

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ TURBOCHARGER - SUPERCHARGER



Τμήμα Μηχανολόγων Οχημάτων
Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ

Μίχος Φώτιος

ΦΟΙΤΗΤΗΣ

Φορτούνης Σταύρος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες

Κεφάλαιο 1^ο: Εισαγωγή

Κεφάλαιο 2^ο: Υπερπλήρωση

- 2.1 Ορισμός Υπερπλήρωσης
- 2.2 Είδη υπερπλήρωσης
- 2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της υπερπλήρωσης
- 2.4 Μηχανική υπερπλήρωση
 - Ιστορική αναδρομή
 - Ορισμός
 - Είδη μηχανικών υπερπληρωτών
 - Ανάλυση μηχανικού υπερπληρωτή (ROOT COMPRESSOR)
 - Τεχνικά χαρακτηριστικά
 - Αρχή λειτουργίας
- 2.5 Στροβιλοσυμπιεστής (TURBO)
 - Ιστορική αναδρομή
 - Είδη στροβιλοσυμπιεστών
 - Ανάλυση είδους στροβιλοσυμπιεστών στον TSI κινητήρα
 - Τεχνικά χαρακτηριστικά
 - Αρχή λειτουργίας
 - Σύστημα λίπανσης του στροβιλοσυμπιεστή
 - Σύστημα ψύξης του στροβιλοσυμπιεστή

- Ανάλυση συστημάτων ελέγχου της πίεσης του εισαγόμενου αέρα και των καυσαερίων

Κεφάλαιο 3^ο: Σύγκριση Μηχανικής Υπερπλήρωσης με Στροβιλοσυμπιεστή

- 3.1 Μηχανική υπερπλήρωση ROOT
 - Θετικά
 - Αρνητικά
- 3.2 Στροβιλοσυμπιεστής
 - Θετικά
 - Αρνητικά
- 3.3 Συμπεράσματα

Κεφάλαιο 4^ο: Εφαρμογή Συνδυαστικής Υπερπλήρωσης στον Κινητήρα 1.4 TSI

- 4.1 Τεχνική περιγραφή
- 4.2 Πλεονεκτήματα
- 4.3 Μειονεκτήματα

Κεφάλαιο 5^ο: Επίλογος

Κεφάλαιο 6^ο: Βιβλιογραφία

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με θέμα «**Σύγκριση και Συνδυαστική Λειτουργία TURBOCHARGER – SUPERCHARGER**» πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της πτυχιακής εργασίας του τμήματος Οχημάτων του ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης το έτος 2018. Είναι αποτέλεσμα συνεχούς προσπάθειας και συνεργασίας με διάφορα άτομα (καθηγητές, συμφοιτητές, οικογένεια). Αφιερώνω λοιπόν την παρούσα σελίδα σε όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας.

Πρώτα από όλους στον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Μίχο Φώτη για την συνεχή καθοδήγηση, την αμέριστη υποστήριξη τις πολύτιμες συμβουλές, την συμπαράσταση και παρότρυνση που μου παρείχε σε όλο αυτό το χρονικό διάστημα.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και ορισμένους πολύ αξιόλογους ανθρώπους (καθηγητές – συμφοιτητές) που συνάντησα στην διάρκεια των σπουδών. Σε όλους αυτούς που με την καθημερινή συμπαράσταση και υποστήριξη τους συνέβαλαν στην εκπλήρωση των στόχων μου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η «**Σύγκριση και Συνδυαστική Λειτουργία TURBOCHARGER - SUPERCHARGER**».

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ.) αποτελούν βασικό πυλώνα τεχνολογικής εξέλιξης της ανθρωπότητας, μιας και είναι ένας τρόπος μετατροπής χημικής ενέργειας σε θερμική και κινητική. Με την ιδιαιτερότητά τους αυτή οι Μ.Ε.Κ. χρησιμοποιούνται σε διάφορες εγκαταστάσεις όπως και στα οχήματα. Οι Μ.Ε.Κ. για να μπορέσουν να λειτουργήσουν χρειάζονται χημική ενέργεια δηλαδή καύσιμο. Ωστόσο δεν φτάνει μόνο αυτό... Για να μπορέσει να λειτουργήσει η Μ.Ε.Κ. εκτός από καύσιμο χρειάζεται και αέρα, ώστε να καθίσταται εφικτή η καύση.

Ένα βασικό πρόβλημα των κατασκευαστών ήταν και είναι η παροχή καυσίμου και αέρα ώστε να επιτυγχάνεται όσο το δυνατόν καλύτερα η στοιχειομετρία καυσίμου – αέρα προκειμένου ο κινητήρας να αποφέρει καλύτερη απόδοση. Το πρόβλημα της παροχής καυσίμου έχει επιλυθεί σε μεγάλο βαθμό από διάφορα συστήματα εγχυτήρων πλήρους ελεγχόμενης έγχυσης από τον εγκέφαλο. Το πρόβλημα της παροχής αέρα έχει επιλυθεί σε μεγάλο βαθμό με την μέθοδο της υπερπλήρωσης, με την οποία θα ασχοληθούμε διεξοδικά στην παρούσα εργασία.

Η υπερπλήρωση αποτελεί πλέον αναπόσπαστο κομμάτι των πετρελαιοκινητήρων και σιγά – σιγά αρχίζει να υιοθετείται και από τους κατασκευαστές των βενζινοκινητήρων. Όταν γίνεται λόγος για υπερπλήρωση, αναφερόμαστε είτε στην μηχανική υπερπλήρωση είτε στην στροβιλο-υπερπλήρωση. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα αναφερθούμε διεξοδικότερα στις δύο αυτές κύριες κατηγορίες υπερπληρωτών. Επιπροσθέτως, θα τις συγκρίνουμε επισημαίνοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των δύο αυτών υπερπληρωτών. Τέλος, διεξοδική αναφορά θα γίνει και στην συνδυαστική λειτουργία αυτών των δύο ειδών υπερπληρωτή πάνω σε ένα 1.4 Lt TSI κινητήρα της Volkswagen.

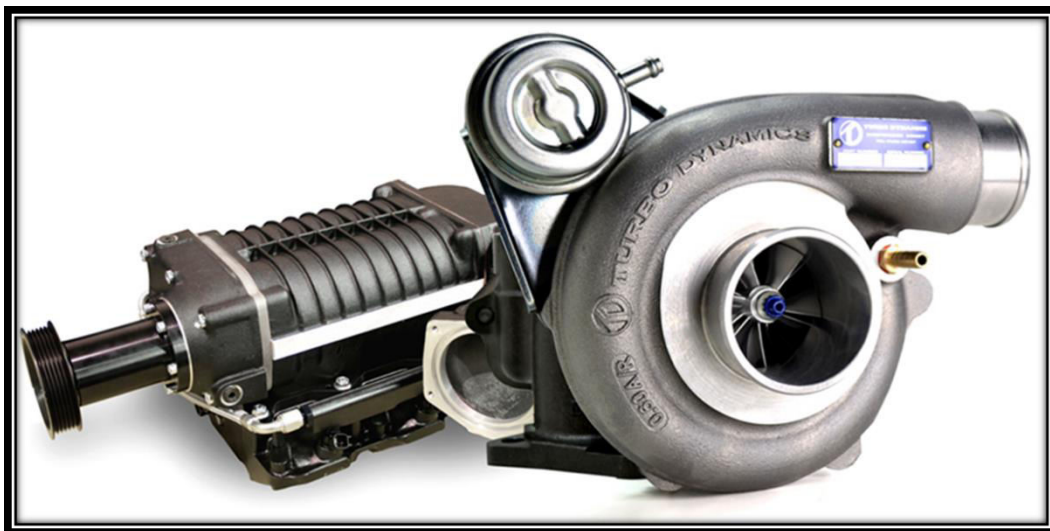
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗ

2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗΣ

Τα τελευταία 70 χρόνια, παρατηρήθηκε ένας τετραπλασιασμός της ισχύος των κινητήρων εσωτερικής καύσης, χωρίς ουσιαστική μεταβολή του όγκου εμβολισμού τους. Συνεπώς, έχουμε και τετραπλασιασμό της χωρικής ισχύος τους ή τελικά της μέσης πραγματικής πίεσης αυτών, b_{mp} , δεδομένου ότι η αντίστοιχη ταχύτητα περιστροφής n αυξήθηκε το ίδιο χρονικό διάστημα σε αρκετά μικρότερο βαθμό. Εκτός από τη βελτίωση των διαφόρων διεργασιών που συντελούν στην πιο αποδοτική καύση εντός των κινητήρων, για παράδειγμα αύξηση της πίεσης του εγχυόμενου καυσίμου, η βασικότερη αιτία για τον τετραπλασιασμό αυτό της ισχύος είναι η υπερπλήρωση σε συνδυασμό με την ενδιάμεση ψύξη του αέρα υπερπλήρωσης.

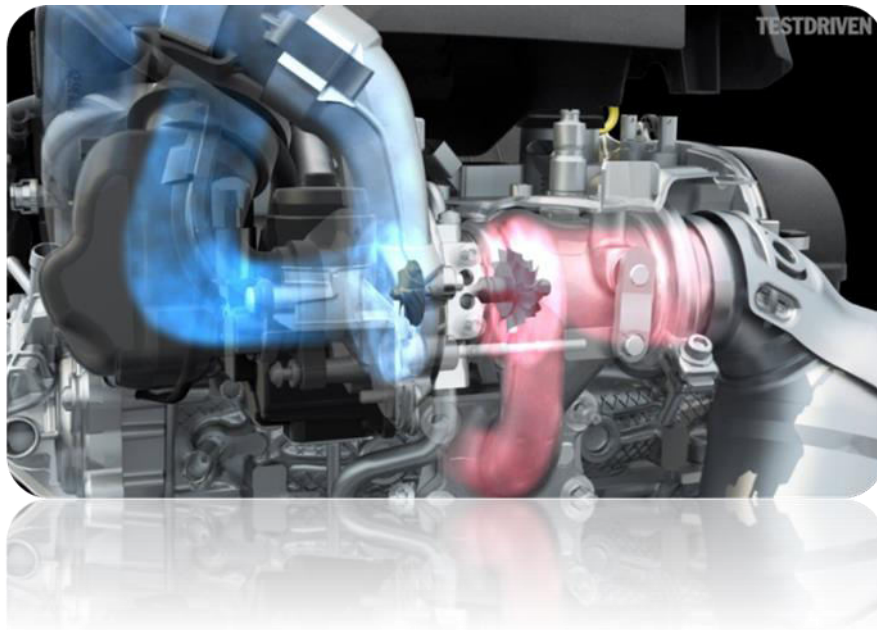
Σκοπός της υπερπλήρωσης είναι η αύξηση (της γόμωσης) της πλήρωσης του κυλίνδρου και συνεπώς της ισχύος του κινητήρα σε επίπεδα μεγαλύτερα από αυτά των αντίστοιχων διαστάσεων 4-Χ κινητήρα φυσικής αναπνοής.

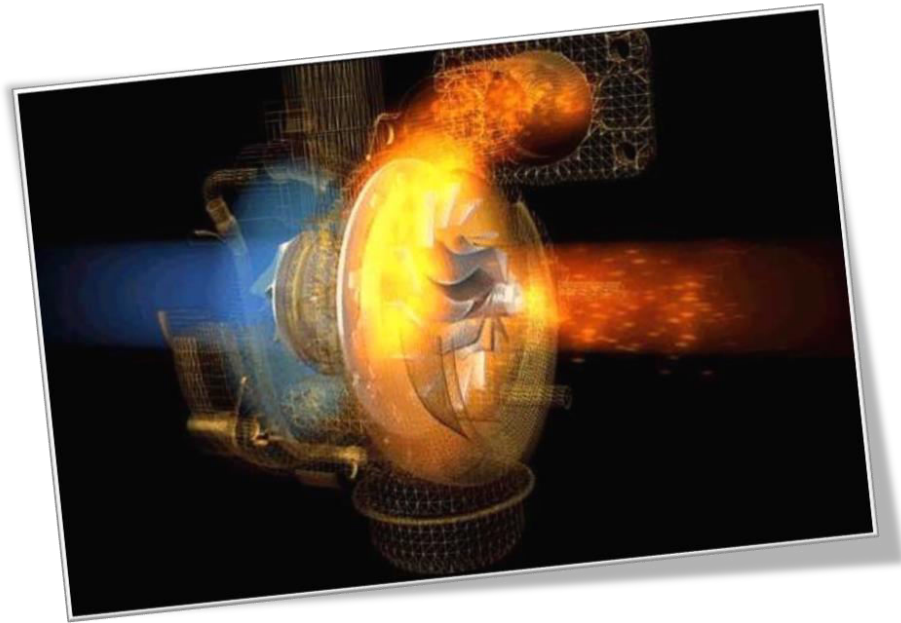


Δεδομένου ότι στον υπερπληρωμένο κινητήρα, τόσο η πίεση εισαγωγής όσο και αυτή της εξαγωγής είναι επάνω από το επίπεδο της ατμοσφαιρικής πίεσης – επομένως μπορεί να καταναλωθεί περισσότερο καύσιμο – το επίπεδο των πιέσεων κατά τη διάρκεια όλου του κύκλου λειτουργίας, και κυρίως, της καύσης είναι σημαντικά υψηλότερο.

Επομένως, μπορούμε να ισχυρισθούμε ότι: ως υπερπλήρωση ορίζεται η προ-συμπίεση μέρους ή όλης της γόμωσης εξωτερικά του κυλίνδρου (συνήθως σε κάποιον συμπιεστή). Συνεπώς, η γόμωση συμπιέζεται τελικά τόσο εκτός όσο και εντός του κυλίνδρου. Γενικότερα, η ισχύς ενός κινητήρα είναι ανάλογη με την ποσότητα του καυσίμου που μπορεί να καεί σε αυτόν, άρα και με την παροχή του αναρροφώμενου αέρα.

Σε κάθε περίπτωση, σκοπός της υπερπλήρωσης είναι η αύξηση της ισχύς ενός δεδομένου κινητήρα, χωρίς παράλληλη αύξηση της περιστροφής του.





Και οι δύο αυτοί παράγοντες – υπερπλήρωση και αύξηση της ταχύτητας περιστροφής – αυξάνουν της παροχή του αναρροφώμενου από τον κινητήρα αέρα, συνεπώς την ποσότητα καυσίμου που μπορεί να καεί, επομένως και την ισχύ του. Και στις περιπτώσεις, υφίσταται κάποια τεχνολογικά όρια όσον αφορά την περαιτέρω αύξηση της αποδιδόμενης ισχύος.

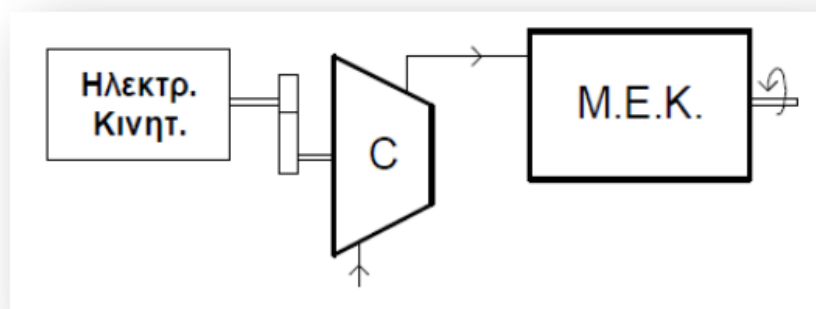
2.2 ΕΙΔΗ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗΣ

Ο αέρας (κινητήρες Diesel ή Otto άμεσης έγχυσης) ή το μίγμα αέρα – καυσίμου (κινητήρες Otto) προ – συμπιέζεται στο συμπιεστή υπερπλήρωσης του κυλίνδρου. Τα συστήματα υπερπλήρωσης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής ανάλογα με:

- Τον τρόπο κίνησης του συμπιεστή υπερπλήρωσης,
- Τον σχεδιασμό του συμπιεστή
- Τη σύνδεση της μονάδας υπερπλήρωσης με τον κινητήρα ή του τρόπου μεταφοράς της ισχύος, αλλά και
- Το είδος του κινητήρα

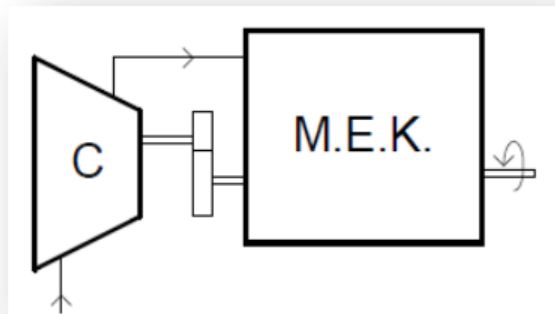
Από τα παραπάνω το βασικότερο κριτήριο κατηγοριοποίησης των υπερπληρωτών είναι ο τρόπος κίνησης τους. Υπάρχουν λοιπόν οι εξής κατηγορίες υπερπληρωτών σύμφωνα με τον τρόπο κίνησης τους:

- ❖ Εξωτερικά κινούμενος (από βοηθητικό κινητήρα ή ηλεκτροκινητήρα) → Εξωτερική υπερπλήρωση



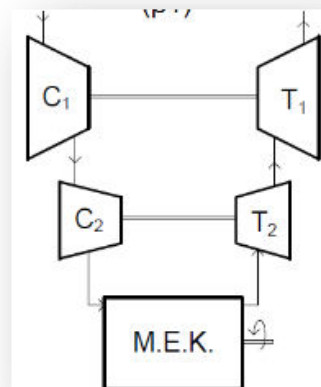
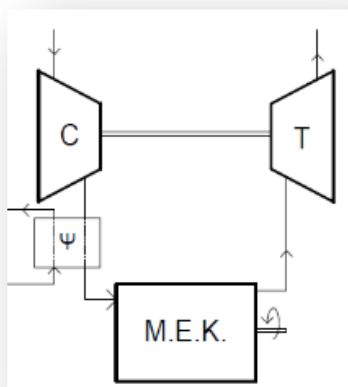
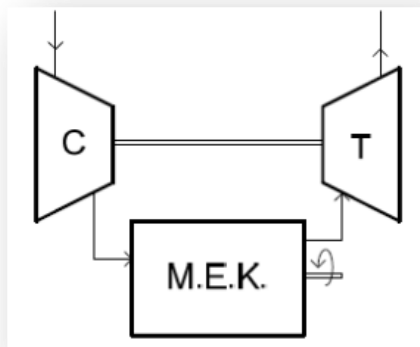
Χρησιμοποιείται κυρίως σε συστήματα υπερπλήρωσης αεροπορικών κινητήρων, ορισμένων κινητήρων Diesel, καθώς και για τη σάρωση 2-X κινητήρων φυσικής αναπνοής.

- ❖ Κινούμενος από τη στροφαλοφόρο άτρακτο του κινητήρα (απορρόφηση μηχανικού έργου) → μηχανική υπερπλήρωση



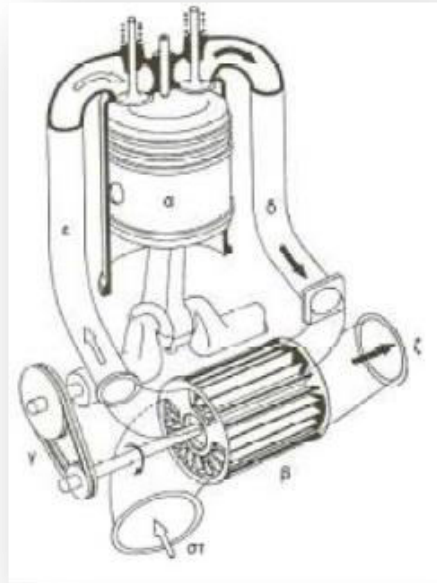
Χρησιμοποιείται σε κινητήρες Otto αυτοκινήτων με ή χωρίς ενδιάμεσο ψυγείο αέρα, με σταθερή (συνήθως) ή μεταβλητή σχέση μετάδοσης κίνησης.

- Κινούμενος από στρόβιλο καυσαερίου → στροβιλο-υπερπλήρωση. Μονοβάθμια, χωρίς ή με ενδιάμεσο ψυγείο αέρα ή διβάθμια.



Αποτελεί τον πλέον διαδεδομένο τύπο υπερπλήρωσης με σχεδόν καθολική χρήση σε κινητήρες οχημάτων, βιομηχανικούς και ναυτικούς.

- Χωρίς τη χρήση του συμπιεστή, αλλά με συμπίεση μέσω κύματος πίεσης που προέρχεται από την αποτόνωση του καυσαερίου σε δρομέα με πτερύγια, για παράδειγμα σύστημα Comprex της εταιρίας Brown Boveri & CO. Ltd.

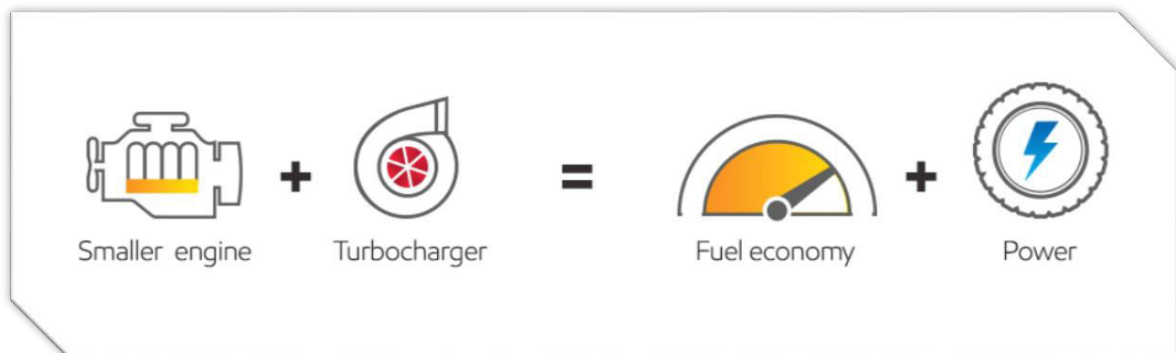


Στην παρούσα πτυχιακή εργασία, θα ασχοληθούμε με τη στρόβιλο – υπερπλήρωση, στην οποία θα πραγματοποιηθεί και εκτενέστερη αναφορά παρακάτω.

2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗΣ

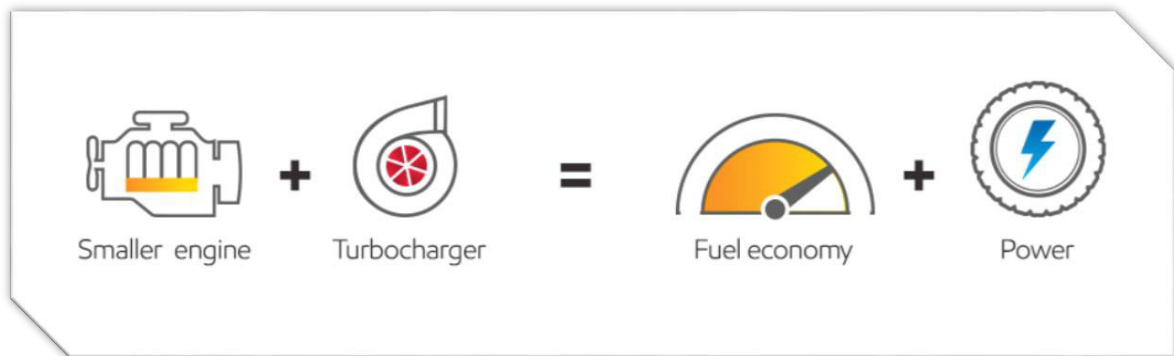
Τα πλεονεκτήματα της υπερπλήρωσης για δεδομένη ισχύ από έναν κινητήρα είναι:

- Μικρότερος φυσικός όγκος (μικρότερος αριθμός κυλίνδρων, μικρότερο μήκος κινητήρα – “downsizing”)
- Μικρότερο ποσοστό τριβών λόγω του μικρότερου αριθμού κυλίνδρων άρα και του μικρότερου αριθμού εδράνων.
- Μικρότερο βάρος, μεγαλύτερη ειδική μάζα
- Χαμηλότερο κόστος ανά μονάδα παραγόμενης ισχύος, ειδικά για μεγαλύτερων διαστάσεων κινητήρες.
- Μειωμένος θόρυβος στην εξαγωγή λόγω του στροβίλου των καυσαερίων
- Μικρότερη επίδραση της μείωσης της πυκνότητας του αέρα περιβάλλοντος
- Χαμηλότερες εκπομπές καυσαερίων σε μόνιμη κατάσταση (υποσυγκεκριμένες συνθήκες)
- Ειδικά για κινητήρες Diesel, μείωση της καθυστέρησης ανάφλεξης λόγω των αυξημένων θερμοκρασιών εντός του κυλίνδρου



Τα μειονεκτήματα της υπερπλήρωσης είναι:

- Υψηλότερη μηχανική και θερμική φόρτιση
- Αργή επιτάχυνση
- Ιδιαίτερα αυξημένες εκπομπές ρύπων κατά τη μεταβατική λειτουργία
- Ελαφρώς αυξημένες εκπομπές ρύπων κατά την εκκίνηση κινητήρων οχημάτων λόγω καθυστερημένης προθέρμανσης του καταλύτη
- Πιθανόν αυξημένες εκπομπές οξειδίων του αζώτου NOx λόγω υψηλότερων θερμοκρασιών κύκλου (χωρίς ενδιάμεση ψύξη του αέρα υπερπλήρωσης)

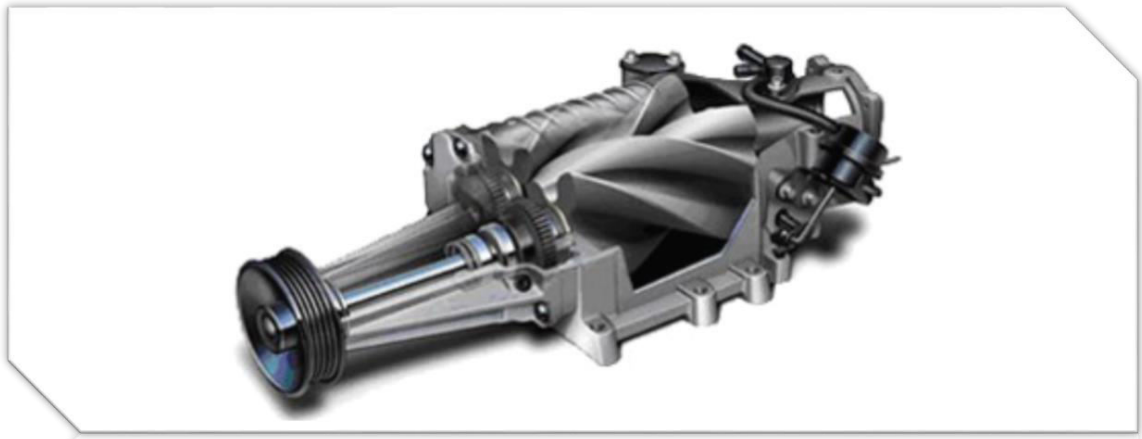


2.4 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗ

➤ ΟΡΙΣΜΟΣ

Πρόκειται για έναν μηχανικό υπερσυμπιεστή – αεροσυμπιεστή, ο οποίος έχει ως σκοπό να αυξάνει την πίεση ή την πυκνότητα του αέρα που παρέχεται σε έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης. Ουσιαστικά, δίνει σε κάθε κύκλο εισαγωγής αέρα του κινητήρα περισσότερο οξυγόνο, έτσι επιτυγχάνεται καλύτερη και πιο κοντά στη στοιχειομετρική καύση. Επίσης, αξίζει να αναφέρουμε ότι ανεβάζει και την ισχύ της ΜΕΚ, μιας και δίνει την δυνατότητα σε έγχυση περισσότερου καυσίμου, χωρίς ωστόσο να μεταβάλλεται η στοιχειομετρία, μιας και παρέχεται μέσω του υπερσυμπιεστή περισσότερο οξυγόνο.

Η ισχύς που χρειάζεται για την λειτουργία του ο supercharger (μηχανικά οδηγούμενη υπερπλήρωση), παρέχεται με μηχανικό τρόπο (μέσω ιμάντα, αλυσίδας, άμεσης σύζευξης γραναζιών) μέσω του κινητήρα (στροφαλοφόρο άξονα).



➤ ΕΙΔΗ SUPERCHARGER

Υπάρχουν δύο συγκεκριμένοι τύποι supercharger και διαχωρίζονται σύμφωνα με τη μέθοδο της μεταφοράς του ρευστού. Είναι οι θετικής χωρητικότητας και δυναμικοί κομπρέσορες. Οι θετικής χωρητικότητας φουσητήρες και κομπρέσορες παράγουν ένα σχεδόν σταθερό επίπεδο αυξημένης πίεσης σε όλο το φάσμα των στροφών του κινητήρα. Οι

δυναμικής κομπρέσορες δεν μπορούν να παράγουν πίεση σε χαμηλές ταχύτητες (πάνω από ένα συγκεκριμένο όριο στροφών η πίεση αυξάνεται με την ταχύτητα του κινητήρα)>

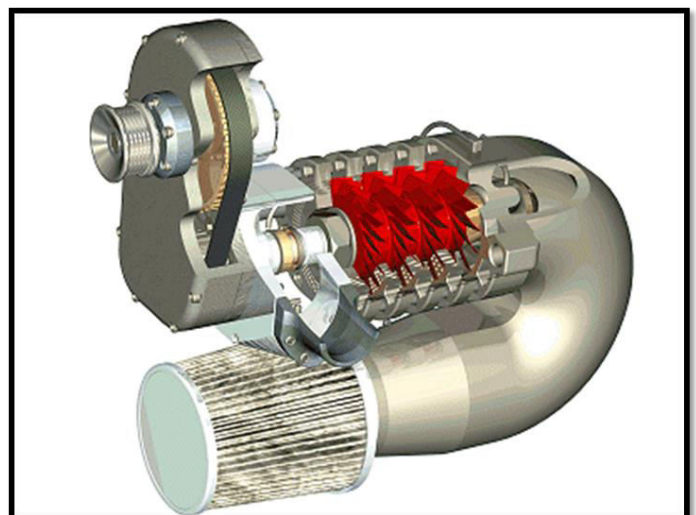
Οι θετικής χωρητικότητας συμπιεστές χωρίζονται σε ακόμα δύο υποκατηγορίες, στους συμπιεστές εσωτερικής και εξωτερικής συμπίεσης. Εξωτερικής συμπίεσης είναι εκείνοι οι υπερπληρωτές οι οποίοι δεν συμπιέζουν οι ίδιοι τον αέρα, αλλά ουσιαστικά αυξάνουν την παροχή αέρα προς την πολλαπλή εισαγωγής, στην οποία βρίσκεται αντιστάσεις και συμπιέζεται. Οι εσωτερικής συμπίεσης αναφέρονται στην συμπίεση του αέρα μέσα στον συμπιεστή, ο οποίος είναι ήδη ή κοντά σε επίπεδο άμεσης υπερπλήρωσης, και μπορεί να αποδώσει ομαλά την πίεση.

Με βάση τις προαναφερθείσες κατηγορίες έχουν δημιουργηθεί αρκετά είδη superchargers, τα οποία ανάλογα με τον σχεδιασμό τους χωρίζονται σε:

- Αξονικούς συμπιεστές Δ.
- Φυγόκεντρους συμπιεστές Δ.
- Περιτροφικούς με έκκεντρο τύμπανο και πτερύγια Θ,Χ
- Υπερπληρωτές με λοβούς (ROOTS COMPRESSOR) Θ,Χ
- Κοχλιωτοί συμπιεστές Θ,Χ
- Περιτροφικοί εμβολοφόροι συμπιεστές Δ.
- Συμπιεστές με ρότορα τύπου WENKEL

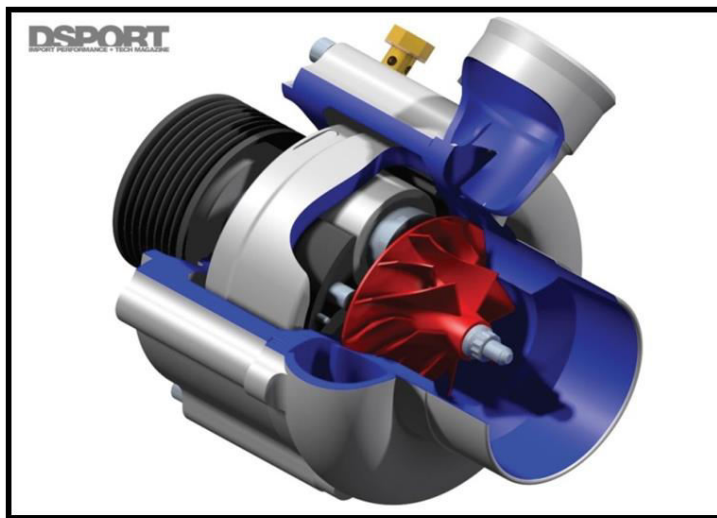
❖ Αξονικοί Συμπιεστές

Αποτελούνται από στροφέιο με πτερύγια (ρότορες) ή ομάδες πτερυγίων σε κοντινά διαστήματα το ένα με το άλλο, που περιστρέφονται ανάμεσα σε αντίστοιχα σταθερά πτερύγια (στάτορες)



❖ Φυγόκεντροι Συμπιεστές

Αποτελούνται από μια φτερωτή με καμπύλα πτερύγια, η οποία στρέφεται μέσα σ ένα ελικοειδές κέλυφος το οποίο έχει και αυτό έναν κύκλο με καμπύλα πτερύγια. Η διάμετρος του κελύφους αυξάνει βαθμιαία και σχηματίζει μια σπείρα, έναν σαλίγκαρο, στην μεγαλύτερη διάμετρο του οποίου βρίσκεται η εξαγωγή του αέρα προς τους κυλίνδρους. Η εισαγωγή του αέρα γίνεται από το κέντρο της φτερωτής και μέχρι το σημείο αυτό η ροή του αέρα είναι αξονική. Ο αέρας περνώντας μέσα από τα πτερύγια του κελύφους τα οποία τον κατευθύνουν αν μπει στον σαλίγκαρο με διεύθυνση την εφαπτόμενη της σπείρας. Ο σκοπός του σαλίγκαρου είναι αν μετατρέψει την ταχύτητα του αέρα σε πίεση και έτσι στην έξοδο του σαλίγκαρου ο αέρας έχει μικρότερη ταχύτητα και μεγαλύτερη πίεση.

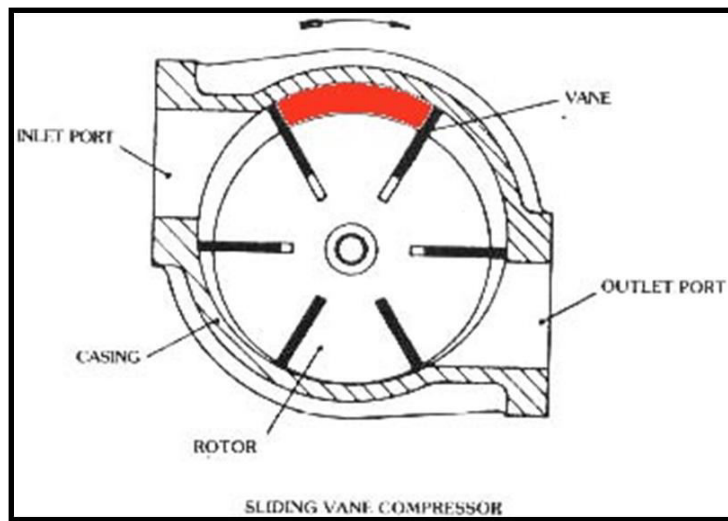


❖ Περιστροφικοί με Έκκεντρο Τύμπανο και Πτερύγια

Οι πιο διαδεδομένοι είναι οι υπερπληρωτές COZETTE και υγρού εμβόλου.

- Ο υπερπληρωτής COZETTE έχει ένα τύμπανο που στρέφεται εκκεντρικά μέσα σε ένα κέλυφος. Το τύμπανο έχει έξι εγχοπές μέσα στις οποίες κινούνται ελεύθερα τα πτερύγια, τα οποία εισέρχονται και εξέρχονται από τις εγχοπές με την φυγόκεντρο

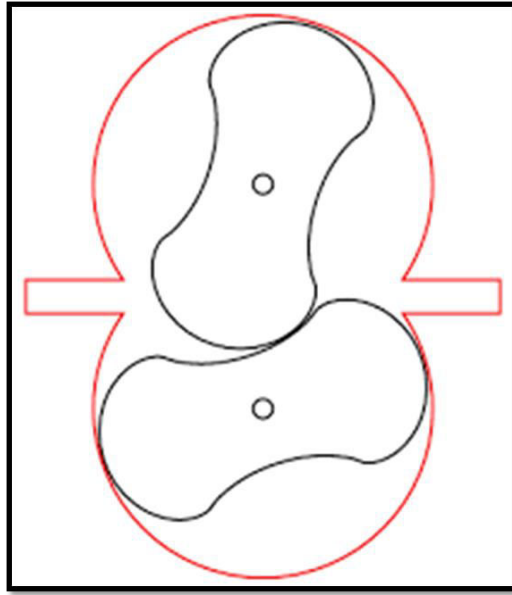
δύναμη και βρίσκονται συνεχώς σε επαφή με ένα χιτώνιο που έχει έξι τομές και γυρίζει μαζί με το τύμπανο.



- Στο περιστροφικό συμπιεστή με έκκεντρο τύπο υγρού εμβόλου το κέλυφος είναι έκκεντρο, τα περύγια είναι συνδεδεμένα στον άξονα και περιστρέφονται μαζί, ένα υγρό γεμίζει το μεγαλύτερο μέρος του κελύφους και εξαναγκάζεται να περιστραφεί λόγω της κίνησης των περυνγίων. Ο χώρος μεταξύ των κάτω περυνγίων είναι πρακτικά γεμάτος με υγρό. Λόγω της εκκεντρότητας το υγρό υποχωρεί από τα άνω περύγια και εξαναγκάζεται να πάει προς τα κάτω και προς το κέντρο. Με αυτόν τον τρόπο το υγρό δρα σαν έμβολο, επιτρέποντας την εισροή αέρα που μετά εκδιώκεται υπό πίεση.

❖ Υπερπληρωτές με Λοβούς (ROOTS COMPRESSOR)

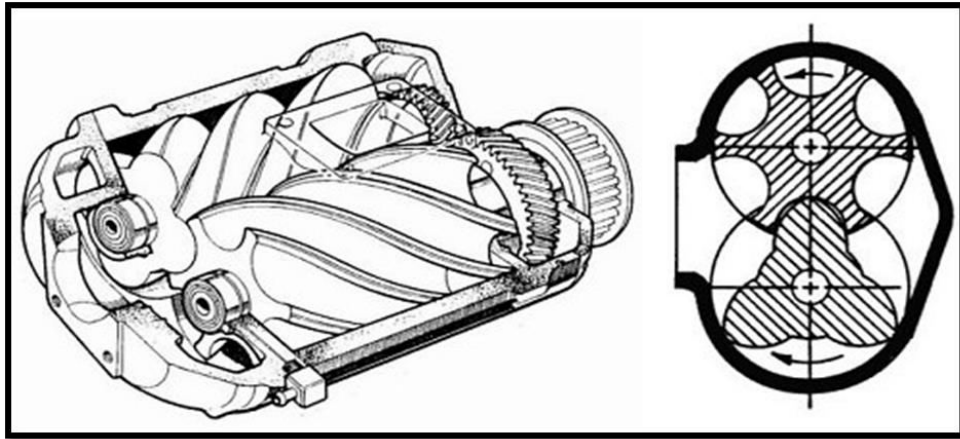
Αποτελούνται από δύο ρότορες, που φέρνουν συνήθως τρεις ή σπανιότερα δύο λοβούς. Οι ρότορες συνδέονται μεταξύ τους με σύστημα οδοντωτών τροχών, ώστε να εξασφαλίζεται η ταυτόχρονη περιστροφή τους. Οι ρότορες περιστρέφονται εσωτερικά ενός κελύφους.



Επειδή οι συγκεκριμένοι συμπιεστές είναι οι πιο «πολυφορεμένοι» και χρησιμοποιούνται πολύ συχνά συνδυαστικά με στροβιλοσυμπιεστές – όπως και στον κινητήρα TSI με τον οποίο θα ασχοληθούμε εκτενέστερα σε επόμενο κεφάλαιο – θα κάνουμε μία εκτενή αναφορά παρακάτω σε ξεχωριστή ενότητα.

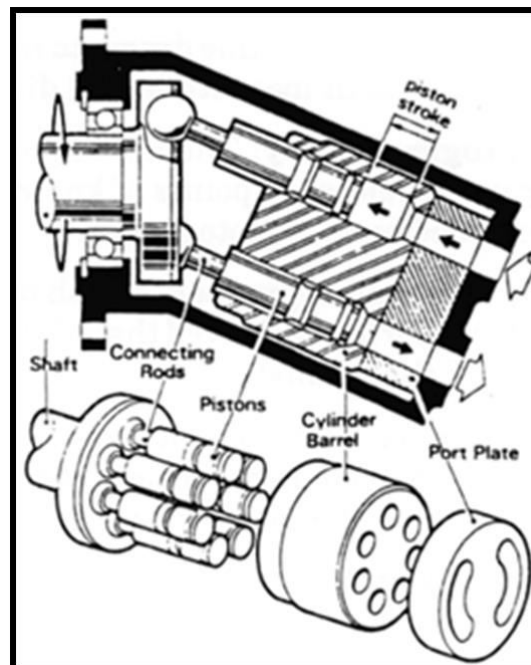
❖ Κοχλιωτοί Συμπιεστές

Αποτελούνται από δύο ρότορες οι οποίοι περιστρέφονται μέσα σε ένα θάλαμο – κέλυφος. Οι ρότορες των κοχλιωτών συμπιεστών είναι κατασκευασμένοι χωρίς να αγγίζουν ο ένας τον άλλο, ούτε το κέλυφος, αλλά οι ανοχές είναι όσο το δυνατόν μικρότερες. Ο αέρας εισέρχεται στον χώρο του ρότορα και συμπιέζεται από τα καμπυλώματα των σπειρωμάτων κατά το πέρασμα του προς την έξοδο του συμπιεστή. Αξίζει να αναφέρουμε ότι υπάρχουν διαφορετικά είδη κοχλιωτών συμπιεστών, ανάλογα με την γεωμετρία των ροτόρων. Ένα σημαντικό προτέρημα τους είναι η μεγάλη σχέση συμπίεσης που μπορούν να επιτύχουν και ο πολύ καλός ισοντροπικός βαθμός απόδοσης που εμφανίζουν.



❖ Περιστροφικοί Εμβολοφόροι Συμπιεστές

Αποτελούνται από έμβολα που παλινδρομούν μέσα σε κυλίνδρους που βρίσκονται σε αξονική διάταξη γύρω από την περιφέρεια του ρότορα και κινούνται μπροστά από θυρίδες εισαγωγής και εξαγωγής.



ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΤΕΣ ΜΕ ΛΟΒΟΥΣ

(ROOTS COMPRESSOR)

➤ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ο υπερπληρωτής τύπου ROOTS είναι μια θετικού εκτοπίσματος αντλία της οποίας η λειτουργία είναι η άντληση ενός ρευστού – στην προκειμένη περίπτωση αέρα- μέσω συγκεκριμένων λοβών. Στην απλούστερη μορφή τους αποτελούνται από ένα ζεύγος δρομέων, κάθε ένας από τους οποίους έχει διατομή που μοιάζει με τον αριθμό 8, έχει δηλαδή δυο λοβούς, οι οποίοι στρέφονται με αντίθετη φορά ο ένας από τον άλλο μέσα στο κέλυφος, το οποίο είναι διαμορφωμένο έτσι, ώστε οι άκρες των λοβών να βρίσκονται σχεδόν σε επαφή με την εσωτερική επιφάνεια.

Οι λοβοί των δρομέων είναι σχεδιασμένοι με βάση μια καμπύλη που λέγεται εξελιγμένη και η οποία είναι η βάση για την διαμόρφωση των οδοντωτών τροχών. Τα άκρα των λοβών έχουν κατά μήκος αυλάκια για την βελτίωση της στεγανότητας μεταξύ λοβού και κελύφους.

Οι δρομείς στρέφονται πάνω σε σφαιρικούς τριβείς και κινούνται με οδοντωτούς τροχούς. Το κέλυφος είναι από αλουμίνιο ή κράματα μαγνησίου και έχει εξωτερικά πτερύγια για την ψύξη.

Επίσης αξίζει να αναφέρουμε ότι πολύ συχνή είναι η χρήση συμπιεστών τύπου ROOT με τρεις λοβούς ή τύπου Eaton TVS με 4 λοβούς, οι οποίοι έχουν παρόμοια τεχνικά χαρακτηριστικά με τους απλούς των δύο λοβών όπως φαίνονται παρακάτω.

➤ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ROOT

- **Εισαγωγή αέρα:** Αυτό το σημείο συνδέεται με την εισαγωγή του κινητήρα, μετά το φίλτρο εισαγωγής. Από εκεί εισέρχεται ο αέρας εντός του συμπιεστή. Συνήθως η διατομή της εισαγωγής του συμπιεστή είναι μικρή ώστε ο αέρας να εισέρχεται με ταχύτητα μέσα.
- **Κέλυφος:** Είναι το περίβλημα του συμπιεστή. Εντός του περιέχονται όλα τα υπόλοιπα εξαρτήματα του συμπιεστή εκτός της τροχαλίας κίνησης. Εξωτερικά το κέλυφος έχει ραβδώσεις που αποσκοπούν στην καλύτερη ψύξη του συμπιεστή. Εσωτερικά το κέλυφος είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε σε συνεργασία με τους ρότορες, να επιτυγχάνεται όσο το δυνατόν καλύτερη κυκλοφορία του αέρα. Κατασκευάζεται από αλουμίνιο ή κράματα μαγνησίου.
- **Ρότορες με λοβούς:** Είναι ίσως το πιο βασικό στοιχείο του συμπιεστή. Με την περιστροφή τους αντλούν αέρα και τον εκτοπίζουν προς τους κυλίνδρους. Είναι το στοιχείο που δέχεται τις περισσότερες τροποποιήσεις, ως προς τον αριθμό των λοβών, το σχήμα και το επιφανειακό υλικό κατασκευής.
- **Οδοντωτοί τροχοί:** Ο ένας οδοντωτός τροχός παίρνει κίνηση μέσω του κεντρικού άξονα κίνησης και μέσω της σύμπλεξης μεταφέρει ίση και αντίρροπη κίνηση στον άλλο οδοντωτό τροχό. Ουσιαστικά, λειτουργίας τους είναι η κίνηση και των δύο ροτόρων με ταχύτητα ίσου μέτρου και φορά αντίρροπη.
- **Έδρανα κύλισης:** Χρησιμοποιούνται για την ελεύθερη έδραση και κύλιση των ροτόρων μέσα στο κέλυφος του συμπιεστή.
- **Τροχαλία κίνησης:** Παίρνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα και μέσω του κεντρικού άξονα κίνησης, δίνει κίνηση στους ρότορες. Η διάμετρος της παίζει σημαντικό ρόλο, μιας και καθορίζει την σχέση μετάδοσης μεταξύ στροφαλοφόρου και ροτόρων, άρα και το πόσο αργά ή γρήγορα θα περιστραφούν.
- **Κεντρικός άξονας κίνησης:** Είναι ο άξονας ο οποίος συνδέει την τροχαλία κίνησης με τον ένα οδοντωτό τροχό. Αξίζει να αναφερθεί ότι η προέκταση αυτού του άξονα

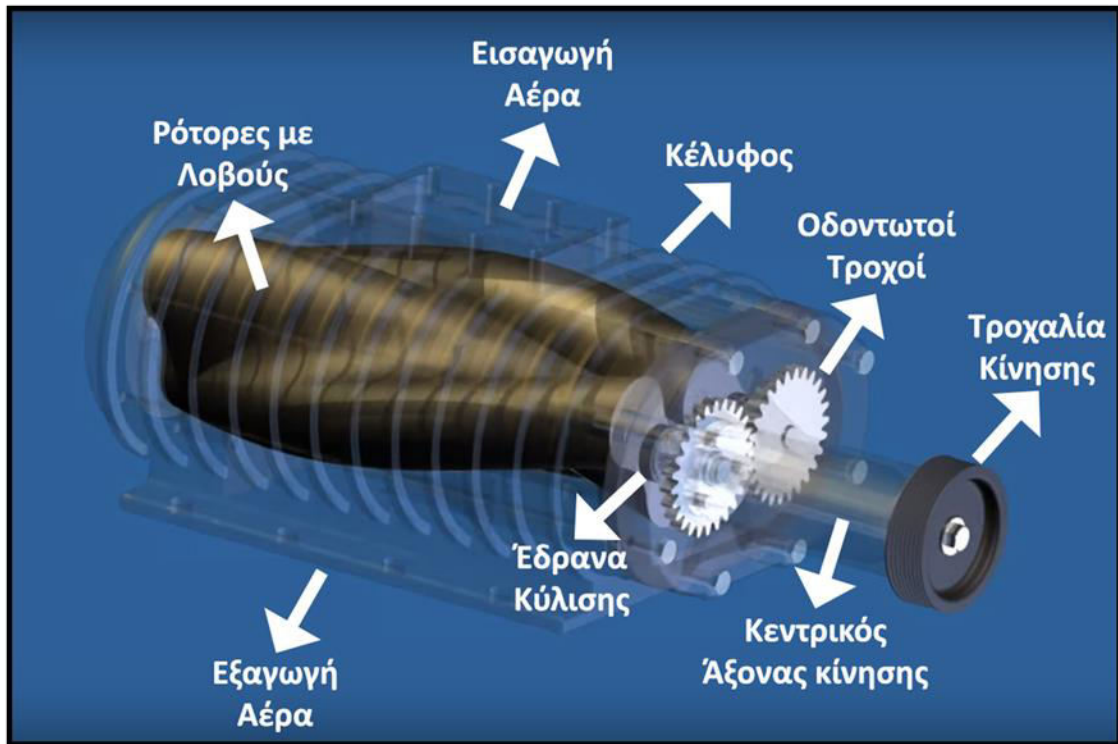
είναι και ο άξονας περιστροφής του ενός ρότορα. Ουσιαστικά πάνω σε αυτό τον άξονα εδράζονται η τροχαλία κίνησης, ο ένας οδοντωτός τροχός και ο ένας ρότορας.

- **Εξαγωγή αέρα:** Αυτό το σημείο συνδέεται με το υπόλοιπο κομμάτι της εισαγωγής του κινητήρα. Από εκεί ουσιαστικά εξέρχεται ο αέρας από τον συμπιεστή. Η διατομή του συνήθως είναι μεγαλύτερη από αυτή της εισαγωγής, γιατί θέλουμε να έχουμε αυξημένη πίεση του αέρα (νομός Bernoulli).

➤ ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

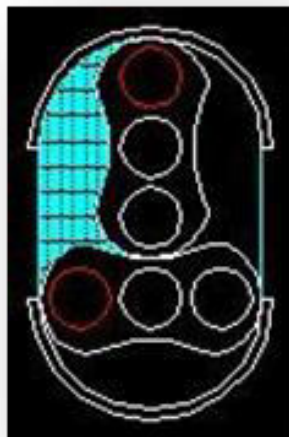
1. Περιστρεφόμενα πτερύγια πρώτου ρότορα
2. Κέλυφος αντλίας
3. Περιστρεφόμενα πτερύγια δεύτερου ρότορα
4. Εισαγωγή
5. Αντληση
6. Εξαγωγή αέρα

Στο γράφημα της επόμενης σελίδας μπορούμε να διακρίνουμε τα μέρη και στάδια λειτουργίας ενός ROOT συμπιεστή δυο λοβών.

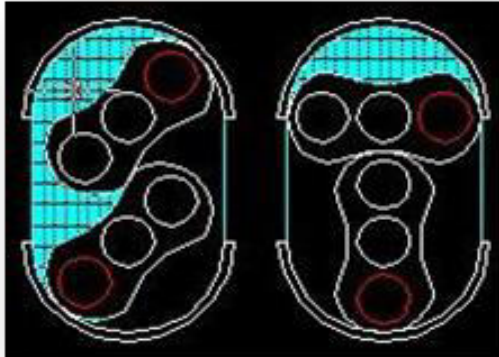


Πιο αναλυτικά:

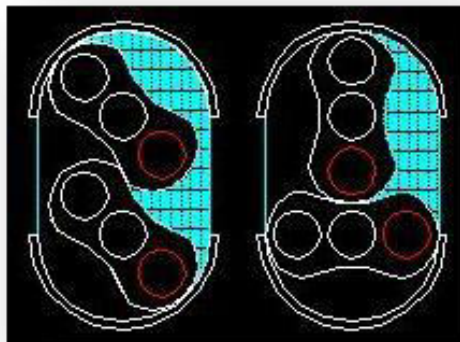
- Αρχικά στο πρώτο στάδιο έχουμε την εισαγωγή του αέρα μέσα στον συμπιεστή.



- Κατά το δεύτερο στάδιο και με την περιστροφή των ροτόρων, έχουμε την άντληση και «παγίδευση» του αέρα σε θυλάκια γύρω από τους λοβούς και το κέλυφος.



- Και το τρίτο και τελευταίο στάδιο έχουμε την εξαναγκασμένη εξαγωγή του αέρα από τον συμπιεστή προς την πολλαπλή εισαγωγής και τους κυλίνδρους.



*** Με παρόμοιο τρόπο λειτουργούν και οι συμπιεστές ROOTS με τρεις λοβούς

Κάποιες επιπλέον πληροφορίες...

Στους συμπιεστές τύπου ROOTS λόγω των διάκενων που παρουσιάζουν μεταξύ των ροτόρων τους, δημιουργείτε το φαινόμενο της ολίσθησης του αέρα. Αυτό έχει ως

αποτέλεσμα, αυτού του είδους οι συμπιεστές να μην χρησιμοποιούνται για την δημιουργία υψηλών πιέσεων.

Επίσης αξίζει να αναφερθεί ότι ο συμπιεστής τύπου ROOTS δεν συμπιέζει τον αέρα με μείωση του όγκου του, αντίθετα ο αέρας που παγιδεύεται στην κοιλάδα γύρω από τους λοβούς και τους κελύφους, απλά ωθείτε προς την έξοδο της διάταξης και η αύξηση της πίεσης επιτυγχάνεται λόγω ακριβώς της μεγάλης παροχής αέρα και των αντιστάσεων που συναντά στην ροή του ο αέρας μετά τον συμπιεστή (με το κλείσιμο των βαλβίδων εισαγωγής).

❖ Πλεονεκτήματα

- Μπορεί να «παράγει» ένα πολύ υψηλό όγκο αέρα
- Μικρό κόστος συντήρησης. Το μόνο που πιθανόν να χρειαστούν αντικατάσταση – αλλαγή, είναι το λάδι στο θάλαμο των οδοντωτών τροχών και το φίλτρο του εισαγόμενου αέρα. Το φίλτρο του εισαγόμενου αέρα είναι το ίδιο με το κεντρικό φίλτρο εισαγωγής, μιας και ελάχιστοι συμπιεστές έχουν ξεχωριστό φίλτρο αέρα.
- Ανθεκτικότητα, μιας και πρόκειται για μια συμπαγή κατασκευή χωρίς πολυπλοκότητα ως προς την κατασκευή της, η οποία λειτουργεί καθαρά με μηχανικό τρόπο.
- Προσαρμοστικότητα, μιας και οι συμπιεστές αυτού του τύπου κατασκευάζονται εδώ και πολλά χρόνια σύμφωνα με τυποποιημένα σχέδια. Έτσι, μπορούν να προσαρμοστούν σε πολλούς και διάφορους κινητήρες εύκολα και χωρίς πολλές τροποποιήσεις.

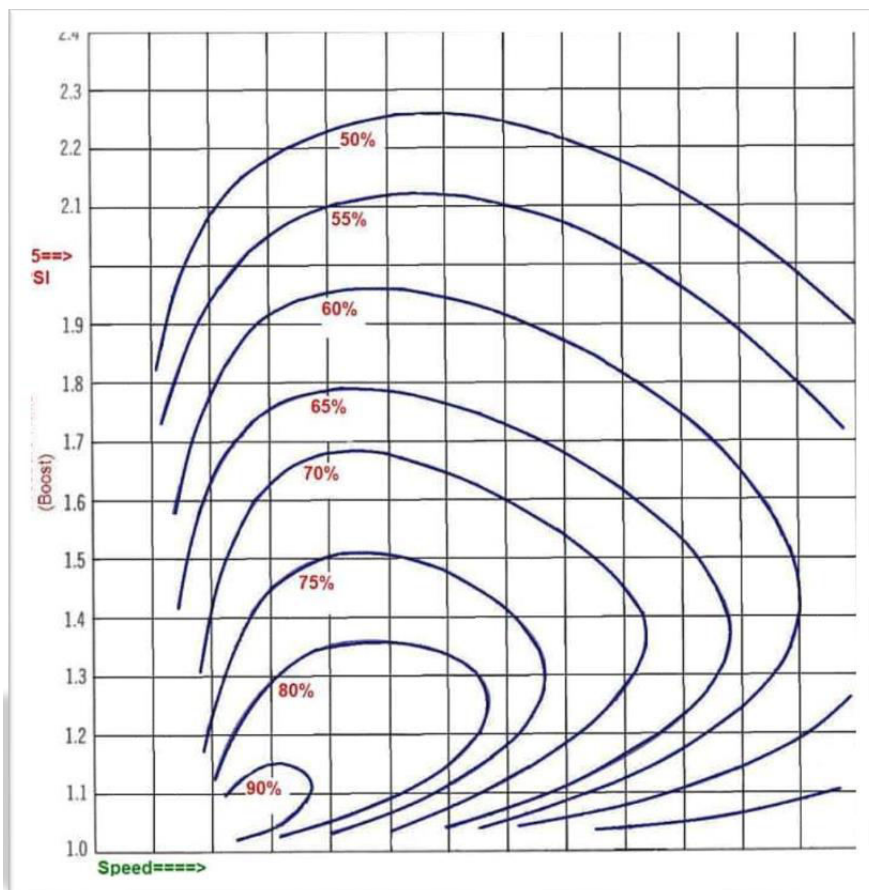
❖ Μειονεκτήματα

- Περιορισμένο εύρος πίεσης

- Λόγω του φαινομένου της ολίσθησης, δεν είναι και ο πιο αποτελεσματικός τρόπος συμπίεσης.
- Θορυβώδης, μιας και πρόκειται για συνεχόμενη επαφή μηχανικών μερών σε υψηλές ταχύτητες.

➤ ΧΑΡΤΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ ROOTS

Για κάθε συμπιεστή τύπου ROOTS, ο οποίος λειτουργεί υπό δεδομένες συνθήκες, υπάρχει ένα ενιαίο σημείο απόδοσης πάνω σε αυτό το χάρτη. Η τιμή του σημείου αυτού θα αυξηθεί με την αύξηση της πίεσης και θα κινηθεί προς τα δεξιά με την αύξηση της ταχύτητας των ροτόρων. Από το σχήμα παρακάτω διακρίνεται ότι σε μέτρια ταχύτητα και με χαμηλή πίεση η απόδοση μπορεί να είναι πάνω από 80%. Αυτή ήταν και η περιοχή λειτουργίας για την οποία προοριζόταν αρχικά αυτοί οι συμπιεστές.



Η πίεση δίνεται από την άποψη αναλογίας αέρα, η οποία είναι ο λόγος της απόλυτης πίεσης του αέρα κατά την εισαγωγή του στον συμπιεστή – πριν δηλαδή τους ρότορες – με την

απόλυτη πίεση του αέρα κατά την εξαγωγή του. Εάν δεν υπάρχει πίεση, η αναλογία πίεσης θα είναι 1, δηλαδή 1:1. Αξίζει να αναφερθεί αυτού του τύπου οι συμπιεστές έχουν ανώτατο όριο λειτουργίας έως 15 psi. Από το παραπάνω διάγραμμα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι για πίεση 15 psi – 1 bar περίπου – ατμοσφαιρική πίεση) έχουμε μια απόδοση της τάξεως περίπου το 55%.

Αλλαγές στην αποδοτικότητα θα έχουμε και αν αλλάξουμε το μέγεθος των λοβών των ροτόρων. Άμα αντικαταστήσουμε έναν ρότορα με μικρότερους λοβούς με έναν ρότορα με μεγαλύτερους λοβούς, θα παρατηρήσουμε πως το σημείο λειτουργίας θα μετακινηθεί προς τα αριστερά. Από αυτό μπορούμε να συμπεράνουμε ότι κρατώντας σταθερή την παροχή του αέρα, ένας ρότορας με μεγαλύτερους λοβούς – που θα χρειαστεί να κινείται με μικρότερη ταχύτητα ώστε να παρέχει τα ίδια ποσοστά αέρα – θα παρουσιάζει μεγαλύτερη απόδοση από έναν ρότορα με μικρότερους λοβούς.

2.5 ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗ (TURBO)

➤ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Ένα από τα πρώτα, αν όχι το πρώτο, δίπλωμα ευρεσιτεχνίας σχετικής με την υπερπλήρωση, ανήκει στους αδελφούς Philander και Francis Marion Roots της εταιρίας Roots Blower Company (με έδρα το Connersville στην πολιτεία της Indiana των Η.Π.Α.), οι οποίοι σχεδίασαν μία αντλία αέρα για χρήση σε υψικάμινους το 1860.

Ο πρώτος πλήρως λειτουργικός υπερπληρωτής σχεδιάστηκε από τον Dugald Clerk, ο οποίος τον χρησιμοποίησε στην πρώτη δίχρονη μηχανή εσωτερικής καύσης το 1878. Ο Gottlieb Daimler κατοχύρωσε με τη σειρά το Γερμανικό δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για την υπερπλήρωση κινητήρων εσωτερικής καύσης το 1885, ενώ ο Louis Renault σχεδίασε ένα φυγοκεντρικό υπερπληρωτή, τον οποίο και πατεντάρισε στη Γαλλία το 1902. Ένα από τα πρώτα υπερπληρούμενα αγωνιστικά αυτοκίνητα κατασκευάστηκε από τον Lee Chadwick στο Pottstown της Pennsylvania των Η.Π.Α το 1908. Το αυτοκίνητο φέρεται αν επιτύγχανε σε ταχύτητες της τάξεως των 160 χλμ/ώρα.

Τα πρώτα αυτοκίνητα μαζικής παραγωγής με υπερπλήρωση υπήρξαν τα Mercedes 6/25/40 hp και Mercedes 10/40/65 hp. Και τα δυο μοντέλα εισήλθαν στην αγορά το 1921 και είχαν υπερπληρωτές τύπου Roots. Απέκτησαν δε την ονομασία “Kompressor – από τον γερμανικό όρο για τον συμπιεστή – η οποία είναι μέχρι τις μέρες μας σε χρήση από τη Mercedes-Benz για μοντέλα της που εφαρμόζουν μηχανική υπερπλήρωση.

Στις 24 Μαρτίου του 1878, ο Heinrich Krigar από τη Γερμανία κατοχύρωσε την πατέντα #4121 για τον πρώτο κοχλιωτό συμπιεστή, ενώ αργότερα το ίδιο έτος (στις 16 Αυγούστου) έλαβε και την πατέντα #716 μετά από μετατροπές για τη βελτίωση της αρχικής του σχεδίασης. Τα σχέδιά του δείχνουν συναρμολόγηση με ρότορα διπλού λοβού με τους δυο κοχλίες να έχουν περίπου το ίδιο σχήμα.

Σχεδόν μισό αργότερα, το 1935, ο Alf Lysholm, εργαζόμενος της Σουηδικής εταιρίας Ljungstroms Angturbin AB (αργότερα γνωστή ως Svenska Rotor Maskiner AB και SRM από το 1951), κατοχύρωσε ευρεσιτεχνία υπερπλήρωσης με πέντε θηλυκούς και τέσσερις αρσενικούς ρότορες, καθώς επίσης και τη μέθοδο κατεργασίας του ρότορα αυτού του τύπου.

➤ ΕΙΔΗ ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

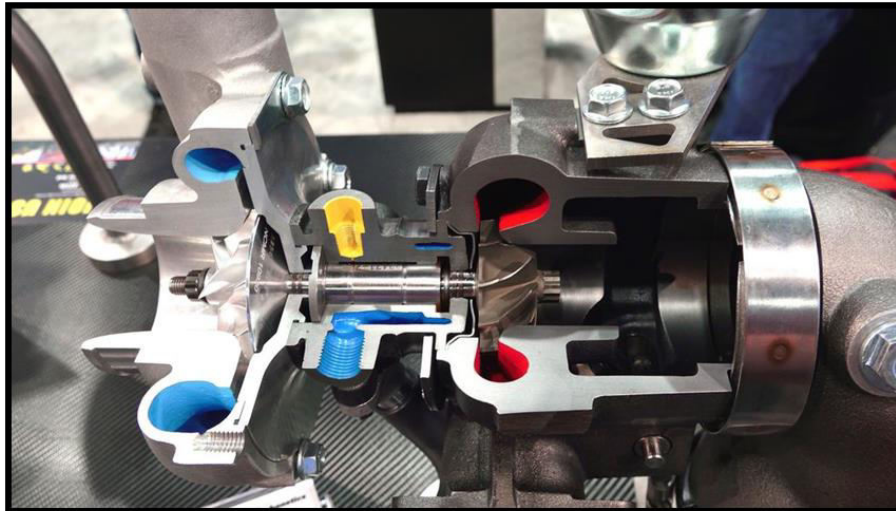
Ο κόσμος του υπερσυμπιεστή έχει περίπου τόση ποικιλία όσες και οι διατάξεις του κινητήρα.

Ας ρίξουμε μια ματιά στα διαφορετικά είδη:

- Single-turbo
- Twin-turbo
- Twin-Scroll Turbo
- Τουρμπίνα μεταβλητής γεωμετρίας
- Μεταβλητή τουρμπίνα διπλής κύλισης
- Ηλεκτρικό turbo

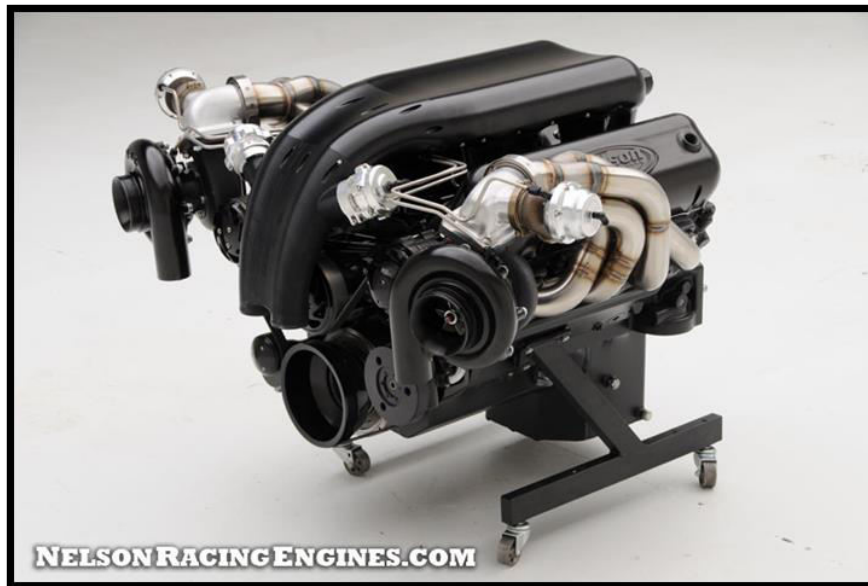
Single Turbo

Οι συγκεκριμένοι υπερσυμπιεστές έχουν απεριόριστες μορφές και είδη. Αλλάζοντας το μέγεθος της φτερωτής καυσαερίων αλλά και της φτερωτής εισαγωγής παράγονται τελείως διαφορετικά χαρακτηριστικά αναλογίας ροπών. Μεγάλης χωρητικότητας τούρμπο θα παρέχουν υψηλότερη ισχύ, αλλά μικρότερου μεγέθους τούρμπο θα παρέχουν περισσότερη και πιο άμεση ισχύ στις χαμηλές και μεσαίες στροφές λόγω του μικρού μεγέθους τους. Υπάρχουν, επίσης, ρουλεμάν έδρασης τα οποία μειώνουν τις τριβές και βοηθούν στην γρήγορη ανταπόκριση της τουρμπίνας. Ωστόσο τέτοιου είδους ρουλεμάν αυξάνουν το κόστος.



Twin Turbo

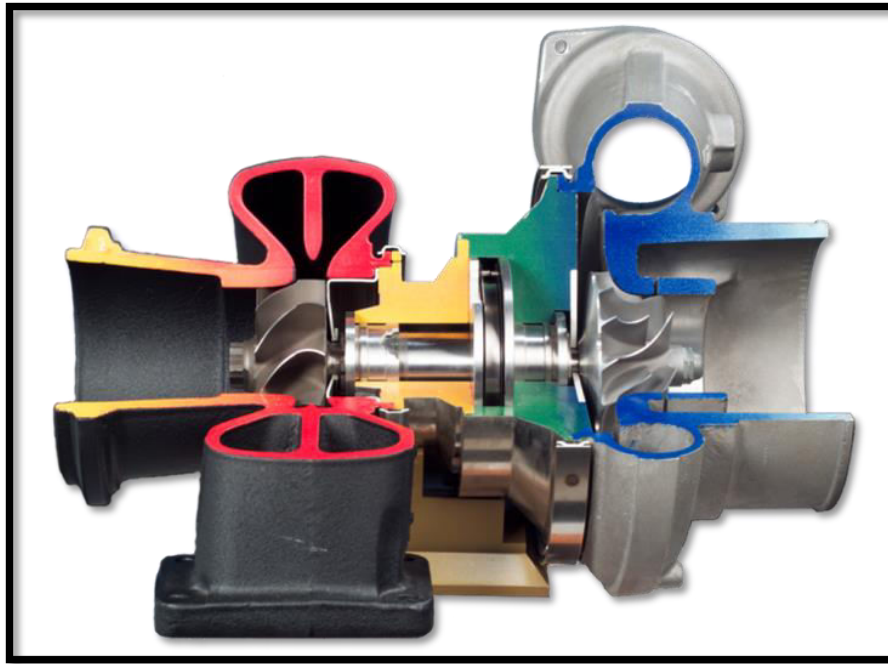
Ακριβώς όπως οι απλοί υπερσυμπιεστές, υπάρχουν πολλές επιλογές όταν χρησιμοποιούνται δυο υπερσυμπιεστές. Θα μπορούσε να υπάρχει ένας ενιαίος υπερσυμπιεστής για κάθε σειρά κυλίνδρων (V6, V8, κλπ). Εναλλακτικά, ένας μόνο υπερσυμπιεστής θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για χαμηλές στροφές και μέσω παράκαμψης να οδηγείται σε ένα μεγαλύτερο υπερσυμπιεστή υψηλών RPM (I4, I6, κλπ). Θα μπορούσε επίσης να υπάρχουν και δυο παρόμοιου μεγέθους τούρμπο, όπου ο ένας θα χρησιμοποιείται σε χαμηλές στροφές και οι δυο θα χρησιμοποιούνται σε υψηλότερες στροφές. Στην BMM X5 M και X6 M, τα turbo twin-scroll χρησιμοποιούνται, μία σε κάθε πλευρά του V8.



Twin-Scroll Turbo

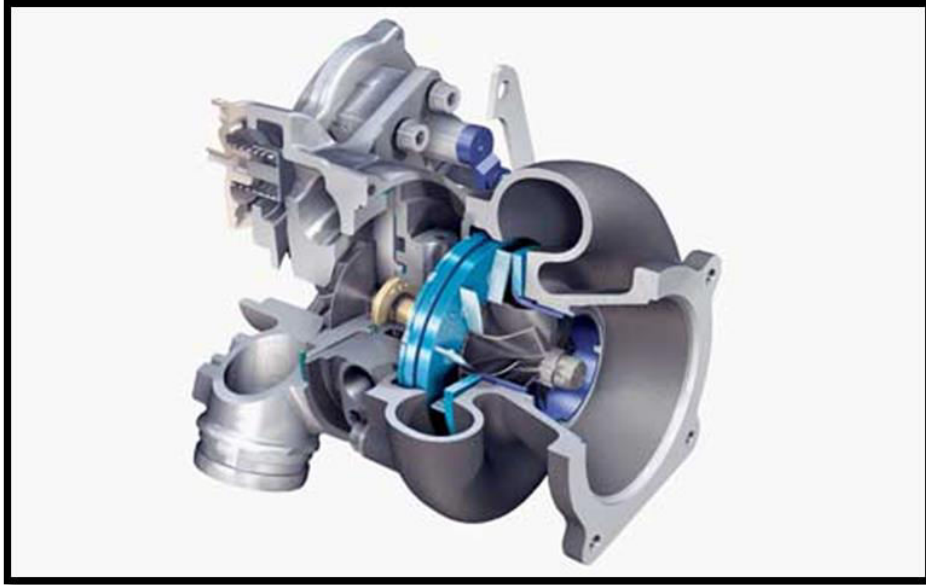
Οι υπερσυμπιεστές Twin-Scroll είναι καλύτεροι σχεδόν σε όλα από ό, τι το turbo μονής κύλισης. Με τη χρήση δυο κυλίσεων, οι παλμοί εξάτμισης διαιρούνται. Για παράδειγμα, σε τετρακύλινδρους κινητήρες (σειρά ανάφλεξης 1-3-4-2), οι κύλινδροι 1 και 4 μπορούν να τροφοδοτηθούν με τη μία κύλιση του turbo, ενώ οι κύλινδροι 2 και 3 τροφοδοτούνται σε ξεχωριστή κύλιση. Γιατί αυτό αποδίδει ποιο αποτελεσματικά; Δεδομένου ότι ο κύλινδρος 1 οδεύει στο τέλος της κίνησης ώθησης του καθώς το έμβολο πλησιάζει το κάτω νεκρό σημείο και η βαλβίδα εξαγωγής αρχίζει να ανοίγει. Καθώς αυτό συμβαίνει, ο κύλινδρος 2 τελειώνει τον χρόνο εξαγωγής των καυσαερίων, κλείνοντας τη βαλβίδα εξαγωγής και ανοίγοντας την βαλβίδα εισαγωγής.

Ωστόσο, παρουσιάζεται κάποιο «πρόβλημα». Σε μία κοινή πολλαπλή εξαγωγής καυσαερίων, η πίεση των καυσαερίων από τον κύλινδρο 1 θα παρεμβαίνει με τον κύλινδρο 2 καθώς απορροφά καθαρό αέρα, δεδομένου ότι και οι δυο βαλβίδες εξαγωγής είναι προσωρινά ανοιχτές, μειώνοντας την πίεση που φτάνει στο turbo και παρεμβαίνοντας στο πόσο αέρα απορροφά ο κύλινδρος 2. Διαιρώντας την κύλιση, το πρόβλημα αυτό εξαλείφεται.



Τουρμπίνα Μεταβλητής Γεωμετρίας

Όντας ίσως μια από τις πιο εξαιρετες μορφές υπερσυμπιεστή, οι VGTs έχουν περιορισμένη παραγωγή (αν και είναι αρκετά κοινά σε κινητήρες ντίζελ), ως αποτέλεσμα του κόστους και των σπάνιων απαιτήσεων υλικού. Τα εσωτερικά πτερύγια εντός του στροβυλοσυμπιεστή μεταβάλλουν την αναλογία περιοχής προς ακτίνα (A/R) για να ταιριάζει με την εκάστοτε RPM. Στις χαμηλές στροφές, η χαμηλή αναλογία A/R χρησιμοποιείται για την αύξηση της ταχύτητας των καυσαερίων και για να στροβιλίσουν γρήγορα το στροβυλοσυμπιεστή. Καθώς οι στροφές ανεβαίνουν, η αναλογία A/R αυξάνεται επιτρέποντας την αυξημένη ροή αέρα. Το αποτέλεσμα είναι χαμηλή υστέρηση turbo, ένα χαμηλό όριο ώθησης, καθώς και ένα ευρύ και ομαλό φάσμα ροπής.



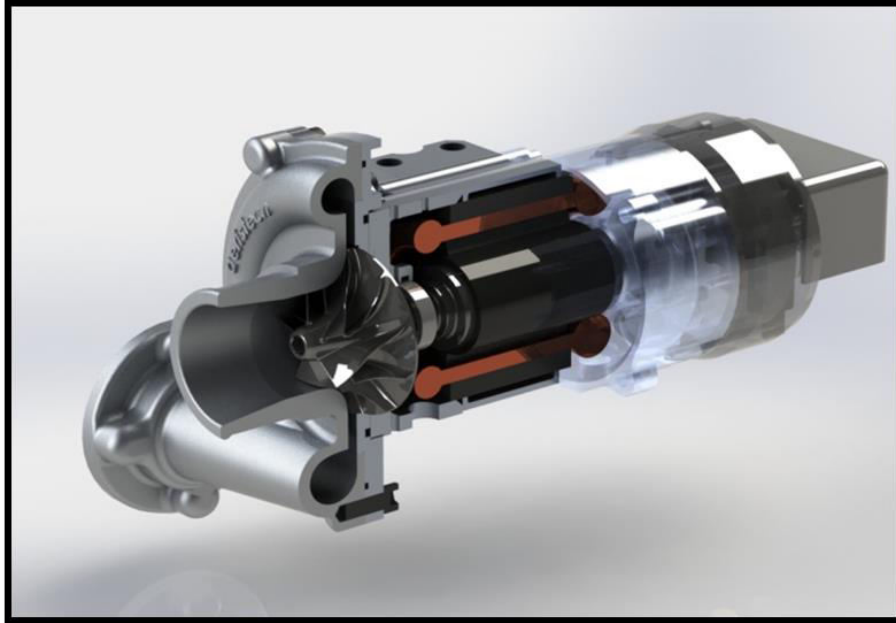
Μεταβλητή Τουρμπίνα Διπλής Κύλισης

Συναντήσαμε για πρώτη φορά την συγκεκριμένη τουρμπίνα η οποία συνδυάζει τις δυο παραπάνω τεχνολογίες στην έκθεση SEMA στο περίπτερο BorgWarner. Ωστόσο δεν διατίθεται ακόμη για ευρεία εφαρμογή. Θα μπορούσε αυτού του είδους η τουρμπίνα διπλής κύλισης να είναι η λύση που αναζητάμε;



Ηλεκτρικό Turbo

Τοποθετώντας ένα ισχυρό ηλεκτρικό μοτέρ στη θέση ενός υπερσυμπιεστή εξαλείφει σχεδόν όλα τα μειονεκτήματά του. Έτσι, εξαλείφονται προβλήματα όπως turbo lag που γίνονται αισθητά με τη χρήση ενός συμβατικού υπερσυμπιεστή.



ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΔΟΥΣ

ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΣΤΟΝ ΤΣΙ

ΚΙΝΗΤΗΡΑ

➤ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ο υπερσυμπιεστής turbo αποτελεί μαζί με την πολλαπλή εξαγωγής μια ενότητα. Λόγω των θερμοκρασιών των καυσαερίων που επικρατούν στην περιοχή και τα δυο αυτά μέρη είναι κατασκευασμένα από χυτοχάλυβα υψηλής αντοχής στις υψηλές θερμοκρασίες. Για να προστατεύεται η έδραση του άξονα από τις πολύ υψηλές θερμοκρασίες, ο υπερσυμπιεστής turbo έχει συμπεριληφθεί στο κύκλωμα ψύξεως.



➤ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Ένας κυκλοφορητής εμποδίζει έως και 15 λεπτά μετά το σβήσιμο του κινητήρα την υπερθέρμανση του υπερσυμπιεστή turbo, εμποδίζοντας έτσι τον σχηματισμό φυσαλίδων ατμού στο σύστημα ψύξεως. Για τη λίπανση, η έδραση του άξονα συνδέεται στο κύκλωμα λίπανσης. Επιπροσθέτως, στην μονάδα υπερσυμπιεστή turbo υπάρχει η ηλεκτρική βαλβίδα επανακυκλοφορίας για τον υπερσυμπιεστή turbo και ένα κουτί πίεσης για τον περιορισμό της πίεσης υπερπλήρωσης με την wastergate. Στους βενζινοκινητήρες έως τώρα το μίγμα εμπλουτίζεται πρώιμα λόγω των υψηλών θερμοκρασιών των καυσαερίων. Η πολλαπλής εξαγωγής του κινητήρα 1,4I TSI είναι κατασκευασμένη για θερμοκρασίες καυσαερίων έως τους 1050. Έτσι, ο κινητήρας μπορεί να λειτουργεί με υψηλή πίεση υπερπλήρωσης και σχεδόν σε όλες τις περιοχές του χαρτογραφημένου πεδίου με τιμή Λάμδα 1.

➤ ΣΥΣΤΗΜΑ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗ

Το αποτέλεσμα της τριβής είναι η φθορά των επιφανειών και η ανάπτυξη θερμότητας. Όλα τα παραπάνω αποφεύγονται με την παρεμβολή ενός λιπαντικού μέσου ανάμεσα στις επιφάνειες. Αυτό δημιουργεί ένα στρώμα, το οποίο δεν αφήνει τις συνεργαζόμενες επιφάνειες να έρθουν σε άμεση επαφή μεταξύ τους.

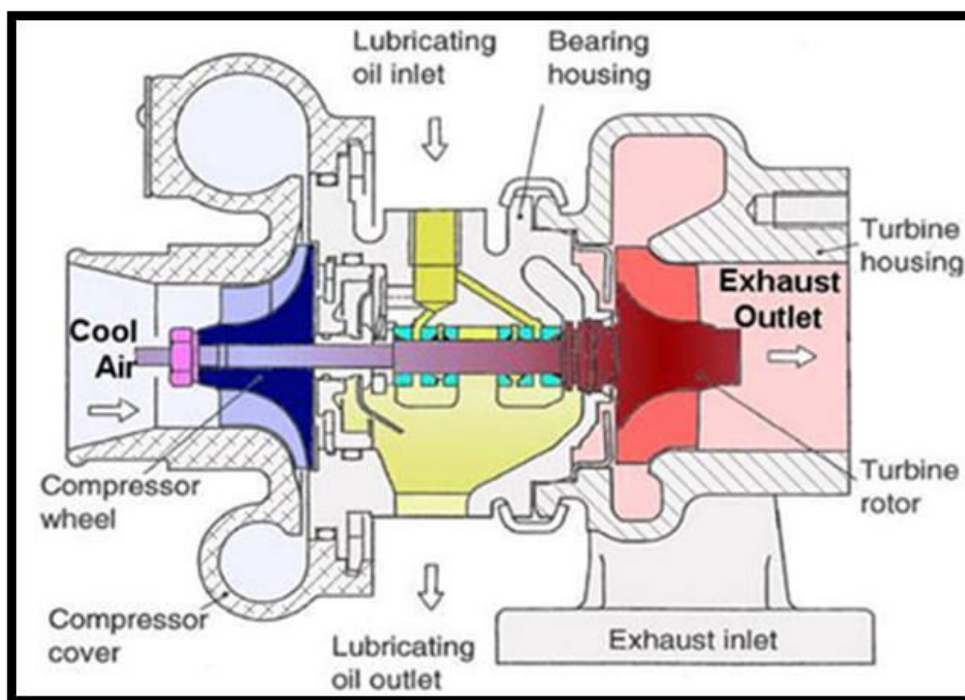
Ταυτόχρονα, ένας τετράχρονος κινητήρας αποτελείται από ένα πλήθος συνεργαζόμενων μερών, τα οποία απαιτούν λίπανση, δηλαδή την απαραίτητη ύπαρξη λιπαντικού ανάμεσα στις συνεργαζόμενες επιφάνειες, με οποιοδήποτε τρόπο και αν συνεργάζονται αυτές.

Κυλιόμενες επιφάνειες (π.χ. ρουλεμάν), τριβόμενες επιφάνειες (π.χ. κουζινέτα) ή επιφάνειες που συνεργάζονται μέσω πίεσης (π.χ. γρανάζια), κύκλωμα του υπερσυμπιεστή, όλα τα παραπάνω έχουν ανάγκη λίπανσης, έστω και υπό διαφορετικές συνθήκες. Έτσι, στα ρουλεμάν και στα γρανάζια αρκεί απλώς η ύπαρξη λιπαντικού στις επιφάνειές τους, το οποίο

μπορεί να φτάσει σε αυτά τα σημεία εκτοξευόμενο (ράντισμα) από κάποιο άλλο σημείο του κινητήρα. Αντίθετα, σε ένα κουζινέτο απαιτείται συνεχής ροή του λιπαντικού υπό πίεση για να υπάρξει σωστή λίπανση.

Το σύστημα λίπανσης ενός κινητήρα αυτοκινήτου αποτελείται από ένα πλήθος διόδων, μέσω των οποίων κινείται το λιπαντικό προς τα σημεία που απαιτούν λίπανση. Την κίνηση αυτή αναλαμβάνει η αντλία, η οποία τραβάει το λιπαντικό από το χώρο από αυτό φιλοξενείται (κάρτερ) και το σπρώχνει με πίεση να κινηθεί στους διόδους. Αφού το λιπαντικό περάσει από όλα τα σημεία του κινητήρα που απαιτούν λίπανση, επιστρέφει – συνήθως λόγω βαρύτητας – στο κάρτερ προκειμένου να το ξανατραβήξει η αντλία.

Επομένως, υπάρχει μια συνεχής ανακύκλωση της ίδια ποσότητας λιπαντικού. Εκτός από τα συνηθισμένα μέρη που περνάει η ροή του λαδιού εισέρχεται και επιπροσθέτως μέσω μεταλλικών σωλήνων στην τουρμπίνα. Η παρουσία του λαδιού εκεί είναι απαραίτητη για την ομαλή λειτουργία του υπερπληρωτή καθώς μειώνει τις τριβές και την θερμοκρασία κατά την λειτουργία. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να γίνεται τακτικός καθαρισμός και αλλαγή του λαδιού προκειμένου να μην χάνει τις ιδιότητες του και να εξασφαλίζεται η μακροχρόνια λειτουργία του υπερπληρωτή.



➤ ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ ΤΟΥ ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗ

Στους κινητήρες turbo χρησιμοποιείται ψύξη υπερπληρωσης αέρα/αέρα. Αυτό σημαίνει ότι ο αέρας υπερπληρωσης διέρχεται μέσω ενός ψυγείου και εκεί αποδίδει τη θερμότητα του στις ψήκτρες αλουμινίου. Αυτές με την σειρά τους ψύχονται από τον αέρα του περιβάλλοντος. Μόλις ο αέρας αναρρόφησης περάσει τον υπερσυμπιεστή turbo, είναι πολύ ζεστός. Κυρίως λόγω της διαδικασίας της συμπίεσης, αλλά και λόγω του πολύ καυτού υπερσυμπιεστή turbo, αναπτύσσεται μια θερμοκρασία έως και 200. Τότε ο αέρας έχει μικρότερη πυκνότητα και στους κυλίνδρους θα έφτανε λιγότερο οξυγόνο. Ψύχοντας τον αέρα σε μια θερμοκρασία λίγο πάνω από την θερμοκρασία περιβάλλοντος, αυξάνεται η πυκνότητά του και στους κυλίνδρους προσάγεται περισσότερο οξυγόνο. Επίσης, διά της ψύξεως μειώνεται η τάση για κρούσεις και η δημιουργία οξειδίων του αζώτου.

Τα συστήματα ψύξης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Σε αυτά που χρησιμοποιούν αέρα (αερόψυκτικοι κινητήρες) και αυτά που χρησιμοποιούν νερό (υδρόψυκτικοι κινητήρες). Οι σύγχρονοι κινητήρες ανήκουν στην δεύτερη κατηγορία και η λειτουργία τους βασίζεται στην κυκλοφορία ψυκτικού υγρού γύρω από τα θερμαινόμενα εξαρτήματα, έτσι ώστε να απορροφά γρηγορότερα η θερμότητά τους. Το ψυκτικό υγρό κυκλοφορεί μέσα από διόδους στο εσωτερικό του κινητήρα και στον υπερπληρωτή, απορροφά θερμότητα και καταλήγει στο ψυγείο, όπου αποβάλλει την θερμότητα στο περιβάλλον. Τη συνεχή κυκλοφορία του νερού φροντίζει η αντλία νερού η οποία παίρνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα μέσω του μάντα. Το ψυκτικό υγρό που χρησιμοποιείται είναι το νερό στ οποίο έχουν τοποθετηθεί ειδικά πρόσθετα αντιπηκτικά έστω ώστε να μειώνεται η θερμοκρασία πήξης του από τους 0, πολύ χαμηλότερα έτσι ώστε να μην υπάρχει περίπτωση το νερό να πήξει και να καταστρέψει τις σωληνώσεις.

Πέρα από την λειτουργία της ψύξης του κινητήρα το κύκλωμα του νερού περνάει από το καλοριφερ της καμπίνας, έτσι ώστε να ζεσταίνεται το χώρο αυτό. Έπειτα το κύκλωμα ολοκληρώνεται μέσω σωληνώσεων στο κεντρικό εξάρτημα που στεγάζει τα ρουλεμάν, τον άξονα και τις φτερωτές εισαγωγής καυσαερίων στην τουρμπίνα. Τέλος, μετά την εκκίνηση η

κυκλοφορία του νερού περιορίζεται στο εσωτερικό του κινητήρα και δεν περνάει από το ψυγείο. Η παρουσία του αντιψυκτικού υγρού είναι απαραίτητη προκειμένου να μην «καεί» ο υπερπληρωτής και γι' αυτό πρέπει να επιλέγεται το κατάλληλο αντιψυκτικό υγρό.



➤ INTERCOOLER

Το intercooler είναι μια συσκευή ανταλλαγής θερμότητας που χρησιμοποιείται σε αυτοτροφοδοτούμενα σύνολα. Η ενσωμάτωσή του στο σύστημα δεν είναι απαραίτητη καθώς υπάρχουν αρκετά υπερτροφοδοτούμενα μοντέλα που κυκλοφορούν χωρίς intercooler, αλλά σίγουρα είναι ευεργετική και ωφέλιμη για την απόδοση του κινητήρα. Μέσω ισοβαρούς ψύξης (ισοβαρής = σταθερή πίεση) επιτυγχάνει αύξηση της πυκνότητας του συμπιεσμένου από τον turbo και κατά συνέπεια βελτιώνει την ογκομετρική απόδοση του κινητήρα.

Ο κρύος αέρας εκτός από μεγαλύτερη πυκνότητα (μάζα ανά μονάδα όγκου), φέρει και μεγαλύτερη ικανότητα για αντίσταση στην προανάφλεξη. Αυτή ακριβώς η ιδιότητα δίνει στον εκάστοτε προγραμματιστή της ECU του αυτοκινήτου την δυνατότητα να είναι ελαφρ'ώς πιο «τολμηρός» όσον αφορά τους χάρτες προπορείας και ανάφλεξης με άμεσο κέρδος στην απόδοση του κινητήρα ενώ παράλληλα αφαιρεί την ανάγκη για ψύξη του εισερχομένου αέρα με ψεκασμό επιπλέον καυσίμου με οφέλη τόσο στην κατανάλωση όσο και στην απόδοση. Το μοναδικό αρνητικό που μπορεί κάποιος να πει ότι έχει η χρήση του intercooler είναι μια μικρή πτώση στην πίεση η οποία είναι αποτέλεσμα της ροής του αέρα από τις επιπλέον σωληνώσεις. Ωστόσο αν το intercooler είναι κατασκευασμένο σωστά, η πτώση της θερμοκρασίας που επιφέρει, υπερκαλύπτει την απώλεια στην πίεση.

Οι δυο κύριες κατηγορίες intercooler είναι τα αερόψυκτα (air-to-air) και τα υδρόψυκτα (air-to-liquid) intercoolers. Η διαφορά τους είναι εμφανής: η πρώτη κατηγορία χρησιμοποιεί τον αέρα ως ψυκτικό μέσο ενώ η δεύτερη κατηγορία χρησιμοποιεί κάποιο είδους υγρό (συνήθως νερό από το ψυκτικό κύκλωμα του κινητήρα). Τα πλεονεκτήματα που φέρουν τα υδρόψυκτα σε σχέση με τα αερόψυκτα είναι ότι λόγω του μικρότερου μήκους των σωληνώσεων αλλά και του intercooler γενικότερα, προσφέρει ταχύτερη απόκριση (λιγότερο turbo lag) και ταχύτερη απόδοση μέγιστης πίεσης.

Από εκεί και πέρα, τα intercoolers διαφοροποιούνται όσον αφορά το μέρος τοποθέτησής τους.

Έτσι, προκύπτουν τα εξής είδη intercooler:

- Side mounted intercoolers: η συσκευή intercooler είναι τοποθετημένη στο πλάι της μάσκας του αυτοκινήτου. Συνήθως εμπρός από τον τροχό για να ψύχεται από τον αέρα που το χτυπάει. Κύριοι εκπρόσωποι αυτή της κατηγορίας intercooler είναι κάποια VW αλλά και το Audi TT.
- Front mounted intercoolers: η συσκευή intercooler είναι τοποθετημένη στο κέντρο της μάσκας του αυτοκινήτου. Κύριοι εκπρόσωποι αυτής της κατηγορίας intercooler είναι το Nissan Skyline, Mitsubishi Lancer Evolution κ.α.
- Top mounted intercoolers στα οποία το intercooler είναι τοποθετημένο ακριβώς επάνω από τον κινητήρα.



ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΤΟΥ ΕΙΣΑΓΟΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΤΩΝ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

Το turbo δεν είναι τίποτα παραπάνω από μια μηχανική αντλία δυο διαμερισμάτων. Το ένα διαμέρισμα συγκεντρώνει τα καυσαέρια από τον κινητήρα και τα καθοδηγεί στην τουρμπίνα για να την περιστρέψει. Το housing της τουρμπίνας είναι κατασκευασμένο από κάποιο εξαιρετικά ανθεκτικό υλικό για να αντέχει τις πιέσεις αλλά και τις πολύ υψηλές θερμοκρασίες στις οποίες εκτίθεται, συνήθως αυτό είναι το μαντέμι.

Το άλλο διαμέρισμα φιλοξενεί την φτερωτή του συμπιεστή ενώ το housing του, είναι συνήθως κατασκευασμένο από κάποιο αλουμινίου και ο ρόλος του είναι να μαζεύει ον συμπιεσμένο αέρα και να τον οδηγεί στην μηχανή. Τα δυο αυτά διαμερίσματα ενώνονται από το κεντρικό τμήμα του turbo που περιλαμβάνει άξονες και έδρανα για την ομαλή περιστροφή του άξονα, την είσοδο και την έξοδο του λαδιού – για την σωστή λίπανση του turbo – αλλά και κάποιες θερμοασπίδες για την προστασία του συμπιεστή από την μεταφορά θερμότητας ανάμεσα στα μέταλλα.

Όμως, όσο απλός και αν είναι ο σχεδιασμός και η αρχή λειτουργίας ενός turbo, δεν μπορούμε να τοποθετήσουμε ένα στο κινητήρα μας και αυτομάτως να έχουμε λίγα ή πολλά παραπάνω άλογα. Πρέπει να συνοδεύεται από κάποια περιφερειακά τα οποία είτε το ελέγχουν είτε το περιορίζουν αλλά σίγουρα φροντίζουν για την ομαλή λειτουργία του κινητήρα μας. Τα κυριότερα περιφερειακά είναι τρία:

1. Wastegate
2. Blow-off βαλβίδα ή αλλιώς σκάστρα και το
3. Intercooler

WASTEGATE

Η wastegate είναι by pass βαλβίδα που παρακάμπτει την τουρμπίνα. Από την ανάλυση του turbo που κάναμε προηγουμένως, είναι φανερό ότι η πίεση υπερπλήρωσης μεγαλώνει όσο μεγαλώνουν οι στροφές του κινητήρα. Αυτό όμως δεν μπορεί να συνεχιστεί επ' άπειρον, καθώς τόσο ο κινητήρας όσο και το turbo μπορούν να αντέξουν ορισμένη πίεση. Εκεί λοιπόν είναι αναγκαία η wastegate. Ο έλεγχος της γίνεται με ένα πνευματικό actuator – ενεργοποιητή που είναι συνδεδεμένο με την πολλαπλή εισαγωγής και ένα ελατήριο. Το ελατήριο διατηρεί την wastegate κλειστή ενώ το πνευματικό έμβολο επιχειρεί αν την ανοίξει. Όσο η πίεση βρίσκεται σε λογικά επίπεδα, η δύναμη που ασκεί ο actuator δηλαδή ο ενεργοποιητής, δεν είναι αρκετή για να παρακάμψει την αντίσταση του ελατηρίου. Προφανώς μόλις η δύναμη του ενεργοποιητή ξεπεράσει την αντίσταση του ελατηρίου τότε ανοίγει η βαλβίδα και τα καυσαέρια παρακάμπτουν την φτερωτή της τουρμπίνας, ελαττώνοντας την πίεση υπερπλήρωσης (τα καυσαέρια που παράκαμψαν την ρουτίνα μπορεί να καταλήξουν είτε απευθείας στο περιβάλλον είτε ξανά στην εξάτμιση). Όσο οι ιπποδυνάμεις ανεβαίνουν τόσο πιο πιθανή είναι η πρώτη λύση.



Οι wastegates χωρίζονται σε δυο κατηγορίες, τις εξής:

- ✓ Τις internal που αποτελούν μέρος του turbo και
- ✓ Τις external που είναι εντελώς ξεχωριστά εξαρτήματα

Η λειτουργία και των δυο είναι παρόμοια ωστόσο οι external έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα και κάποιες ιδιαιτερότητες. Καταρχάς, η τοποθέτηση external wastegate συνήθως απαιτεί χειροποίητη πολλαπλή εξαγωγή με ξεχωριστό σωλήνα που θα πηγαίνει προς αυτής. Δεύτερον, είναι αρκετά μεγαλύτερες από τις internal wastegate επειδή δεν υπάρχει ο περιορισμός της ενσωμάτωσης στο turbo κάτι όμως που τις καθιστά δύσχρηστες σε μικρά μηχανοστάσια. Από εκεί και πέρα οι external wastegate εμφανίζουν μόνο πλεονεκτήματα καθώς οι external wastegates είναι πολύ πιο ακριβείς στον έλεγχο και στον περιορισμό της πίεσης υπερπλήρωσης – ιδιαίτερα όταν αυτές συνεργάζονται με ηλεκτρονικό boost controller. Ταυτόχρονα μας παρέχουν την δυνατότητα – ακριβώς επειδή δεν είναι δομικό μέρος του turbo – να χρησιμοποιήσουμε turbo με μικρότερο A/R housing τουρμπίνας για ελαχιστοποίηση του lag.



BLOW-OFF VALVE

Αυτού του είδους η βαλβίδα - γνωστή στην αργκό και ως σκάστρα - τοποθετείται στην έξοδο του συμπιεστή και στην πεταλούδα του γκαζιού. Ο σκοπός της ύπαρξής της είναι η εκτόνωση του περισσευούμενου συμπιεσμένου αέρα όταν κλείνει η πεταλούδα του γκαζιού. Εξαιτίας της αδράνειας της φτερωτής του turbo κατά την μετάβαση από επιτάχυνση σε κλειστή πεταλούδα γκαζιού - για παράδειγμα κατά το ανέβασμα ταχύτητας στο κιβώτιο - αυτό εξακολουθεί να στέλνει συμπιεσμένο αέρα προς τον κινητήρα. Όμως, η κλειστή

πεταλούδα τον εμποδίζει από το να εισέλθει στην πολλαπλή εισαγωγής, η πίεση στο σύστημα εισαγωγής αυξάνεται επικίνδυνα και ένα κενό δημιουργείται στην άλλη πλευρά της πεταλούδας.

Η χρησιμότητα της blow-off βαλβίδας είναι να ανιχνεύει αυτό το κενό και μηχανικά να ανοίγει εκτονώνοντας την πίεση. Αν δεν υπήρχε η blow-off βαλβίδα τότε το turbo θα εισέρχονταν σε κατάσταση surge. Κατάσταση surge έχουμε όταν η πίεση αμέσως μετά τον συμπιεστή του turbo είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη πίεση που μπορεί να παράγει ο συμπιεστής. Αυτό προκαλεί την ροή του αέρα να «οπισθοδρομήσει», να αυξηθεί περαιτέρω η πίεση και να καθυστερεί ο συμπιεστής. Σε ακραίες περιπτώσεις, ή σε επανειλημμένη καθυστέρηση, τα ρουλεμάν της φτερωτής μπορεί να καταστραφούν ή ακόμα και να ραγίσει το housing του συμπιεστή.

Ένα μειονέκτημα της σκάστρας είναι ότι εκτονώνει τον αέρα στην ατμόσφαιρα. Αυτό προκαλεί ένα μπερδέμα στον MAF σένσορα ο οποίος δίνει σήμα στον εγκέφαλο ότι αυτός ο αέρας θα πάει προς τη μηχανή ο οποίος με τη σειρά του στέλνει επιπλέον καύσιμο μέσω των μπεκ. Ο αέρας ωστόσο «πλανάται» στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα να υπάρχει περίσσεια καύση επομένως αυτή η περίσσεια παγαίνει άκαυτη προς την εξάτμιση. Αυτός είναι και ο λόγος που βλέπουμε ορισμένα βελτιωμένα αμάξια στο άφημα του γκαζιού να εκτοξεύουν φλόγες μισού μέτρου από την εξάτμιση.

Από την άλλη πλευρά υπάρχουν και οι «εκτροπές» - diverters ή by-pass βαλβίδες.

Αυτοί, σε αντίθεση με τις απλές σκάστρες που εκτονώνουν στον αέρα στην ατμόσφαιρα, παίρνουν αυτό τον αέρα και τον καθοδηγούν πίσω από τον συμπιεστή. Με αυτή την κίνηση, η ροή του αέρα διατηρείται σταθερή, η φτερωτή επιβραδύνει σταδιακά και ο MAF σένσορας λειτουργεί κανονικά χωρίς μπερδέματα. Κάποιοι αναφέρονται σε



αυτού του είδους τις βαλβίδες ως σκάστρες κλειστού τύπου – λόγω της έλλειψης του χαρακτηριστικού ήχου0 χωρίς ωστόσο αυτό το όνομα να είναι απολύτως σωστό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3⁰

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗΣ ΜΕ

ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗ

Μηχανική υπερπλήρωση ROOT ή Στροβιλοσυμπιεστής;

Πρόκειται για τις πιο διαδεδομένους τρόπους υπερπλήρωσης μιας μηχανής εσωτερικής καύσης. Δεν μπορούμε να ισχυρισθούμε με βεβαιότητα ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος υπερπλήρωσης αφού κάθε πλευρά έχει τόσο τα θετικά όσο και τα αρνητικά της. Στην παρούσα εργασία θα επιχειρήσουμε να αναλύσουμε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε υπερπλήρωσης αφήνοντας στην κρίση του καθενός το τελικό συμπέρασμα για το ποιος είναι ο καταλληλότερος τρόπος υπερπλήρωσης και για ποιο λόγο είναι καλύτερος...



3.1 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗ

ROOT

ΘΕΤΙΚΑ

- **Άμεση ανταπόκριση:** Οι μηχανικοί υπερπληρωτές λόγω της άμεσης σύνδεσης τους με τον στροφαλοφόρο άξονα, αρχίζουν να αποδίδουν ακριβώς την ίδια στιγμή κατά την οποία ξεκινά να λειτουργεί και ο κινητήρας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την υπερπλήρωση του κινητήρα άρα και την αύξηση της ισχύς του από το «ξεκίνημά» του.
- **Αναλογικότητα:** Εξαιτίας της άμεσης σύνδεσης με τον στροφαλοφόρο άξονα, έχουμε αναλογική αύξηση στροφών μεταξύ στροφών κινητήρα και φτερωτών μηχανικού υπερπληρωτή, το οποίο οφείλεται και στην σταθερή σχέση μετάδοσης. Έτσι, με την αύξηση των στροφών του κινητήρα έχουμε αναλογική αύξηση και της πίεσης.
- **Ανθεκτικότητα:** Πρόκειται για μια συμπαγής κατασκευή, λόγω των υλικών κατασκευής και λόγω της ανθεκτικότητας της οποίας υστερούν.
- **Απλότητα:** Πρόκειται για μια απλή κατασκευή, η οποία αποτελείται από λίγα εξαρτήματα τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με τον πιο απλό τρόπο που μπορεί να ορίσει η αρχή των στοιχείων των μηχανών.
- **Μικρό κόστος συντήρησης:** Πρόκειται για το αποτέλεσμα των δύο προαναφερθέντων θετικών στοιχείων. Η ανθεκτικότητα και η απλότητα της κατασκευής καθιστά ουσιαστικά την συντήρηση όχι και τόσο αναγκαία. Σαφώς και χρειάζεται συντήρηση, αλλά το μεγάλο χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από το πρώτο ή προηγούμενο service μέχρι το επόμενο service σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος των ανταλλακτικών οδηγούν στο παραπάνω συμπέρασμα.

- **Εύκολη συντήρηση:** Παράλληλα με το χαμηλό κόστος συντήρησης, αυτό το είδος μηχανικής υπερπλήρωσης παρουσιάζει και εύκολη συντήρηση. Πρόκειται για ένα μονοκόμματο εξάρτημα το οποίο συνδέεται εύκολα με την μηχανή σε κάποιο εξωτερικό σημείο της, κάτι το οποίο το καθιστά εύκολα προ βάσιμο από τον έκαστο μηχανικό. Επίσης πρόκειται για μια κατασκευή με μεγάλα χειροπιαστά εξαρτήματα τα οποία μπορούν εύκολα να αντικατασταθούν, ακόμη και να επισκευαστούν.

ΑΡΝΗΤΙΚΑ

- **Αντιφατική λειτουργία:** Ο μηχανικός υπερπληρωτής τύπου ROOT και γενικότερα όλοι οι υπερπληρωτές που παίρνουν κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα παρουσιάζουν μια αντιφατική λειτουργία. Ενώ η λειτουργία τους είναι να αυξάνουν την ισχύ της ΜΕΚ μέσω της συμπίεσης του αέρα, για να το κάνουν αυτό παίρνουν ένα μέρος της ισχύς εξόδου του κινητήρα για την δική τους κίνηση. Κατά αυτό τον τρόπο οι μηχανικοί υπερπληρωτές καταναλώνουν έως και το 15% της εξαγόμενης ισχύς από τον κινητήρα. Άρα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι μηχανικοί υπερπληρωτές αυξάνουν την ισχύ του κινητήρα «μειώνοντάς» την.
- **Αυξημένη κατανάλωση καυσίμου:** Εκτός της αυξημένης κατανάλωσης καυσίμου λόγω της υπερπλήρωσης, οι μηχανές εσωτερικής καύσης οι οποίες έχουν μηχανικούς υπερπληρωτές καταναλώνουν περισσότερο καύσιμο λόγω της ενέργειας που σπαταλάει ο μηχανικός υπερπληρωτής για να κινηθεί. Ουσιαστικά η περεταίρω κατανάλωση καυσίμου οφείλεται στην αντιφατική λειτουργία που περιγράψαμε πιο άνω.
- **Μέγεθος, βάρος:** Ο συγκεκριμένος τύπος μηχανικού υπερπληρωτή λόγω των ογκώδη εξαρτημάτων που έχει, φέρει ως τελικό αποτέλεσμα είναι τη δημιουργία ενός σχετικά μεγάλου και βαρύ μηχανισμού (στα δεδομένα του κινητήρα) κάτι το οποίο

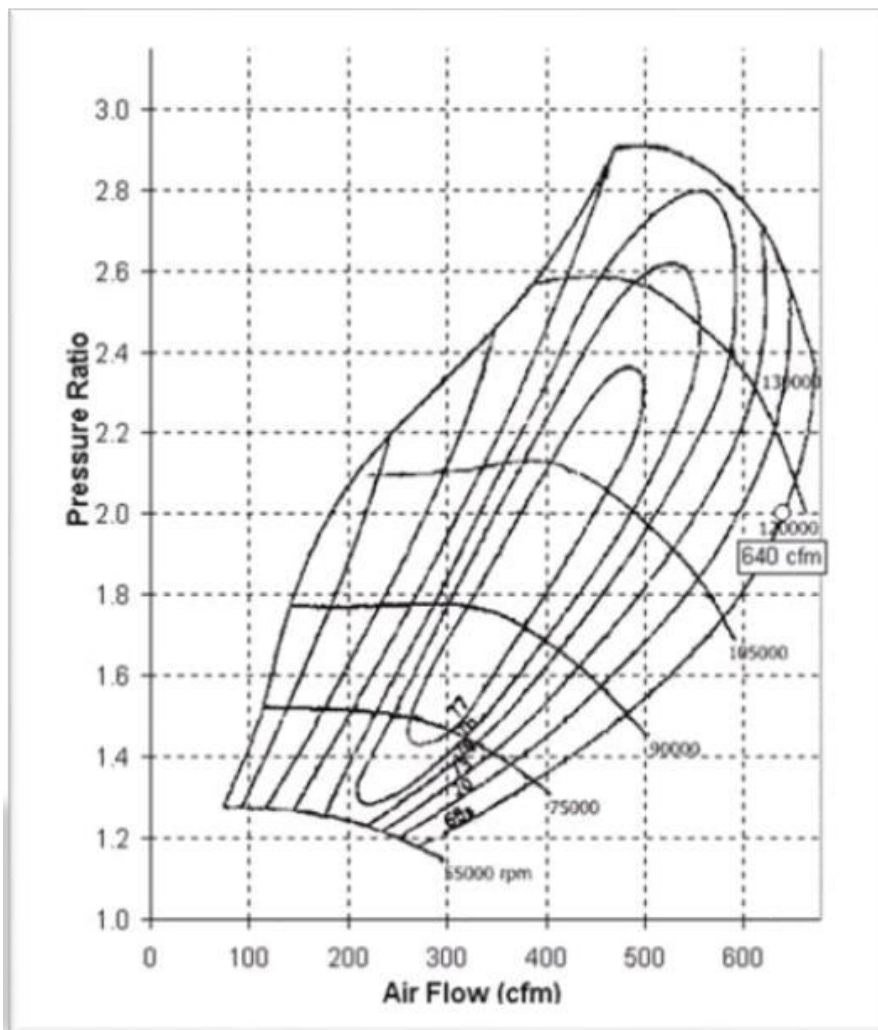
δημιουργεί παράλληλα και πρόβλημα στον σχεδιασμό του χώρο τοποθέτησης του κινητήρα.

- **Θόρυβος:** Ένα ακόμη μειονέκτημα το οποίο παρουσιάζει ο συγκεκριμένος μηχανικός συμπιεστής είναι ο θόρυβος και αυτό γίνεται λόγω της επαφής πολλών μηχανικών μερών. Η σύμπλεξη των οδοντωτών τροχών κίνησης καθώς και η επαναλαμβανόμενη οριακή μεν επαφή των λοβών μεταξύ τους οδηγεί σε ένα θορυβώδη αποτέλεσμα, όχι και τόσο ευχάριστο.
- **Περιορισμένο εύρος πίεσης:** Η κατασκευή του μηχανικού υπερπληρωτή τύπου ROOT σε συνδυασμό με τον τρόπο λειτουργίας του οδηγεί σε παροχή πίεσης ‘έως 1,1 bar περίπου, και αυτό με λιγοστή απόδοση (50 περίπου).
- **Φαινόμενο ολίσθησης:** Πρόκειται για ένα φαινόμενο που παρατηρείται κτά την περιστροφή των λοβών. Ένα μέρος του αέρα διαφεύγει προς τα πίσω, μέσω των διάκενων που σχηματίζουν μεταξύ τους οι λοβοί. Αυτό το φαινόμενο μειώνει ακόμη περισσότερο την απόδοση των μηχανικών υπερπληρωτών τύπου ROOT.

3.2 ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ

ΘΕΤΙΚΑ

- **Μεγάλο εύρος πίεσης:** Οι στροβιλοσυμπιεστές λόγω του σχεδιασμού τους μπορούν να παράγουν πίεση πάνω από τα δυο bar.
- **Απόδοση:** Οι στροβιλοσυμπιεστές έχουν υψηλή αποδοτικότητα κατά τη διάρκεια αύξησης της ταχύτητας της φτερωτής (η οποία σχετίζεται με την αύξηση της ταχύτητας του κινητήρα. Επομένως όσο αυξάνεται η ταχύτητα τόσο αυξάνεται και η απόδοση του στροβιλοσυμπιεστή καθώς και η πίεση που παράγει. Αυτό συμβαίνει έως ένα όριο.



- **Εύκολα διαχειρισίμο:** Με την πάροδο του χρόνου τροποποιήθηκε αρκετά ο εσωτερικός σχεδιασμός των στροβιλοσυμπιεστών που σε συνδυασμό με διάφορα περιφερειακά συστήματα που προσαρμόζονται πάνω στον στροβιλοσυμπιεστή, έχουν οδηγήσει στο εξής αποτέλεσμα: Η εξαγόμενη πίεση προς τον χώρο καύσης να είναι πλήρως ελεγχόμενη.
- **Χρήση καυσαερίων:** Οι στροβιλοσυμπιεστές δεν παίρνουν κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα αλλά από τα καυσαέρια. Κατά αυτόν τον τρόπο δεν έχουμε κατανάλωση ισχύος και καυσίμων από τον κινητήρα για την λειτουργία του στροβιλοσυμπιεστή.
- **Maxi dyne:** Με τον όρο αυτό εννοούμε την χαρακτηριστική ροπή ενός κινητήρα, η οποία με την χρήση turbo μπορεί να βελτιωθεί. Ουσιαστικά δίνει την δυνατότητα στον κινητήρα να παράγει πολύ υψηλή ροπή σε χαμηλές στροφές.
- **Μειωμένος θόρυβος:** Λόγω της ιδιαίτερα λεπτομερειακής κατασκευής και λόγω του γεγονότος ότι έχουμε ελάχιστα μηχανικά μέρη που έρχονται σε επαφή, οι στροβιλοσυμπιεστές είναι λιγότερο θορυβώδεις από τους μηχανικούς υπερπληρωτές τύπου ROOT.

ΑΡΝΗΤΙΚΑ

- **Πολύπλοκη κατασκευή:** Οι στροβιλοσυμπιεστές αποτελούνται από πολλά και μικρά εξαρτήματα, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με ιδιαίτερο τρόπο. Επιπροσθέτως για να έχουμε θετικά αποτελέσματα, στους στροβιλοσυμπιεστές προσαρμόζονται και πολλά περιφερειακά εξαρτήματα κάτι το οποίο καθιστά την κατασκευή ιδιαίτερα πολύπλοκη.
- **Δύσκολη συντήρηση:** Αυτό οφείλεται στην πολυπλοκότητα της κατασκευής που αναφέραμε και παραπάνω.
- **Μεγάλο κόστος συντήρησης:** Οι στροβιλοσυμπιεστές θέλουν συντήρηση πιο τακτικά από τους μηχανικούς υπερπληρωτές τύπου ROOT λόγω των υψηλών θερμοκρασιών και

καταπονήσεων που δέχεται, γεγονός που αυξάνει και το συνολικό κόστος συντήρησης. Σε αυτό πρέπει να προσθέσουμε και το υψηλό κόστος των ανταλλακτικών.

- **Turbo lag:** Πρόκειται για ένα σύνηθες πρόβλημα που συναντάμε στους στροβιλοσυμπιεστές. Ουσιαστικά αναφερόμαστε στον χρόνο που κάνει να «γεμίσει» το εκάστοτε turbo. Κάθε στροβιλοσυμπιεστής ανάλογα με το μέγεθος του και τον τύπο των φτερωτών που φέρει, κάνει κάποιο ορισμένο χρόνο μέχρι να αποκτήσει την κατάλληλη ταχύτητα ώστε να προσφέρει την απαραίτητη πίεση στον κινητήρα. Ωστόσο σε αυτό το χρονικό διάστημα τα καυσαέρια βλέπουν τον στροβιλοσυμπιεστή ως εμπόδιο, κάτι που επιβραδύνει την έξοδο τους από τον κινητήρα, με αποτέλεσμα να τον «μπουκώσει».
- **Περίσσεια στρόφων:** Οι φτερωτές των στροβιλοσυμπιεστών έχουν την δυνατότητα να περιστρέφονται με πάνω από 150000 rpm. Ύστερα από ένα σημείο όμως οι στροβιλοσυμπιεστές παύουν να παράγουν πίεση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο αέρας που αντλεί ο στροβιλοσυμπιεστής «περιπλέκεται» παράγοντας εσωτερικούς στροβιλισμούς, γεγονός που δημιουργεί φραγμούς στην άντληση του απαραίτητου ποσοστού αέρα.
- **Αύξηση του κατώτατου ορίου:** Ένας στροβιλοσυμπιεστής ξεκινά να λειτουργεί μόνο πάνω από ένα ορισμένο σ.α.λ. λόγω έλλειψης όγκου των καυσαερίων και αδυναμίας αυτών να ξεπεράσουν την αδράνεια της ανάπαυσης της φτερωτής του turbo. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, όταν ξεκινά να λειτουργεί η τουρμπίνα, την ταχεία και μη γραμμική αύξηση της ροπής. Η ξαφνική άνοδος της δύναμης θα μπορούσε να ξεπεράσει τις ιδιότητες των ελαστικών και να οδηγήσει σε απώλεια της τριβής, με αποτέλεσμα να έχουμε φθορά των ελαστικών και απώλεια του ελέγχου του οχήματος σε ακραίες περιπτώσεις.

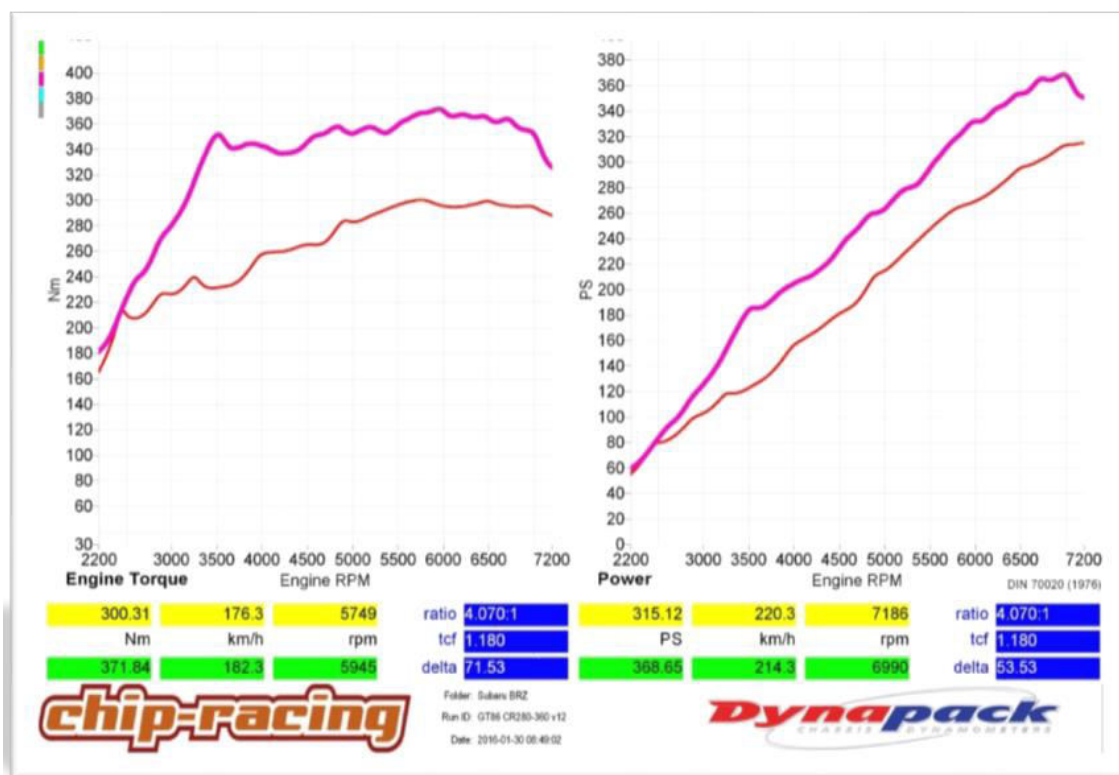
3.3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παραπάνω προσπαθήσαμε να αναλύσουμε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα ενός μηχανικού υπερπληρωτή και ενός στροβιλοσυμπιεστή. Η κάθε πλευρά υπερτερεί σε κάποια πράγματα έναντι της άλλης. Όπως αναφέραμε και στην αρχή, δεν είναι δυνατόν να ορίσουμε εμείς μέσω της παρούσας πτυχιακής εργασίας τον νικητή αυτής της μάχης. Μπορούμε ωστόσο περιληπτικά μέσω του παρακάτω πίνακα να υποδείξουμε σε ποιους τομείς υπερτερεί «ο μεν από το δε».

Αποτελέσματα Σύγκρισης Μηχανικού Υπερπληρωτή με Στροβιλοσυμπιεστή	
Απόδοση	Στροβιλοσυμπιεστής
Κατανάλωση Καυσίμου	Στροβιλοσυμπιεστής
Κόστος αγοράς	-----
Κόστος Συντήρησης	Μηχανικός Υπερπληρωτής
Προσαρμοστικότητα	Μηχανικός Υπερπληρωτής
Λειτουργικότητα Κατασκευής	Μηχανικός Υπερπληρωτής
Ανθεκτικότητα Κατασκευής	Μηχανικός Υπερπληρωτής
Θόρυβος	Στροβιλοσυμπιεστής
Μέγεθος, Βάρος	-----
Εύρος αποδιδόμενης πίεσης	Στροβιλοσυμπιεστής
Άμεση λειτουργία	Μηχανικός Υπερπληρωτής
Μέση Ροπή	Στροβιλοσυμπιεστής

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΕΠΙΔΟΣΗΣ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΤΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΣΤΟΝ ΙΔΙΟ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Όπως παρατηρούμε από το παραπάνω πίνακα σύγκρισης, ο μηχανικός υπερπληρωτής είναι πιο γραμμικός σε σχέση με τον υπερπληρωτή καυσαερίων αλλά και πιο άμεσος σε παροχή ισχύος. Από την άλλη πλευρά, ο υπερπληρωτής καυσαερίων παρέχει μεγαλύτερη ροπή αλλά και περισσότερη ισχύ σε μεγαλύτερο εύρος στροφών. Κάτω από το διάγραμμα αναγράφονται τα στοιχεία που προέκυψαν από την δυναμομέτρηση των δυο διαφορετικών τύπων υπερπλήρωσης στο ίδιο αυτοκίνητο.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗΣ

ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗΣ ΣΤΟΝ

ΚΙΝΗΤΗΡΑ 1.4 TSI

4.1 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Οι επιστήμονες που εξελίσσουν τους κινητήρες της VW επέλεξαν ένα υπερσυμπιεστή με μηχανική μετάδοση κίνησης με ιμάντα με σκοπό να αυξήσουν την ροπή στις χαμηλές σσστροφές του κινητήρα. Πρόκειται για μία μονάδα υπερσυμπιεστή βασισμένη στην αρχή ROOTS. Ειδικό χαρακτηριστικό αυτού του υπερσυμπιεστή είναι η εσωτερική σχέση μείωσης των στροφών στην πλευρά της εισαγωγής τους ζεύγους γραναζιών συγχρονισμού.



Ο στροβιλοσυμπιεστής εξάτμισης ενεργοποιείται επίσης σε υψηλότερες στροφές του κινητήρα, με έλεγχο από βαλβίδα ανακούφισης Watergate. Στην περίπτωση αυτή ο υπερσυμπιεστής (compressor) και ο στροβιλοσυμπιεστής (turbo) είναι συνδεδεμένα εν σειρά. Ο υπερσυμπιεστής λειτουργεί με μαγνητικό συμπλέκτη ο οποίος είναι ενσωματωμένος σε μία μονάδα μέσα στην αντλία νερού. Ένα κλαπέτο ελέγχου εξασφαλίζει ότι φρέσκος αέρα που απαιτείται για την θυρίδα λειτουργίας μπορεί να περάσει μέσα από τον στροβιλοσυμπιεστή εξάτμισης ή τον υπερσυμπιεστή. Το κλαπέτο ελέγχου είναι ανοιχτό μόνο όταν λειτουργεί ο στροβιλοσυμπιεστής εξάτμισης. Στην περίπτωση αυτή, ο αέρας ρέει μέσα από την κανονική

διαδρομή όπως στους συμβατικούς κινητήρες turbo, διά μέσου του μπροστινού ψυγείου αέρα και της πεταλούδας γκαζιού μέσα στην πολλαπλή εισαγωγής.

Μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις στην ανάπτυξη του κινητήρα TSI ήταν να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή συνεργασία μεταξύ των δύο συμπιεστών οι οποίοι βρίσκονται τοποθετημένοι εν σειρά. Μόνο όταν οι δύο μονάδες – υπερσυμπιεστής και στροβιλοσυμπιεστής – συμπληρώνουν ο ένας τον άλλον με τον βέλτιστο τρόπο, μπορεί να επιτευχθούν τα χαρακτηριστικά της επίπεδης ροπής σε μεγάλο εύρος στροφών αυτού του μικρού κινητήρα σε συνδυασμό με την εξαιρετική αύξηση της αποδοτικότητας. Ο αισιόδοξος αντικειμενικός στόχος της σύμπτυξης μιας απόδοσης ανά λίτρο των πάνω από 90 KW στο λίτρο του κινητήρα 1,4 λίτρων δεν θα μπορούσε να επιτευχθεί με υπερσυμπιεστής μονής βαθμίδας μόνο.

Όμως, ένας εν σειρά υπερσυμπιεστής δίνει την δυνατότητα σημαντικής αύξησης της πίεσης υπερπλήρωσης του στροβιλοσυμπιεστή εξάτμισης. Η μέγιστη πίεση υπερπλήρωσης του Twincharger είναι περίπου 2,5 bar στις 1,500 σ.α.λ., με τον στροβιλοσυμπιεστή εξάτμισης και τον μηχανικό υπερσυμπιεστή να λειτουργούν με την ίδια περίπου σχέση πίεσης (περίπου 1,53). Ένας κινητήρας με στροβιλοσυμπιεστή εξάτμισης χωρίς την βοήθεια υπερσυμπιεστή θα μπορούσε να επιτευχθεί μόνο με μία σχέση πίεσης των περίπου 1,3 bar στην περίπτωση αυτή.

Η ταχύτερη απόκριση του στροβιλοσυμπιεστή εξάτμισης δίνει την δυνατότητα στον υπερσυμπιεστή να αποσυμπιεστεί νωρίτερα με το συνεχές άνοιγμα της βαλβίδας παράκαμψης.

Αυτό σημαίνει ότι η λειτουργία του υπερσυμπιεστή περιορίζεται σε μια στενή περιοχή χαρτογράφησης με προκαθορισμένες χαμηλές σχέσεις πίεσης, και για τον λόγο αυτό έχουμε χαμηλή κατανάλωση ισχύος. Συνεπώς, το μειονέκτημα του συστήματος της μηχανικής υπερσυμπίεσης όσον αφορά την κατανάλωση μπορεί να ελαττωθεί Στην πράξη, αυτό σημαίνει ότι ο υπερσυμπιεστής χρειάζεται μόνο για να δημιουργήσει την απαιτούμενη πίεση υπερπλήρωσης στην κλίμακα των στροφών του κινητήρα μέχρι τις 2.400 σ.α.λ. Ο στροβιλοσυμπιεστής εξάτμισης είναι σχεδιασμένος για βέλτιστη απόδοση στην υψηλότερη

κλίμακα απόδοσης και παρέχει επαρκή πίεση υπερπλήρωσης ακόμη και στην μεσαία κλίμακα των στροφών.

Σε δυναμική οδήγηση, αυτό είναι ανεπαρκές για τις συγκεκριμένες τιμές επιτάχυνσης με ταχύτητα στις χαμηλές στροφές του κινητήρα. Σε αυτές τις συνθήκες οδήγησης, εμπλέκεται υπερσυμπιεστής για να επιτρέψει τη δημιουργία μιας ακαριαίας πίεσης υπερπλήρωσης.

Ο τρόπος με τον οποίο αυτά τα δύο συστήματα συμπληρώνουν το ένα το άλλο σημαίνει ότι δεν υπάρχει καθόλου υστέρηση απόκρισης (turbo lag). Ο υπερσυμπιεστής δεν χρειάζεται πλέον σε μια περιοχή στροφών πάνω από τις 3,500 σ.α.λ., διότι ο στροβιλοσυμπιεστής εξάτμισης μπορεί σίγουρα να παρέχει την απαιτούμενη πίεση υπερπλήρωσης ακόμη και σε κατάσταση δυναμικής οδήγησης εξ' αιτίας της μετάβασης από λειτουργία (ταξιδιού) ρολαρίσματος σε λειτουργία πλήρους φορτίου.

Ο συγκεκριμένος τύπος κομπρέσορα του κινητήρα tsi αποτελείται από δύο λοβούς που περιστρέφονται με πολλαπλάσια και αντίθετη φορά για να συμπιέζουν τον αέρα στους θαλάμους. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η αύξηση της ισχύος του κινητήρα στις χαμηλές στροφές λειτουργίας του, σχεδόν από το ρελαντί. Πως όμως θα μπορούσε να συνδυαστεί η παράλληλη – για ένα συγκεκριμένο διάστημα – λειτουργία του μηχανικού υπερσυμπιεστή με το turbo; Ένα από τα τρικ που σκαρφίστηκαν οι Γερμανοί έχει να κάνει με ένα ζεύγος γραναζιών που υπάρχει στους άξονες των λοβών. Η συγκεκριμένη συναρμογή παίζει το ρόλο ενός μειωτήρα στροφών και αναλαμβάνει να ρυθμίζει την λειτουργία, άρα και την πίεση, του κομπρέσορα ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίες του μοτέρ. Να σημειωθεί πως ο κομπρέσορας δεν παίρνει κίνηση απευθείας από τον στροφαλοφόρο αλλά είναι γεφυρωμένος με ιμάντα νερού. Ανάλογα με την κλίση του, ένα κλαπέτο κανονίζει πως ο φρέσκος αέρας θα περάσει τόσο από το turbo όσο από τον κομπρέσορα. Αυτό ισχύει όταν υπάρχει ταυτόχρονη λειτουργία των δύο συστημάτων τα οποία βρίσκονται «συνδεδεμένα» σε σειρά. Στην περίπτωση που τον πρώτο λόγο έχει ο κομπρέσορας, τότε το κλαπέτο φράζει την δίοδο του αέρα προς το turbo. Στην συνέχεια το κλαπέτο γυρίζει και αφήνει το αέρα να περάσει, όπως σε ένα συμβατικό σύστημα turbo, μιας και ο στροβιλοσυμπιεστής

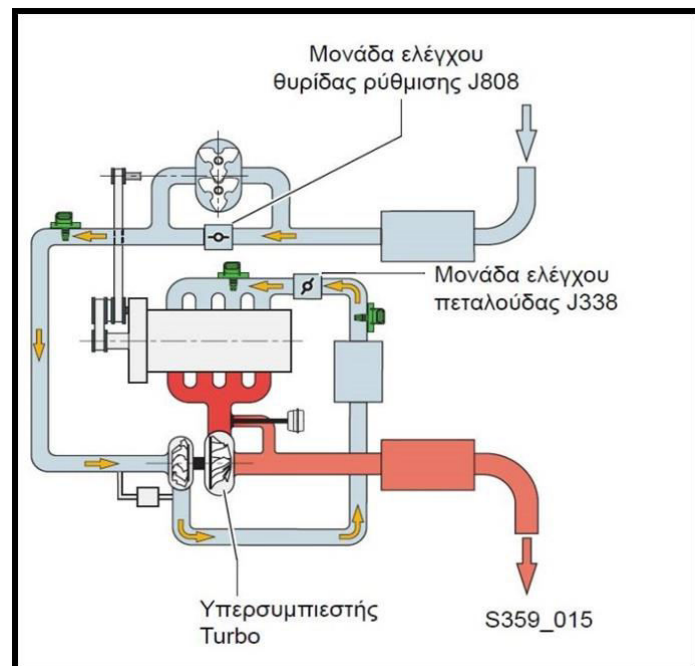
καυσαερίων αναλαμβάνει από τις μεσαίες στροφές και έπειτα. Η ταχύτερη εμπλοκή του turbo επιτρέπει στον κομπρέσορα να ανακουφιστεί νωρίτερα, περιορίζοντας τις απώλειες ισχύος. Με αυτόν τον τρόπο, ο κινητήρας ανεβάζει στροφές χωρίς ο κομπρέσορας να του «μειώνει» ισχύ. Θα μπορούσε να ισχυρισθεί κανείς πως ο κομπρέσορας λειτουργεί και σαν ένα μέσο υποβοήθησης για να υπερνικήσει την αδράνεια ο στροβιλοσυμπιεστής ο οποίος αρχίζει να παίρνει φόρα μετά τις 24000 σ.α.λ. Κάπου στις 3.500 σ.α.λ. και ενώ η τουρμπίνα έχει πάρει για τα καλά τα πάνω της, ο κομπρεσορας δεν χρειάζεται πλέον και τίθεται προσωρινά εκτός μάχης.

❖ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Αναλόγως του φορτίου και της περιοχής αριθμού στροφών ο εγκέφαλος του κινητήρα υπολογίζει, πως η απαιτούμενη ποσότητα φρέσκου αέρα θα φθάσει στον κύλινδρο για να παραχθεί η ζητούμενη ροπή. Ο εγκέφαλος αποφασίζει τότε, εάν ο υπερσυμπιεστής Turbo θα μπορέσει να παράγει μόνος του την πίεση υπερπλήρωσης ή εάν θα πρέπει να υποβοηθήσει και ο μηχανικός συμπιεστής.

❖ Λειτουργία αναρρόφησης με χαμηλό φορτίο

Στην λειτουργία αναρρόφησης η θυρίδα ρύθμισης είναι τελείως ανοιχτή. Ο αναρροφούμενος φρέσκος

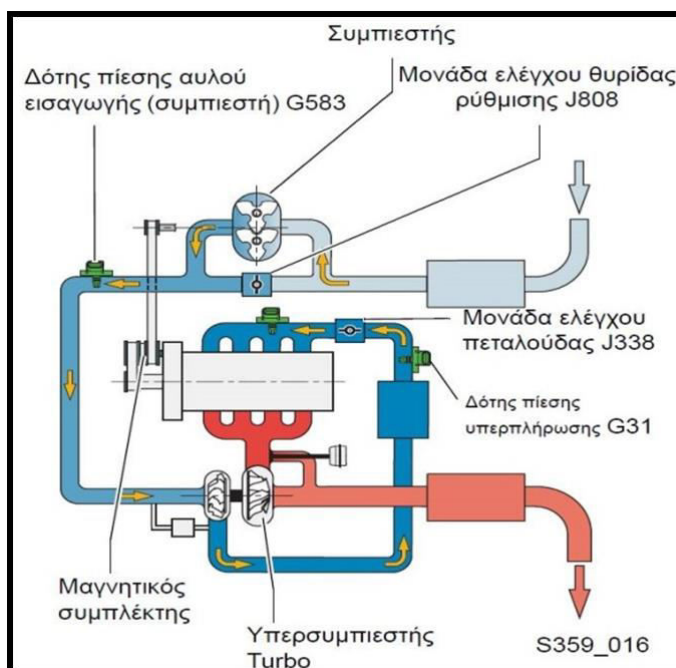


αέρας διέρχεται μέσω της μονάδας ελέγχου της θυρίδας ρύθμισης προς τον υπερσυμπιεστή Turbo. Ο υπερσυμπιεστής Turbo κινείται μεν ήδη από τα καυσαέρια, αλλά η ενέργεια των

καυσαερίων είναι τόσο χαμηλή, ώστε να μπορεί να παράγει μόνο μία μικρή πίεση υπερπλήρωσης. Η πεταλούδα είναι ανοιχτή αναλόγως του πατήματος του πεντάλ γκαζιού και στον αυλό εισαγωγής επικρατεί υποπίεση.

❖ **Turbo σε υψηλότερο φορτίο και στροφές ως 2400**

Στην περιοχή αυτή η ρυθμιστική θυρίδα είναι κλειστή ή λίγο ανοιχτή για να ρυθμίζει την

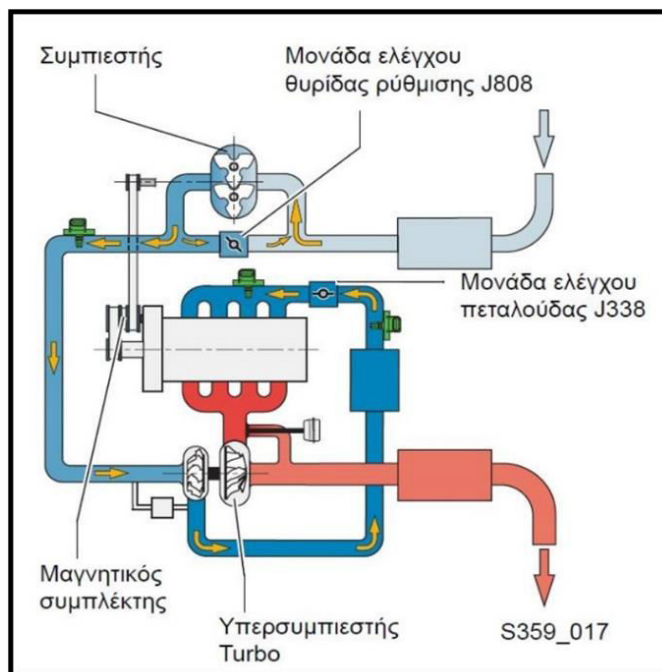


πίεση υπερπλήρωσης. Ο συμπιεστής έχει ενεργοποιηθεί μέσω του μαγνητικού συμπλέκτη και κινείται από την μαντοκίνηση του συμπιεστή. Ο συμπιεστής αναρροφά τον αέρα και τον συμπιέζει. Ο συμπιεσμένος φρέσκος αέρας στέλνεται από τον συμπιεστή προς τον υπερσυμπιεστή Turbo. Η συνολική πίεση υπερπλήρωσης μετριέται από το δότη πίεσης υπερπλήρωσης G32. Η πεταλούδα είναι τελείως ανοιχτή. Στον αυλό εισαγωγής επικρατεί πίεση έως 2.5 bar (απόλυτη).

❖ **Λειτουργία υπερσυμπιεστή Turbo και συμπιεστή σε υψηλό φορτίο και αριθμό στροφών από 2400 έως 3500**

Στην περιοχή αυτή και με σταθερή ταχύτητα π.χ η πίεση υπερπλήρωσης παράγεται μόνο από τον υπερσυμπιεστή Turbo. Εάν τώρα ο οδηγός επιταχύνει απότομα, ο υπερσυμπιεστής Turbo θα ήταν πολύ αδρανής, για να παράγει γρήγορα την πίεση υπερπλήρωσης, θα πρόκυπτε lag του Turbo. Για να το αποτρέψει αυτό, ο εγκέφαλος του

κινητήρα ενεργοποιεί σύντομα τον συμπιεστή και ρυθμίζει τη μονάδα ελέγχου της θυρίδας ρύθμισης σύμφωνα με την απαιτούμενη πίεση υπερπλήρωσης. Ο συμπιεστής υποστηρίζει τον υπερσυμπιεστή Turbo για τη δημιουργία της απαιτούμενης πίεσης υπερπλήρωσης.



❖ Η λειτουργία του συμπιεστή

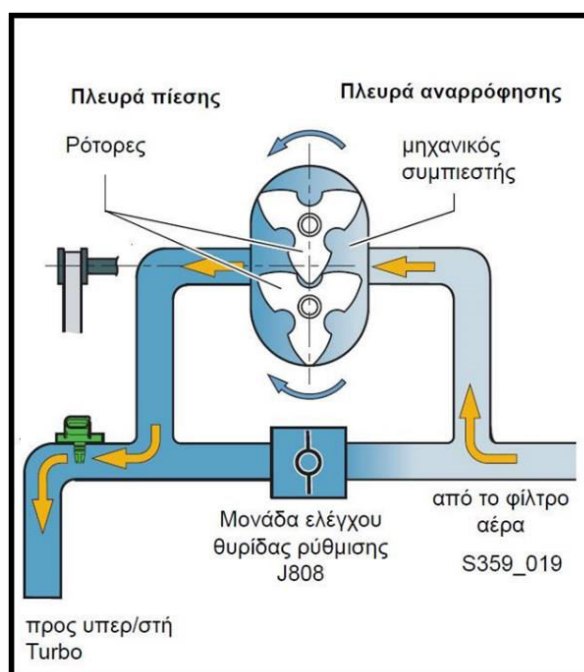
Οι δύο ρότορες του συμπιεστή είναι έτσι διαμορφωμένοι, ώστε όταν περιστρέφονται να προκύπτει από την πλευρά της αναρρόφησης ένας αυξημένος χώρος. Μέσω αυτού αναρροφάται ο φρέσκος αέρας και στέλνεται απ τους ρότορες προς την πλευρά πίεσης του συμπιεστή. Από την πλευρά της πίεσης ο χώρος ανάμεσα στους δύο ρότορες μικραίνει. Ο αέρας πιέζεται σε κατεύθυνση υπερσυμπιεστή Turbo.

❖ Ρύθμιση πίεσης υπερπλήρωσης του συμπιεστή

Η πίεση υπερπλήρωσης ρυθμίζεται από τη θέση της θυρίδας ρύθμισης. Όταν η θυρίδα είναι κλειστή, ο συμπιεστής παράγει τη μέγιστη πίεση υπερπλήρωσης για αυτόν τον αριθμό στροφών. Ο συμπιεσμένος φρέσκος αέρας στέλνεται προς το υπερσυμπιεστή Turbo. Όταν η πίεση υπερπλήρωσης είναι πολύ υψηλή, η θυρίδα ρύθμισης ανοίγει κάπως. Τώρα ένα μέρος

του φρέσκου αέρα οδηγείται προς τον υπερσυμπιεστή Turbo και το υπόλοιπο μέσω της εν μέρει ανοιχτής θυρίδας ρύθμισης προς την πλευρά αναρρόφησης του συμπιεστή. Η πίεση υπερπλήρωσης μειώνεται. Στην πλευρά της αναρρόφησης ο αέρας αναρροφάται πάλι και συμπιέζεται. Τότε αποφορτίζεται ο συμπιεστής και η κινητήρια ισχύς που χρειάζεται για την κίνησή του μειώνεται. Η πίεση υπερπλήρωσης μετριέται από το δότη πίεσης αυλού εισαγωγής (συμπιεστή) G583.

Στο γραφικό βλέπετε τις περιοχές του μηχανικού συμπιεστή και του υπερσυμπιεστή Turbo. Αναλόγως της ζήτησης για ροπή ο εγκέφαλος του κινητήρα αποφασίζει αν αι εφόσον πρέπει, πώς να παραχθεί η απαιτούμενη πίεση υπερπλήρωσης. Ο υπερσυμπιεστής Turbo εργάζεται σε όλο το εύρος των χρωματιστών περιοχών. Όμως η ενέργεια των καυσαερίων στην κάτω περιοχή στροφών δεν επαρκεί από μόνη της για να παραχθεί η απαιτούμενη πίεση υπερπλήρωσης.



❖ Οι περιοχές εργασίας των μερών της υπερπλήρωσης

- Η περιοχή υπερπλήρωσης όπου ο συμπιεστής ενεργοποιείται αναλόγως των αναγκών.

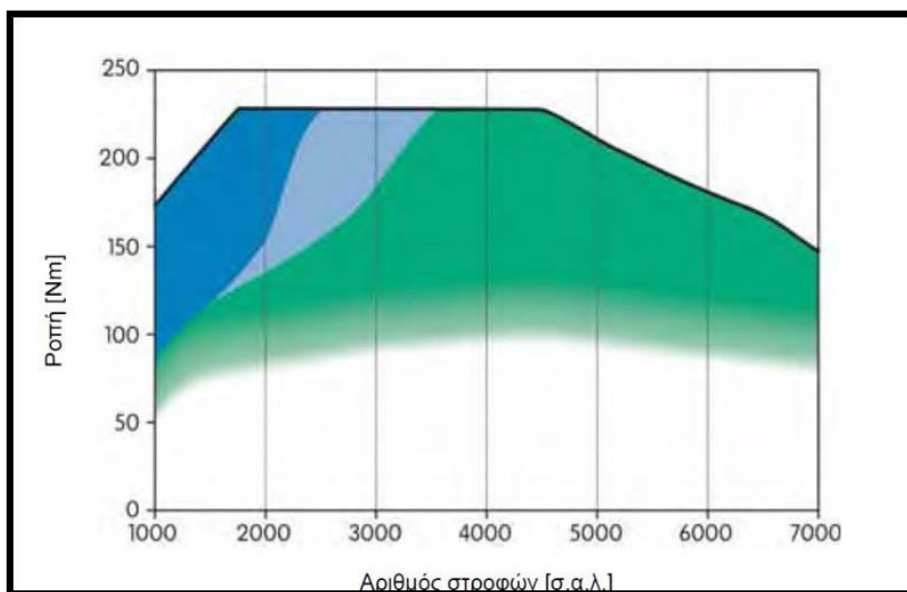
Ως ένα μέγιστο αριθμό στροφών των 3500 σ.α.λ ο συμπιεστής ενεργοποιείται αναλόγως των αναγκών. Αυτό επιβάλλεται για παράδειγμα, όταν σε αυτήν την περιοχή στροφών το αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα και μετά επιταχύνεται απότομα. Λόγω αδράνειας του υπερσυμπιεστή Turbo θα σημειωνόταν μια καθυστερημένη επιτάχυνση (τρύπα του Turbo). Για το λόγο αυτό ενεργοποιείται επιπροσθέτως και ο συμπιεστής και η απαιτούμενη πίεση υπερπλήρωσης αναπτύσσεται το συντομότερο δυνατό.

- ***Η σταθερή περιοχή υπερπλήρωσης του συμπιεστή***

Από μία ελάχιστη ζήτηση ροπής και ως ένα αριθμό στροφών κινητήρα της τάξεως των 2400 σ.α.λ ο συμπιεστής είναι μονίμως ενεργοποιημένος. Η πίεση υπερπλήρωσης του συμπιεστή ρυθμίζεται από τη μονάδα ελέγχου της ρυθμιστικής θυρίδας.

- ***Η περιοχή υπερπλήρωσης του υπερσυμπιεστή Turbo***

Στην πράσινη περιοχή ο υπερσυμπιεστής Turbo είναι σε θέση να παράγει την απαιτούμενη πίεση υπερπλήρωσης μόνος του. Η πίεση υπερπλήρωσης ρυθμίζεται από τη μαγνητική βαλβίδα περιορισμού πίεσης υπερπλήρωσης.



4.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Ένας κινητήρας turbo έχει ως βασικό χαρακτηριστικό τα μεγάλα αποθέματα ροπής, ειδικά σε σχέση με έναν ατμοσφαιρικό κινητήρα που προσφέρει από χαμηλές στροφές λειτουργίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μικρότερη καταπόνησή του, διότι δεν χρειάζεται να περιστρέφεται στα όρια κατά τη διάρκεια που ο οδηγός χρειαστεί, για παράδειγμα να πραγματοποιήσει μία προσπέραση. Η κατανάλωση των υπερτροφοδοτούμενων μηχανικών συνόλων παραμένει χαμηλή, όταν ο οδηγός δε διεγείρει το σύστημα του τούρμπο, ώστε να αποδίδει τη μέγιστη δύναμη. Η συνταγή για την επιτυχία των κινητήρων TSI της Volkswagen είναι να εκμεταλλευτεί το “downsizing”. Μέγιστη ισχύς επιτυγχάνεται με την ελάχιστη κατανάλωση καυσίμου από ένα μικρότερο κινητήρα. Η μείωση του μεγέθους του κινητήρα έφερε καλύτερη απόδοση, καθώς υπάρχει λιγότερη απώλεια ισχύος που προκύπτει από την τριβή. Συνεπώς, οι μικρότερες μηχανές έχουν το πλεονέκτημα του ότι είναι ελαφρύτερες από τις αρχικές. Οι κινητήρες TSI της Volkswagen μπορούν να επωφεληθούν πλήρως από αποτελέσματα του downsizing.

Πρωτοποριακή τεχνολογία που χρησιμοποιείται στις μηχανές, που συνδυάζει άμεσο ψεκασμό βενζίνης με υπερσυμπιεστή, ή φορτίο συμπίεσης με turbo και υπερσυμπιεστή, δίνοντάς του τη δυνατότητα να παρέχουν εντυπωσιακά στοιχεία και ροπή απόδοσης αλλά και να παρέχουν στον οδηγό σε όλο το φάσμα της οδηγικής απόλαυσης παρά τη μικρότερη χωρητικότητα του κινητήρα. Η καύση της βενζίνης είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική, με αποτέλεσμα, η ισχύς εξόδου των κινητήρων TSI είναι σημαντικά υψηλότερη από ό τι συμβαίνει με τα συμβατικά ατμοσφαιρικά οχήματα.

Οι κινητήρες της Volkswagen έχουν σχεδιαστεί για να παρέχουν μέγιστη ροπή σπό τις στροφές του κινητήρα τόσο χαμηλά όσο περίπου 1500 ή 1750 rpm. Αυτό είναι καλό τόσο για την οδηγική απόλαυση όσο και για την οικονομία καυσίμου. Ο οδηγός μπορεί να κάνει χρήση της εξαιρετικής απόδοσης ισχύος σε ένα ευρύ φάσμα των στροφών του κινητήρα, και οι κινητήρες, μπορούν να συνδυαστούν με εξαιρετικό αποτέλεσμα με υψηλότερες, σχέσεις μετάδοσης εξοικονόμησης καυσίμου. Στην καθημερινή οδήγηση ο κινητήρας TSI προσφέρει

εξαιρετική οικονομία, χαμηλή κατανάλωση με αντίστοιχη μείωση των εκπομπών CO₂ καθώς και χαμηλού φορολογικούς συντελεστές για το αυτοκίνητο λόγω της μειωμένης χωρητικότητας του κινητήρα.



4.3 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Τα μειονεκτήματα της συνδυαστικής υπερπλήρωσης είναι ουσιαστικά τα μειονεκτήματα της εκάστοτε μεθόδου υπερπλήρωσης σε συνδυασμό. Ενδεικτικά αναφέρονται:

- Κόστος κατασκευής
- Κόστος συντήρησης
- Πολυπλοκότητα κατασκευής
- Αξιοπιστία κατασκευής
- Αυξημένη κατανάλωση καυσίμου
- Μελλοντική ύπαρξη της μεθόδου twincharging

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα πτυχιακή αναφερθήκαμε διεξοδικά στην υπερπλήρωση επικεντρώνοντας το ενδιαφέρον μας σε δύο συγκεκριμένους τύπους, την μηχανική υπερπλήρωση τύπου ROOT και τον στροβιλοσυμπιεστή. Πρωταρχικός στόχος μας δεν ήταν η απλή αναφορά σε αυτά τα δύο είδη αλλά η σύγκριση μεταξύ τους, καθώς επίσης και η συνδυαστική λειτουργία τους λαμβάνοντας υπόψη έναν συγκεκριμένο τύπο κινητήρα (VW 1.4 Lt TSI).

Συγκρίνοντας αυτά τα δύο είδη διαπιστώσαμε τα πλεονεκτήματα του κάθε ενός αλλά και τις αδυναμίες τις οποίες έχουν.

- **Μηχανική Υπερπλήρωση** → άμεση ανταπόκριση συμπαγής εύκολη κατασκευή / χαμηλό εύρος πίεσης, απορρόφηση ισχύς κινητήρα
- **Στροβιλοσυμπιεστής** → μεγάλο εύρος πίεσης απόδοση / πολύπλοκη κατασκευή, αύξηση του κατωτέρου ορίου.

Σε γενικές γραμμές τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα ισοσταθμίζονται μεταξύ αυτών των δύο, οδηγώντας μας στο συμπέρασμα ότι ξεκάθαρος νικητής δεν υπάρχει. Πρόκειται για δύο διαφορετικούς τρόπους υπερπλήρωσης άρα η επιλογή έχει να κάνει καθαρά με το ποιες είναι οι ανάγκες του χρήστη.

Όσον αφορά τη συνδυαστική λειτουργία τους στον κινητήρα 1.4 Lt TSI της Volkswagen, τόσο η ισχύς όσο και η ροπή του κινητήρα (η οποία προκύπτει από τα διαγράμματα της μέσης πίεσης αυτού) αυξάνονται. Ταυτόχρονα, μειώνονται οι εκπομπές ρύπων, πιο συγκεκριμένα οξειδίων του αζώτου NOx και σωματιδίων αιθάλης (τα συμπεράσματα για τα οποία προέκυψαν από τα διαγράμματα για τον λόγο ισοδυναμίας αέρα-καυσίμου (λ). Επιπλέον, η λειτουργία του μηχανικού υπερπληρωτή τύπου ROOT, επέτρεψε την ομαλότερη και πιο αποδοτική λειτουργία του στροβιλοσυμπιεστή, από τις χαμηλές κιάλας στροφές του κινητήρα, σημείο στο οποίο ο ίδιος υστερούσε αισθητά. Οι βελτιώσεις αυτές όμως έρχονται με ένα τίμημα. Αυτό έχει να κάνει με την κατανάλωση καυσίμου η οποία αυξάνεται σημαντικά σε σχέση με την απλή στροβιλο – υπερπλήρωση. Κάτι τέτοιο

βέβαια ήταν αναμενόμενο, καθώς μεγαλύτερη πίεση του αέρα εισαγωγής επιτρέπει έγχυση στους κυλίνδρους μεγαλύτερης ποσότητας καυσίμου.

Σε κάθε περίπτωση η αύξηση αυτή δεν μπορεί να αντισταθμίσει την αύξηση στην ισχύ του κινητήρα, αφού ένα ποσοστό αυτής δαπανάται από τον μηχανικό συμπιεστή για την περιστροφή και την λειτουργία του. Σε αυτό το σημείο να αναφέρουμε ότι δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι αυτός είναι σταθερά συνδεδεμένος με την στροβαλοφόρο άτρακτο του κινητήρα.

Συμπεραίνουμε λοιπόν πως συνολικά η συνδυασμένη υπερπλήρωση έχει θετικά αποτελέσματα τόσο για τη μόνιμη όσο και για την μεταβατική λειτουργία ενός κινητήρα.

Η υπερπλήρωση αποτελεί μεγάλο κεφάλαιο των μηχανών εσωτερικής καύσης, ένα κεφάλαιο το οποίο συνεχώς επιδέχεται τροποποιήσεις με σκοπό την καλύτερη απόδοση του κινητήρα σε όλα τα στάδια. Η επιλογή των συγκεκριμένων συστημάτων υπερπλήρωσης, δεν ήταν τυχαία. Η μηχανική υπερπλήρωση τύπου ROOT και ο στροβιλοσυμπιεστής, αποτελούν τα πιο πολυφορεμένα συστήματα υπερπλήρωσης παγκοσμίως, καθώς επίσης αποτελούν και την βάση εξέλιξης σε πιο προηγμένα είδη.

Τέλος αξίζει να αναφέρουμε ότι καθώς η υπερπλήρωση εξελίσσεται, οι μηχανές εσωτερικής καύσης παίρνουν την κατιούσα και αυτό οφείλεται στην ανάπτυξη νέων υβριδικών τεχνολογιών καθώς και στην ανάπτυξη κινητήρων με άλλες πηγές ενέργειας, οι οποίες δεν έχουν ανάγκη υπερπλήρωσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

➤ **ΒΙΒΛΙΑ**

Νικόλαος Α. Κυριάκης «Μηχανές εσωτερικής καύσης – Εισαγωγή στην λειτουργία και τη χρήση», εκδόσεις Σοφία

Χαράλαμπος Καραπάνος, «Μηχανές εσωτερικής καύσης», εκδόσεις Ίων

Κ.Δ. Ρακόπουλου, «Μηχανές εσωτερικής καύσης – Εμβολοφόρες και αεριοστρόβιλοι – Θεωρία και εφαρμογές», εκδόσεις Γρ. Φούντας

Κ.Δ. Ρακόπουλου και Ε.Γ. Γιακουμή «Εναλλαγή αερίων και υπερπλήρωση Μ.Ε.Κ.», εκδόσεις Γρ. Φούντας

Service Training (Πρόγραμμα αυτοδιδασκαλίας 359 vw)

Jay K. Miller «Turbo real world high-performance turbo systems»

Corky Bell, «Maximum boost designing, testing and installing turbocharger systems»

Barry Kluczykk, «How to supercharge and turbocharge»

➤ **ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ**

<https://www.carthrottle.com/post/the-difference-between-turbos-superchargers-explained/>

<http://procarmechanics.com/differences-between-superchargers-and-turbochargers/>

http://www.autozine.org/technical_school/engine/Forced_Induction_1.html#Supercharging

http://www.autozine.org/technical_school/engine/Forced_Induction_2.html

http://www.autozine.org/technical_school/engine/Forced_Induction_5.html#Twincharge

[r](https://www.automotors.gr/o-kobresoras-kai-i-leitourgia-tou/)

<https://www.automotors.gr/o-kobresoras-kai-i-leitourgia-tou/>

<https://auto.howstuffworks.com/supercharger.htm>

<https://auto.howstuffworks.com/turbo.htm>