

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Τ.Ε.Ι.) ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ

ΠΕΡΟΥΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΑΜ:11566

ΦΕΥΓΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΜ:11619

Επιβλέπων Καθηγητής: Ε.Ε. Τζιρτζιλάκης, Αναπληρωτής Καθηγητής

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2018



ΔΗΛΩΣΗ ΚΑΤΑΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

ΕΠΩΝΥΜΟ	ΟΝΟΜΑ	ΟΝΟΜΑ ΠΑΤΡΟΣ
ΠΕΡΟΥΛΗΣ	ΔΗΜΗΤΡΗΣ	ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ
ΦΕΥΓΑΣ	ΓΕΩΡΓΙΟΣ	ΛΑΜΠΡΟΣ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ	ΤΗΛΕΦΩΝΟ	E-MAIL
ΣΚΑΜΒΩΝΙΔΩΝ 16-22	6946383858	dimitrisperoulis@hotmail.com
ΙΩΑΝΝΟΥ ΘΕΟΛΟΓΟΥ 24-26	6985016496	geofevgas@hotmail.com
ΣΧΟΛΗ	ΤΜΗΜΑ	
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ	

1. Με την υπογραφή αυτής της άδειας, ως κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων παραχωρώ στη Βιβλιοθήκη του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδος το μη-αποκλειστικό δικαίωμα αναπαραγωγής, μεταφοράς (όπως ορίζεται παρακάτω) και/ή διανομής της υποβληθείσας εργασίας μου (συμπεριλαμβανομένης της περίληψης) διεθνώς σε έντυπη και ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, συμπεριλαμβανομένων, αλλά χωρίς αυτό να είναι περιοριστικό, ήχου ή βίντεο.

2. Συμφωνώ πως το ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδος μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο, να μεταφέρει την υποβληθείσα εργασία σε οποιοδήποτε μέσο ή μορφή για λόγους συντήρησης.

3. Συμφωνώ, επίσης, πως το ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδος μπορεί να τηρεί περισσότερα από ένα αντίγραφα της υποβληθείσας εργασίας για λόγους ασφαλείας και συντήρησης.

4. Δηλώνω πως η υποβληθείσα εργασία είναι γνήσιο έργο μου, και πως έχω το δικαίωμα να παραχωρώ τα δικαιώματα που αναφέρονται στην παρούσα άδεια. Βεβαιώνω ότι το σύνολο της εργασίας μου αποτελεί πρωτότυπο έργο, παραχθέν από εμένα, και δεν παραβιάζει κάθε δικαίωμα άλλου δημιουργού καθ' οιονδήποτε τρόπο. Δηλώνω επίσης υπεύθυνα ότι για τις ενέργειες της κατάθεσης της εργασίας μου υπάρχει ενημέρωση και συμφωνία του φορέα χορήγησης υποτροφίας ή οποιαδήποτε άλλης μορφής οικονομικής στήριξης της εκπόνησής της και ότι έχω εκπληρώσει οποιοδήποτε δικαίωμα αναθεώρησης ή άλλες υποχρεώσεις που απαιτούνται από τέτοιες συμβάσεις ή συμφωνίες.

5. Εάν η υποβληθείσα εργασία περιέχει υλικό για το οποίο δεν κατέχω τα πνευματικά δικαιώματα, βεβαιώνω πως έχω λάβει τη χωρίς περιορισμούς άδεια του κατόχου των πνευματικών δικαιωμάτων να παραχωρήσω στο ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδος τα δικαιώματα που απαιτούνται από αυτήν την άδεια, και πως τέτοιο υλικό τρίτων είναι ευδιάκριτο και

αναγνωρίζεται στο κείμενο ή το περιεχόμενο της υποβληθείσας εργασίας.

6. Το ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδος αναλαμβάνει να προσδιορίσει ευδιάκριτα το όνομα σας ως συγγραφέα (συγγραφέων) ή κατόχου (κατόχων) της υποβληθείσας εργασίας, και δε θα κάνει καμία αλλαγή στην ανωτέρω, εκτός από αυτές που επιτρέπει ρητώς αυτή η άδεια.

19/09/2018

Οι Καταθέτες

Περούλης Δημήτρης

Φεύγας Γεώργιος

1 ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή αυτή εργασία εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας και Υδάτινων Πόρων του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας στο Μεσολόγγι. Πολλά από τα στοιχεία της πτυχιακής μας εργασίας τα λάβαμε από τον Όμιλο Ελληνικά Πετρέλαια. Στα οποία εκτελέσαμε και την πρακτική μας άσκηση. Ευχαριστούμε τον επιβλέπων καθηγητή κ.Ε.Ε Τζιρτζιλάκη για την δυνατότητα που μας έδωσε να πραγματοποιήσουμε την πτυχιακή μας εργασία. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Όμιλο Ελληνικά Πετρέλαια καθώς και τους μηχανικούς του τμήματος συντήρησης για την πολύτιμη βοήθεια συλλογής πληροφοριών. Τέλος θα θέλαμε να εκφράσουμε ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους τους καθηγητές του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Μεσολογγίου για τις πολύτιμες γνώσεις που μας προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια.

Στην εργασία αυτήν παρουσιάζεται μια σύντομη ιστορική αναδρομή σχετικά με την ιστορία, την εξέλιξη, την δομή, την λειτουργία, την συντήρηση και τις νέες τεχνολογίες των στροβιλοσυμπιεστών (τουρμπινών) καθώς επίσης και διαφόρων εξαρτημάτων τους. Επιπλέον γίνεται αναφορά σε άλλους τρόπους υπερπλήρωσης του κινητήρα και εκμετάλλευσης της κινητικής ενέργειας των καυσαερίων.

Επιπρόσθετα κρίθηκε απαραίτητο να συμπεριληφθούν αρκετές εικόνες που θεωρήθηκαν απαραίτητες για την ευκολότερη και πληρέστερη κατανόηση της εργασίας από τους αναγνώστες.

Στη σημερινή εποχή των μεγάλων απαιτήσεων και κατακτήσεων στον τομέα της τεχνολογίας, ένα μεγάλο μέρος της έρευνας για τους κινητήρες κατευθύνθηκε προς τη βελτίωση της απόδοσης, σε συνδυασμό με την ποιότητα της καύσης (ελαχιστοποίηση των ρύπων) και τη μείωση της κατανάλωσης.

Περιεχόμενα

1	ΠΡΟΛΟΓΟΣ	IV
2	ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
3	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
4	ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗ	3
4.1	ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ	3
4.1.1	Υπερπλήρωση	3
4.1.2	Πτερωτές στροβιλοσυμπιεστή	4
4.2	ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ (TURBOCHARGER)	5
5	ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ	8
6	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΕΙΔΩΝ ΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ	13
7	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΥΜΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ – ΤΥΠΟΙ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΣΤΕΩΝ	15
7.1	ΕΙΔΗ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ	15
8	ΜΕΡΗ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ	20
9	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗ	25
9.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	25
9.2	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	25
9.2.1	Γενικές απαιτήσεις ηλεκτρικών καλωδιώσεων	26
9.2.2	Ηλεκτρικός αγωγός.....	26
9.2.3	Σύστημα ελέγχου κινητήρα κύριας μονάδας	27
9.2.4	Κινητήρας βοηθητικής αντλίας ελαίου.....	27
9.2.5	Επιλογή του ρυθμιστή εκκίνησης του κινητήρα αντλίας EVC	28
9.2.6	Επιλογή θερμαντήρα ελαίου	28
9.3	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ (ΕΝΟΣ ΤΥΠΙΚΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗ)	
	29	
9.3.1	Γενικές προδιαγραφές αεροσυμπιεστή	29
9.3.2	Προδιαγραφές συναγερμού και απενεργοποίησης.....	32
9.3.3	Απαιτήσεις λίπανσης αεροσυμπιεστή	33
9.4	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	35
9.4.1	Η γεωμετρία του «σαλίγκαρου».....	35

9.4.2	Τουρμπίνα διαιρούμενου παλμού (Twin scroll).....	38
9.4.3	Γεωμετρία πτερυγίων (TRIM).....	40
9.5	ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΕΞΑΤΜΙΣΕΩΝ.....	41
9.5.1	Γενικά.....	41
9.5.2	Διατάξεις σύνδεσης.....	41
9.5.3	Σύστημα σταθερής πίεσης.....	43
9.5.4	Σύγκριση των δύο συστημάτων.....	44
9.5.5	Επιφάνεια προφυσίων.....	44
9.5.6	Τοποθέτηση του Σ/Σ.....	45
9.5.7	Συγκριτικές καμπύλες.....	46
9.6	ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΕΞΑΓΩΓΗΣ.....	49
9.7	ΑΣΦΑΛΙΣΤΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ.....	50
9.7.1	Σύστημα παγίδευσης της βαλβίδας ασφαλείας.....	52
9.8	ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ.....	52
9.8.1	Λύσεις για την καθυστέρηση απόκρισης.....	52
9.8.2	Κανστήρας.....	53
9.9	ΡΟΗ ΑΕΡΑ.....	54
9.9.1	Εισαγωγή.....	54
9.9.2	Γενικά.....	54
9.9.3	Σκοπός και χρησιμότητα.....	54
9.9.4	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΑΡΩΣΗΣ.....	54
9.9.5	Διάταξη σειράς.....	55
9.9.6	ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΔΙΑΤΑΞΗ.....	56
9.9.7	ΜΕΙΚΤΗ ΔΙΑΤΑΞΗ.....	57
9.10	ΨΥΞΗ ΑΕΡΑ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗΣ.....	59
9.10.1	Ψυγείο αέρα σάρωσης.....	59
9.10.2	Έδρανα ολίσθησης διάταξη εδράνων ολίσθησης.....	60
10	ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	65
11	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	1
12	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	2

2 Περίληψη

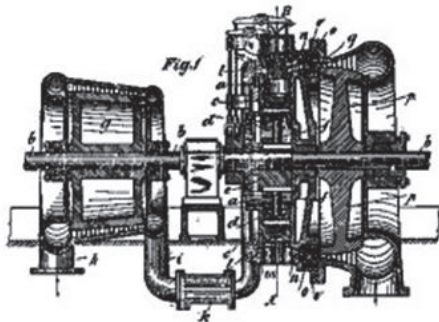
Στην συγκεκριμένη εργασία θα πραγματοποιηθεί μια γενική εισαγωγή στους αεροσυμπιεστές τους τύπους και τον τρόπο λειτουργίας τους. Παρουσιάζεται η γενική αρχή λειτουργίας τους με κάποια παραδείγματα, ενώ ακολουθεί μια πιο εξειδικευμένη και αναλυτική παρουσίασή τους.

Λέξεις-κλειδιά: αεροσυμπιεστής, στροβιλοσυμπιεστής, πεπιεσμένος αέρας

3 Εισαγωγή

Οι στροβιλοσυμπιεστές καυσαερίων είναι από τους σημαντικότερους συμπιεστές μηχανών ιδανικοί για αύξηση ισχύς σε μηχανές εσωτερικής καύσης (M.E.K.). Για να δημιουργηθεί το τελικό προϊόν απαιτείται σωστή και ολοκληρωμένη μελέτη και σχεδιασμός που περιλαμβάνει διάφορους τύπους αναλύσεων, όπως η μηχανική ανάλυση (mechanical analysis), η θερμική ανάλυση (thermal analysis) και η ακουστική ανάλυση (acoustical analysis), ενώ οι μηχανικοί και οι ερευνητές αναζητούν συνεχώς τρόπους και τεχνικές βελτίωσης.

Η «Υπερπλήρωση» συνυπάρχει με τους κινητήρες εσωτερικής καύσης, σχεδόν από την δημιουργία τους με πρωτόπορους ερευνητές, για την αύξηση της απόδοσης ισχύος και την παράλληλη μείωση κατανάλωσης καυσίμου μέσω της επανασυμπίεσης του αέρα καύσης, τους Gottlieb Daimler και Rudolf Diesel το 1885 και 1886 αντίστοιχα και πρώτο κατασκευαστή τον Ελβετό Δρ. Alfred J. Buchi, την περίοδο 1905 – 1912, αν και οι ιδέες του δεν είχαν την κατάλληλη απήχηση (Ευθυμιάδου).



Εικόνα 1: Ο πρώτος στροβιλοσυμπιεστής καυσαερίων, από τον Ελβετό Δρ. Alfred J. Buchi

Στις μέρες μας η χρήση των υπερτροφοδοτών, πέρα της αύξησης της ισχύος, αποσκοπεί στην μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και συνεπώς σε μειωμένα καυσαέρια¹.

¹ <http://2epal-am.weebly.com/sigmaupsilonmupiiotaepsilonsigmatauepsilonsigma.html>

4 Αρχή λειτουργίας αεροσυμπιεστή

4.1 Βασικές έννοιες

Η λειτουργία των αεροσυμπιεστών βασίζεται στην κατανάλωση αέρα ώστε να επιτευχθεί η σωστή αναλογία λ ($\lambda = \text{μέρος αέρα} / \text{μέρος καυσίμου} = 14.7 / 1$).

4.1.1 Υπερπλήρωση

Υπερπλήρωση ονομάζουμε την εισαγωγή συμπιεσμένου αέρα στους κυλίνδρους του κινητήρα για αύξηση ισχύς, καθώς σε ορισμένες περιπτώσεις αποτελεί την μοναδική λύση. Έτσι με την εισαγωγή συμπιεσμένου αέρα στον κύλινδρο επιτυγχάνουμε την είσοδο μεγαλύτερης μάζας αέρα στον συγκεκριμένο όγκο, με αποτελεσματικότερη καύση και σημαντική αύξηση της ισχύς και της ροπής του κινητήρα (Ευθυμιάδου).

Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για την υπερπλήρωση είναι²:

- a) Ο στροβιλοσυμπιεστής καυσαερίου. (εικόνα 2 turbocharger).
- b) Οι μηχανικοί συμπιεστές, (εικόνα 3 supercharger).



Εικόνα 2: Στροβιλοσυμπιεστής καυσαερίων

² http://edume.myds.me/00_0070_e_library/10030/03_Automation_Books/003/09.pdf0020



Εικόνα 3: Μηχανικός συμπιεστής Rotrex

4.1.2 Πτερωτές στροβιλοσυμπιεστή

- **Αεριοστρόβιλος / Πτερωτή καυσαερίων**

Οι αεριοστρόβιλοι ταξινομούνται ως προς την πορεία που ακολουθεί το ρευστό σε ακτινικής και αξονικής ροής:

- ✓ Ο **αεριοστρόβιλος ακτινικής ροής** είναι συμπαγής, χυτεντός συνήθως, που χρησιμοποιείται σε μικρούς στροβιλοσυμπιεστές. Στην περίπτωση αυτή τα καυσαέρια οδηγούνται στο στροφέιο μέσω ενός σπειροειδούς κελύφους το οποίο δίνει τη συστροφή στη ροή.
- ✓ Οι **αεριοστρόβιλοι αξονικής ροής** μπορεί να είναι μίας ή σπάνια δυο βαθμίδων με την κάθε βαθμίδα να αποτελείται από μια σειρά σταθερών και μια σειρά κινητών πτερύγιων, που λειτουργούν σε ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες.

- **Αεροσυμπιεστής / Πτερωτή υπερπλήρωσης αέρα**

Αφορά στροφέια αξονικής ροής που είναι μικρά σε μέγεθος, απλά και στιβαρά στην κατασκευή τους με καλό λόγο πίεσεως που καλύπτει τις ανάγκες υπερπλήρωσης. Εδώ ο αέρας κινείται ακτινικά με μικρή αξονική συνιστώσα.

4.2 Στροβιλοσυμπιεστής καυσαερίων (TURBOCHARGER)

Όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες εμπεριέχει δύο περωτές, έναν στρόβιλο που τοποθετείται στον αγωγό εξαγωγής καυσαερίων και έναν συμπιεστή που συνδέεται στον αγωγό εισαγωγής του αέρα .



Εικόνα 4: κέλυφος εισαγωγής



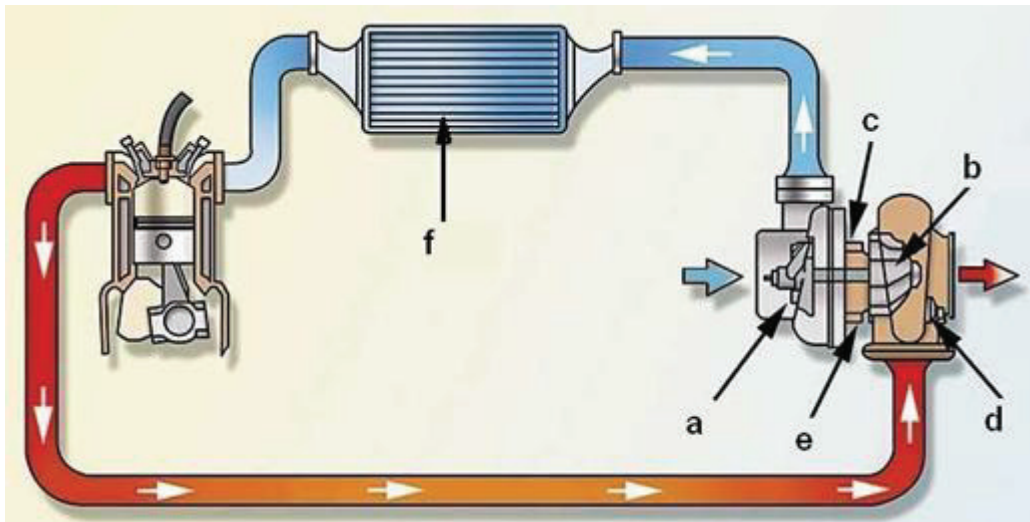
Εικόνα 5: κέλυφος καυσαερίων

Ο άξονας, όπου πραγματοποιείται η ψύξη του με νερό και λάδι, υπάρχει στο μεσαίο μέλος.



Εικόνα 6: Μέλος στήριξης άξονα του στροβιλοσυμπιεστή

Ο αεριοστρόβιλος κινείται εξαιτίας των καυσαερίων, παράγει ισχύ που θέτει σε λειτουργία τον αεροσυμπιεστή παρασέρνοντάς τον.



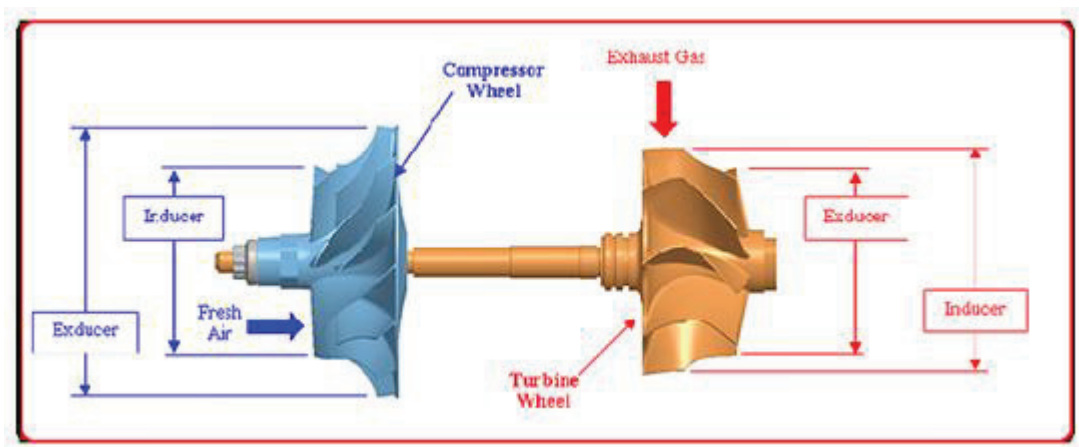
Εικόνα 7: Συνδεσμολογία στροβιλοσυμπιεστή

Όπου:

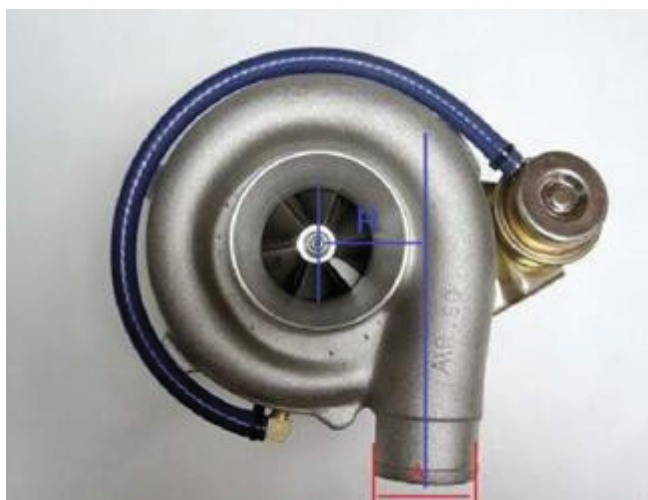
- a.** αεροσυμπιεστής (*compressor wheel*)
- b.** αεριοστρόβιλος (*exhaust turbine*)
- c.** εισαγωγή λαδιού (*pressurized oil feed*)
- d.** βαλβίδα ανακύκλωσης (*waste gate flap valve*)
- e.** έξοδος νερού ψύξης (*water cooling outlet*)
- f.** ψυγείο αέρα (*intercooler*)

Η κινητική ενέργεια, που ούτως ή αλλιώς θα χανόταν, ευθύνεται για την περιστροφή της τουρμπίνας και της μη κατανάλωσης ενέργειας. Αξιοποιείται, δηλαδή, ενέργεια η οποία, έτσι κι αλλιώς, θα χανόταν.

Κάποια σημαντικά χαρακτηριστικά της υπερτροφοδότησης είναι το Induce, η διάμετρος εισόδου του αέρα, το exducer η διάμετρος εξόδου του αέρα, το trim, ή wheel trim που εκφράζει την σχέση μεταξύ του inducer και του exducer τόσο της φτερωτής της τουρμπίνας όσο και του συμπιεστή, και το A/R, ο λόγος της διαμέτρου της περιοχής στην είσοδο των καυσαερίων ή έξοδο του αέρα και καλείται A, προς την απόσταση που ορίζεται από το κέντρο της εκάστοτε φτερωτής, έως την ακτίνα της περιοχής A και καλείται R (Ευθυμιάδου).



Εικόνα 8: Χαρακτηριστικά φτερωτών



Εικόνα 9: Λόγος επιφανειών A/R

5 Κατηγοριοποίηση και είδη αεροσυμπιεστών

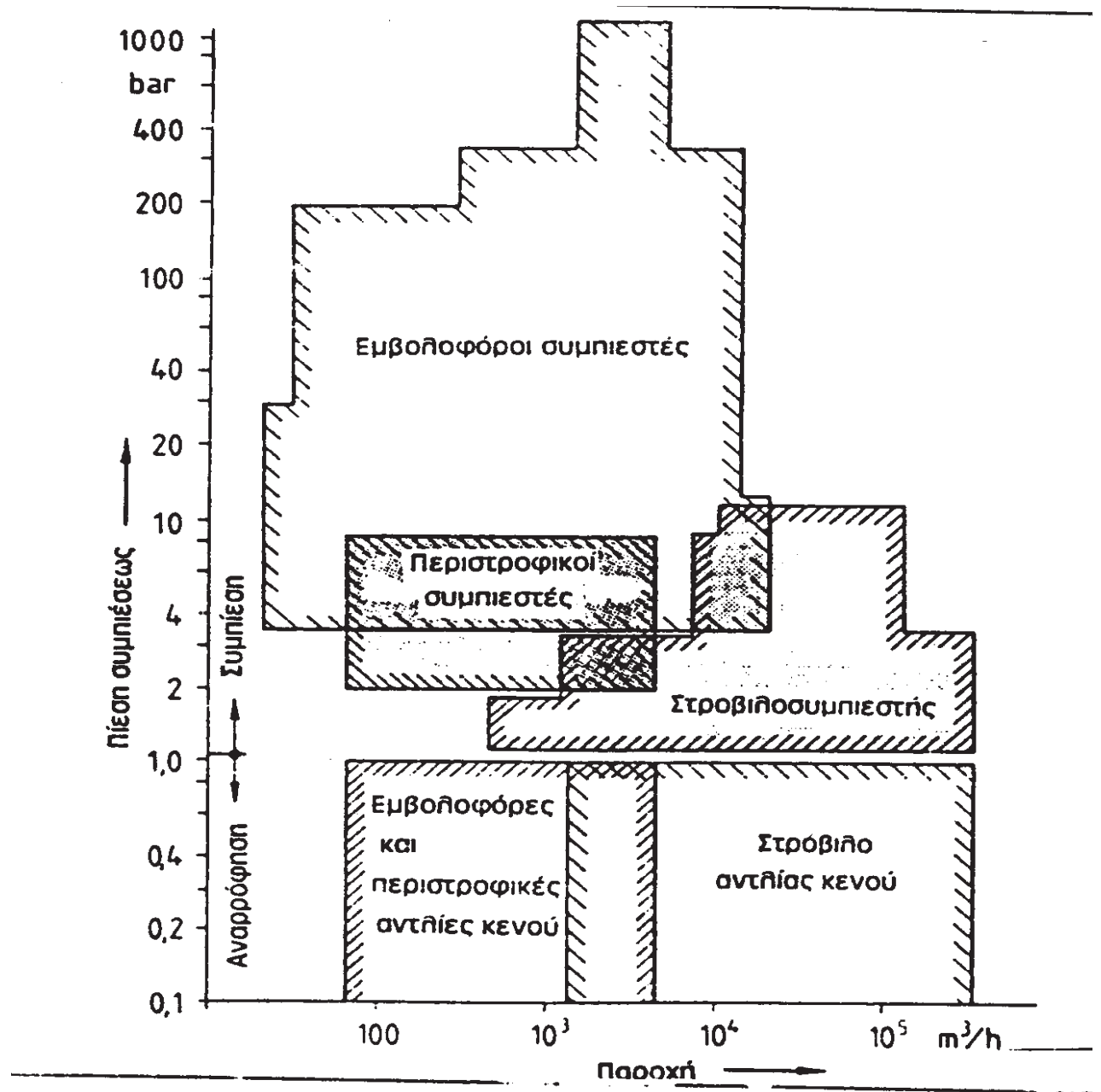
Οι αεροσυμπιεστές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με την περιοχή πίεσεως στην οποία εργάζονται (Μητρούδας, 2017):

- ✓ Αντλίες κενού (για τη δημιουργία υποπίεσης)
- ✓ Φυσητήρες για αύξηση της πίεσεως έως 3 bar (υψικάμινο κ.τ.λ.)
- ✓ Αεροσυμπιεστής στη περιοχή πιέσεων από 3-12 bar (βιομηχανία)
- ✓ Αεροσυμπιεστής υψηλής πίεσεως για πίεση από 12-500 bar (χυτοπρέσσα)
- ✓ Αεροσυμπιεστής πολύ υψηλής πίεσεως για πίεση από 500-1200 bar (χημική βιομηχανία)

Ενώ μπορεί να διακριθούν σύμφωνα με το είδος τους³:

- ✓ Παλινδρομικός αεροσυμπιεστής
- ✓ Περιστροφικός λεπιδωτός αεροσυμπιεστής
- ✓ Φυγοκεντρικός αεροσυμπιεστής
- ✓ Ελικοειδής περιστροφικός αεροσυμπιεστής
- ✓ Σπειροειδής αεροσυμπιεστής –SCROLL
- ✓ Αξονικός αεροσυμπιεστής

³ <http://2epal-am.weebly.com/sigmaupsilonmupiotaepsilonsigmatauepsilonsigma.html>



Εικόνα 10: Κατηγοριοποίηση αεροσυμπιεστών

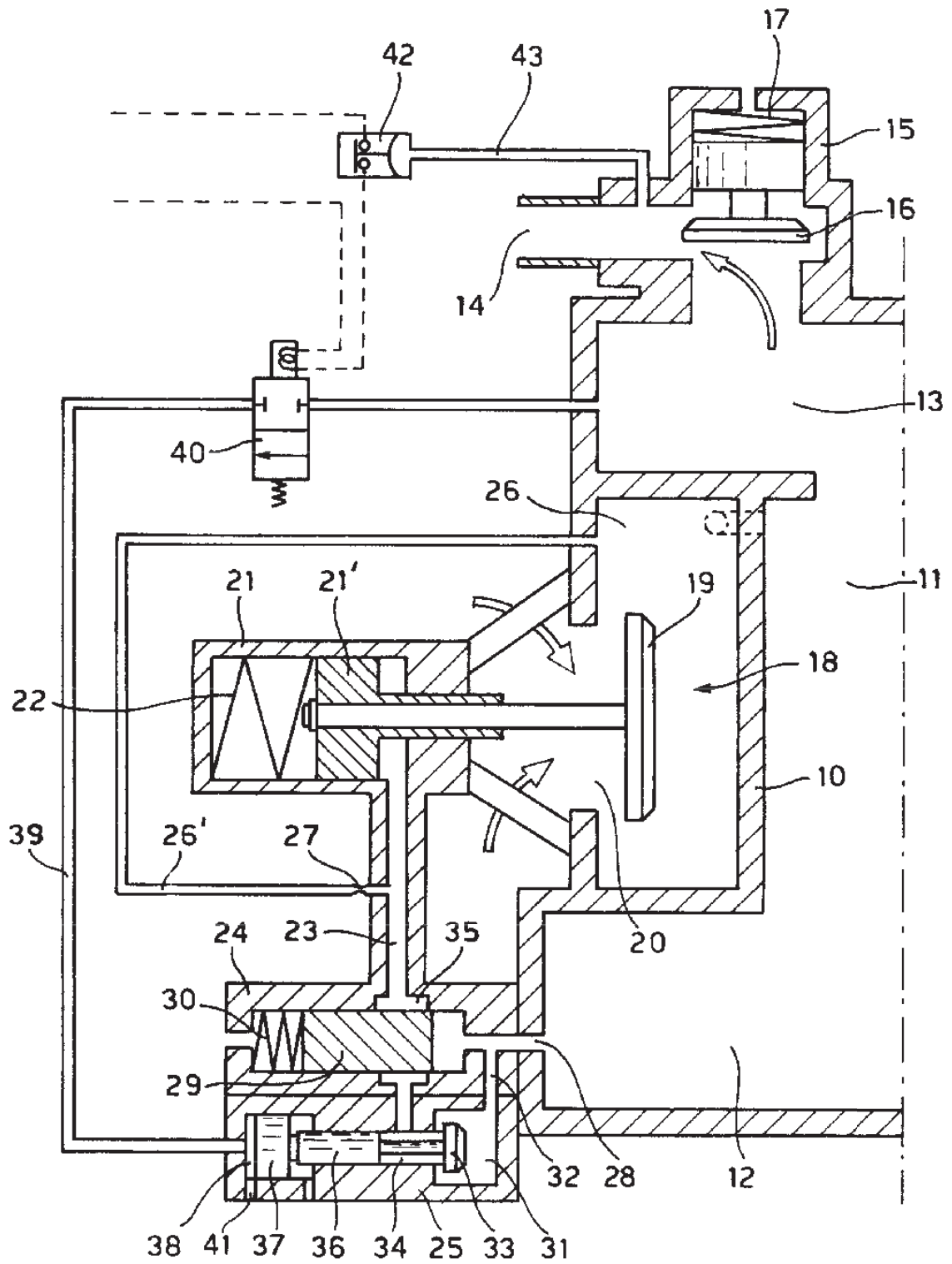


Fig. 1

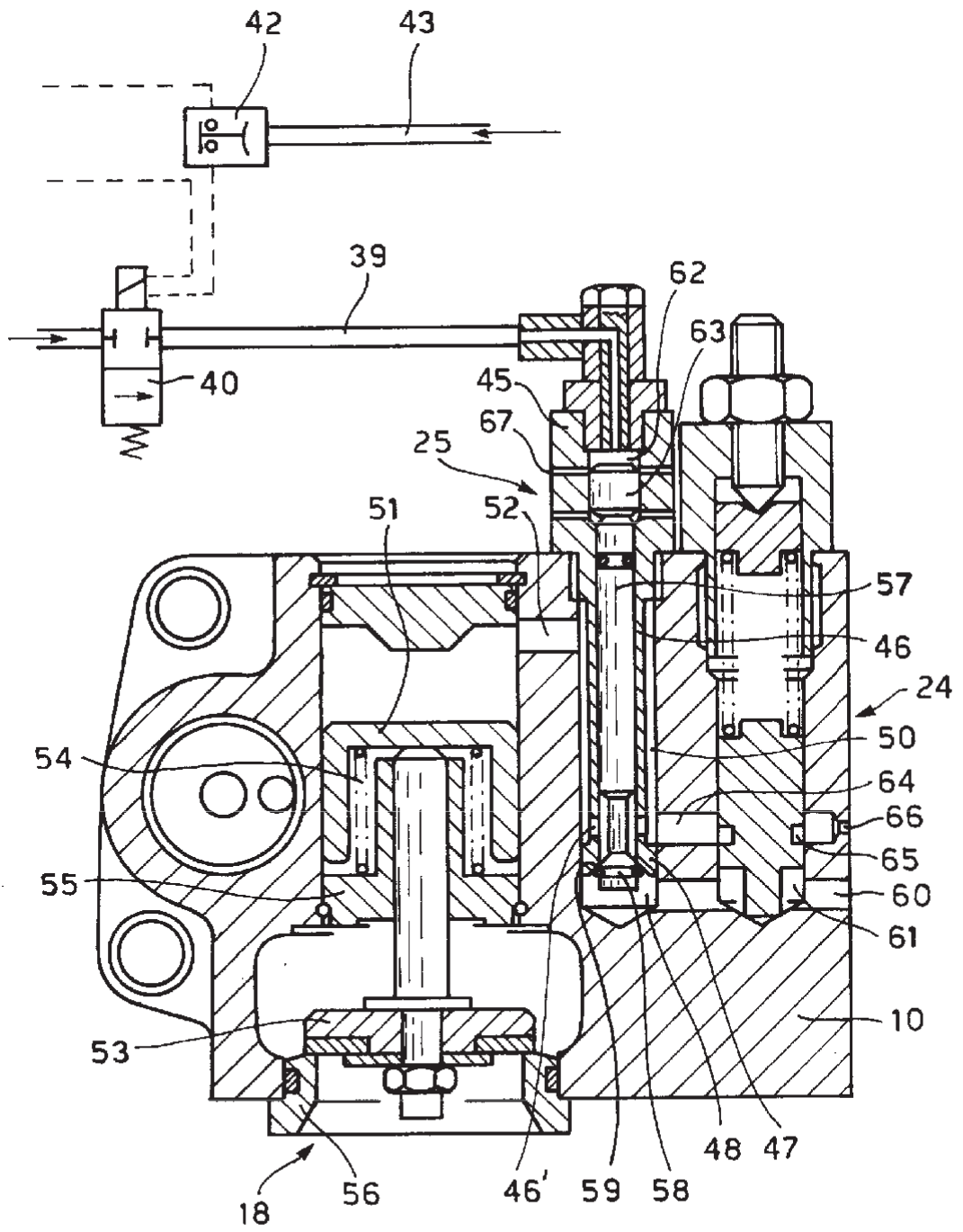


Fig. 2

Αυτή η εφεύρεση αναφέρεται στους περιστροφικούς αεροσυμπιεστές με ελαιοπαρέμβυσμα, και σε συσκευές ικανές να αλλάζουν τρόπο λειτουργίας από μια λειτουργική κατάσταση σε μια διακοπτόμενη πλήρους φορτίου κατάσταση λειτουργίας, ενώ την ίδια στιγμή εκτονώνει την πίεση μέσα στο συμπιεστή για να μειώσει την κατανάλωση ισχύος.

Ένας αρκετά διαδεδομένος αεροσυμπιεστής είναι ο FR-A-2392258. Αποτελείται, καθώς χρησιμοποιείται ως σύστημα ελέγχου βαλβίδας εισαγωγής, από ένα διακόπτη/αισθητήρα πίεσης που αντιλαμβάνεται τον συμπιεσμένο αέρα και ρυθμίζει τη μετάβαση από την κατάσταση πλήρους φορτίου, στην οποία ο αεροσυμπιεστής λειτουργεί συνεχόμενα, στην κατάσταση βραδείας διακοπτόμενης λειτουργίας για εκτόνωση της πίεσης.

Στόχος λοιπόν αυτής της εφεύρεσης είναι μια καινοτόμο συσκευή ελέγχου που επιτρέπει το άμεσο πέρασα του λαδιού από το θάλαμο συμπίεσης στον κύλινδρο ελέγχου της βαλβίδας εισαγωγής, και την ίδια στιγμή απελευθερώνει την πίεση του αέρα μέσα στον αεροσυμπιεστή (Ευθυμιάδου).

6 Περιοχές λειτουργίας των διάφορων ειδών συμπιεστών

Ανάλογα με τον αριθμό των φάσεων (βαθμίδων) που επιτυγχάνουν τη συμπίεση διακρίνονται:

- ✓ Μονοφασικούς ή μονοβάθμιους
- ✓ Πολυφασικούς ή πολυβάθμιους

Ανάλογα με τον τρόπο κινήσεως που παίρνουν από το κινητήριο μηχάνημα που τους παρέχει την αναγκαία ισχύ διακρίνονται σε:

- ✓ Ανεξάρτητους: ατμοκίνητοι, πετρελαιοκίνητοι, ηλεκτροκίνητοι.
- ✓ Εξαρτημένους από τη κύρια μηχανή

Ανάλογα με την διάταξη του άξονα και των κυλίνδρων διακρίνονται:

- ✓ Οριζόντιου
- ✓ Υπό γωνία
- ✓ Κατακόρυφου

Με τους κυλίνδρους σε σειρά ή V ή W ή υπερκείμενους με διαφορετικό έμβολο κατά το σύστημα Tandem (η διάκριση αυτή αφορά τους εμβολοφόρους μόνο, οι οποίοι έχουν κυλίνδρους).

Ανάλογα τέλος με τη μόνιμη ή μη εγκατάσταση του διακρίνονται:

- ✓ Μόνιμους
- ✓ Φορητούς

Η χρήση των αεροσυμπιεστών εφαρμόζεται σε ένα ευρύ πεδίο της καθημερινότητάς μας, όπως στα αυτοκίνητα, αεροπλάνα, πλοία και μπορεί να θεωρηθεί πως η εμφάνισή τους υπήρξε απόρροια της ανάπτυξης των μηχανών εσωτερικής καύσης.

Η αρχή έγινε το 1874 από τον Street κατασκευάζοντας τον προπομπό των αεροσυμπιεστών και το 1905 ήρθε η σειρά του A. Buchi που κατασκεύασε τον στροβιλοφουσητήρα πετρελαιομηχανών και ένα χρόνο αργότερα τοποθετήθηκε σε πλοία.

Στο πλοίο AURIS, της εταιρίας British-Thomson Huston⁴, το 1950 τοποθετήθηκε ο πρώτος στρόβιλος υψηλής πίεσης, με τον άξονα ροής να κινείται μέσα από τον στρόβιλο, παρέχοντας αέρα στο χώρο καύσης για τη καύση του καυσίμου.

Ο αεροστρόβιλος CATRIC αποτελεί την εξέλιξη των προηγούμενων καθώς αποτελούνταν από ένα αεροσυμπιεστή αξονικής ροής εννέα βαθμίδων.

Η χρήση των αεροσυμπιεστών στα πλοία, αλλά και στην καθημερινότητά μας ποικίλει με ορισμένες χρήσεις τους να αφορούν:

- ✓ Εκκίνηση μηχανών εσωτερικής καύσης, οι αργόστροφες και οι μεσόστροφες μηχανές ξεκινάνε με αέρα πίεσης 30 Kp/cm².

⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/British_Thomson-Houston

- ✓ Τροφοδότηση αέρος καύσεως στις δίχρονες υπερπληρούμενες μηχανές τη χρήση στροβιλοβυσητήρων.
- ✓ Τροφοδότηση αέρος στο χώρο καύσης του αεροστροβίλου.
- ✓ Τροφοδότηση αέρος στους λέβητες που λειτουργούν με καύση υπό πίεση. Λειτουργία αεροκίνητου μηχανισμού στρέψεως κυρίων μηχανών (κρίκοι). Πλήρωση πνευμόνων δικτύου υγιεινής, ποσίμου κ.τ.λ.
- ✓ Πλήρωση αεροκωδώνων αντλιών.
- ✓ Λειτουργία αεροκίνητων εργαλείων .
- ✓ Χρωματισμός με εκτόξευση με πεπιεσμένο αέρα.

Επιπλέον οι αεροσυμπιεστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε ψυκτικές εγκαταστάσεις όπου αναρροφούν υπέρθερμους ψυκτικούς ατμούς, από τον ατμοποιητή και τους συμπιέζει για να τους αυξήσει τη πίεση και τη θερμοκρασία (Ευθυμιάδου).

7 Παραγωγή συμπιεσμένου αέρα – Τύποι αεροσυμπιεστών

Οι αεροσυμπιεστές, αναλόγως τον τρόπο συμπίεσης του αέρα, χωρίζονται σε 3 κατηγορίες⁵:

- ✓ Εμβολοφόροι αεροσυμπιεστές
- ✓ Περιστροφικοί αεροσυμπιεστές εκτοπίσεως
- ✓ Περιστροφικοί αεροσυμπιεστές ροής

A) Εμβολοφόροι αεροσυμπιεστές

Στους αεροσυμπιεστές αυτούς το έμβολο δημιουργεί κενό αέρος, μέσω αυτού υπάρχει εισαγωγή αέρα, ο οποίος συμπιέζεται και η πίεσή του είναι ανάλογη του βαθμού συμπίεσεως. Είναι ιδανικοί για μικρές παροχές αέρα και χωρίζονται σε:

- ✓ Σε απλής ενέργειας οι οποίοι συμπιέζουν τον αέρα από τη μια όψη του εμβόλου
- ✓ Σε διπλής ενέργειας οι οποίοι συμπιέζουν και από τις 2 όψεις

B) Περιστροφικοί αεροσυμπιεστές εκτοπίσεως

Την συμπίεση του αέρα εδώ την αναλαμβάνουν κατάλληλα περιστρεφόμενα έμβολα, οι λοβοί. Μικρότερη πίεση από του εμβολοφόρους αεροσυμπιεστές αλλά μεγαλύτερη ποσότητα αέρα. Στην κατηγορία αυτή συγκαταλέγονται αεροσυμπιεστές με υγρά έμβολα ανάλογοι με τις αντλίες υγρών εμβόλων.

Γ) Περιστροφικοί αεροσυμπιεστές ροής

Στην κατηγορία αυτή, ο αέρας μέσω στροφείων φυγοκεντρίζεται σε ένα ή περισσότερα στροφεία και οδηγείται στη περιφέρεια του κελύφους και μετατρέπεται η κινητική ενέργεια σε δυναμική. Συνήθως αυτού του τύπου ο αεροσυμπιεστής καλείται φυγοκεντρικός αεροσυμπιεστής ή αεροσυμπιεστής κινητικής ροής.

Η χρήση δηλαδή των αεροσυμπιεστών έγκειται στην μεγάλη παροχή αέρα με χαμηλή πίεση ενώ τις υψηλότερες πιέσεις τις παρέχουν οι εμβολοφόροι αεροσυμπιεστές.

7.1 ΕΙΔΗ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

A) ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΟΙ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

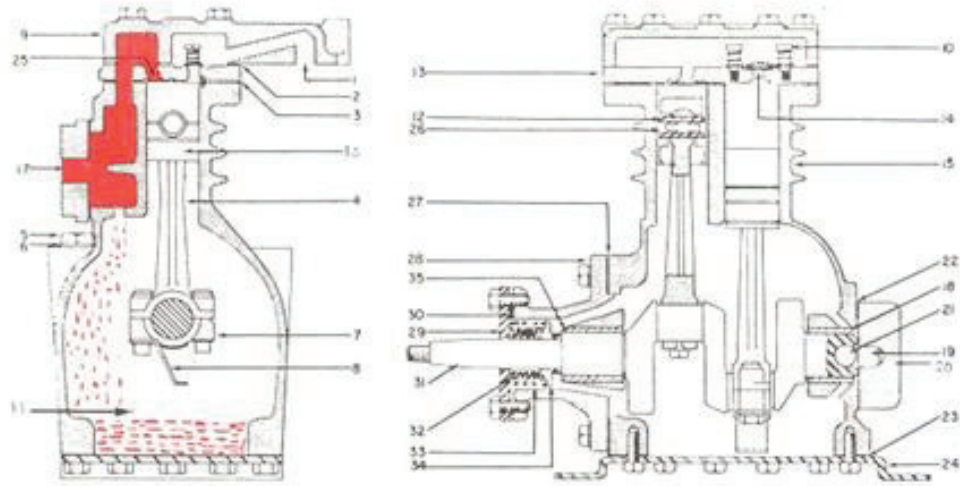
Ο παλινδρομικός αεροσυμπιεστής εκμεταλλεύεται την παλινδρόμηση του εμβόλου για την αναρρόφηση και τη συμπίεση των αερίων ή των ατμών.

Χρησιμοποιούνται σε μικρό εκτόπισα αερίου ή ατμού με ικανοποιητική απόδοση στις μεγάλες πιέσεις.

Ανάλογα με τον τρόπο κίνησης και το πόσο προσιτό είναι το εσωτερικό τους διακρίνονται:

⁵ <http://www.metadosi-ischios.gr/article.php?ID=166>

Στους αεροσυμπιεστές ανοικτού τύπου
 Στους αεροσυμπιεστές ημίκλειστου τύπου
 Στους αεροσυμπιεστές κλειστού τύπου.



Εικόνα 11: Παλινδρομικός συμπιεστής.

- | | |
|--|--|
| 1. Σύνδεση κατάθλιψης | 18. Οπίσθιο αντιτρεβικό δακτυλίδι στροφαλ. άξονα |
| 2. Φιάλιτσα κεφαλής κυλίνδρου | 19. Έδρα μπίλες ωστικού τριβία στροφαλοφόρον άξονα |
| 3. Φιάλιτσα πλάκας βαλβίδων | 20. Πλάκα ωστικού τριβία στροφαλοφόρον άξονα |
| 4. Λιωστήρας (μπιέλα) | 21. Μπίλες ωστικού τριβία στροφαλοφόρον άξονα |
| 5. Τάπα πλήρωσης λαδιού | 22. Φιάλιτσα πλάκας ωστικού τριβία |
| 6. Φιάλιτσα τάπα λαδιού | 23. Φιάλιτσα θάσης |
| 7. Κάλυμμα (καβαλλέτο) τέρνινου κεφαλής του διωστήρα | 24. Βάση |
| 8. Διασκορπιστής λαδιού | 25. Βαλβίδα αναρρόφησης |
| 9. Κεφαλή κυλίνδρου | 26. Κομβίο πείρον τριβίων |
| 10. Οδηγός βαλβίδας κατάθλιψης | 27. Φιάλιτσα καλύμματος του στροφαλ. άξονα |
| 11. Χώρος ψυκτελείου | 28. Κάλυμμα (κατάκι) στροφαλ. άξονα |
| 12. Πείρον τριβίων | 29. Κάλυμμα (κατάκι) στυπιοθλίπτη |
| 13. Πλάκα βαλβίδων | 30. Φιάλιτσα στυπιοθλίπτη |
| 14. Βαλβίδα κατάθλιψης | 31. Στροφαλοφόρος άξονας |
| 15. Κύλινδρος του αντιστατή | 32. Φινιστίρι στεγανότητας στυπιοθλίπτη |
| 16. Έμβολο | 33. Ελατήριο στυπιοθλίπτη |
| 17. Είσοδος γραμμής αναρρόφησης | 34. Οδηγός ελατηρίων στυπιοθλίπτη |
| | 35. Εμπρόσθιο αντιτρεβικό δακτυλίδι στροφαλ. άξονα |

ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ

Με περιορισμένη χρήση σήμερα, ήταν αρκετά δημοφιλής κατά το παρελθόν ιδιαίτερα σε ψυκτικές εφαρμογές.

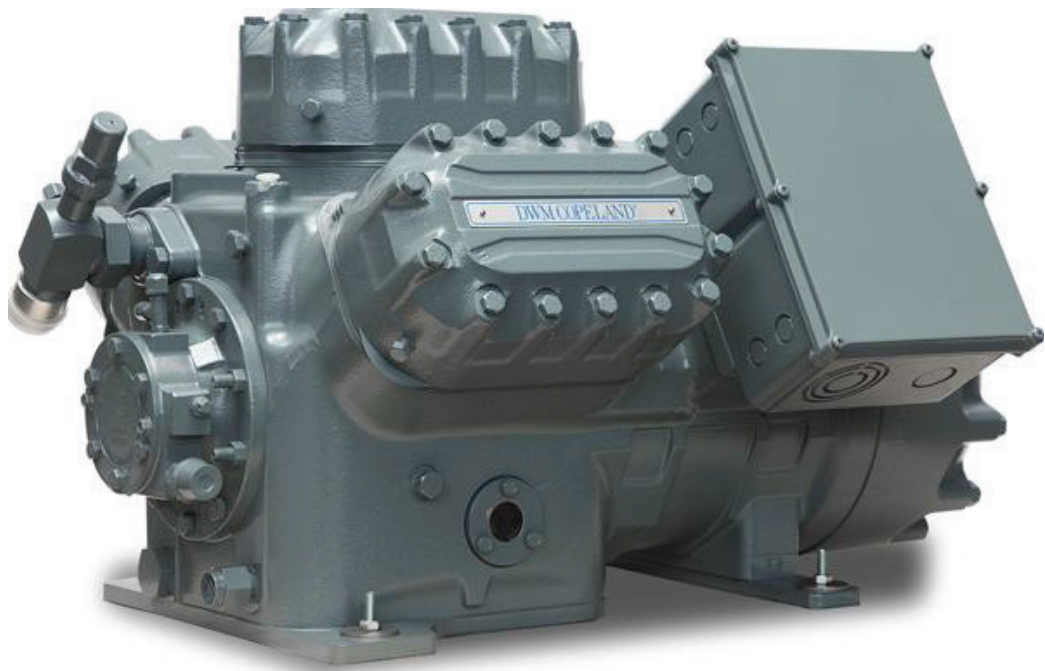
Ο ηλεκτροκινητήρας βρίσκεται πάντα έξω από το κύριο σώμα του αεροσυμπιεστή και η μετάδοση της κίνησης γίνεται με τη βοήθεια ιμάντα (λουριού) πράγμα που το καθιστά εύκολο στην συντήρηση.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- ✓ Εύκολη πρόσβαση στο εσωτερικό του αεροσυμπιεστή
- ✓ Εύκολη επισκευή

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- ✓ Απουσία στεγανότητας εξαιτίας της εξωτερικής θέσης εξαρτημάτων.
- ✓ Παρουσία δυσκολίας στην ευθυγράμμισή τους με τον άξονα του ηλεκτροκινητήρα, από τον οποίον παίρνουν κίνηση.
- ✓ Ογκώδεις και μεγάλου βάρους.
- ✓ Κοστίζουν περισσότερο σε σύγκριση με αεροσυμπιεστές άλλου τύπου.
- ✓ Είναι θορυβώδεις κατά τη λειτουργία τους.
- ✓ Η ρύθμιση της έντασης του ιμάντα (λουριού), αποτελεί πρόβλημα για τους συντηρητές.



Εικόνα 12: Συμπιεστής ανοικτού τύπου. (Πηγή: <http://www.tavoulareas.gr/συμπιεστές/>)

ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ ΗΜΙΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ

Στους αεροσυμπιεστές ημίκλειστου τύπου ο ηλεκτροκινητήρας είναι τοποθετημένος μέσα σε ειδικό χώρο που βρίσκεται στο χυτό σώμα του αεροσυμπιεστή με τον άξονα να συνδέεται απ' ευθείας με το στροφαλοφόρο άξονα του αεροσυμπιεστή, δημιουργώντας ένα συμπαγές σύνολο.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- ✓ Προσιτά εξαρτήματά
- ✓ Φθηνότεροι από τους συμπιεστές ανοιχτού τύπου όπως επίσης και λιγότερο ογκώδεις.
- ✓ Μειώνονται στο ελάχιστο τα προβλήματα στεγανότητας.
- ✓ Ο άξονας του ηλεκτροκινητήρα είναι μόνιμα συνδεδεμένος με το στροφαλοφόρο άξονα του αεροσυμπιεστή ώστε να μην παρουσιάζονται προβλήματα ευθυγράμμισης ή έντασης ιμάντα.
- ✓ Η χρήση των ημίκλειστων συμπιεστών έχει σχεδόν γενικευτεί σε εγκαταστάσεις μικρού βιομηχανικού επαγγελματικού τύπου.



Εικόνα 13: Ημίκλειστος συμπιεστής ψύξης. (Πηγή: <http://acrtoolsnet.com/index.php?route=product/category&path=64>)

ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ

Αποτελούν την απάντηση στην προσπάθεια μείωσης του κόστους παραγωγής, με τον ηλεκτροκινητήρα και το μηχανικό μέρος του αεροσυμπιεστή περιβάλλονται από ένα ερμητικά κλειστό κέλυφος.

Συγκριτικά έχει πολλά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τους αεροσυμπιεστές ανοικτού και ημίκλειστου τύπου:

- ✓ Έχει το μικρότερο κόστος από κάθε άλλο είδος αεροσυμπιεστή.
- ✓ Ο όγκος και το βάρος ελαττώθηκε κατά πολύ.
- ✓ Μηδενίστηκε η πιθανότητα διαρροών.
- ✓ Σημαντική μείωση κραδασμών και θορύβου κατά τη λειτουργία.

Σημαντικό μειονέκτημα αποτελεί το κέλυφος καθώς δεν επιτρέπει την εύκολη πρόσβαση στα μέρη του αεροσυμπιεστή με αποτέλεσμα την αύξηση κόστους επισκευής.



Εικόνα 14: Κλειστού τύπου αεροσυμπιεστής. (Πηγή: <https://www.frigohellas.gr/sumpiestes-psugeiwn-kompreser-psugeiwn-tecumseh-lunite-r404a-2hp-mod-fh2480z>)

8 Μέρη αεροσυμπιεστών

Ένας αεροσυμπιεστής αποτελείται κυρίως από:

- ✓ Το σύστημα συμπίεσεως του αέρα
- ✓ Το σύστημα κινήσεως του αεροσυμπιεστή

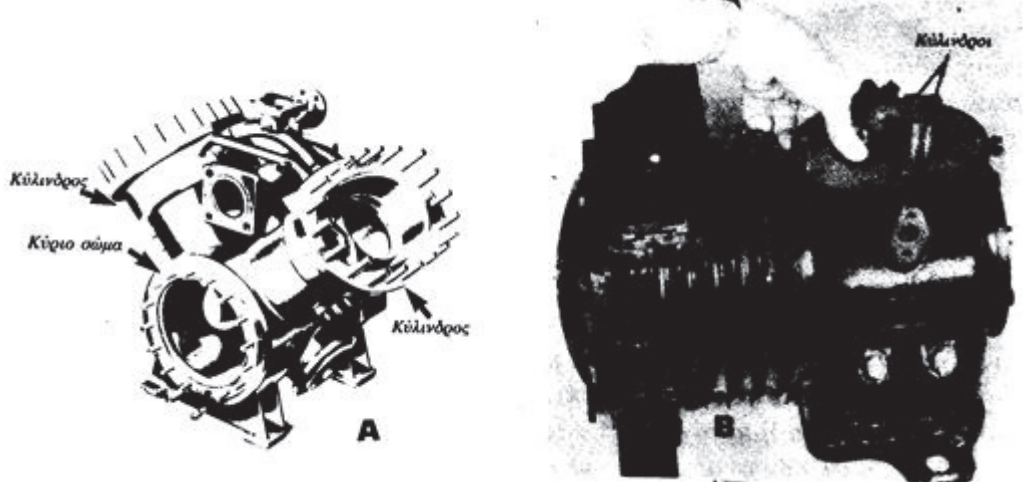
Το σύστημα συμπίεσης του αέρα αποτελείται από:

- ✓ Το κύλινδρο ή τους κυλίνδρους
- ✓ Τα πώματα
- ✓ Τα έμβολα με τα ελατήριά τους
- ✓ Τις βαλβίδες αναρροφήσεως και καταθλίψεως.

ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ: Αποτελεί το κυριότερο μέρος του αεροσυμπιεστή είναι ο κύλινδρος, μέσα στον οποίο κύλινδρο παλινδρομεί το πιστόνι για την δημιουργία αναρρόφησης και κατάθλιψης του ψυκτικού αερίου.

Σε μικρούς αεροσυμπιεστές ο κύλινδρος και το κύριο σώμα είναι ένα ενιαίο χυτό κομμάτι, έχοντας έτσι άψογη ευθυγράμμιση των κινούμενων εξαρτημάτων με αποφυγή πρόωρων φθορών.

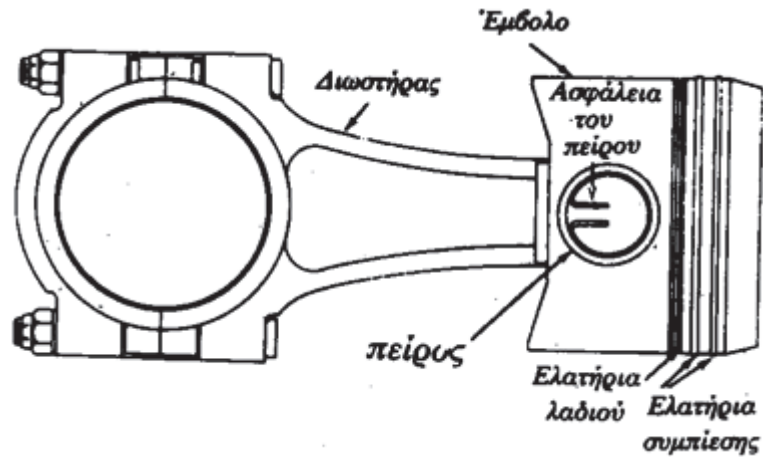
Στην περίπτωση των αερόψυκτων αεροσυμπιεστών, οι κύλινδροι φέρουν εξωτερικά χυτά πτερύγια τα οποία αυξάνουν την εξωτερική επιφάνεια αποβολής θερμότητας. Στους υδρόψυκτους αεροσυμπιεστές, που είναι συνήθως μεγαλύτερης ισχύος, υπάρχει ειδικό κύκλωμα νερού που ψύχει τους κυλίνδρους, όπως γίνεται περίπου στις υδρόψυκτες μηχανές των αυτοκινήτων. Υλικό κατασκευής είναι συνήθως χυτοσίδηρος άριστης ποιότητας με μικρή πρόσμιξη νικελίου (Ευθυμιάδου).



Εικόνα 15: Κύλινδροι. Α-> Ανοιχτού τύπου. Β-> Κλειστού τύπου

ΚΑΠΑΚΙ: Αποτελεί το κάλυμμα του κυλίνδρου ενώ εσωτερικά χωρίζεται στην θαλάμη χαμηλής, που είναι ο εσωτερικός χώρος της κυλινδροκεφαλής που επικοινωνεί με τη βαλβίδα αναρροφήσεως, και την θαλάμη υψηλής που οδηγεί το συμπιεσμένο αέρα στη βαλβίδα καταθλίψεως, χωρίς αυτές να επικοινωνούν μεταξύ τους, ενώ δέχεται μεγάλες πιέσεις και θερμοκρασίες.

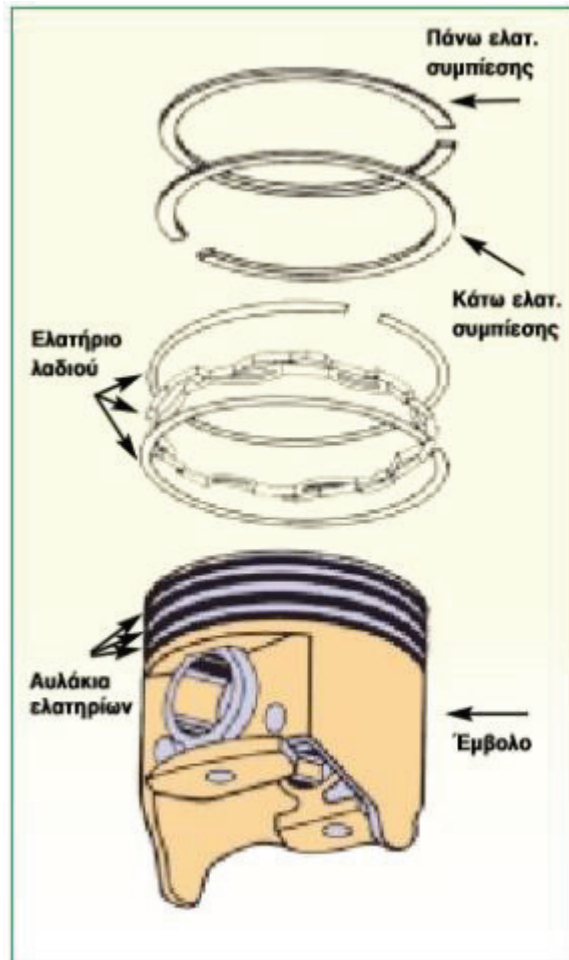
ΕΜΒΟΛΟ: Τα έμβολα, πιστόνια, είναι τα εξαρτήματα των συμπιεστών που παλινδρομούν μέσα στους κυλίνδρους και δημιουργούν την αναρρόφηση και κατάθλιψη του ψυκτικού αερίου.



Εικόνα 16: Έμβολο παλινδρομικού συμπιεστή

ΕΛΑΤΗΡΙΑ ΕΜΒΟΛΟΥ: Τα ελατήρια εμβόλου χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

Τα ελατήρια πίεσης ή συμπίεσεως, που συντελούν στην στεγανότητα μεταξύ κυλίνδρου και στροφαλοθαλάμου και τα ελατήρια ελαίου, με σκοπό να λιπαίνουν το κύλινδρο.



Εικόνα 17: Ελατήρια εμβόλου (Πηγή: <https://valadis-kotorlos.blogspot.com/2016/09/blog-post.html>)

ΒΑΛΒΙΔΕΣ: Ο ρόλος των βαλβίδων είναι η παροχή χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας αέρα προς τον κύλινδρο και πρέπει να:

- ✓ Μεγάλη μηχανική αντοχή.
- ✓ Να μην δημιουργούν θόρυβο κατά τη λειτουργία τους.
- ✓ Να μην παραμορφώνονται από τις αναπτυσσόμενες πιέσεις και θερμοκρασίες κατά τη μακρόχρονη χρήση τους.
- ✓ Να έχουν καλό βαθιό έδρασες βαλβίδας. (0.0025mm)

Ενώ οι βασικές κατηγορίες είναι:

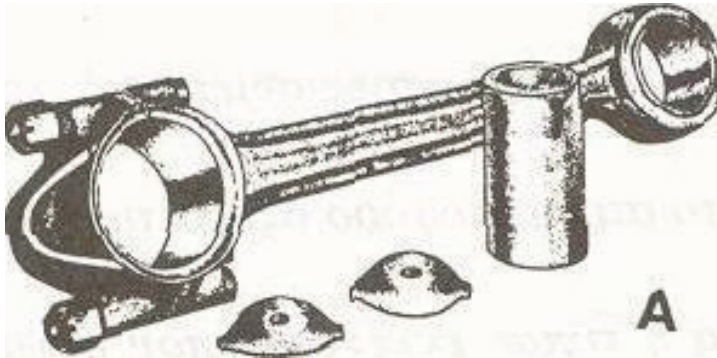
- ✓ Λεπιδωτές ή εύκαμπτες βαλβίδες.
- ✓ Δακτυλιοειδής βαλβίδες.
- ✓ Δισκοειδείς βαλβίδες.
- ✓ Βαλβίδες τύπου μηχανών αυτοκινήτων.

ΒΑΛΒΙΔΟΦΟΡΟ ΠΛΑΚΑ: Μεταλλική πλάκα, πάχους τρία έως πέντε χιλιοστά, που βρίσκεται μεταξύ κυλινδροκεφαλής και κυλίνδρου, με τις απαραίτητες φλάντζες για τη στεγανότητά τους, πάνω στην οποία στηρίζονται και λειτουργούν οι βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης. Κατασκευάζονται από χυτοσίδηρο ή χάλυβα.

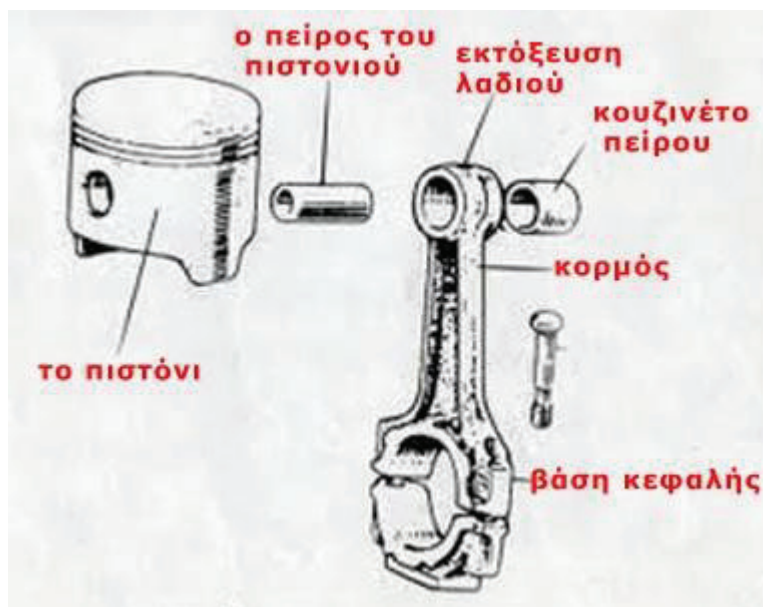
Το σύστημα κινήσεως του αεροσυμπιεστή, αποτελείται από το στροφαλοφόρο άξονα, τους διωστήρες, τους πείρους, το σφόνδυλο κ.τ.λ.

ΔΙΩΣΤΗΡΑΣ (ΜΠΙΕΛΑ): Οι διωστήρες μεταδίδουν την κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα του αεροσυμπιεστή στο έμβολο και τα κυριότερα μέρη τους είναι:

- ✓ Η κεφαλή, που συνδέεται στο κομβίο του στροφαλοφόρου άξονα
- ✓ Η βάση ή πόδι, που συνδέεται με το έμβολο μέσω του πείρου
- ✓ Ο κορμός που ενώνει την κεφαλή με τη βάση του διωστήρα.

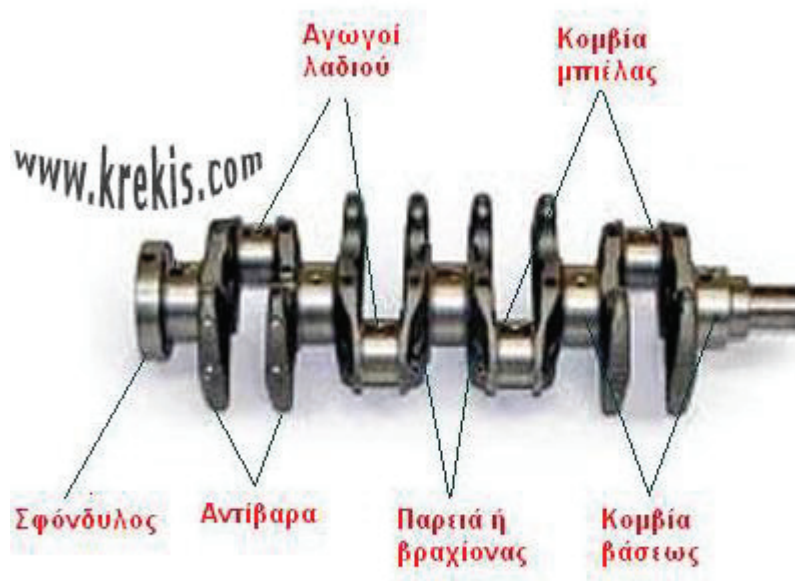


Εικόνα 18: Διωστήρας (Μπιέλα)



Εικόνα 19: Διάφορα εξαρτήματα (Πηγή: <https://sites.google.com/site/mekikykleitourgias/kinematikos-mechanismos-embolou-diostera-strophalophoru-axona/diosteras>)

ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΣ ΑΞΟΝΑΣ: Μετατρέπει την περιστροφική κίνηση του ηλεκτροκινητήρα, σε ευθύγραμμά και παλινδρομική μέσω του διωστήρα.



Εικόνα 20: Στροφαλοφόρος
<http://www.bmwforum.gr/forum/showthread.php?t=16221>)

(Πηγή:

9 Περιγραφή αεροσυμπιεστή

9.1 Εισαγωγή

Στους χώρους, όπως στις βιομηχανίες, που είναι απαραίτητη η χρήση πεπιεσμένου αέρα, υπάρχει η μονάδα παραγωγής του αέρα (αεροσυμπιεστής), ο χώρος αποθήκευσης (αεροφυλάκιο) και η επεξεργασία – καθαρισμός αυτού (ξηραντής – φίλτρα γραμμής), που εξαρτάται απόλυτα από την εφαρμογή όπου θα χρησιμοποιηθεί.

Όπως είδαμε οι αεροσυμπιεστές, που μετράν ένα αιώνα ζωής, στην αρχή χρησιμοποιήθηκαν για παραγωγή πεπιεσμένου αέρα, και ήταν οι εμβολοφόροι και εν συνεχεία οι πτερυγοφόροι. Οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις της βιομηχανίας όμως δεν μπορούσαν να καλυφθούν στο ακέραιο έτσι εμφανίστηκαν οι κοχλιοφόροι αεροσυμπιεστές (4 – 500 Kw, 5 – 15 bar).

Αυτού του τύπου οι αεροσυμπιεστές χρησιμοποιούνται όπου υπάρχει ανάγκη ενός αξιόπιστου, οικονομικού, με αρκετά μεγάλα διαστήματα συντήρησης, με καλή ποιότητα παραγομένου αέρα και δυνατότητα να λειτουργεί, αν χρειάζεται, 24 ώρες το εικοσιτετράωρο, 7 ημέρες την εβδομάδα.

Τα βασικά πλεονεκτήματά τους έναντι των εμβολοφόρων είναι⁶:

- ✓ Αθόρυβοι με λιγότερα κινούμενα μέρη, μικρότερες φθορές, μεγαλύτερα διαστήματα συντήρησης και μεγαλύτερη (συνεχής) λειτουργία.
- ✓ Μικρότερη θερμοκρασία λειτουργίας και αυξημένη αξιοπιστία.
- ✓ Οι κοχλιοφόροι δεν απαιτούν ειδική εγκατάσταση ή σιγαστήρες ή ειδικά αντικραδασμικά στις σωληνώσεις τους.
- ✓ Αποδοτικότεροι και οικονομικότεροι από τους εμβολοφόρους, χωρίς τριβόμενα μέρη, διότι οι κοχλίες συμπίεσης στηρίζονται σε ρουλεμάν (τριβή κυλίσεως), σε αντίθεση με τους εμβολοφόρους όπου τα πιστόνια κινούνται μέσα σε έμβολα (τριβή ολισθήσεως) και η φθορά τους ξεκινάει από το ξεκίνημα της λειτουργίας τους.
- ✓ Καθαρότερος παραγόμενος αέρας (λιγότερο μεταφερόμενο λάδι) με σταθερότερη πίεση ($DP \leq 0,5 \text{ bar}$) ενώ στους εμβολοφόρους η διαφορά μεταξύ min και max πίεσης, συνήθως είναι 2 bar.

Για τους ανωτέρω λόγους οι κοχλιοφόροι έχουν επικρατήσει απόλυτα στην αγορά, όπου απαιτείται αέρας σε πίεση 5 – 15 bar και παροχή μεγαλύτερη των 500 lit/min. Εκτός των ανωτέρω τύπων, υπάρχουν και οι Turbo compressors, οι οποίοι απευθύνονται σε λίγους, μεγάλους καταναλωτές με μεγάλες παροχές (Martyr, etc).

9.2 Ηλεκτρολογική ανάλυση

Ο χρήστης, όπως πάντα βέβαια, είναι υπεύθυνος για την σωστή και κατάλληλη ηλεκτρική σύνδεση των εξαρτημάτων στην εγκατάσταση, συμπεριλαμβανομένου του

⁶ <http://www.metadosi-ischios.gr/article.php?ID=166>

συστήματος ελέγχου, του κινητήρα της αντλίας ελαίου, του κύριου κινητήρα μετάδοσης κίνησης και της θέρμανσης ελαίου (αν υπάρχει). Στις περιπτώσεις που η εγκατάσταση δεν πραγματοποιείται από εξειδικευμένο συνεργείο, που συνήθως είναι συνεργάτες ή/και αντιπρόσωποι της κατασκευάστριας εταιρίας, πρέπει να υπάρξει πλήρης μελέτη του τεχνικού εγχειριδίου ώστε να καθοριστούν οι σωστές απαιτήσεις εφοδιασμού.

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται κατά την πρώτη ενεργοποίηση ή/και εκκίνηση καθώς πρέπει να δοθεί έγκριση λειτουργίας από εκπρόσωπο και η μη τήρηση αυτής της απαίτησης, συνήθως, οδηγεί σε ακύρωση της ισχύουσας εγγύησης.

9.2.1 Γενικές απαιτήσεις ηλεκτρικών καλωδιώσεων

Κατά το σχεδιασμό και την εγκατάσταση της ηλεκτρικής καλωδίωσης πρέπει να πληρούνται οι ακόλουθες ελάχιστες απαιτήσεις:

- ✓ Η κύρια πηγή ενέργειας πρέπει πληροί τις προδιαγραφές, συμπεριλαμβανομένων των προδιαγραφών της τάσης, της συχνότητας και, κυρίως, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των ηλεκτρικών καλωδίων.
- ✓ Πρόβλεψη για ξεχωριστό κατάλληλο σύστημα γείωσης για τον συμπίεστή, το οποίο θα πληροί τις πρόνοιες των τοπικών και κρατικών κανόνων και κανονισμών.
- ✓ Ενσωμάτωση στο κύκλωμα κατάλληλων μέσων αποσύνδεσης όπως διακόπτες ή αυτόματοι διακόπτες (με ή χωρίς εύτηκτο σύνδεσμο) για την πλήρη απομόνωση από το ηλεκτρικό κύκλωμα.
- ✓ Εάν ο κύριος διακόπτης που ελέγχει τον συμπίεστή είναι τοποθετημένος σε απόσταση ή εάν είναι δύσκολο να κλειδώσει ο κύριος διακόπτης, πρέπει να εγκατασταθεί ένας τοπικός διακόπτης που επιτρέπει στο προσωπικό συντήρησης να απομονώνει τη μονάδα με ασφάλεια.
- ✓ Εγκατάσταση και χρησιμοποίηση συστήματος κλειδώματος, συμπεριλαμβανομένης της βαλβίδας μπλοκ απομόνωσης, όταν εκτελούνται διαδικασίες συντήρησης σε αυτό ή σε οποιοδήποτε άλλο τέτοιο τύπο μηχανής.
- ✓ Όλες οι ηλεκτρικές εργασίες πρέπει να εκτελούνται μόνο από εξειδικευμένο προσωπικό, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του προϊόντος και σύμφωνα με όλους τους ισχύοντες τοπικούς ή εθνικούς κώδικες. Η μη τήρηση αυτής της απαίτησης μπορεί να προκαλέσει ζημιά στον εξοπλισμό, τραυματισμό ή θάνατο.

9.2.2 Ηλεκτρικός αγωγός

Η τυπική εγκατάσταση ενός συμπίεστή απαιτεί την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας μεσαίας τάσης και ενδεχομένως υψηλής τάσης για την ολοκλήρωση της εγκατάστασης του συμπίεστή. Ο κύριος εξοπλισμός χρειάζεται ηλεκτρική ενέργεια είναι ο κύριος κινητήρας μετάδοσης κίνησης, ο κινητήρας της αντλίας ελαίου και ο πίνακας ελέγχου ενώ αν υπάρχει προαιρετικός εξοπλισμός, όπως ο θερμοαντήρας ελαίου, θα πρέπει να τροφοδοτηθεί και αυτός. Σε πολλές χώρες, όπως στις Ηνωμένες Πολιτείες, απαιτείται οι ηλεκτρικές καλωδιώσεις για αυτό το είδος βιομηχανικής υπηρεσίας να περικλείονται σε άκαμπτο αγωγό.

Ο χρήστης ή/και ο εγκαταστάτης είναι υπεύθυνος για την παροχή και το σχεδιασμό της εγκατάστασης όλων των εξωτερικών ηλεκτρικών αγωγών. Για να εξασφαλιστεί η επιτυχή εγκατάσταση ηλεκτρικών αγωγών πρέπει πάντα:

- ✓ Χρησιμοποιηθεί καθαρός και μη διαβρωτικό αγωγός και εξαρτήματα χωρίς στροφές ή αιχμηρές άκρες.
- ✓ Οι διαδρομές του αγωγού πρέπει να είναι το δυνατόν συντομότερες και άμεσες.
- ✓ Πρέπει να διατηρηθεί καθαρή η γραμμή παροχής ενέργειας από περιττές συσκευές.
- ✓ Ο ιδιοκτήτης και ο εγκαταστάτης είναι υπεύθυνοι για την εφαρμογή ορθών πρακτικών καλωδίωσης. Αποτυχία να ακολουθήσετε τους τοπικούς ηλεκτρικούς κώδικες και οι καλές βιομηχανικές πρακτικές θα μπορούσαν να προκαλέσουν υλική ζημία, τραυματισμό ή θάνατο.

9.2.3 Σύστημα ελέγχου κινητήρα κύριας μονάδας

Οι κύριες λειτουργίες ενός συστήματος ελέγχου κινητήρα είναι:

- ✓ Εκκίνηση και διακοπή του κινητήρα.
- ✓ Έλεγχος της επιτάχυνσης του κινητήρα, της ροπής, της ισχύος εξόδου και της έντασης, καθώς και άλλων παραμέτρων.
- ✓ Προστασία προσωπικού και εξοπλισμού.

Στα μέτρα προστασίας προσωπικού και εξοπλισμού εντάσσεται και ο έλεγχος βαλβίδας εισόδου, που πρέπει να παραμένει κλειστή καθόλη τη διάρκεια της εκκίνησης του κινητήρα, ενώ υπεύθυνος γι' αυτό είναι ο ιδιοκτήτης ή/και ο χειριστής του κινητήρα.

Οι εκκινητές χωρίζονται σε τρεις γενικές κατηγορίες:

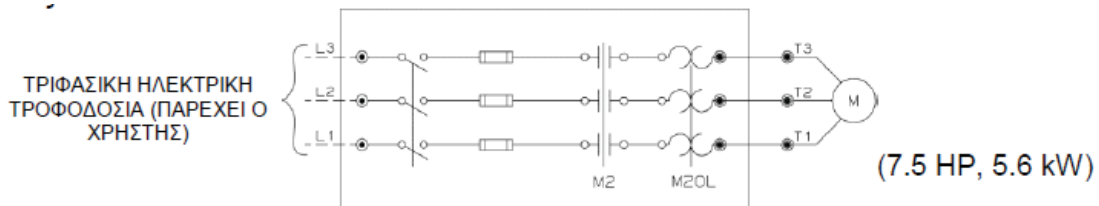
- Εκκινητές πλήρους τάσης
- Εκκινητές με μειωμένη τάση
- Εκκινητές στερεάς κατάστασης.

Ο συμβατικός εκκινητής πλήρους τάσης εφαρμόζει την πλήρη τάση της γραμμής απευθείας στους ακροδέκτες του κινητήρα. Αυτοί οι εκκινητές είναι διαθέσιμοι σε πολλούς τύπους, συμπεριλαμβανομένου του χειροκίνητου, μαγνητικού, συνδυασμού και αντιστροφής ενώ μπορεί να προστεθούν επιπλέον κυκλώματα ελέγχου και προστασίας.

Αντίθετα στους εκκινητές μειωμένης τάσης και στερεής κατάστασης το ρεύμα εκκίνησης περιορίζεται ώστε να παρέχεται αποτελεσματικότερη διαχείριση ισχύος και καλύτερο έλεγχο κινητήρα από τους εκκινητές πλήρους τάσης. Οι χρόνοι εκκίνησης για αυτά τα συστήματα μπορεί να διαρκέσουν έως 30 δευτερόλεπτα ενώ τα πτερύγια οδήγησης του συμπιεστή δεν πρέπει να ανοίγουν μέχρι να φτάσει ο κινητήρας και ο συμπιεστής στην πλήρη ταχύτητα.

9.2.4 Κινητήρας βοηθητικής αντλίας ελαίου

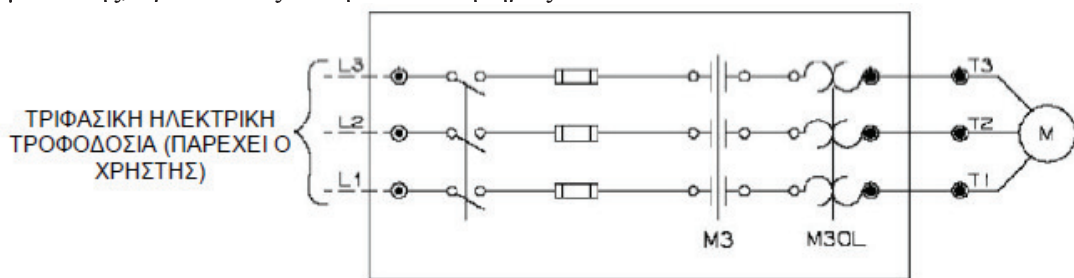
Η αντλία ελαίου του συμπιεστή ελέγχεται από ένα σύστημα ελέγχου. Με την εκκίνηση του συμπιεστή, η κύρια αντλία ελαίου, που οδηγείται από τον άξονα του συμπιεστή, δημιουργεί την απαιτούμενη πίεση, και μετά το σύστημα ελέγχου απενεργοποιεί την βοηθητική ηλεκτρική αντλία.



Εικόνα 21: Τυπικές ηλεκτρικές συνδέσεις του κινητήρα της βοηθητικής αντλίας ελαίου

9.2.5 Επιλογή του ρυθμιστή εκκίνησης του κινητήρα αντλίας EVC

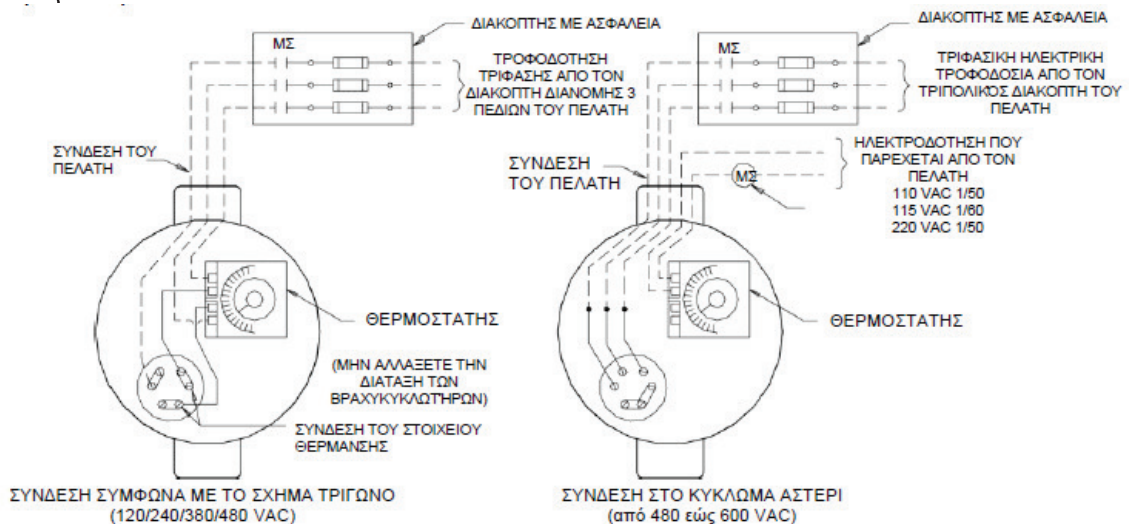
Ο κινητήρας EVC του συμπιεστή δεν ελέγχεται από το σύστημα ελέγχου. Έτσι αφού ενεργοποιηθεί το σύστημα ελέγχου του συμπιεστή και πριν ξεκινήσει ο συμπιεστής, πρέπει να ξεκινήσει ο κινητήρας EVC.



Εικόνα 22: Τυπικές ηλεκτρικές συνδέσεις του ρυθμιστή εκκίνησης του κινητήρα αντλίας EVC

9.2.6 Επιλογή θερμαντήρα ελαίου

Ο τρόπος σύνδεσης του, προαιρετικού, θερμαντήρα ελαίου εξαρτάται από την τάση.



Εικόνα 23: Τρόπος σύνδεσης θερμαντήρα

Για τυπικές ηλεκτρικές συνδέσεις για τάση 480 VAC ή/και λιγότερο,

προτείνεται ο τρόπος σύνδεσης αριστερά, ενώ για μεγαλύτερη τάση προτείνεται το σχήμα δεξιά.

9.3 Τεχνικές Προδιαγραφές (Ενός τυπικού βιομηχανικού αεροσυμπιεστή)

Ο παρακάτω πίνακας παρέχει τον ορισμό των ορισμένων συντομογραφιών και τα σύμβολων που χρησιμοποιούνται σε αυτή την ενότητα, αλλά και είναι ευρέως διαδεδομένα σε αντίστοιχους αεροσυμπιεστές, που μπορεί να διαφεύγουν στον τελικό αναγνώστη.

Συντομογραφίες και σύμβολα			
Χαρακτηρισμός	Ορισμός	Είδος	Ορισμός
“	Ίντσα ή ίντσες	GPM	Γαλόνια ανά λεπτό
#	Λίβρα ή λίβρες	LPS	Λίτρα ανά δευτερόλεπτο
HP	Ιπποδύναμη	NPT	Πρότυπο σπείρωμα σωλήνων (ΗΠΑ, κωνικό)
KW	Κιλοβάτ	FF	Φλάντζα με επίπεδη άκρη
Kg	Χιλιόγραμμα	RF	Φλάντζα με προεξοχή
ANSI	Αμερικανικό Εθνικό Ίδρυμα Προτυποποίησης		

Πίνακας 1: Συντομογραφίες και σύμβολα

9.3.1 Γενικές προδιαγραφές αεροσυμπιεστή

Βάρος πλήρους μονάδας εγκατάστασης (ενός τυπικού βιομηχανικού αεροσυμπιεστή)			
Βάρος (Αγγλικό)		40.000 λίβρες	
Βάρος (Μετρικό)		18.143Kg	
Βάρος συντήρησης			
Χαρακτηρισμός	Βάρος	Χαρακτηρισμός	Βάρος
Κάλυμμα κύριοι τροχού μειωτήρα	1118/507	Είσοδος του 1ου σταδίου	550/219

Κόριο σύστημα μετάδοσης κίνησης του συγκροτήματος μειωτήρα	620/281	Είσοδος του 2ου σταδίου	275/115
Πακέτα σωληνώσεων του ενδιάμεσου ψύκτη	1296/587	Είσοδος του 3ου σταδίου	175/71

Πίνακας 2: Βάρος μονάδας

Ροπές σύσφιξης για μπουλόνια σύνδεσης		
	Βρετανικές μονάδες	Μετρικές μονάδες
Εως 2500HP	170Ft-lbs	230Nm
>2500HP	230Ft-lbs	320Nm

Πίνακας 3: Ροπές σύσφιξης για μπουλόνια

Μεγέθη, τάξεις και τύποι σύνδεσης (σύμφωνα με το ANSI)			
Αεραγωγός εισόδου	14" Vic	Σωλήνας εκροής συμπυκνώματος	1/2" NPT [A]
Αγωγός εκκένωσης αέρα	8" Vic	Ακροφύσιο πεπιεσμένου αέρα	Αεραγωγός εισόδου 3/8"
Ψύκτες αέρος (νερό)	Σωλήνας 6"	Πίνακας ελέγχου	1"
Ψύκτες λαδιού (νερό)	2"	Μετατροπέας πίεσης	1/4" NPT
Πολλαπλή νερού	Σωλήνας 6"		
Σημειώσεις: [A] Ο προαιρετικός συμπληρωματικός ψύκτης είναι 3/4" NPT			
Μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο εισόδου			
		Βρετανικές μονάδες	Μετρικές μονάδες
Μέγιστη επιτρεπόμενη δύναμη		830 λίβρες	3692 H
Μέγιστη επιτρεπόμενη ροπή		1250 Ft-lbs	1695 Nm
Μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο του σύνδεσμου εκκένωσης			
		Βρετανικές μονάδες	Μετρικές μονάδες

Μέγιστη επιτρεπόμενη δύναμη		660 λίβρες	2936 H
Μέγιστη επιτρεπόμενη ροπή		1000 Ft-lbs	1356 Nm
Τεχνικές προδιαγραφές για την αξονική ευθυγράμμιση των κύριων κινητήρων σε φάση ψυχρής λειτουργίας			
		Κάθετα	Οριζόντια
Συμπιεστές με ηλεκτρικό κινητήρα		Ρυθμίστε το κινητήρα πάνω σε 0,005 "(0,13 mm) εντός ορίων των 0,002" (0,05 mm) της TIR	TIR (ολική ένδειξη μετρητή) όχι περισσότερο από 0,002 ίντσες (0,05 mm)
Συμπιεστές που κινούνται από ατμοστρόβιλο		Τοποθετήστε τον στρόβιλο κάτω σε 0,006 "(0,15 mm) εντός ορίων των 0,002" (0,05 mm) της TIR	TIR (ολική ένδειξη μετρητή) όχι περισσότερο από 0,002 ίντσες (0,05 mm)

Πίνακας 4: Γενικές τεχνικές προδιαγραφές του συμπιεστή 1

Συνθήκες λειτουργίας του συστήματος λιπαντικού		
Χαρακτηρισμός	Βρετανικές μονάδες	Μετρικές μονάδες
Χωρητικότητα δεξαμενής	230 γαλόνια	870 L
Ελάχιστη θερμοκρασία της δεξαμενής πριν από την εκκίνηση	60 °F	15 °C
Κανονική θερμοκρασία λειτουργίας του συστήματος	120 °F	50 °C
Κανονική πίεση λειτουργίας του συστήματος	20 psig	1,3 Bar
Πίεση λειτουργίας για το ακροφύσιο πεπιεσμένου αέρα	30-45 psig	2,0-3,0 Bar
Απαιτούμενο επίπεδο κενού	4-5" H ₂ O	100-127 mm H ₂ O
Πίνακας ελέγχου του συμπιεστή		
Μηχανικοί παράγοντες		
Διαστάσεις:	Βρετανικές μονάδες	Μετρικές μονάδες
Ύψος × πλάτος × βάθος	43" x 28" x 10"	1092 mm × 711 mm × 254 mm
Περιβαλλοντικοί παράγοντες		
Θερμοκρασία:	Βρετανικές μονάδες	Μετρικές μονάδες
Εύρος λειτουργίας	32 °F - 122 °F	0 °C - 50 °C
Οριακές τιμές αποθήκευσης	-10 °F - 140 °F	23 °C - 60 °C
Σχετική υγρασία:	92,5% σε υψόμετρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας έως 6,560 πόδια	92,5% σε υψόμετρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας έως 2000 m
Ηλεκτρικός κινητήρας αντλίας λαδιού		

Ηλεκτρικοί παράγοντες		
Ισχύς του ηλεκτρικού κινητήρα		Σύστημα
Τροφοδοσία		Ρεύμα με πλήρες φορτίο
7,5 HP 60 HZ		460 V 8,9 FLA
7,5 HP 50 HZ		380 V 11,0 FLA
Θερμαντήρας λαδιού (προαιρετικό)		
Ηλεκτρικοί παράγοντες		
Τροφοδοσία	Ονομαστική ισχύς	Ρεύμα κατανάλωσης
3 φάσεις	1500 W	30 Amps @ 240 VAC (V εναλλασσόμενου ρεύματος)

Πίνακας 5: Γενικές τεχνικές προδιαγραφές του συμπιεστή 2

Απαιτήσεις για το νερό ψύξης Οι ακόλουθες πληροφορίες συνοψίζουν τις απαιτήσεις για το νερό ψύξης, συμπεριλαμβανομένου του μεταψύκτη και του ψύκτη λαδιού. Οι τιμές ισχύουν για τις συνθήκες "χειρότερης περίπτωσης". (Με σωστή συντήρηση των εναλλάκτων θερμότητας, η απόδοση θα είναι πολύ καλύτερη.)						
Ονομαστική ισχύς του συμπιεστή (kW)	2237	2050	1715	1565	1416	1305
Ονομαστική ισχύς (hp)	3000	2750	2300	2100	1900	1750
Πρότυπη ροή νερού για τη μονάδα (lps)	35*	31*	20	20	20	20
Τυπική ροή νερού για τη μονάδα (gpm)	550*	492*	316	316	316	316
Ροή νερού μέσω του μεταψύκτη που έχει εγκατασταθεί στη μονάδα (lps)	15*	13*	7	7	7	7
Ροή νερού μέσω του μεταψύκτη που εγκαταστάθηκε στη μονάδα (gpm)	235*	206*	118	118	118	118
Πίεση παροχής νερού (max.bar)	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3
Πίεση παροχής νερού (max.pai)	150	150	150	150	150	150
Πτώση πίεσης νερού (bar)	0,90	0,69	0,28	0,28	0,28	0,28
Πτώση πίεσης νερού (psi)	13	10	4	4	4	4
* Οι απαιτήσεις νερού ψύξης μπορούν να μειωθούν αν έχει εγκατασταθεί μια προαιρετική βαλβίδα ελέγχου, η οποία είναι εγκατεστημένη στο σύστημα ψύξης νερού. Επικοινωνήστε με την Ingersoll Rand για μειωμένη παροχή νερού όταν είναι εγκατεστημένη η προαιρετική βαλβίδα ρύθμισης. Απαιτήσεις ποιότητας νερού: Η λειτουργία ψύξης απαιτεί το νερό να είναι χαμηλό σε αιωρούμενα στερεά για να αποφευχθεί η ρύπανση, χαμηλή περιεκτικότητα σε διαλυμένα στερεά για την αποφυγή εναποθέσεων και διάβρωσης, χωρίς οργανική ανάπτυξη και απαλλαγμένη από χημικές ουσίες που εμφανίζουν διαβρωτικές ιδιότητες στους χάλκινους σωλήνες που χρησιμοποιούνται ως πρότυπο τους εναλλάκτες θερμότητας του συμπιεστή. (Άλλες σωλήνες με διαφορετική χημική αντοχή είναι διαθέσιμες ως προαιρετικές επιλογές. Συμβουλευτείτε τον εξουσιοδοτημένο αντιπρόσωπό σας ή την Ingersoll Rand απευθείας.).						

Πίνακας 6: Απαιτήσεις ψύξης

9.3.2 Προδιαγραφές συναγερμού και απενεργοποίησης

Πέραν των γενικών προδιαγραφών και τεχνικών χαρακτηριστικών που ισχύουν για έναν τυπικό αεροσυμπιεστή, όπως και σε όλες τις συσκευές, υπάρχουν και όρια λειτουργίας που όταν τα υπερβεί ο αεροσυμπιεστής απενεργοποιείται.

Ρυθμίσεις ΣΥΝΑΓΕΡΜΟΥ και ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ (σε βρετανικές μονάδες)				
Κατάσταση	ΣΥΝΑΓΕΡΜΟΣ		ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ	
	Χαμ.	Υψιλ.	Χαμ.	Υψιλ.
Κανονικός:				
Δόνηση στη βαθμίδα του συμπιεστή (mils)	-	1.5	-	2.0
Πίεση λαδιού (psi)	16	40	12	-
Θερμοκρασία λαδιού (°F)	70	140	60	145
Θερμοκρασία του αέρα σε είσοδο του συμπιεστή (°F)	-	130	-	140
Προαιρετικός:				
Πτώση πίεσης στο φίλτρο αέρα εισαγωγής (ίντσες νερού)	-	20	-	-
Πτώση πίεσης στο φίλτρο λαδιού (psi) (πλάκα εναλλάκτη θερμότητας)	-	22	-	28

Πίνακας 7: Ρυθμίσεις συναγερμού και απενεργοποίησης (βρετανικές μονάδες)

Ρυθμίσεις ΣΥΝΑΓΕΡΜΟΥ και ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ (σε μετρικές μονάδες)				
Κατάσταση	ΣΥΝΑΓΕΡΜΟΣ		ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ	
	Χαμ.	Υψιλ.	Χαμ.	Υψιλ.
Κανονικός:				
Δονήσεις στη βαθμίδα του συμπιεστή (μm)	-	38	-	50
Πίεση λαδιού (bar)	1.10	2,76	0,83	-
Θερμοκρασία λαδιού (°C)	22	60	15,5	66
Θερμοκρασία του αέρα σε είσοδο του συμπιεστή (°C)	-	54	-	60
Προαιρετικός:				
Πτώση πίεσης στο φίλτρο αέρα εισαγωγής (mm νερού)	-	500	-	-
Πτώση πίεσης στο φίλτρο λαδιού (bar) (πλάκα εναλλάκτη θερμότητας)	-	1.5	-	1.9

Πίνακας 8: Ρυθμίσεις συναγερμού και απενεργοποίησης (μετρικές μονάδες)

9.3.3 Απαιτήσεις λίπανσης αεροσυμπιεστή

Για την εύρυθμη λειτουργία του αεροσυμπιεστή ο τελικός χρήστης είναι απαραίτητο να προμηθευτεί λιπαντικά για τα παρακάτω κινούμενα μέρη:

- ✓ Λιπαντικό στροβίλων αποδεκτής ποιότητας
- ✓ Έλαιο αποδεκτής ποιότητας για λίπανση των εδράνων
- ✓ Αποδεκτό λιπαντικό του κοχλία κίνησης του συγκροτήματος περυγίων εισαγωγής
- ✓ Αποδεκτό λιπαντικό σύζευξης

Αξίζει να σημειωθεί πως η σωστή επιλογή του λιπαντικού λαδιού είναι κρίσιμη και ζωτικής σημασίας για την κανονική λειτουργία του συνόλου του συμπιεστή. Κατά

τη λειτουργία του συμπιεστή καλό θα ήταν να χρησιμοποιείται μόνο υψηλής ποιότητας λάδι που παρεμποδίζει τη σκουριά και την οξείδωση, που αντιστέκεται στον αφρισμό και δεν καταστρέφεται κάτω από σοβαρές λειτουργικές πιέσεις και θερμοκρασίες, καθώς το ακατάλληλο ή χαμηλής ποιότητας λιπαντικό μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς τα δυναμικά χαρακτηριστικά του άξονα υψηλής ταχύτητας και να προκαλέσει σοβαρή βλάβη στα κρίσιμα στοιχεία του συμπιεστή. Για τον σκοπό αυτό οι εταιρίες κατασκευής αεροσυμπιεστών παράγουν οι ίδιες, συνήθως, ειδικά λάδια λίπανσης μελετημένα και εξατομικευμένα για τους δικούς της αεροσυμπιεστές. Κάποιες μάλιστα χρησιμοποιούν την μέθοδο της υδρογονοπυρολυμένης βάσης και πρόσθετων που βελτιώνουν την απόδοση.

Η υδροπυρόλυση είναι μια προηγμένη τεχνολογία επεξεργασίας πετρελαίου που είναι πολύ ανώτερη από τη διύλιση διαλυτών. Μετατρέπει το αργό πετρέλαιο σε βασικά έλαια εξαιρετικής καθαριότητας. Στην πραγματικότητα η χρήση καθαρών και βελτιωμένων υλικών, εξασφαλίζουν την υψηλή απόδοση του συμπιεστή για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Με την χρήση ενός εξειδικευμένου λαδιού εξασφαλίζεται η εξαιρετική απόδοση του αεροσυμπιεστή.

- ✓ Ένα σωστό λάδι πρέπει να πληροί τα ακόλουθα κριτήρια:
- ✓ Εκλεπτυσμένο από υψηλής ποιότητας ορυκτέλαιο.
- ✓ Χωρίς οποιεσδήποτε μολύνσεις ή ακαθαρσίες που μπορεί να είναι λειαντικές ή να έχουν δράση λείανσης.
- ✓ Περιέχει πρόσθετα για να παρέχει:
 - υψηλό επίπεδο οξειδωτικής σταθερότητας;
 - υψηλός βαθμός προστασίας από φθορά;
 - γρήγορη διαφυγή των παγιδευμένων αερίων;
 - λειτουργία χωρίς αφρό;
 - λειτουργία χωρίς σκουριά και χωρίς διάβρωση;
 - ανθεκτικότητα στο σχηματισμό ιλύος και επιβλαβείς ρητίνες.
- ✓ Είναι ικανά να διατηρούν υψηλή ισχύ ροής και να μην καταστρέφονται κάτω από ακραίες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

Τα ζωικά, φυτικά και ορυκτά έλαια κακής ποιότητας πρέπει να αποφεύγονται καθώς αυτά τα έλαια τείνουν να οξειδώνουν, να σχηματίζουν οξέα και να σχηματίζουν ιζήματα ή ρητινώδεις αποθέσεις σε περιστρεφόμενα στοιχεία με άμεσο κίνδυνο την λειτουργία του αεροσυμπιεστή.

Ένα τέτοιο λιπαντικό λάδι είναι το TyroBlend της Ingersoll Rand που σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε ειδικά για τον αεροσυμπιεστή TURBO-AIR NX 12000.

Χαρακτηριστικό	Μεθοδολογία της έρευνας	Απόδοση
Ιξώδες: στους 40°C στους 100°C	ASTM D445 ASTM D445	46 Cst 7 Cst
Δείκτης Ιξώδους:	ASTM D2270	>100
Τεστ τεσσάρων σφαιρών: (40 Kg, 1200 RPM, 75 °C, 1 ώρα)	ASTM D4172	≤ 0,4 mm
Ικανότητα διαχωρισμού της υγρασίας: (54°C και 82°C)	ASTM D1401	<3 ml σε 15 λεπτά
Χαρακτηριστικά αφρισμού — ακολουθίες Α, Β, Γ: Τάσεις / Σταθερότητα	ASTM D892	<10 ml / 0
Χρόνος κατακράτησης φυσαλίδων αερίου στους 50°C	ASTM D3427	≤ 5 λεπτά
Δοκιμή αντοχής στη διάβρωση: Αποσταγμένο νερό Συνθετικό θαλασσινό νερό	ASTM D665A ASTM D665B	Επιτυχής Επιτυχής
Δοκιμή οξειδωσης σε περιστρεφόμενο αυτόκαυστο	ASTM D2272	> 400 λεπτά
Το βασικό έλαιο πρέπει να παρασκευάζεται από ορυκτές πρώτες ύλες υψηλής ποιότητας.		

Εικόνα 24: Τεχνικά χαρακτηριστικά του TurboBlend

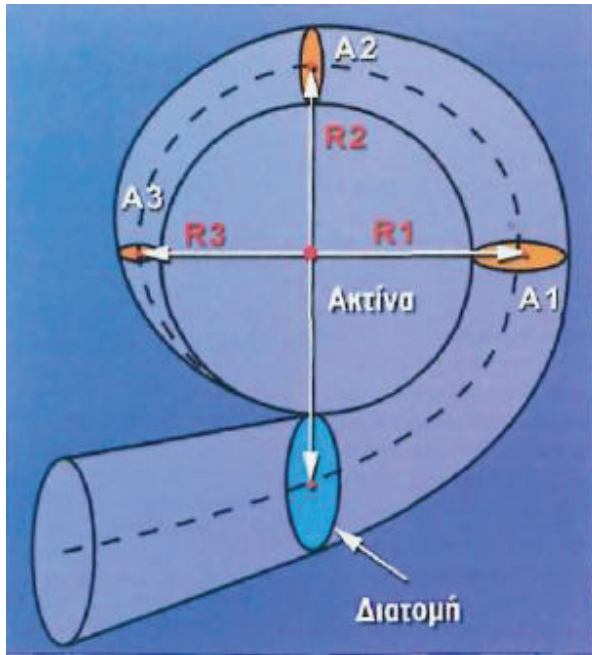
Υπάρχουν κάποιοι γενικοί κανόνες ως προς την επιλογή και χρήση των λιπαντικών λαδιών:

- ✓ Χρησιμοποίηση μόνο των εγκεκριμένων από τον κατασκευαστή λιπαντικών.
- ✓ Να μην γίνεται ανάμιξη από διαφορετικές μάρκες ελαίου.
- ✓ Όχι συνθετικά ελαία.
- ✓ Ο ιδιοκτήτης αναλαμβάνει όλο το ρίσκο σε περίπτωση της χρήσης του μη συνιστώμενου ελαίου.

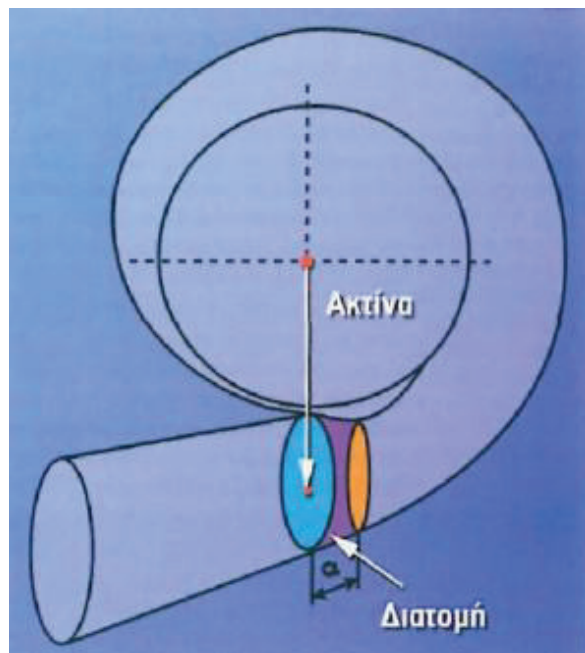
9.4 Μηχανολογική ανάλυση

9.4.1 Η γεωμετρία του «σαλίγκαρου»

Την ονομασία «Σαλίγκαρος» την πήρε εξαιτίας του σχήματος το κέλυφος του συμπιεστή και της τουρμπίνας (Ρακόπουλος, 1988).

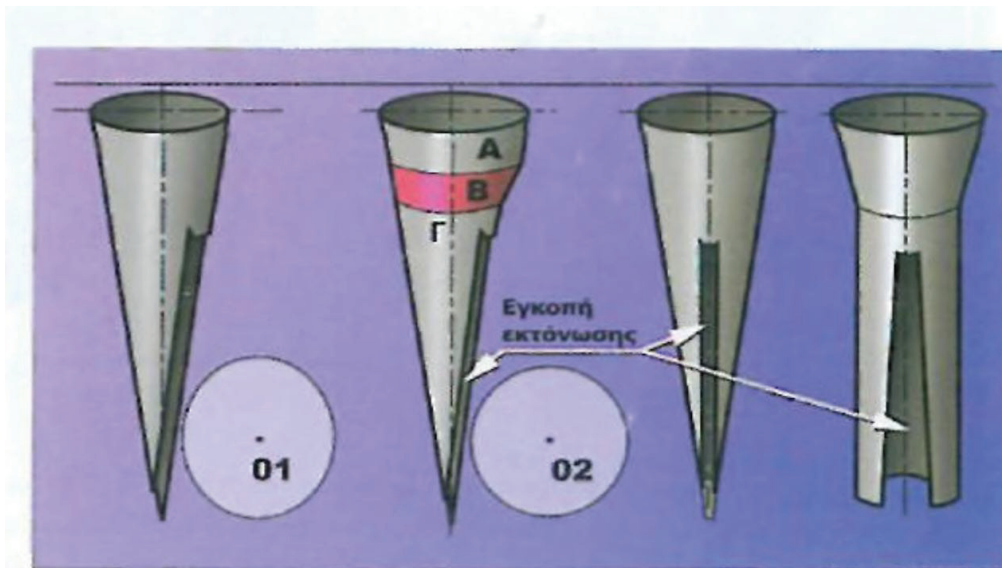


Εικόνα 25: Κέλυφος συμπιεστή



Εικόνα 26: Κέλυφος τουρμπίνας

Για να κατανοήσουμε και να «κατασκευάσουμε» ένα «σαλίγκαρο» πρέπει να μελετήσουμε το παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 27: Κατασκευή «Σαλίγκαρου»

Για την κατασκευή του τυλίγουμε ένα κώνο γύρω από ένα κύκλο 01. Ο λόγος A/R , όπου το A (Area) είναι το εμβαδό της διατομής του κώνου και το R (Radius-ακτίνα) είναι η απόσταση ανάμεσα στο κέντρο περιστροφής του άξονα της τουρμπίνας και το κέντρο της διατομής του κώνου, είναι από τα βασικότερα χαρακτηριστικά.

Αντίθετα με το «μαντέμι» (το κέλυφος της τουρμπίνας δηλαδή), ο λόγος αυτός πρέπει να μένει σταθερός σε όλο το μήκος του κώνου. Δηλαδή $A1/R1=A2/R2=A3/R3$ κτλ. Όπως φαίνεται στην εικόνα 27, υπάρχει το τμήμα(«α» στην εικόνα 26 και ένα «B» στο δεύτερο από αριστερά) με μικρότερο λόγο Δ/R από τα υπόλοιπα δύο τμήματα («A» και «Γ»). Αν και φαίνεται λογικό, δεδομένου ότι ο κώνος, προσπαθεί να κλείσει κύκλο (για ομοιόμορφη κατανομή των καυσαερίων σε όλη την περιφέρεια της φτερωτής) και «εισέρχεται» αναγκαστικά στο τμήμα «B». Αυτό δημιουργήθηκε ηθελημένα ώστε να επιτευχθεί μετατροπή μεγάλο μέρους της κινητικής ενέργειας των εξερχομένων από τις βαλβίδες εξαγωγής καυσαερίων σε δυναμική ενέργεια (αυξημένη πίεση). Έτσι αυξάνεται η διαφορά δυναμικού και υπάρχει η δυνατότητα τα καυσαέρια, με «μικρή» ενθαλπία, εκτονωθούν βίαια, μετατρέποντας τη θερμότητα σε μηχανικό έργο. Με παρόμοιο τρόπο λειτουργούν και οι τουρμπίνες στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια της Δ.Ε.Η: δημιουργείται διαφορά δυναμικού (υψομετρική διαφορά που επιτυγχάνεται με τα φράγματα) και το νερό πέφτει με μεγάλη ορμή πάνω στα πτερύγια της υδρο-τουρμπίνας.

Η ορθογώνια εγκοπή εκτόνωσης των καυσαερίων έχει αυτό το σχήμα για ευκολία στη διαδικασία κατασκευής, ενώ βοηθά και στην διατήρηση της έντασης της εκτόνωσης ώστε να μένει σταθερή σε όλο το μήκος της εγκοπής: η ποσότητα των καυσαερίων, μειώνεται όσο απομακρύνεται από την πηγή ενώ παράλληλα μειώνεται και η διατομή του κώνου με αποτέλεσμα να παραμένει σταθερή η πίεση εκτόνωσης.

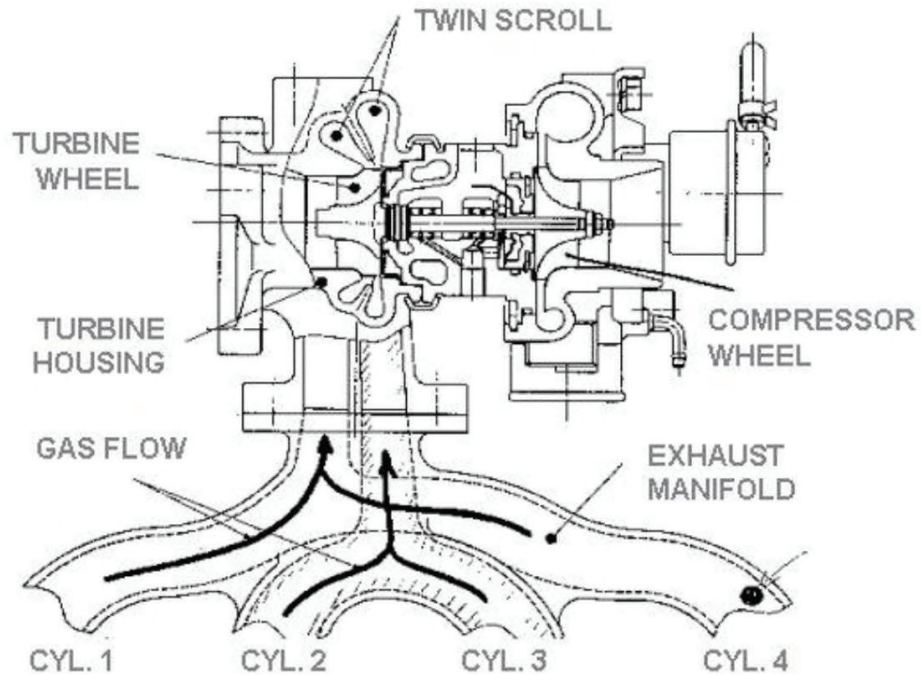
Εάν η κατανομή των καυσαερίων σε όλη την περιφέρεια ήταν άνισα κατανεμημένη, τότε ο άξονας της τουρμπίνας στην προσπάθειά του να αλλάξει θέση, τόσο αξονικά όσο και ακτινικά, θα ζορίσει τους τριβείς(δακτυλίδια/ρουλεμάν) και προκαλώντας κραδασμούς.

Στον σαλίγκαρο ισχύουν όλα τα προαναφερόμενα αλλά με την διαφορά ότι εδώ η φτερωτή δεν κινείται από τη ροή του ρευστού, αλλά αντίθετα, είναι αυτή που θέτει σε κίνηση το ρευστό (αέρα), τον οποίο αφού συμπιέσει εν συνεχεία τον εκτονώνει μέσα στον «κώνο». Ο «κώνος», που έχει σταθερό λόγο A/R σε όλο το μήκος του, φροντίζει

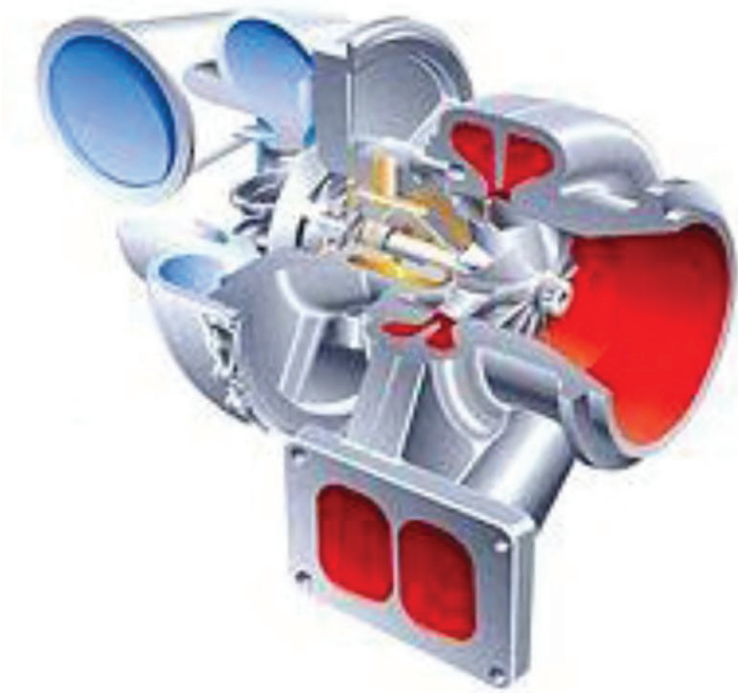
να διατηρεί σταθερό το φορτίο, σε όλη την περιφέρεια της φτερωτής. Τέλος, ανάμεσα στο σαλίγκαρο και το back plate σχηματίζεται ο στραγγαλιστικός αυλός - διαχύτης, σκοπός του οποίου είναι η εκτόνωση του συμπιεσμένου αέρα. (τρίτο και τέταρτο σχήμα από αριστερά, εικόνα 27)

9.4.2 Τουρμπίνα διαιρούμενου παλμού (Twin scroll)

Στην τουρμπίνα διαιρούμενου παλμού ο κώνος του μαντεμιού είναι χωρισμένος σε δύο τμήματα. (Εικόνες 28 & 29), Έτσι, οι παλμοί της μιας ομάδας κυλίνδρων, αντί να καταναλώνουν την ενέργεια για να <<σβήσουν>> τους παλμούς της άλλης ομάδας, εκτονώνονται μαζί πάνω στην φτερωτή της τουρμπίνας.



Εικόνα 28: Ροή των καυσαερίων ξεχωριστά για την κάθε ομάδα κυλίνδρων



Εικόνα 29: Τουρμπίνα διαιρούμενου παλμού



Εικόνα 30: Κέλυφος διαιρούμενου παλμού και απλό

9.4.3 Γεωμετρία πτερυγίων (TRIM)

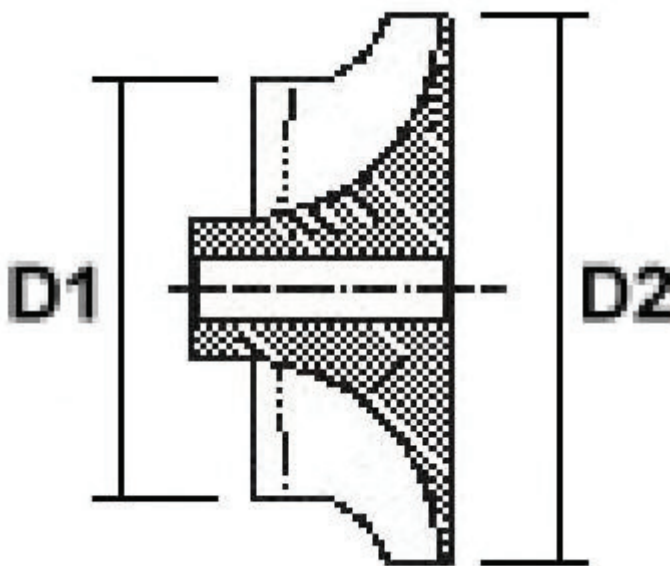
Trim είναι ο λόγος περιοχής που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τον άξονα και τη φτερωτή του υπερσυμπιεστή.

Η διαδικασία υπολογισμού του trim είναι παρόμοια με αυτή του άξονα και της φτερωτής. Στις παρακάτω εικόνες, εικ.27 & εικ.28, D1 είναι η μικρή διάμετρος και D2 η μεγάλη. Ο υπολογισμός του trim γίνεται σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

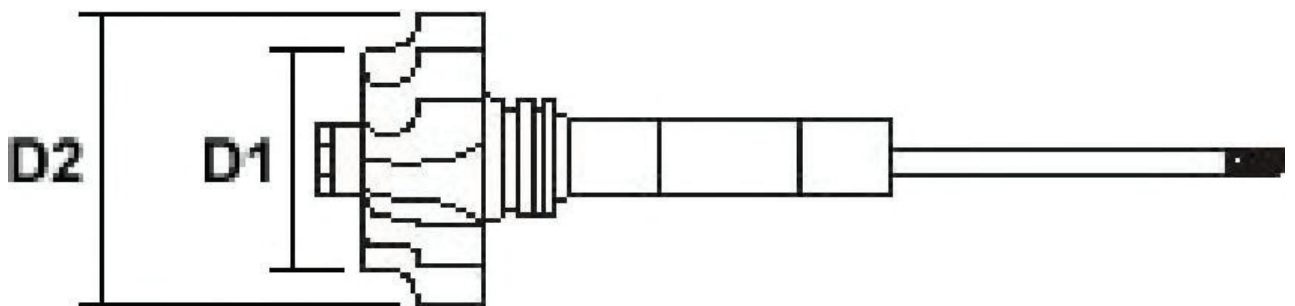
$$\text{trim} = (D1/D2)^2 \times 100^7$$

Παράδειγμα: Μικρή διάμετρος D1=35mm, μεγάλη διάμετρος D2=50mm τότε το trim=49

Σημείωση: Φτερωτή με 55 trim έχει 10% μεγαλύτερη παροχή αέρος από μια φτερωτή με 50 trim.



Εικόνα 31: Φτερωτή εισαγωγής



Εικόνα 32: Άξονας- Φτερωτή εξαγωγής

⁷ http://edume.myds.me/00_0070_e_library/10030/03_Automation_Books/003/09.pdf

Οπότε:

- ✓ Φτερωτή εισαγωγής- συμπιεστή
 - Μεγάλο trim, έχουμε υψηλή παροχή αέρος στον ίδιο λόγο πίεσης.
 - Μικρό trim, έχουμε χαμηλή παροχή αέρος στον ίδιο λόγο πίεσης.
- ✓ Άξονας φτερωτή εξαγωγής- τουρμπίνας
 - Μεγάλο trim, έχουμε φτωχή ανταπόκριση σε χαμηλές στροφές και χαμηλότερες στροφές στον άξονα.
 - Μικρό trim, έχουμε καλή ανταπόκριση σε χαμηλές στροφές και περισσότερες στροφές στον άξονα.

9.5 Συνδεσμολογία εξατμίσεων

9.5.1 Γενικά

Υπάρχουν δυο σοβαρά προβλήματα που αντιμετωπίζουμε κατά την διάρκεια τοποθέτησης ενός Σ/Σ σ' ένα κινητήρα το οποία είναι τα εξής:

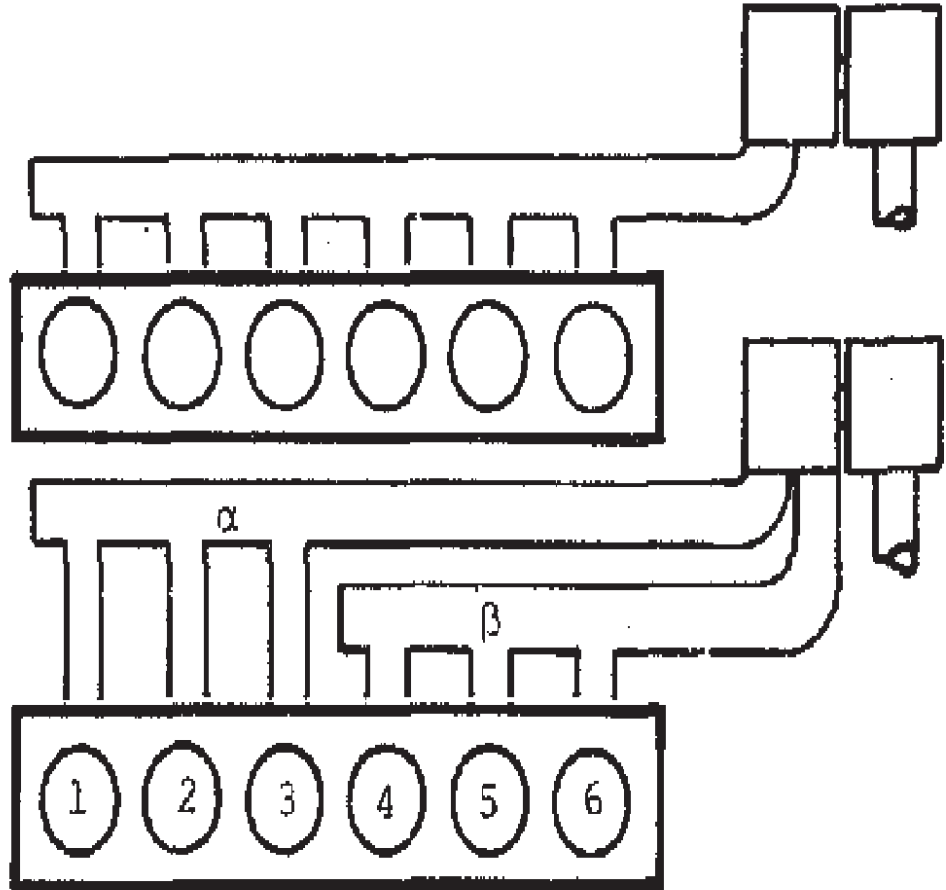
- ✓ Ο τρόπος σύνδεσης των σωλήνων εξαγωγής μεταξύ τους και με την τουρμπίνα. Αυτό το λέμε σύστημα εξαγωγής.
- ✓ Η θέση που θα τοποθετηθεί ο Σ/Σ στην εξάτμιση, ώστε να έχουμε την καλύτερη δυνατή απόδοση του συστήματος κινητήρα- Σ/Σ .

Στην πρώτη περίπτωση δεν πρέπει να επηρεάζει ο ένας κύλινδρος τον άλλον κατά τη φάση της εξαγωγής. Αυτό ονομάζεται φαινόμενο αλληλεπιδράσεως. Για να υπάρξει ευκολότερη εξαγωγή των καυσαερίων από τον κύλινδρο, και κατά συνέπεια και καλύτερος καθαρισμός, πρέπει τη στιγμή που ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής να υπάρχει υποπίεση στον αγωγό της πολλαπλής, ώστε να γίνεται αναρρόφηση των καυσαερίων μέσα από τον κύλινδρο. Αντιθέτως αν επικρατεί πίεση, τότε τα καυσαέρια βγαίνουν δυσκολότερα ενώ κάποια από αυτά μένουν μέσα στον κύλινδρο.

Στον κεντρικό αγωγό της πολλαπλής υπάρχει πίεση όταν μέσα σ' αυτόν ταξιδεύουν καυσαέρια από την εξαγωγή κάποιου κυλίνδρου. Υποπίεση υπάρχει όταν φεύγουν μέσα από την πολλαπλή τα καυσαέρια του προαναφερθέντος κυλίνδρου (Ρακόπουλος, 2011).

9.5.2 Διατάξεις σύνδεσης

Στην παρακάτω εικόνα, εικ.33, φαίνονται δύο διατάξεις σύνδεσης των σωλήνων εξαγωγής για έναν με σειρά ανάφλεξης 1,5,3,4,2,6. Στην πρώτη περίπτωση υπάρχει εξαγωγή από όλους τους κυλίνδρους μέσω ενός κοινού αγωγού από τον οποίο παίρνει καυσαέρια για να περιστραφεί ο στρόβιλος του Σ/Σ . Στη δεύτερη περίπτωση οι κύλινδροι χωρίζονται σε δυο ομάδες, οι κύλινδροι 1,2 και 3 συνδέονται σε ένα κοινό αγωγό (α) και οι 4,5 και 6 σε ένα άλλο κοινό αγωγό (β). Κάθε ένας από αυτούς τους αγωγούς φθάνει μέχρι το Σ/Σ , όπου υπάρχουν δύο είσοδοι στο κέλυφος για να μπαίνουν τα καυσαέρια και να περιστρέφουν τον Σ/Σ .

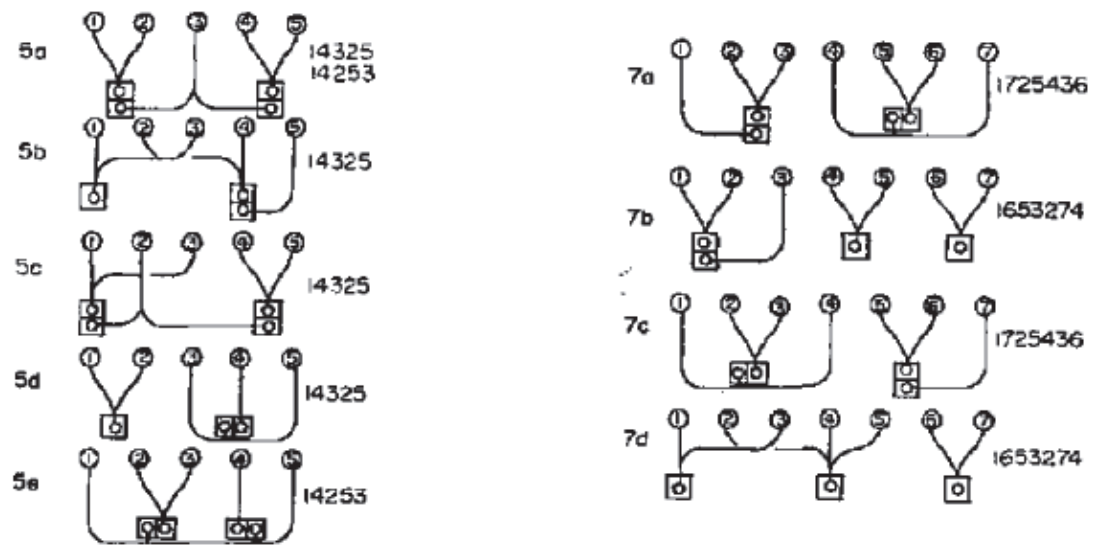


Εικόνα 33: Διατάξεις σύνδεσης ενός εξακύλινδρο κινητήρα

Στην πρώτη συνδεσμολογία όταν ένας κύλινδρος κάνει εξαγωγή, αυξάνεται η πίεση σ' όλο το κεντρικό αγωγό και όταν κάνουν εξαγωγή και οι υπόλοιποι, υπάρχει μία συνεχή αλληλοδιαδοχή πιέσεων και υποπιέσεων, μικρής διάρκειας έτσι ώστε, οι υποπιέσεις που μας ενδιαφέρουν, εξαιτίας την μικρής διάρκειάς τους δε βοηθούν στην σωστή εξαγωγή των καυσαερίων, γιατί τη στιγμή που θα ανοίξει η βαλβίδα εξαγωγής επικρατεί μια διαδοχή πιέσεων και υποπιέσεων και όχι καθαρή υποπίεση. Στη δεύτερη περίπτωση κάνει εξαγωγή ο κύλινδρος 1 στον αγωγό (α), ενώ ο 5 κάνει εξαγωγή στον αγωγό (β).

Στην δεύτερη περίπτωση λοιπόν υπάρχει αρκετός χρόνος για αποχώρηση καυσαερίων από τον (α) και να δημιουργία υποπίεσης, οπότε θα κάνει εξαγωγή ο κύλινδρος Νο 3. Αυτή η συνδεσμολογία ακολουθείται, συνήθως, για εξακύλινδρους κινητήρες.

Άλλες συνδεσμολογίες για πεντακύλινδρους και επτακύλινδρους παριστάνονται στην εικόνα 34.



Εικόνα 34: Συνδεσμολογία αυλών εξαγωγής με Σ/Σ

Η συνδεσμολογία εξαγωγής αυτή ονομάζεται σύστημα παλλόμενης πίεσης και είναι ένα από τα δύο σημαντικότερα.

Πρέπει να τονιστεί πως για τον υπολογισμό στο ποσοστό πτώσης ή/και ανύψωσης, της πίεσης, σημαντικό ρόλο έχει ο λόγος του εμβαδού των προφυσίων προσαγωγής των καυσαερίων στην τουρμπίνα ως προς το εμβαδόν του σωλήνα εξαγωγής, καθώς επίσης ο λόγος των στροφών της μηχανής και το μήκος του αγωγού. Όσο μικρότερο είναι το μήκος και η διάμετρος του αγωγού, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η ταλάντωση της πίεσης.

Υπάρχει βέβαια ένα όριο, που η υπέρβαση του επιφέρει δυσμενείς επιδράσεις στην απόδοση του Σ/Σ .

9.5.3 Σύστημα σταθερής πίεσης

Το άλλο σύστημα ονομάζεται σύστημα σταθερής πίεσης. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει πάντα σταθερή πίεση εξαγωγής, έτσι ώστε η τουρμπίνα να λειτουργεί στη μέγιστη δυνατή απόδοση. Για να επιτευχθεί αυτό χρησιμοποιείται κοινός αυλός εξαγωγής, πολύ μεγάλης διαμέτρου. Έτσι πραγματοποιείται εκτόνωση των καυσαερίων, εξαιτίας του μεγάλου όγκου του αγωγού, και η κινητική ενέργεια διασκορπίζεται φθάνοντας σε ένα σταθερό μέσο όρο την τελική πίεση στην εξαγωγή.

Χρησιμοποιείται κυρίως σε δίχρονους κινητήρες αν και υπάρχει ένα βασικό ελάττωμα που δεν υπάρχει στο σύστημα παλλόμενης πίεσης. Στα χαμηλά φορτία, τα καυσαέρια δεν έχουν δύναμη να περιστρέψουν στην τουρμπίνα, τοποθετείται έξτρα βοηθητικό κύκλωμα για αέρα υπό πίεση. Αυτό επιτυγχάνεται με βοηθητικά κομπρεσέρ(εγκαταστάσεις σε πλοία), συνδεδεμένα στη σειρά ή παράλληλα με το Σ/Σ . Στο σύστημα αυτό η σωλήνωση της εξαγωγής είναι απλή.

Η διάμετρος του σωλήνα είναι περίπου 1,4 φορές της διαμέτρου του εμβόλου, ώστε να μπορεί να κάνει απόσβεση της διακύμανσης της πίεσης + 5% περίπου της

μέσης πίεσης. Το μήκος του αγωγού δεν είναι μεγάλο, έτσι ώστε ο Σ/Σ να μπορεί να τοποθετηθεί ή στη μια άκρη του αγωγού ή στην άλλη.

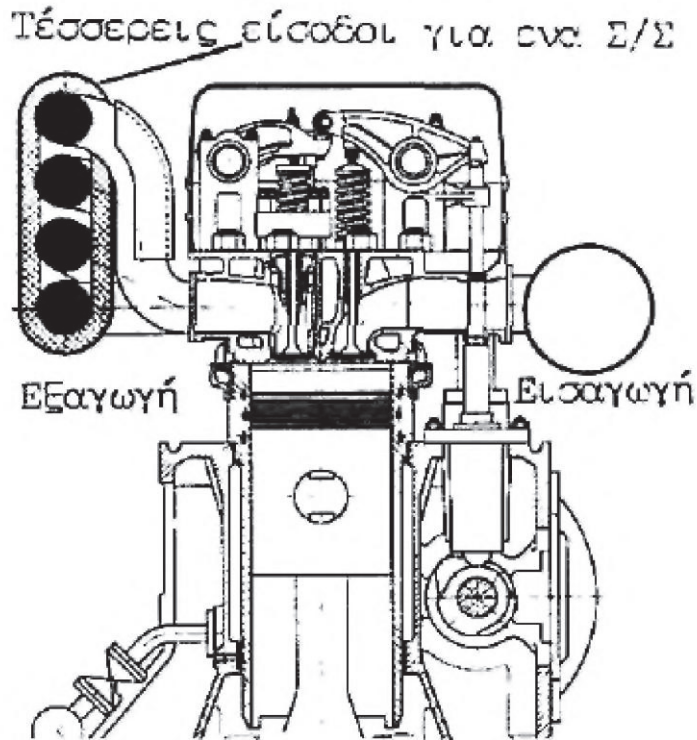
9.5.4 Σύγκριση των δύο συστημάτων

Συγκρίνοντας τα δύο συστήματα καταλήγουμε στις εξής διαπιστώσεις:

- ✓ Για λόγους πίεσης στο κομπρεσέρ από 2,0 και κάτω και για τετράχρονες μηχανές εφαρμόζεται περισσότερο το σύστημα παλλόμενης πίεσης, γιατί ελαττώνεται το έργο στη φάση της εξαγωγής.
- ✓ Στις δίχρονες προτιμάμε το σύστημα σταθερής πίεσης αν και σχεδόν πάντα απαιτείται μια βοηθητική διάταξη παροχής αέρα στις χαμηλές στροφές και φορτία.
- ✓ Στα αυτοκίνητα προτιμάται το σύστημα παλλόμενης πίεσης, γιατί χαρίζει καλύτερη απόκριση στο γκάζι, αφού για να ανυψωθεί η πίεση στον αυλό εξαγωγής, χρειάζεται κάποιος χρόνος στο σύστημα σταθερής πίεσης.
- ✓ Στο σύστημα σταθερής πίεσης δεν έχουμε ιδιομορφίες, όσον αφορά το σχήμα του κελύφους στην τουρμπίνα.
- ✓ Στο σύστημα όμως παλλόμενης πίεσης έχουμε κελύφη στροβίλων των Σ/Σ με μια, δύο, τρεις, τέσσερις και πέντε εισόδους καυσαερίων που καταλήγουν σε προφύσια.

9.5.5 Επιφάνεια προφυσίων

Η επιφάνεια των προφυσίων προσάγει τα καυσαέρια από κάθε κλάδο εξαγωγών στην τουρμπίνα του στροβιλοσυμπιεστή. Αυτά, όπως είπαμε, μπορεί να είναι ένα, δύο, τρία ή και τέσσερα σε ένα στρόβιλο (Εικ.35), ωστόσο το σημαντικότερο για την απόδοση του όλου συστήματος, είναι η χωρητικότητα ροής που έχει το προφύσιο. Η ποσότητα δηλαδή των καυσαερίων μπορούν να περάσουν το δευτερόλεπτο.



Εικόνα 35: Τέσσερις εισοδοί στο Σ/Σ

Επίσης ο σχεδιασμός του προφύσιου πρέπει να είναι τέτοιος ώστε η ισχύς του κομπρεσέρ και τουρμπίνας να είναι ίση για να μην έχουμε σπατάλη ενέργειας. Σε περίπτωση μεγάλης επιφάνειας του προφύσιου η αξιοποίηση της ενέργειας θα ναι μικρή, ενώ στην αντίθετη περίπτωση η ροή μέσω του συστήματος κομπρεσέρ - μηχανή - τουρμπίνα θα είναι πολύ περιορισμένη.

Η ισχύς της τουρμπίνας είναι αντιστρόφως ανάλογη της επιφάνειας των προφυσίων για σταθερή ροή καυσαερίων, το οποίο όμως θα επιφέρει αύξηση της πίεσης εξόδου, άρα και της πίεσης στους κυλίνδρους της μηχανής. Έτσι η καλύτερη επιφάνεια προφυσίων (που εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας και τον τύπο της μηχανής) σε σχέση με την επιφάνεια των εμβόλων είναι συνήθως μεταξύ των τιμών 0,05 και 0,1. Διαφορετικές τιμές από αυτήν επηρεάζουν τη λειτουργία της τουρμπίνας.

9.5.6 Τοποθέτηση του Σ/Σ

Το δεύτερο θέμα αφορά την τοποθέτηση του Σ/Σ στην εξάτμιση με πρωτοπόρους ερευνητές στον τομέα αυτό τους Benson και Wild, ενώ η καθημερινή εμπειρία των ειδικών προσθέτει γνώση, αν και ο συνηθέστερος τρόπος τοποθέτησης ενός Σ/Σ είναι στο ένα από τα δύο άκρα του αυλού εξαγωγής όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Εικ.36)



Εικόνα 36: Καμπύλες στροφών πίεσης

Η παραπάνω καμπύλη αφορά μια τετρακύλινδρη τετράχρονη κυβισμού 7 λίτρων.

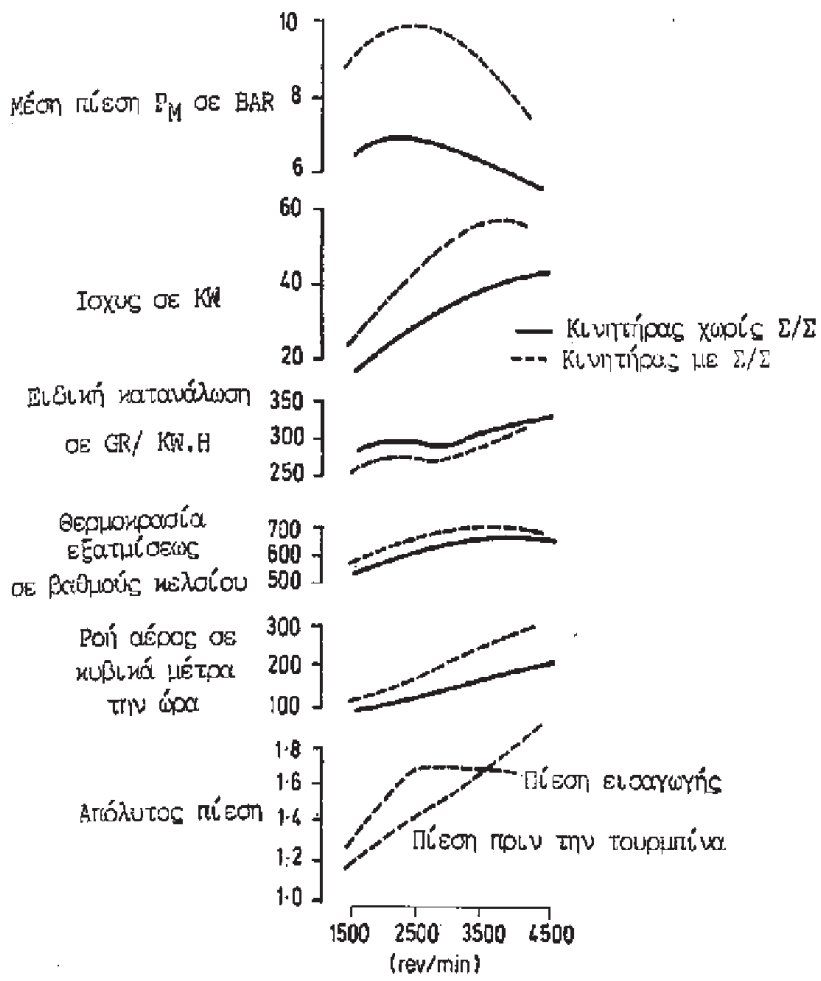
Η τουρμπίνα είναι ακτινικής ροής. Στο σύστημα εξαγωγής A η τουρμπίνα είναι στο μέσο των αυλών εξαγωγής, ενώ στο B, στο τέλος των αυλών εξαγωγής (διάταξη που τη συναντάμε πολύ συχνά στην πράξη). Τα συστήματα Γ και Δ ήταν ειδικά συστήματα, με μία είσοδο στο κέλυφος της τουρμπίνας, όπου υπήρχε μία γεωμετρική διαφορά όσον αφορά το μήκος του κοινού αγωγού, πριν από την είσοδο στο τούρμπο. Δηλαδή, οι αυλοί εξαγωγής ενώνονται πριν το στροβιλοσυμπιεστή. Το κομπρεσέρ που ήταν το ίδιο σε όλες τις δοκιμές. Οι σημαντικές διαφορές που προέκυψαν επιβεβαιώνουν τον σημαντικό ρόλο που παίζει η σχεδίαση του συστήματος εξαγωγής στην απόδοση του τούρμπο και φυσικά της μηχανής.

Χαρακτηριστικό είναι ότι σε μία είσοδο στο κέλυφος του στροβίλου στο σύστημα παλλόμενης πίεσεως, η απόδοση είναι καλύτερη παρά σε δύο. Διότι όταν έχουμε πολλαπλή είσοδο, ένα ποσοστό μόνο των πτερυγίων του στροφείου γεμίζει με καυσαέρια. Τα υπόλοιπα δρουν σαν πτερύγια ανεμιστήρα δημιουργώντας τις απώλειες ανεμισμών.

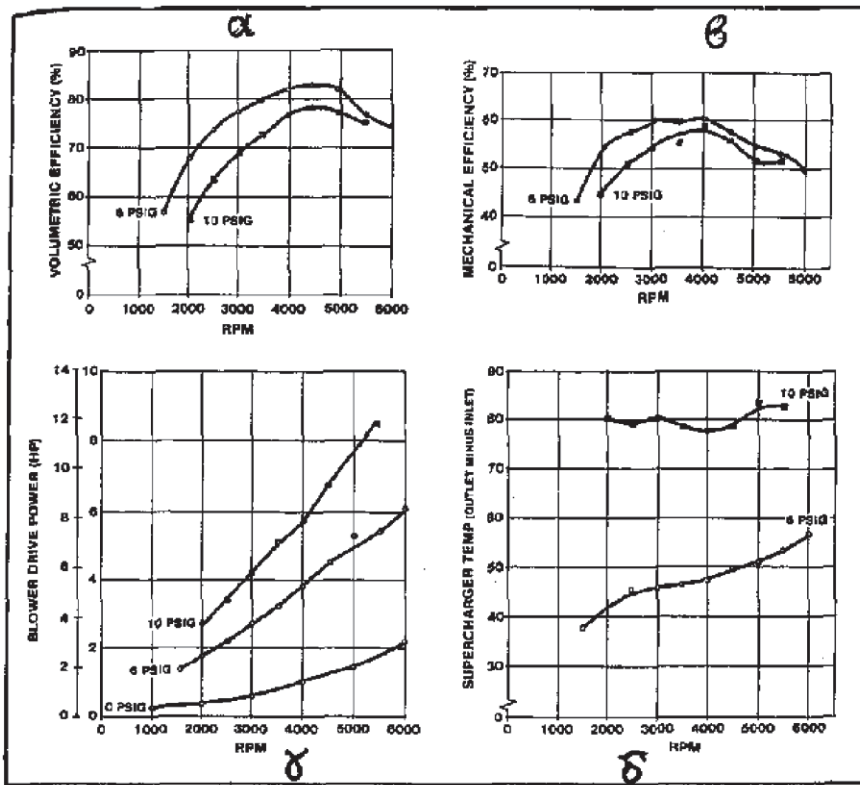
9.5.7 Συγκριτικές καμπύλες

Στην παρακάτω εικόνα (Εικ.37) υπάρχει σύγκριση απόδοσης ενός κινητήρα, 2,1 λίτρων Diesel. Οι μεν διακεκομμένες καμπύλες είναι για κινητήρα με Σ/Σ και οι ολόκληρες για κινητήρα χωρίς Σ/Σ.

Παρατηρούμε λοιπόν ότι η πίεση εισαγωγής μετά τις 2.500 στροφές, είναι κάπως επίπεδη. Αυτό οφείλεται στη βαλβίδα ανακούφισης(εκφόρτισης). Βλέπουμε ακόμη μια μείωση της ειδικής κατανάλωσης και αύξηση της ισχύος. Όλες οι διαφορές είναι πολύ έντονες και πάντα φανερώνουν την υπεροχή του κινητήρα με Σ/Σ ειδικά στο θέμα της ιπποδύναμης (Rakopoulos, 2009).

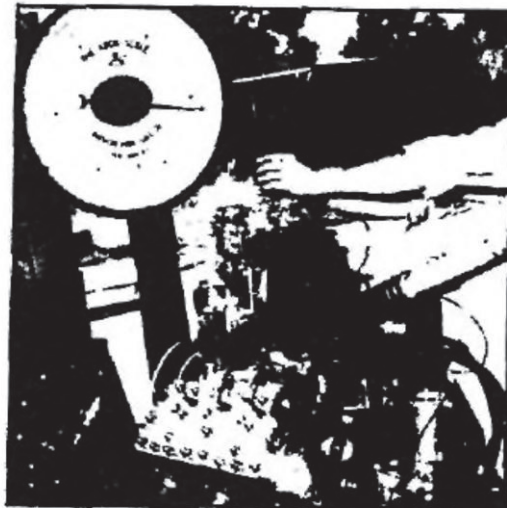


Εικόνα 37: Συγκριτικές επιδόσεις



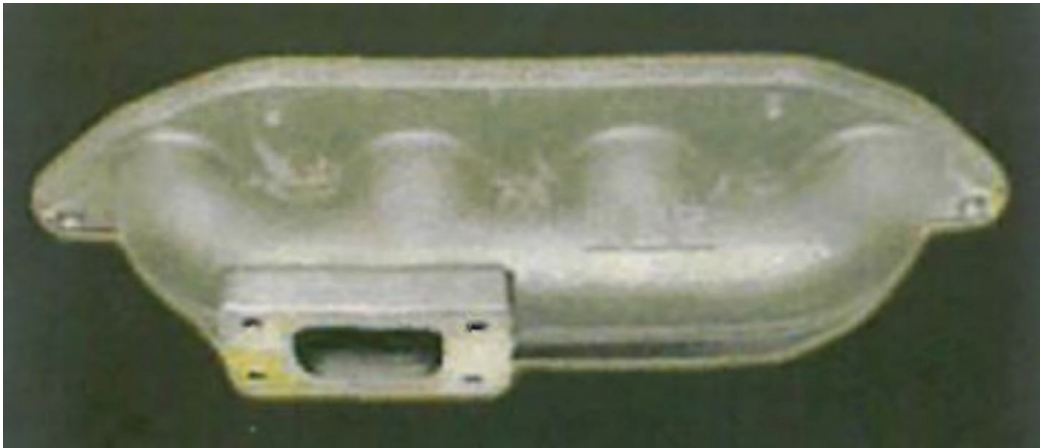
Εικόνα 38: Διαγράμματα Στροφών-ισχύος και απόδοσης

Η μέτρηση της ισχύος ενός κινητήρα και των άλλων χαρακτηριστικών των Turbo-κινητήρων γίνεται σε δυναμόμετρα όπως αυτό στην εικόνα 39.



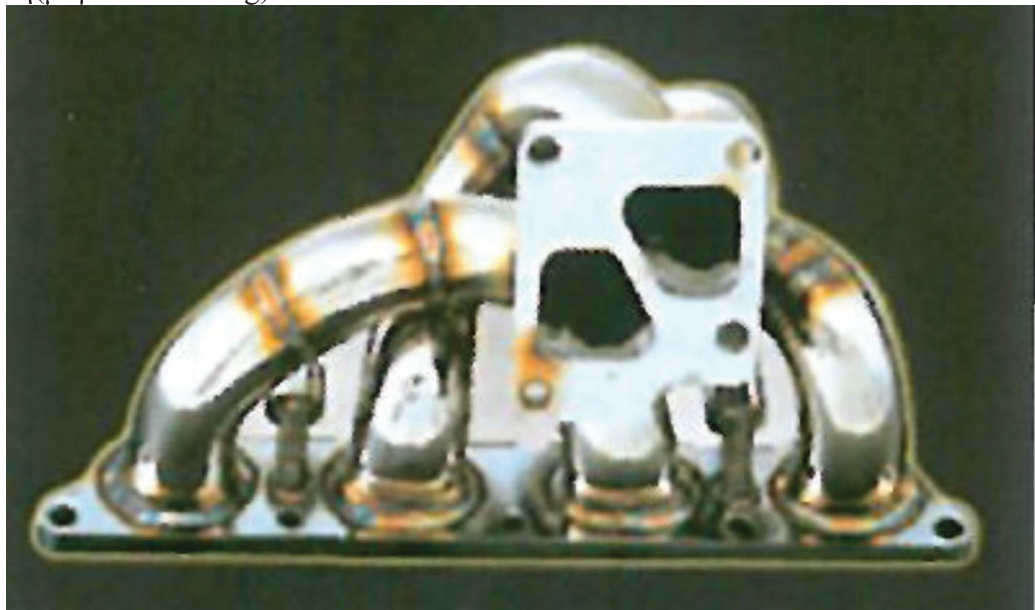
Εικόνα 39: Μέτρηση ισχύος σε δυναμόμετρο

9.6 Πολλαπλές Εξαγωγής



Εικόνα 40: Μαντεμένια πολλαπλή

Απλή μαντεμένια πολλαπλή. Αντέχει στις υψηλές θερμοκρασίες και στη διάβρωση, αλλά οι παλμικές κινήσεις των καυσαερίων δεν «αλληλοβοηθούνται» με αποτέλεσμα να μειώνεται τόσο ο βαθμός απόδοσης του τούρμπο όσο και η απόκριση(μεγάλο turbo lag).



Εικόνα 41: Χαλύβδινη πολλαπλή

Χαλύβδινη πολλαπλή, με ομαδοποίηση των αυλών ανά δύο για καλύτερη αξιοποίηση της παλμικής ενέργειας των καυσαερίων. Στην παραπάνω συνδεσμολογία το αποτέλεσμα θα ήταν καλύτερο αν μπορούσαν να ενωθούν οι δυο ομάδες σε μια πριν την είσοδο στο στροβιλοσυμπιεστή, κάτι που δεν είναι εύκολο εξαιτίας της προσπαθειας εξοικονόμησης χώρου.

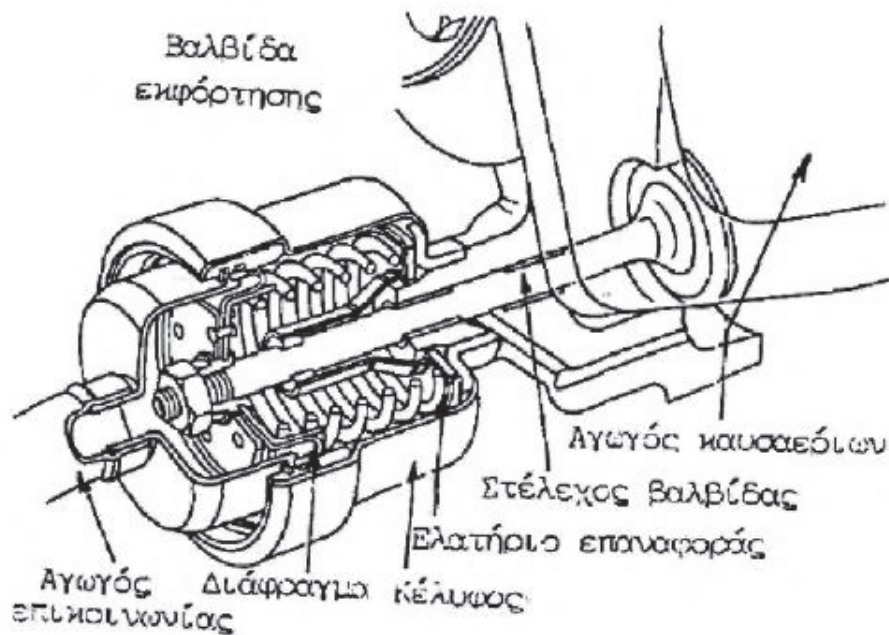


Εικόνα 42: «Τουρμπίσια» πολλαπλή

«Τουρμπίσια» πολλαπλή. Τα μήκη των αυλών του προσαρμόζονται στον εκάστοτε κινητήρα ώστε να εκμεταλλεύεται την παλμική κίνηση των καυσαερίων. Σε περίπτωση που η απόσταση(σε μοίρες) ανάμεσα στις αναφλέξεις δεν είναι σταθερή (π.χ. σε V8 με γωνία ανάμεσα στους κυλίνδρους 950) το μήκος των σωλήνων θα είναι διαφορετικό για κάθε κύλινδρο!

9.7 Ασφαλιστική βαλβίδα εκφόρτισης

Συχνά παρουσιάζεται το φαινόμενο, στις ψηλές στροφές του κινητήρα, ο παραγόμενος αέρας που στέλνει το κομπρεσέρ του Σ/Σ στον κινητήρα να είναι πολύ περισσότερος απ' αυτόν που χρειάζεται, με αποτέλεσμα την αύξηση της πίεσης (Ρμ) μέσα στους κυλίνδρους με κίνδυνο την καταστροφή του κινητήρα από υπερθέρμανση και υπερπίεση ή θα πρέπει να δουλεύει μόνιμα σε ένα ορισμένο ή μικρό εύρος στροφών, που βέβαια είναι αδύνατο.



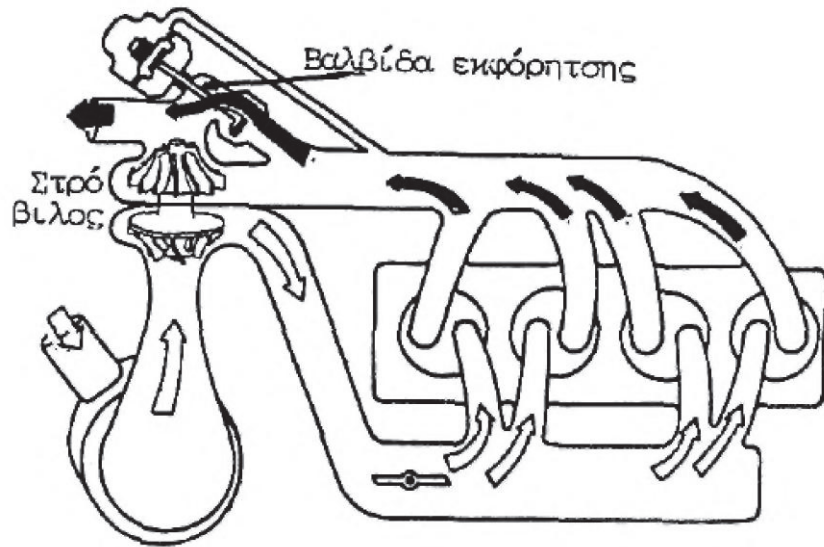
Εικόνα 43: Βαλβίδα εκφόρτισης

Για να αποφευχθεί ένα τόσο δυσάρεστο αποτέλεσμα τοποθετείται η ασφαλιστική βαλβίδα εκφόρτισης, (Εικ.43 & 44) που ελέγχει πλήρως τη σωστή λειτουργία του Σ/Σ κατά τον παρακάτω τρόπο.

Όσο αυξάνεται η πίεση, φτάνοντας στα όρια λειτουργίας του κινητήρα, ο σωλήνας που συνδέει την εισαγωγή με την ασφαλιστική βαλβίδα μεταφέρει την επικίνδυνα υψηλή πίεση στο χώρο, όπου υπάρχει το διάφραγμα πάνω στο οποίο προσαρμόζεται το στέλεχος της ασφαλιστικής βαλβίδας. Η πίεση αυτή υπερνικά την αντίσταση του επανατατικού ελατηρίου, που βρίσκεται κάτω από το διάφραγμα. Το διάφραγμα υποχωρεί κι έτσι ανοίγει η διάδοδος μέσα από την οποία, όπως φαίνεται και στα σχήματα, το περίσσειμα των καυσαερίων πηγαίνει κατευθείαν στην εξαγωγή χωρίς να περάσει από την τουρμπίνα του στροβιλοσυμπιεστή.

Έτσι, οι στροφές της τουρμπίνας επανέρχονται σε λογικά επίπεδα με άμεση συνέπεια την πτώση και των στροφών του συμπιεστή, οπότε και η πίεση στην εισαγωγή φθάνει σε λογικά επίπεδα λειτουργίας αποφεύγοντας την καταστροφή.

Σε περίπτωση τώρα που η βαλβίδα αυτή πάθει κάποια βλάβη και δε λειτουργήσει, υπάρχει αυτόματη διάταξη που διακόπτει τη λειτουργία του κινητήρα και έτσι αποφεύγεται η καταστροφή του.



Εικόνα 44: Σύστημα παγίδευσης της βαλβίδας ανακούφισης

9.7.1 Σύστημα παγίδευσης της βαλβίδας ασφαλείας

Επίσης, υπάρχει και σύστημα παγίδευσης της βαλβίδας ανακούφισης για πολύ λίγο χρονικό διάστημα σε ορισμένους κινητήρες, ώστε η υποδύναμη για μόνο λίγα δευτερόλεπτα να μπορεί να ανέβει σε πολύ υψηλά επίπεδα για τη συγκεκριμένη εφαρμογή κι έτσι να επιτύχουμε την ικανοποίηση κάποιας στιγμιαίας ανάγκης (προσπέρασμα κλπ), χωρίς φυσικά να καταστραφεί ο κινητήρας.

9.8 Καθυστέρηση απόκρισης

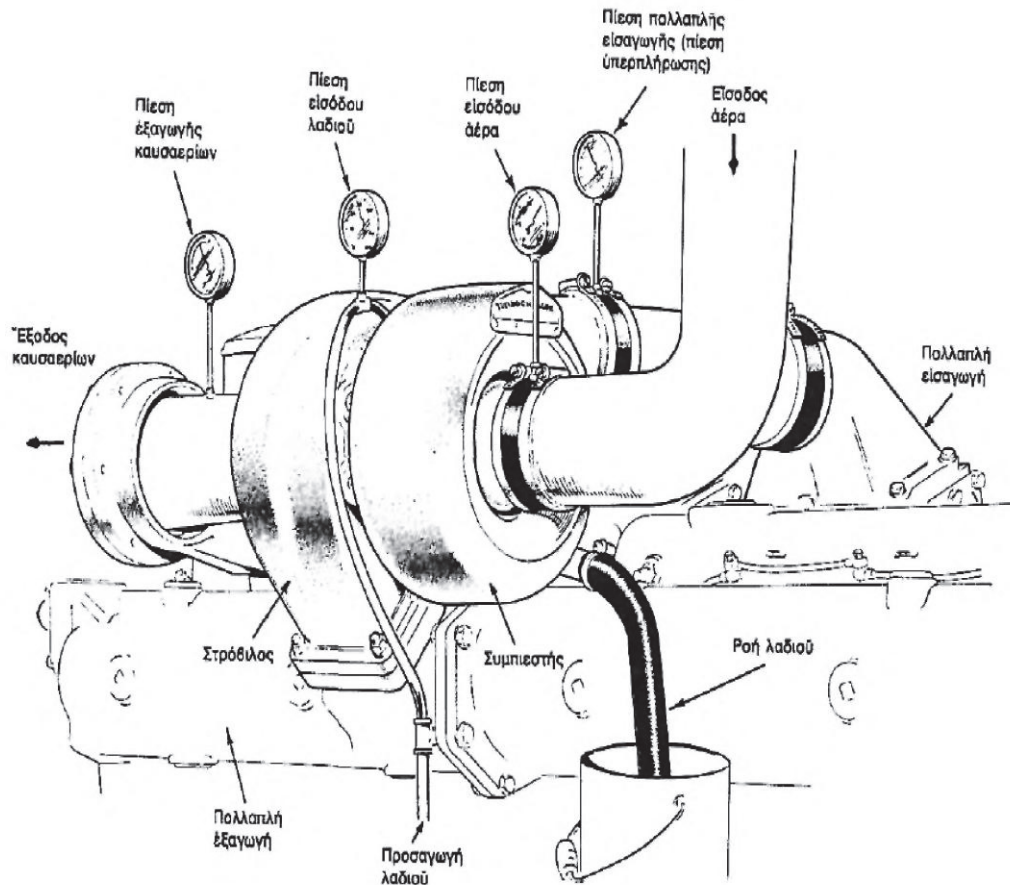
9.8.1 Λύσεις για την καθυστέρηση απόκρισης

Το μεγαλύτερο, ίσως, πρόβλημα που παρουσιάζεται στους Σ/Σ είναι η καθυστέρηση στο ανέβασμα των στροφών του ώστε να γίνει αυτόματα το ταίριασμα χαρακτηριστικών τουρμπίνας- μηχανής. Αυτό οφείλεται στην αδράνεια κάποιων μερών του Σ/Σ όταν απαιτηθεί απότομη αλλαγή της κινητικής τους κατάστασης. Αυτό γίνεται δημιουργεί σημαντικό πρόβλημα ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου απαιτείται γρήγορη εναλλαγή κατάστασης όπως π.χ. στους γρήγορους αγωνιστικούς κινητήρες.

Μια, εύκολη, λύση σ' αυτό είναι η διατήρηση υψηλών στροφών του στροβίλου στις χαμηλές στροφές του κινητήρα ώστε όταν ο Σ/Σ θα τείνει να περιστραφεί με υπερβολικές γωνιακές ταχύτητες, να ανοίγει η βαλβίδα ανακούφισης με τις γνωστές συνέπειες.

Μια άλλη, πολυπλοκότερη, λύση είναι η μεταβαλλόμενη διατομή του κελύφους της τουρμπίνας, ώστε στις χαμηλές στροφές του κινητήρα να ελαττώνουμε τη διατομή του κελύφους και το αντίθετο γίνεται, όταν αυξάνουν οι στροφές του κινητήρα, με αποτέλεσμα την διατήρηση σταθερής πίεσης εισαγωγής χωρίς καθυστέρηση απόκρισης.

Βασικά σημεία αναφοράς στη λειτουργία του Σ/Σ είναι η πίεση αέρα, καυσαερίων και λαδιού. Η πτώση πίεσης στην είσοδο αέρα του συμπιεστή πρέπει να κυμαίνεται στα 0.3 bar. Η πίεση των καυσαερίων στην έξοδο του Σ/Σ πρέπει να κυμαίνεται γύρω στα 0.5 bar. Η πίεση του λαδιού του Σ/Σ δεν πρέπει να είναι λιγότερη από 2 bar (Εικ.45).



Εικόνα 45: Πιέσεις αέρα, καυσαερίων και λαδιού

9.8.2 Καυστήρας

Βεβαίως έχουν προταθεί και άλλες λύσεις για την αντιμετώπιση του φαινομένου αυτού. Μια από αυτές ονομάζεται υπερμπάρ. Στην λύση αυτή υπάρχει ένας μικρός καυστήρας που τίθεται σε λειτουργία στις χαμηλές στροφές του κινητήρα.

Ο καυστήρας αυτός, εξαιτίας της μετάκαυσης, προσθέτει ενέργεια στα καυσαέρια, τα οποία είναι αδύναμα να περιστρέψουν σωστά το συμπιεστή, οπότε η τουρμπίνα αυξάνει τις στροφές της με αποτέλεσμα να δημιουργούνται σωστές ατμόσφαιρες πίεσης στην εισαγωγή.

Όταν ανέβουν οι στροφές του κινητήρα, οπότε η δύναμη των καυσαερίων είναι μεγάλη, ο μετακαυστήρας παύει να λειτουργεί. Επίσης όταν ο κινητήρας είναι κρύος συνήθως ο καυστήρας αναλαμβάνει να λειτουργήσει τον Σ/Σ.

9.9 Ροή αέρα

9.9.1 Εισαγωγή

Σάρωση καλείται η βίαιη εισαγωγή του αέρα στον κύλινδρο για καθαρισμό των καυσαερίων του προηγούμενου κύκλου ,για πλήρωση με καθαρό αέρα του κυλίνδρου για την καύση του επόμενου κύκλου.

9.9.2 Γενικά

Στις τετράχρονες μηχανές πραγματοποιείται η είσοδος του αέρα, στον κύλινδρο, μέσω της βαλβίδα ή από τις βαλβίδες. Οι βαλβίδες εισαγωγής είναι τοποθετημένες στο επάνω μέρος του κυλίνδρου, στο πώμα, και ανάλογα με τον σχεδιασμό τοποθετούνται υπό γωνία ή κάθετα.

Αντίθετα στις δίχρονες μηχανές ο αέρας εισέρχεται απευθείας στον κύλινδρο μέσω θυρίδων εισαγωγής που βρίσκονται στο κάτω μέρος του χιτωνίου. Επίσης λόγω έλλειψης χρόνου η είσοδος του αέρα γίνεται βεβιασμένα. Η βεβιασμένη αυτή εισαγωγή του αέρα στον κύλινδρο λέγεται ΣΑΡΩΣΗ.

Με την σάρωση επιτυγχάνεται καθαρισμός του κυλίνδρου από τα καυσαέρια, πλήρωση του κυλίνδρου με καθαρό αέρα και η ψύξη του κυλίνδρου λόγω διαφοράς θερμοκρασίας κυλίνδρου- αέρα.

9.9.3 Σκοπός και χρησιμότητα

Η δημιουργία των συσκευών αυτών είναι αποτέλεσμα της ζήτησης παροχής κατάλληλης ποσότητας αέρα στους κυλίνδρους ώστε να υπάρξει καθαρισμός κυλίνδρου από τα καυσαέρια, καθώς και να πληρώσει τον κύλινδρο ώστε να πραγματοποιηθεί σωστή καύση του καυσίμου και να αυξηθεί η απόδοση της μηχανής. Τα συστήματα αυτά υποβοηθούν τους στροβιλοϋπερπληρωτές, κυρίως στις χαμηλές στροφές της μηχανής και ειδικά στα πρώτα χρόνια της εφαρμογής τους σε μεγάλες δίχρονες μηχανές (συνήθως με σάρωση βρόγχου), όταν οι βαθμοί αποδόσεως των στροβιλοϋπερπληρωτών δεν ήταν ακόμη ικανοποιητικοί.

Σε αντίθεση με τα πρώτα συστήματα του είδους που αναπτύχθηκαν και ήταν ιδιαίτερα πολύπλοκα, και σήμερα αρκετά από αυτά δεν βρίσκονται σε χρήση, οι βαθμοί αποδόσεως των σύγχρονων στροβιλοϋπερπληρωτών είναι αρκετά υψηλοί και εξαλείφεται η ανάγκη συμπληρωματικών συστημάτων παροχής αέρα, με εξαίρεση αυτά των αυτομάτων ηλεκτροκίνητων φυσητήρων για τα χαμηλά φόρτια των μεγάλων δίχρονων πετρελαιομηχανών.

9.9.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΑΡΩΣΗΣ

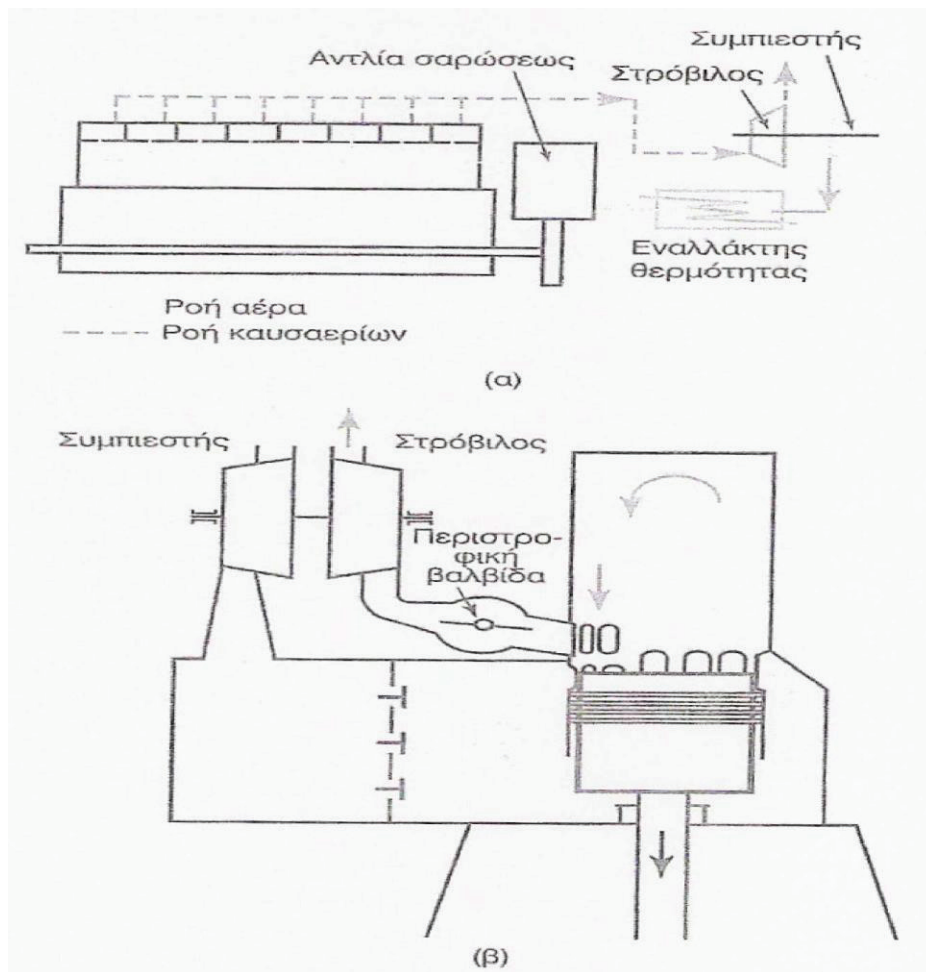
Τα βασικά συστήματα σάρωσης είναι δυο:

- ✓ Σ
ύστημα ευθύγραμμης σάρωσης ή σάρωση κατά μια διεύθυνση (UNIFLOW SCAVENGING)
- ✓ Σ
ύστημα σάρωσης επιστρεφόμενης ροής. Το σύστημα σάρωσης επιστρεφόμενης ροής χωρίζεται σε δυο μεθόδους:
- ✓ Μ
έθοδος σάρωσης αναστροφής βρόγχου (LOOP SCAVENGING)



9.9.5 Διάταξη σειράς

Η διάταξη σειράς, ή αλλιώς διάταξη Curtis, και προϋποθέτει την ύπαρξη στροβιλοϋπερπληρωτή και αντλίας σαρώσεως. Ο στρόβιλος περιστρέφεται από τα καυσαέρια της μηχανής και αυτός με την σειρά του το συμπιεστή. Ο συμπιεστής εισάγει αέρα από το περιβάλλον, τον συμπιέζει και αφού περάσει από τον εναλλάκτη θερμότητας τον καταθλίβει στην αντλία σαρώσεως. Η αντλία σαρώσεως συμπιέζει τον αέρα στον κύλινδρο, για την πραγματοποίηση της σάρωσης και της πλήρωσης. Για την μέγιστη απόδοση της παραπάνω διάταξης, πρέπει ο όγκος της αντλίας ή των αντλιών να είναι 1 με 2 φορές μεγαλύτερος του όγκου του κυλίνδρου. Το σύστημα σειράς με ανεξάρτητη αντλία σαρώσεως θεωρείται ξεπερασμένο εξαιτίας του μεγάλου απαιτούμενου όγκου και βάρους της ανεξάρτητης αντλίας σαρώσεως, ενώ σήμερα επικρατεί η διάταξη σειράς με χρήση του κάτω μέρους των εμβολών ως αντλία σαρώσεως(σχ. 46α(β)). Το σύστημα αυτό μπορεί να εφαρμοστεί στις δίχρονες μηχανές με βάκτρο, αφού σε αυτές υπάρχει απομόνωση της βάσης του κυλίνδρου με διάφραγμα και δεν υπάρχει επικοινωνία με τον στροφαλοθάλαμο. Έτσι υπάρχει στεγανός χώρος, μεγάλων διαστάσεων κάτω από το έμβολο στον συμπιέζεται επιπλέον ο αέρας και στη συνέχεια οδηγείται στον κύλινδρο. Στο σχήμα 46α(β) ο συμπιεστής συμπιέζει τον αέρα μέσω των ανεπίστροφων βαλβίδων κάτω από το έμβολο, όταν το έμβολο ανέρχεται από το ΚΝΣ στο ΑΝΣ. Όταν το έμβολο κατέρχεται, οι ανεπίστροφες βαλβίδες κλείνουν, ο αέρας συμπιέζεται και με το άνοιγμα των θυρίδων εισαγωγής πραγματοποιείται η σάρωση και η υπερπλήρωση. Η περιστροφική βαλβίδα χρειάζεται για να εμποδίζει τη διαφυγή του αέρα σαρώσεως ή την επιστροφή των καυσαερίων στον κύλινδρο, όταν το έμβολο βρίσκεται στο ΚΝΣ. Η συγκεκριμένη βαλβίδα δεν χρησιμοποιείται πλέον, λόγω των προβλημάτων αντοχής της από την επίδραση της υψηλής θερμοκρασίας των καυσαερίων.

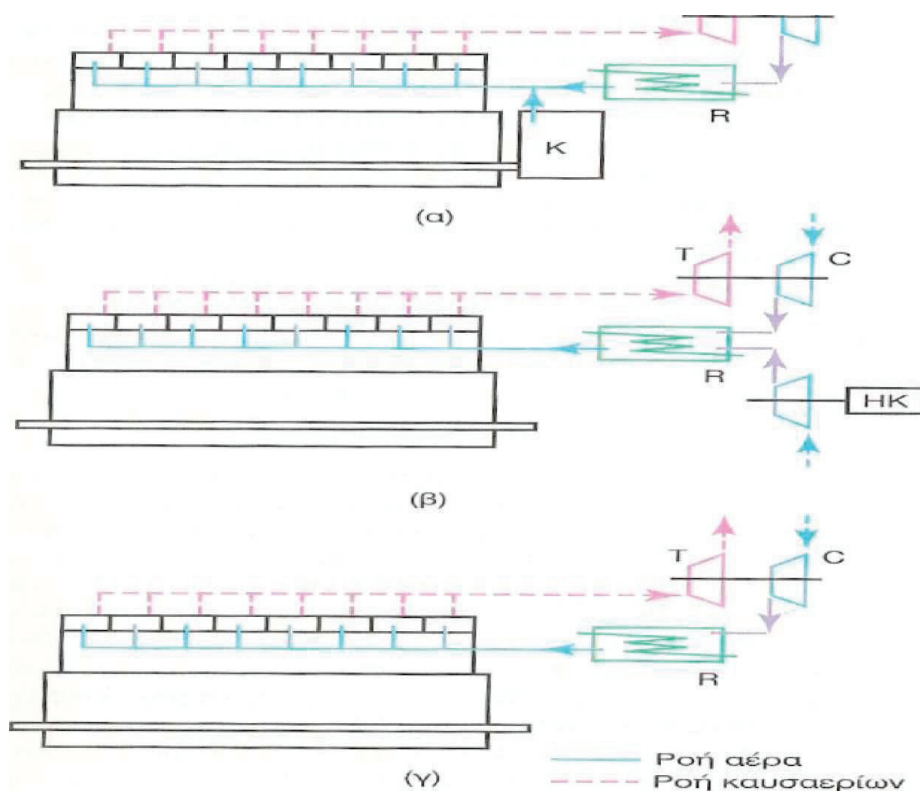


Εικόνα 46: (α) Γενική διάταξη (β) Εφαρμογή του κάτω μέρους του Έμβολου ως αντλία σαρώσεως

9.9.6 ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΔΙΑΤΑΞΗ

Σε αυτή τη διάταξη (σχ. 47β(α)) παράλληλα προς το στροβιλοϋπερπληρωτή τοποθετείται και μια μακράς εμβολοφόρος αντλία σαρώσεως (Κ), που λαμβάνει κίνηση από την μηχανή. Σε άλλη περίπτωση υπάρχει ηλεκτροκίνητος (ΗΚ) συμπιεστής, όπου συμπιέζεται ο αέρας στον κύλινδρο όπως φαίνεται στο σχήμα 47β(β). Η λειτουργία της διατάξεως αυτής είναι η εξής:

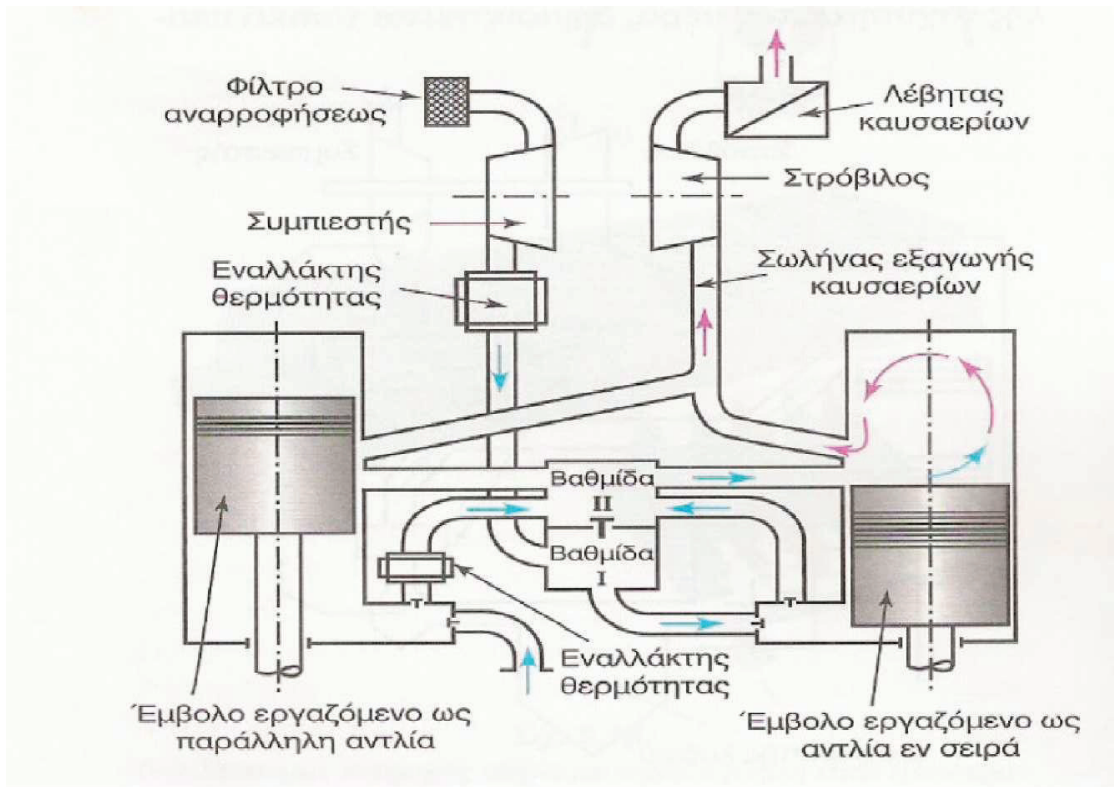
Τα θερμά καυσαέρια από την μηχανή οδεύουν προς τον στρόβιλο (Τ) και τον αναγκάζουν σε περιστροφή. Αφού περιστρέφεται ο στρόβιλος περιστρέφει με την σειρά του, τον συμπιεστή των στροβιλοϋπερπληρωτών. Ο συμπιεστής συμπιέζει τον αέρα στον εναλλάκτη θερμότητας (Ε) και από εκεί στη μηχανή για σαρώσει και πλήρωση. Παράλληλα όμως, υπάρχει ένας ηλεκτροκίνητος (αυτόματης λειτουργίας) ο οποίος περιστρέφει ένα δεύτερο συμπιεστή, ο οποίος παίρνει ατμοσφαιρικό αέρα, τον συμπιέζει στον εναλλάκτη θερμότητας (Κ) και στη συνέχεια τον οδηγεί στους κυλίνδρους. Μια απλοποιημένη και αποδοτικότερη διάταξη θα είχαμε, αν ο στροβιλοϋπερπληρωτής λειτουργούσε μόνον αυτός, όπως φαίνεται στο σχήμα 47β(γ), κάτι που δεν μπορεί να γίνει, λόγω της μικρής θερμοκρασίας και πίεσεως των καυσαερίων κατά την εκκίνηση και επιτάχυνση της μηχανής, καθώς και της υπό χαμηλό φορτίο λειτουργίας (30%-50%).



Εικόνα 47: Με χρήση μηχανικής αντλίας σαρώσεως (β) Με χρήση ηλεκτροκίνητου ανεξάρτητου υπερπλήρωσης (γ) Απλή διάταξη υπερπληρώσεως με χρήση στροβιλοϋπερπληρωτή

9.9.7 ΜΕΙΚΤΗ ΔΙΑΤΑΞΗ

Η μεικτή διάταξη παρουσιάζεται στο σχήμα 48γ. Και αυτό σύστημα θεωρείται ξεπερασμένο. Τα έμβολα με τις κάτω όψεις στις μηχανές αυτές λειτουργούσαν ως αντλίες σαρώσεως. Κάποια έμβολα, το 1/3, λειτουργούσαν με παράλληλη διάταξη παροχής αέρα, ως προς τους στροβιλοϋπερπληρωτές και τα υπόλοιπα σε σειρά. Οπότε σε μικρές ταχύτητες, με μικρή συμμετοχή του στροβιλοϋπερπληρωτή, όλα τα έμβολα εργάζονταν ως αντλίες σαρώσεως, παρέχοντας αέρα στο χώρο της βαθμίδας (II). Καθώς αυξάνονται οι στροφές της μηχανής, οι συμπιεστές συμπιέζουν αρκετά περισσότερο αέρα απ' ότι μπορούν να παρέχουν οι κάτω όψεις σε σειρά. Έτσι αυξάνεται η πίεση της βαθμίδας (I) και όταν επιτευχθεί εξισωθεί με την πίεση της βαθμίδας (II), ανοίγει αυτόματα μια βαλβίδα όπου υπάρχει ανάμεσα στις βαθμίδες (I) κ (II). Τότε ο πλεονάζων αέρας συμπιέζεται στη βαθμίδα (II), παρακάμπτοντας την κάτω πλευρά των εμβολών. Τα έμβολα που λειτουργούν σε σειρά συνεχίζουν να παρέχουν αέρα, χωρίς όμως να παράγεται κανένα έργο συμπίεσεως. Αυτό συμβαίνει όταν η μηχανή εργάζεται με φορτίο μικρότερο του 50%. Για μεγαλύτερα φόρτια η μηχανή εργάζεται με την παράλληλη διάταξη παροχής αέρα. Το σύστημα αυτό δεν βρίσκεται πλέον σε εφαρμογή.



Εικόνα 48: Μεικτή διάταξη παροχής αέρα

9.10 Ψύξη αέρα υπερπλήρωσης

- ✓ Σύστημα στρόβιλοσυμπιεστή
- ✓ Σύστημα ευθύγραμμης σάρωσης
- ✓ Σύστημα σάρωσης επιστρεφόμενης ροής (ΜΕΘΟΔΟΣ ΒΡΟΓΧΟΥ).
- ✓ Σύστημα σάρωσης επιστρεφόμενης ροής (ΜΕΘΟΔΟ ΕΓΚΑΡΣΙΑ

9.10.1 Ψυγείο αέρα σάρωσης

Κατά την υπερπλήρωση αναπόφευκτα παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας του. Αυτό συνεπάγεται με περιορισμό της αύξησης της πυκνότητας στην εισαγωγή και τελικά στον περιορισμό της αύξησης εγκλωβισμένης μάζας αέρα, που θα επιτρέψει την αύξηση ισχύος, επιτρέποντας την καύση περισσότερου καυσίμου. Για το λόγο αυτό, γίνεται ψύξη του αέρα πριν την εισαγωγή στον κινητήρα.

Η αύξηση της θερμοκρασίας υπολογίζεται:

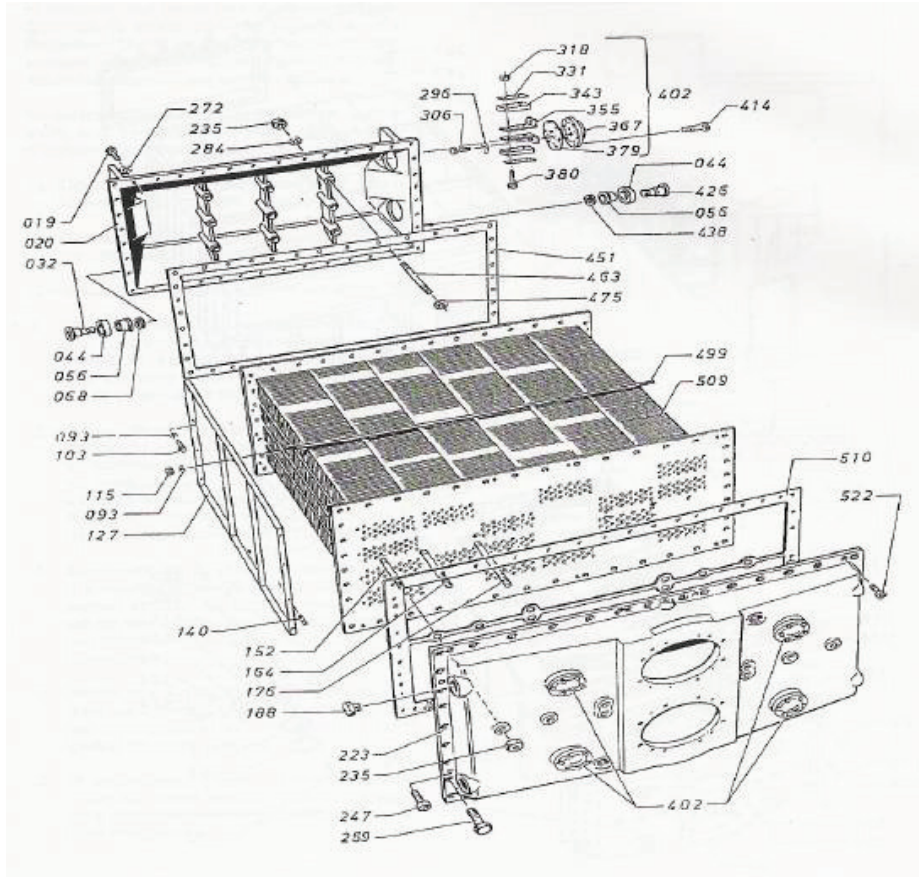
$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right) \left\{ 1 + \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right] \frac{1}{nc} \right\}$$

Όπου P_2/P_1 ο λόγος πιέσεων, nc = ισεντροπικός βαθμός απόδοσης συμπιεστή, οπότε προκύπτει ο λόγος των συμπιεστών σε πραγματική λειτουργία, η πραγματική αύξηση της θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερη από αυτήν που αντιστοιχεί στην ισεντροπική συμπίεση και μάλιστα η αύξηση αυτή είναι αντιστρόφως ανάλογη του $\beta.a.$ του συμπιεστή.

Το ψυγείο αέρα σάρωσης είναι ενιαίου τύπου. Είναι προσαρμοσμένο σε ένα κέλυφος κατασκευασμένο από ηλεκτροσυγκολλημένες χαλύβδινες πλάκες και διαθέτει πάματα καθαρισμού, μέσω των οποίων πραγματοποιείται ο καθαρισμός των στοιχείων του ψυγείου. Το ψυγείο έχει σχεδιαστεί με ένα θάλαμο αναστροφής του αέρα όπου βρίσκεται ενσωματωμένος ένας διαχωριστήρας νερού. Ο συλλέκτης συγκράτησης υγρασίας νερού αποτελείται από ένα αριθμό φύλλων που διαχωρίζουν το νερό συμπύκνωσης από τον αέρα σάρωσης κατά την δίοδο του κυκλοφορούντα αέρα. Το διαχωρισμένο νερό συλλέγεται στον πυθμένα του κελύφους του ψυγείου. Από όπου αφαιρείτε με το σύστημα της αποστράγγισης. Είναι σημαντικό να ελέγχονται οι λειτουργίες αποστράγγισης με σωστό τρόπο, διαφορετικά είναι πιθανό σταγονίδια νερού να εισέλθουν.

Το ψυγείο αυτό τοποθετείται μεταξύ φουσητήρα και μηχανής και ο αέρας ο οποίος συμπιέζεται από τον φουσητήρα (προ της εισόδου του στην μηχανή) περνάει από αυτό και παίρνει την κανονική θερμοκρασία για την χρήση του στη μηχανή με την βοήθεια της κυκλοφορίας θαλάσσης από αυτό. Όσο ανεπιθύμητη είναι η υψηλή θερμοκρασία του αέρα υπερπλήρωσης για την μηχανή άλλο τόσο είναι και η πολύ χαμηλή. Για το σκοπό αποφυγής και των δύο υπερβολών υπάρχει σύστημα αυτοματισμού μέσω του οποίου ρυθμίζεται σε σταθερή και κανονική τιμή για την ομαλή λειτουργία της μηχανής. Άλλο επικίνδυνο στοιχείο για την λειτουργία μίας μηχανής το οποίο έχει σχέση με τον αέρα υπερπλήρωσης είναι η υγρασία η οποία συμπυκνώνεται μέσα στο ψυγείο. Λόγω του βάρους του αυτό το συμπύκνωμα

κατεβαίνει στο κατώτερο μέρος του αντίστοιχου ψυγείου από το οποίο και μέσω εξυδατωτικών κρουρών αποχωρίζεται από αυτό. Λαμβάνοντας υπόψιν την καταστροφική επίδραση της υγρασίας στην γενική κατάσταση της μηχανής οι κατασκευαστές συνιστούν την ταχτική εξυδάτωση τόσο του χώρου των ψυγείων όσο και του χώρου των κεντρικών αγωγών αέρα υπερπλήρωσης της μηχανής.



Εικόνα 49: Ψυγείο αέρα στους κυλίνδρους

9.10.2 Έδρανα ολίσθησης διάταξη εδράνων ολίσθησης

Σε έναν υπερπληρωτή με στρόβιλο και συμπιεστή σε κοινό άξονα, υπάρχουν τέσσερις πιθανές διατάξεις εδράνων:

- ✓ Εξωτερικά έδρανα
- ✓ Εσωτερικά έδρανα
- ✓ Εξωτερικό/Εσωτερικό έρανο
- ✓ Έδρανα στην μια πλευρά.

Οι δύο τελευταίες διατάξεις πρακτικά δεν χρησιμοποιούνται.

Εξωτερικά έδρανα

Χρησιμοποιούνται όπου ο άξονας πρέπει να φέρει την ισχύ του στρόβιλου προς το συμπιεστή. Επίσης τα ακτινικά φορτία σε περίπτωση προβλημάτων ζυγοσταθμίσεως του στροφείου δεν είναι μεγάλα εξαιτίας της μεγάλης απόστασης μεταξύ των εδράνων. Η διάταξη συνήθως συνυπάρχει με αυτόνομα συστήματα λιπάνσεως, για κάθε έρανο, που είναι απαραίτητα αν χρησιμοποιούνται κύλινδρο- ή ενσφαιροτριβείς σε αντίθεση με τα κουζινέτα, που μπορούν να λειτουργήσουν με το λιπαντικό λάδι του κινητήρα. Επίσης η θέση των εξωτερικών εδράνων είναι τέτοια που προσφέρουν πρόσβαση για

έλεγχου και συντήρηση. Το κυριότερο μειονέκτημα είναι η αναγκαία μορφολογία της ροής εισόδου στο συμπιεστή, που αναγκαστικά λόγω της υπάρξεως του συγκροτήματος εδράνου δεν μπορεί να οδηγείται σε ευθεία προς τον εισαγωγέα του συμπιεστή. Επίσης οι στυλίσκοι στηρίξεως του περιβλήματος του εδράνου παρεμβάλλονται στη ροή προς το συμπιεστή και μπορεί να διεγείρουν ταλαντώσεις των περυγίων του.

Εσωτερικά έδρανα

Τα εσωτερικά έδρανα αφήνουν ανεμπόδιστη προσαγωγή αέρα και καυσαερίων. Η διάταξη αυτή επιτρέπει σχεδίαση ευπροσάρμοστων εξαρτημάτων όπως ο συμπιεστής, το συγκρότημα εδράνων, ο στρόβιλος μαζί με τον άξονα, το κέλυφος του στροβίλου και του συμπιεστή, με αποτέλεσμα εύκολη εξόρμηση των τμημάτων για επιθεωρήσεις, αλλά όχι και των ιδίων των εδράνων, που είναι λιγότερο επισκέψιμα. Επειδή τα έδρανα βρίσκονται κοντά μεταξύ τους η τυχόν έλλειψη ζυγοστάθμισης του στροφείου και το βάρος του προβάλλοντος τροχού του στροβίλου μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα ταλαντώσεων. Η διάμετρος των εδράνων είναι αναγκαστικά μεγαλύτερη, επειδή εφαρμόζουν στον άξονα μεταξύ στροβίλου και συμπιεστή, και αυτό αυξάνει τις απώλειες τριβών. Σε απλά έδρανα χρησιμοποιείται το λιπαντικό του κινητήρα.

Είδη εδράνων

Floating ακτινικά έδρανα

Αυτά τα έδρανα χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση των ακτινικών φορτίων κατά την περιστροφή της ατράκτου. Απαιτούν υψηλό βαθμό ζυγοστάθμισης επειδή η συντήρησή τους δεν είναι ικανοποιητική με τα σημερινά δεδομένα. Βρίσκουν εφαρμογή κυρίως σε μεγάλου μεγέθους αργόστροφες μηχανές. Χρησιμοποιούνται και σε μικρού μεγέθους υψηλόστροφες μηχανές, όμως πρέπει να περιέχουν επιπλέον ένα εξωτερικό στρώμα λιπαντικού μεταξύ εδράνου-έδρασης εκτός του εσωτερικού μεταξύ εδράνου- άξονα , ώστε να έχουν αυξημένη μηχανική αντοχή και καλή συμπεριφορά σε ταλαντώσεις. Στα πλήρως Floating έδρανα απαιτείται να ληφθεί υπόψη ο έλεγχος του στρώματος του λιπαντικού με τις διάφορες διατάξεις που χρησιμοποιούνται. Κατά την περιστροφή του άξονα υπάρχει κίνδυνος λιπαντικό να διαφύγει από τις οπές από τις οποίες τροφοδοτείται στα έδρανα (Σχήμα 2), με αποτέλεσμα να εξαφανιστεί το στρώμα του λιπαντικού. Πρέπει λοιπόν η πίεση εισαγωγής του λιπαντικού να είναι μεγαλύτερη της πίεσεως διαφυγής αυτού. Επίσης, το υλικό της έδρασης πρέπει να είναι συμβατό με την περιστροφή του εδράνου. Συνήθως χρησιμοποιείται χυτοσίδηρος ή αλουμίνιο με έδρανα από χυτοσίδηρο ή ατσάλι. Τέλος, χρειάζονται κάποιο είδος στήριξης για την αποφυγή κίνησης κατά μήκος του άξονα. Αυτό το πρόβλημα λύνεται με τα semi-floating έδρανα. Για να είναι αυτά αποτελεσματικά το εσωτερικό στρώμα λιπαντικού πρέπει να είναι «σφιχτό» για να μπορεί να μεταφέρει την κίνηση του άξονα. Αυτό επιτυγχάνεται με μικρή ανοχή μεταξύ εδράνου-άξονα, κάτι που όμως αυξάνει την θερμοκρασία του στρώματος αυτού. Μικρή διάμετρος είναι επιθυμητή, όμως έτσι μειώνεται το εσωτερικό στρώμα λιπαντικού επηρεάζοντας την αντοχή του άξονα στα ακτινικά φορτία. Έτσι σε μεγάλου μεγέθους αργόστροφες μηχανές οι απώλειες εδράνων αποτελούν το 2- 3% της ισχύος του άξονα, ενώ σε μικρού μεγέθους υψηλόστροφες μηχανές φτάνουν μέχρι και 10% ή παραπάνω.

Σφαιρικά-κυλινδρικά (Ball-roller bearings)

Αυτά έχουν χαμηλές απώλειες τριβών το οποίο αποτελεί πλεονέκτημα στην εκκίνηση από κρύο όπου το ιξώδες του λιπαντικού είναι υψηλό, σε επιδόσεις επιταχύνσεως σε αλλαγές φορτίου, καθώς και σε χαμηλές στροφές. Αυτό συνιστά τη χρήση τους σε μεγάλου μεγέθους μηχανές (π.χ. ναυτικοί κινητήρες). Οι απώλειες τριβών αποτελούν περίπου το 10% των αντίστοιχων floating. Η εξέλιξη της τεχνολογίας στα κεραμικά υλικά και στα μικρής διαμέτρου έδρανα έχουν οδηγήσει στη βελτίωση των ιδιοτήτων τους στις εφαρμογές υψηλών και μεσαίων ταχυτήτων (μικρές μηχανές).

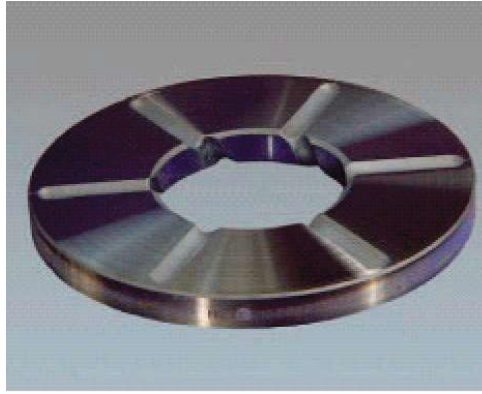
Οι κυλινδροτριβείς επιτρέπουν υψηλή υπερφόρτιση για μικρά διαστήματα και επίσης εξακολουθούν να λειτουργούν ικανοποιητικά αν υπάρξει πρόβλημα στη παροχή λιπάνσεως. Αυτό είναι σπάνιο αν χρησιμοποιηθεί αυτόνομο σύστημα λιπάνσεως το οποίο παρέχει λιπαντικό στα έδρανα μέσω γαντζωτής κινούμενης από τον άξονα αντλίας ή με διάφορα άλλα συστήματα όπως εμβαπτιζόμενου δίσκου σε μικρή ελαιολεκάνη. Το χωριστό από τον κινητήρα σύστημα λιπάνσεως επιτρέπει την χρήση λεπτόρρευστου λαδιού, που μειώνει περαιτέρω τις τριβές.

Γωνιακής επαφής σφαιρικά έδρανα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραλαβή και αξονικών φορτίων και στις 2 κατευθύνσεις, αρκεί να μην αυξηθεί η ταχύτητα περιστροφής στο σημείο σχεδιασμοί. Παράδειγμα εφαρμογής αποτελεί η παραλαβή αξονικών φορτίων αξονικού στροβίλου, όπου τα φορτία ασκούνται στην ίδια κατεύθυνση

Οστικά έδρανα (Thrust bearings)

Σε ορισμένες διατάξεις στροβιλοϋπερπληρωτών, τμήμα της αξονικής ώσης του στροβίλου ισορροπείται από την ώση του συμπιεστή. Παρόλα αυτά σε περιπτώσεις λειτουργίας εκτός σημείου σχεδίασης, καθώς και σε περιπτώσεις μεταβατικής λειτουργίας υπάρχει σημαντική αξονική συνιστώσα η οποία απαιτείται να αντιμετωπιστεί με κάποια μορφή ωστικού εδράνου. Στο σχήμα 1 απεικονίζεται ένα ωστικό έδρανο με έξι τομείς.

Σε αντίθεση με τα έδρανα του άξονα, που παραλαμβάνουν σχετικά μικρά φορτία, το ωστικό έδρανο μπορεί να υφίσταται σημαντική φόρτιση, ειδικά σε μεγάλο μέγεθος μηχανές. Ο σχεδιασμός τους αποτελεί συμβιβασμό αντικρουόμενων απαιτήσεων. Αφενός απαιτούνται μικρής διαμέτρου έδρανα, αφετέρου ελάχιστες δυνατές απώλειες λόγω τριβών. Όμως όσο μικραίνει η διάμετρος τόσο δυσκολότερη είναι η απαγωγή της θερμότητας με αποτέλεσμα την αύξηση της συνεκτικότητας, το πάχος του στρώματος λιπαντικού μπορεί να γίνει πολύ μικρό με κίνδυνο διεπαφής μετάλλου με μέταλλο. Σε περιπτώσεις μόλυνσεως του λιπαντικού τα σωματίδια θα επιφέρουν μεγάλες φθορές στο ωστικό έδρανο. Αν όμως το έδρανο σχεδιαστεί μεγαλύτερο οπότε η φόρτιση ανά μονάδα επιφάνειας είναι μικρότερη και το στρώμα λαδιού παχύτερο, τότε οι απώλειες λόγω τριβών θα αυξηθούν. Τα έδρανα του άξονα λόγω μικρών φορτίων μπορούν να έχουν μεγάλο πάχος στρώματος λαδιού και έτσι δεν επηρεάζονται από μόλυνση του λιπαντικού. (Σημειώνεται ότι μόλυνση του λιπαντικού είναι πιο πιθανή σε 4-X κινητήρες που λειτουργούν με βαρέα καύσιμα). Όμως υπερβολικό πάχος λιπαντικού μπορεί να οδηγήσει σε ρευστοδυναμική αστάθεια λιπάνσεως σε υψηλές στροφές άξονα. Εκτός της μεθόδου των τομέων στο έδρανο, υπάρχει δυνατότητα αντί για έδρανο κυκλικής διατομής να χρησιμοποιηθεί έδρανο ελαφρά έκκεντρο με ελλειψοειδή διατομή, αφού προηγηθεί δυναμική ανάλυση του στροφείου. Τέλος η σχεδίαση του στροβίλου και του συμπιεστή έχει σημαντική επίδραση στις απαιτήσεις του ωστικού εδράνου. Ο αξονικός στρόβιλος μηδενικού βαθμού αντίδρασης παραλαμβάνει ιδανικά τα στατικά φορτία που αναπτύσσονται στο ρότορα και συνεπώς η συνεισφορά των φορτίων αυτών στο αξονικό φορτίο είναι αμελητέα. Παρόλα αυτά συνήθως προτιμάται στρόβιλος ενδιάμεσου βαθμού αντίδρασης λόγω καλύτερης αεροδυναμικής συμπεριφοράς. Ο ακτινικός στρόβιλος δεν δίνει τη δυνατότητα ελέγχου του βαθμού αντίδρασης και συνεπώς του αξονικού φορτίου. Στον ακτινικό συμπιεστή μπορεί να αυξηθεί η διάμετρος εξόδου της πτερωτής με αποτέλεσμα την αύξηση της στατικής πίεσης εξόδου της. Αυτό συνεπάγεται αύξηση της δύναμης στο πίσω μέρος του δίσκου και εξισορρόπηση της αξονικής συνιστώσας. Το ίδιο αποτέλεσμα μπορεί να επιτευχθεί αν χρησιμοποιηθεί πτερωτή με



Εικόνα 50: Οστικό έδρανο με έξι τομείς
Απλά έδρανα (Plain bearings)

Οι απλοί τριβείς έχουν μεγάλη διάρκεια χρήσιμης ζωής (20000+ ώρες). Μπορούν να τροφοδοτηθούν χωρίς πρόβλημα από το σύστημα λιπάνσεως του κινητήρα, το λιπαντικό όμως πρέπει να περνά από φίλτρο 0.05 mm. Μερικές φορές κυρίως σε μικρότερους υπερπληρωτές τα έδρανα "κολυμπούν" στο λάδι και περιστρέφονται με περίπου 20% των στροφών του άξονα κατά την λειτουργία



Εικόνα 51: Απλό (Plain) ακτινικό
έδρανο

Η διάταξη αυτή εξασφαλίζει απόσβεση των κραδασμών, μείωση του θορύβου και εξισορρόπηση μικρών προβλημάτων ζυγοστάθμισης του στροφείου. Γενικά τα απλά έδρανα έχοντας μεγαλύτερες ανοχές επηρεάζονται λιγότερο από προβλήματα ζυγοσταθμίσεως λόγω πχ, επικαθήσεων καπνού στα πτερύγια του στροβίλου. Όμως σε μεγάλα ακτινικά φορτία στα έδρανα αυτά, μπορεί να παρατηρηθούν φαινόμενα συντονισμού και μειώσεως του πάχους του στρώματος ελαίου, οπότε σε ορισμένους μεγάλους στροβιλοϋπερπληρωτες χρησιμοποιούνται αντί έδρανα με συνεχή επιφάνεια εδράσεως, έδρανα με κυλινδρικούς τομείς εδράσεως που επιτρέπουν την αναπλήρωση του λιπαντικού στρώματος.

Σύστημα λιπάνσεως εδράνων

Το σύστημα λιπάνσεως σχεδιάζεται έτσι ώστε να προσφέρει προστασία στον στροβιλοϋπερπληρωτή σε περίπτωση κρατήσεως ανάγκης της μηχανής, ώστε το λιπαντικό να απάγει την παραμένουσα θερμότητα των μεταλλικών μερών ή κατά την εκκίνηση, κατά την οποία υπάρχει ένα χρονικό διάστημα μεταξύ της εκκίνησης του κινητήρα και της άφιξης του λιπαντικού σ' αυτόν. Συνήθως η λίπανση γίνεται μέσω του λιπαντικού του κινητήρα προκειμένου να αποφύγουμε την πολυπλοκότητα

εγκατάστασης ξεχωριστού συστήματος λίπανσης. Όμως σε ορισμένες διατάξεις κρίνεται απαραίτητη η χρήση δεξαμενής λιπαντικού που τροφοδοτεί τον υπερπληρωτή μέσω βαρύτητας για 15-20 min. Στους μικρότερους υπερπληρωτές η σχεδίαση της λιπάνσεως των εδράνων είναι τέτοια ώστε σε περίπτωση κρατήσεως ανάγκης με μέγιστη θερμοκρασία καυσαερίων (π.χ. 550 0C) και μέγιστες στροφές υπερπληρωτή (π.χ. 25.000 rpm) με αρχική θερμοκρασία λαδιού 750 0C, το λιπαντικό θα απάγει αρκετή θερμότητα από τα έδρανα χωρίς υπερθέρμανση μέχρι να σταματήσει η περιστροφή του στροφείου.

10 Συζήτηση - Συμπεράσματα

Οι αεροσυμπιεστές είναι συσκευές που επιτυγχάνουν πεπιεσμένο αέρα. Αυτό πραγματοποιείται μέσω της αναρρόφησης αέρα από το περιβάλλον, που μετά την συμπίεση σε πιέσεις μεγαλύτερες από την ατμοσφαιρική τον καταθλίβουν συμπιεσμένο και τον αποθηκεύουν σε ελεγχόμενους κλειστούς χώρους, που καλούνται αεριοφυλάκια και στα κατάλληλα δίκτυα για παραπέρα χρησιμοποίηση του.

Ένας υπερτροφοδοτούμενος παράγει λιγότερα καυσαέρια, περίπου 25% χαμηλότερη εκπομπή CO₂, σε σύγκριση με έναν ατμοσφαιρικό κινητήρα με την ίδια παραγωγή δύναμης.

Ένας ακόμη λόγος που χρησιμοποιούνται είναι η αύξηση απόδοσης ισχύος καθώς υπάρχει άριστη κατανάλωση καυσίμων, μικρή σε εκτόπιση μηχανή και παραγωγή ενέργειας των μεγάλων μηχανών. Η μείωση του μεγέθους εξοικονομεί κατανάλωση πάνω από 20%.

Οπότε σύμφωνα με την εργασία καταλήγουμε πως:

Ο αεροσυμπιεστής είναι συχνά μείζων εξοπλισμός κατανάλωσης ενέργειας και επομένως, η απόδοσή του έχει σημαντική επίδραση στο συνολικό λειτουργικό κόστος του εργοστασίου

Το συνολικό κόστος μίας εγκατάστασης εξαρτάται :

Σωστή επιλογή του αεροσυμπιεστή (τύπος , απόδοση, παροχή και πίεση)

Καλή ποιότητα του αέρα : ξηρός και καθαρός

Επαγγελματική εγκατάσταση

Σωληνώσεις πεπιεσμένου αέρα

Εξαερισμός του αεροστασίου

Ποιότητα του νερού ψύξης

Η σωστή επιλογή και η μελετημένη εγκατάσταση ενός συγκροτήματος πεπιεσμένου αέρα μπορεί αποδεδειγμένα να μειώσει την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας σημαντικά και να σταθεροποιήσει την λειτουργία του συστήματος πεπιεσμένου αέρα του χρήστη.

Η χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας δεν προσφέρει μόνο οικονομικά πλεονεκτήματα, αλλά έχει επίσης και θετικό αποτέλεσμα στο περιβάλλον.

Λιγότερη ενέργεια σημαίνει λιγότερη μόλυνση στο φυσικό περιβάλλον.

Ένας αποκεντρωμένος αεροσταθμός μπορεί να εγκατασταθεί όταν ο πεπιεσμένος αέρας χρησιμοποιείται για ειδικές εφαρμογές όπως:

Διαφορετικές πιέσεις λειτουργίας

Όταν απαιτείται θερμός αέρας για παράδειγμα, πνευματική λειτουργία εργαλείων σφυρήλασης

Αέρας φυσητήρα για ηλεκτρικούς διακόπτες υψηλής τάσης

Πνευματική μεταφορά υλικών

11 Βιβλιογραφία

Ευθυμιάδου. Σ., «Τύποι Αεροσυμπιεστών & Τρόποι Λειτουργίας», 2005, Πτυχιακή Α.Ε.Ν.

Μητρούδας. Κ., « Μελέτη Θαλάμου Μετρήσεων Λειτουργίας Μηχανών Εσωτερικής Καύσης σε Χαμηλή Θερμοκρασία», 2017, Πτυχιακή Α.Τ.Ε.Ι. Κεντρικής Μακεδονίας

Κ. Δ. Ρακόπουλος (1988), «Αρχές εμβολοφόρων μηχανών εσωτερικής καύσης. Εισαγωγή–Λειτουργία–Θερμοδυναμική», Εκδόσεις «Γρηγ. Φούντας», Αθήνα.

Κ.Δ. Ρακόπουλος, Ε.Γ. Γιακουμής (2011), «Εναλλαγή αερίων και υπερπλήρωση ΜΕΚ», Εκδόσεις «Γρηγ. Φούντας», Αθήνα.

C.D. Rakopoulos, E.G. Giakoumis (2009), «Diesel engine transient operation», Springer, London

J. Martyr - M. A. Plint <<Engine Testing The Design, Building, Modification and Use of Powertrain Test Facilities >> ISBN-13: 978-0-08-096949-7

12 Παράρτημα

12.1 Κατάλογος πινάκων.

Πίνακας 1: Συντομογραφίες και σύμβολα.....	29
Πίνακας 2: Βάρος μονάδας.....	30
Πίνακας 3: Ροπές σύσφιξης για μπουλόνια	30
Πίνακας 4: Γενικές τεχνικές προδιαγραφές του συμπιεστή 1	31
Πίνακας 5: Γενικές τεχνικές προδιαγραφές του συμπιεστή 2.....	32
Πίνακας 6: Απαιτήσεις ψύξεις	32
Πίνακας 7: Ρυθμίσεις συναγερμού και απενεργοποίησης (βρετανικές μονάδες)	33
Πίνακας 8: Ρυθμίσεις συναγερμού και απενεργοποίησης (μετρικές μονάδες)...	33

12.2 Κατάλογος Εικόνων.

Εικόνα 1: Ο πρώτος στροβιλοσυμπιεστής καυσαερίων, από τον Ελβετό Δρ. Alfred J. Buchi.....	2
Εικόνα 2: Στροβιλοσυμπιεστής καυσαερίων.....	3
Εικόνα 3: Μηχανικός συμπιεστής Rotrex	4
Εικόνα 4: κέλυφος εισαγωγής	5
Εικόνα 5: κέλυφος καυσαερίων.....	5
Εικόνα 6: Μέλος στήριξης άξονα του στροβιλοσυμπιεστή	6
Εικόνα 7: Συνδεσμολογία στροβιλοσυμπιεστή.....	6
Εικόνα 8: Χαρακτηριστικά φτερωτών.....	7
Εικόνα 9: Λόγος επιφανειών A/R.....	7
Εικόνα 10: Κατηγοριοποίηση αεροσυμπιεστων	9
Εικόνα 11: Παλινδρομικός συμπιεστής.....	16
Εικόνα 12: Συμπιεστής ανοικτού τύπου. (Πηγή: http://www.tavoulareas.gr/συμπιεστές/).....	17
Εικόνα 13: Ημίκλειστος συμπιεστής ψύξης. (Πηγή: http://acrtoolsnet.com/index.php?route=product/category&path=64).....	18
Εικόνα 14: Κλειστού τύπου αεροσυμπιεστής. (Πηγή: https://www.frigohellas.gr/sumpiestes-psugeiwn-kompreser-psugeiwn-tecumseh-lunite-r404a-2hp-mod-fh2480z).....	19
Εικόνα 15: Κύλινδροι. A-> Ανοικτού τύπου. B-> Κλειστού τύπου	20
Εικόνα 16: Έμβολο παλινδρομικού συμπιεστή	21
Εικόνα 17: Ελατήρια εμβόλου (Πηγή: https://valadis-kotorlos.blogspot.com/2016/09/blog-post.html)	22
Εικόνα 18: Διωστήρας (Μπιέλα)	23
Εικόνα 19: Διάφορα εξαρτήματα (Πηγή: https://sites.google.com/site/mekikykleitourgias/kinematikos-mechanismos-embolou-diostera-strophalophorou-axona/diosteras)	23
Εικόνα 20: Στροφαλοφόρος (Πηγή: http://www.bmwforum.gr/forum/showthread.php?t=16221)	24

Εικόνα 21: Τυπικές ηλεκτρικές συνδέσεις του κινητήρα της βοηθητικής αντλίας ελαίου	28
Εικόνα 22: Τυπικές ηλεκτρικές συνδέσεις του ρυθμιστή εκκίνησης του κινητήρα αντλίας EVC	28
Εικόνα 23: Τρόπος σύνδεσης θερμαντήρα	28
Εικόνα 24: Τεχνικά χαρακτηριστικά του TurboBlend	35
Εικόνα 25: Κέλυφος συμπιεστή	36
Εικόνα 26: Κέλυφος τουρμπίνας.....	36
Εικόνα 27: Κατασκευή «Σαλίγκαρου»	37
Εικόνα 28: Ροή των καυσαερίων ξεχωριστά για την κάθε ομάδα κυλίνδρων	38
Εικόνα 29: Τουρμπίνα διαιρούμενου παλμού.....	39
Εικόνα 30: Κέλυφος διαιρούμενου παλμού και απλό	39
Εικόνα 31: Φτερωτή εισαγωγής.....	40
Εικόνα 32: Άξονας- Φτερωτή εξαγωγής	40
Εικόνα 33: Διατάξεις σύνδεσης ενός εξακύλινδρο κινητήρα.....	42
Εικόνα 34: Συνδεσμολογία αυλών εξαγωγής με Σ/Σ	43
Εικόνα 35: Τέσσερις είσοδοι στο Σ/Σ	45
Εικόνα 36: Καμπύλες στροφών πίεσης	46
Εικόνα 37: Συγκριτικές επιδόσεις	47
Εικόνα 38: Διαγράμματα Στροφών-ισχύος και απόδοσης.....	48
Εικόνα 39: Μέτρηση ισχύος σε δυναμόμετρο	48
Εικόνα 40: Μαντεμένια πολλαπλή.....	49
Εικόνα 41: Χαλύβδινη πολλαπλή	49
Εικόνα 42: «Τουρμπίσια» πολλαπλή.....	50
Εικόνα 43: Βαλβίδα εκφόρτισης.....	51
Εικόνα 44: Σύστημα παγίδευσης της βαλβίδας ανακούφισης.....	52
Εικόνα 45: Πιέσεις αέρα, καυσαερίων και λαδιού	53
Εικόνα 46: (α) Γενική διάταξη (β) Εφαρμογή του κάτω μέρους του Έμβολου ως αντλία σαρώσεως.....	56

Εικόνα 47: Με χρήση μηχανικής αντλίας σαρώσεως (β) Με χρήση ηλεκτροκίνητου ανεξάρτητου υπερπλήρωσης (γ) Απλή διάταξη υπερπληρώσεως με χρήση στροβιλοϋπερπληρωτή.....	57
Εικόνα 48: Μεικτή διάταξη παροχής αέρα.....	58
Εικόνα 49: Ψυγείο αέρα στους κυλίνδρους.....	60
Εικόνα 50: Οστικό έδρανο με έξι τομείς Απλά έδρανα (Plain bearings).....	63
Εικόνα 51: Απλό (Plain) ακτινικό έδρανο	63