,140	COP _{ψr,C}	
r	8,441	r	8,441
COP _ψ ^θ	2,193	COP _ψ ^θ	2,193

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,6) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

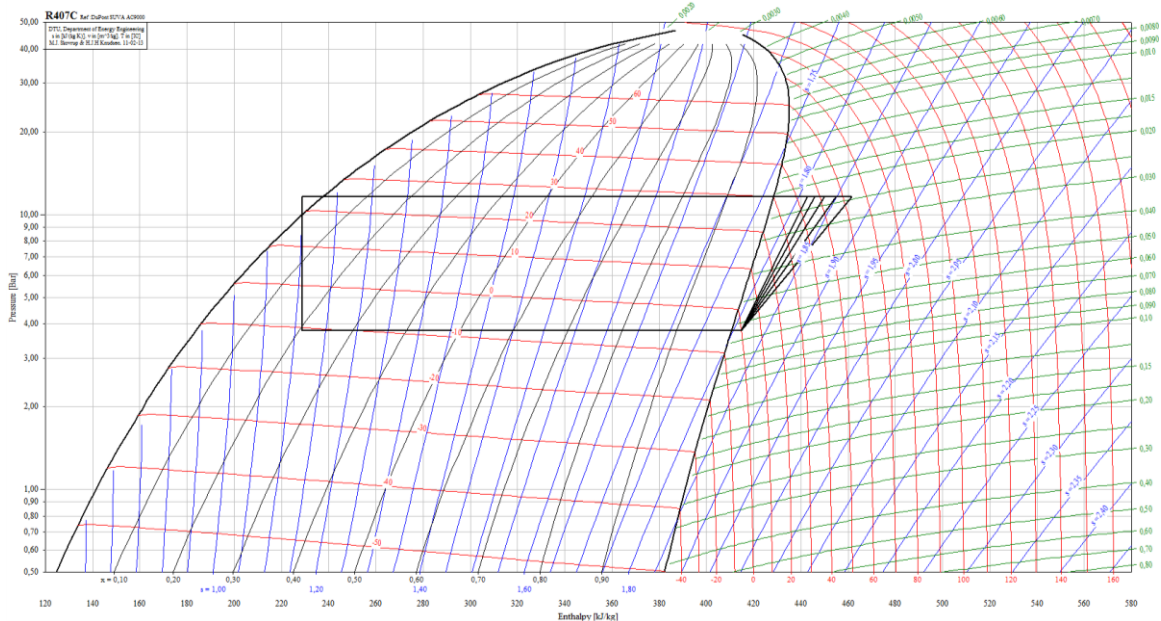
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,577	niC	0,749
COP _{ψr,L}	0,977	COP _{ψr,C}	1,267
r	8,441	r	8,441
COP _{ψ^θ}	1,880	COP _{ψ^θ}	1,880



nis	COP _{ψL}	COP _{ψC}
1	1,629	2,43
0,9	1,466	2,121
0,8	1,303	1,822
0,7	1,140	1,538
0,6	0,977	1,267

Σχήμα 2.22: Γραφική παράσταση της σχέσης COP = f(nis) για ψυκτικό ρευστό R407c για σχέση συμπίεσης r = 8,44

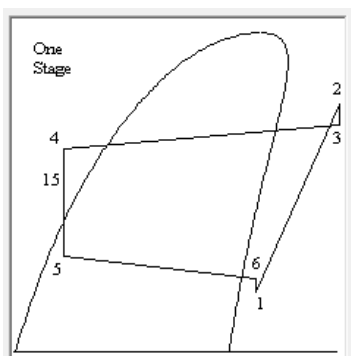
• ΚΑΘΕΣΤΩΣ Γ ($T_e = -5^\circ\text{C}$, $T_c = +30^\circ\text{C}$) : ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΔΡΟΨΥΚΤΟ



Για Ισεντροπική συμπίεση ($\eta_{is} = 1$)

ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΓΙΑ ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

Point	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	-0,147	3,782	0,064266	414,655	1,8121
2	44,695	11,557	0,022322	442,79	1,8121
3	44,695	11,557	0,022322	442,79	1,8121
4	19,023	11,557	N/A	228,787	N/A
5	N/A	3,782	N/A	228,787	N/A
6	-0,147	3,782	0,064266	414,655	1,8121



Σχηματική παράσταση κύκλου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 1) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,847	niC	0,928
COP _{ψr,L}	5,037	COP _{ψr,C}	5,521
r	3,055	r	3,055
COP _{ψ^θ}	6,606	COP _{ψ^θ}	6,606

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,9) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,847	niC	0,895
COP _{ψr,L}	4,533	COP _{ψr,C}	4,790
r	3,055	r	3,055
COP _{ψ^θ}	5,945	COP _{ψ^θ}	5,945

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,8) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

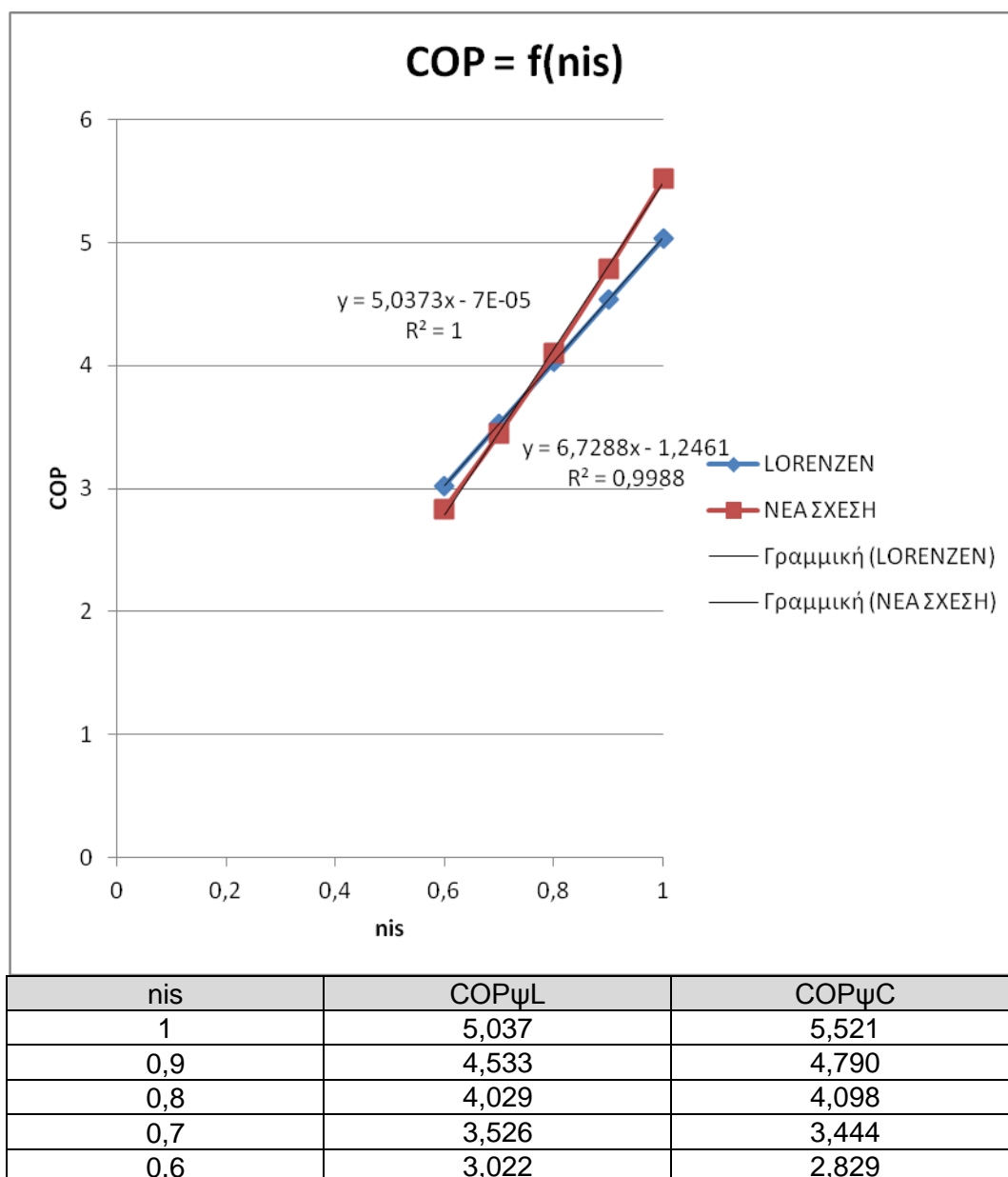
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,847	niC	0,861
COP _{ψr,L}	4,029	COP _{ψr,C}	4,098
r	3,055	r	3,055
COP _{ψ^θ}	5,285	COP _{ψ^θ}	5,285

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,7) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,847	niC	0,827
COP _{ψr,L}	3,526	COP _{ψr,C}	3,444
r	3,055	r	3,055
COP _{ψ^θ}	4,624	COP _{ψ^θ}	4,624

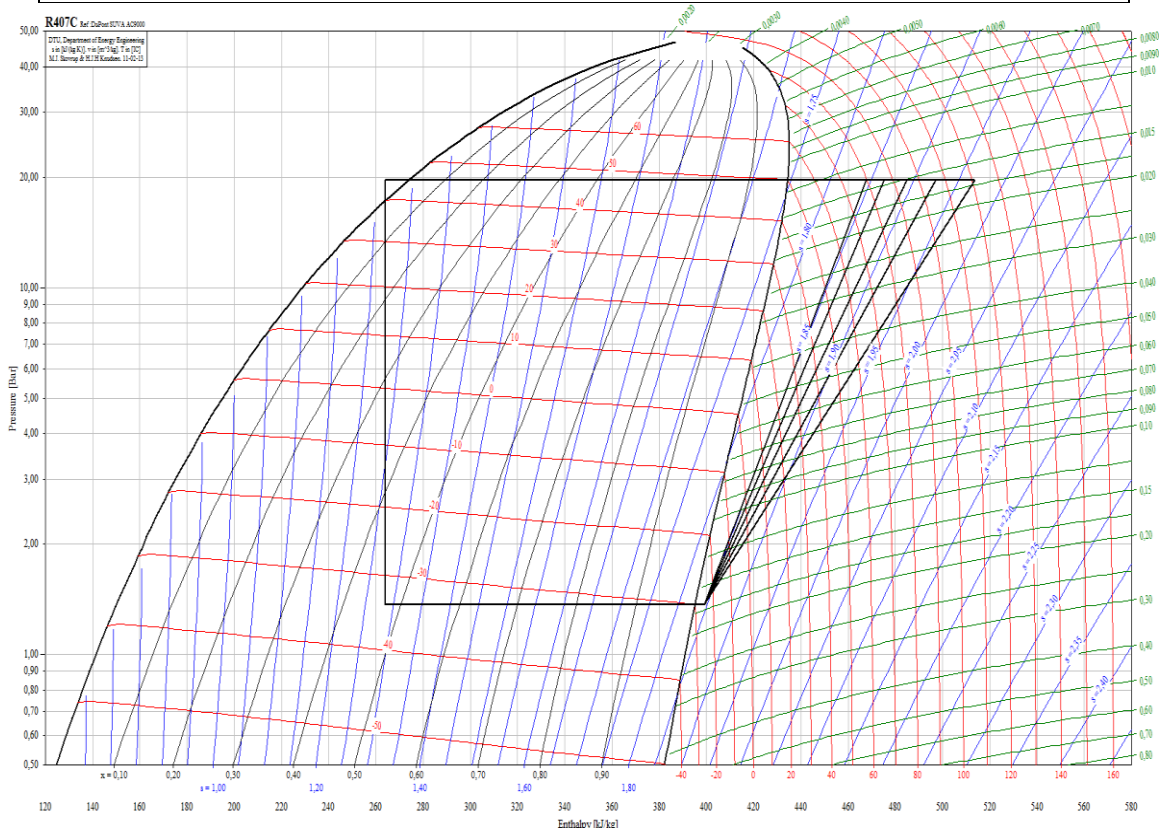
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,6) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,847	niC	0,793
COP _{ψr,L}	3,022	COP _{ψr,C}	2,829
r	3,055	r	3,055
COP _{ψ^θ}	3,963	COP _{ψ^θ}	3,963



Σχήμα 2.23: Γραφική παράσταση της σχέσης COP = f(nis) για ψυκτικό ρευστό R407c για σχέση συμπίεσης r = 3,055

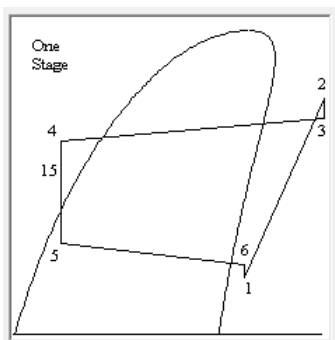
• ΚΑΘΕΣΤΩΣ Δ ($T_e = -30^{\circ}\text{C}$, $T_c = +50^{\circ}\text{C}$) : ΚΑΤΑΨΥΞΗ ΑΕΡΟΨΥΚΤΟ



Για Ισεντροπική συμπίεση ($\eta_{is} = 1$)

ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΓΙΑ ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

Point	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	-25,118	1,369	0,168549	398,965	1,8445
2	79,711	19,597	0,013978	467,714	1,8445
3	79,711	19,597	0,013978	467,714	1,8445
4	39,905	19,597	N/A	263,899	N/A
5	N/A	1,369	N/A	263,899	N/A
6	-24,938	1,369	0,168549	398,965	1,8445
15	N/A	19,597	N/A	263,899	N/A



Σχηματική παράσταση κύκλου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 1) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,284	niC	0,888
COP ψ ,L	0,502	COP ψ ,C	1,570
r	14,314	r	14,31
COP ψ^{θ}	1,964	COP ψ^{θ}	1,964

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,9) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,284	niC	0,852
COP ψ ,L	0,452	COP ψ ,C	1,356
r	14,31	r	14,31
COP ψ^{θ}	1,768	COP ψ^{θ}	1,768

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,8) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

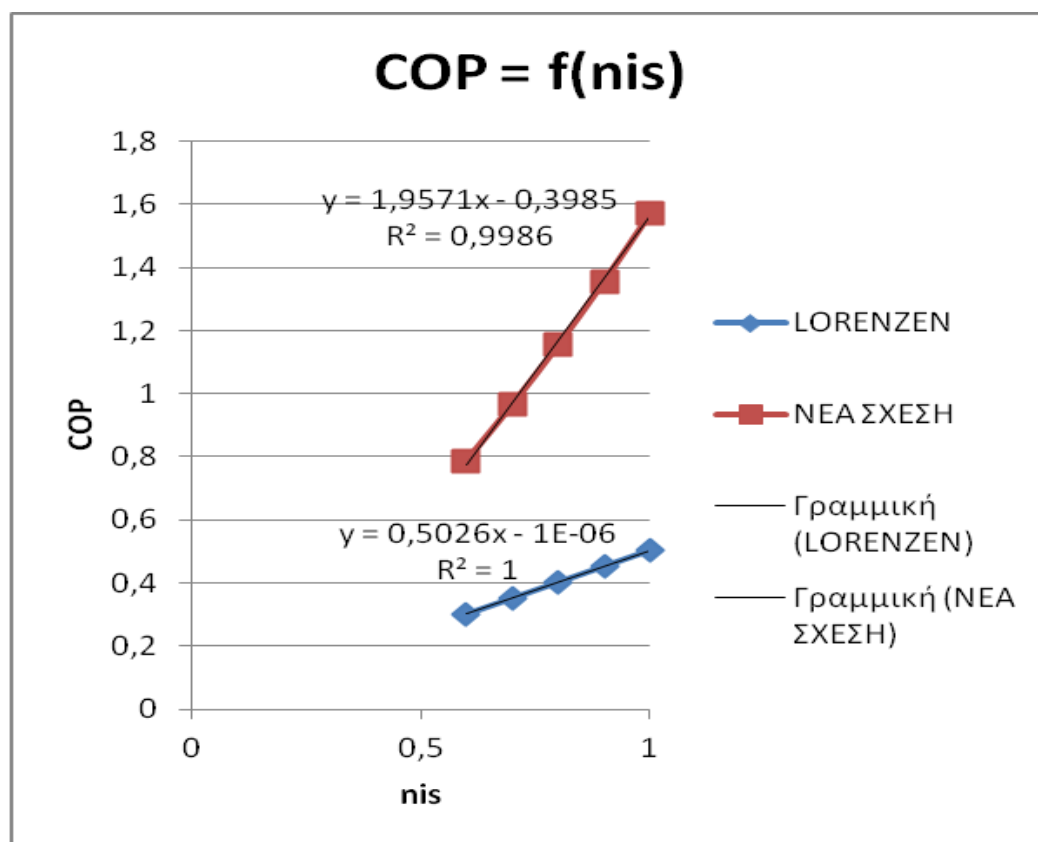
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,284	niC	0,816
COP ψ ,L	0,402	COP ψ ,C	1,154
r	14,31	r	14,31
COP ψ^{θ}	1,571	COP ψ^{θ}	1,571

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,7) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,284	niC	0,780
COP _{ψr,L}	0,351	COP _{ψr,C}	0,965
r	14,31	r	14,31
COP _{ψ^θ}	1,375	COP _{ψ^θ}	1,375

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,6) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,284	niC	0,742
COP _{ψr,L}	0,301	COP _{ψr,C}	0,787
r	14,31	r	14,31
COP _{ψ^θ}	1,178	COP _{ψ^θ}	1,178

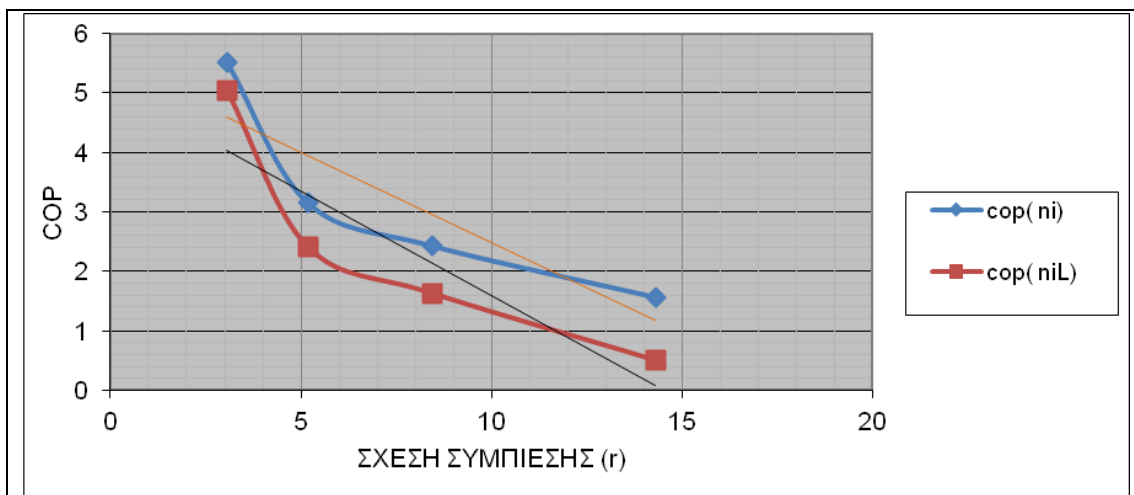


nis	COP _{ψL}	COP _{ψC}
1	0,502	1,570
0,9	0,452	1,356
0,8	0,402	1,154
0,7	0,351	0,965
0,6	0,301	0,787

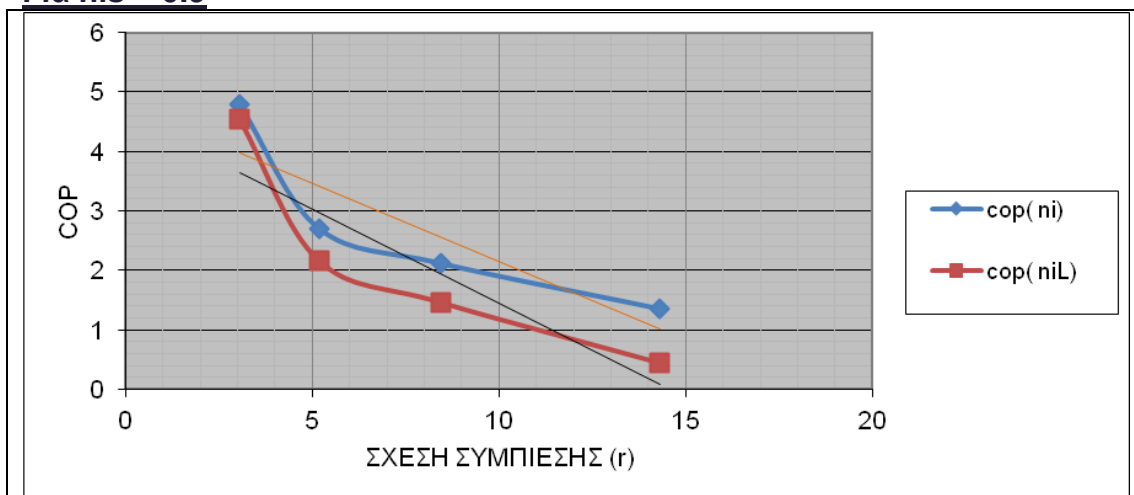
Σχήμα 2.24:: Γραφική παράσταση της σχέσης $COP = f(nis)$ για ψυκτικό ρευστό R407c για σχέση συμπίεσης $r = 14,31$

Για το **ψ.ρ R407c** , για όλες τις σχέσεις συμπίεσης και για τους 5 ισεντροπικούς βαθμούς απόδοσης ($n_{is} = 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1$) υπολογίζουμε την σχέση **COP=f(r)** για $n_i = n_{iL}$ και για $n_i = n_{iC}$.

Για $n_{is} = 1$

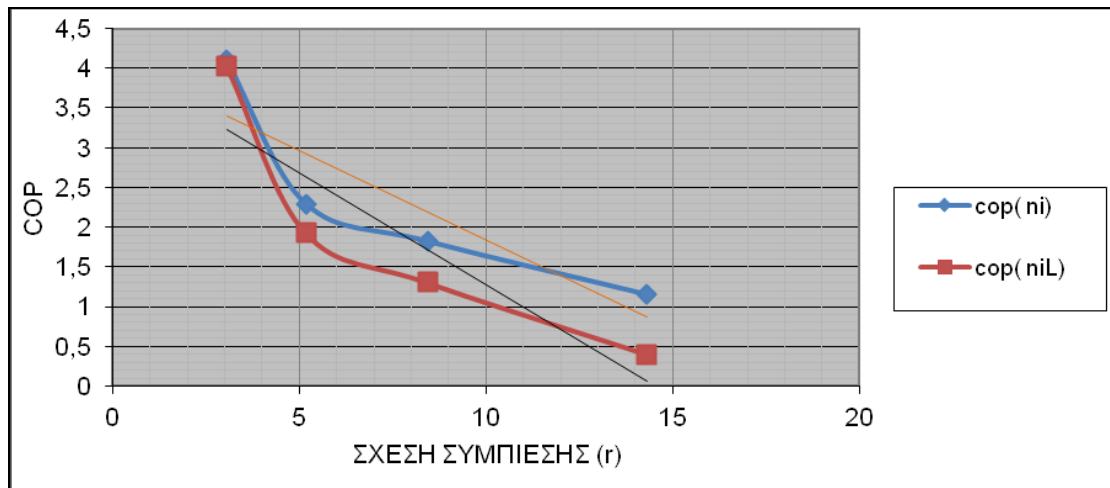


Για $n_{is} = 0.9$

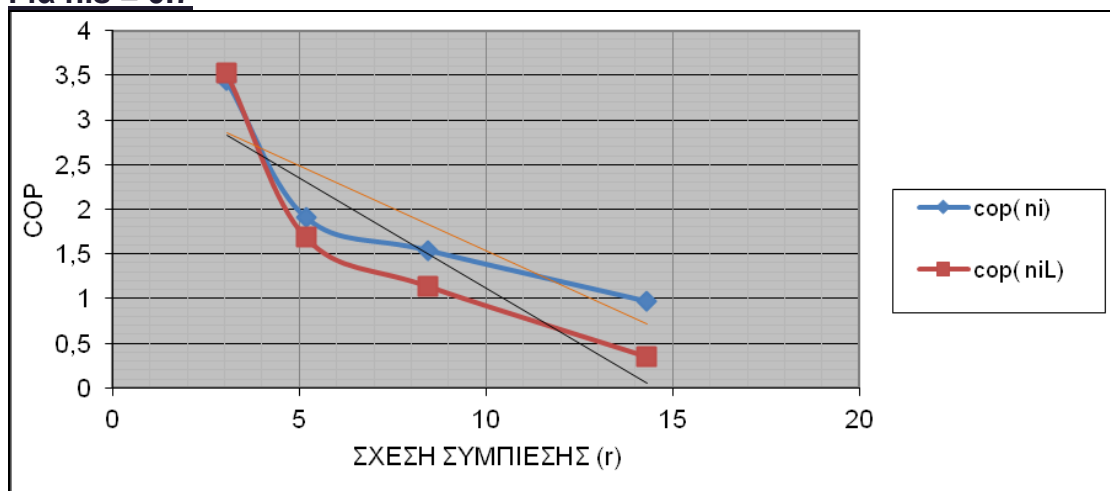


Σχήμα 2.25. Μεταβολή του COP με την σχέση συμπίεσης για $n_{is} = 1$ και $n_{is} = 0.9$ για το **ψ.ρ R407c**

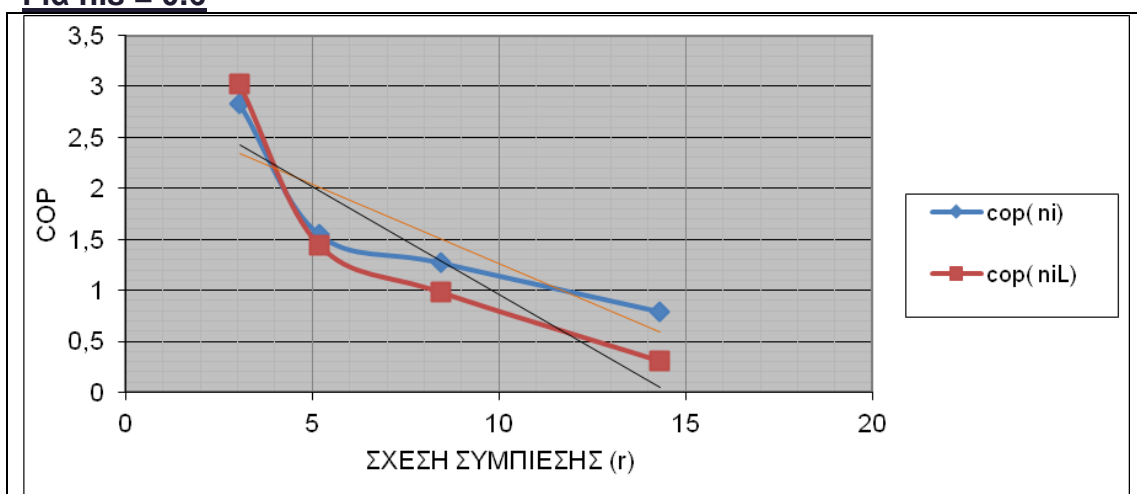
Για $n_{is} = 0.8$



Για $n_{is} = 0.7$



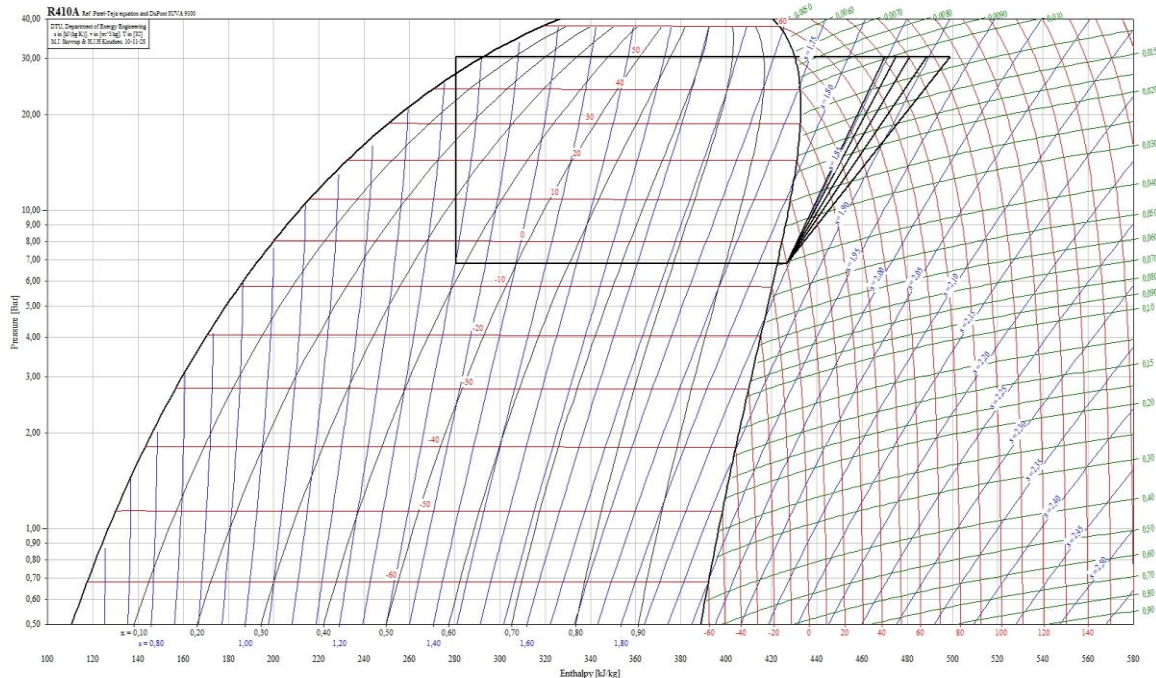
Για $n_{is} = 0.6$



Σχήμα 2.26. Μεταβολή του COP με την σχέση συμπίεσης για $n_{is} = 0,8$, $n_{is} = 0,7$, και $n_{is} = 0.6$ για το ρευστό **R407c**

2.3.5 Αποτελέσματα για Ψυκτικό ρευστό : **R410a**

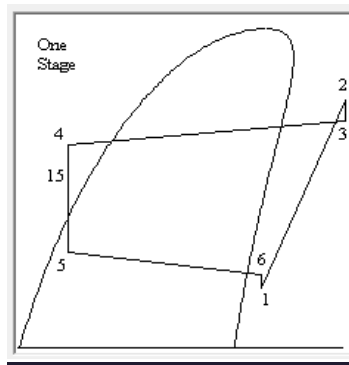
- **ΚΑΘΕΣΤΩΣ Α (T_e = -5°C , T_c = +50°C) : ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΑΕΡΟΨΥΚΤΟ**



Για Ισεντροπική συμπίεση ($\eta_{is} = 1$)

ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΓΙΑ ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

Σημείο	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	0	6,803	0,040496	426,771	1,8464
2	80,854	30,333	0,00099	470,151	1,8464
3	80,854	30,333	0,00099	470,151	1,8464
4	44,833	30,333	N/A	280,716	N/A
5	N/A	6,803	N/A	280,716	N/A
6	0	6,803	0,040496	426,771	1,8464



Σχηματική παράσταση κύκλου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 1) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorentzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,777	niC	0,995
COP _{ψr,L}	2,354	COP _{ψr,C}	3,016
r	4,458	r	4,458
COP _{ψ^θ}	3,366	COP _{ψ^θ}	3,366

Όπου :

- **r** : Σχέση συμπίεσης . (σχέση 8) ο οποίος παραμένει ο ίδιος και για τα δύο αποτελέσματα
- COP_{ψ^θ} : θεωρητικός συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς (σχέση 2) ο οποίος παραμένει ο ίδιος και για τα δύο αποτελέσματα
- niL : Ενδεικνυμένος βαθμός απόδοσης με βάση την σχέση του Lorentzen (σχέση 9)
- COP_{ψr,L} : πραγματικός συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς με βάση την σχέση του Lorentzen . (σχέση 2)
- niC : Υπολογισμένος ενδεικνυμένος βαθμός απόδοσης με βάση την σχέση (10)
- COP_{ψr,C} : πραγματικός συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς με βάση τον ισεντροπικό βαθμό απόδοσης niC . (σχέση 2)

Ομοίως , για $nis < 1$ οι αντίστοιχοι πίνακες αποτελεσμάτων είναι οι εξής :

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,9) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,777	niC	0,941
COP ψ ,L	2,119	COP ψ ,C	2,568
r	4,458	r	4,458
COP ψ^{θ}	3,030	COP ψ^{θ}	3,030

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,8) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

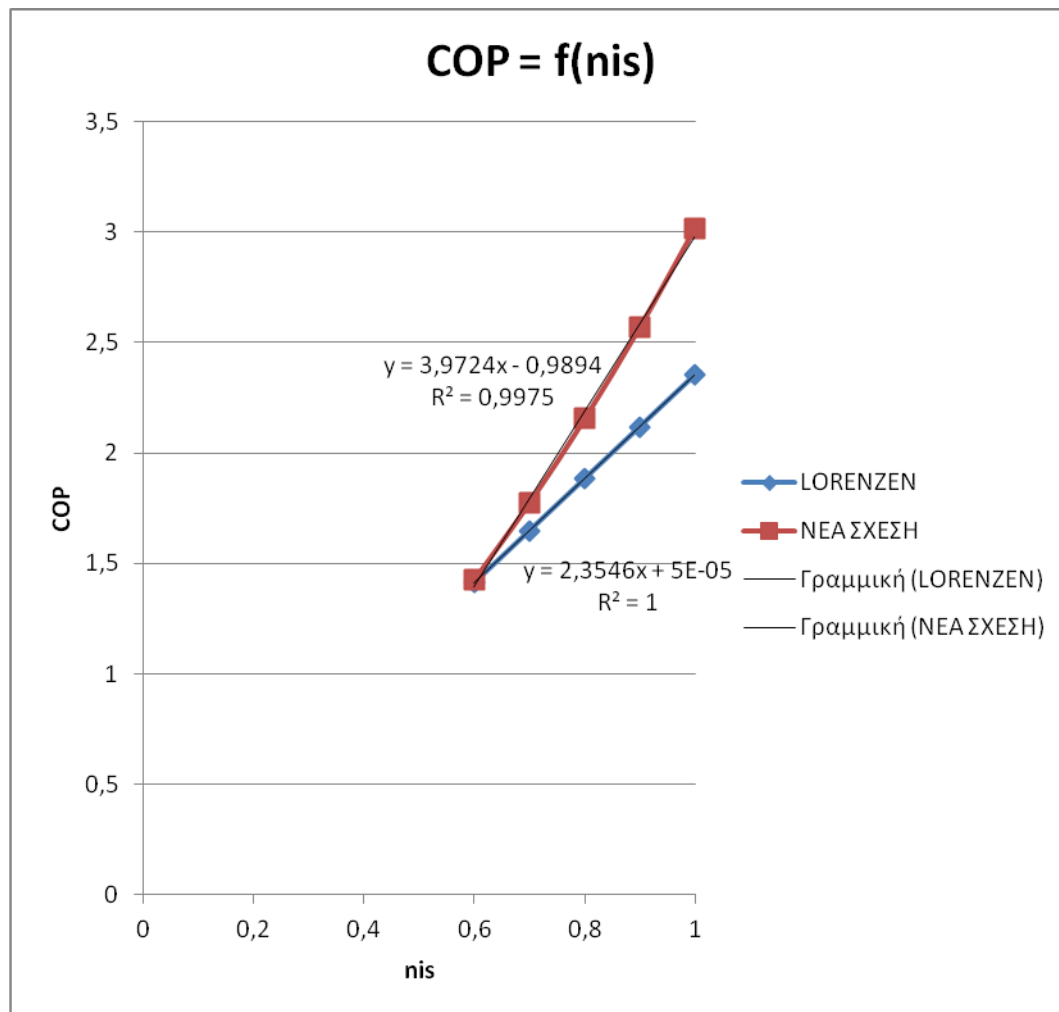
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,777	niC	0,888
COP ψ ,L	1,883	COP ψ ,C	2,154
r	4,458	r	4,458
COP ψ^{θ}	2,69	COP ψ^{θ}	2,693

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,7) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,777	niC	0,836
COP ψ ,L	1,648	COP ψ ,C	1,774
r	4,458	r	4,458
COP ψ^{θ}	2,356	COP ψ^{θ}	2,356

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,6) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

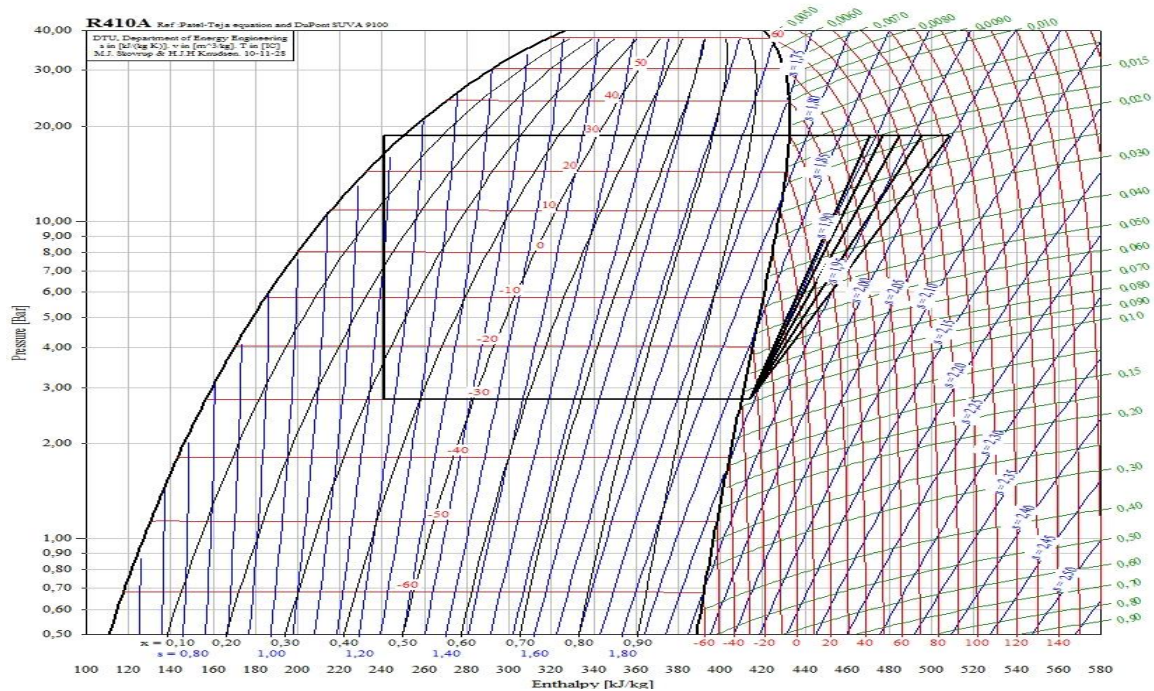
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,777	niC	0,785
COP ψ ,L	1,412	COP ψ ,C	1,427
r	4,458	r	4,458
COP ψ^{θ}	2,020	COP ψ^{θ}	2,020



nis	COP _{ψL}	COP _{ψC}
1	2,354	3,016
0,9	2,119	2,568
0,8	1,883	2,154
0,7	1,648	1,774
0,6	1,412	1,427

Σχήμα 2.27: Γραφική παράσταση της σχέσης $COP = f(nis)$ για ψυκτικό ρευστό R410a για σχέση συμπίεσης $r = 4,458$

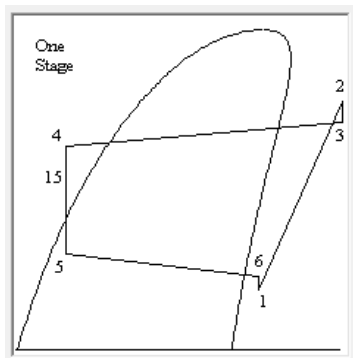
• ΚΑΘΕΣΤΩΣ Β ($T_e = -30^\circ\text{C}$, $T_c = +30^\circ\text{C}$) : ΚΑΤΑΨΥΞΗ ΥΔΡΟΨΥΚΤΟ



Για Ισεντροπική συμπίεση ($\eta_{is} = 1$)

ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΓΙΑ ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

ΣΗΜΕΙΟ	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	-25	2,749	0,097184	413,76	1,8912
2	66,468	18,698	0,017141	470,616	1,8912
3	66,468	18,698	0,017141	470,616	1,8912
4	25	18,698	N/A	241,176	N/A
5	N/A	2,749	N/A	241,176	N/A
6	-25	2,749	0,097184	413,76	1,8912



Σχηματική παράσταση κύκλου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 1) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,659	niC	0,859
COP _{ψr,L}	1,802	COP _{ψr,C}	2,347
r	6,801	r	6,801
COP _ψ ^θ	3,035	COP _ψ ^θ	3,035

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,9) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,659	niC	0,826
COP _{ψr,L}	1,622	COP _{ψr,C}	2,031
r	6,801	r	6,801
COP _ψ ^θ	2,731	COP _ψ ^θ	2,731

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,8) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

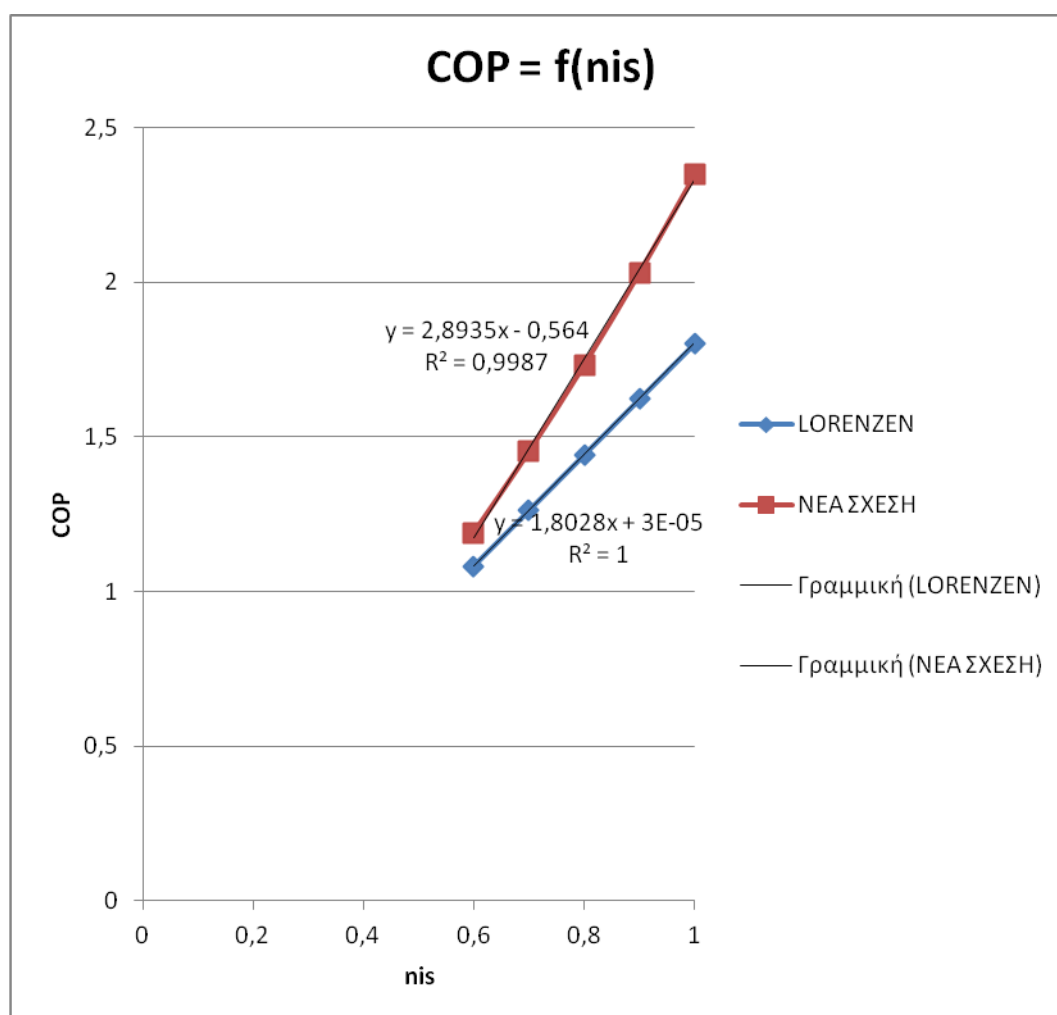
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,659	niC	0,792
COP _{ψr,L}	1,442	COP _{ψr,C}	1,732
r	6,801	r	6,801
COP _ψ ^θ	2,428	COP _ψ ^θ	2,428

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,7) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,659	niC	0,759
COP _{ψr,L}	1,261	COP _{ψr,C}	1,452
r	6,801	r	6,801
COP _ψ ^θ	2,124	COP _ψ ^θ	2,124

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,6) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

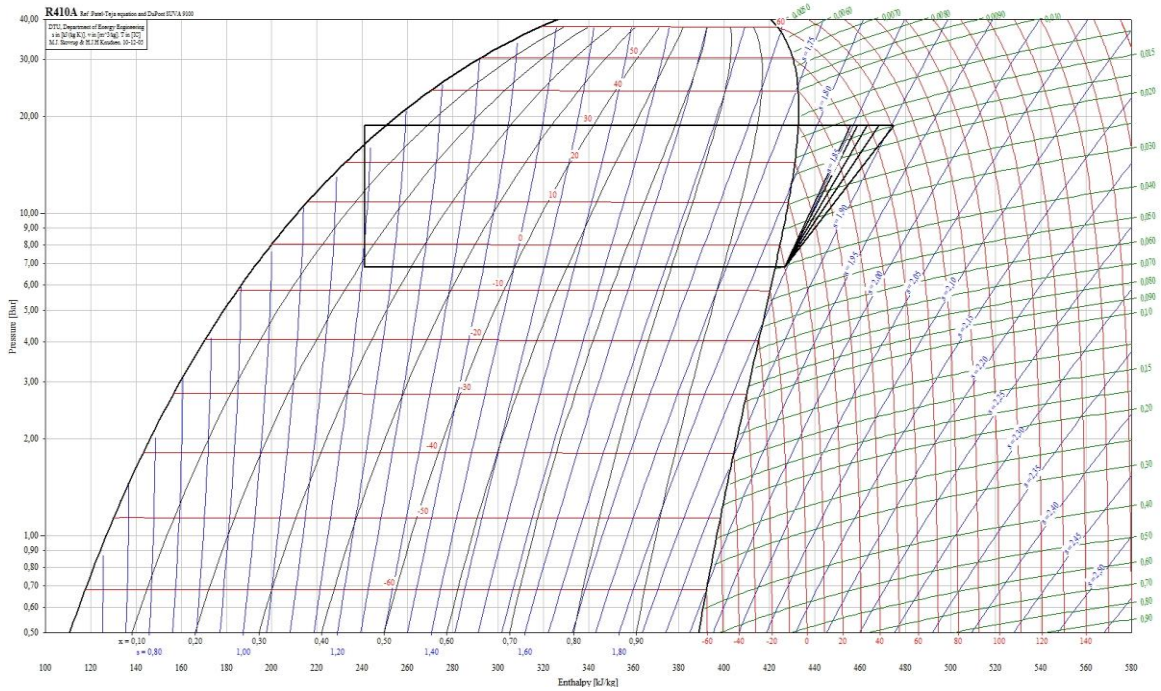
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,659	niC	0,725
COP _{ψr,L}	1,081	COP _{ψr,C}	1,189
r	6,801	r	6,801
COP _{ψ^θ}	1,821	COP _{ψ^θ}	1,821



nis	COP _{ψL}	COP _{ψC}
1	1,802	2,347
0,9	1,622	2,031
0,8	1,442	1,732
0,7	1,261	1,452
0,6	1,081	1,189

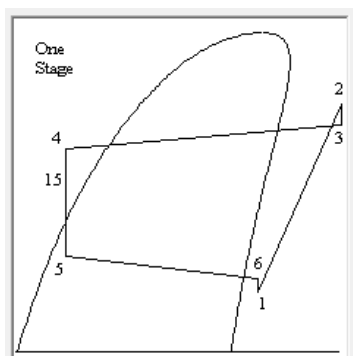
Σχήμα 2.28: Γραφική παράσταση της σχέσης COP = f(nis) για ψυκτικό ρευστό R410a για σχέση συμπίεσης r = 6,8

• ΚΑΘΕΣΤΩΣ Γ ($T_e = -5^\circ\text{C}$, $T_c = +30^\circ\text{C}$) : ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΔΡΟΨΥΚΤΟ



Για Ισεντροπική συμπίεση ($\eta_{is} = 1$)
ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΓΙΑ ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

Point	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	0	6,803	0,040496	426,771	1,8464
2	51,858	18,698	0,01579	455,736	1,8464
3	51,858	18,698	0,01579	455,736	1,8464
4	25	18,698	N/A	241,176	N/A
5	N/A	6,803	N/A	241,176	N/A
6	0	2,749	0,040496	426,771	1,8464



Σχηματική παράσταση κύκλου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 1) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,862	niC	0,956
COP _{ψr,L}	4,974	COP _{ψr,C}	5,514
r	2,748	r	2,748
COP _{ψ^θ}	6,407	COP _{ψ^θ}	6,407

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,9) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,862	niC	0,912
COP _{ψr,L}	4,476	COP _{ψr,C}	4,737
r	2,748	r	2,748
COP _{ψ^θ}	5,766	COP _{ψ^θ}	5,766

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,8) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

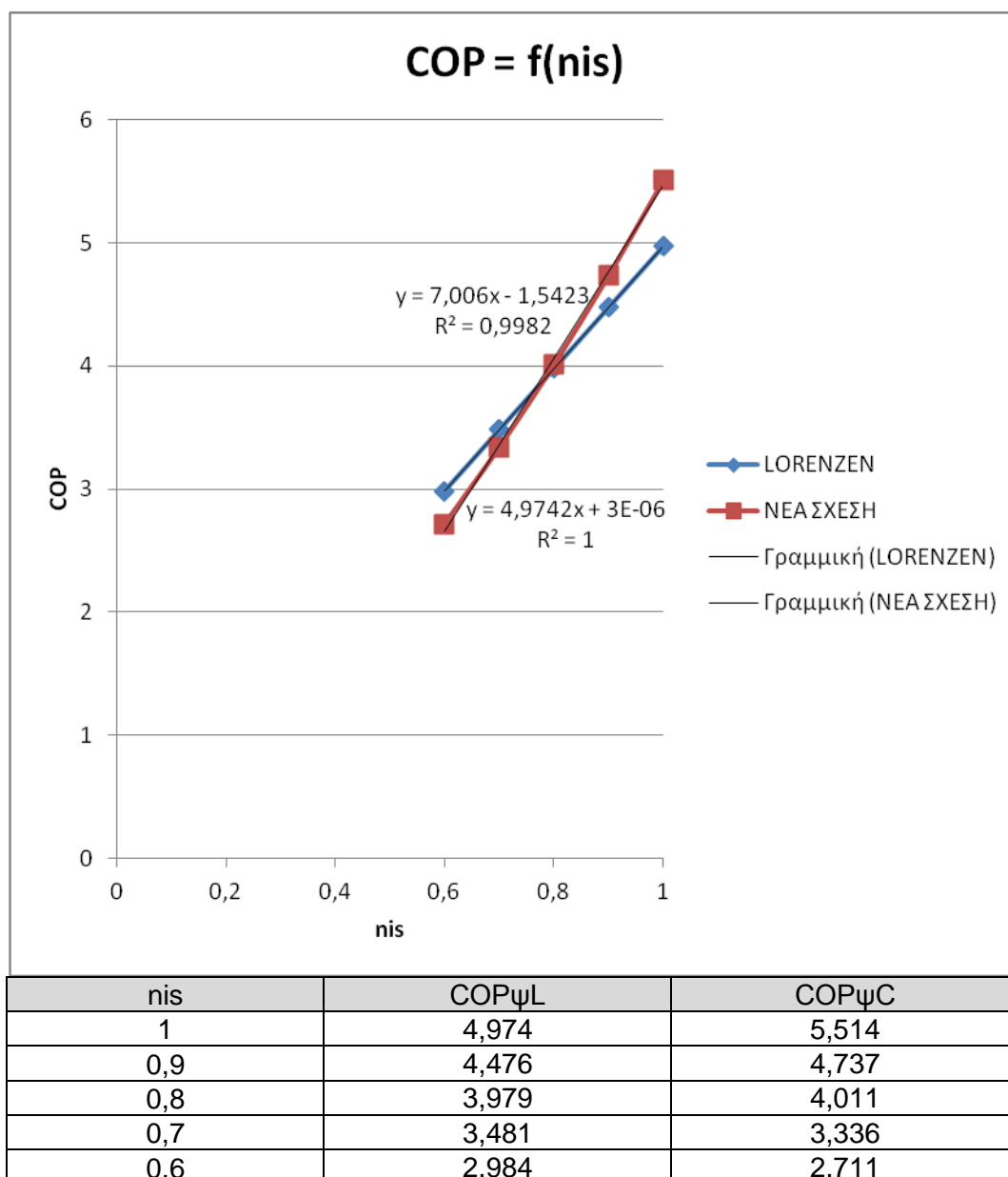
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,862	niC	0,86959
COP _{ψr,L}	3,979	COP _{ψr,C}	4,01173
r	2,748	r	2,74849
COP _{ψ^θ}	5,125	COP _{ψ^θ}	5,12594

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,7) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,862	niC	0,826
COP _{ψr,L}	3,481	COP _{ψr,C}	3,336
r	2,748	r	2,748
COP _{ψ^θ}	4,485	COP _{ψ^θ}	4,485

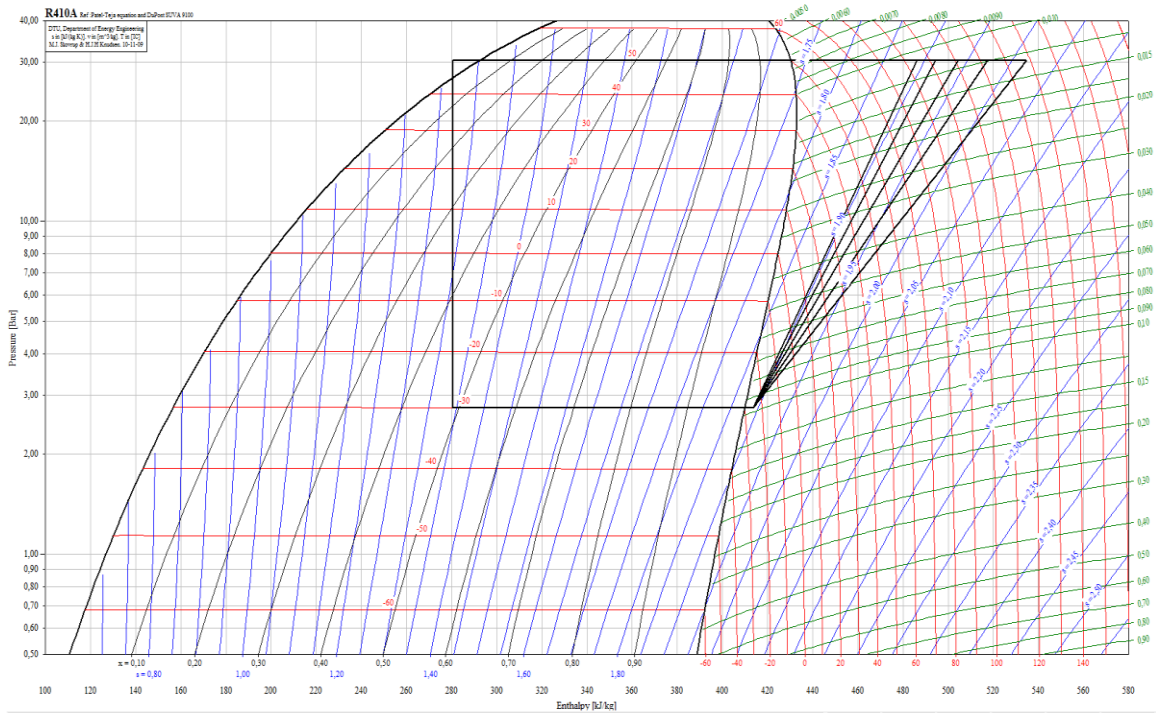
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,6) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,862	niC	0,783
COP _{ψr,L}	2,984	COP _{ψr,C}	2,711
r	2,748	r	2,748
COP _{ψ^θ}	3,844	COP _{ψ^θ}	3,844



Σχήμα 2.29: Γραφική παράσταση της σχέσης COP = f(nis) για ψυκτικό ρευστό R410a για σχέση συμπίεσης, r = 2,74

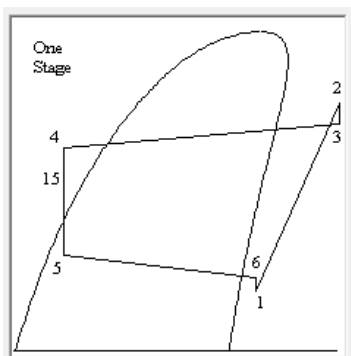
• ΚΑΘΕΣΤΩΣ Δ(T_e = -30°C , T_c = +50°C) : ΚΑΤΑΨΥΞΗ ΑΕΡΟΨΥΚΤΟ



Για Ισεντροπική συμπίεση ($\eta_{is} = 1$)

ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΓΙΑ ΙΣΕΝΤΡΟΠΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

Point	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	-24,938	2,749	0,097184	413,76	1,8912
2	94,929	30,333	0,010822	486,316	1,8912
3	94,929	30,333	0,010822	486,316	1,8912
4	44,833	30,333	N/A	280,716	N/A
5	N/A	2,749	N/A	280,716	N/A
6	-24,938	2,749	0,097184	413,76	18912
15	N/A	30,333	N/A	280,716	N/A



Σχηματική παράσταση κύκλου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 1) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,448	niC	0,882
COP _{ψr,L}	0,739	COP _{ψr,C}	1,456
r	11,034	r	11,034
COP _{ψ^θ}	1,833	COP _{ψ^θ}	1,833

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,9) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,448	niC	0,841
COP _{ψr,L}	0,665	COP _{ψr,C}	1,249
r	11,034	r	11,034
COP _{ψ^θ}	1,650	COP _{ψ^θ}	1,650

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,8) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

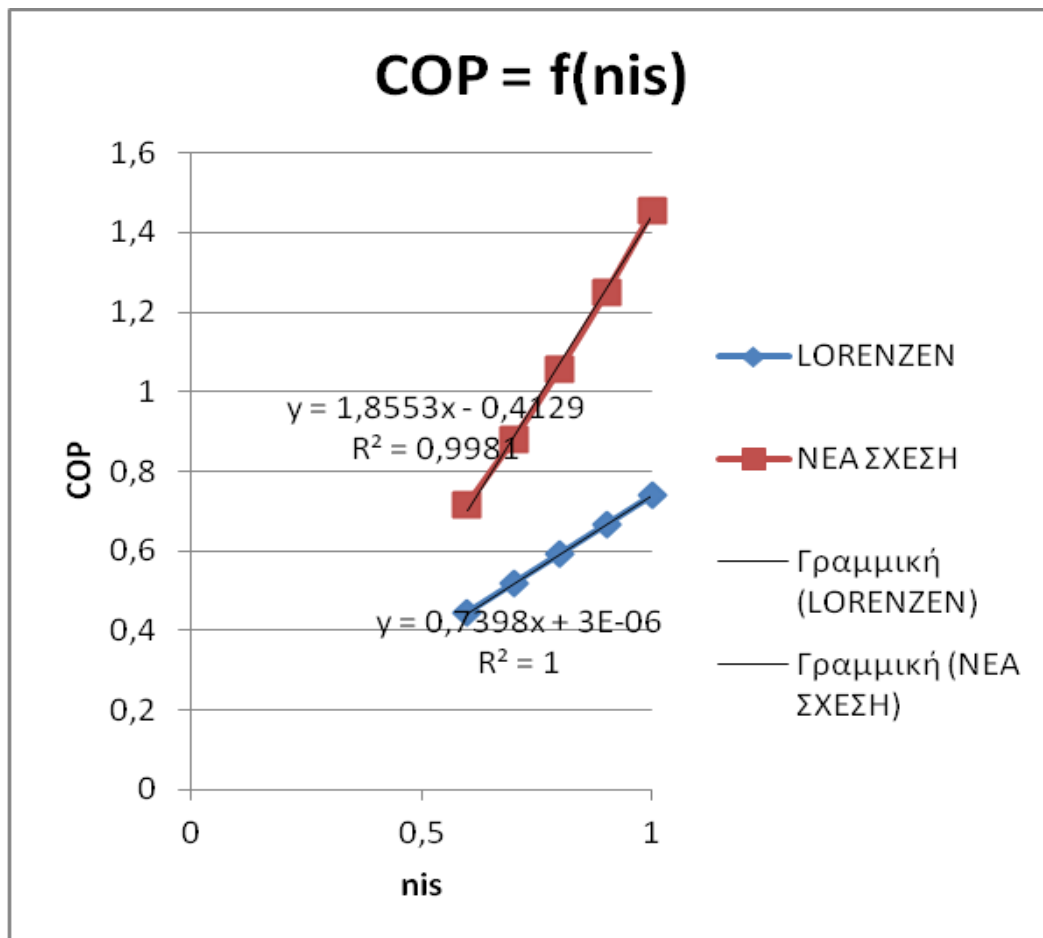
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,448	niC	0,801
COP _{ψr,L}	0,591	COP _{ψr,C}	1,057
r	11,034	r	11,034
COP _{ψ^θ}	1,466	COP _{ψ^θ}	1,466

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,7) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,448	niC	0,761
COP _{ψr,L}	0,517	COP _{ψr,C}	0,879
r	11,034	r	11,034
COP _ψ ^θ	1,283	COP _ψ ^θ	1,283

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ (nis = 0,6) ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΥΣ .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΣΧΕΣΗΣ Lorenzen		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΣΗ ΝΕΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	
niL	0,448	niC	0,721
COP _{ψr,L}	0,443	COP _{ψr,C}	0,713
r	11,034	r	11,034
COP _ψ ^θ	1,1	COP _ψ ^θ	1,1

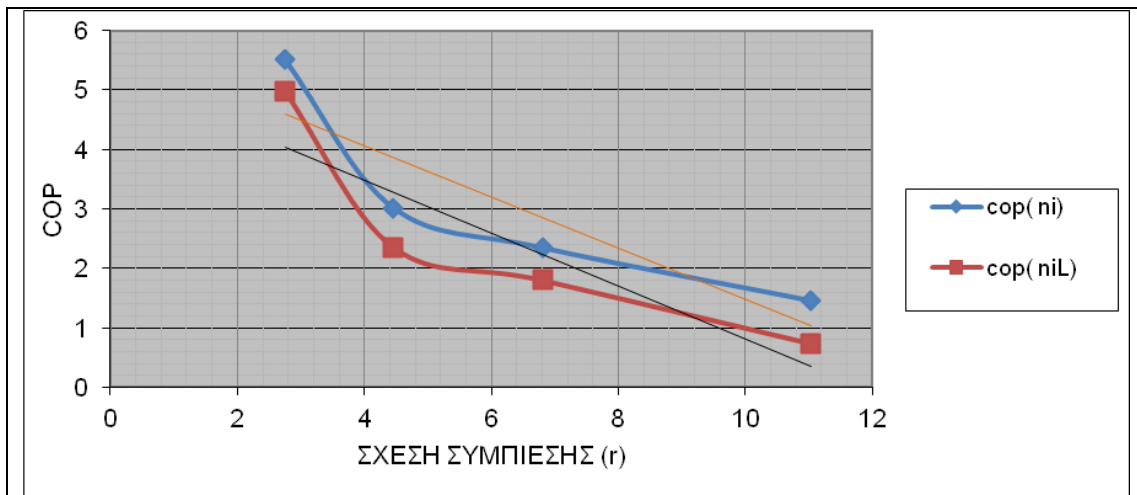


nis	COP _{ψL}	COP _{ψC}
1	0,739	1,456
0,9	0,665	1,249
0,8	0,591	1,057
0,7	0,517	0,879
0,6	0,443	0,713

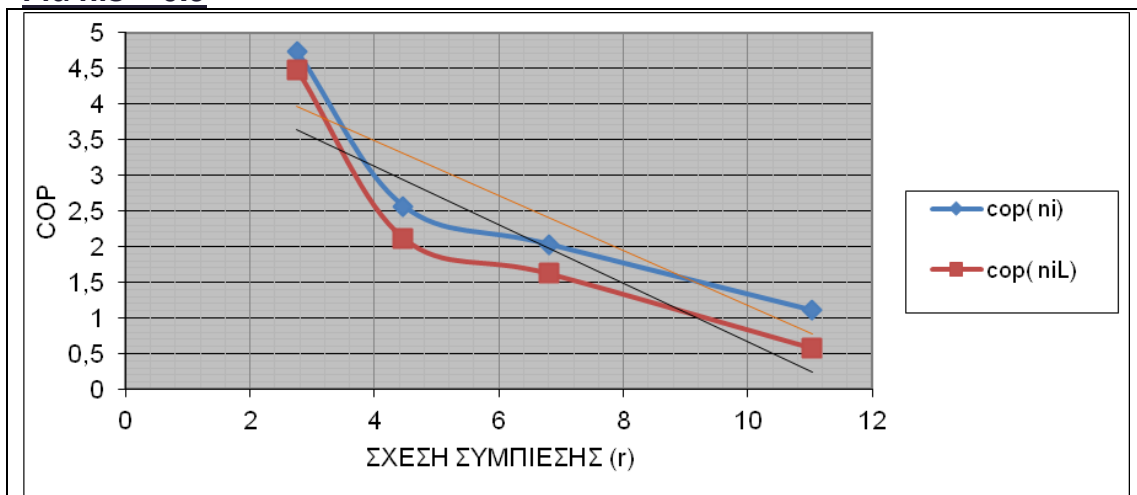
Σχήμα 2.30: Γραφική παράσταση της σχέσης COP = f(nis) για ψυκτικό ρευστό R410a για σχέση συμπίεσης $r = 11,034$

Για το **ψ.ρ R410a** , για όλες τις σχέσεις συμπίεσης και για τους 5 ισεντροπικούς βαθμούς απόδοσης ($\eta_{is} = 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1$) υπολογίζουμε την σχέση **COP=f(r)** για $\eta_i = \eta_{iL}$ και για $\eta_i = \eta_{iC}$.

Για $\eta_{is} = 1$

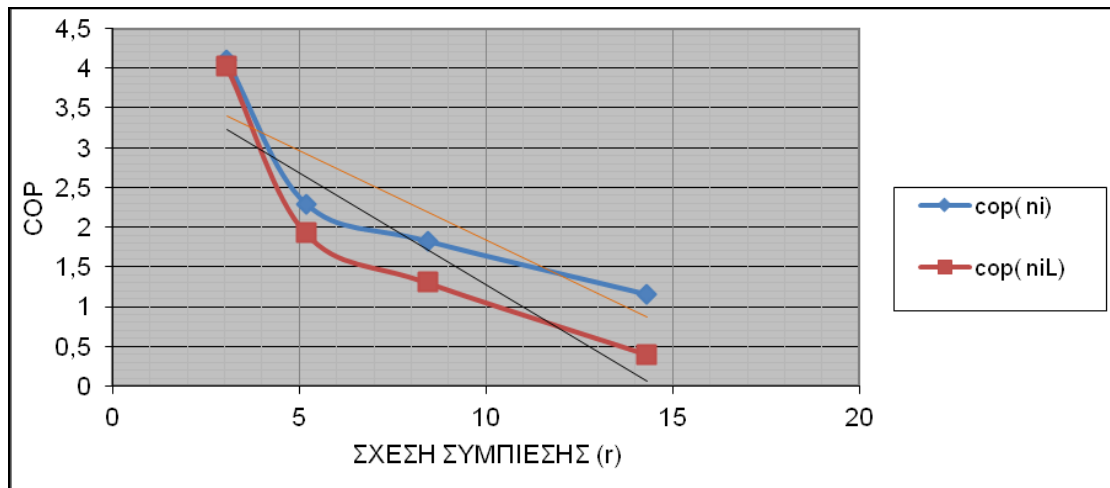


Για $\eta_{is} = 0.9$

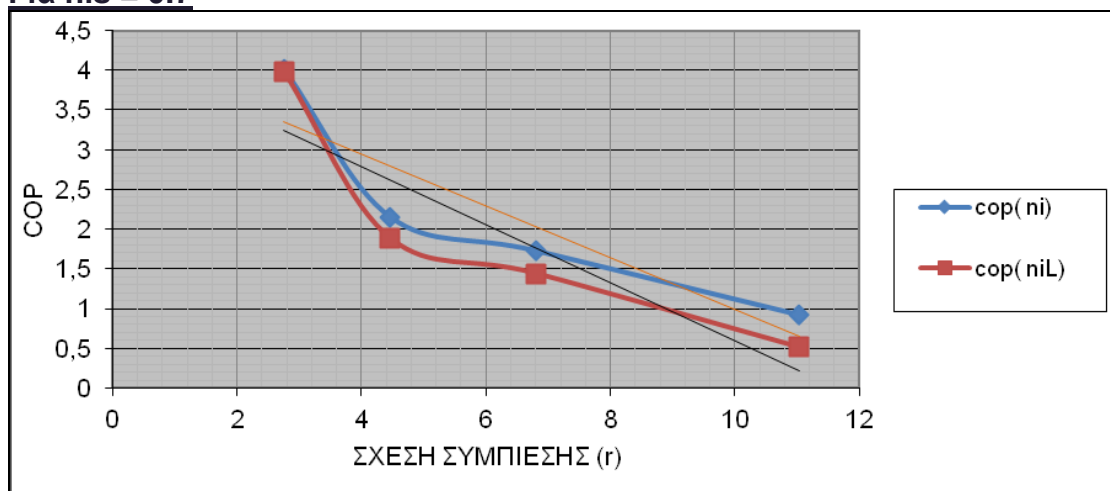


Σχήμα 2.30 . Μεταβολή του COP με την σχέση συμπίεσης για $\eta_{is} = 1$ και $\eta_{is} = 0.9$ για το **ψ.ρ R410a**

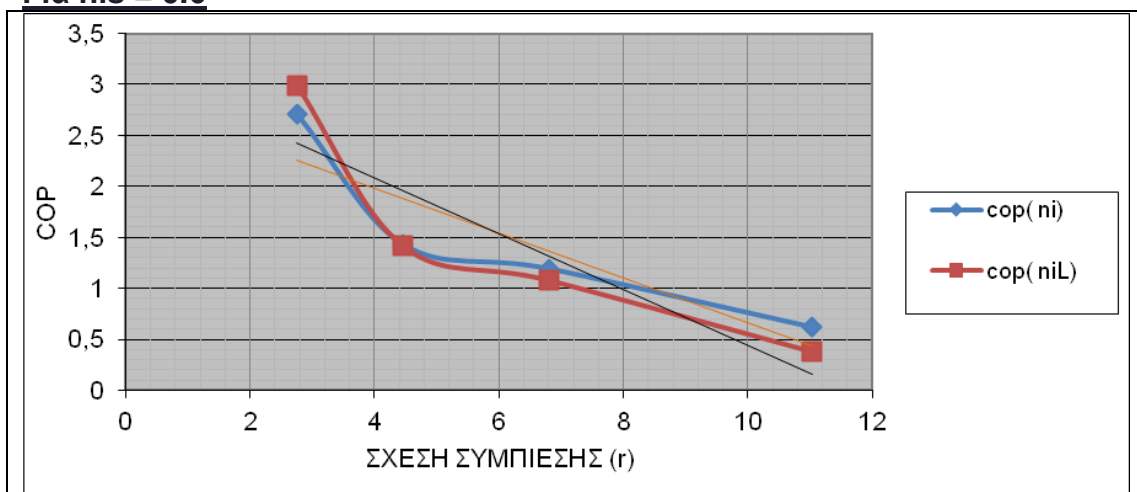
Για $n_{is} = 0.8$



Για $n_{is} = 0.7$

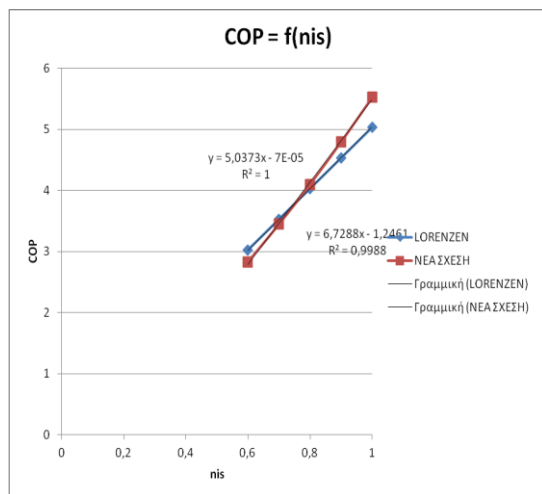


Για $n_{is} = 0.6$

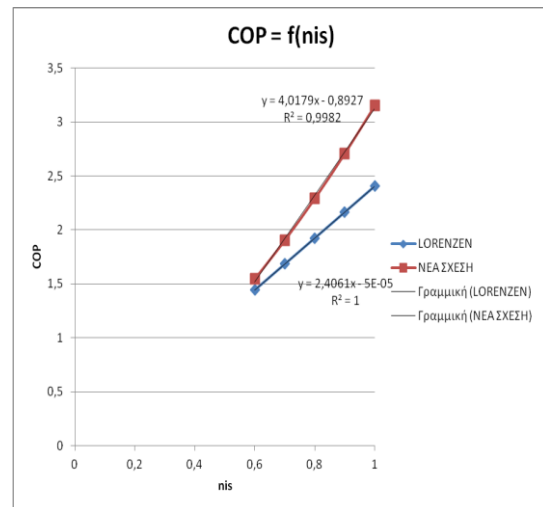


Σχήμα 2.31 . Μεταβολή του COP με την σχέση συμπίεσης για $n_{is} = 1$ και $n_{is} = 0.9$ για το ψ.ρ R410a

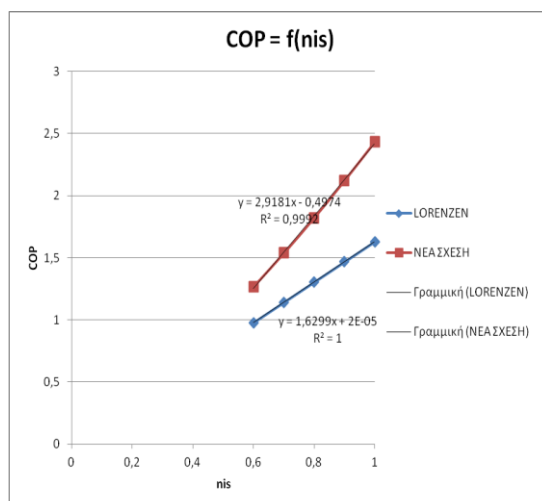
2.3.6 Μεταβολή του COP με τον ισεντροπικό βαθμό απόδοσης για τα 4 καθεστώτα λειτουργίας (σχέσεις συμπίεσης r) στο ψ.ρ.ευστό R407C .



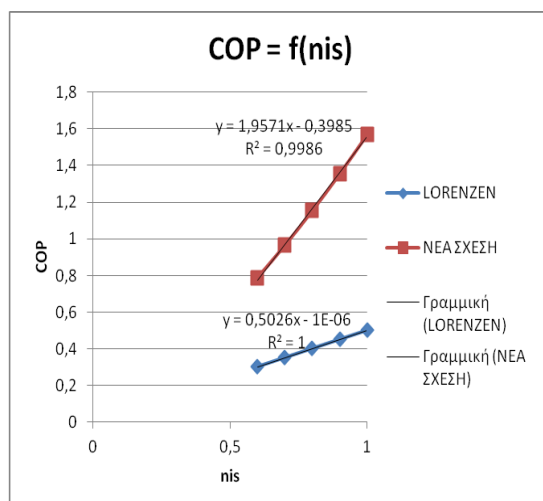
Σχήμα 2.32 COP=f(r) για $r=3.055$



Σχήμα 2.33 COP=f(r) για $r=5.181$



Σχήμα 2.34 COP=f(r) για $r=8.441$

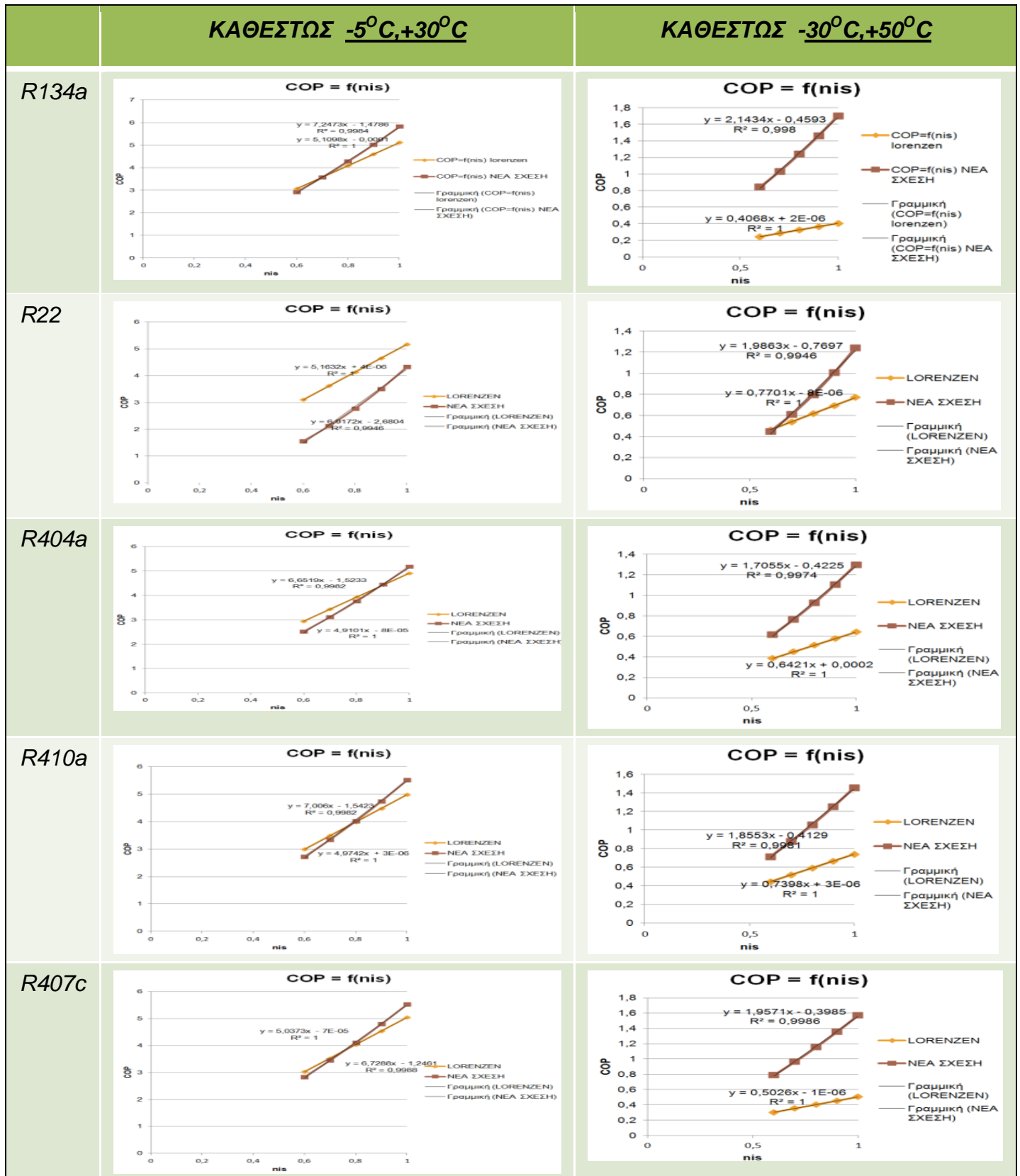


Σχήμα 2.35 COP=f(r) για $r=14.31$

Είναι εμφανής η αύξηση της απόκλισης του COP υπολογιζομένου με τις δύο σχέσεις του ενδεικνυμένου βαθμού απόδοσης (η_{ic} , η_{iL}) με την αύξηση της σχέσης συμπίεσης r .

Όσο η σχέση συμπίεσης μεγαλώνει τόσο απομακρύνονται οι τιμές που υπολογίζονται με την σχέση Lorentzen από την νέα σχέση της οποίας οι τιμές είναι συγκρίσιμες με αυτές της σχέσης Lorentzen μόνο σε σχέσεις συμπίεσης μικρότερες του 5

2.3.7 Μεταβολή του COP με τον ισεντροπικό βαθμό απόδοσης για τα διάφορα ψ.ρευστά και για διαφορετικά καθεστώτα λειτουργίας



Σχήμα 2.36. Σύγκριση της μεταβολής του COP (COP_C και COP_L) με τον ισεντροπικό βαθμό απόδοσης για τα 5 ψυκτικά ρευστά και για τα ακραία καθεστώτα λειτουργίας ($2,74 < r < 3,16$ και $11,03 < r < 15,55$)

Τα παραπάνω διαγράμματα σε καθεστώς $-5^{\circ}\text{C}, +30^{\circ}\text{C}$ (χαμηλότερη σχέση συμπίεσης) και $-30^{\circ}\text{C}, +50^{\circ}\text{C}$ (υψηλότερη σχέση συμπίεσης) δείχνουν ότι οι τιμές και η μεταβολή του COP συναρτήσει του n_{is} για τις δύο μεθόδους υπολογισμού COP_c (νέα σχέση) και COP_L (σχέση Lorentzen) μπορεί σε ορισμένα ψ.ρευστά, όπως π.χ στο R22, να διαφέρουν σημαντικά και σε χαμηλές σχέσης συμπίεσης .

Στα υπόλοιπα 4 ψ.ρευστά παρατηρείται σχετική συμφωνία των δύο σχέσεων στις χαμηλές σχέσεις συμπίεσης και απόκλιση των τιμών τους όσο η σχέση συμπίεσης μεγαλώνει δηλαδή για $r > 4$. Αυτό είναι αναμενόμενο αφού η νέα σχέση λαμβάνει υπόψη της τα χαρακτηριστικά του ρευστού (R και γ) , πράγμα που δεν κάνει η σχέση Lorentzen και αυτό πιθανώς είναι που οδηγεί στις προκύπτουσες διαφορές μεταξύ των δύο μεθόδων .

2.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- 1. Ο COP_ψ μειώνεται με τη σχέση συμπίεσης. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί δείχνουν ότι ο υπολογισμένος από εμάς COP_ψ μειώνεται σε μικρότερο βαθμό απ' ότι οι αντίστοιχοι με τη σχέση Lorentzen.**
- 2. Ο COP_ψ αυξάνεται γραμμικά (με υψηλό συντελεστή συσχέτισης) με την αύξηση του ισεντροπικού βαθμού απόδοσης n_{is} . Ωστόσο η εκτιμώμενη τιμή απέχει από αυτή με την σχέση Lorentzen καθώς αυξάνει η σχέση συμπίεσης.**
- 3. Για σχέσεις συμπίεσης μικρότερες του 4 οι εκτιμώμενες αναλυτικά τιμές και αυτές με την σχέση Lorentzen δεν διαφέρουν σημαντικά με εξαίρεση το ψ.ρ R22.**
- 4. Για σχέσεις συμπίεσης μεγαλύτερες του 4 η διαφορά είναι σημαντική.**

2.5 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Η έρευνα πρέπει να συνεχιστεί προκειμένου να καταλήξει σε μια όσο γίνεται απλή σχέση πρόβλεψης που να περιλαμβάνει τους παραπάνω μελετηθέντες παράγοντες και να επαληθευτούν πειραματικά .

2.6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Β.Η ΣΕΛΟΥΛΟΥΝΤΟΣ , Γ' ΕΚΔΟΣΗ 2002 , «ΘΕΡΜΑΝΣΗ-ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ»
ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΕΚΔΟΤΙΚΗ

ΒΡΑΧΟΠΟΥΛΟΣ ΓΡ. ΜΙΧΑΛΗΣ , 2000 , «ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ», ,
ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΩΝ

ΓΡ.ΛΑΜΠΡΙΝΟΣ , 2006 , «ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ» ΕΚΔΟΣΕΙΣ Γ.Π.Α

Εγχειρίδια ASHRAE.

ΙΑΤΡΙΔΗΣ ΜΗΝΑΣ , ΙΟΥΛΙΟΣ 1996 , «ΟΔΗΓΟΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΨΥΞΗ» , ΕΚΔΟΣΕΙΣ Κ.Α.Π.Ε

ΚΤΕΝΙΑΔΑΚΗΣ-ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ-ΑΡΓΥΡΑΚΗΣ , 2003 «ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ
ΨΥΞΗΣ II» , Ο.Ε.Δ.Β

ΝΙΚΟΣ ΧΑΡΙΤΩΝΙΔΗΣ 2007, «ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΨΥΚΤΙΚΑ
ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΑ» ΗΜΕΡΙΔΑ ΚΑΠΕ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ
ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΟΥΜΕΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗ
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

ANDREW D . ALTHOUSE-CARL H. TURNQUIST-ALFRED F .BRACCIANO,
2004, «MODERN REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING» ,
ΕΚΔΟΣΕΙΣ THE GOODHEART-WILLCOX COMPANY , INC

BENSAFI, S. BORG, I. NAZIRI 2009 CENTRE TECHNIQUE DES INDUSTRIES
AÉRAULIQUES ET THERMIQUES (CETIAT) «*DESIGN AND SIMULATION OF*
HEAT PUMPS AND A/C EQUIPMENT USING PURE AND MIXED REFRIGERANTS
WITH MOMO (MODULAR MODELLING)» VILLEURBANNE CEDEX FRANCE

European Forum Reciprocating Compressors EFRC, 2009 «*EFRC GUIDELINES FOR VIBRATIONS IN RECIPROCATING COMPRESSOR SYSTEMS*»,

HAMLAOUI ABDESSELAM AND THAN CHEOK FAH ENGINEERING FACULTY, 2003 «*MODELING AND SIMULATION OF A HEAT PUMP'S HERMETIC RECIPROCATING COMPRESSOR USING REFRIGERANTS R22 AND R407C*»,
UNIVERSITY OF MALAYA, PANTAI VALLEY, 50603 KUALA LUMPUR, MALAYSIA

<http://nptel.iitm.ac.in/courses/>

<http://www.cold.org.gr>

<http://www.et.web.mek.dtu.dk/coolpack/uk/index.html>

<http://www.recip.org/47.0.html>

<http://www.retscreen.net/>

<http://www.sciencedirect.com>

<http://www.tepse.gr/>

<http://www.wikipedia.org/>

INSTITUT INTERNATIONAL DU FROID «*HOW TO IMPROVE ENERGY EFFICIENCY IN REFRIGERATING EQUIPMENT*» .

K. UENO, PHD, AND R. E. BYE, VAIREX CORPORATION K. S. HUNTER, PHD, 12TH, 2003 «*COMPRESSOR EFFICIENCY DEFINITIONS*» UNIVERSITY OF COLORADO MAY

KYRIACOS PSARAS «*REFRIGERATION TECHNICAL BOOK*»

LANG-WHITMAN-JOHNSON-TOMCZYK, 2003, «*ΨΥΞΗ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ*», ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΩΝ

MARCOS G. SCHWARZ, 2004 «*VARIABLE CAPACITY COMPRESSORS, A NEW DIMENSION FOR REFRIGERATION ENGINEERS TO EXPLORE*», VCC GROUP LEADER CORPORATE RESEARCH & DEVELOPMENT, EMBRACO

N. CHAZAPIS «*ENERGY EFFICIENCY AND CERTIFICATION OF CENTRAL AIR CONDITIONERS*»

SHAN K. WANG OCTOBER 17, 2000 PUBLISHER: MCGRAW-HILL PROFESSIONAL; 2 EDITION «*HANDBOOK OF AIR CONDITIONING AND REFRIGERATION*» (2ND EDITION)

V.PAUL LANG, 2000, «*ΑΡΧΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ*», ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΩΝ

WHITMAN-JOHNSON-TOMCZYK, 2000, «*ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΨΥΞΕΙΣ II*», ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΩΝ