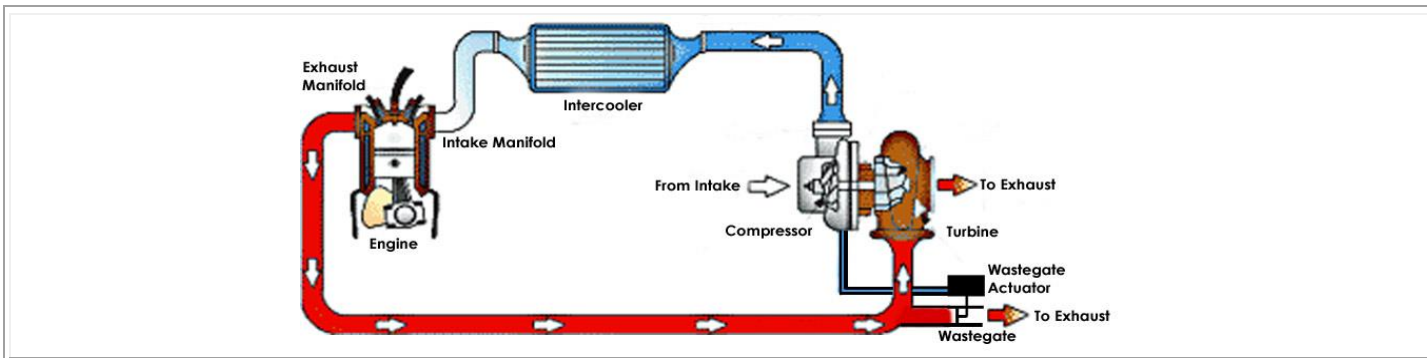


Turbo / Υπερπλήρωση

Περιεχόμενα Turbo / Υπερπλήρωση Εγκυκλοπαίδειας Αυτοκινήτου

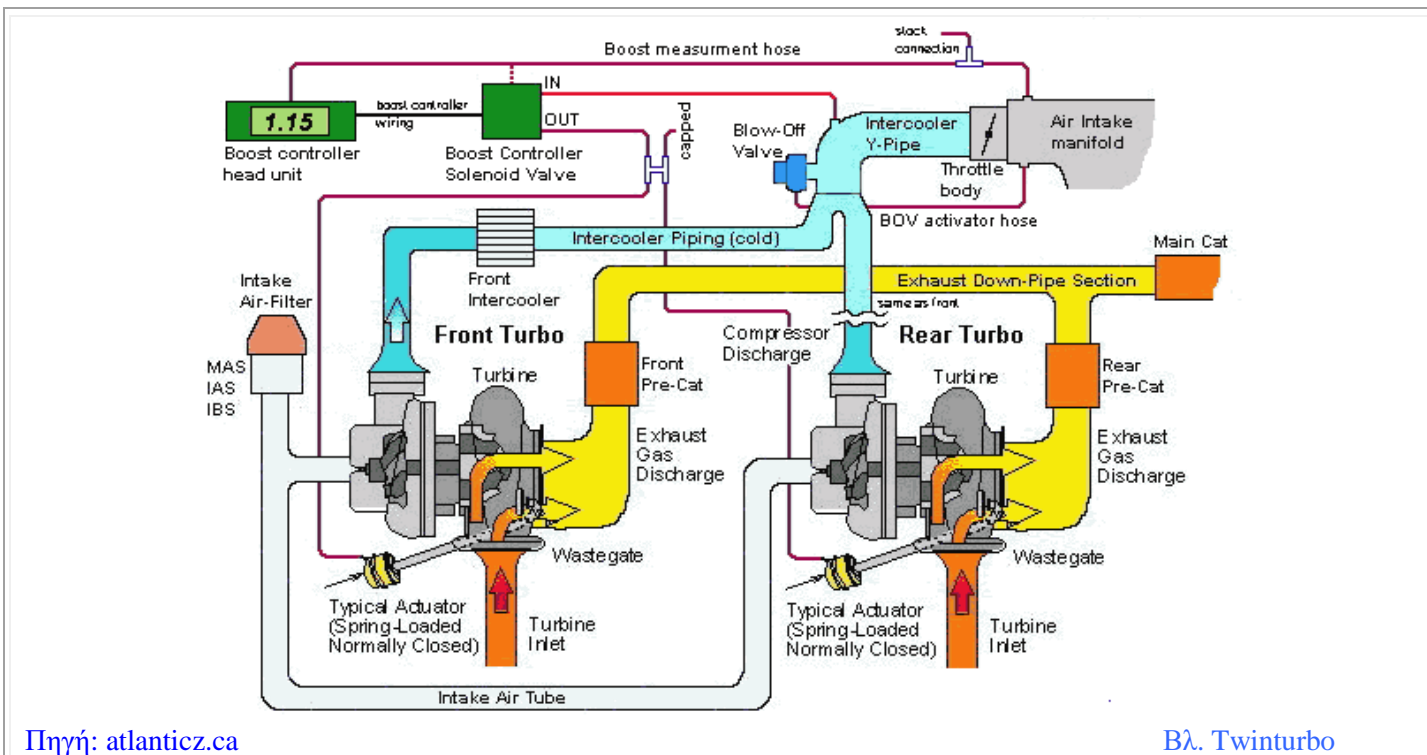
1	Turbo Διάφορα - Βλέπε	6	Επιλογή του κατάλληλου turbo
2	Πίνακας Υπερτροφοδότηση	7	Ο κινητήρας 2,0 l-TSI-162kW/169kW
3	Ιστορία υπερσυμπίεσης	8	Διάφορα (φωτογραφίες) για turbo
4	Αγγλική ονοματολογία του turbo	9	
5	Υπερτροφοδότηση Audi 1,8l και 2,0l-TFSI		



1. Turbo Διάφορα – Βλέπε:

Abradeable seal, ALS, A/R Biturbo, Bleed Valves, boost threshold, Dual-Stage Turbo charging, Mixed-Flow-Turbine, Mono-Scroll, over-boost, Remote Turbocharging, Sequential Turbo Staging, SKYACTIV + βίντεο1113, Split Pulse Turbine Housing, Turbo, Turbo Υδροψυκτο turbo, Trim φτερωτών, Twin scroll, Twincharger, Twinturbo, Up-pipe, VTG, Waste Gate, Water injection, Water spray, A/R (Area / Radius).

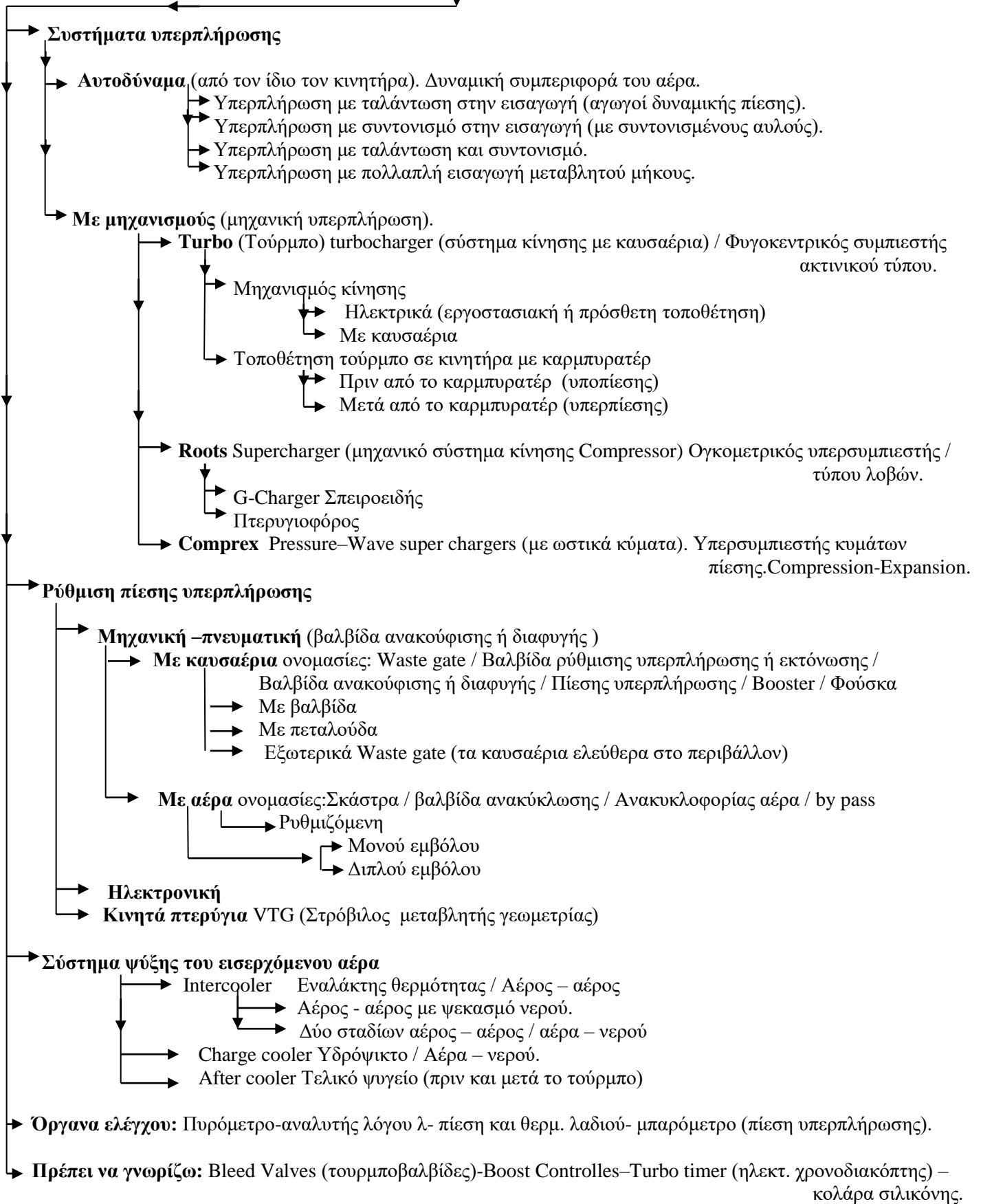
Αισθητήρες - Στροφών turbo, Ασύμμετρο Turbo, βασικό μέγεθος, έλεγχος ανακυκλοφορίας σε ρολάρισμα, ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ελέγχου ενίσχυσης της ισχύος του Turbo, θερμομέτρο εισαγωγής, κρυογένεση, πολλαπλή εισαγωγή, πυρόμετρο, ρύθμιση πίεσης υπερπλήρωσης τούρμπο, συσσωρευτής πίεσης Turbo, υπερτροφοδότηση.



Πηγή: atlanticz.ca

Βλ. Twinturbo

2. Υπερτροφοδότηση αέρα (των κινητήρων) supercharging / Υπερπλήρωση αέρα Overfilling



3. Ιστορία της υπερσυμπίεσης

Πηγή: BorgWarner Turbo Systems

Ιστοσελίδα [turbodriven](#)

Η ιστορία της υπερσυμπίεσης είναι σχεδόν τόσο παλιά όσο και αυτή του κινητήρα εσωτερικής καύσης. Ήδη από το 1885 και το 1896, ο Gottlieb Daimler και ο Rudolf Diesel διερεύνησε την αύξηση της παραγωγής ενέργειας και τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων των κινητήρων τους από precompressing τον αέρα καύσης. Το 1925, ο Ελβετός μηχανικός Alfred Büchi ήταν ο πρώτος όπου με υπερσυμπίεση καυσαερίων πέτυχε μια αύξηση ισχύος περισσότερο από 40%. Αυτή ήταν η αρχή της σταδιακής εισαγωγής της υπερσυμπίεσης στην αυτοκινητοβιομηχανία.

Οι πρώτες εφαρμογές στροβιλοσυμπιεστών περιορίστηκαν στις πολύ μεγάλες μηχανές, πχ. θαλάσσιες μηχανές. Στην αυτοκινητοβιομηχανία, η υπερσυμπίεση ξεκίνησε με τους κινητήρες φορτηγών. Το 1938, κατασκευάστηκε ο πρώτος υπερτροφοδοτούμενος κινητήρας για φορτηγά.

Η Chevrolet Corvaire Monza και το Oldsmobile Jetfire ήταν τα πρώτα στροβιλο-επιβατικά αυτοκίνητα, και έκαναν το ντεμπούτο τους στην αγορά των ΗΠΑ στην 1962 / 63. Παρά την μεγάλη τεχνική δαπάνη, εντούτοις, η φτωχή αξιοπιστία τους προκάλεσε να εξαφανιστούν γρήγορα από την αγορά.

Μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση το 1973, η υπερσυμπίεση έγινε πιο αποδεκτή στις εμπορικές εφαρμογές ντίζελ. Μέχρι τότε, το υψηλό κόστος των επενδύσεων της υπερσυμπίεσης αντισταθμίστηκαν μόνο από την εξοικονόμηση του κόστους των καυσίμων, οι οποίες ήταν ελάχιστες. Ολοένα και περισσότερο αυστηρές προδιαγραφές εκπομπών ρύπων στα τέλη της δεκαετίας του 80 οδήγησε σε αύξηση του αριθμού των υπερτροφοδοτούμενων κινητήρων φορτηγών, έτσι ώστε σήμερα, ουσιαστικά κάθε μηχανή φορτηγού να είναι υπερτροφοδοτούμενοι.

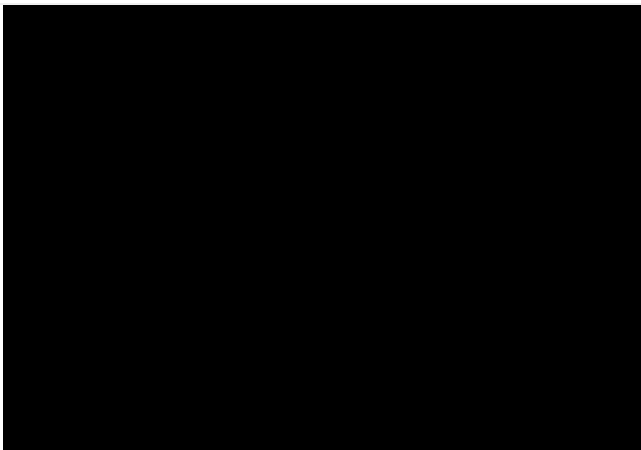
Στη δεκαετία του 70, με την είσοδο του υπερσυμπιεστή του στο μηχανοκίνητο αθλητισμό, ιδιαίτερα στη Formula I αγωνιστικά, ο υπερτροφοδοτούμενος κινητήρας των επιβατικών αυτοκινήτων έγινε πολύ δημοφιλής. Η λέξη "τούρμπο" έγινε αρκετά μοντέρνα. Εκείνη την εποχή, σχεδόν κάθε κατασκευαστής αυτοκινήτων ένα τουλάχιστον κορυφαίο μοντέλο ήταν εξοπλισμένο με έναν υπερτροφοδοτούμενο κινητήρα βενζίνης. Ωστόσο, αυτό το φαινόμενο εξαφανίστηκε μετά από μερικά έτη επειδή αν και ο υπερτροφοδοτούμενος κινητήρας βενζίνης ήταν πιο ισχυρός, δεν ήταν οικονομικός. Επιπλέον, η λειτουργία "turbo-lag", η καθυστερημένη ανταπόκριση των στροβιλοσυμπιεστών, ήταν εκείνη τη στιγμή εξακολουθεί να είναι σχετικά μεγάλο πρόβλημα και δεν έγινε δεκτή από τους περισσότερους πελάτες.

Η πραγματική επανάσταση σε επιβατικό αυτοκίνητο υπερσυμπίεση επιτεύχθηκε το 1978 με την εισαγωγή του πρώτου υπερτροφοδοτούμενου κινητήρα των επιβατικών αυτοκινήτων diesel στην Mercedes-Benz 300 SD, ακολουθούμενο από το Golf της VW Turbodiesel το 1981.

Με τη βοήθεια του υπερσυμπιεστή, η αποδοτικότητα του κινητήρα ντίζελ επιβατικών αυτοκινήτων θα μπορούσε να αυξηθεί, με σχεδόν βενζινοκινητήρα "οδική συμπεριφορά", και οι εκπομπές μειώνονται σημαντικά.

Σήμερα, η υπερσυμπίεση των κινητήρων βενζίνης κατά κύριο λόγο είναι για την απόδοση του κινητήρα, αλλά μάλλον θεωρείται και ως μέσο μείωσης της κατανάλωσης καυσίμων και κατά συνέπεια, η ρύπανση του περιβάλλοντος λόγω των χαμηλότερων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

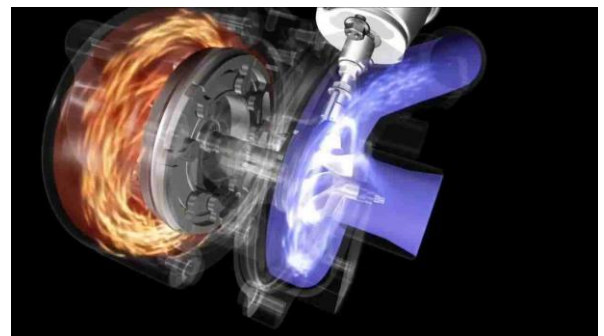
Σήμερα, ο κύριος λόγος για την υπερσυμπίεση είναι η χρήση της ενέργειας της εξάτμισης στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και εκπομπών ρύπων.



BINTEO 822

Turbo

Πηγή: BorgWarnerBooster



Πηγή: youtube

1 Compressor Inlet
2 Compressor Discharge
3 Charge air cooler (CAC)
4 Intake Valve
5 Exhaust Valve
6 Turbine Inlet
7 Turbine Discharge

1 Ball Bearings (support and control the rotating group).
2 Oil Inlet.
3 Turbine Housing (collects exhaust gases from the engine and directs it to the turbine wheel).
4 Turbine Wheel (converts exhaust energy into shaft power to drive the compressor).
5 Center Housing (supports the rotating group).
6 Oil Outlet.
7 Compressor Housing (collects compressed air and directs it to the engine).
8 Compressor Wheel (pumps air into the engine).
9 Backplate (supports the compressor housing provides aero surface)

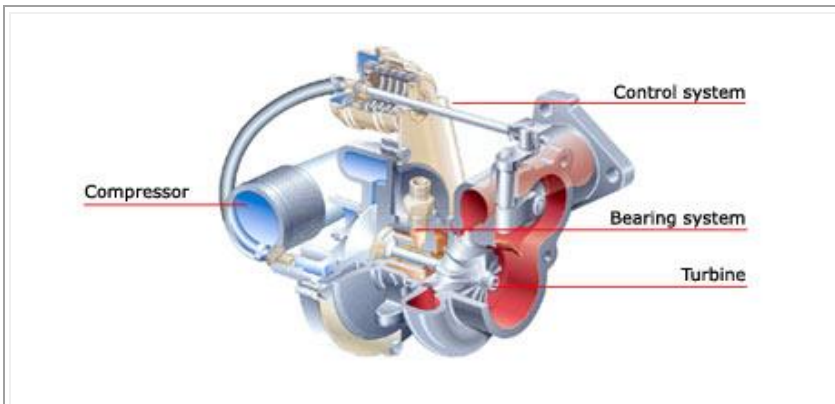
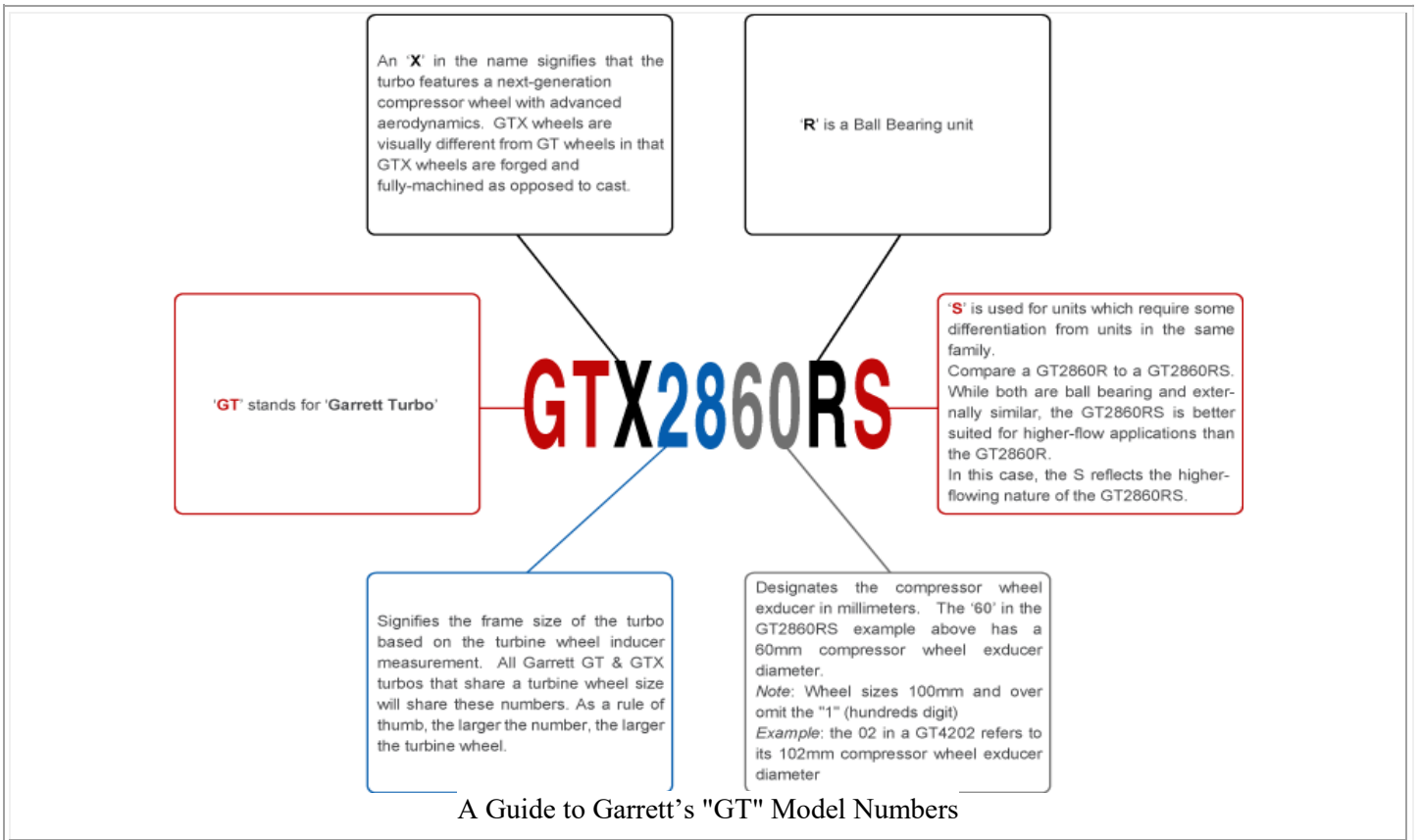


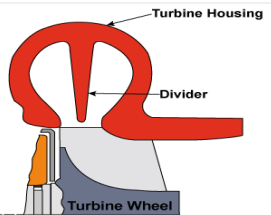






Illustration of the inducer and exducer diameter of compressor and turbine wheels

Illustration of compressor housing showing A/R characteristic



Πολλαπλές εισαγωγής στα αγγλικά για turbo

 <p>Cast log style turbocharger manifold</p>	 <p>Cast manifold with a divided turbine inlet design feature</p>	 <p>Illustration of divided turbine housing</p>
 <p>Welded tubular turbocharger manifold</p>	 <p>Welded tubular manifold with a divided turbine inlet design feature</p>	
 <p>Journal Bearings</p>	 <p>Ball Bearings</p>	



Blow-Off valves

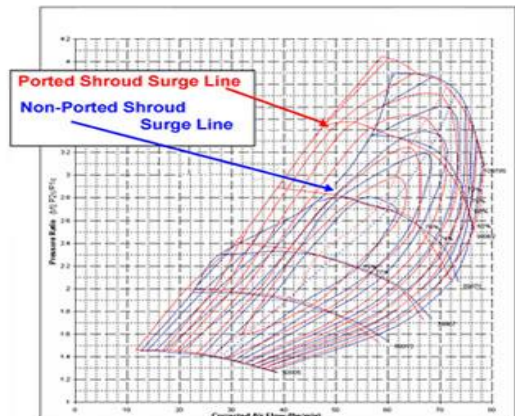
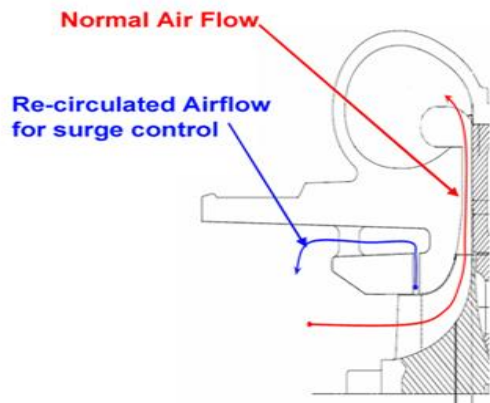
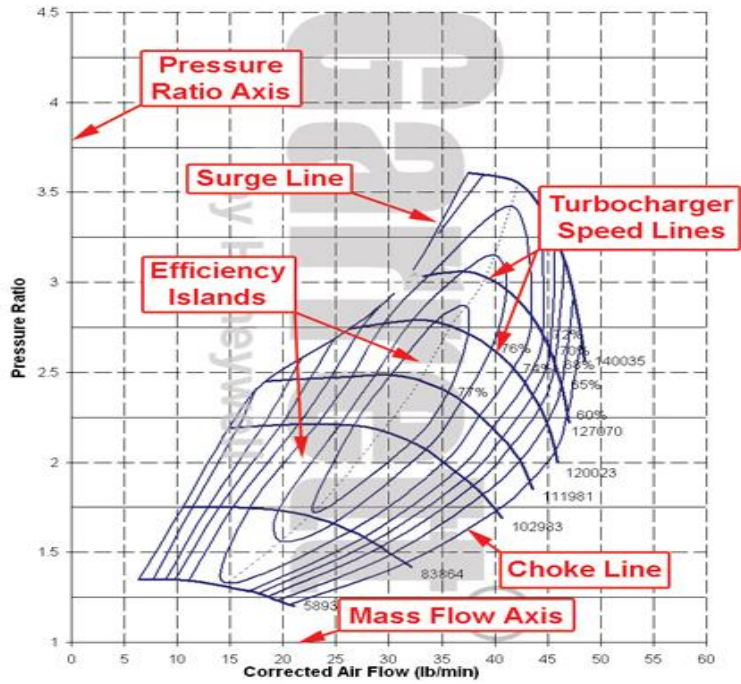
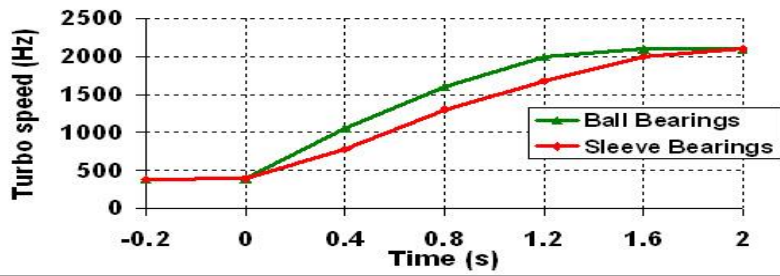


Wastegates Internal



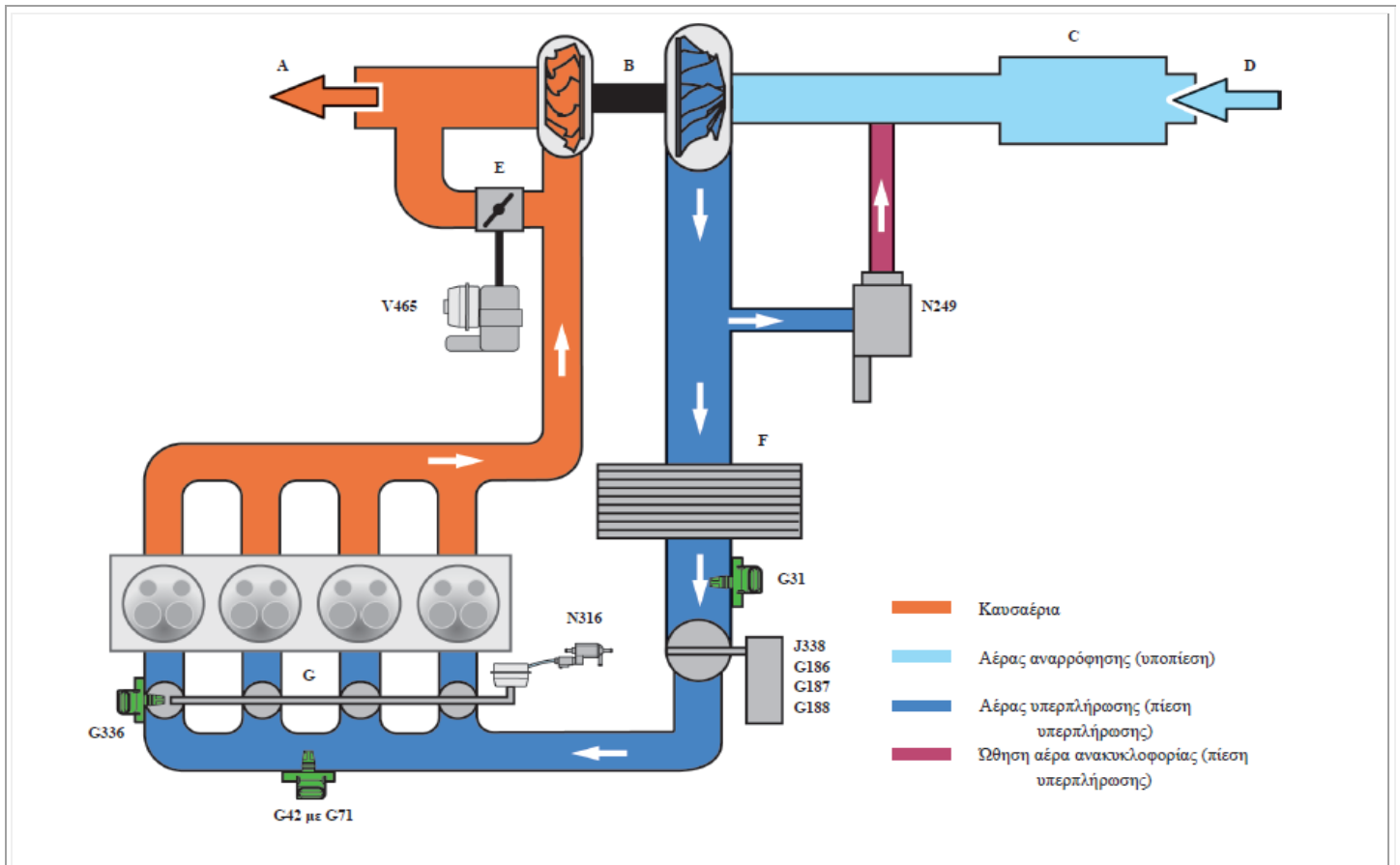
Wastegates External

Speed response when throttle is suddenly opened at 2000 rpm (2 litre S.I engine)



5. Παροχή αέρα και υπερτροφοδότηση Κινητήρας Audi 1,8l και 2,0l-TFSI της σειράς EA888 (3η γενιά)

Πηγή: AUDI, VW
Γενική άποψη συστήματος



A Ροή καυσαερίων.

B Υπερσυμπίεστης καυσαερίων.

C Φίλτρο αέρα.

D Ροή φρέσκου αέρα.

E Θυρίδα Wastegate.

F Ψυγείο αέρα υπερπλήρωσης.

G Κλαπέτα αυλού εισαγωγής.

G31 Δότης πίεσης υπερπλήρωσης.

G42 Δότης θερμοκρασίας αέρα αναρρόφησης.

G71 Δότης πίεσης αυλού εισαγωγής.

G186 Κίνηση πεταλούδας γκαζιού για ηλεκτρική ενεργοποίηση γκαζιού.

G187 Δότης γωνίας 1 για κίνηση πεταλούδας γκαζιού σε ηλεκτρική ενεργοποίηση γκαζιού.

G188 Δότης γωνίας 2 για κίνηση πεταλούδας γκαζιού σε ηλεκτρική ενεργοποίηση γκαζιού.

G336 Ποτενσιόμετρο για θυρίδα αυλού εισαγωγής.

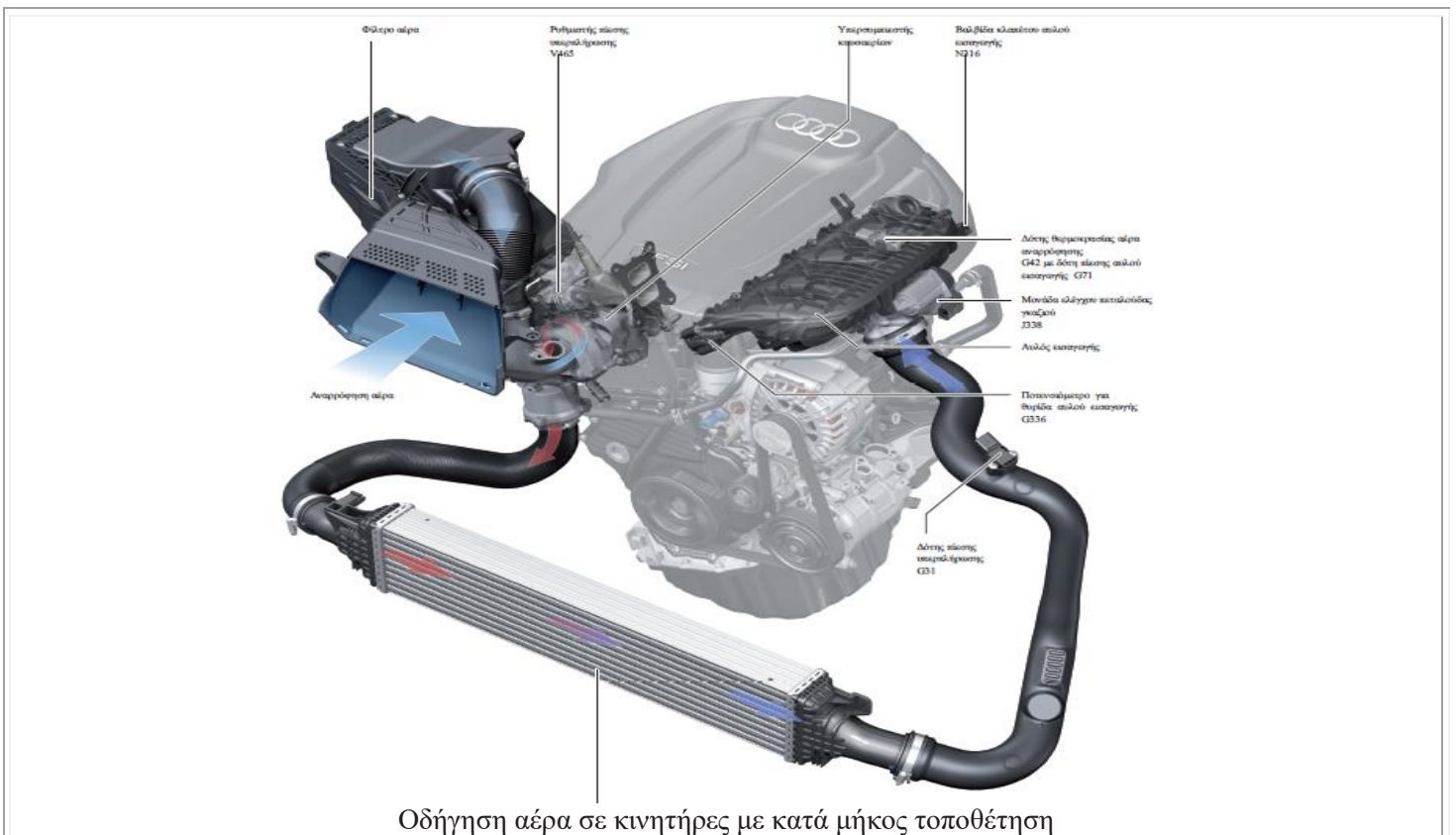
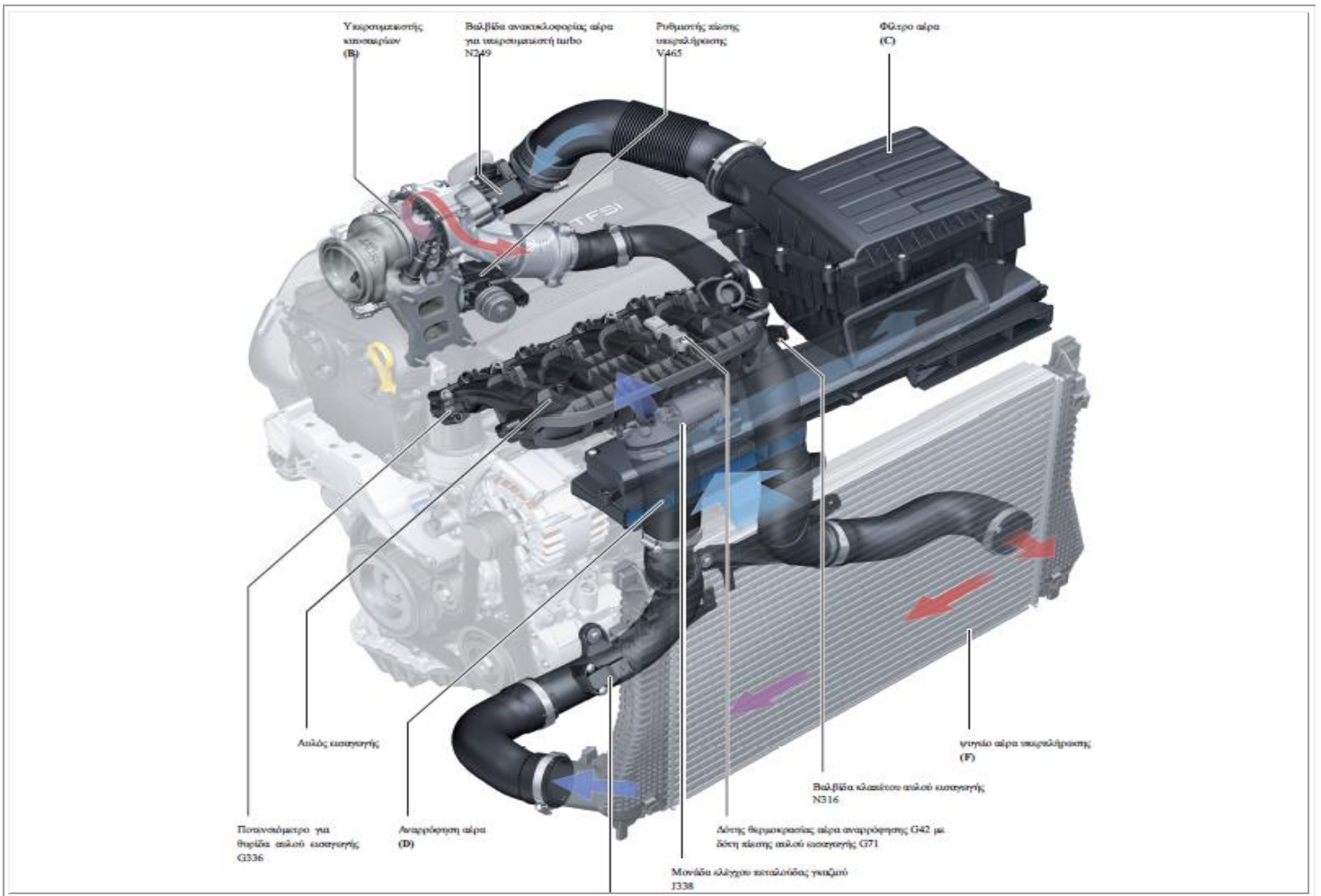
J338 Μονάδα ελέγχου πεταλούδας γκαζιού.

N249 Βαλβίδα μεταγωγής αέρα για το Turbo.

N316 Βαλβίδα για κλαπέτο αυλού εισαγωγής.

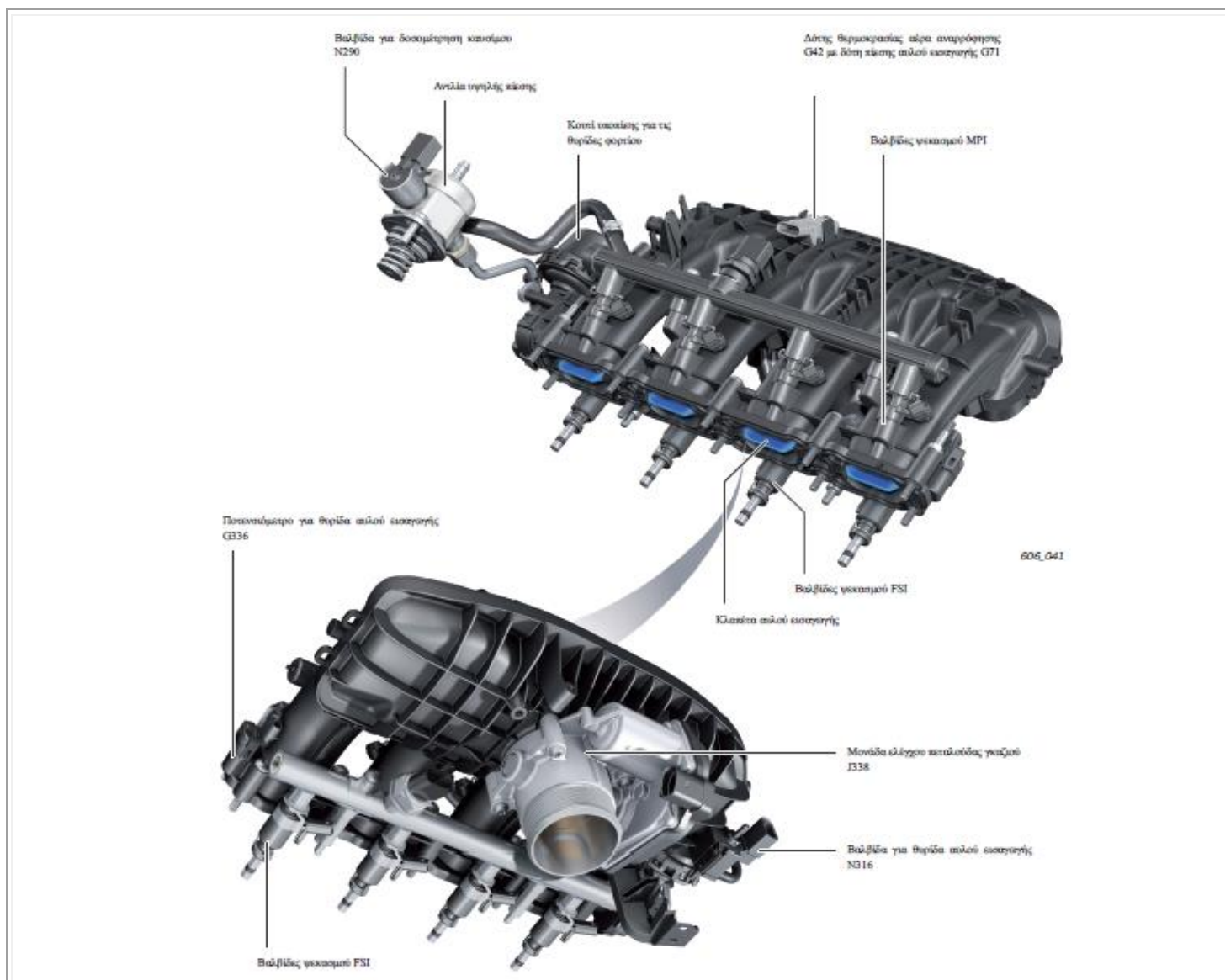
V465 Ρυθμιστής πίεσης υπερπλήρωσης.

Οδήγηση αέρα σε κινητήρες με εγκάρσια τοποθέτηση



Αιολός εισαγωγής

Λόγω των υψηλότερων πιέσεων υπερπλήρωσης έγινε εκ νέου σχεδιασμός ολόκληρου του συστήματος πεταλούδων αυλού εισαγωγής στον αυλό εισαγωγής. Ο κυρτός, μονομερής άξονας από ανοξείδωτο χάλυβα εγγυάται τη μέγιστη στρεπτική ακαμψία για τις θυρίδες στο σχήμα της λεκάνης εντός του καναλιού εισαγωγής. Η αναγνώριση της θέσης των θυρίδων πραγματοποιείται μέσω του ποτενσιόμετρου για τη θυρίδα αυλού εισαγωγής G336 (αισθητήρας γωνίας στροφής χωρίς επαφή). Οι θυρίδες λεκάνης συσφίγγονται στο βασικό σώμα όταν είναι ανοιχτές, ώστε οι επιδράσεις από το ρεύμα αέρα να ελαχιστοποιούνται. Ο άξονας ενεργοποιείται μέσω κουτιού ελεγχόμενου από υποπίεση (έλεγχος δύο σημείων) από τον εγκέφαλο κινητήρα και μέσω της βαλβίδας για το κλαπέτο αυλού εισαγωγής N316 με ηλεκτροπνευματικό τρόπο.



Υπερσυμπίεστης καυσαερίων

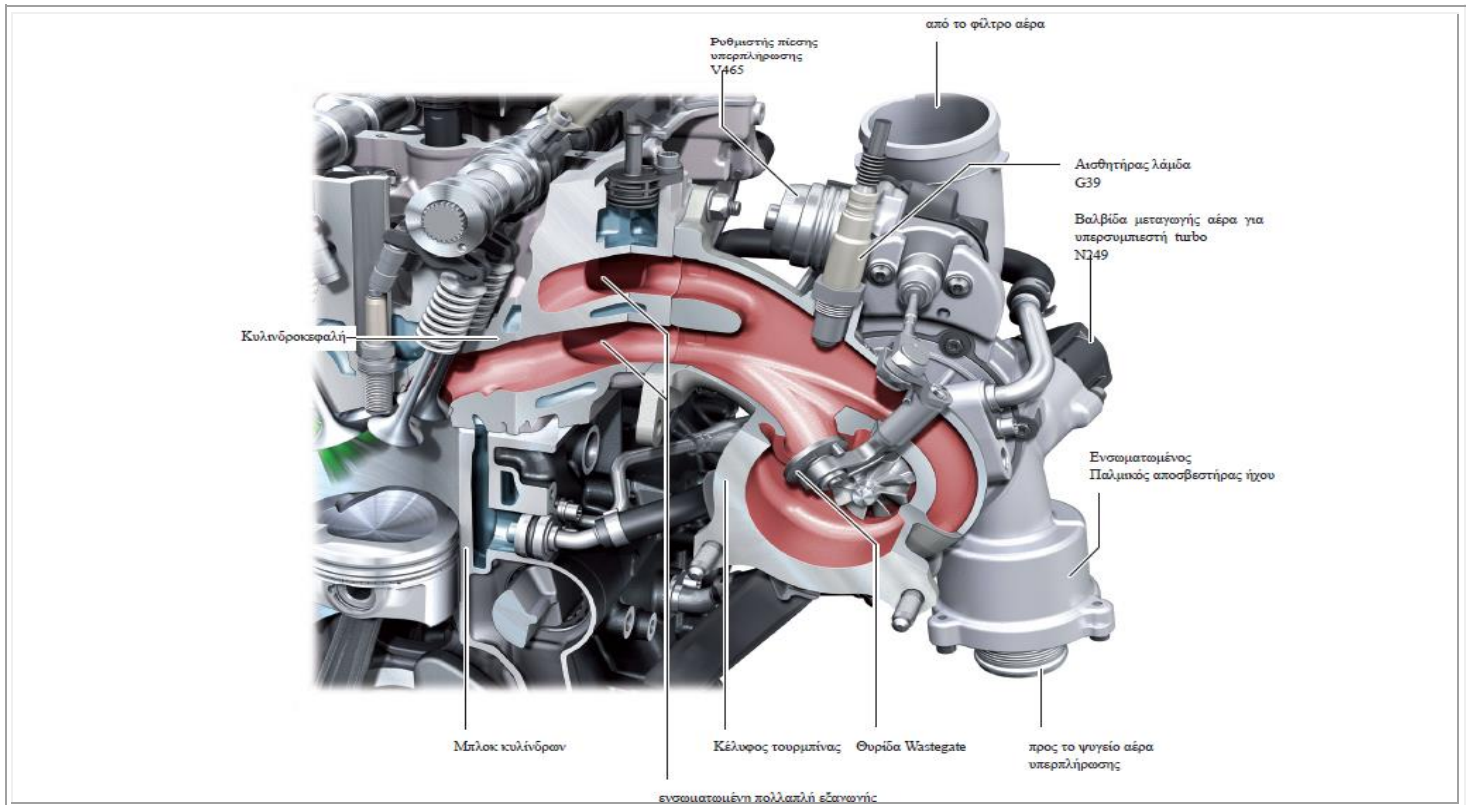
Ως σύστημα υπερπλήρωσης χρησιμοποιείται ένας εντελώς νέος υπερσυμπίεστης καυσαερίων τούρμπο Mono-Scroll (βλ.).

Η υπερπλήρωση μέσω υπερσυμπίεστη τούρμπο Mono-Scroll βελτιώνει τη συμπεριφορά του κινητήρα υπό πλήρες φορτίο, ιδιαίτερα στην περιοχή των υψηλών στροφών κινητήρα. Η διπλή οδήγηση των καυσαερίων στα κανάλια στην έξοδο της κυλινδροκεφαλής συνεχίζεται στον υπερσυμπίεστη καυσαερίων μέχρι λίγο πριν από την τουρμπίνα. Με τον τρόπο αυτό προκύπτει γενικά ο καλύτερος δυνατός διαχωρισμός των ακολουθιών ανάφλεξης (τέσσερα σε δύο σε ένα).

Ο υπερσυμπίεστης τούρμπο χαρακτηρίζεται από τις εξής ιδιότητες:

- Ηλεκτρικός ρυθμιστής Wastegate (Ρυθμιστής πίεσης υπερπλήρωσης V465 με δότη θέσης για ρυθμιστή πίεσης υπερπλήρωσης G581).
- Αισθητήρας λάμδα μπροστά από την τουρμπίνα (αισθητήρας λάμδα G39).
- Συμπαγές κέλυφος τουρμπίνας από χυτό χάλυβα με διπλή είσοδο απευθείας συνδεδεμένο στη φλάντζα της κυλινδροκεφαλής.
- Κέλυφος συμπίεστη με ενσωματωμένο παλμικό αποσβεστήρα ήχου και ηλεκτρική βαλβίδα ανακυκλοφορίας αέρα (Βαλβίδα ανακυκλοφορίας για υπερσυμπίεστη τούρμπο N249).
- Ανθεκτική σε υψηλές θερμοκρασίες πτερωτή τουρμπίνας (Inconel βλ.), σχεδιασμένη για θερμοκρασίες έως 980° C.

- Κέλυφος ρουλεμάν με ενιαίες συνδέσεις για λάδι και ψυκτικό μέσο.
- Φρεζαριστή περωτή συμπιεστή για υψηλότερη αντοχή στις στροφές και καλύτερη ακουστική.
- Πτερωτή τουρμπίνας ως Τουρμπίνα Mixed-Flow-Turbine (βλ.) από υλικό Inconel 713° C.



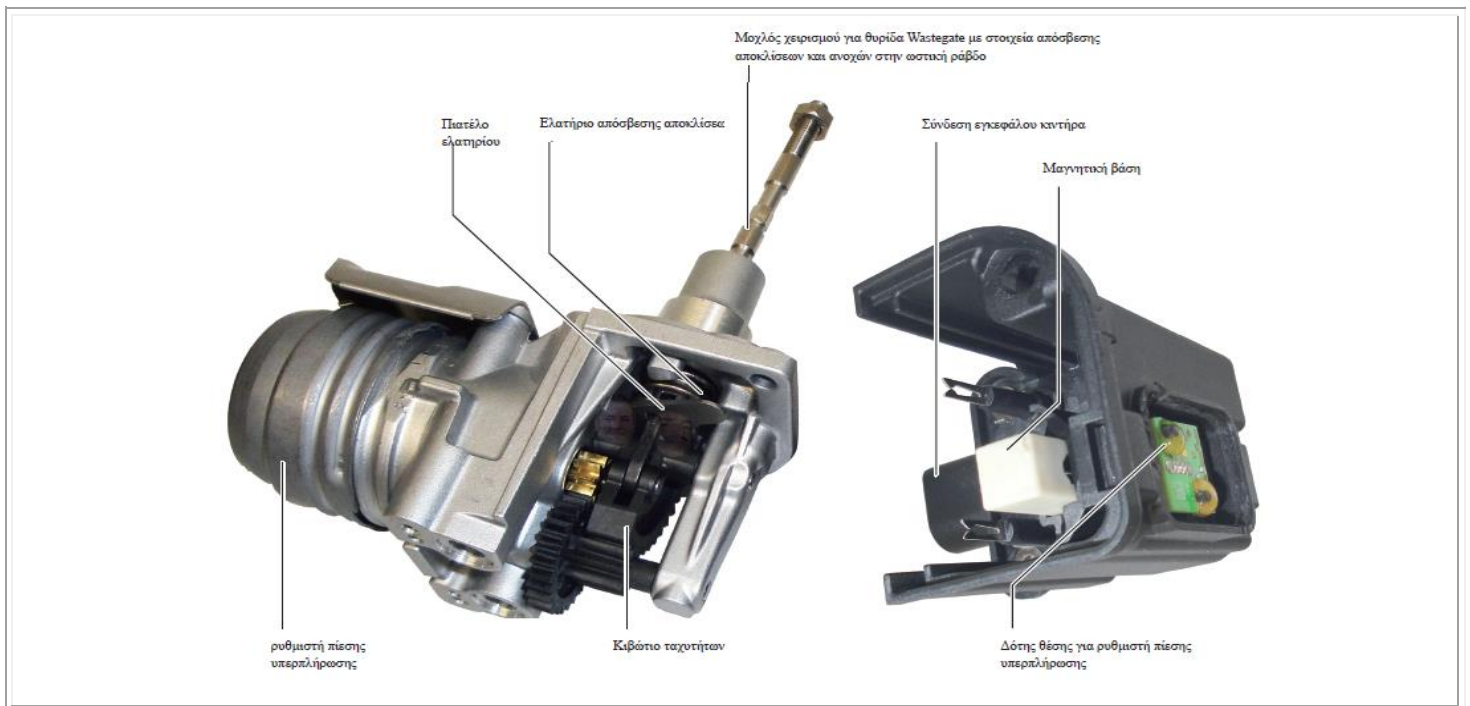
Αισθητήρες για την καταγραφή της ποσότητας και της θερμοκρασίας αέρα:

- Δότης πίεσης υπερπλήρωσης G31 (Θέση 3), τοποθετημένος στον αγωγό αέρα μεταξύ ψυγείου αέρα υπερπλήρωσης και πεταλούδας. Το σήμα του χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της πίεσης υπερπλήρωσης
- Δότης θερμοκρασίας αέρα αναρρόφησης G42 με δότη πίεσης αυλού εισαγωγής G71, με τα σήματα πίεσης και θερμοκρασίας γίνεται υπολογισμός της ποσότητας του αέρα.

Ρυθμιστής πίεσης υπερπλήρωσης V465

Για πρώτη φορά σε έναν τετρακύλινδρο κινητήρα Audi με υπερπλήρωση τούρμπο, χρησιμοποιείται ένας ηλεκτρικός ρυθμιστής Wastegate. Η τεχνολογία αυτή προσφέρει σε σχέση με τα κουτιά υπερπίεσης που χρησιμοποιούνταν έως τώρα, τα εξής πλεονεκτήματα:

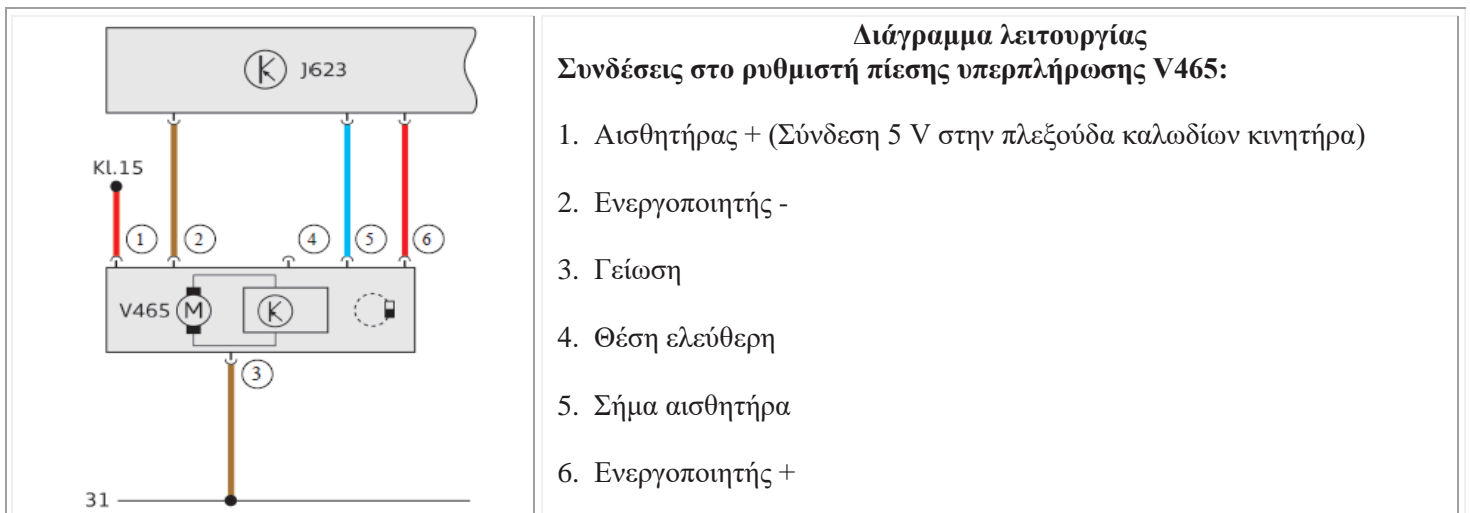
- Γρήγορη και ακριβής απόκριση.
- Μπορεί να ενεργοποιηθεί ανεξάρτητα από την εφαρμοζόμενη πίεση τούρμπο.
- Λόγω της μεγαλύτερης δύναμης συγκράτησης, η ανώτατη ροπή στρέψης του κινητήρα των 320 Nm επιτυγχάνεται ήδη στο χαμηλό αριθμό στροφών κινητήρα των 1500 σ.α.λ.
- Με το ενεργό άνοιγμα της βαλβίδας Wastegate στο μερικό φορτίο μπορεί να μειωθεί η βασική πίεση τούρμπο. Αυτό καθιστά εφικτή μια μείωση της κατανάλωσης περίπου κατά 1,2 g CO₂/km στον κύκλο MVEG.
- Χάρη στο ενεργό άνοιγμα της βαλβίδας Wastegate κατά τη διάρκεια της θέρμανσης του καταλύτη δημιουργείται μια κατά 10°C υψηλότερη θερμοκρασία καυσαερίων πριν τον καταλύτη με αποτέλεσμα τις χαμηλότερες εκπομπές ρύπων στην ψυχρή εκκίνηση.
- Λόγω της μεγάλης ταχύτητας ρύθμισης του ηλεκτρικού ρυθμιστή Wastegate είναι εφικτή η άμεση μείωση της πίεσης τούρμπο στις αρνητικές εναλλαγές φορτίου (ρολάρισμα), κάτι που επιδρά ιδιαίτερα θετικά στην ακουστική συμπεριφορά του υπερσυμπίεστη τούρμπο (φύσημα, τράνταγμα).



Εξαρτήματα συστήματος ρυθμιστή πίεσης υπερπλήρωσης

Ο συνολικός μηχανισμός ρύθμισης αποτελείται από τα εξής δομικά εξαρτήματα:

- Περιβλήμα.
- Κινητήρας DC (Ρυθμιστής πίεσης υπερπλήρωσης V465).
- Κιβώτιο ταχυτήτων.
- Ενσωματωμένος αισθητήρας θέσης άνευ επαφής (δότης θέσης για ρυθμιστή πίεσης υπερπλήρωσης G581).
- Επάνω και κάτω μηχανικός εσωτερικός αναστολέας στο μηχανισμό κίνησης.
- Στοιχεία αντιστάθμισης ανοχών και διάκενων στην ωστική ράβδο.



Τρόπος λειτουργίας

Ο κινητήρας DC κινεί με τη βοήθεια της μονάδας μηχανισμού κίνησης και της ωστικής ράβδου τη θυρίδα Wastegate. Ο περιορισμός της κίνησης γίνεται στην περίπτωση του κάτω μηχανικού αναστολέα, μέσω του εξωτερικού αναστολέα της θυρίδας Wastegate στην έδρα της και στην περίπτωση του επάνω μηχανικού αναστολέα μέσω του εσωτερικού περιορισμού του μηχανισμού κίνησης στο κέλυφος.

Η συχνότητα ενεργοποίησης του κινητήρα DC πραγματοποιείται σε περιοχή συχνότητας 1000 Hz, μέσω του εγκεφάλου κινητήρα. Η ωστική ράβδος μπορεί να προσαρμοστεί ως προς το μήκος της. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να γίνει ρύθμιση της θυρίδας Wastegate μετά από αντικατάσταση του ρυθμιστή.

Δότης θέσης για ρυθμιστή πίεσης υπερπλήρωσης G581

Ο δότης θέσης για το ρυθμιστή πίεσης υπερπλήρωσης G581 είναι τοποθετημένος στο καπάκι του κελύφους του μηχανισμού του ρυθμιστή πίεσης υπερπλήρωσης. Στο καπάκι του κελύφους βρίσκεται επίσης μια μαγνητική βάση με δύο μόνιμους μαγνήτες. Η μαγνητική βάση έχει εφαρμοστεί στο καπάκι του κελύφους και βρίσκεται επάνω στο δίσκο ελατηρίου του μηχανισμού.

Με τον τρόπο αυτό εκτελεί την ίδια κίνηση με την ωστική ράβδο. Όταν κινείται η ωστική ράβδος κινούνται οι μαγνήτες δίπλα από τον αισθητήρα Hall, ο οποίος βρίσκεται επίσης στο καπάκι του κελύφους, και γίνεται έτσι καταγραφή της πραγματικής τιμής της διαδρομής ρύθμισης. Η διαδρομή ρύθμισης εκδίδεται ως αναλογικό, γραμμικό σήμα τάσης.

Κέλυφος τουρμπίνας και πτερωτή τουρμπίνας

Για την ανταπόκριση στις απαιτήσεις της αυξημένης θερμοκρασίας των καυσαερίων που φτάνει περίπου τους 980°C καθώς και της διάταξης του αισθητήρα λάμδα μπροστά από την τουρμπίνα, το κέλυφος της τουρμπίνας, κατασκευάζεται σε αντίθεση με αυτό της 2ης γενιάς από ένα νέο υλικό χυτού χάλυβα, που χρησιμοποιείται για πρώτη φορά στο σχεδιασμό κελύφους.

Προκειμένου να επιτευχθεί ο καλύτερος δυνατός διαχωρισμός στη ακολουθία ανάφλεξης, δημιουργήθηκε μία οδήγηση δύο καναλιών έως λίγο πριν από την τουρμπίνα.

Επειδή το κέλυφος της τουρμπίνας έχει πολύ μικρές διαστάσεις, έχει επιλεγεί για την κοχλίωση με την κυλινδροκεφαλή μία κανονική κοχλίωση με ωστήριο και περικόχλιο. Η πτερωτή της τουρμπίνας είναι σχεδιασμένη ως τουρμπίνα Mixed-Flow (ημι-ακτινική τουρμπίνα).

Κέλυφος συμπιεστή και πτερωτή συμπιεστή

Το κέλυφος του συμπιεστή είναι ενισχυμένο αφού δέχεται τις ισχυρές δυνάμεις ρύθμισης του ρυθμιστή πίεσης υπερπλήρωσης V465. Αποτελείται από χυτό αλουμίνιο. Παράλληλα με την πτερωτή του συμπιεστή έχουν ενσωματωθεί ο παλμικός αποσβεστήρας ήχου, η βαλβίδα ανακυκλοφορίας αέρα για τον υπερσυμπιεστή τούρμπο N249 καθώς και το σημείο εισαγωγής για τα αέρια από τον εξαερισμό του στροφαλοθαλάμου και του ρεζερβουάρ.

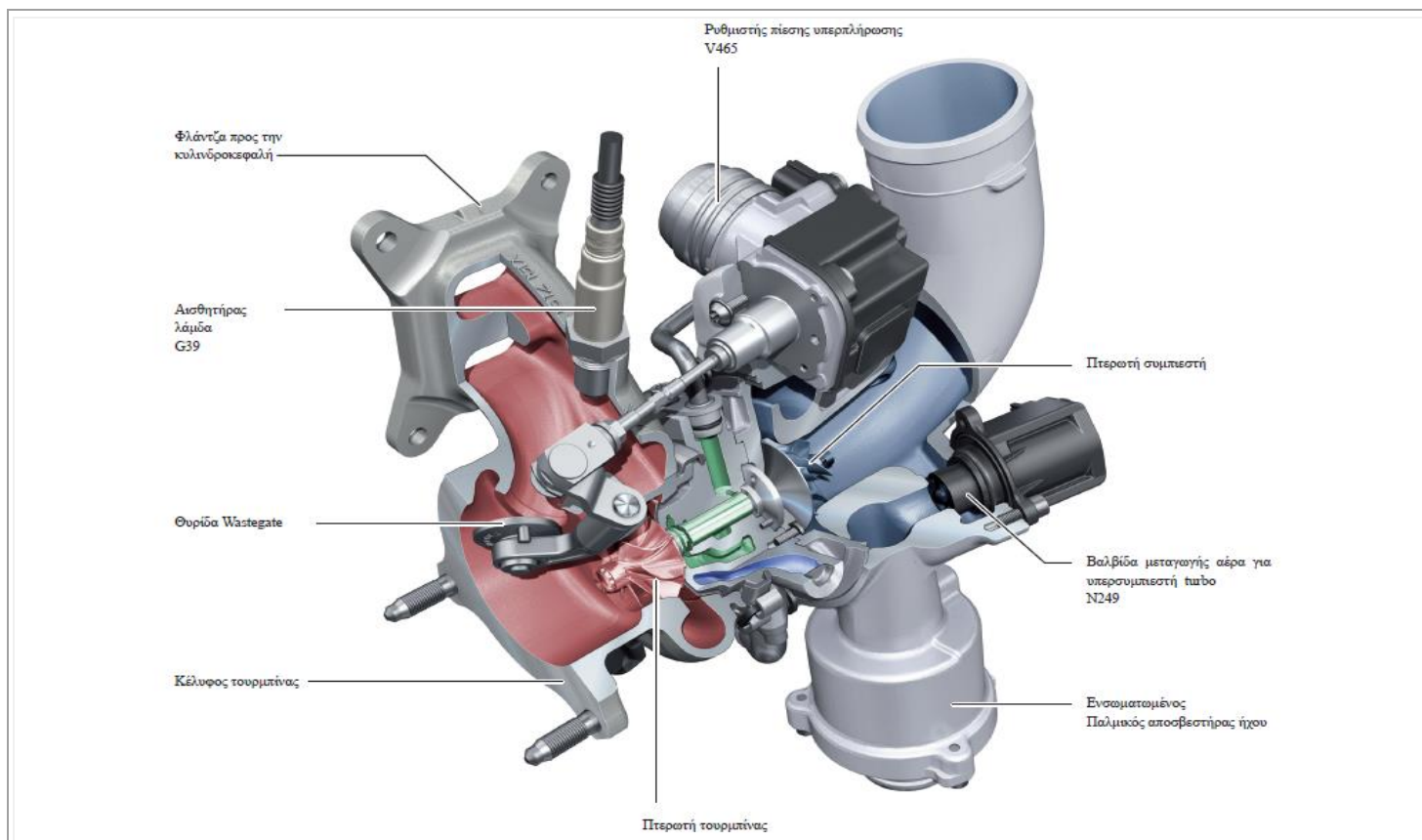
Η πτερωτή συμπιεστή είναι κατασκευασμένη από ένα μόνο κομμάτι. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται υψηλότερη ανθεκτικότητα στις υψηλές στροφές και καλύτερη ακουστική.

Αισθητήρας λάμδα G39

Στο πιο κατάλληλο σημείο, στο οποίο τα καυσαέρια των επιμέρους κυλίνδρων ρέουν μπροστά από το κέλυφος της τουρμπίνας και οι θερμοκρασίες δεν είναι υπερβολικά υψηλές, είναι τοποθετημένος ο αισθητήρας λάμδα (μπροστά από τον καταλύτη).

Ο αισθητήρας λάμδα G39 είναι ένας αισθητήρας λάμδα ευρέως φάσματος LSU 4.2

Αυτό επιτρέπει ένα σημαντικά πιο γρήγορο τέλος του σημείου δρόσου και κατά συνέπεια ταχύτερη αποδέσμευση της ρύθμισης λάμδα (έξι δευτερόλεπτα) μετά την ενεργοποίηση του κινητήρα καθώς και μια καλή αναγνώριση των επιμέρους κυλίνδρων.



6. Επιλογή του κατάλληλου turbo

Πηγή: GTC Club



Η επιλογή της κατάλληλης τουρμπίνας για κάθε εφαρμογή είναι μια διαδικασία που περνά μέσα από την μελέτη του **compressor map**, ενός χάρτη που δείχνει την απόδοση της τουρμπίνας σε συνάρτηση με την πίεση (**pressure ratio**) και την ροή του αέρα (**flow rate**).

Στο άρθρο αυτό θα δούμε πως υπολογίζουμε τα 2 αυτά βασικά μεγέθη για την δική μας περίπτωση και πως με αυτά διαθέσιμα και μελετώντας τον χάρτη απόδοσης της τουρμπίνας μπορούμε να δούμε εάν κάνει για την εφαρμογή μας.

Επίσης δίνονται και 2 παραδείγματα για 2 γνωστές τουρμπίνες (KKK K03 & GARETT GT28RS) για τοποθέτηση σε κινητήρα VAG 1.8T.

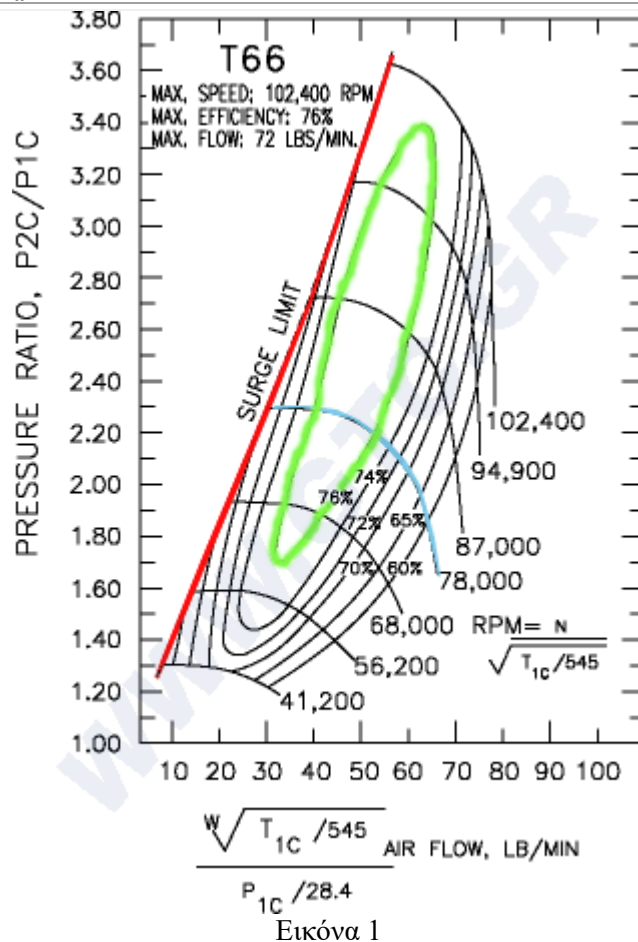
Compressor Map

Στην εικόνα 1 βλέπουμε ένα παράδειγμα από compressor map. Στον άξονα των X έχουμε το flow rate σε lbs/min και στον άξονα των Y το pressure ratio.

Η κόκκινη καμπύλη λέγεται surge limit και η περιοχή αριστερά από αυτή χαρακτηρίζεται από ασταθή λειτουργία του κομπρέσορα. Ποτέ μην διαλέξετε μια τουρμπίνα της οποίας ο compressor map και οι συνθήκες λειτουργίας της δείχνουν ότι θα δουλεύει σε αυτή την περιοχή. Σε υψηλές στροφές περιστροφής υπάρχει μεγάλος κίνδυνος ακόμη και καταστροφής της τουρμπίνας.

Οι καμπύλες του χάρτη με μπλε χρώμα είναι αυτές που δείχνουν τις στροφές λειτουργίας της τουρμπίνας για κάθε PR και flow-rate και θα πρέπει να προσέξουμε να είναι κάτω από το μέγιστο όριο λειτουργίας που θέτει ο κατασκευαστής.

Οι νησίδες με πράσινο χρώμα, δείχνουν το efficient rate για κάθε περιοχή λειτουργίας. Όσο ξεφεύγουμε από το μέγιστο της απόδοσης (70% εδώ), τόσο η θερμοκρασία του αέρα εξαγωγής είναι μεγαλύτερη (μικρότερη πυκνότητα) και σαν συνέπεια έχουμε την μειωμένη ιπποδύναμη καθώς και τον κίνδυνο καταστροφής της τουρμπίνας από υπερθέρμανση (oil cooking).



Εικόνα 1

Υπολογισμοί

Σαν **pressure ratio** (PR) ορίζεται ο λόγος:

$$PR = P1 + P2 + ICpd / P2$$

όπου P1 = Επιθυμητή πίεση σε psi & P2 = Ατμοσφαιρική πίεση σε psi = 14,7 psi. ICpd = πτώση πίεσης λόγω του Intercooler (εδώ ένα 1.5 psi είναι ρεαλιστικό)

Έτσι στο παράδειγμά μας για τον 1.8T κινητήρα μια πίεση 1 BAR (14,7 psi) οδηγεί σε pressure ratio
 $14,7 + 14,7 + 1,5 / 14,7 = 2,1$

Σημείωση: Για ευκολία στους υπολογισμούς υποθέτουμε σταθερή πίεση σε όλη την κλίμακα στροφών, στην πράξη για να κρατήσουμε την τουρμπίνα σε καλές τιμές efficiency μεταβάλουμε την πίεση με τις στροφές.

Ο υπολογισμός του **flow rate** του κινητήρα μας είναι λιγάκι ποιο σύνθετος και στις εξισώσεις μπαίνουν παράγοντες όπως **Intake Air Density, compressor inlet temp, corrected compressor inlet pressure**. Για ευκολία στους υπολογισμούς δίνεται η παρακάτω εξίσωση χωρίς να έχει μεγάλη απόκλιση από την αναλυτική:

$$\text{CFM} = (\text{L} * \text{RPM} * \text{VE} * \text{PR}) / 5660$$

όπου
 CFM = κυβικά πόδια ανά λεπτό,
 L = κυλινδρισμός σε λίτρα,
 RPM = μέγιστος αριθμός στροφών,
 VE* = volumetric efficiency, PR = Pressure ratio (που υπολογίσαμε παραπάνω)

* Τιμές VE

2 βάλβιδος κινητήρας = 85%

4 βάλβιδος κινητήρας = 90%

Modified street = 93%

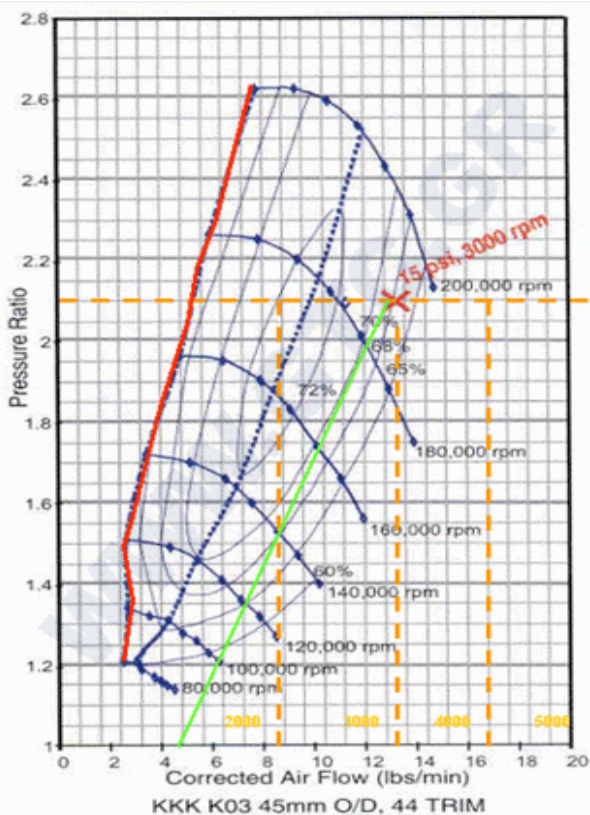
Racing κινητήρας = 105%

Πίσω στο παράδειγμά μας λοιπόν του 1.8T κινητήρα έχουμε:

$$\text{CFM} = (1,781 * 6000 * 90 * 2,1) / 5660 = 357$$

Αυτή είναι η μέγιστη ροή στις 6000 στροφές. Για να έχουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα πάνω στον χάρτη του συμπρέσορα, υπολογίζουμε την ροή ανά 1000 στροφές από τις 2000 εις τις 6000. Επειδή συνήθως στους χάρτες των κατασκευαστών η ροή δίνεται σε lbs / min η m3/sec μετατρέπουμε τα cfm σε lbs/min πολλαπλασιάζοντας με το 0.069 η σε m3/sec πολλαπλασιάζοντας με το 0,0004719. Έτσι έχουμε:

RPM	CFM	m3 / sec	LBS/min
2000	119	0,056	8,22
3000	179	0,084	12,32
4000	238	0,112	16,43
5000	298	0,140	20,54
6000	357	0,169	24,65



Εικόνα 2

Έχουμε λοιπόν στα χέρια μας το pressure ratio και τις τιμές του flow rate σε lbs/min, πάμε στο χάρτη και σημειώνουμε τις συντεταγμένες.

Βλέπουμε στην εικόνα 2 τον χάρτη της Borg Warner K03 (αυτή που φορούσαν τα VAG πριν το 2000) με τα σημεία πάνω του.

Φαίνεται ότι με πίεση 1. BAR ο compressor έχει καλό efficiency rate μόνο μέχρι τις 3000 περίπου στροφές.

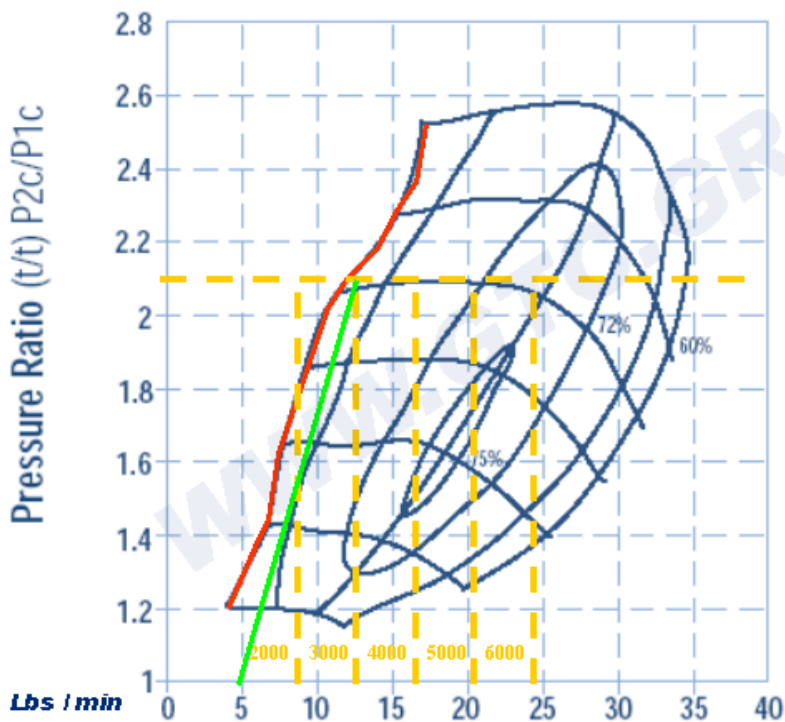
Για αυτό και συνήθως οι βελτιωτές ρίχνουν σταδιακά την πίεση μετά τις 3.000 έως τις 6000 στροφές.

Το να δουλέψουμε την τουρμπίνα από εκεί και πάνω σε μικρότερα efficiency rates, θα σήμαινε ότι θα παρήγαγε υπερβολική θερμότητα.

Πράγμα που σημαίνει ότι ακόμη και εάν παρέμενε μέσα στο όριο στροφών λειτουργίας της, το κέρδος σε υποδύναμη θα ήταν ελάχιστο (εάν όχι και αρνητικό) καθώς πέραν της μικρότερης πυκνότητας του αέρα εισαγωγής θα έπρεπε να αντισταθμίσουμε με λιγότερο αβανς (κίνδυνος προανάφλεξης) και ίσως ποιο πλούσιο μίγμα (μικρότερη θερμοκρασία καυσαερίων)

Στην εικόνα 3 έχουμε τον αντίστοιχο χάρτη της Garrett GT28R όπου φαίνεται ότι δεν έχουμε κανένα πρόβλημα να κρατήσουμε το 1 BAR μέχρι τις 6000 (και παραπάνω) στροφές.

GT28R 60mm, 60 trim, 0.60 A/R



Εικόνα 3

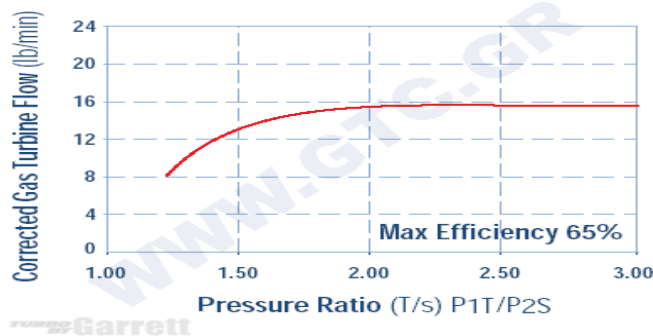
Από ότι φαίνεται, στις χαμηλές στροφές, η τουρμπίνα είναι εκτός της σωστής περιοχής του χάρτη, αλλά σε αυτές τις στροφές έτσι και αλλιώς δεν μπορεί να "σηκώσει" την επιθυμητή πίεση του 1 BAR. Οι περισσότερες εφαρμογές turbo αποδίδουν το μέγιστο boost στο 50% των maximum στροφών του κινητήρα.

Ένας καλός πρακτικός τρόπος να σιγουρευτούμε ότι ο compressor δεν θα δούλεψε εκτός του surge limit (κόκκινη γραμμή) είναι να σημειώσουμε πάνω στο χάρτη αυτό το σημείο (3.000 στροφές / 2.1 PR) και μετά πάνω στον άξονα του flow-rate να σημειώσουμε το σημείο που έχουμε 20% του μέγιστου flow (24,65*0.20=4,93).

Στην συνέχεια τραβάμε μια γραμμή που ενώνει αυτά τα σημεία (πράσινη γραμμή), η οποία πρέπει να είναι ολόκληρη δεξιά από το surge limit (κόκκινη γραμμή).

Ο χάρτης που δείχνει την δυνατότητα της τουρμπίνας να ανεβάσει πίεση σε σχέση με την ροή των καυσαερίων είναι άλλος (βλέπε εικόνα 4)και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε σχέση με τον κυβισμό του αυτοκινήτου.

GT28R, 62 trim, 0.64 A/R



Εικόνα 4

Εδώ θα βρείτε ένα Excell spreadsheet για τον υπολογισμό του PR και FLOW RATE του κινητήρα σας
FLOW-RATE.XLS

Τί χάνουμε με την αύξηση της θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής

Είδαμε ότι οι χάρτες του compressor δίνουν τα efficiency rates για διάφορες περιοχές λειτουργίας.

Τι όμως σημαίνει στην πράξη το efficiency rate και τι αποτέλεσμα έχει στην αύξηση της ιπποδύναμης που περιμένουμε ως συνέπεια της αύξησης της πίεσης εισαγωγής ?

Ο τύπος που δίνει την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα στην εξαγωγή του compressor είναι ο εξής:

Pr = Pressure Ratio F = παράγοντας για τον υπολογισμό της αύξησης θερμοκρασίας εξαγωγής

Pr	F	Pr	F	Pr	F
1.35	0.089	2.25	0.258	3.3	0.402
1.4	0.100	2.3	0.266	3.4	0.414
1.45	0.110	2.35	0.274	3.5	0.426
1.50	0.120	2.4	0.281	3.6	0.437
1.55	0.130	2.45	0.289	3.7	0.448
1.6	0.142	2.5	0.296	3.8	0.459
1.65	0.152	2.55	0.303	3.9	0.470
1.7	0.162	2.6	0.311	4.0	0.480
1.75	0.172	2.65	0.318	4.2	0.501
1.8	0.181	2.7	0.325	4.4	0.521
1.85	0.192	2.75	0.331	4.6	0.540
1.9	0.199	2.8	0.338	4.8	0.559
1.95	0.208	2.85	0.345	5.0	0.577
2.0	0.217	2.9	0.352	5.3	0.603
2.05	0.225	2.95	0.358	5.6	0.628
2.1	0.234	3.0	0.365	5.9	0.653
2.15	0.242	3.1	0.377	6.4	0.691
2.2	0.250	3.2	0.390	7.0	0.735

$$T_o = F * (A_t + 273) * 100 / E$$

Όπου F σταθερά σε συνάρτηση με το Pressure ratio από τον διπλανό πίνακα, At η θερμοκρασία περιβάλλοντος σε Co, E το compressor efficiency.

Στο παράδειγμά μας λοιπόν για την K03 στις 4000 στροφές (έστω ότι την δουλεύαμε εκεί) έχουμε:

Για PR=2.1 το F είναι 0,234, At έστω 20 Co και E = 51%.

Άρα $T_o = 134,5 Co$ αύξηση θερμοκρασίας εάν το E ήταν 70%, τότε θα είχαμε αύξηση θερμοκρασίας κατά 98 Co.

Δηλαδή 36,5 βαθμούς λιγότερο!

Για να έχουμε την πραγματική θερμοκρασία αέρα στην εξαγωγή του compressor προσθέτουμε την αύξηση της θερμοκρασίας στην θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Έτσι έχουμε $134,5 + 20 = 154,5 C$.

Βλέπουμε ότι με πίεση 1 BAR (διπλασιασμό δηλαδή του όγκου του αέρα που εισέρχεται στην μονάδα του χρόνου) έχουμε θερμοκρασία αέρα 154,5 C.

Λογικά ο διπλασιασμός αυτός θα οδηγούσε σε αντίστοιχη αύξηση της ιπποδύναμης, αλλά υπάρχει και ο παράγων πυκνότητα του αέρα, ο οποίος με την άνοδο της θερμοκρασίας μειώνεται

Ας δούμε λοιπόν τι σημαίνει αυτό το ποσοστό μείωσης της πυκνότητας:

$$D = (A_t + 273) * PR / (T_o + 273)$$

Όπου D το ποσοστό μείωσης της πυκνότητας, At η θερμοκρασία περιβάλλοντος σε Co, PR pressure ratio.

Πίσω στο παράδειγμα, έχουμε At=20 Co, PR=2,1 οπότε D = 1,44

Δηλαδή ενώ διπλασιάσαμε τον όγκο του αέρα που μπαίνει στον κινητήρα μας, η αύξηση του σε μάζα είναι μόνο 44%. Άρα σε ένα ατμοσφαιρικό κινητήρα αυτό θα οδηγούσε σε προσδοκώμενη αύξηση ισχύος κατά 44% με την προϋπόθεση ότι μπορούσε να το αντέξει και ότι υπήρχε το κατάλληλο καύσιμο και ρυθμίσεις.

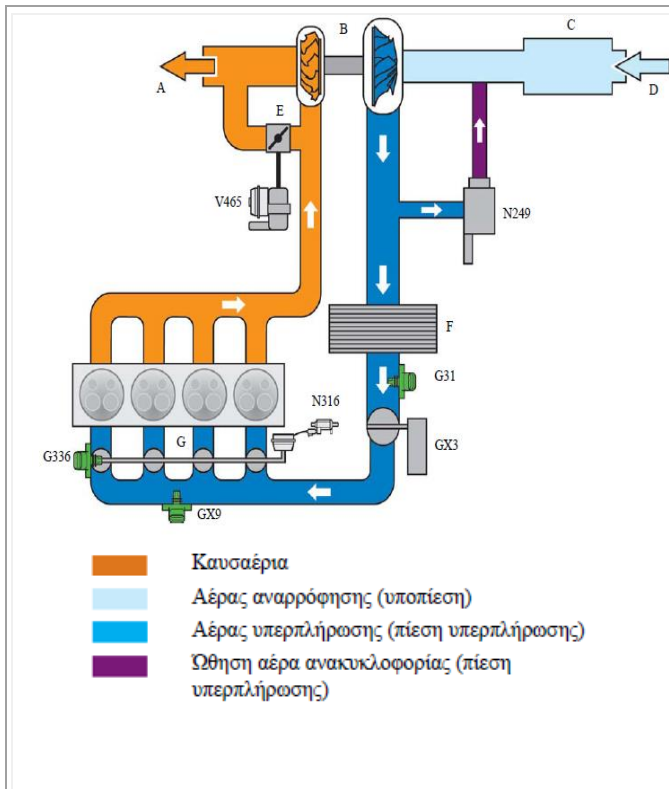
Βλέπουμε λοιπόν την σημασία που έχει το efficiency rate του compressor.

Πηγή: GTC CI

7. Ο κινητήρας 2,0 I-TSI-162kW/169kW Παροχή αέρα και υπερτροφοδότηση

Πηγή: VW

Το σύστημα αέρα υπερπλήρωσης συνοπτικά



GX9 Δότης αυλού εισαγωγής με:

G31 Δότη πίεσης υπερπλήρωσης

G42 Δότη θερμοκρασίας αέρα αναρρόφησης

G71 Δότη πίεσης αυλού εισαγωγής

GX3 Μονάδα ελέγχου πεταλούδας γκαζιού

G186 Μηχανισμό κίνησης πεταλούδας γκαζιού για ηλεκτρική ενεργοποίηση γκαζιού

G187 Δότη γωνίας 1 για κίνηση πεταλούδας γκαζιού σε ηλεκτρική ενεργοποίηση γκαζιού

G188 Δότη γωνίας 2 για κίνηση πεταλούδας γκαζιού σε ηλεκτρική ενεργοποίηση γκαζιού

G336 Ποτενσιόμετρο για θυρίδα αυλού εισαγωγής

J338 Μονάδα ελέγχου πεταλούδας γκαζιού

N249 Βαλβίδα μεταγωγής αέρα για υπερσυμπιεστή turbo

N316 Βαλβίδα για θυρίδα αυλού εισαγωγής

V465 Ρυθμιστής πίεσης υπερπλήρωσης

Καυσαερία

Αέρας αναρρόφησης (υποπίεση)

Αέρας υπερπλήρωσης (πίεση υπερπλήρωσης)

Ωθηση αέρα ανακυκλοφορίας (πίεση υπερπλήρωσης)

A Ροή καυσαερίων

B Υπερσυμπιεστής καυσαερίων turbo

C Φίλτρο αέρα

D Ροή φρέσκου αέρα

E Θυρίδα Waste-Gate

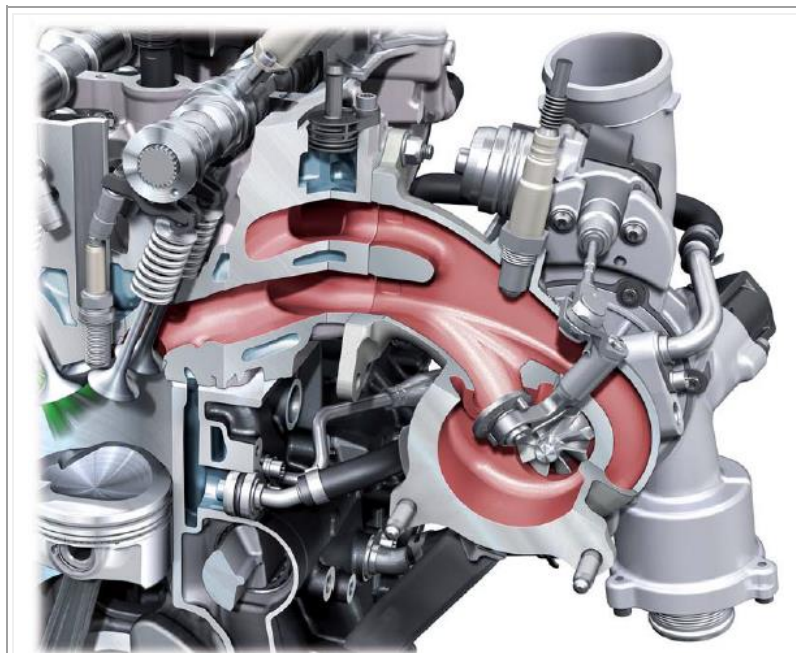
F Ψυγείο αέρα υπερπλήρωσης

G Κλαπέτα αυλού εισαγωγής

Ο υπερσυμπίεστης καυσαερίων turbo

Στους νέους κινητήρες 2,0 I-TSI χρησιμοποιείται ένας νεοεξελιγμένος υπερσυμπίεστης καυσαερίων turbo με ηλεκτρικό ρυθμιστή πίεσης υπερπλήρωσης. Ο υπερσυμπίεστης βιδώνεται απευθείας επάνω στην πολλαπλή εξαγωγής που είναι ενσωματωμένη στην κυλινδροκεφαλή.

Τα χαρακτηριστικά του νέου υπερσυμπίεστη καυσαερίων turbo είναι τα εξής:



- Ηλεκτρική ρύθμιση θυρίδας Waste-Gate με τον ρυθμιστή πίεσης υπερπλήρωσης V465 και τον δότη θέσης για ρυθμιστή πίεσης υπερπλήρωσης G581.
- Αισθητήρας λάμδα GX10 (με αισθητήρα λάμδα G39 και θέρμανση για αισθητήρα λάμδα Z19) πριν από τον υπερσυμπίεστη καυσαερίων turbo.
- Μικρών διαστάσεων κέλυφος τουρμπίνας από χυτοσίδηρο με οδήγηση καυσαερίων δύο ροών.
- Κέλυφος συμπίεστη με ενσωματωμένο συνηχητικό αποσβεστήρα ήχου και ηλεκτρική βαλβίδα ανακυκλοφ. αέρα για υπερσυμπίεστη turbo N249.
- Πτερωτή τουρμπίνας από ειδικό κράμα χάλυβα με αντοχή σε θερμοκρασίες έως 980°C.
- Κέλυφος ρουλεμάν με ενιαίες συνδέσεις για λάδι και ψυκτικό υγρό.

Δομή

Κέλυφος τουρμπίνας και πτερωτή τουρμπίνας

Για να επιτευχθεί η αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες έως 980°C, το κέλυφος της τουρμπίνας είναι κατασκευασμένο από ένα νέο κράμα χυτοχάλυβα. Η οδήγηση των καυσαερίων σε δύο κανάλια συνεχίζεται από την πολλαπλή εξαγωγής έως τον υπερσυμπίεστη καυσαερίων μέχρι λίγο πριν από την τουρμπίνα. Έτσι επιτυγχάνεται ο καλύτερος δυνατός διαχωρισμός στην ακολουθία ανάφλεξης. Η απόδοση υπερπλήρωσης της τουρμπίνας βελτιώθηκε ιδιαίτερα στις υψηλές στροφές.

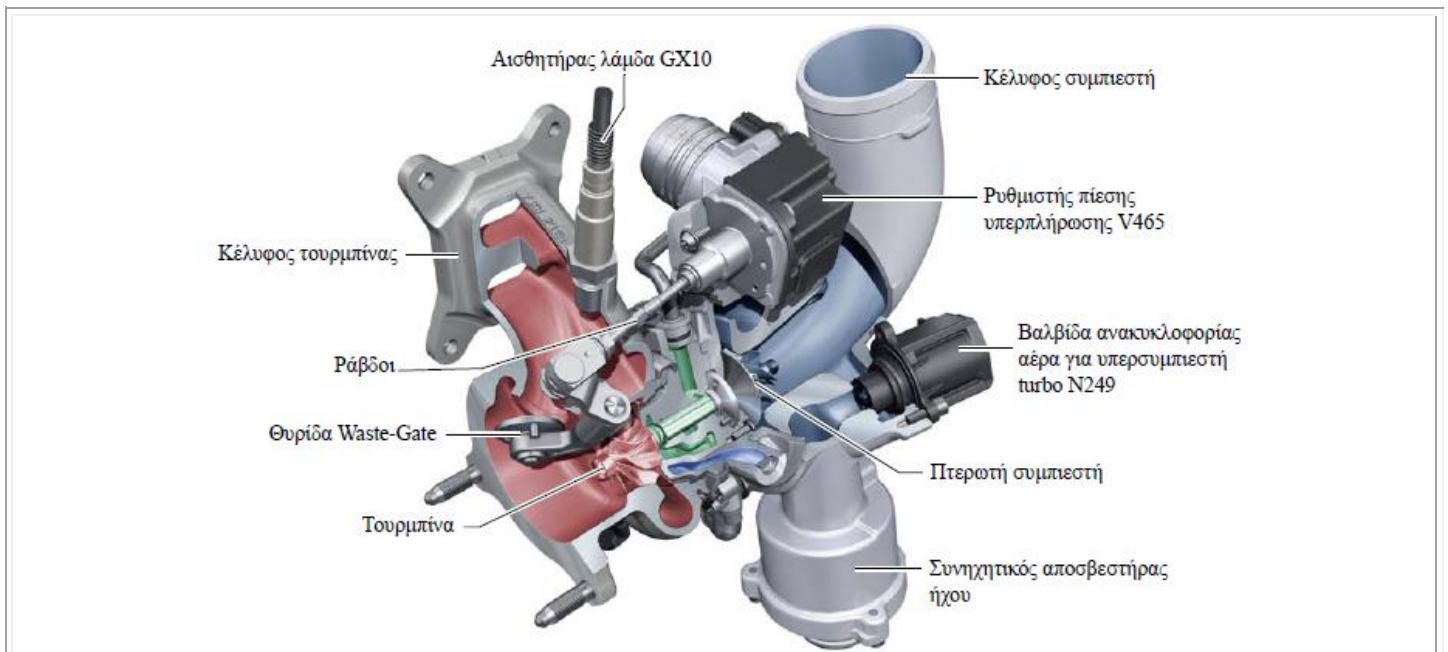
Κέλυφος συμπίεστη και πτερωτή συμπίεστη

Το κέλυφος του συμπίεστη είναι κατασκευασμένο από χυτό αλουμίνιο και έχει ενισχυμένη δομή ώστε να αντέχει στις ισχυρές δυνάμεις ρύθμισης του ρυθμιστή πίεσης υπερπλήρωσης. Ένας συνηχητικός αποσβεστήρας ήχου είναι τοποθετημένος απευθείας στο κέλυφος του συμπίεστη.

Η ηλεκτρική βαλβίδα ανακυκλοφορίας για υπερσυμπίεστη turbo N249 ρυθμίζει την ροή του αέρα προς τον συνηχητικό αποσβεστήρα ήχου. Η φλάντζα σύνδεσης για την εισαγωγή των αερίων Blow-by από τον εξαερισμό του στροφαλοθαλάμου είναι ενσωματωμένη στο κέλυφος του συμπίεστη.

Ο αισθητήρας λάμδα GX10

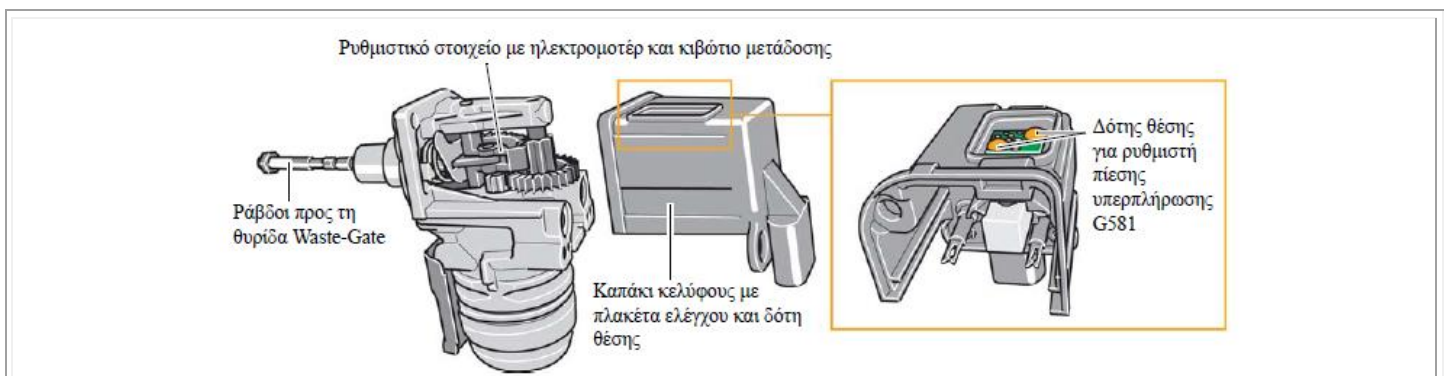
Ο αισθητήρας λάμδα GX10 είναι ένας αισθητήρας λάμδα ευρέως φάσματος και είναι βιδωμένος απευθείας στη φλάντζα σύνδεσης του υπερσυμπίεστη καυσαερίων turbo επάνω στην κυλινδροκεφαλή. Χάρη σε αυτή τη θέση κοντά στον κινητήρα ο αισθητήρας καταγράφει τα καυσαέρια κάθε κυλίνδρου ξεχωριστά. Το γεγονός αυτό καθιστά δυνατό τον πολύ νωρίτερο τερματισμό του σημείου δρόσου και έτσι την πολύ νωριότερη αποδέσμευση της ρύθμισης λάμδα ήδη περ. 6 δευτερόλεπτα μετά την εκκίνηση του κινητήρα.



Ο ρυθμιστής πίεσης υπερπλήρωσης V465

Στον ρυθμιστή πίεσης υπερπλήρωσης V465 γίνεται η ενεργοποίηση της θυρίδας Waste-Gate του υπερσυμπειστή καυσαερίων turbo μέσω ενός ηλεκτρομοτέρ και ενός κιβωτίου, το οποίο μετακινεί το ωστήριο προς τη θυρίδα Waste-Gate. Ο μηχανισμός κίνησης με ηλεκτρομοτέρ επιτρέπει τη γρήγορη και ακριβή ρύθμιση της πίεσης υπερπλήρωσης και προσφέρει επιπλέον τα εξής πλεονεκτήματα:

- Η ενεργοποίηση της θυρίδας Waste-Gate είναι δυνατή ανεξάρτητα από την εφαρμοζόμενη πίεση υπερπλήρωσης.
- Η υψηλή δύναμη συγκράτησης της θυρίδας Waste-Gate συμβάλλει στην επίτευξη της μέγιστης ροπής στρέψης των 350 Nm ήδη από τις 1500 σαλ.
- Με το άνοιγμα της θυρίδας Waste-Gate στην περιοχή μερικού φορτίου μειώνεται η βασική πίεση turbo. Με τον τρόπο αυτό μειώνονται οι εκπομπές CO₂ κατά περ. 1,2 g/km.
- Με το άνοιγμα της θυρίδας Waste-Gate κατά τη διάρκεια θέρμανσης του καταλύτη αυξάνεται η θερμοκρασία των καυσαερίων πριν από τον καταλύτη κατά 10°C, γεγονός που συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών ρύπων στη ψυχρή εκκίνηση.
- Η υψηλή ταχύτητα μεταγωγής του ρυθμιστή πίεσης υπερπλήρωσης έχει ως αποτέλεσμα την άμεση μείωση της πίεσης turbo στις εναλλαγές φορτίου και στη λειτουργία ρολαρίσματος.

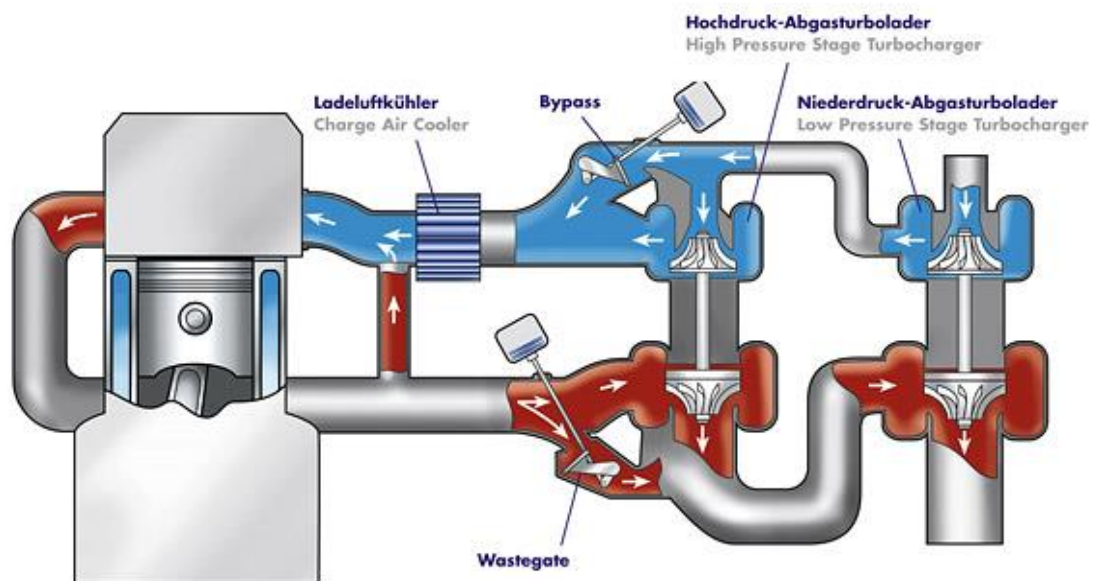


Ο δότης θέσης για ρυθμιστή πίεσης υπερπλήρωσης G581

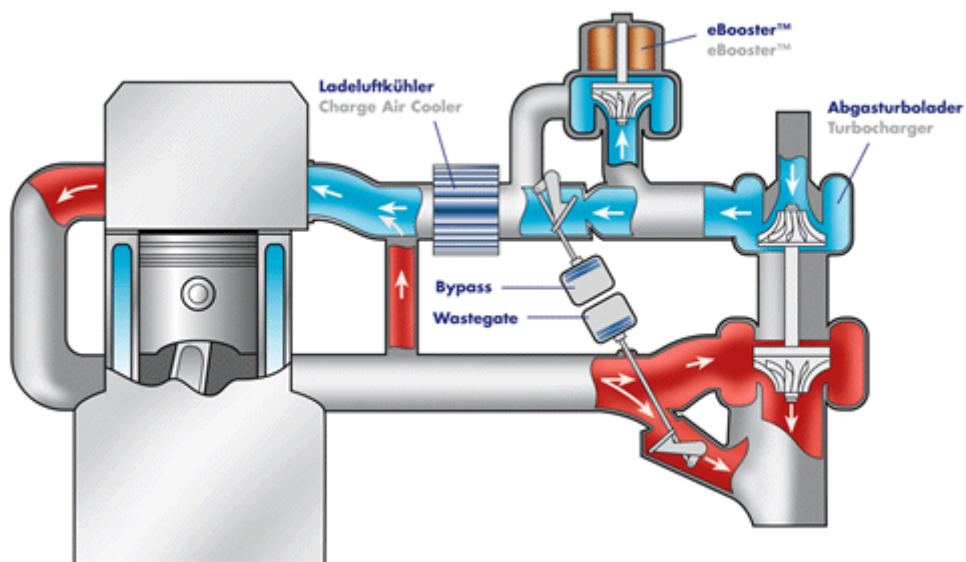
Ο δότης θέσης για τον ρυθμιστή πίεσης υπερπλήρωσης G581 είναι ένας αισθητήρας Hall, ενσωματωμένος στο κέλυφος του ρυθμιστή πίεσης υπερπλήρωσης. Στον μηχανικό σύστημα του κιβωτίου είναι συνδεδεμένη μία βάση με δύο μόνιμους μαγνήτες, οι οποίοι εκτελούν την ίδια διαμήκη κίνηση με το ωστήριο. Η κίνηση των μαγνητών καταγράφεται από τον αισθητήρα Hall και οι πληροφορίες αποστέλλονται στον εγκέφαλο του κινητήρα. Ο εγκέφαλος του κινητήρα αναγνωρίζει έτσι τη θέση της θυρίδας Waste-Gate.

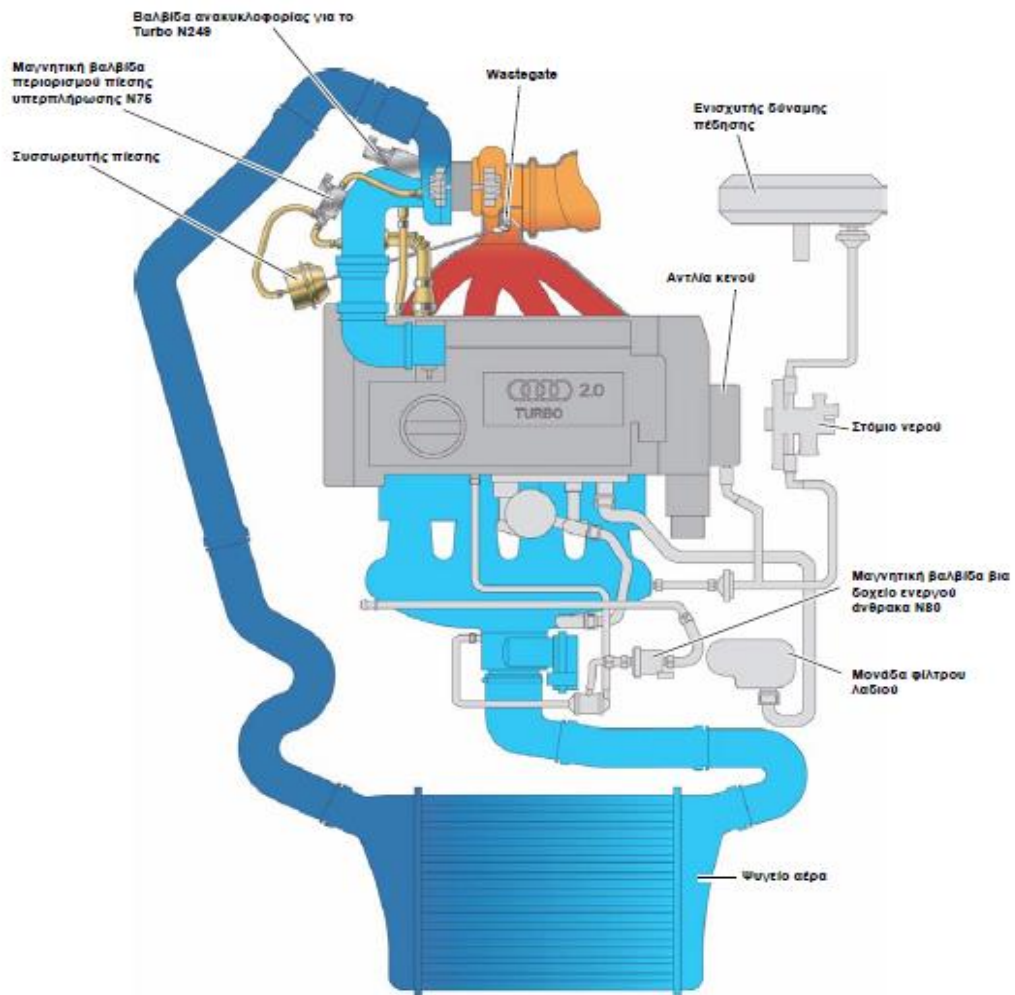
8. Διάφορα (φωτογραφίες) για turbo

2-stufige geregelte Aufladung (R2S™) Regulated 2-stage Turbocharging (R2S™)

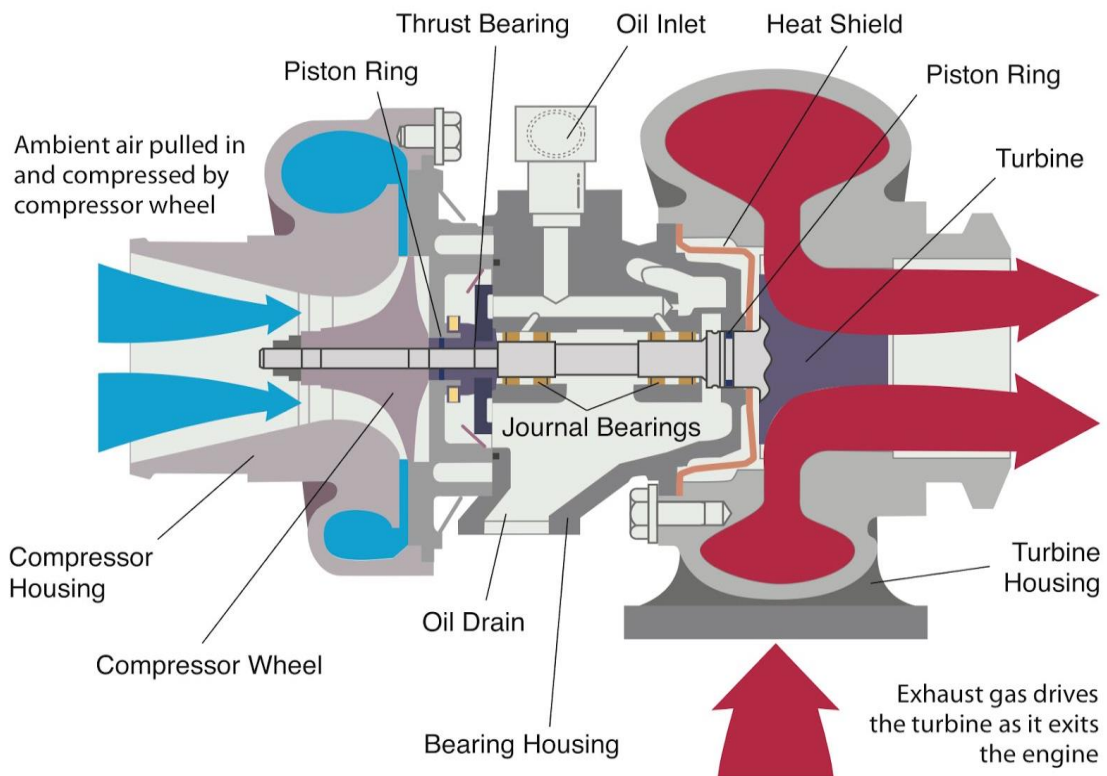


eBooster™

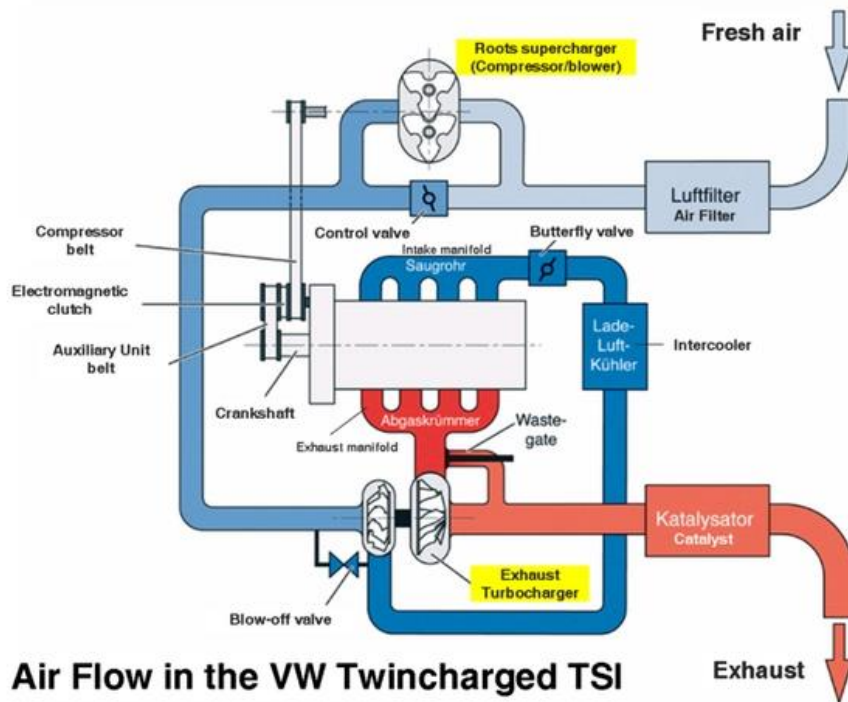




Πηγή: AUDI, VW



Πηγή: hessteknik.dk



Πηγή: alfabb

Εγκυκλοπαίδεια Αυτοκινήτου 2020 Χατζηχρήστου Φραντζή