



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κλιματισμός Αυτοκινήτου και Συστήματα Ελέγχου

Στεφανής Ιωάννης

Εισηγητής: Δρ. Γκαβαλιάς Βασίλειος
Μηχανολόγος Μηχανικός

Περίληψη

Ο κλιματισμός του οχήματος αφορά τόσο την θέρμανση / ψύξη του εσωτερικού αέρα, όσο και την ανανέωση / καθαρισμό του. Σκοπός του κλιματισμού είναι η διατήρηση της άνεσης και της ασφάλειας κατά την οδήγηση, καθώς και η βελτίωση της ορατότητας μέσω της απομάκρυνσης των υγροποιήσεων στο εσωτερικό των κρυστάλλων. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία πέρα από την ιστορική αναφορά στην εξέλιξη του κλιματισμού αυτοκινήτου, παραθέτονται οι μηχανισμοί που εξασφαλίζουν τη θέρμανση – ψύξη – ανανέωση – βελτίωση του εσωτερικού αέρα. Επίσης αναλύονται τα επιμέρους δομικά μέρη του συστήματος ψύξης και τέλος τα περιβαλλοντολογικά θέματα που προκύπτουν από τις ψυκτικές διατάξεις. Η αναζήτησή μου στη βιβλιογραφία αλλά και σε πηγές του διαδικτύου για την πληρέστερη ενημέρωσή μου ανέδειξε πολλές καταγραφές, το σύνολο των οποίων ήταν ξενόγλωσσες. Η παρούσα πτυχιακή εργασία κατέδειξε ότι η κατανόησή των ελέγξιμων παραγόντων που επηρεάζουν τα ψυχομετρικά χαρακτηριστικά του αέρα, επιτρέπει στον οδηγό να κάνει τους κατάλληλους χειρισμούς για την επίτευξη της βέλτιστης κλιματικής άνεσης. Αντίθετα, η άγνοια αυτών μπορεί να στοιχίζει την αδικαιολόγητη ταλαιπωρία των επιβαινόντων, με αρνητικές επιπτώσεις τόσο στην ψυχική διάθεση και τη σωματική ευεξία, όσο και στη γενικότερη ασφάλεια της μετακίνησης.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	7
1. Βασικές αρχές του κλιματισμού – Εισαγωγή.....	9
1.1 Ιστορικό συστημάτων κλιματισμού αυτοκινήτων	9
1.2 Εισαγωγή στη θέρμανση και τον αερισμό.....	17
1.3 Το σύστημα κλιματισμού – ψύξης	49
1.4 Σύστημα με βαλβίδα εκτόνωσης.....	51
1.5 Σύστημα στραγγαλιστικής βαλβίδας	53
1.6 Κλιματισμός διπλής λειτουργίας	55
2. Δομικά μέρη του Κλιματισμού (Air-condition).....	57
2.1 Ο συμπιεστής.....	57
2.2 Ο συμπυκνωτής.....	79
2.3 Ο ξηραντής (συλλέκτης) / συσσωρευτής.....	83
2.4 Η βαλβίδα εκτόνωσης / στραγγαλιστική βαλβίδα	87
2.5 Ο εξατμιστής	97
2.6 Συσκευές αντιπαγετικής προστασίας	99
2.7 Βασικοί διακόπτες ελέγχου	103
3. Ψύξη και κλιματισμός χωρίς υπερθέρμανση του πλανήτη.....	105
Συμπεράσματα.....	115
Βιβλιογραφία	117

Πρόλογος

Αφορμή στην επιλογή μου να ασχοληθώ με τον Κλιματισμού Αυτοκινήτου ως θέμα για την πτυχιακή μου εργασία, στάθηκε η προσπάθεια για εμπλουτισμό των γνώσεων μου στο συγκεκριμένο θέμα για επαγγελματικούς λόγους. Έχοντας εργαστεί για 14 μήνες (συμπεριλαμβανομένης της πρακτικής άσκησης) σε κατάστημα πώλησης και εγκατάστασης συστημάτων οικιακής θέρμανσης και κλιματισμού, θεωρούσα ότι είχα συλλέξει όλες τις απαραίτητες πρακτικές γνώσεις, οι οποίες μαζί με όσα μου διδάχτηκαν στο μάθημα της Θέρμανσης – Ψύξης – Κλιματισμού μου επέτρεπαν να ασκώ επαρκώς το επάγγελμά μου. Μεταπηδώντας όμως στον κλάδο της πραγματογνωμοσύνης και της εκτίμησης υλικών ζημιών τροχαίων ατυχημάτων διαπίστωνα ότι υπήρχαν στο αυτοκίνητο εξαρτήματα και υποσυστήματα που αφενός μεν εξασφαλίζουν στον οδηγό και τους επιβαίνοντες συνθήκες άνεσης και ο καθένας γνωρίζει πώς να τα χρησιμοποιεί, αφετέρου δε αγνοούσα τον ακριβή τρόπο λειτουργίας τους, κάτι που συνέβαινε και με επαγγελματίες αυτοκινητιστές.

Παράλληλα κατά την αυτοψία που διενεργούσα σε ζημιωθέντα αυτοκίνητα, στα πλαίσια της εκτίμησης των υλικών τους ζημιών, συμπέρανα ότι σε πλειάδα μετωπικών και πλαγιομετωπικών συγκρούσεων προέκυπτε απώλεια του ψυκτικού υγρού του συστήματος κλιματισμού. Εύλογα μου δημιουργήθηκαν απορίες σχετικά με τις οικολογικές επιπτώσεις που προκύπτουν, καθώς και με τους τρόπους αντιμετώπισης αυτών.

Θα ήθελα τέλος να ευχαριστήσω από την καρδιά μου για την συμβολή της στην παρούσα εργασία τη σύζυγό μου Φρειδερίκη Παπαϊωάννου.

Κλιματισμός Αυτοκινήτου και Συστήματα Ελέγχου

1. Βασικές αρχές του κλιματισμού – Εισαγωγή

1.1 Ιστορικό συστημάτων κλιματισμού αυτοκινήτων

Η πρώιμη ιστορία των μεταφορικών μέσων ξεκινά κυρίως με την ιππήλατη άμαξα, η οποία εγκαταλείφθηκε με την εφεύρεση του αυτοκινήτου. Τα πρώτα αυτοκίνητα είχαν καμπίνες επιβατών που ήταν εκτεθειμένες στο εξωτερικό περιβάλλον. Αυτό σημαίνει ότι οι επιβάτες έπρεπε να προσαρμόσουν την ένδυση τους ανάλογα με τις εκάστοτε καιρικές συνθήκες. Όταν τελικά υιοθετήθηκαν οι κλειστές καμπίνες επιβατών, δημιουργήθηκε η ανάγκη θέρμανσης, ψύξης και εξαερισμού τους, ώστε να ικανοποιηθούν οι προσδοκίες των πελατών. Τα πρώτα συστήματα θέρμανσης αποτελούνταν από πήλινα πυρότουβλα που τοποθετούνταν στο εσωτερικό του οχήματος ή από απλούς καυστήρες καυσίμου που θέρμαιναν το εσωτερικό του οχήματος. Ο εξαερισμός του εσωτερικού μέρους του οχήματος επιτεύχθηκε μέσω ανοιγόμενων παραθύρων ή ανακλινόμενων παρμπρίζ. Αργότερα προστέθηκαν αεραγωγοί στις πόρτες και διαφράγματα για να βελτιωθεί η κυκλοφορία του αέρα και στη συνέχεια περιστρεφόμενες γρίλιες στα σύγχρονα οχήματα. Η ροή του αέρα ήταν δύσκολο να ελεγχθεί διότι ήταν εξαρτώμενη της ταχύτητας του οχήματος και, ενίοτε, επέτρεπε την εισροή βρώμικου αέρα, υγρασίας και καυσαερίων από το χώρο του κινητήρα. Η ψύξη της καμπίνας επιβατών στα πρώτα εγχειρήματα αποτελούνταν από ένα κομμάτι πάγου στο εσωτερικό του οχήματος το οποίο έλειωνε! Σταδιακά ορισμένα προβλήματα σχεδιασμού ξεπεράστηκαν, με προτάσεις οι οποίες περιελάμβαναν αεραγωγούς στη βάση του παρμπρίζ για φυσική ροή του αέρα και ηλεκτροκίνητες φτερωτές ώστε να αυξηθεί η ροή στις χαμηλές ταχύτητες. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν εναλλάκτες θερμότητας, στους οποίους αξιοποιούνταν είτε η θερμότητα από το σύστημα εξάτμισης καυσαερίων ή το νερό από το σύστημα ψύξης του κινητήρα ως πηγή για τη θέρμανση της καμπίνας επιβατών του οχήματος.



Chrysler Imperial του 1953 με το εργοστασιακής τοποθέτησης κλιματιστικό “AIRTEMP” στον χώρο αποσκευών (πηγή: Wikipedia)

Τα πρώτα συστήματα ψύξης για την καμπίνα επιβατών προέρχονταν από εξωτερικούς συνεργάτες – κατασκευαστές και λειτουργούσαν με ψύξη μέσω εξάτμισης. Αποτελούνταν από ένα κουτί ή κύλινδρο τοποθετημένο σε κάποιο παράθυρο του οχήματος. Η πρόσληψη της μονάδας επέτρεπε την είσοδο αέρα από το εξωτερικό, ο οποίος διέτρεχε ένα βρεγμένο συρμάτινο πλέγμα εντός ενός κώνου στο εσωτερικό της μονάδας. Το νερό εξατμιζόταν λόγω της απορρόφησης της θερμότητας του αέρα, ο οποίος μετά την έξοδό του από τη μονάδα τροφοδοτούσε το εσωτερικό του οχήματος. Το νερό προερχόταν από μια δεξαμενή στο εσωτερικό της μονάδας και έπρεπε να συμπληρώνεται για να κρατήσει υγρό τον κώνο, διαφορετικά η μονάδα δεν θα λειτουργούσε. Ο εισερχόμενος αέρας ήταν δροσερός εάν η σχετική υγρασία του εξωτερικού αέρα που εισέρεε στη μονάδα ήταν χαμηλή. Εάν η σχετική υγρασία του αέρα ήταν υψηλή τότε το νερό δε θα μπορούσε να εξατμιστεί. Όταν η μονάδα αυτή λειτουργούσε αποτελεσματικά, παρέδιδε δροσερούς κορεσμένους υδρατμούς στο εσωτερικό του οχήματος, αυξάνοντας τα επίπεδα υγρασίας. Οι μονάδες αυτές ήταν πραγματικά αποτελεσματικές μόνο σε χώρες με χαμηλή υγρασία.

Το 1939 ο Packard εισήγαγε στην αγορά το πρώτο μηχανικό σύστημα κλιματισμού αυτοκινήτου, το οποίο λειτουργούσε σε κλειστό κύκλο. Το σύστημα αυτό αποτελούνταν από συμπιεστή, συμπυκνωτή, ξηραντή και εξατμιστή, τοποθετημένα στο εσωτερικό του χώρου αποσκευών. Το μόνο σύστημα ελέγχου ήταν ένας διακόπτης για τον ανεμιστήρα. Στην προώθηση του προϊόντος του Packard χρησιμοποιήθηκε η φράση: «Ξεχάστε τη ζέση του φετινού καλοκαιριού με το μοναδικό κλιματιζόμενο αυτοκίνητο στον κόσμο.» Το κύριο πρόβλημα με το σύστημα ήταν ότι ο συμπιεστής λειτουργούσε συνεχώς (δεν είχε συμπλέκτη) και έπρεπε να αφαιρεθεί ο ιμάντας που έδινε κίνηση στον συμπιεστή για να απενεργοποιηθεί το σύστημα κατά τους χειμερινούς μήνες.

Κατά την περίοδο 1940-1941 μια σειρά από κατασκευαστές αυτοκινήτων δημιούργησαν οχήματα με συστήματα κλιματισμού, σε μικρή κλίμακα παραγωγής. Μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο η Cadillac παρουσίασε ένα νέο χαρακτηριστικό γνώρισμα στα συστήματα κλιματισμού το οποίο αποτελείται από μια κλιματιστική μονάδα που βρίσκεται στο οπίσθιο τμήμα του οχήματος (χώρος αποσκευών), γεγονός που σήμαινε ότι ο οδηγός έπρεπε να προσεγγίσει το πίσω κάθισμα για να θέσει το σύστημα εκτός λειτουργίας. Αυτό βέβαια ήταν μια εξέλιξη σε σχέση με το σύστημα στον χώρο της μηχανής που απαιτούσε αφαίρεση του ιμάντα κίνησης για να απενεργοποιηθεί. Το 1954-1955 η εταιρία Nash-Kelvinator παρουσίασε ένα σύστημα κλιματισμού για μαζική παραγωγή. Ήταν μια συμπαγής κλιματιστική μονάδα, προσιτή, με όργανα ελέγχου στην κονσόλα και ηλεκτρικό συμπλέκτη.

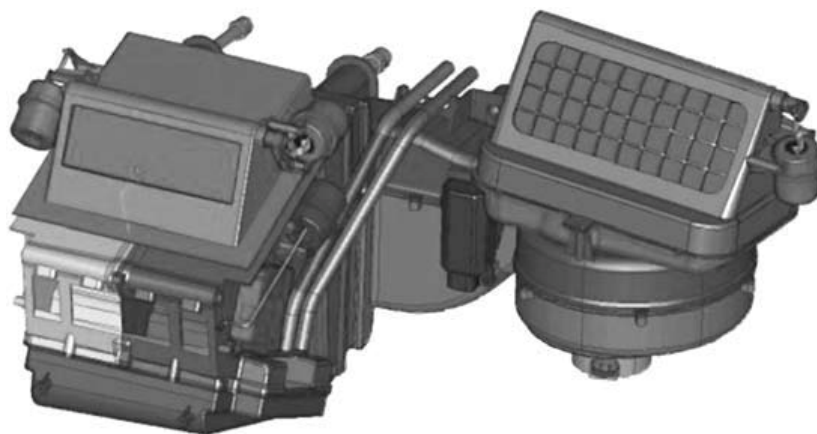
Σχεδιασμός και βελτιστοποίηση του συστήματος κλιματισμού

Στο παρελθόν, ο μόνος τρόπος για να αξιολογηθεί μια πρόταση για τη διαχείριση αέρα, ήταν να κατασκευαστεί ένα πρωτότυπο και να γίνουν εργαστηριακές δοκιμές. Τα δομικά στοιχεία του συστήματος διαχείρισης αέρα τοποθετούνταν σε ένα πάγκο δοκιμής και γίνονταν μετρήσεις της θερμοκρασίας του κλιματιζόμενου αέρα στα σημεία διανομής. Αυτή η προσέγγιση είναι χρονοβόρα και απαιτεί την κατασκευή ακριβών πρωτοτύπων. Επιπλέον, παρέχει ελάχιστα έως μηδαμινά στοιχεία σχετικά με το λόγο για τον οποίο βγαίνουν τα συγκεκριμένα αποτελέσματα απόδοσης. Ειδικότερα, οι δοκιμές δεν είναι σε θέση να ανιχνεύσουν λεπτομέρειες σχετικά με την επανακυκλοφορία, τις αναταράξεις, τη διαστρωμάτωση της θερμοκρασίας και τις στενώσεις που δυσχεραίνουν τις επιδόσεις και προκαλούν απώλεια πίεσης. Ακόμα, η απόδοση ενός συστήματος χρειάζεται συνήθως να αξιολογηθεί σε πολλές διαφορετικές καταστάσεις. Για παράδειγμα, ορισμένες φορές είναι αναγκαίο να αξιολογηθεί η διαχείριση αέρα στη λειτουργία εξαερισμού, στη θέση εκροής από το δάπεδο, στην απόψυξη καθώς και σε μικτές συνθήκες, σε μια ποικιλία θερμοκρασιών.

Σύγχρονες μέθοδοι σχεδιασμού

Η διαδικασία σχεδιασμού των σύγχρονων συστημάτων κλιματισμού οχημάτων έχει βελτιωθεί με την εισαγωγή των Computer Aided Design (CAD), Computer Aided

Engineering (CAE) και Computer Aided Manufacturing (CAM). Το CAD επιτρέπει τον σχεδιασμό και την οπτική επισκόπηση ενός πρωτοτύπου μέσω υπολογιστή. Τα τυποποιημένα εξαρτήματα ανταλλάσσονται μεταξύ των κατασκευαστών και των προμηθευτών ώστε να εξασφαλιστεί ότι τα κατασκευαστικά στοιχεία που απορρέουν είναι σωστά. Σχέδια των υποδειγμάτων στέλνονται στους πελάτες (κατασκευαστές) για επαλήθευση και ανατροφοδότηση. Σχέδια μπορούν να τροποποιούνται και να επανελέγχονται σε σύντομο χρονικό διάστημα σε μια σειρά από διαφορετικές μορφές, π.χ. ένα αρχείο STL (στερεολιθογραφία). Πολύπλοκα εξαρτήματα και συναρμογές μπορούν να κατασκευαστούν πολύ γρήγορα χρησιμοποιώντας εγκαταστάσεις ταχείας εκπόνησης πρωτοτύπων (CAM). Το CAD περιλαμβάνει επίσης τη δυνατότητα διενέργειας εικονικών δοκιμών. Αυτή η δυνατότητα παρέχεται με τη μετατροπή CAD σε CAE. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται είναι το Solidworks ως πακέτο CAD με την προσθήκη του Cosmos Works, για την ανάλυση Πεπερασμένων Στοιχείων (Finite Element Analysis FEA) και τον Υπολογισμό Ρευστομηχανικής Ανάλυσης (Computational Fluid Dynamics CFD). Το FEA παρέχει μια μηχανική ανάλυση τάσεων, ενώ το CFD αναλύει τη ροή ενός ρευστού (όπως ο αέρας) μέσα ή πάνω από πολύπλοκα γεωμετρικά σχήματα. Αυτά τα επιπλέον χαρακτηριστικά βασίζονται σε υπολογισμούς και χρησιμοποιούν μαθηματικές εξισώσεις ενσωματωμένες στο λογισμικό για την πρόβλεψη μεταβλητών, όπως η κατανομή των τάσεων ενός στοιχείου ή μιας συναρμογής (FEA) ή τη ροή του αέρα μέσω αεραγωγών (CFD). Χωρίς τις τεχνολογίες αυτές, όλες οι παραπάνω δοκιμές θα γίνονταν χειροκίνητα με συνεχείς αναπροσαρμογές σε ένα χειροποίητο μοντέλο με σκοπό τη βελτιστοποίηση.



Σχήμα 1.1 Μοντέλο σχεδιασμένο σε Η/Υ με πρόγραμμα CAD (χωρίς τους αγωγούς και τα ακροφύσια) (πηγή: Visteon ©)



Σχήμα 1.2 Πτώση πίεσης στου αεραγωγούς υπολογισμένη με CFD (πηγή: Visteon©)

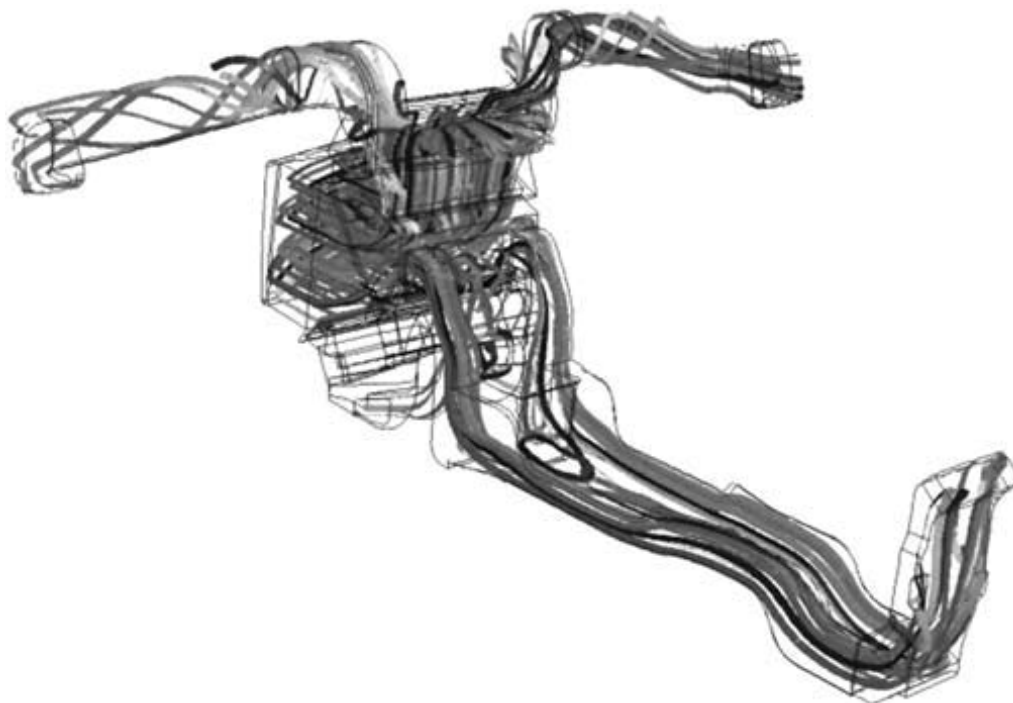
Η εξέλιξη

Ο κλιματισμός εφαρμόστηκε ως μια ιδέα που ανταποκρίνεται στις ανάγκες των καταναλωτών και στη νομοθεσία. Αυτό οδήγησε στην καθιέρωση προδιαγραφών. Οι προδιαγραφές περιλαμβάνουν ελάχιστες απαιτήσεις αποδόσεων, τις θερμοκρασίες, τις ζώνες ελέγχου, τις ταχύτητες ροής κλπ. Έτσι δημιουργείται μια σειρά σχεδίων και υποδειγμάτων. Τα σχέδια παρουσιάζονται ως μια σειρά από μοντέλα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, που καλύπτουν (ως πιθανές λύσεις) τις αρχικές προδιαγραφές. Όλα αυτά πρέπει να ελέγχονται ως προς τις αποδόσεις τους.

Η δοκιμασία απόδοσης χρησιμοποιώντας CFD μπορεί να περιλαμβάνει μέτρηση ταχύτητας ρευστού (ροή αέρα), τιμές πίεσης και διακυμάνσεις της θερμοκρασίας στα σημεία διανομής. Χρησιμοποιώντας CFD είναι εφικτή η ανάλυση του ρευστού μέσα από περίπλοκες γεωμετρίες και σε οριακές συνθήκες. Η γεωμετρία συνήθως περιλαμβάνει το μήκος των αγωγών και τους συνδέσμους, την αλλαγή από κυκλική σε ορθογώνια διατομή, την ροή μέσα από περίπλοκες καμπύλες, την ύπαρξη διακλαδώσεων και εσωτερικών τοιχωμάτων.

Στο πλαίσιο της ανάλυσης, ένας σχεδιαστής μπορεί να αλλάξει τη γεωμετρία του συστήματος ή τις οριακές συνθήκες, όπως την ταχύτητα εισόδου, την ταχύτητα ροής, κλπ. και να δει τα αποτελέσματα για τους τρόπους ροής του ρευστού.

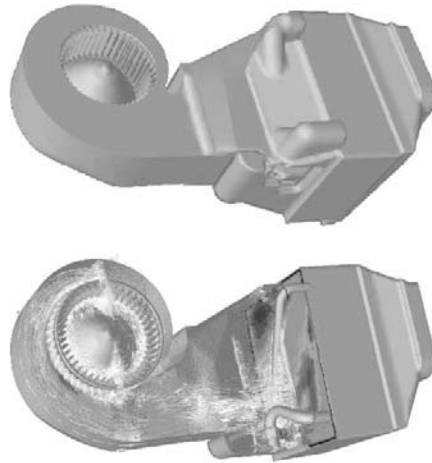
Το CFD είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την εκπόνηση παραμετρικών μελετών με τη δυνατότητα σημαντικής μείωσης των κατασκευαστικών πειραματισμών που απαιτούνται για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης ενός σχεδίου ή υποδείγματος.



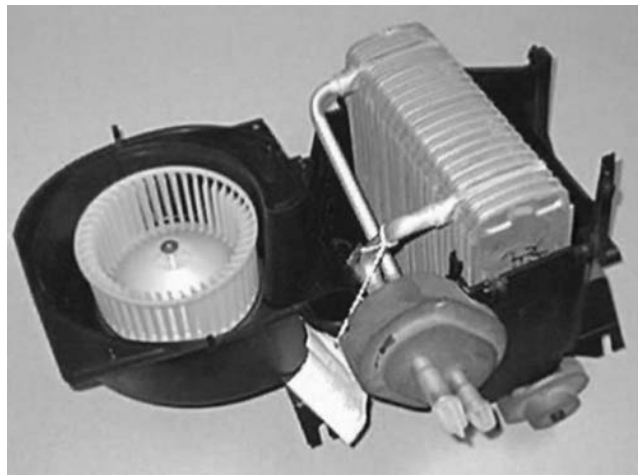
Σχήμα 1.3 Παρουσίαση πεδίου ροής σε σύστημα διαχείρισης αέρα (πηγή:Visteon©)

Η καμπύλη απόδοσης ενός ανεμιστήρα μπορεί να σχεδιαστεί μέσω ενός υπολογιστικού μοντέλου. Χωρίς αυτή τη λειτουργία, ο σχεδιαστής πρέπει να μαντέψει τη ροή μέσα στο περίβλημα του ανεμιστήρα και να υπολογίσει την πτώση πίεσης με χρήση CFD, ώστε να καταλήξει στο αν ταιριάζουν τα χαρακτηριστικά του ανεμιστήρα. Αν η πτώση πίεση δεν ταιριάζει, τότε πρέπει να γίνει μια άλλη εικασία. Κανονικά απαιτούνται τουλάχιστον τρεις επαναλήψεις (δοκιμές), ώστε να επαληθευτεί η αντιστοιχία (ανεμιστήρα – πτώσης πίεσης).

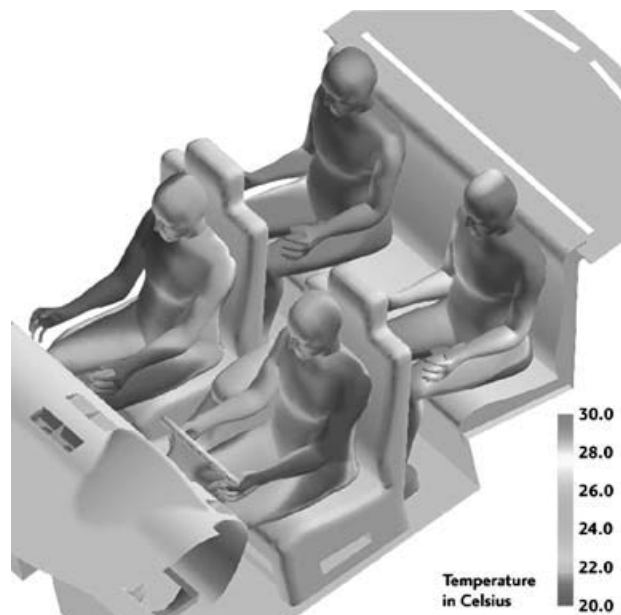
Το λογισμικό έχει τη δυνατότητα της εισαγωγή μιας καμπύλης απόδοσης ανεμιστήρα απευθείας στο μοντέλο. Σε κάθε κύκλο της ανάλυσης αλληλεπιδρά η λειτουργία του ανεμιστήρα με την καμπύλη απόδοσης, για να καθορίσουν οι ακριβείς συνθήκες λειτουργίας. Χρησιμοποιώντας την τεχνική αυτή, οι μηχανικοί μπορούν εύκολα να προσδιορίσουν το είδος του ανεμιστήρα που θα ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της ροής του αέρα στο εσωτερικό του οχήματος, κατά κανόνα 158 κυβικά πόδια ανά λεπτό (75 λίτρα / δευτερόλεπτο) για τη θέρμανση και 300 κυβικά πόδια ανά λεπτό (141,6 λίτρα / δευτερόλεπτο) για την ψύξη.



Σχήμα 1.4 Βελτιστοποίηση ροής ανεμιστήρα (πηγή: Visteon ©)



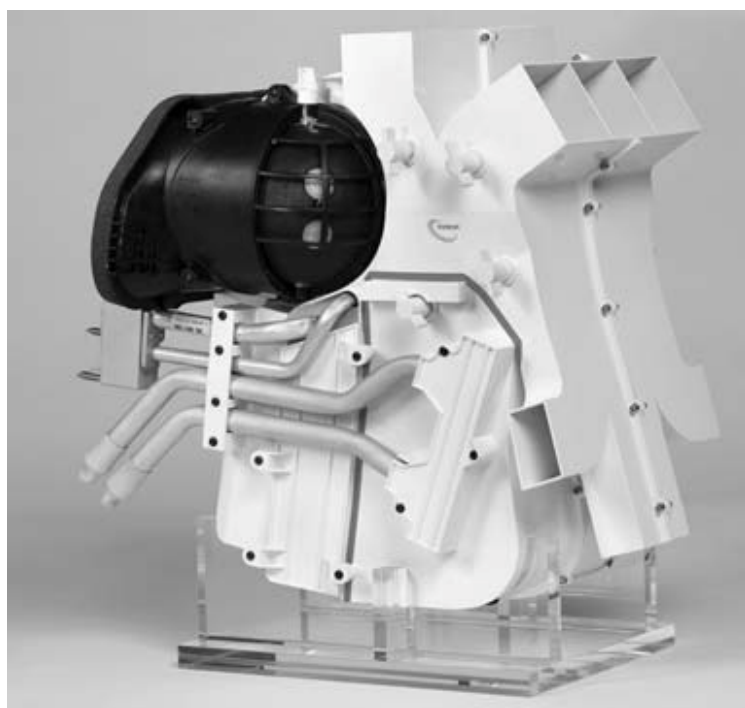
Σχήμα 1.5 Βελτιστοποιημένο μοντέλο ανεμιστήρα (πηγή: Visteon ©)



Σχήμα 1.6 Κατανομή της θερμοκρασίας στους επιβάτες (πηγή: Visteon ©)

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα βελτίωσης σχετικά με το σύστημα θέρμανσης – εξαερισμού – ψύξης (heating – ventilation air conditioning: στο εξής HVAC) είναι ο διακόπτης θερμοκρασίας στο ταμπλό. Η μετακίνηση του διακόπτη από τη θέση 1 στη θέση 2 θα πρέπει να έχει τις ίδιες επιπτώσεις στη διαφοροποίηση της θερμοκρασίας με την μετακίνηση από τη θέση 2 στη θέση 3. Στο παρελθόν, η γραμμικότητα του διακόπτη θερμοκρασίας δεν θα μπορούσε να εκτιμηθεί παρά μόνο μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής του πρωτότυπου μοντέλου του αυτοκινήτου. Σε εκείνο το σημείο, οι αλλαγές είναι δαπανηρές και τα στοιχεία που προκύπτουν από τις δοκιμές δεν επαρκούν για να μας καθοδηγήσουν στο είδος των αλλαγών που απαιτούνται. Τώρα, οι μηχανικοί μπορούν να καθορίσουν τη γραμμικότητα του προτεινόμενου σχεδίου, λίγες μέρες μετά τη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου CAD. Κατά κανόνα έχει καθιερωθεί μία σειρά αναλύσεων σε οκτώ διαφορετικές ρυθμίσεις θερμοκρασίας για καθεμιά από τις τρεις λειτουργίες ενός συστήματος HVAC (θέρμανση – εξαερισμός – κλιματισμός). Σε λιγότερο από μία εβδομάδα, μπορεί να καθοριστεί η θερμοκρασία του εξερχόμενου αέρα σε κάθε ρύθμιση.

Όταν το μοντέλο ρευστοδυναμικής ανάλυσης (CFD) ολοκληρωθεί, κατασκευάζεται το πρωτότυπο προκειμένου να διασφαλιστεί η λειτουργία του, όπως προβλέπεται από το υπολογιστικό μοντέλο. Η απόκλιση της προσομοίωσης και της πραγματικής απόδοσης του συστήματος μπορεί να διαφέρει έως και 10-15%.



Σχήμα 1.7 Πρωτότυπο σύστημα HVAC για διεξαγωγή μετρήσεων (πηγή: Visteon ©)

1.2 Εισαγωγή στη θέρμανση και τον αερισμό

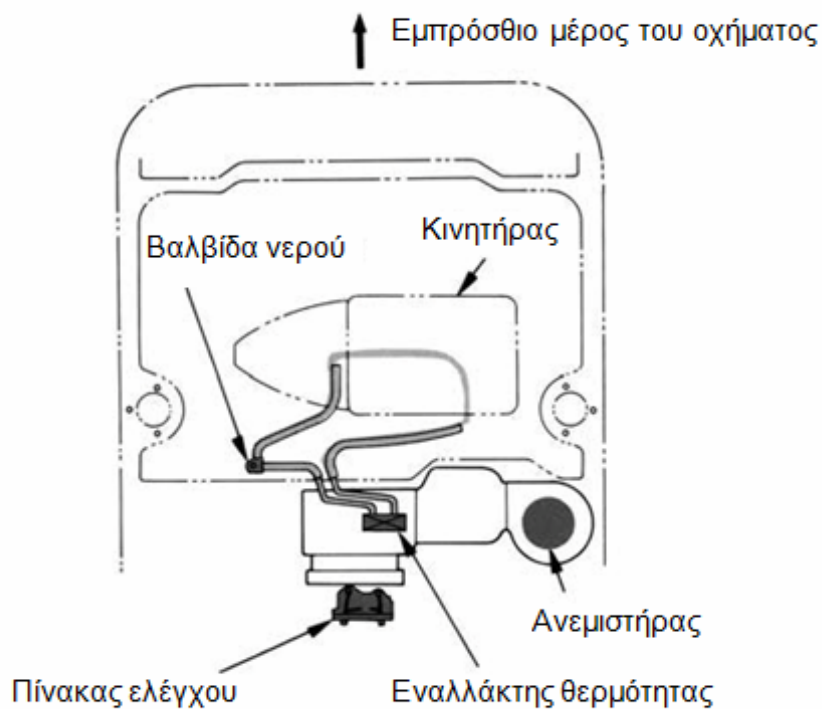
Η θέρμανση και ο αερισμός στα μέσα μεταφοράς δεν αφορά μόνο τον έλεγχο της θερμοκρασίας. Το κλειδί για τον επιτυχή σχεδιασμό των συστημάτων αυτών είναι η ασφάλεια των επιβατών, η μείωση της κόπωσης του οδηγού, η εξασφάλιση καλής ορατότητας και η διατήρηση συνθηκών άνεσης. Μια συνεχής ροή αέρα στο εσωτερικό του οχήματος μειώνει τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα, ενεργεί ως διάταξη εξουδετέρωσης των υγραποποιήσεων (δρόσου) και αποτρέπει τη συσσώρευση οσμών. Το διοξείδιο του άνθρακα σε υψηλή συγκέντρωση μπορεί να προκαλέσει μειωμένα αντανακλαστικά του οδηγού. Υπάρχουν συνιστώμενες τιμές αερισμού που προσδιορίζουν τον αριθμό ανανεώσεων του εσωτερικού αέρα ανά ώρα. Στον υπολογισμό αυτό λαμβάνεται υπόψη και ο αριθμός των πιθανών επιβατών και ο εσωτερικός όγκος του οχήματος. Σε ορισμένες χώρες οι απαιτήσεις του συστήματος θέρμανσης και αερισμού προβλέπονται από τη νομοθεσία. Το σύστημα θέρμανσης και εξαερισμού σε συνδυασμό με σύστημα κλιματισμού παρέχουν στους επιβάτες ένα εύρος θερμοκρασιών για να επιλέξουν την επιθυμητή θερμοκρασία. Αυτό μπορεί να είναι μια πραγματική πρόκληση, εξαιτίας ορισμένων ακραίων καιρικών συνθηκών ανά την υδρόγειο. Συχνά απαιτούνται βοηθητικές διατάξεις για την παροχή πρόσθετης θέρμανσης ή ψύξης στο εσωτερικό.

Το σύστημα θέρμανσης στο αυτοκίνητο

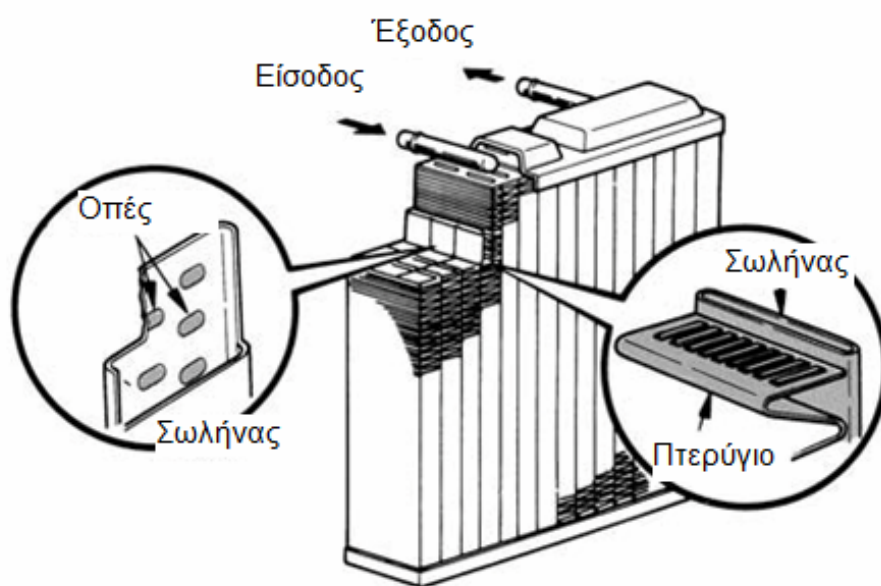
Η θερμότητα είναι μια μορφή ενέργειας, κάτι που σημαίνει ότι δεν μπορεί να καταστραφεί. Η φιλοσοφία της θέρμανσης και του εξαερισμού είναι η μεταφορά θερμότητας από το ένα σημείο στο άλλο. Το σύστημα θέρμανσης είναι μια συσκευή που θερμαίνει τον αέρα που εισέρχεται ή που υπάρχει ήδη στο εσωτερικό του οχήματος (ανακύκλωση του αέρα). Ο θερμός αέρας κατευθύνεται στη συνέχεια προς μια πληθώρα σημείων μέσω της κατανομής των αεραγωγών στο εσωτερικό του οχήματος.

Υπάρχουν διάφορες διαθέσιμες μέθοδοι για τη θέρμανση του αέρα – με αερολέβητα, με τη θερμότητα ως υποπροϊόν των μηχανών εσωτερικής καύσης, με ηλεκτρική αντίσταση κλπ. Σε γενικές γραμμές τα οχήματα χρησιμοποιούν τη θερμότητα της καύσης που μεταφέρεται μέσω του νερού ή του αέρα ανάλογα με το αν ο κινητήρας

είναι το υδρόψυκτος ή αερόψυκτος. Εάν το όχημα είναι αερόψυκτο, χρησιμοποιείται ένα σύστημα αγωγών για να κατευθύνει τη θερμότητα από την εξωτερική επιφάνεια του κινητήρα, της εξατμίσσης ή σε ορισμένες περιπτώσεις του συστήματος λίπανσης προς το εσωτερικό του οχήματος.



Σχήμα 1.8 Σύστημα υδρόψυξης (πηγή: Toyota)



Σχήμα 1.9 Εναλλάκτης θερμότητας

Κάθε υδρόψυκτη μηχανή διαθέτει ένα σύστημα ψύξης που χρησιμοποιείται για να διατηρεί σταθερή τη θερμοκρασία του κινητήρα, με τη μεταφορά θερμότητας (ως υποπροϊόν της εκτόνωσης των καυσαερίων) μακριά από το θάλαμο καύσης. Το θερμό ψυκτικό μέσω (νερό και αντιψυκτικό) στη συνέχεια μεταφέρεται από το θάλαμο καύσης μέσω αγωγών σε έναν εναλλάκτη θερμότητας.

Ο εναλλάκτης θερμότητας

Ο εναλλάκτης θερμότητας (Σχήμα 1.9), βρίσκεται εντός του οχήματος, στο συγκρότημα θέρμανσης (Σχήμα 1.8). Έχει σχεδιαστεί ώστε να έχει μια μεγάλη επιφάνεια, που θα επιτρέπει στον αέρα να περάσει πάνω από την επιφάνεια των πτερυγίων του. Φρέσκος (νωπός) ή ανακυκλωμένος αέρας (από το εσωτερικό του οχήματος) κατευθύνεται πάνω στην επιφάνεια του στοιχείου (εναλλάκτη θερμότητας) και στη συνέχεια διανέμεται μέσω αγωγών στο εσωτερικό του οχήματος. Το στοιχείο αποτελείται από αγωγούς μικρής διατομής και πτερύγια τα οποία είναι κατασκευασμένα από κράμα αλουμινίου και έχουν συλλέκτες από αλουμίνιο ή πλαστικό που συνδέονται με το στοιχείο στα σημεία εισαγωγής και εξαγωγής.

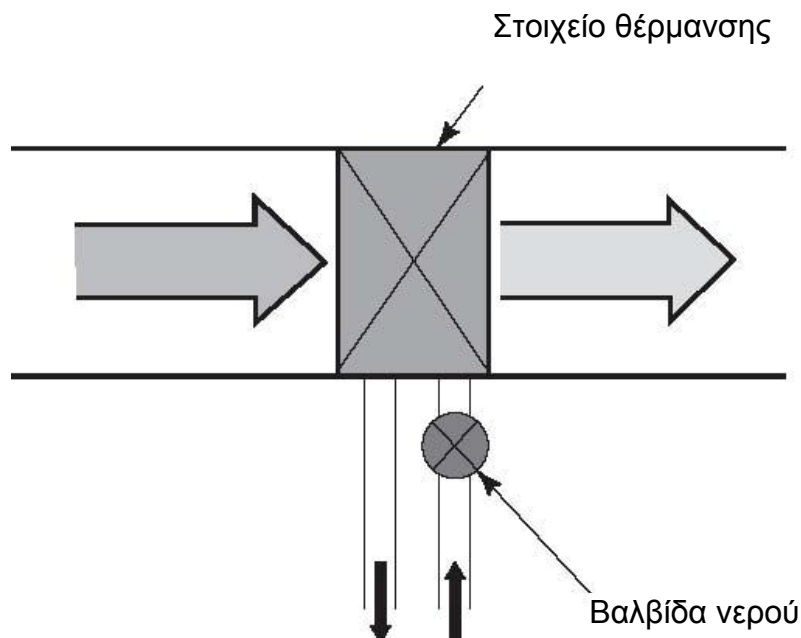
Έλεγχος θερμότητας

Η εισροή θερμότητας καθορίζεται από τους επιβάτες του οχήματος. Αυτό γίνεται επιλέγοντας την επιθυμητή θερμοκρασία του εσωτερικού, μέσω ενός πίνακα ελέγχου στην κονσόλα. Ο πίνακας ελέγχου θα πρέπει να ρυθμίζει την ποσότητα νερού που εισέρχεται στον εναλλάκτη θερμότητας ή τον αέρα που διαπερνά το στοιχείο του εναλλάκτη. Αυτά τα δύο συστήματα που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της προσδιδόμενης θερμότητας, διαχωρίζονται σε:

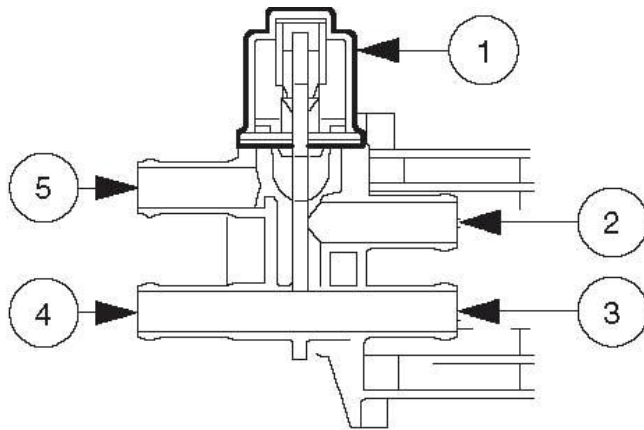
1. Τύπου ροής νερού.
2. Τύπου μίξης αέρα.

Τύπος ροής νερού

Αυτό το σύστημα ελέγχει την ποσότητα του ψυκτικού υγρού που απορρέει από το σύστημα ψύξης του κινητήρα προς τον εναλλάκτη θερμότητας χρησιμοποιώντας μια βαλβίδα ελέγχου (Σχήμα 1.10). Η βαλβίδα ελέγχου (Σχήμα 1.11) διαφοροποιεί τη ροή του ψυκτικού υγρού που εισέρχεται στον εναλλάκτη θερμότητας, προσαρμόζοντας τη θερμοκρασία του στοιχείου. Η ρύθμιση ενός τέτοιου συστήματος μπορεί να είναι δύσκολη, ιδίως όταν η ροή ψυκτικού και η θερμοκρασία του εξαρτάται από τις στροφές και το φορτίο του κινητήρα. Το σύστημα δεν ανταποκρίνεται άμεσα στις αλλαγές, όπως για παράδειγμα όταν απαιτείται μια χαμηλότερη θερμοκρασία στο εσωτερικό. Η βαλβίδα ελέγχου θα περιορίσει τη ροή του ψυκτικού υγρού στον πυρήνα του στοιχείου. Για να επιτευχθεί η μείωση της θερμοκρασίας, το στοιχείο πρέπει να χάσει μέρος της θερμότητάς του, ώστε να αποκτήσει τη νέα επιλεγμένη θερμοκρασία – αποβάλλοντας θερμότητά – κάτι που απαιτεί χρόνο. Ένα πλεονέκτημα της χρήσης βαλβίδας ελέγχου νερού για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας, είναι ότι επιτρέπει τη ροή ολόκληρου του όγκου του αέρα μέσα από τον πυρήνα του στοιχείου, βελτιώνοντας τις επιδόσεις στη θέρμανση.



Σχήμα 1.10 Έλεγχος θερμότητας με βαλβίδα νερού (πηγή: Toyota)

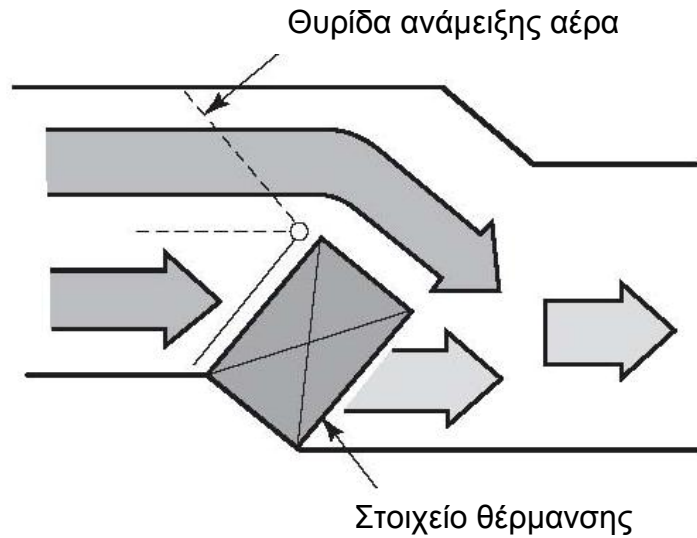


1. Βαλβίδα ελέγχου
2. Ροή από τον κινητήρα
3. Ροή προς τον κινητήρα
4. Ροή από το στοιχείο θέρμανσης
5. Ροή προς το στοιχείο θέρμανσης

Σχήμα 1.11 Βαλβίδα ελέγχου ροής νερού (πηγή: Ford)

Τύπος μίξης αέρα

Το σύστημα αυτό ελέγχει τον όγκο του αέρα που περνά από την επιφάνεια του θερμού εναλλάκτη με τη χρήση θυρίδας ανάμειξης αέρα (damper), η οποία είναι τοποθετημένη στο εσωτερικό του συγκροτήματος θέρμανσης. Η εσωτερική θυρίδα κατευθύνει τον αέρα πάνω στο στοιχείο ή το παρακάμπτει, ανάλογα με τη θέση της, η οποία καθορίζεται από τον οδηγό μέσω της επιλογής της επιθυμητής θερμοκρασίας. Αν η επιθυμητή θερμοκρασία είναι ενδιάμεση, τότε μια ποσότητα αέρα ρέει πάνω από το στοιχείο θέρμανσης και μία ποσότητα το παρακάμπτει (Σχήμα 1.12). Οι αέριες μάζες στη συνέχεια αναμειγνύονται στον θάλαμο ανάμειξης, ώστε να φθάσουν στην απαιτούμενη θερμοκρασία πριν εγκαταλείψουν το συγκρότημα θέρμανσης. Οι θυρίδες ελέγχου μίξης αέρα μετακινούνται με συρματόσχοινα, με ηλεκτρικούς ή ηλεκτρονικούς σερβοκινητήρες. Μειονέκτημα του εν λόγω σχεδιασμού είναι η χρήση θαλάμου ανάμειξης, κάτι που σημαίνει ότι ο μηχανισμός παραγωγής θερμότητας τείνει να είναι μεγαλύτερος για τον τύπο μίξης αέρα σε σχέση με τον τύπο ροής νερού. Επίσης όταν δεν χρησιμοποιείται το σύστημα θέρμανσης, η θερμότητα μεταφέρεται με φυσική ροή στην καμπίνα επιβατών, κάτι που μπορεί να ξεπεραστεί με τη χρήση μιας βαλβίδας που να σταματά τη ροή του ψυκτικού υγρού. Στα πλεονεκτήματα συμπεριλαμβάνονται η γρήγορη ανταπόκριση στις αλλαγές της θερμοκρασίας και ο πιο ακριβής έλεγχος των μεταβολών της θερμοκρασίας.



Σχήμα 1.12 Έλεγχος θερμότητας με θυρίδα ανάμειξης αέρα (πηγή: Toyota)

Διανομή αέρα στο εσωτερικό του οχήματος

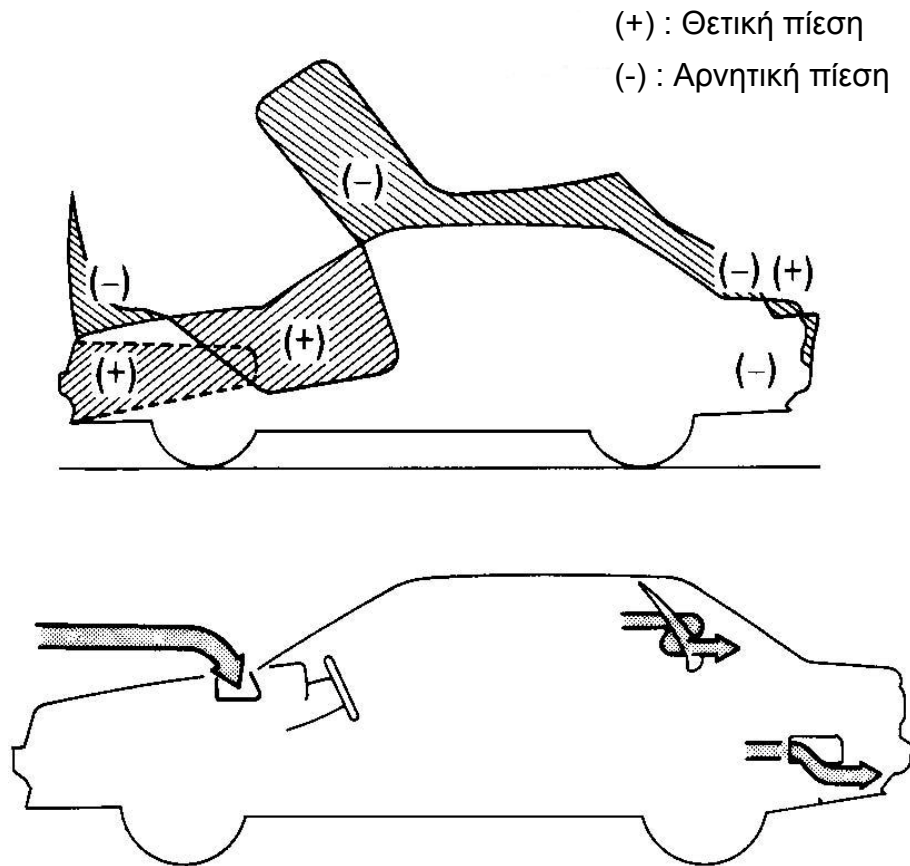
Ο εξαερισμός είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται για να κατευθύνει αέρα μέσα στο εσωτερικό του οχήματος. Υπάρχουν γενικά δύο τύποι εξαερισμού που χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα:

1. Εξαερισμός φυσικής ροής.
2. Εξαερισμός εξαναγκασμένης ροής (με ανεμιστήρα).

Εξαερισμός φυσικής ροής

Δημιουργείται από την πίεση του αέρα έξω από το όχημα που προκαλείται από την κίνηση του οχήματος προς τα εμπρός. Καθώς το όχημα κινείται προς τα εμπρός, δημιουργείται θετική και αρνητική πίεση στην επιφάνεια του οχήματος, προερχόμενη από το αεροδυναμικό σχήμα του. Περιοχές όπου δημιουργείται θετική πίεση είναι ιδανικά μέρη για τους αεραγωγούς που εισάγουν αέρα στο όχημα, ο οποίος διατρέχει το εσωτερικό και στη συνέχεια εξέρχεται του οχήματος μέσω μιας περσίδας, τοποθετημένης συνήθως σε μια περιοχή αρνητικής πίεσης. Ο αγωγός εισαγωγή αέρα τοποθετείται στο κάτω μέρος του εμπρόσθιου παρμπρίζ, όπου η στατική πίεση είναι

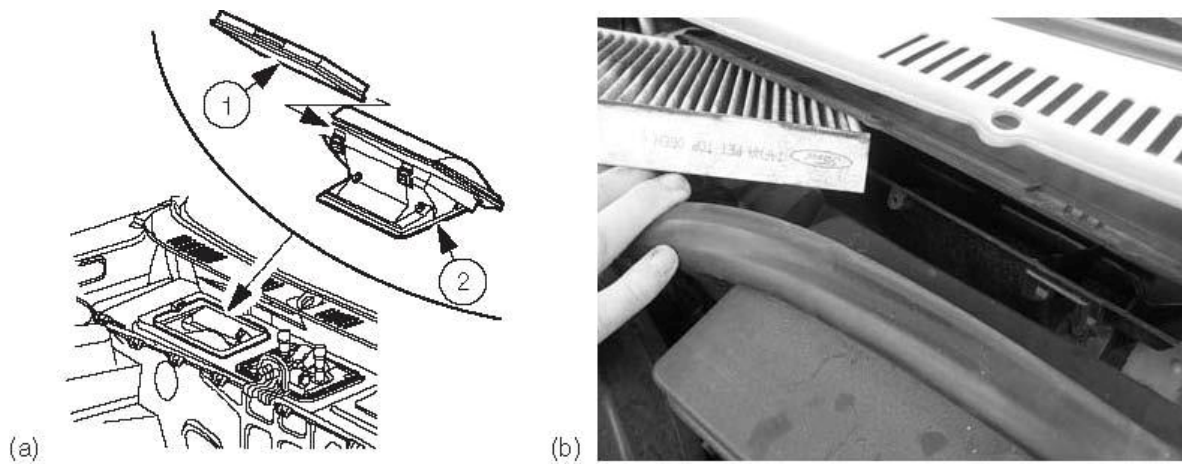
υψηλή, ώστε αέρας υπό πίεση να μπορεί να ρέει μέσα στο όχημα. Υπάρχουν μια σειρά μειονεκτήματα σε αυτή τη θέση:



Σχήμα 1.13 Πίεση αέρα κατά μήκος της επιφάνειας του οχήματος (πηγή: Toyota)

1. Ο χώρος του κινητήρα πρέπει να είναι επαρκώς σφραγισμένος, ώστε να μην εισέρχονται δυσάρεστες μυρωδιές στο εσωτερικό του οχήματος.
2. Η ροή του αέρα είναι ανάλογη της ταχύτητας του οχήματος, κάτι που προκαλεί έλλειψη ροής στις χαμηλές ταχύτητες και πιθανότητα υπερβολικού θορύβου και στροβιλισμών (τυρβώδους ροής) στις υψηλές ταχύτητες.

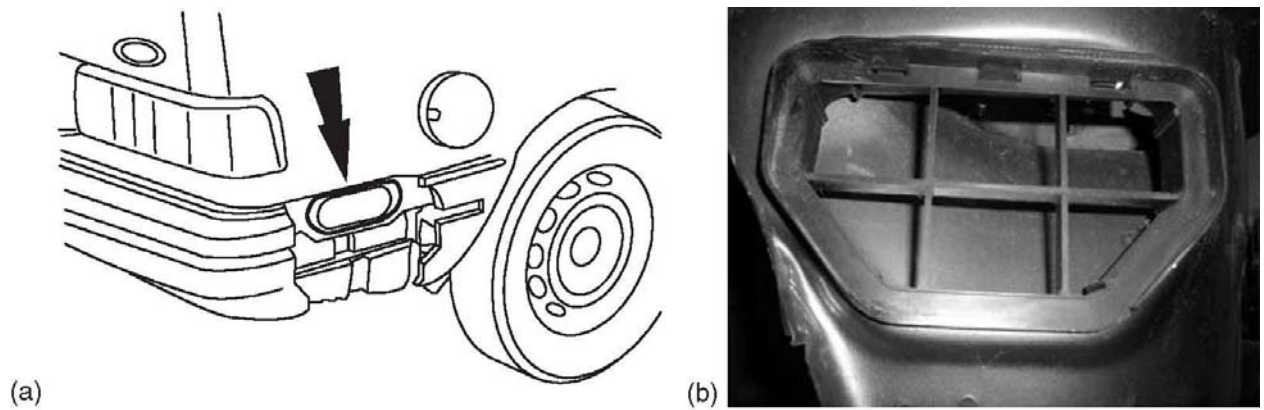
Αυτά τα μειονεκτήματα γενικότερα αμβλύνονται, προκαλώντας μια μικρή διαφορά πίεσης μεταξύ εισαγωγής και εξαγωγής με τη βοήθεια ενός ανεμιστήρα. Το σημείο εξαγωγής αέρα συνήθως βρίσκεται στο οπίσθιο μέρος του οχήματος, κρυμμένο πίσω από κάποιο διακοσμητικό στοιχείο ή κάτω από τον πίσω προφυλακτήρα (Σχήμα 1.13).



Σχήμα 1.14 (a) Εισαγωγή νωπού αέρα (b) Εισαγωγή νωπού αέρα Ford Fiesta

Εισαγωγή και εξαγωγή αέρα

Το σχήμα 1.14a απεικονίζει τη θέση του συστήματος που χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό ακάθαρτων σωματιδίων και νερού από τον αέρα που εισρέει στο θάλαμο επιβατών. Ο καθαρός αέρας διοχετεύεται μέσα από ένα φιλτροκούτι (2). Αυτό στεγάζει κάποια συστήματα φιλτραρίσματος, όπως φίλτρο γύρης (1). Το φίλτρο γύρης είναι σε θέση να καθαρίσει τον αέρα, παγιδεύοντας μικρά σωματίδια, όπως σκόνη και γύρη. Οι θυρίδες εξαγωγής αποτελούνται από πτερύγια κατασκευασμένα από καουτσούκ και ως επί το πλείστον κρύβονται κάτω από τον πίσω προφυλακτήρα (Σχήμα 1.15) ή πίσω από κάποιο διακοσμητικό στοιχείο στο οπίσθιο μέρος του οχήματος. Η πίεση στον θάλαμο των επιβατών που έχει δημιουργηθεί από τον ανεμιστήρα και τη φυσική ροή του αέρα, ανοίγει τα πτερύγια της εξαγωγής, επιτρέποντας την εναλλαγή του αέρα. Αν δεν υπάρχει ροή αέρα μέσα από το εσωτερικό του οχήματος, τα πτερύγια παραμένουν κλειστά, αποτρέποντας την είσοδο καυσαερίων. Αν ο εξαερισμός ενός οχήματος δεν είναι ικανοποιητικός, απαιτείται έλεγχος στα πτερύγια εξόδου για την εξασφάλιση της ελεύθερης κίνησής τους. Στην περίπτωση εισροής καυσαερίων στο εσωτερικό του οχήματος, υπάρχει η πιθανότητα αδυναμίας επαναφοράς των πτερυγίων εξαγωγής στην αρχική θέση τους (Σχήμα 1.15).



Σχήμα 1.15 (a) Θέση εξαγωγής αέρα. (b) Θυρίδα εξαγωγής αέρα Ford Fiesta
(πηγή:Ford)

Εξαναγκασμένη ροή αέρα

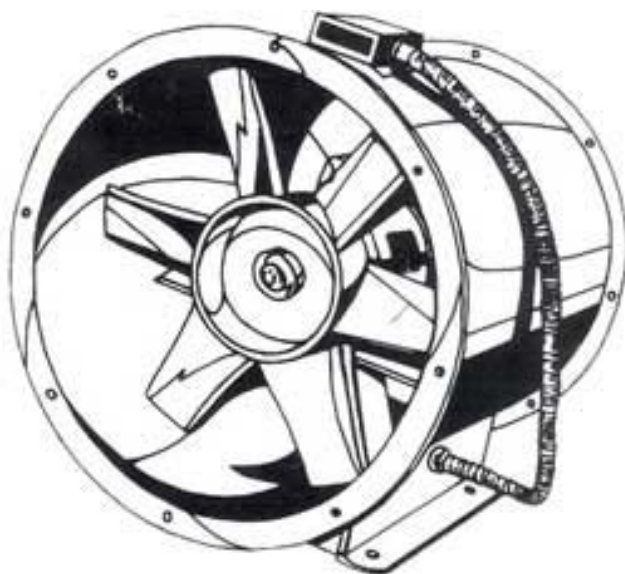
Στα συστήματα εξαναγκασμένης ροής αέρα, τοποθετείται ένας ηλεκτροκίνητος ανεμιστήρας στο εσωτερικό του οχήματος. Ο ανεμιστήρας χρησιμοποιείται συνήθως όταν οι ταχύτητα του οχήματος είναι χαμηλή ή όταν οι απαιτήσεις εξαερισμού είναι υψηλές (αποθάμβωση, θέρμανση και ψύξη). Ο ανεμιστήρας εξαναγκάζει τη ροή του αέρα μέσα από το κεντρικό σύστημα θέρμανσης, μεταφέροντας και διανέμοντας τον θερμό αέρα σε όλο το όχημα. Τα σημεία πρόσληψης και εκροής των αεραγωγών βρίσκονται στην ίδια θέση με αυτά του εξαερισμού μέσω φυσικής ροής. Το Σχήμα 1.8 δείχνει τη θέση του ανεμιστήρα (φτερωτή) στο σύστημα.



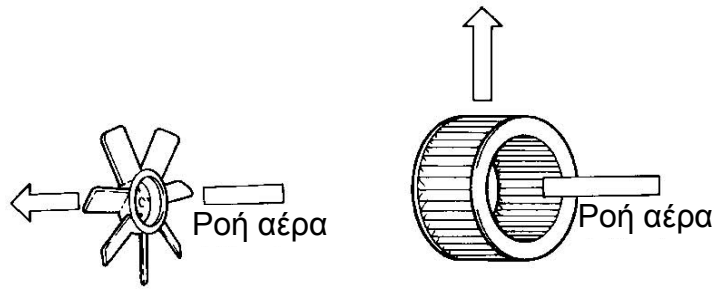
Σχήμα 1.16a Φυγοκεντρικός ανεμιστήρας

Σχεδιασμός ανεμιστήρα

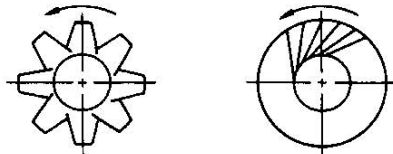
Όλοι οι ανεμιστήρες κινούνται με ηλεκτρικό κινητήρα. Ο κινητήρας μπορεί να περιστραφεί σε διαφορετικές ταχύτητες ανάλογα με το ρεύμα που τον διαρρέει. Ο ανεμιστήρας επιτρέπει τη προσαρμογή της ροής του αέρα ανάλογα με τις απαιτήσεις των επιβατών. Οι ανεμιστήρες χωρίζονται σε αξονικής και φυγοκεντρικής ροής. Στους αξονικούς ανεμιστήρες ο αέρας εξέρχεται παράλληλα με τον περιστρεφόμενο άξονα. Στους φυγοκεντρικούς ο αέρας εξέρχεται κάθετα ως προς τον άξονα περιστροφής (προς την κατεύθυνση της φυγόκεντρου δύναμης) (Σχήμα 1.17). Το σχήμα των πτερυγίων των ανεμιστήρων μορφοποιούνται ώστε να μεγιστοποιηθεί η ροή και ο όγκος αέρα και να ελαχιστοποιηθεί το μέγεθος και ο θόρυβος. Ο ανεμιστήρας είναι μια πηγή θορύβου χαμηλής συχνότητας, ενώ σε υψηλότερες συχνότητες περιστροφής, υπάρχουν επιπλέον εστίες θορύβου από τη ροή αέρα. Αυτές οι εστίες αποτελούνται από σημεία μεγάλης διατομής εντός των σωληνώσεων, από το διαχωρισμός της ροής λόγω εμποδίων και η εκροή από τους αεραγωγούς. Βελτιστοποίηση της ροής μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση CFD (Computational Fluid Dynamics), το οποίο επιτρέπει στον μηχανικό να αναλύει τον τρόπο ροής και τις επιμέρους πιέσεις μέσα στο σύστημα ώστε να επιφέρει τις αναγκαίες προσαρμογές στο μέγεθος, το σχήμα και η θέση των στοιχείων στην προσπάθεια να καταστεί το σύστημα όσο το δυνατόν αεροδυναμικό και αθόρυβο. Άλλες ενέργειες που μπορούν να γίνουν είναι η απομόνωση του εξωτερικού θορύβου μέσω της χρήσης ηχομονωτικού ή η μεταφορά εστιών θορύβου εκτός της καμπίνας επιβατών.



Σχήμα 1.16b Αξονικός ανεμιστήρας

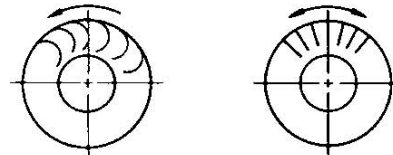


Ανεμιστήρες: αξονικής και φυγοκεντρικής ροής



Αξονικός ανεμιστήρας

Ανεμιστήρας Turbo



Ανεμιστήρας Sirocco

Ακτινικός ανεμιστήρας

Σχήμα 1.17 Αξονικοί και φυγοκεντρικοί τύποι ανεμιστήρα

Φιλτράρισμα του αέρα

Φίλτρο γύρης

Το φίλτρο βρίσκεται στο περίβλημα του μηχανισμού θέρμανσης, πριν από τον εναλλάκτη θερμότητας (Σχήμα 1.14a και b). Ίνες στο φίλτρο αποτρέπουν την πρόσληψη μεγάλων σωματιδίων και παγιδεύουν τα μικρά. Το φίλτρο είναι ηλεκτροστατικά φορτισμένο. Λόγω αυτής της ηλεκτροστατικής φόρτισης, το φίλτρο σωματιδίων προσελκύει σαν μαγνήτης τα ρινίσματα μετάλλων. Εκτός από την αφαίρεση ορατών σωματιδίων, το φίλτρο αφαιρεί επίσης γύρη, σπόρους και διάφορα είδη σκόνης κτλ από τον αέρα της καμπίνας.

Φίλτρο άνθρακα και μικροβιοκτόνος λαμπτήρας

Ένα φίλτρο ενεργού άνθρακα και / ή ένας μικροβιοκτόνος λαμπτήρας (υπεριώδους ακτινοβολίας) αποτελούν συνήθως επιπρόσθετο εξοπλισμό, πέραν του φίλτρου γύρης. Το ενεργό στρώμα άνθρακα εξουδετερώνει τις δυσάρεστες οσμές και να δεσμεύει το όζον από τον αέρα. Επίσης, μειώνει την εισροή καυσαερίων στο εσωτερικό του οχήματος. Ο μικροβιοκτόνος λαμπτήρας χρησιμοποιείται σε συστήματα κλιματισμού για να σκοτώσει τα βακτήρια που εισέρχεται ή σχηματίζονται στο φίλτρο αέρα. Επίσης σταματά τις οσμές λόγω δημιουργίας βακτηρίων.

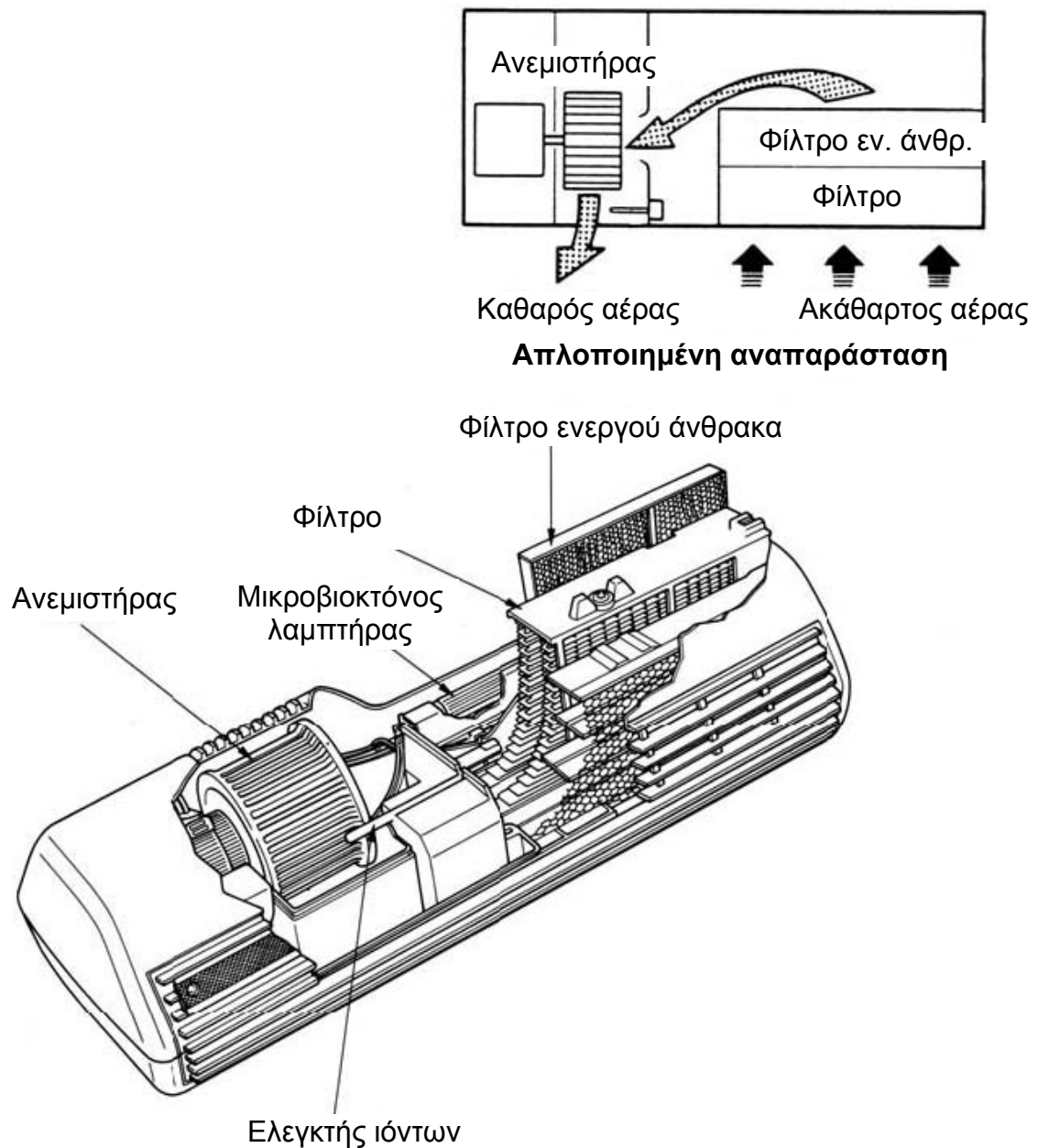
Φωτοκαταλυτικό φίλτρο

Το φωτοκαταλυτικό φίλτρο καταστρέφει τους αέριους ρύπους και τους μικροοργανισμούς που εισέρχονται στο όχημα. Σε λιγότερο από πέντε λεπτά το σύνολο του αέρα της καμπίνας επιβατών μπορεί να καθαριστεί.

Οφέλη:

1. Συνεχής προστασία έναντι των πιθανών επιβλαβών εξωτερικών / εσωτερικών ρύπων, καθώς και δυσάρεστων οσμών.
2. Ανακούφιση όσων υποφέρουν από αλλεργίες διότι καταστρέφονται οι μικροοργανισμοί που τις προκαλούν.
3. Εκτίνεται η διάρκεια ζωής των φίλτρων έως 2000 ώρες, που αντιστοιχεί σε μέση χρήση του οχήματος για περίπου πέντε έτη.
4. Πληρέστερη καταστροφή των ρύπων σε σύγκριση με το φίλτρο άνθρακα.

Η φωτοκαταλυτική οξειδωση μετατρέπει τις τοξικές ενώσεις όπως το μονοξειδίο του άνθρακα και το οξειδίο του αζώτου σε καλοήγη συστατικά όπως το διοξειδίο του άνθρακα και νερό χωρίς φθορά ή απώλεια της αποτελεσματικότητάς του. Όταν το φως διαπερνά το οξειδίο του τιτανίου, δημιουργείται υπεροξειδίο του υδρογόνου (H_2O_2) και ρίζες υδροξυλίου (OH). Οι δύο αυτές ουσίες έχουν ισχυρές οξειδωτικές ιδιότητες και μέσω της αμοιβαίας αλληλεπίδρασης είναι σε θέση να αποσυντεθούν δύσοσμες ουσίες σε άοσμο διοξειδίο του άνθρακα και νερό. Ένα ισχυρό οξειδωτικό αφαιρεί τα βακτηρίδια και εξουδετερώνει τους ιούς.

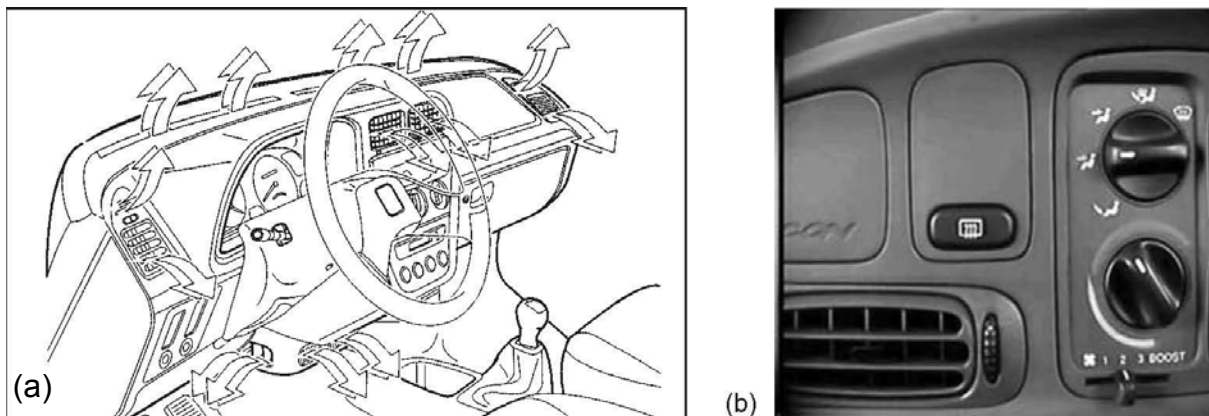


Σχήμα 1.18 Σύστημα φιλτραρίσματος αέρα με φίλτρο γύρης, φίλτρο άνθρακα και μικροβιοκτόνο λαμπτήρα (πηγή: Toyota)

Επισκόπηση της ποιότητας του αέρα

Ένας αισθητήρας της ποιότητας του αέρα (Air Quality Sensor ή AQS) μπορεί να βρίσκεται στον κεντρικό αγωγό της εισαγωγής αέρα ενός συστήματος HVAC. Όταν επιτευχθεί ένα ανώτατο όριο για το μονοξείδιο του άνθρακα ή το διοξείδιο του αζώτου, το AQS αλληλεπιδρά με το σύστημα HVAC για την εκκίνηση της διαδικασίας ανακύκλωσης του αέρα.

Η κατεύθυνση της ροή του αέρα και ο έλεγχος της θερμοκρασίας μπορεί να επιλέγεται χειροκίνητα από τους επιβάτες ή ηλεκτρονικά μέσω μιας ηλεκτρονικής μονάδας. Το σύστημα θέρμανσης είναι σχεδιασμένο ώστε να προσφέρει ένα εύρος θερμοκρασιών. Έχουν διεξαχθεί έρευνες σχετικές με τις συνθήκες άνεσης των επιβατών, αλλά είναι υποκειμενικές λόγω της διαφοροποίησης στον τρόπο που οι άνθρωποι εγκλιματίζονται στις καιρικές συνθήκες από περιοχή σε περιοχή. Ο βασικός πίνακας ελέγχου θέρμανσης και αερισμού στην κονσόλα ενός αυτοκινήτου, περιέχει χειριστήριο ελέγχου της θερμοκρασίας και μια σειρά από επιλογές διανομής αέρα.

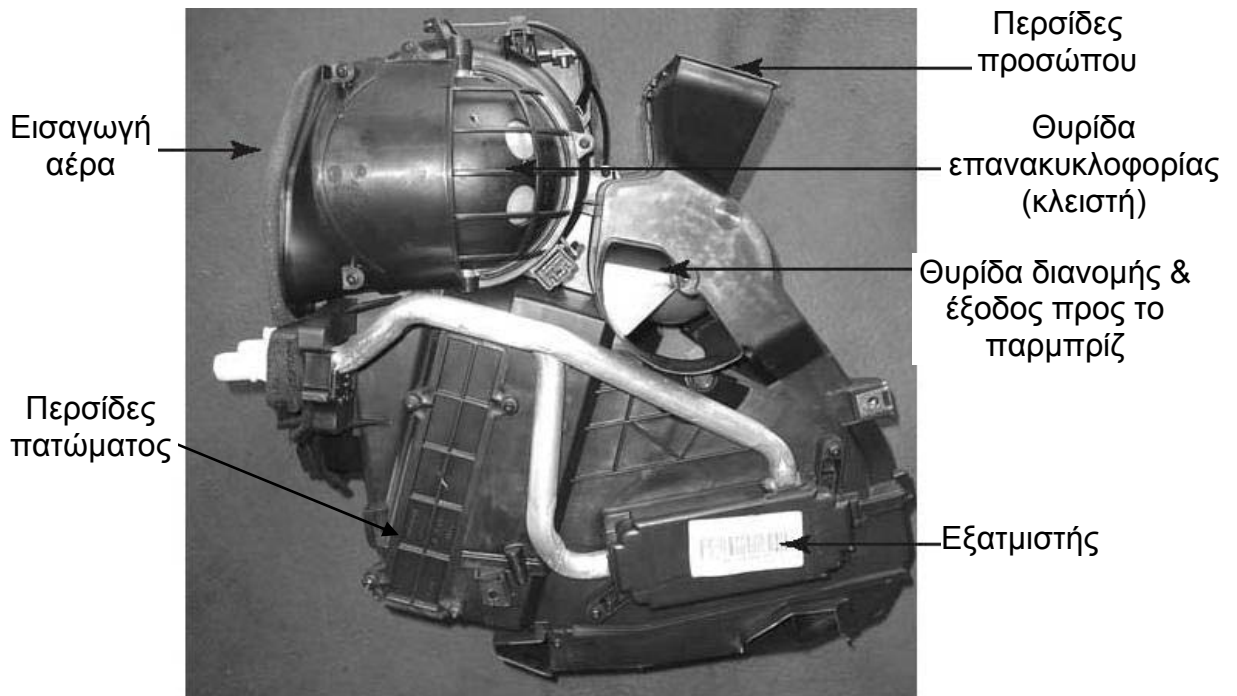


Σχήμα 1.19 (a) Διανομής αέρα στο εμπρός παρμπρίζ, στις περσίδες προσώπου και στους αεραγωγούς πατώματος. (b) Χειροκίνητος πίνακας ελέγχου (πηγή: Peugeot)

Μονάδα διανομής αέρα

Η μονάδα διανομής αέρα συνήθως βρίσκεται κάτω από το ταμπλό του οχήματος. Μέσα στη μονάδα διανομής αέρα υπάρχει ένα σύστημα αγωγών και θυρίδων ανάμειξης / διανομής. Επιπλέον, στη μονάδα στεγάζεται ο κινητήρας του ανεμιστήρα, ο εναλλάκτης θερμότητας και ο εξαμιστήρας για τα οχήματα με σύστημα κλιματισμού. Ο φιλτραρισμένος εισερχόμενος αέρας περνά από τις γρίλιες εισαγωγής, μέσω της υποπίεσης που προκαλείται από τον ανεμιστήρα και διοχετεύεται στη μονάδα διανομής από όπου κατευθύνεται προς τους αεραγωγούς (μέσω των θυρίδων εντός της μονάδας διανομής αέρα). Η θερμοκρασία ρυθμίζεται από την ανάμειξη ζεστού και κρύου αέρα. Ο αέρας στη συνέχεια κατευθύνεται σε διάφορα ακροφύσια αέρα. Υπάρχουν κατά βάση δύο τρόποι για την εισροή αέρα στο σύστημα εξαερισμού: φρέσκος αέρας από το εξωτερικό και ανακυκλωμένος αέρας από το εσωτερικό. Συνεπώς, η μονάδα διανομής αέρα έχει δύο στόμια εισαγωγής αέρα, όπου εκ περιτροπής το ένα είναι κλειστό. Η

λειτουργία επανακυκλοφορίας κρατά μακριά τις δυσάρεστες οσμές από το εξωτερικό περιβάλλον και επίσης βελτιώνει την ψυκτική ισχύ του συστήματος κλιματισμού. Όταν η λειτουργία ανακύκλωσης αέρα είναι ενεργοποιημένη για μεγάλο χρονικό διάστημα, το επίπεδο υγρασίας στο εσωτερικό του οχήματος αυξάνεται, λόγω της εκπνοής / εφίδρωσης των επιβατών. Αυτό μπορεί να θολώσει στα παράθυρα. Η εναλλαγή στη λειτουργία νωπού αέρα σε συνδυασμό με το σύστημα κλιματισμού μειώνει την υγρασία στο εσωτερικό του οχήματος, ξεθολώνοντας τα παράθυρα σε σύντομο χρονικό διάστημα.



Σχήμα 1.20 Συγκρότημα θέρμανσης

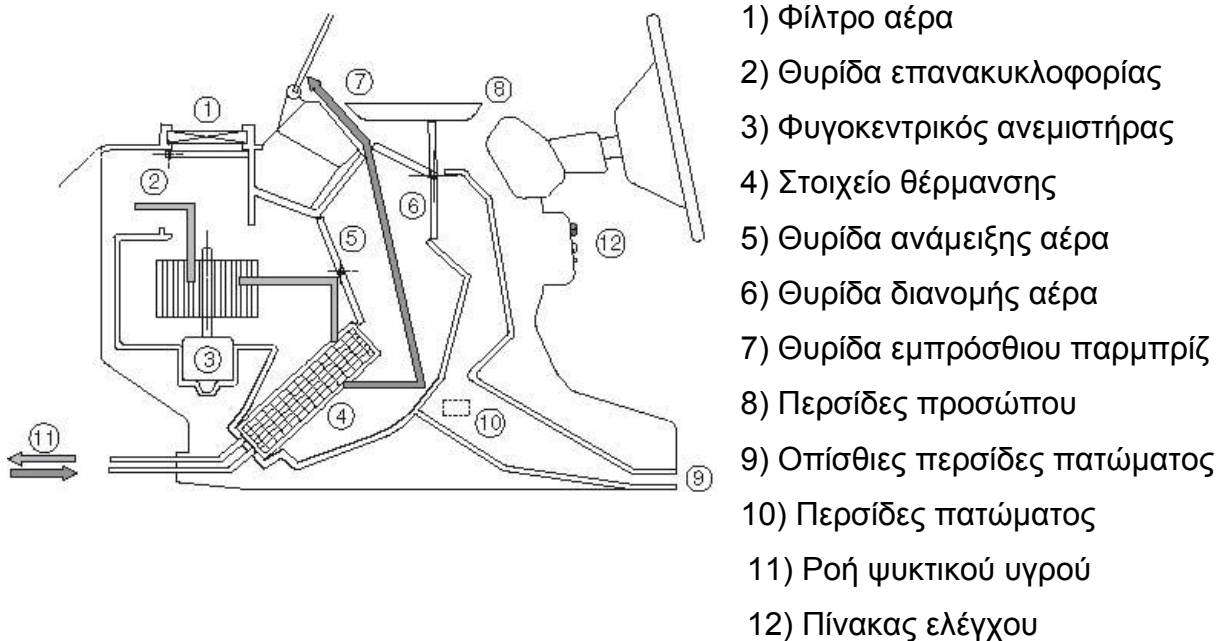
Απλοποιημένη προβολή των στοιχείων του συστήματος θέρμανσης

Το σχήμα 1.21 δείχνει τη θυρίδα εισαγωγής του αέρα να είναι κλειστή, οπότε ο εξωτερικός αέρας δε θα εισέλθει στο όχημα, σε αντίθεση με τη θυρίδα επανακυκλοφορίας που τροφοδοτεί τον ανεμιστήρα από το εσωτερικό. Ο εναλλάκτης θερμότητας θα θερμάνει τον αέρα για όσο διάστημα υπάρχει μια διαφορά στη θερμοκρασία (μεταξύ αέρα και εναλλάκτη). Όσο ο αέρας επανακυκλοφορεί, υπάρχει ο

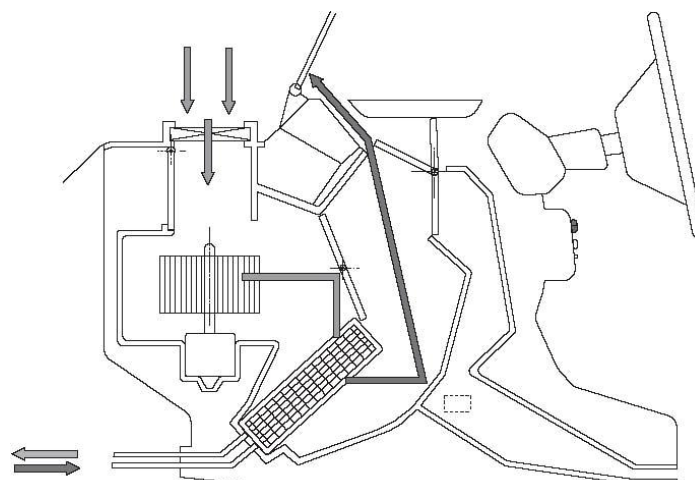
κίνδυνος συμπύκνωσης των υδρατμών στο εσωτερικό του παρμπρίζ του οχήματος.

Αυτό επηρεάζεται από τα ακόλουθα:

- τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα
- την εσωτερική θερμοκρασία
- τον αριθμό των επιβαιόντων
- τη σχετική υγρασία του αέρα στο εσωτερικό του οχήματος



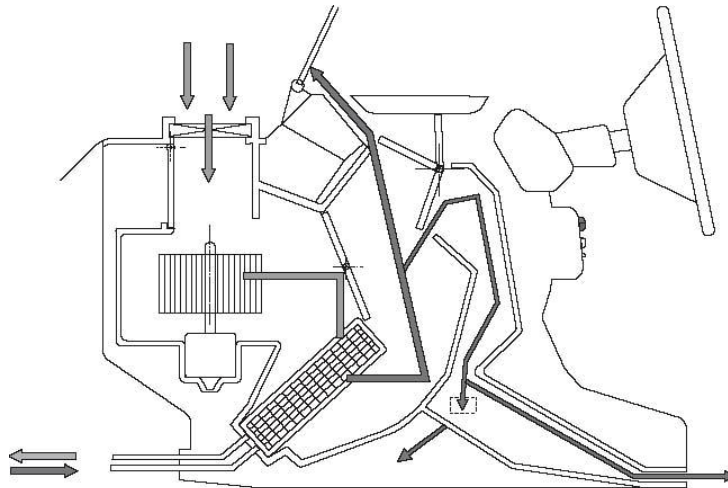
Σχήμα 1.21 Επανακυκλοφορία αέρα



Σχήμα 1.22 Αποθάμβωση

Εάν συμβεί αυτό τότε η επανακυκλοφορία αέρα πρέπει να σταματήσει και να ανοίξει η θυρίδα εισαγωγής εξωτερικού αέρα. Η επανακυκλοφορία αέρα επιλέγεται συχνά κατά την οδήγηση σε μολυσμένες περιοχές, π.χ. βαριά κυκλοφορία.

Στη θέση της αποθάμβωσης (Σχήμα 1.22), ο αέρας από το εξωτερικό μεταφέρεται μέσω του ανεμιστήρα στη θυρίδα μίξης που έχει κλείσει τελείως. Αυτό αναγκάζει ολόκληρο τον όγκο του αέρα να διαπεράσει τον εναλλάκτη θερμότητας, όπου θερμαίνεται και στη συνέχεια κατευθύνεται από τη θυρίδα διανομής προς το εμπρόσθιο παρμπρίζ και τα πλευρικά παράθυρα. Σημειωτέον ότι ο αέρας δεν κατευθύνεται προς τους επιβάτες. Αυτό επιτρέπει το μέγιστο όγκο του αέρα να κατευθυνθεί στο παρμπρίζ για να βοηθήσει την αποθάμβωση.

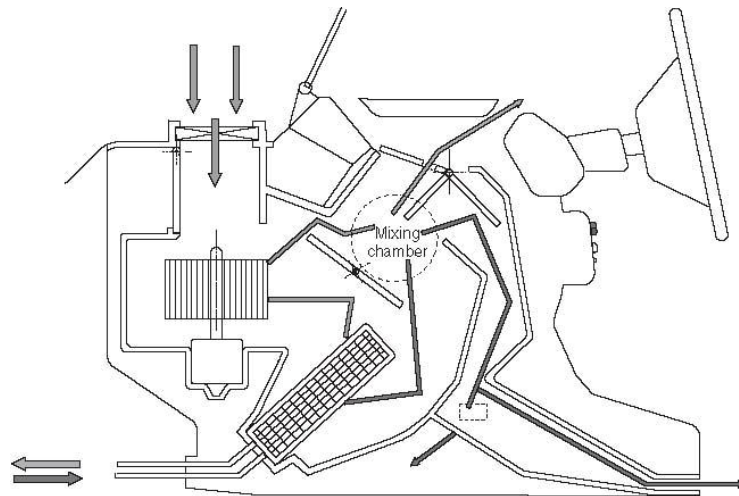


Σχήμα 1.23 Αποθάμβωση και θέρμανση

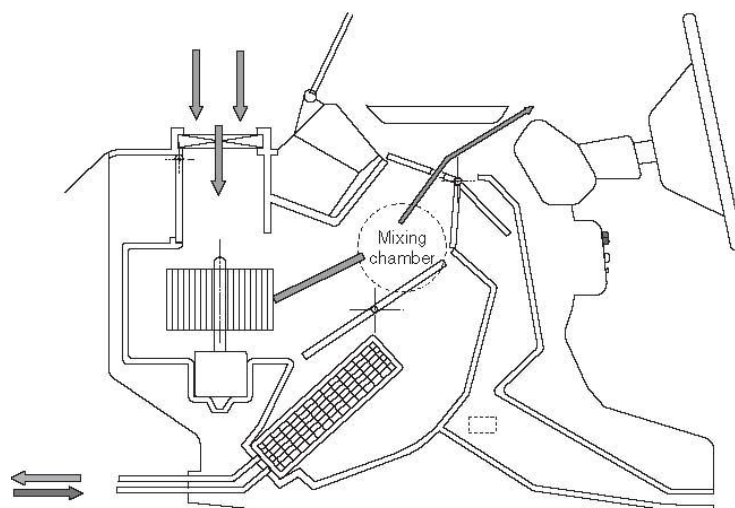
Στη θέση της αποθάμβωσης και θέρμανσης (Σχήμα 1.23) η θυρίδα εισαγωγής αέρα είναι πλήρως ανοικτή επιτρέποντας τον εξωτερικό αέρα να ρέει μέσα στον ανεμιστήρα. Η φτερωτή κατευθύνει τον αέρα προς τη θυρίδα μίξης η οποία είναι εντελώς κλειστή αναγκάζοντας όλο τον αέρα να ρέει μέσω του εναλλάκτη θερμότητας. Στη συνέχεια κατευθύνεται προς τη θυρίδα διανομής όπου ένα τμήμα του κατευθύνεται προς το εμπρόσθιο παρμπρίζ και τα πλευρικά παράθυρα και το υπόλοιπο κατευθύνεται προς τα πόδια των επιβατών.

Το σχήμα 1.24 δείχνει τη θυρίδα εισαγωγής αέρα πλήρως ανοικτή, επιτρέποντας τη ροή του αέρα μέσα στον ανεμιστήρα και κατευθύνοντας την προς τη θυρίδα μίξης. Η θυρίδα μίξης διευθύνει έναν τμήμα του αέρα προς τον εναλλάκτη θερμότητας και το υπόλοιπο προς τη θυρίδα διανομής που επιτρέπει τη ροή του αέρα προς τα ανοίγματα στην κεντρική κονσόλα – περσίδες προσώπου. Ο αέρας που διέρχεται από το κεντρικό

σύστημα θέρμανσης, στη συνέχεια κατευθύνεται από τη θυρίδα μίξης στη θυρίδα διανομής, από όπου εξέρχεται από τα ανοίγματα στα πόδια.



Σχήμα 1.24 Θέρμανση πατώματος και προσώπου

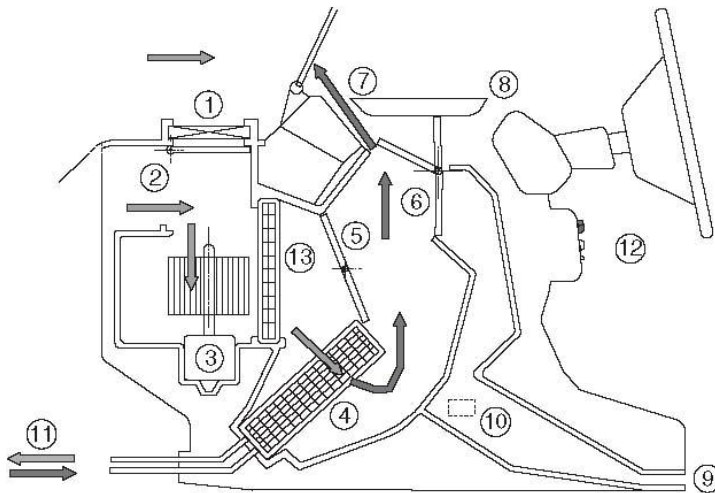


Σχήμα 1.25 Θέρμανση προσώπου

Θα υπάρχει μια διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του αέρα που εξέρχεται από τις περσίδες προσώπου σε σχέση με αυτές των ποδιών περίπου $7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Αυτό οφείλεται στο ανθρώπινο αίσθημα άνεσης, όπου τα πόδια είναι θερμότερα από το κεφάλι σε συνθήκες ψύχους.

Η εισαγωγή αέρα είναι πλήρως ανοιχτή επιτρέποντας τη ροή του αέρα μέσω του ανεμιστήρα προς τη θυρίδα μείξης που ανάλογα με τη θέση της θα κατευθύνει τον αέρα κατευθείαν στην θυρίδα διανομής και τις διεξόδους του πρόσωπου ή θα κατευθύνει ένα τμήμα του αέρα προς τον εναλλάκτη θερμότητας ώστε να αυξηθεί η θερμοκρασία στο εσωτερικό και να βελτιώσει τα επίπεδα άνεσης του των επιβατών (Σχήμα 1.25). Η

εσωτερική θερμοκρασία ελέγχεται από τους επιβάτες μέσω των περσίδων. Ατή η επιλογή προσφέρει στους επιβάτες φρέσκο εξωτερικό αέρα κατ'ευθείαν στο κεφάλι, το οποίο είναι επωφελές όταν ο καιρός είναι ζεστός, απομακρύνοντας τη θερμότητα από τους επιβάτες μέσω μεταφοράς - ρευμάτων. Αυτό αυξάνει την άνεση των επιβατών, ειδικά κατά την εφίδρωση, επιτρέποντας την λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης να απάγει τον ιδρώτα.



- 1) Φίλτρο αέρα
- 2) Θυρίδα επανακυκλοφορίας
- 3) Φυγοκεντρικός ανεμιστήρας
- 4) Στοιχείο θέρμανσης
- 5) Θυρίδα ανάμειξης αέρα
- 6) Θυρίδα διανομής αέρα
- 7) Θυρίδα εμπρόσθιου παρμπρίζ
- 8) Περσίδες προσώπου
- 9) Οπίσθιες περσίδες πατώματος
- 10) Περσίδες πατώματος
- 11) Ροή ψυκτικού υγρού
- 12) Πίνακας ελέγχου
- 13) Εξατμιστής (όχημα με A/C)

Σχήμα 1.26 Σύστημα με εξατμιστήρα

Το σχήμα 1.26 απεικονίζει τη θέση του εξατμιστήρα στο σύστημα θέρμανσης και εξαερισμού. Όλος ο αέρας περνά από τον εξατμιστή, ανεξάρτητα από το εάν το σύστημα είναι σε λειτουργία. Όταν το σύστημα A/C λειτουργεί, η θερμοκρασία του εξατμιστήρα είναι περίπου $2 - 6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($35 - 42 \text{ }^{\circ}\text{F}$). Αυτό προκαλεί μείωση της θερμοκρασίας του αέρα, ενώ η υγρασία του αέρα συμπυκνώνεται στην επιφάνεια του εξατμιστήρα παράγοντας σταγονίδια νερού. Αυτό μειώνει την περιεκτικότητα του αέρα σε υγρασία (αφύγρανση) και βοηθά επίσης να απομάκρυνση σωματιδίων – στερεών ρύπων, που αιωρούνται στον αέρα (βελτιστοποίηση). Το νερό καλύπτει την επιφάνεια του εξατμιστή, παγιδεύοντας τους ρύπους, οι οποίοι τελικά απορρέουν σε μία λεκάνη αποστράγγισης, που κατευθύνει το νερό στο εξωτερικό του οχήματος.

Σημείωση: Αν ο σωλήνας αποστράγγισης παρουσιάσει εμπλοκή, το νερό θα εισέλθει στο εσωτερικό του οχήματος.

Αεραγωγοί

Οι αεραγωγοί πρέπει να είναι εργονομικά σχεδιασμένοι, παρέχοντας τρεις ρυθμίσεις – κατευθύνσεις του αέρα: πάνω – κάτω, δεξιά – αριστερά, και ανοιχτό – κλειστό. Οι κυκλικές οπές χρησιμοποιούνται συχνά, λόγω της ελευθερίας τους να περιστρέφονται μέσα σε έναν αγωγό δεδομένης διαμέτρου και αξιοποιούνται στις εξόδους προσώπου. Οι σταθεροί αεραγωγοί δεν μπορούν να ρυθμιστούν και χρησιμοποιούνται στο εμπρόσθιο παρμπρίζ, στα πλευρικά παράθυρα (αποθάμβωση) και στη θέρμανση δαπέδου.

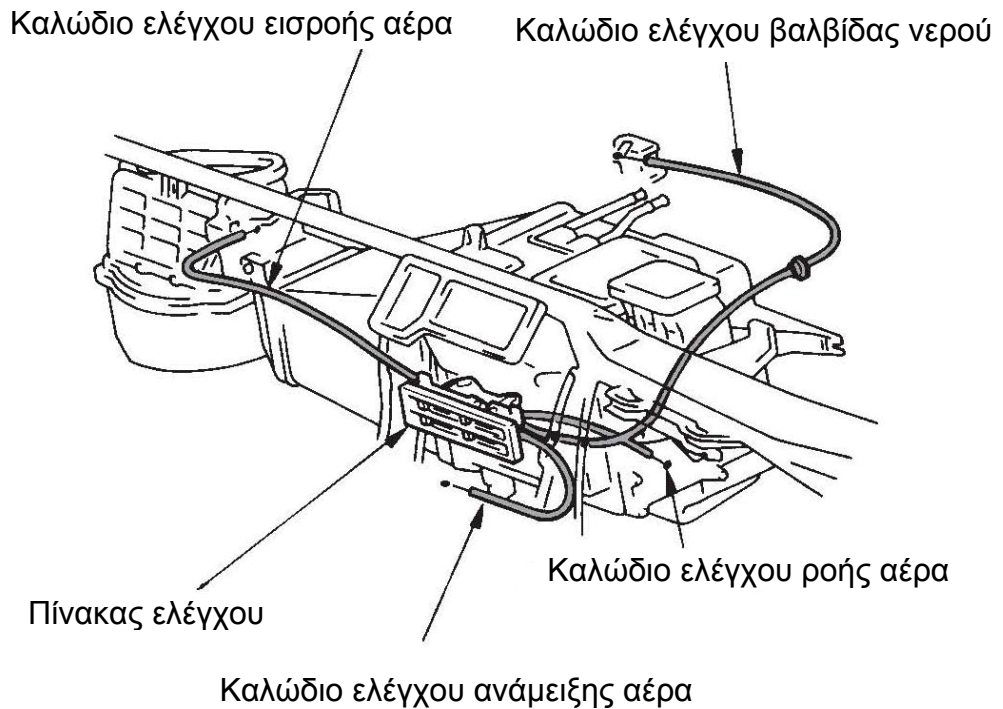
Σύστημα διάχυσης αέρα (διαχύτες)

Τα συστήματα ομαλής διάχυσης του αέρα σχεδιάζονται ειδικά για να παράγουν ένα ομοιόμορφο κατανεμημένο στρώμα αέρα, που θα παρέχουν σε όλους τους επιβάτες του οχήματος το ίδιο υψηλό επίπεδο άνεσης. Υπάρχει μια σειρά από διαθέσιμους τύπους διαχύτη, ανάλογα με τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά ροής του αέρα:

- Οι γραμμικοί – επιμήκεις διαχύτες παρέχουν συνεχή αέρα κατά μήκος της απόληξης. Η ροή του αέρα είναι αθόρυβη, αυξάνοντας το αίσθημα άνεσης και μειώνοντας παράλληλα τους στροβιλισμούς.
- Οι διαχύτες περιορισμένης ροής χρησιμοποιούνται όταν επιβάλλεται αθόρυβη ροή αέρα χαμηλή ταχύτητας.
- Οι διαχύτες ήπιας ροής διαμέτρου από 1/4” έως 1/2” διαχέουν τον αέρα γρηγορότερα.
- Οι διαχύτες μεγάλης ροής με διαμέτρους που κυμαίνονται από 1” έως 6” μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, ωθώντας τον αέρα σε μεγαλύτερες αποστάσεις.

Οφέλη από τη χρήση διαχυτών

- Ανακουφίζουν από το αίσθημα δυσφορίας – εξαλείφουν τους στροβιλισμούς του συστήματος A / C που ταλαιπωρούν τους επιβάτες των εμπρόσθιων καθισμάτων.
- Βελτιώνουν το αίσθημα άνεσης για όλους τους επιβαίνοντες, κατανέμοντας τον αέρα ομοιόμορφα σε όλη την καμπίνα ωφελώντας ιδιαίτερα τους επιβάτες του οπίσθιου καθίσματος.



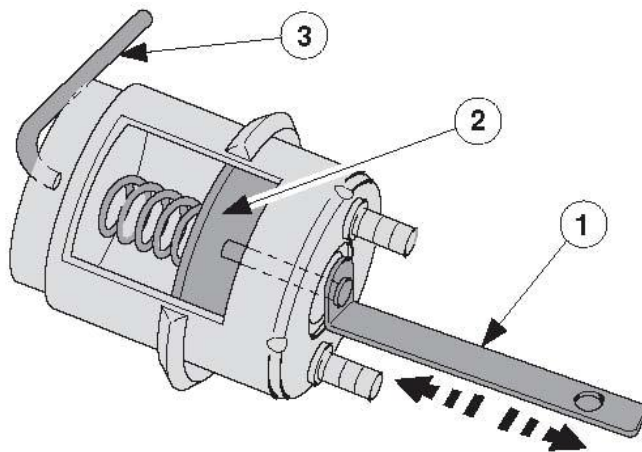
Σχήμα 1.27 Έλεγχος μέσω συρματόσχοιου (πηγή: Toyota)

Ενεργοποίηση θυρίδων αέρα

Οι θυρίδες θέρμανσης και εξαερισμού ανοιγοκλείνουν μέσω συρματόσχοινων (Σχήμα 1.27), πνευματικούς κινητήρες (πεπιεσμένου αέρα) ή ηλεκτρικούς κινητήρες.

Συρματόσκοινα

Οι θυρίδες μπορούν να λειτουργούν χειροκίνητα μέσω συρματόσχοινων. Η περιστροφή ή η ολίσθησή ενός διακόπτη ελέγχου μεταδίδει την κίνηση μέσω καλωδίου στις θυρίδες.



- 1) Ράβδος ενεργοποίησης
- 2) Διάφραγμα
- 3) Σύνδεση κενού

Σχήμα 1.28 Ενεργοποίηση επανακυκλοφορίας μέσω ελεγκτών κενού (πηγή: Ford)

Πνευματικός έλεγχος

Τα χειριστήρια πνευματικού ελέγχου (Σχέδιο 1.28) αποτελούνται από ένα διάφραγμα συνδεδεμένο με μία ράβδο ενεργοποίησης. Το διάφραγμα διαθέτει ένα ελατήριο που ενεργεί στην επιφάνειά του, κρατώντας το στη θέση του. Για να μετακινηθεί το διάφραγμα πρέπει να ξεπεραστεί η δύναμη του ελατηρίου. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή κενού μέσω της σύνδεσης κενού (1). Το κενό παρέχεται από τον αυλό της πολλαπλής εισαγωγής του κινητήρα, μέσω της αντλίας του σερβόφρενου (υποβοήθηση πέδησης) στους βενζινοκινητήρες ή της αντλίας κενού του συστήματος πέδησης στους κινητήρες ντίζελ. Το κενό δημιουργεί μια τιμή πίεσης πάνω στο διάφραγμα χαμηλότερη της ατμοσφαιρικής. Το περίβλημα του διαφράγματος έχει μια οπή στη βάση του επιτρέπει στην ατμοσφαιρική πίεση να επενεργεί κάτω από την επιφάνεια του διαφράγματος, ώστε η ισχύς της ατμοσφαιρικής πίεσης να υπερνικά την τάση του ελατηρίου. Ο βαθμός κίνησης εξαρτάται από την τάση του ελατηρίου και τη διαφορά πίεσης μεταξύ του άνω (κενό) και του κάτω τμήματος του διαφράγματος (ατμοσφαιρική πίεση). Καθώς κινείτε το διάφραγμα, μετατοπίζει και την ράβδο ενεργοποίησης. Η ράβδος ενεργοποίησης είναι συνδεδεμένη με τη θυρίδα στο εσωτερικό της μονάδας κλιματισμού, ανοιγοκλείνοντας την θυρίδα επανακυκλοφορίας (Σχέδιο 1.26). Τα χειριστήρια πνευματικού ελέγχου έχουν δύο θέσεις - ανοιχτή και κλειστή. Ρυθμίζονται μεταβάλλοντας το κενό που εφαρμόζεται στο διάφραγμα, χρησιμοποιώντας ένα στόμιο μεταβλητής διατομής ή με την εφαρμογή δύο διαφορετικών πιέσεων, εκατέρωθεν της μεμβράνης.

Για τον έλεγχο των διακυμάνσεων της πίεσης που ασκείται στο διάφραγμα, χρησιμοποιείται μια δεξαμενή κενού εφοδιασμένη με βαλβίδα αντεπιστροφής. Η βαλβίδα μπορεί να ενεργοποιηθεί και χειροκίνητα με τη βοήθεια των διακοπών ή αυτόματα από μια μονάδα ελέγχου.

Το σύστημα αυτό έχει ορισμένα μειονεκτήματα:

1. Αν το κενό έχει ληφθεί από την πολλαπλή εισαγωγής, δημιουργεί παρασιτικές απώλειες στον κινητήρα.
2. Σε περίπτωση διαρροής, θα μειωθεί σημαντικά η απόδοση του κινητήρα και θα αυξηθεί η εκπομπή ρυπογόνων καυσαερίων.
3. Η μονάδα μπορεί μόνο να ανοίξει ή να κλείσει πλήρως μία θυρίδα, αποτρέποντας οποιαδήποτε άλλη ενδιάμεση θέση.

Οι μονάδες αυτές έχουν αντικατασταθεί πλέον από ηλεκτρικούς κινητήρες, δίνοντας μεγαλύτερη ελευθερία επιλογών.



Σχήμα 1.29 Ηλεκτροκινητήρας ελέγχου με μειωτήρα στροφών

Ηλεκτρονικός έλεγχος

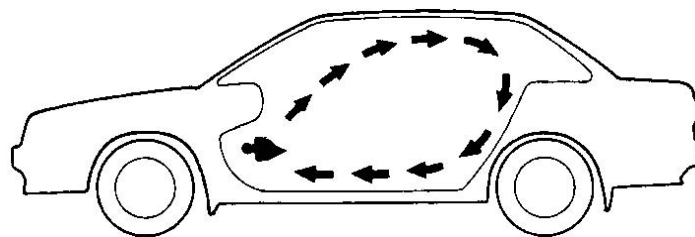
Οι ηλεκτροκινητήρες χρησιμοποιούνται για λεπτομερέστερη ρύθμιση των θυρίδων ανάμειξης / διανομής (Σχέδιο 1.29). Τα συστήματα με ηλεκτρονικό έλεγχο της θερμοκρασίας συμπεριλαμβάνουν ποτενσιόμετρο, ώστε να υπάρχει ανατροφοδότηση δεδομένων προς τη μονάδα ελέγχου για τη θέση της θυρίδας.

Ταξινόμηση των συστημάτων θέρμανσης και εξαερισμού ανά ζώνη

Ζώνη είναι μια περιοχή του εσωτερικού χώρου του οχήματος που μπορεί να ψύχεται ή να θερμαίνεται σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία. Για παράδειγμα, ο οδηγός μπορεί να αισθάνεται ζέστη λόγω του ρουχισμού του απαιτώντας ψύξη, ενώ ο συνοδηγός μπορεί να αισθάνεται κρύο απαιτώντας θέρμανση. Αμφότεροι οι δύο επιβαίνοντες έχουν μια σειρά από συστήματα ελέγχου με σκοπό την προσαρμογή του ποσοστού θέρμανσης και εξαερισμού του χώρου τους. Τα συστήματα που έχουν περισσότερες από μία ζώνες συνήθως ελέγχονται ηλεκτρονικά.

Σύστημα HVAC στο ταμπλό

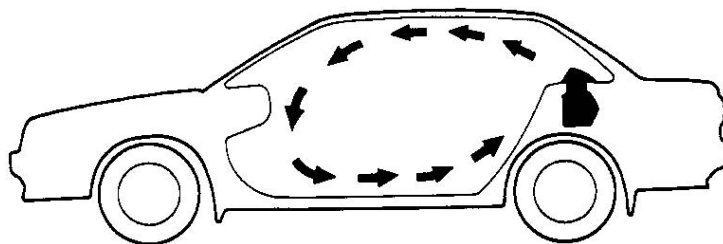
Βρίσκεται εγκατεστημένο κάτω από το ταμπλό και καλύπτει μία ενιαία ζώνη, που αποτελείται από τον εσωτερικό χώρο του οχήματος. Ο τύπος αυτός πλεονεκτεί στο ότι κατευθύνει τον αέρα κατευθείαν στους επιβάτες, με αποτέλεσμα η ψύξη και η θέρμανση να γίνεται αισθητή σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό και σε λιγότερο χρόνο σε σχέση με ένα σύστημα που καλύπτει ολόκληρη την καμπίνα επιβατών.



Σχήμα 1.30 HVAC στο ταμπλό

Σύστημα HVAC στο χώρο αποσκευών

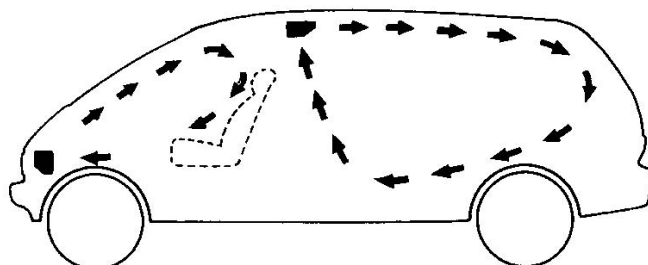
Βρίσκεται εγκατεστημένο στο χώρο των αποσκευών, όπου υπάρχει μεγάλος διαθέσιμος χώρος για τη θερμαντική και την ψυκτική μονάδα. Οι αεραγωγοί εξόδου τοποθετούνται στο οπίσθιο μέρος του πίσω καθίσματος. Αρνητικές πτυχές αυτού του τύπου είναι η κατάληψη τμήματος από το χώρο αποσκευών, καθώς και το ότι τα δροσερά ρεύματα αέρα απορρέουν από το πίσω μέρος του οχήματος προς την καμπίνα επιβατών, δηλαδή αντίθετα με την φορά κίνησης του οχήματος.



Σχήμα 1.31 HVAC στον χώρο αποσκευών

HVAC διπλής δράσης

Συνήθως εγκαθίσταται στο εμπρόσθιο μέρος του οχήματος κάτω από το ταμπλό και επεκτείνεται προς τα οπίσθια καθίσματα. Τα συστήματα διπλής δράσης μπορούν να καλύπτουν έως και τρεις ζώνες: οδηγού, συνοδηγού και πίσω επιβατών. Όλες οι ζώνες έχουν ένα σύνολο ελεγκτών HVAC, για την επιλογή του επιθυμητού επιπέδου άνεσης. Αυτό το σύστημα συναντάται σε οχήματα υψηλών προδιαγραφών και πολυμορφικά (MPV: Multi Passenger Vehicles) - οχήματα με μεγάλη χωρητικότητα.



Σχήμα 1.32 HVAC διπλής δράσης

Συστήματα ενίσχυσης θέρμανσης

Τα συστήματα ενίσχυσης θέρμανσης χρησιμοποιούνται συνήθως για τους ακόλουθους λόγους:

1. Μεγάλο εσωτερικό χώρο της καμπίνας επιβατών.
2. Κινητήρα εσωτερικής καύσης μεγάλης απόδοσης με χαμηλή παραγωγή απαγόμενης θερμότητας, όπου απαιτείται επιπρόσθετη συνεισφορά θερμότητας.
3. Μεγάλο ενιαίο εσωτερικό χώρο – οχήματα ενός όγκου (MPV).
4. Οχήματα που λειτουργούν σε ακραίες καιρικές συνθήκες.

Τα οφέλη ενός τέτοιου συστήματος είναι τα εξής:

1. Βελτίωση της ορατότητας λόγω ταχείας εξάτμισης υδρατμών.
2. Μικρότερη περίοδος προθέρμανσης του κινητήρα, με αποτέλεσμα τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας του καταλυτικού μετατροπέα και τη μικρότερη φθορά του κινητήρα.
3. Καλύτερες συνθήκες άνεσης των επιβατών.

Αντίσταση πρόσδωσης θερμότητας

Ένα σύστημα ενίσχυσης θέρμανσης μπορεί να είναι τόσο απλό, όσο μια πρόσθετη αντλία νερού τοποθετημένη με σκοπό τον ακριβή έλεγχο / ώθηση του ψυκτικού μέσου προς τον εναλλάκτη θερμότητας (στο εσωτερικό του συστήματος θέρμανσης). Σκοπός της αντλίας αυτής είναι η βελτίωση της ικανότητας θέρμανσης κάτι που θα μπορούσε επίσης να επιτευχθεί με μια ξεχωριστή μονάδα που θα παρέχει πρόσθετη θερμότητα στη διανομή του ψυκτικού υγρού ή του αέρα, μέσω της καύσης καυσίμων (καυστήρας καυσίμων) ή τη χρήση ηλεκτρικής αντίστασης πρόσδωσης θερμότητας. Τα συστήματα ενίσχυσης θέρμανσης δεν πρέπει να συγχέονται με τα συστήματα διπλής ενέργειας (θέρμανσης και κλιματισμού). Ένα σύστημα διπλής ενέργειας είναι επέκταση του συστήματος ελέγχου της παροχής θέρμανσης και ψύξης στις διακριτές ζώνες εντός του οχήματος.

Η αντίσταση πρόσδωσης θερμότητας έχει ένα στοιχείο τοποθετημένο σε κεραμική βάση. Θερμαίνει άμεσα τη ροή του αέρα που εισέρχεται στην καμπίνα επιβατών.

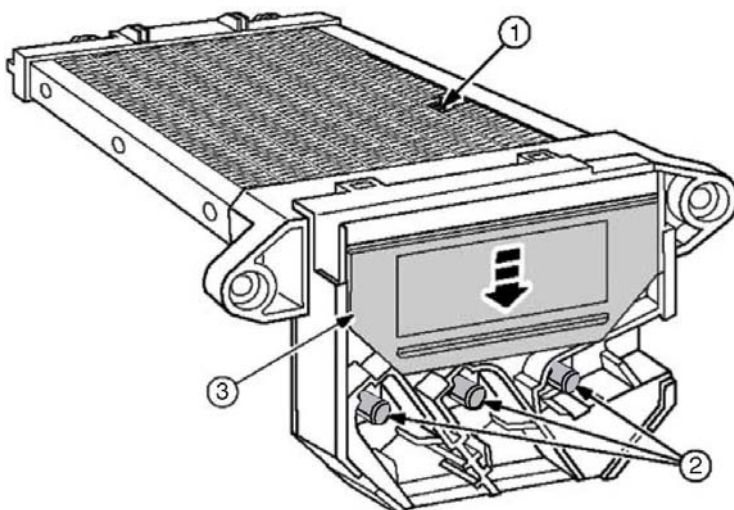
Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος επιπρόσθετης θέρμανσης είναι:

- ταχεία θέρμανση μετά την έναρξη του κινητήρα
- ελαφρύς και συμπαγής σχεδιασμός
- αποφεύγεται η υπερθέρμανση της μονάδας
- δεν απαιτείται συντήρηση

Η αντίσταση πρόσδωσης θερμότητας αποτελείται από μικρές επιμεταλλωμένες κεραμικές πλάκες, οι οποίες είναι τοποθετημένες σε στρώσεις κατά μήκος της βασικής μονάδας (1), βλ. σχήματα 1.33 και 1.34 ανάμεσα σε φύλλα αλουμινίου. Τα φύλλα αυτά συγκρατούνται μεταξύ τους με ελικοειδή στοιχεία πάνω στο πλαίσιο, μεταφέροντας θερμότητα στη ροή του θερμαινόμενου αέρα. Προκειμένου να αποφευχθεί ένα

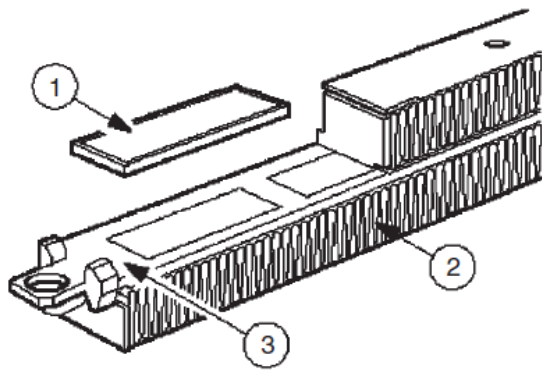
ηλεκτρικό βραχυκύκλωμα λόγω ξένων μεταλλικών σωμάτων, παρεμβάλλεται ένα πυρίμαχο πλαστικό πλέγμα με άνοιγμα κυψέλης 0,8 χιλιοστών στο στοιχείο θέρμανσης. Το στοιχείο θέρμανσης υποδιαιρείται σε ξεχωριστά κυκλώματα, έτσι ώστε η παραγωγή θερμότητας να προσαρμόζεται στις απαιτήσεις.

Η αντίσταση πρόσδωσης θερμότητας δρα ως αντίσταση θετικού συντελεστή θερμοκρασίας (PTC: positive temperature coefficient). Αυτό σημαίνει ότι η τιμή της ωμικής αντίστασης είναι σχετικά μικρή σε χαμηλές θερμοκρασίες και αυξάνεται σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Αρχικά όταν εφαρμόζεται μια τάση στα άκρα της κρύας αντίστασης, διαρρέεται από ρεύμα υψηλής έντασης, θερμαίνοντας την. Καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται, το ίδιο συμβαίνει και με την ωμική αντίσταση. Αυτό οδηγεί στη μείωση της έντασης του ρεύματος. Ο χρόνος που απαιτείται για να σταθεροποιηθεί το ρεύμα είναι περίπου 20 δευτερόλεπτα. Η παραγωγή θερμότητας εξαρτάται από το ρυθμό της μεταφοράς θερμότητας προς τον περιβάλλοντα χώρο. Εάν ο ρυθμός μεταφοράς της θερμότητας είναι μεγάλος (για παράδειγμα σε κρύες συνθήκες χαμηλής υγρασίας) η μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας καταστεί δυνατή μια μεγαλύτερη τιμή μεταφοράς θερμότητας, συνεπώς η αντίσταση (Ω) θα παραμείνει σε χαμηλά επίπεδα. Μόλις ο αέρας θερμανθεί και ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας μειωθεί, η θερμοκρασία της αντίστασης θα αρχίσει να αυξάνεται, λόγω της αδυναμίας του ζεστού αέρα να απάγει θερμότητα. Αυτό θα προκαλέσει αύξηση της ωμικής αντίστασης, με αποτέλεσμα την μείωση της έντασης του ρεύματος. Η μειωμένη ένταση ρεύματος διατηρεί ή μειώνει τη θερμοκρασία. Αντίθετα, μόλις η αντίσταση καταφέρει να προσδώσει θερμότητα στον περιβάλλοντα αέρα τότε η μονάδα θα κρυώσει και η ωμική αντίσταση θα μειωθεί. Αυτό θα αυξήσει την ένταση του ρεύματος και τη θερμοκρασία της μονάδας. Εξαιτίας αυτών των ειδικών χαρακτηριστικών της αντίστασης, δεν είναι δυνατόν το στοιχείο να υπερθερμανθεί. Η μέγιστη επιφανειακή θερμοκρασία φτάνει τους 165 ° C.



- 1) Θερμαινόμενος πυρήνας
- 2) Ηλεκτρικές συνδέσεις
- 3) Κάλυμμα συνδέσεων

Σχήμα 1.33 Ηλεκτρική αντίσταση πρόσδωσης θερμότητας (πηγή: Ford)



- 1) Επιμεταλλωμένη κεραμική πλάκα
- 2) Στοιχείο αλουμινίου
- 3) Σκελετός

Σχήμα 1.34 Στοιχείο θέρμανσης
(πηγή: Ford)

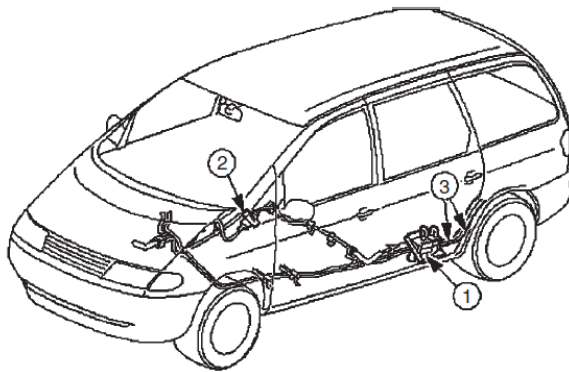
Η μονάδα χρησιμοποιείται μόνο σε χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος ($<15^{\circ}\text{C}$, σύμφωνα με τον αισθητήρα θερμοκρασίας αέρα) και όταν είναι ανεπαρκής η θερμότητα που μπορεί να προσφερθεί από το ψυκτικό μέσο του κινητήρα ($<73^{\circ}\text{C}$, σύμφωνα με τον αισθητήρα θερμοκρασίας ψυκτικού μέσου) και σε χαμηλά φορτία της γεννήτριας – δυναμό. Η ηλεκτρική αντίσταση καταναλώνει μεγάλη ηλεκτρική ισχύ, έτσι λειτουργεί μόνο όταν ο κινητήρας είναι ενεργοποιημένος και η λειτουργία του είναι σταδιακή. Σταδιακή λειτουργία σημαίνει ότι η μονάδα αντιμετωπίζεται σαν μια ηλεκτρική θερμάστρα τριών αντιστάσεων. Οι αντιστάσεις ενεργοποιούνται με τη σειρά, ώστε το φορτίο στη γεννήτρια να αυξάνεται σταδιακά και όχι απότομα. Το φορτίο της γεννήτριας θα επηρεάσει τον αριθμό στροφών του κινητήρα στο ρελαντί καθώς και τις εκπομπές ρύπων.

Η ισχύς θέρμανσης είναι περίπου 1 kW σε πλήρη λειτουργία. Αυτό επιβαρύνει το ηλεκτρικό σύστημα του οχήματος, συνεπώς τα οχήματα αυτά είναι εφοδιασμένα με μια πιο ισχυρή γεννήτρια.

Σύστημα ενίσχυσης θερμότητας μέσω καύσης Diesel

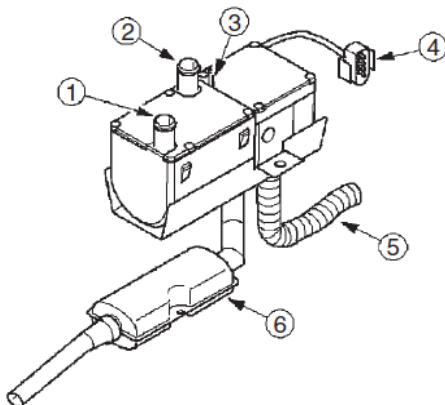
Εάν ένα όχημα δεν μπορεί να παρέχει επαρκή θέρμανση στον εναλλάκτη θερμότητας μέσω του ψυκτικού μέσου, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας επιπρόσθετος καυστήρας καυσίμου. Υπάρχει ένας αριθμός κατασκευαστών που χρησιμοποιούν ένα τέτοιο σύστημα, λόγω των εξαιρετικά αποτελεσματικών συστημάτων καύσης ντίζελ και το μεγάλο εσωτερικό χώρο που απαιτεί θέρμανση (π.χ. πολυμορφικά ενός όγκου ή φορτηγά – λεωφορεία – τροχόσπιτα Σχήμα 1.35, 1.36a & 1.36b) με ισχύ μεταξύ 1 και 3 kW, κατανάλωση καυσίμου 0,38 λίτρα / ώρα και θερμοκρασία λειτουργίας μεταξύ -40 και $+80^{\circ}\text{C}$. Μόλις η θερμοκρασία της μονάδας

υπερβεί τους 80 ° C, αυτή απενεργοποιείται. Οι μονάδες αυτές μπορούν να παρέχουν μια μεταβλητή θερμοκρασία εξόδου, ανάλογα με τη θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού που ρέει στον εναλλάκτη θερμότητας και την εξωτερική θερμοκρασία του αέρα. Μια τέτοια μονάδα μπορεί να χρησιμοποιεί τον εισερχόμενο αέρα ή το ψυκτικό μέσο για να μεταφέρει θερμότητα από τη μονάδα στο εσωτερικό του οχήματος.



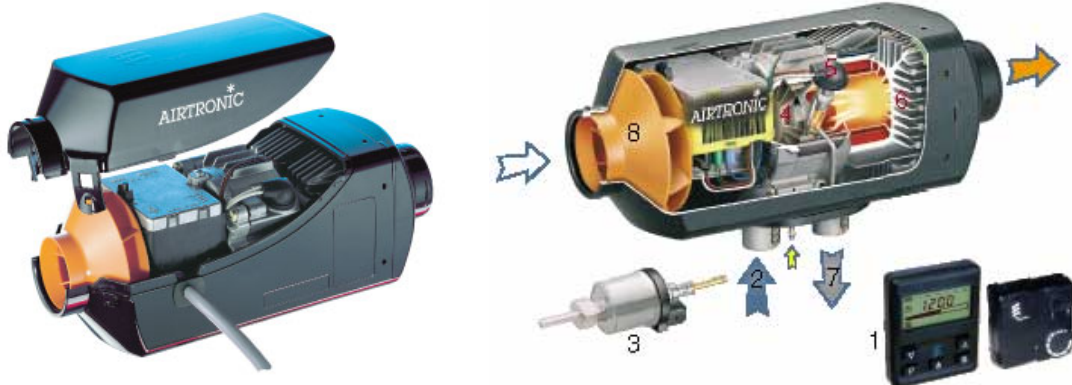
- 1) Σύστημα θέρμανσης
- 2) Μετρητής καυσίμου
- 3) Σωληνώσεις ψυκτικού υγρού προς τον οπίσθιο εναλλάκτη θερμότητας

Σχήμα 1.35a Σύστημα ενίσχυσης θερμότητας μέσω καύσης Diesel (πηγή: Ford)



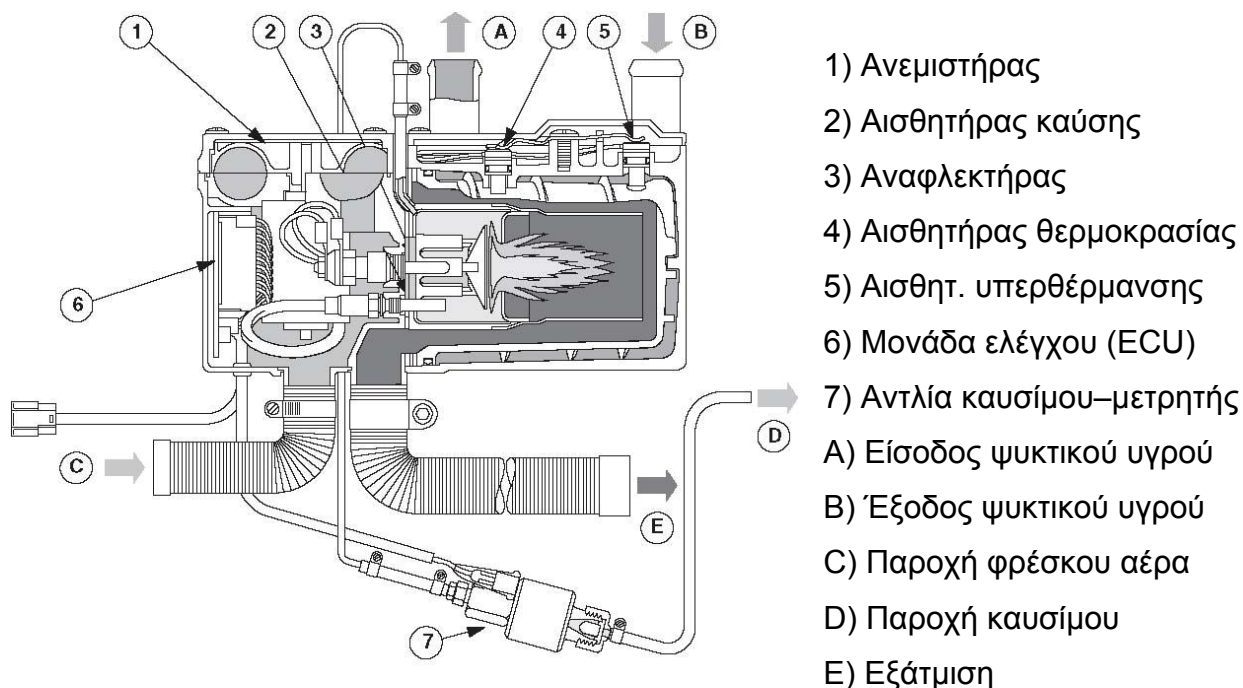
- 1) Προσαγωγή ψυκτικού υγρού από ψυγείο κινητήρα
- 2) Εξαγωγή ψυκτικού υγρού προς εναλλάκτη
- 3) Τροφοδοσία diesel από μετρητή καυσίμου
- 4) Ηλεκτρική σύνδεση
- 5) Σωλήνας εισαγωγής αέρα
- 6) Εξάτμιση με ενσωματωμένο σιγαστήρα

Σχήμα 1.36a Σύστημα ενίσχυσης (πηγή: Ford)



Σχήμα 1.36b Σύστημα ενίσχυσης θερμότητας μέσω καύσης Diesel

Όλες οι παράμετροι του συστήματος ενίσχυσης θέρμανσης (εκκίνηση, ρύθμιση και λειτουργία) ελέγχονται πλήρως αυτοματοποιημένα. Η κύρια μονάδα χωρίζεται σε τέσσερις βασικές ενότητες - εναλλάκτη θερμότητας, θάλαμο καύσης, ανεμιστήρα και μονάδα ελέγχου. Το Σχήμα 1.36c δείχνει την είσοδο (B) και την έξοδο (A) του ψυκτικού μέσου στο άνω μέρος της μονάδας, τροφοδοτώντας τον εναλλάκτη θερμότητας και επιτρέποντας τη ροή του ψυκτικού υγρού περιμετρικά του πυρήνα. Το εσωτερικό του πυρήνα αποτελείται από τον θάλαμο καύσης, ο οποίος περιέχει μπουζί (3), αισθητήρα φλόγας (2) και εισόδους καυσίμου και αέρα. Η καύση ενεργοποιείται μέσω του αναφλεκτήρα (μπουζί) και τροφοδοτείται με καύσιμο το οποίο ελέγχεται ποσοτικά μέσω της μονάδας μέτρησης (7). Το μπουζί απενεργοποιείται μετά από ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, όταν η φλόγα έχει σταθεροποιηθεί. Το συγκρότημα του ανεμιστήρα (1) παρέχει φρέσκο αέρα στον θάλαμο καύσης. Η θερμότητα της καύσης ρέει από το εσωτερικό του θαλάμου καύσης προς τον εναλλάκτη θερμότητας, περνώντας από τα τοιχώματα του θαλάμου στο ψυκτικό υγρό. Επειδή η θερμαντική ισχύς εξόδου εξαρτάται από τη θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου, οι αισθητήρες τοποθετούνται στο δοχείο του εναλλάκτη θερμότητας, καταγράφοντας τη θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου από και προς τη μονάδα. Οι πληροφορίες αυτές χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της παραγόμενης θερμότητας που προορίζεται για τον εναλλάκτη θερμότητας του οχήματος. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας εξόδου και ο αισθητήρας καύσης χρησιμοποιούνται για λόγους ασφαλείας σε περίπτωση που η μονάδα αστοχήσει, π.χ. λόγο υπερθέρμανσης.



Σχήμα 1.36c Λειτουργία συστήματος ενίσχυσης θερμότητας (πηγή: Ford)

Όλες οι πληροφορίες παρακολουθούνται από την μονάδα ελέγχου (6) που έχει την ικανότητα να επικοινωνεί με τον διαγνωστικό εξοπλισμό. Επειδή το σύστημα ελέγχεται ηλεκτρονικά, εύκολα μπορεί να επιτευχθεί η ενσωμάτωση του συστήματος ενίσχυσης θερμότητας σε μια ήδη υπάρχουσα μονάδα HVAC (θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού).

Το σύστημα ενίσχυσης θέρμανσης σβήνει λόγω βλάβης, εάν:

1. δεν επιτευχθεί ανάφλεξη μετά από δεύτερη προσπάθεια εκκίνησης (μετά από 90")
2. σβήσει η φλόγα κατά τη λειτουργία και αποτύχει μια νέα προσπάθεια εκκίνησης
3. ενεργοποιηθεί ο αισθητήρας υπερθέρμανσης (125 ° C)
4. η ηλεκτρική τάση είναι υπερβολική ή ελλιπής
5. ο αναφλεκτήρας, η αντλία, οι αισθητήρες θερμοκρασίας ή ο ανεμιστήρας είναι ελαττωματικά.

Το σύστημα ενίσχυσης θέρμανσης μπορεί να εκκινήσει αμέσως μετά την ανάφλεξη του κινητήρα. Οι κωδικοί βλάβης μπορούν να διαβαστούν κατά τη διάρκεια ενός διαγνωστικού ελέγχου.

Σύστημα ενίσχυσης θερμότητας μέσω καύσης βιοκαυσίμων

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί πως ένα αμιγώς ηλεκτροκίνητο όχημα, θα παρουσίαζε μεγάλη μείωση στην αυτονομία του εάν χρησιμοποιούσε ηλεκτρική ενέργεια από τις μπαταρίες του για να θερμάνει την καμπίνα των επιβατών μέσω μιας ηλεκτρικής αντίστασης. Σύμφωνα με τους ιθύνοντες της Volvo, στην περίπτωση που χρησιμοποιούταν ηλεκτρική ενέργεια από τις μπαταρίες για θέρμανση θα υπήρχε μείωση της αυτονομίας έως και 40%. Για να απαλειφθεί αυτό το πρόβλημα, εφοδίασαν το ηλεκτροκίνητο μοντέλο τους C30 Electric με ένα σύστημα θέρμανσης που χρησιμοποιεί ένα μικρό θερμαντήρα με αισθάνολη για να ζεσταίνει τον αέρα (βιοκαύσιμο E85).

Δεν είναι όμως μόνο αυτό. Το C30 Electric, όπως και κάθε άλλο ηλεκτροκίνητο, πράγματι αντιμετωπίζει ένα σημαντικό πρόβλημα στο κρύο, σύμφωνα με δημοσιεύματα του ξένου Τύπου. Το ενεργειακό φορτίο των μπαταριών μειώνεται σημαντικά και αυτόματα μειώνονται και τα χιλιόμετρα που μπορεί να διανύσει. Υπό κανονικές συνθήκες το C30 Electric μπορεί να διανύσει περίπου 150 km. Στις πολικές συνθήκες όμως οι μπαταρίες του αποφορτίστηκαν πλήρως μετά από 80 km.



*Το Volvo C30 Electric στην
Αρκτική, δοκιμαζόμενο σε
θερμοκρασίες -33°C*

Τι είναι όμως αυτό που μειώνει την απόδοση των μπαταριών όσο ο υδράργυρος πέφτει; Όλες οι μπαταρίες παράγουν ηλεκτρικό φορτίο μέσα από μία χημική αντίδραση. Όταν η θερμοκρασία μειώνεται ο ρυθμός της αντίδρασης μειώνεται αντίστοιχα. Όσο μειώνεται η αντίδραση μειώνεται και η απελευθέρωση ηλεκτρονίων (μειώνεται η παραγόμενη ισχύς). Μελέτες έχουν δείξει πως ακόμη και η μεταβολή 10°C σε θερμοκρασίες με αρνητικό πρόσημο μπορούν να μειώσουν το φορτίο μίας μπαταρίας έως και 50%. Συνεπώς, θεωρείται απαραίτητη η λήψη προληπτικών μέτρων για την αντιπαγετική προστασία των μπαταριών, όπως επίσης και η προστασία τους από υπερθέρμανση σε περίοδο καύσωνα.



Σχήμα 1.37 Κανάλια ροής
αέρα σε συστοιχία μπαταριών
υψηλής τάσης. (πηγή: V.W.)

Χρήση συστήματος A / C, ως αντλία θερμότητας

Με τη χρήση υψηλής απόδοσης κινητήρων ντίζελ, υβριδικών οχημάτων και ηλεκτρικών οχημάτων με τεχνολογία κυψελών καυσίμου, η θερμότητα του νερού του συστήματος ψύξης συχνά δεν επαρκεί για τη θέρμανση της καμπίνας επιβατών. Η συμπίεση ατμών στον κύκλο λειτουργίας ενός A/C μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αντλία θερμότητας.

1.3 Το σύστημα κλιματισμού – ψύξης

Σύστημα ενεργοποίησης

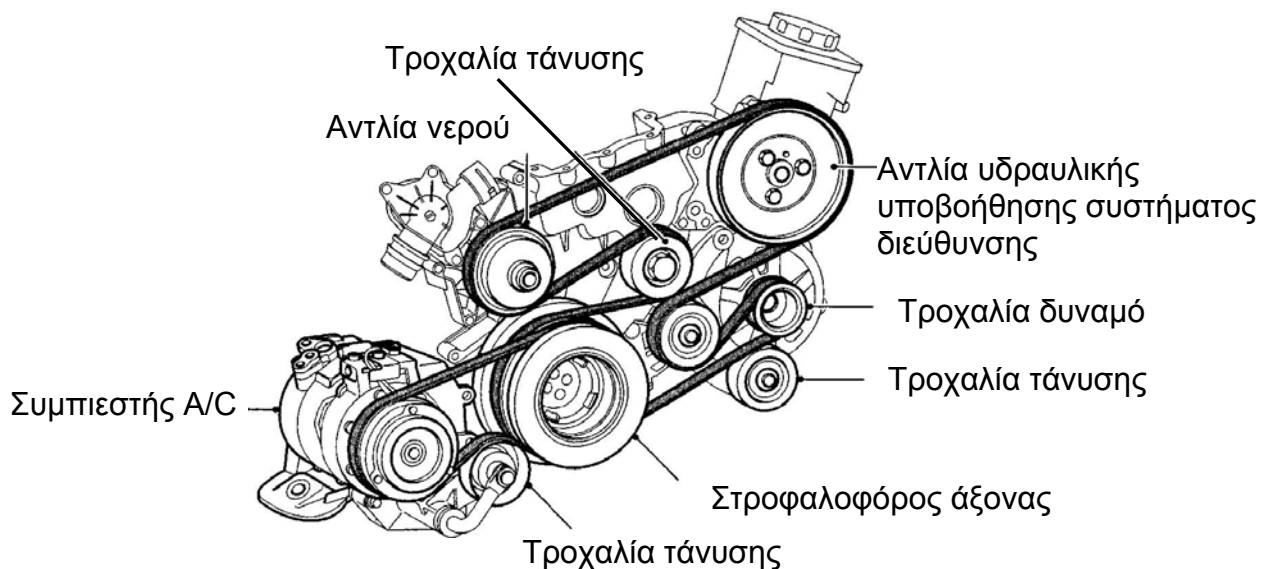
Η εντολή για την ενεργοποίηση του συστήματος κλιματισμού προέρχεται από τους επιβάτες. Η ενεργοποίηση ολοκληρώνεται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (ECU), η οποία δέχεται ηλεκτρονικά μηνύματα από τους αισθητήρες βάσει των εκάστοτε συνθηκών, π.χ. θερμοκρασίες, πιέσεις, ταχύτητες, θέσεις. Αναλύοντας αυτές τις πληροφορίες η ECU ή θα ενεργοποιήσει ή θα απενεργοποιήσει (εάν είναι ήδη σε λειτουργία) το σύστημα. Εάν το σύστημα δεν ενεργοποιηθεί, τότε κάποια βλάβη – με τη μορφή ενός κώδικα – θα αποθηκευτεί στην ECU και σε ορισμένα οχήματα θα ενεργοποιηθεί ενδεικτική λυχνία, υποδηλώνοντας στον οδηγό ότι υπάρχει κάποιο σφάλμα. Προηγμένα συστήματα μπορούν να χρησιμοποιήσουν την τηλεματική για να σταλεί ένα μήνυμα στο τηλεφωνικό κέντρο του εξουσιοδοτημένου επισκευαστή, από όπου θα ειδοποιηθεί ο πελάτης για τις απαιτούμενες ενέργειες που πρέπει να κάνει για την αποκατάσταση της βλάβης.

Η ενεργοποίηση του συστήματος κλιματισμού επιτυγχάνεται κάτω από ορισμένες ή ακόμη και όλες τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

- Η εξωτερική θερμοκρασία είναι πάνω από 9°C.
- Ο κινητήρας λειτουργεί για περισσότερο από 5 δευτερόλεπτα.
- Η θερμοκρασία του εξατμιστή είναι πάνω από 4°C (για την αποτροπή δημιουργίας πάγου στην επιφάνεια του).
- Η θερμοκρασία ψυκτικού μέσου είναι μεταξύ 40°C και 105°C.
- Το όχημα δεν βρίσκεται σε μεγάλη επιτάχυνση ή ο κινητήρας είναι υπό υψηλό φορτίο (προσπέρασμα κ.λπ.).
- Ο διακόπτης λειτουργίας του κλιματιστικού έχει ενεργοποιηθεί, όπως και ο διακόπτης λειτουργίας του ανεμιστήρα.
- Οι αισθητήρες του συστήματος κλιματισμού έχουν επιβεβαιώσει ότι το ψυκτικό κύκλωμα βρίσκεται υπό πίεση και συνεπώς δεν υπάρχει διαρροή ψυκτικού υγρού στην ατμόσφαιρα
- Δεν υπάρχουν κωδικοί βλάβης στην ECU.

Απλοποιημένο ηλεκτρονικό κύκλωμα

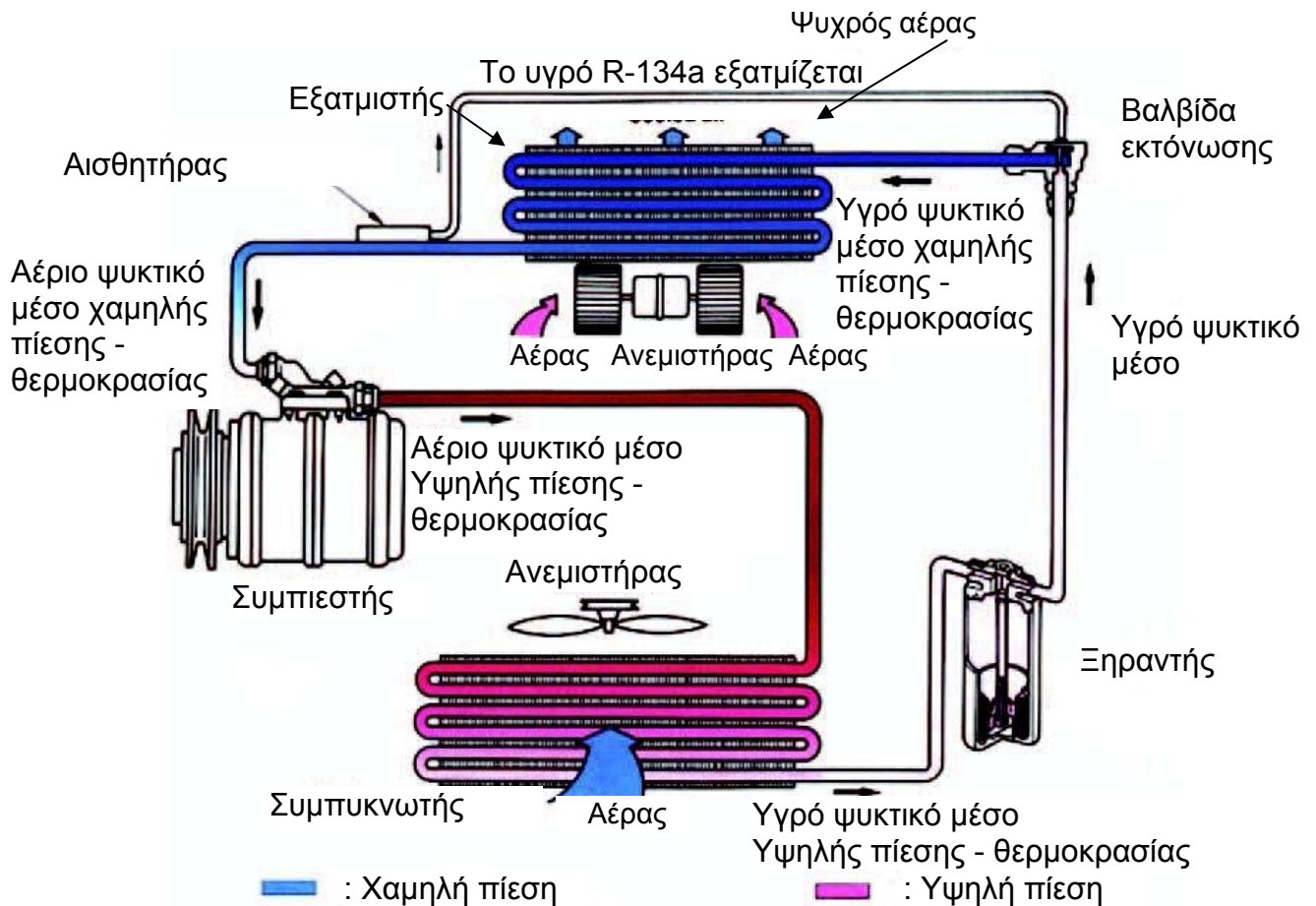
Με την ενεργοποίηση του κλιματιστικού, το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει από την μπαταρία του οχήματος μέσα από τις ασφάλειες, τους διακόπτες του συστήματος A/C και το ρελέ του ηλεκτρομαγνητικού συμπλέκτη του A/C. Το ρελέ του A/C ελέγχεται από έναν υπολογιστή (ECU) επί του οχήματος, ο οποίος δίνει την τελική εντολή για να επιτρέψει την ενεργοποίηση του συστήματος A/C, εφόσον εξασφαλίζεται η ακεραιότητα του συστήματος, δηλαδή ότι δεν έχουν εμφανιστεί ελαττώματα και υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες για την ενεργοποίηση του συστήματος. Ο συμπλέκτης είναι τοποθετημένος πίσω από την τροχαλία του συμπιεστή και μόλις ενεργοποιηθεί συνδέει σταθερά την τροχαλία του συμπιεστή (που κινείται από τον κινητήρα) με το εσωτερικό στοιχείο άντλησης του συμπιεστή (Σχέδιο 1.38).



Σχήμα 1.38 Ιμάντας λειτουργίας συμπιεστή (πηγή: Rover)

1.4 Σύστημα με βαλβίδα εκτόνωσης

Το σύστημα κλιματισμού λειτουργεί σε συνεχή κύκλο (Σχήμα 1.39). Ο συμπιεστής λαμβάνει θερμούς ατμούς ψυκτικού μέσου χαμηλής πίεσης από τον εξατμιστή.



Σχήμα 1.39 Σύστημα με βαλβίδα εκτόνωσης (πηγή: Toyota)

Ο συμπιεστής αυξάνει την πίεση του ψυκτικού μέσου από 2 bar σε περίπου 16 bar, ανάλογα με τη ζήτηση του συστήματος, αυξάνοντας τη θερμοκρασία τους από τους 0 στους 80 °C. Σε αυτή τη θερμοκρασία και την πίεση του ψυκτικού είναι πάνω από το σημείο βρασμού (περίπου 57 °C). Ο συμπιεστής κατευθύνει τον υπέρθερμο ατμό του ψυκτικού στον συμπυκνωτή.

Ο συμπυκνωτής έχει πολλά πτερύγια ψύξης στα οποία διοχετεύεται ο ατμός. Στον συμπυκνωτή ο ατμός υψηλής πίεσης συμπυκνώνεται σε υγρό υψηλής πίεσης. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μείωση της θερμοκρασίας, για παράδειγμα, από τους 80 °C σε λιγότερο από 57 °C, με την ροή του αέρα πάνω από την επιφάνεια του συμπυκνωτή,

μεταβιβάζοντας θερμότητα από το ψυκτικό μέσο στον εξωτερικό αέρα. Από την έξοδο του συμπυκνωτή (κάτω μέρος) εξέρχεται μόνο υπόψυχρο ψυκτικό μέσο σε υγρή μορφή και υψηλή πίεση.

Το υπόψυχρο ψυκτικό μέσο ρέει στον ξηραντή όπου αποθηκεύεται, αποξηραίνεται, φιλτράρεται και στη συνέχεια περνά από τη βαλβίδα εκτόνωσης, όπου μετατρέπεται σε υγρό / αέριο χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας. Αυτό επιτυγχάνεται μειώνοντας την πίεση μέσω ενός στομίου κωνικής διαμέτρου. Το στόμιο έχει υψηλή πίεση από τη μία πλευρά (από τον συλλέκτη – ξηραντή) και χαμηλή πίεση από την άλλη (εξατμιστή και συμπιεστή) και επιτρέπει μια μικρή ποσότητα ψυκτικού υγρού να ρέει μέσα από αυτήν. Η απότομη πτώση της πίεσης και της θερμοκρασίας προκαλεί μερική εξάτμιση του ψυκτικού μέσου. Η ροή υγρού / ατμού χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας κινείται στη συνέχεια προς τον εξατμιστή όπου η θερμότητα μεταφέρεται από την επιφάνεια του προς το ψυκτικό υγρό μέσω της εξάτμισης. Η θερμότητα που προέρχεται είτε από τον εσωτερικό (ανακυκλωμένο αέρα) ή από το περιβάλλον (εισαγωγή νωπού αέρα) και διαπερνά την επιφάνεια του εξατμιστή.

Όταν το ψυκτικό μέσο έχει εξατμιστεί τελείως, φτάνει σε σημείο κορεσμού. Θα πρέπει ωστόσο να είναι σε θέση να μεταφέρει περισσότερη θερμότητα. Το ψυκτικό μέσο εξακολουθεί να ρέει μέσα από τις υπόλοιπες σπείρες του εξατμιστή, απορροφώντας περισσότερη θερμότητα και έχοντας γίνει ελαφρώς υπέρθερμος.

Ο ελαφρά υπέρθερμος ατμός χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας ρέει προς τον συμπιεστή και ο κύκλος επαναλαμβάνεται.

Σημείωση: Οι θερμοκρασίες είναι κατά προσέγγιση και εξαρτώνται από τον τύπο του ψυκτικού μέσου, το φορτίο του συστήματος και τον συσχετισμό πιέσεων και θερμοκρασιών.

1.5 Σύστημα στραγγαλιστικής βαλβίδας

Το σύστημα κλιματισμού λειτουργεί σε συνεχή κύκλο (Σχήμα 1.40). Ο συμπιεστής δέχεται ατμούς χαμηλής πίεσης και μικρού θερμικού φορτίου από τον εξατμιστήρα και αυξάνει την πίεση του ψυκτικού μέσου από 2 bar σε περίπου 16 bar, ανάλογα με τη ζήτηση του συστήματος, με αντίστοιχη αύξηση της θερμοκρασία του από τους 0 στους 80 ° C. Σε αυτή τη θερμοκρασία και την πίεση του ψυκτικού είναι πάνω από το σημείο βρασμού της, με περίπου 57 ° C. Ο συμπιεστής παρέχει υπέρθερμο ψυκτικό ατμό στο συμπυκνωτή.

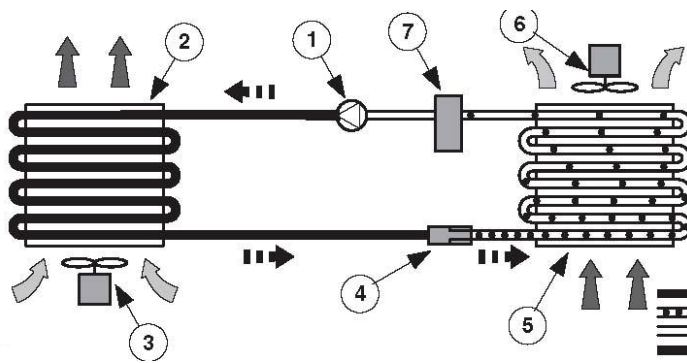
Ο συμπυκνωτής έχει πολλά πτερύγια ψύξης στα οποία διοχετεύεται ο ατμός. Στο συμπυκνωτή ο ατμός υψηλής πίεσης συμπυκνώνεται σε υγρό υψηλής πίεσης. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μείωση της, για παράδειγμα, από τους 80 °C σε λιγότερο από 57 °. Αυτό επιτυγχάνεται με την διοχέτευση αέρα μέσα στον συμπυκνωτή, που επιτρέπει τη μεταβίβαση θερμότητας από το ψυκτικό μέσο στον εξωτερικό αέρα με αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας του και την εκροή του ως κρύο υγρό υψηλής πίεσης.

Το ψυκτικό υγρό στη συνέχεια διέρχεται από μια στραγγαλιστική βαλβίδα που επιτρέπει μόνο μια μικρή ποσότητα του ψυκτικού ρευστού να περάσει από αυτήν.

Το υγρό χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας διαστέλλεται με ταχείς ρυθμούς λόγω της αύξησης του όγκου του στον εξατμιστή. Αυτή η μείωση της πίεσης προκαλεί βρασμό (εξάτμιση) του ψυκτικού υγρού, απορροφώντας μεγάλα ποσά θερμικής ενέργειας που μεταφέρεται από τον αέρα που ρέει μέσα από τα πτερύγια του εξατμιστή (ψύξη μέσω εξάτμισης). Ο κρύο πλέον αέρας κατευθύνεται προς το εσωτερικό του οχήματος.

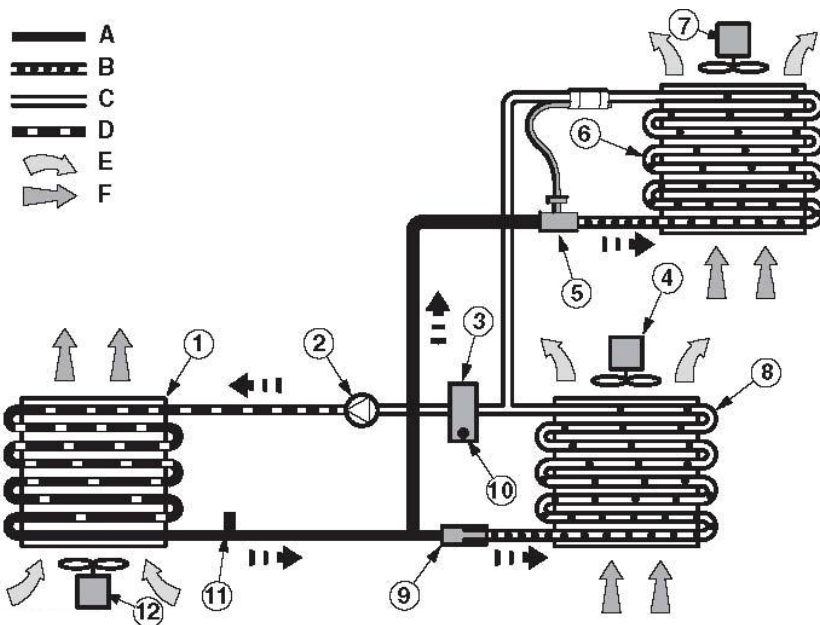
Το χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας ψυκτικό υγρό/ατμός ρέει από τον εξατμιστή στην κορυφή του ξηραντή, διαχωρίζοντας το υγρό από τους ατμούς για την προστασία του συμπιεστή (ένας συμπιεστής μπορεί να ασκήσει πίεση μόνο σε ατμούς - αέρια). Η μεγάλη επιφάνεια του συσσωρευτή επικουρεί στην εξάτμιση και του εναπομείναντος ψυκτικού μέσου που βρίσκεται σε υγρή μορφή. Ο κορεσμένος ατμός και ένα μικρό ποσοστό του ψυκτικού υγρού που μεταφέρει λάδι (για λόγους λίπανσης του συστήματος) εξέρχονται από τον συσσωρευτή (με ροή από την κορυφή του προς τη βάση του) μέσω της υποπίεσης του συμπιεστή (αναρρόφηση) και ο κύκλος επαναλαμβάνεται.

(Σημείωση: Οι θερμοκρασίες είναι κατά προσέγγιση και εξαρτώνται από τον τύπο ψυκτικού μέσου, του φορτίου του συστήματος, της πίεσης και τη σχέση της θερμοκρασίας.)



1. Συμπιεστής
 2. Συμπυκνωτής
 3. Βοηθητικός ανεμιστήρας
 4. Στραγγαλιστική βαλβίδα
 5. Εξατμιστής
 6. Ανεμιστήρας A/C
 7. Συσσωρευτής
- A. Υγρό υψηλής πίεσης
 B. Υγρό χαμηλής πίεσης
 C. Αέριο χαμηλής πίεσης
 D. Αέριο υψηλής πίεσης

Σχήμα 1.40 Σύστημα με στραγγαλιστική βαλβίδα (πηγή: Ford)



1. Συμπυκνωτής
2. Συμπιεστής
3. Ξηραντής / Συσσωρευτής
4. Ανεμιστήρας εμπρός A/C
5. Βαλβίδα εκτόνωσης
6. Οπίσθιος εξατμιστής
7. Ανεμιστήρας οπίσθιου A/C
8. Εμπρός εξατμιστής
9. Στραγγαλιστική βαλβίδα
10. Διακόπτης χαμηλής πίεσης
11. Διακόπτης υψηλής πίεσης
12. Βοηθητικός ανεμιστήρας

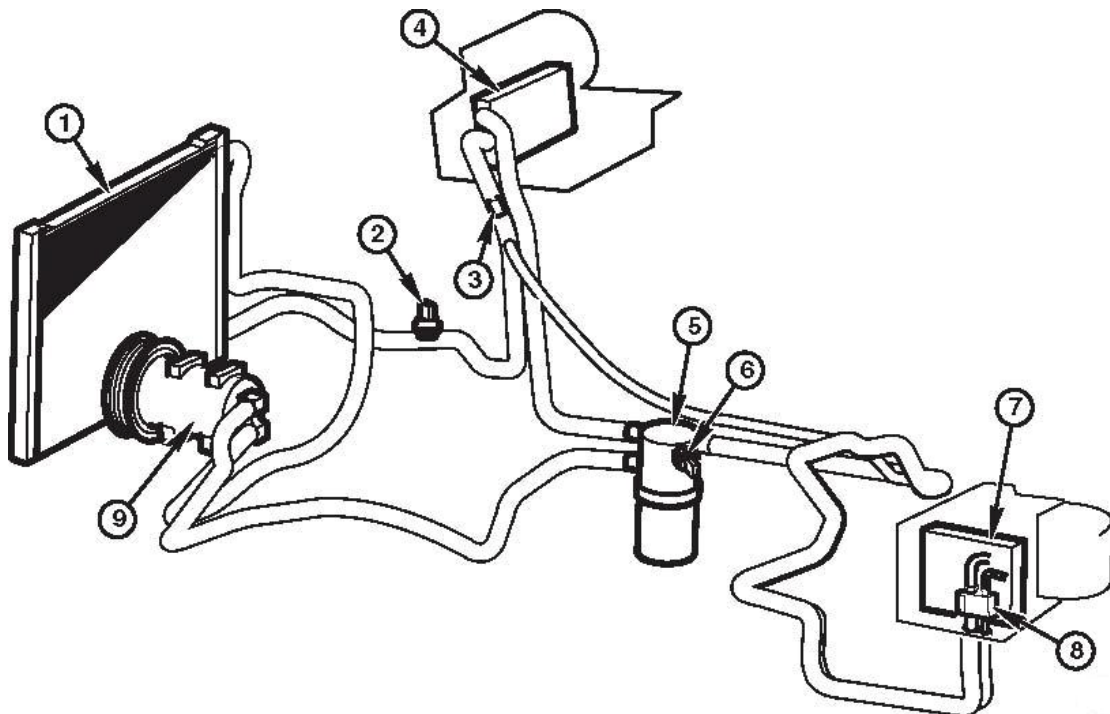
- A. Υγρό υψηλής πίεσης & θερμοκρασίας
 B. Υγρό χαμηλής πίεσης & θερμοκρασίας
 C. Αέριο χαμηλής πίεσης & θερμοκρασίας

- D. Αέριο υψηλής πίεσης & θερμοκρασίας
 E. Ψυχρός αέρας
 F. Θερμός αέρας

Σχήμα 1.41 Κλιματισμός διπλής λειτουργίας (πηγή: Ford)

1.6 Κλιματισμός διπλής λειτουργίας

Το σύστημα αυτό (Σχήμα 1.41 και 1.42) συνδυάζει συχνά τη χρήση στραγγαλιστικής βαλβίδας και βαλβίδας εκτόνωσης. Η κύρια λειτουργία του συστήματος φαίνεται στο Σχήμα 1.41 όπου ένα σύστημα με στραγγαλιστικής βαλβίδας και πρόσθετα σημεία εισόδου και εξόδου τροφοδοτούν μια πρόσθετη βαλβίδα εκτόνωσης και έναν εξατμιστή για επιπλέον ενίσχυση της ψύξης. Συχνά η πρόσθετη ψυκτική μονάδα τοποθετείται στο πίσω μέρος ενός μεγάλου επιβατικού οχήματος, δίνοντας δύο ζώνες ελέγχου της θερμοκρασίας (εμπρός και οπίσθια ζώνη).



1. Συμπυκνωτής
2. Διακόπτης υψηλής πίεσης
3. Βαλβίδα στραγγαλισμού
4. Εμπρόσθιος εξατμιστής
5. Ξηραντής
6. Διακόπτης χαμηλής πίεσης
7. Οπίσθιος εξατμιστής
8. Βαλβίδα εκτόνωσης
9. Συμπιεστής

Σχήμα 1.42 Τα μέρη ενός κλιματιστικού διπλής λειτουργίας (πηγή: Ford)

2. Δομικά μέρη του Κλιματισμού (Air-condition)

2.1 Ο συμπιεστής

Ο ρόλος του συμπιεστή είναι να συμπιέζει και να διανέμει τον υπέρθερμο ψυκτικό ατμό μέσα σε ένα σύστημα κλειστού βρόχου. Κάθε υπόνοια υγρασίας ή σκόνης εντός του κυκλώματος θα μπορούσε να προκαλέσει βλάβη στο συμπιεστή. Οι συμπιεστές ποικίλλουν όσον αφορά το σχεδιασμό, το μέγεθος, το βάρος, ταχύτητα – κατεύθυνση περιστροφής και το εκτόπισμα. Επίσης οι συμπιεστές μπορούν να παίρνουν κίνηση από τον κινητήρα ή να είναι ηλεκτροκίνητοι (αυτόνομοι). Άλλοι συμπιεστές είναι μεταβλητής γεωμετρίας και άλλοι σταθερής. Ο συμπιεστής καταναλώνει το 80% της ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία ενός συστήματος κλιματισμού. Αυτό σημαίνει ότι ο τύπος του συμπιεστή που χρησιμοποιείται σε ένα σύστημα θα καθορίσει τη συνολική αποδοτικότητα του συστήματος, κάτι ιδιαίτερα σημαντικό για την οικονομία καυσίμου και τις εκπομπές ρύπων.

Λειτουργία

Ο συμπιεστής παίρνει κίνηση από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης μέσω μιας τροχαλίας (Εικ. 1.38). Στο εμπρόσθιο μέρος του συμπιεστή εδράζεται ένας ηλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης, ο οποίος όταν δοθούν οι απαραίτητες εντολές συμπλέκει – δεσμεύει τον συμπιεστή. Ο συμπιεστής αντλεί τον ψυκτικό ατμό από την πλευρά αναρρόφησης που είναι η έξοδος του συσσωρευτή (σύστημα με βαλβίδα στραγγαλισμού) ή η έξοδος του εξαμιστή (σύστημα με βαλβίδα εκτόνωσης). Επειδή το ψυκτικό υγρό που απορρέει από τον εξαμιστήρα / συσσωρευτή είναι σε μορφή ατμών, δεν μπορεί πλέον να απορροφήσει θερμική ενέργεια και να λειτουργήσει ως μέσο ψύξης.

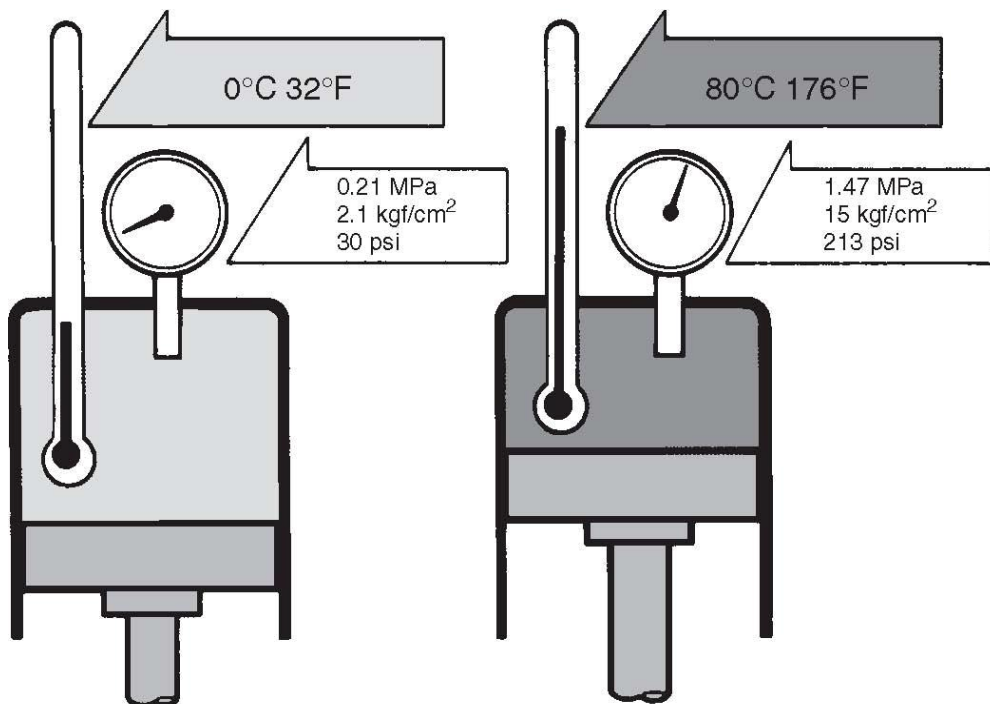
Κατά τη διάρκεια της συμπίεσης του ψυκτικού υγρού στο εσωτερικό του συμπιεστή, υπάρχει ραγδαία αύξηση της πίεσης και της θερμοκρασίας. Ένα ιδανικό σύστημα θα αυξήσει την πίεση από τα 2 bar σε περίπου 22 bar. Η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να φθάσει από τους 0 ° C στους 110 ° C. Όταν το σύστημα κλιματισμού λειτουργεί, η πίεση αναρρόφησης κυμαίνεται μεταξύ 1,2 bar και 3 bar, ενώ όταν το

σύστημα βρίσκεται σε υψηλό φορτίο, η πίεση και η θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου μπορεί να φτάσει τα 28 bar και τους 125°C αντίστοιχα.

Το σημείο βρασμού του ψυκτικού υγρού σε πίεση 22,5 bar βρίσκεται στους 57°C, συνεπώς το ψυκτικό θα παραμείνει σε αέρια κατάσταση μέχρι το ψυκτικό υγρό να χάσει αρκετή θερμότητα ώστε να πέσει κάτω από 57°C. Για να γίνει αυτό, το ψυκτικό ρέει από την έξοδο του συμπιεστή στον συμπυκνωτή.



Σχήμα 2.1 Συμπιεστής



Σχήμα 2.2 Αύξηση θερμοκρασίας & πίεσης

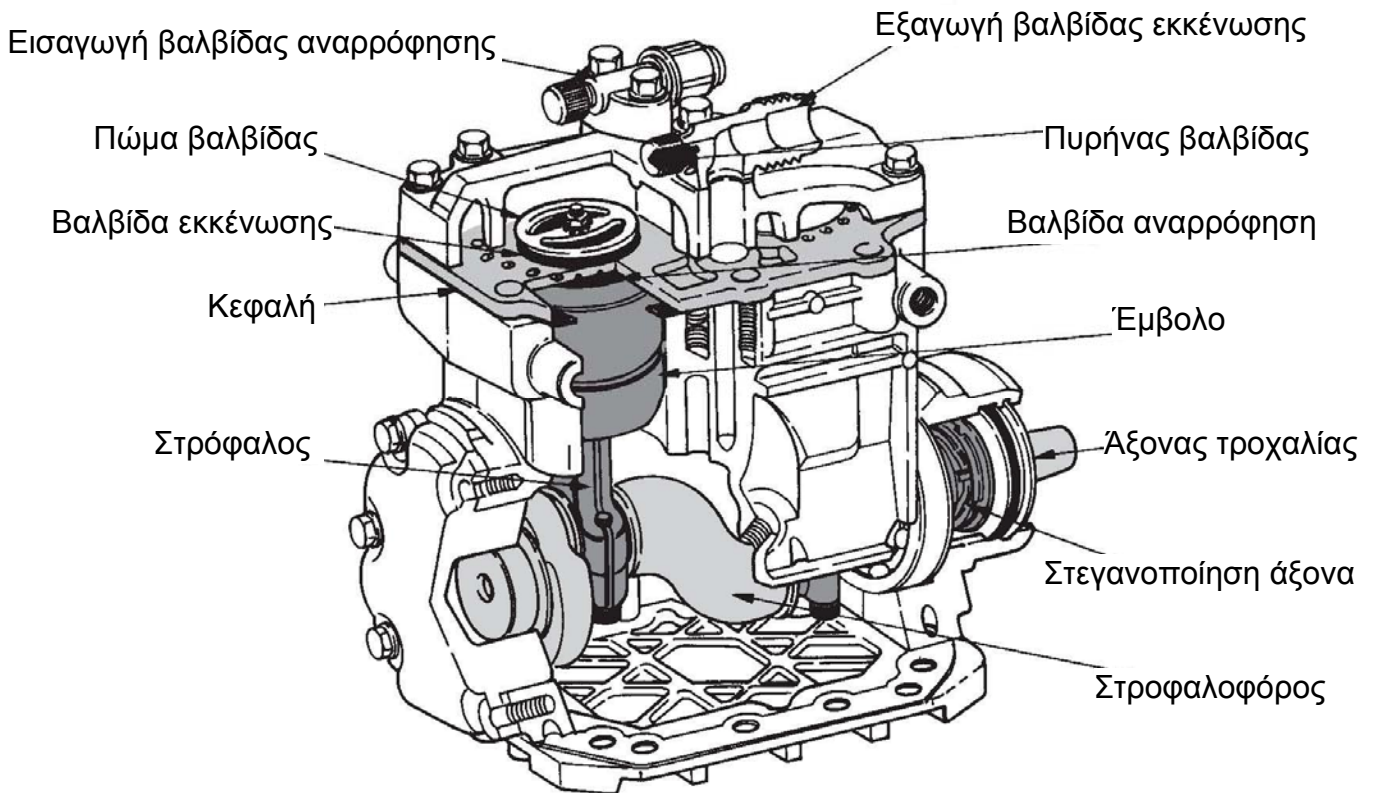
Συμπιεστής μεταβλητής γεωμετρίας (χωρητικότητας)

Στον συμπιεστή μεταβλητής γεωμετρίας μπορεί διαφοροποιηθεί ο όγκος του ψυκτικού που εισέρχεται στο εσωτερικό του, ανάλογα με τις απαιτήσεις του συστήματος. Οι απαιτήσεις του συστήματος λαμβάνονται υπόψη από την πίεση του ψυκτικού υγρού που βγαίνει από τον εξατμιστή. Η ζήτηση καθορίζεται από την ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται στο ψυκτικό μέσο. Η αύξηση της θερμοκρασίας του θα επηρεάσει την πίεση που θα ασκηθεί τελικά στην είσοδο του συμπιεστή. Ο ελάχιστος εσωτερικός όγκος ενός συμπιεστή μεταβλητής γεωμετρίας είναι περίπου 10 cm³ και δεν θα μπορούσε να είναι μηδενικός, διότι μαζί με το ψυκτικό μέσο ρέει και το λιπαντικό για τον συμπιεστή, η έλλειψη του οποίου θα προκαλούσε ζημιά αν ο συμπιεστής είναι σε λειτουργία. Ο συμπιεστής μεταβλητής γεωμετρίας μειώνει σημαντικά το ποσό των κύκλων ενεργοποίησης – απενεργοποίησης, (στους οποίους υπόκεινται οι συμπιεστές σταθερής γεωμετρίας), μειώνοντας το θόρυβο από την ενεργοποίηση του μαγνητικού συμπλέκτη, αυξάνοντας την εξοικονόμηση καυσίμων (χάρη στη μεταβαλλόμενη φόρτιση του συστήματος) και ελαχιστοποιώντας την φθορά της μαγνητικής πλάκας ηλεκτρομαγνητικού συμπλέκτη. Ο συμπιεστής μεταβλητής γεωμετρίας κατά κανόνα διαφέρει από τον σταθερό τύπο λόγω της προσθήκης μιας βαλβίδας ελέγχου. Η βαλβίδα ελέγχου χρησιμοποιείται για την διαφοροποίηση του εσωτερικού όγκου του συμπιεστή, ώστε να συμβαδίζει με τις απαιτήσεις του συστήματος.

Τύποι συμπιεστή

Υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες του συμπιεστή:

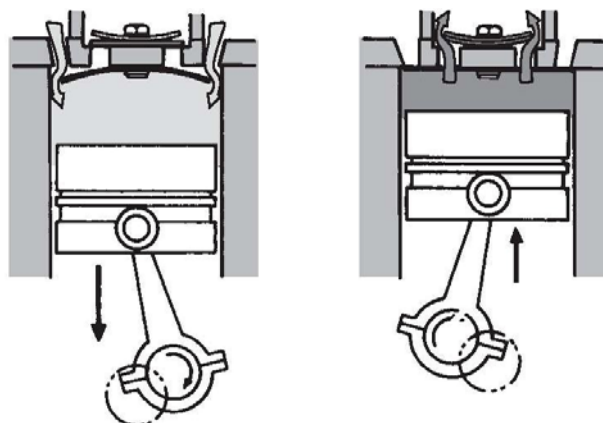
1. Παλινδρομικός – Αξονικών εμβόλων (swash plate).
2. Περιστροφικού ανεμιστήρα (Rotary Vane) – Φυγοκεντρικός (Turbocompressors)
3. Ελικοειδής – σπειροειδής (Screw Type):



Σχήμα 2.3 Παλινδρομικός συμπιεστής με στρόφαλο (πηγή: Toyota)

Συμπιεστής με στρόφαλο (παλινδρομικός)

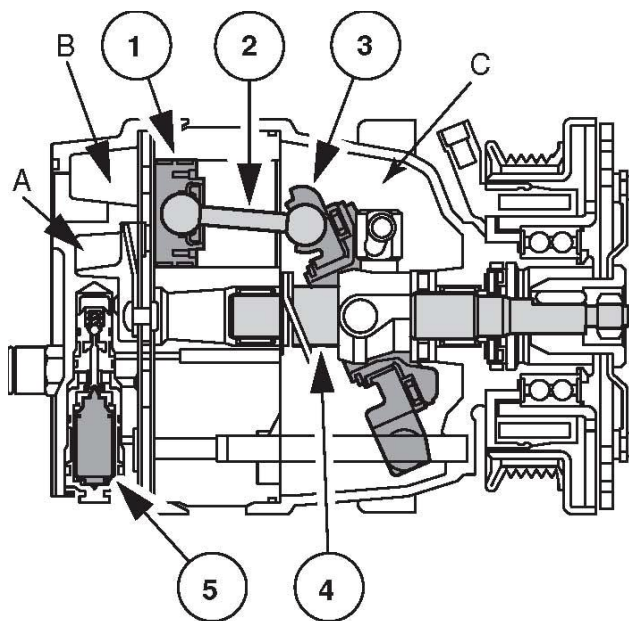
Ο συμπιεστής με στρόφαλο (Εικ. 2.3) σε γενικές γραμμές δε χρησιμοποιείται πλέον στην αυτοκινητοβιομηχανία. Μπορεί να έχει έως και δύο κυλίνδρους σε διαμόρφωση σχήματος "V". Περιστρέφεται από τον κινητήρα μέσω τροχαλίας, περιστρέφοντας ένα στροφαλοφόρο άξονα στο εσωτερικό της αντλίας. Ο στρόφαλος είναι συνδεδεμένος με ένα έμβολο μέσω μιας συνδετικής ράβδου (στρόφαλος ή διωστήρας) και κινείται κατά μήκος της διαδρομής του κυλίνδρου. Πάνω από το έμβολο υπάρχει μια βαλβίδα που κατευθύνει τη ροή του ψυκτικού υγρού.



Σχήμα 2.4 Παλινδρομικός συμπιεστής με στρόφαλο (πηγή: Toyota)

Λειτουργία άντλησης

Ο στροφαλοφόρος και ο διωστήρας μετατρέπουν την περιστροφική κίνηση σε παλινδρομική (Εικ. 2.4). Το έμβολο κινείται κατά μήκος της διαδρομής του κυλίνδρου προκαλώντας τη συμπίεση και την εξαγωγή του ψυκτικού μέσου. Δύο βαλβίδες τοποθετούνται ανά κύλινδρο: μια βαλβίδα αναρρόφησης και μια βαλβίδα εκκένωσης. Από την κίνηση προς τα κάτω το ψυκτικό υγρό εισέρχεται στο θάλαμο συμπίεσης, μέσω της οπής αναρρόφησης, εξαιτίας του κενού που δημιουργείται πάνω από το έμβολο και της χαμηλής πίεσης του ψυκτικού μέσου. Από την ανοδική διαδρομή το ψυκτικό συμπιέζεται με αποτέλεσμα την αύξηση της πίεσης και της θερμοκρασίας. Όταν η πίεση του ψυκτικού μέσου υπερνικά τη δύναμη των βαλβίδων εξαγωγής το υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης ψυκτικό (υπέρθερμος ατμός) εγκαταλείπει τον θάλαμο συμπίεσης.



1. Έμβολο (φαίνεται μόνο η μία πλευρά)
 2. Συνδετική ράβδος
 3. Πλάγια ή ταλαντευόμενη πλάκα
 4. Οδήγηση άξονα
 5. Βαλβίδα ελέγχου (τοποθετείται μόνο στους συμπιεστές μεταβλητής γεωμετρίας)
- A. Θάλαμος υψηλής πίεσης
B. Θάλαμος χαμηλής πίεσης
C. Εσωτερικός θάλαμος συμπίεσης

Σχήμα 2.5 Παλινδρομικός συμπιεστής μεταβλητής γεωμετρίας με αξονικά έμβολα (swash plate) (πηγή: Ford)

Συμπιεστής μεταβλητής γεωμετρίας με αξονικά έμβολα (swash plate*)

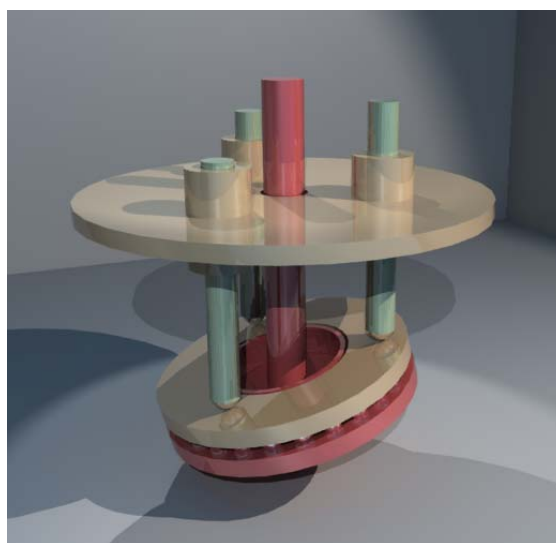
Ο συμπιεστής με αξονικά έμβολα (Σχήμα 2.5) είναι ένας από τους πιο κοινούς τύπους συμπιεστή και μπορεί να είναι σταθερής ή μεταβλητής γεωμετρίας. Οι κύλινδροι άντλησης βρίσκονται περιμετρικά του άξονα μετάδοσης κίνησης (4) και

παράλληλοι με αυτόν. Κάθε κύλινδρος έχει ένα έμβολο διπλής όψης, με ξεχωριστό θάλαμο άντλησης σε κάθε πλευρά. Κάθε θάλαμος άντλησης έχει από μία βαλβίδα αναρρόφησης και μία βαλβίδα κατάθλιψης. Οι βαλβίδες εισαγωγής είναι συνδεδεμένες με τη θύρα εισόδου του συμπιεστή μέσω εσωτερικών διόδων, ενώ οι βαλβίδες εκκένωσης συνδέονται με την οπή εκτόνωσης του συμπιεστή επίσης μέσω εσωτερικών διόδων.

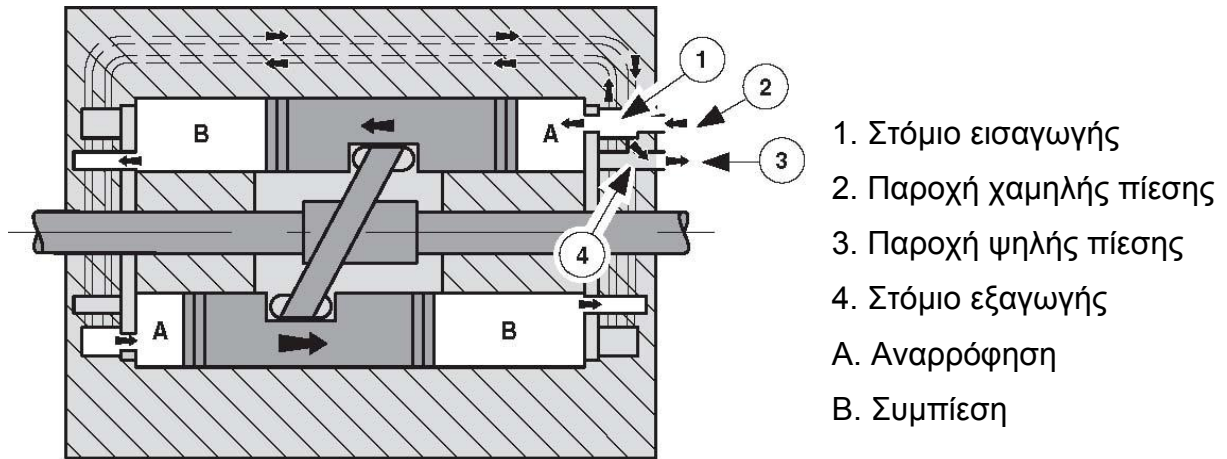
**Λόγω έλλειψης αντίστοιχης ελληνικής ορολογίας, ο όρος *swash plate* χρησιμοποιείται αυτούσιος, με την παρακάτω επεξήγηση (βλέπε Σχήμα 2.6):*

*Το *swash plate* είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται στην εφαρμοσμένη μηχανική για να μετατρέψει την κίνηση ενός περιστρεφόμενου άξονα σε εναλλασσόμενη κίνηση. Αντιστρόφως μπορεί να μετατρέψει μια εναλλασσόμενη κίνηση σε περιστρεφόμενη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντικαταστήσει το στροφαλοφόρο άξονα στα στοιχεία μηχανών.*

*Το *swash plate* αποτελείται από έναν δίσκο (κόκκινο + κίτρινο χρώμα) που συνδέεται με έναν άξονα (κόκκινο χρώμα). Εάν ο δίσκος ευθυγραμμίζεται ακριβώς στον άξονα, τότε η περιστροφή του άξονα δε θα έχει καμία επίδραση στις συνδετικές ράβδους (πράσινο χρώμα). Εντούτοις, ακόμη και μια μετατόπιση της γωνίας του δίσκου από την κάθετη (ως προς τον άξονα) θέση, θα αναγκάσει τις ράβδους να διαγράψουν μια ταλαντευόμενη γραμμική πορεία. Όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία του δίσκου τόσο πιο έντονη θα είναι η ταλάντωση.*



Σχήμα 2.6 Swash plate (πηγή: Wikipedia)



Σχήμα 2.7 Λειτουργία των θαλάμων άντλησης (πηγή: Ford)

Λειτουργία άντλησης

Ο “πλάγιος δίσκος” του swash plate (3 στο Σχήμα 2.5) είναι συνδεδεμένος με τον άξονα κίνησης και βρίσκεται υπό γωνία. Τα έμβολα στο εσωτερικό του θαλάμου άντλησης συνδέονται με το swash plate μέσω περιστρεφόμενων σφαιρικών αρθρώσεων. Η περιστροφή του swash plate προκαλεί την παλινδρόμηση των εμβόλων μέσα στον θάλαμο άντλησής τους. Όταν αυξάνεται ο όγκος πάνω από ένα έμβολο, το ψυκτικό ρέει στο θάλαμο μέσω των βαλβίδων εισαγωγής. Όταν ο όγκος πάνω από ένα έμβολο μειώνεται, το υπό πίεση ψυκτικό εξέρχεται από τον θάλαμο άντλησης μέσω των βαλβίδων εκτόνωσης. Η θέση του swash plate καθορίζει τη διαδρομή των εμβόλων, επιτρέποντας τον έλεγχο της απόδοσης του συμπιεστή.

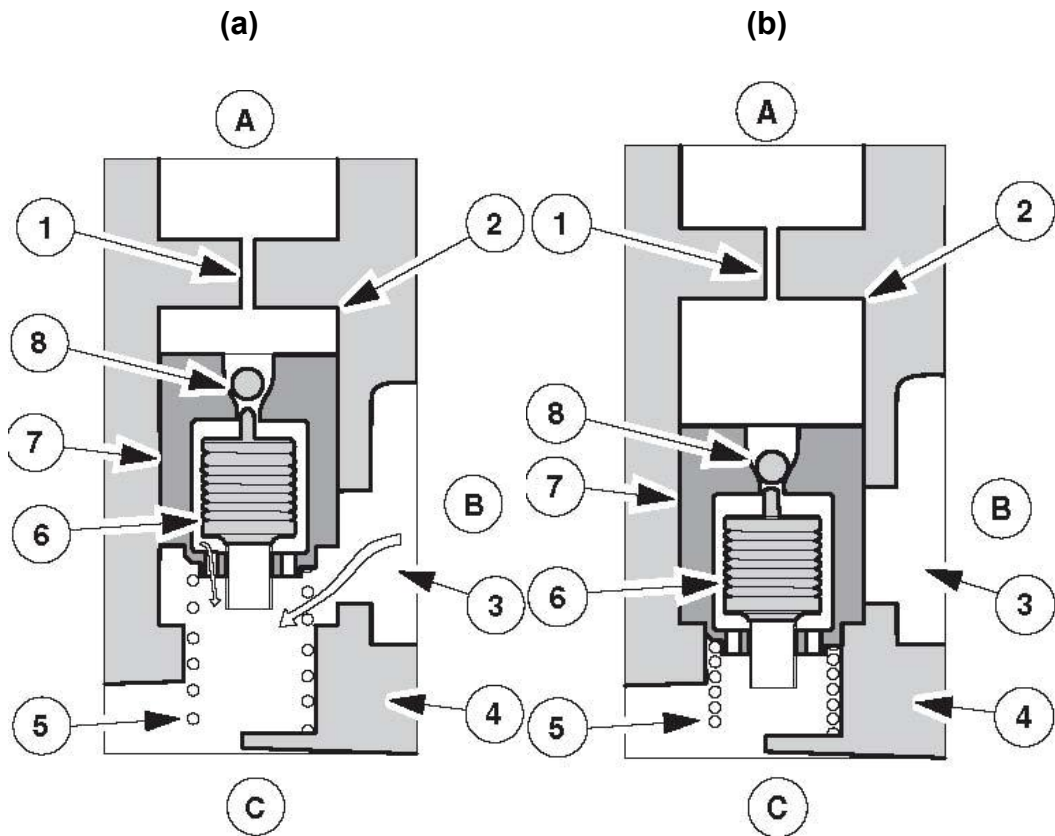
Ο έλεγχος του όγκου σάρωσης του συμπιεστή ρυθμίζεται από τη βαλβίδα ελέγχου (5 στο Σχήμα 2.5). Η βαλβίδα ελέγχου διατηρεί σταθερή την πίεση στην πλευρά χαμηλής



πίεσης του συμπιεστή, η τιμή της οποίας προσδιορίζεται από τις εργοστασιακές ρυθμίσεις του κατασκευαστή και δεν μπορεί να ρυθμιστεί κατά τη λειτουργία του.

Φωτογραφία:

Το εσωτερικό ενός επτακύλινδρου συμπιεστή τύπου swash plate.



1. Βαθμονομημένη διάμετρος
2. Κύλινδρος βαλβίδας
3. Παράκαμψη
4. Σώμα συμπιεστή
5. Ελατήριο
6. Φυσούνα
7. Έμβολο
8. Σφαιρική βαλβίδα

- A. Υψηλή πίεση
B. Εσωτερικός θάλαμος, η πίεση του οποίου εν μέρει εξαρτάται από την πίεση του συμπιεσμένου ψυκτικού ρευστού
C. Χαμηλή πίεση από τη βαλβίδα αναρρόφησης

Σχήμα 2.8 Συμπεριφορά της βαλβίδας λειτουργίας σε συνθήκες χαμηλού (a) και υψηλού (b) ψυκτικού φορτίου (πηγή: Ford)

Η λειτουργία της μεταβλητής γεωμετρίας του συμπιεστή swash plate, βασίζεται στην ικανότητα δημιουργίας τριών διακριτικών πιέσεων που ανιχνεύονται και ελέγχονται από μια προσαρμοσμένη βαλβίδα ελέγχου, ώστε να δημιουργηθεί μια μηχανική ισορροπία εντός του συμπιεστή (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.8a και 2.8b):

A. Υψηλή πίεση – πίεση εκκένωσης.

B. Χαμηλή πίεση – πίεση αναρρόφησης από τον εξατμιστήρα (σύστημα με θερμοστατική βαλβίδα εκτόνωσης) ή από τον συσσωρευτή (σύστημα με στραγγαλιστική βαλβίδα).

C. Εσωτερική πίεση – προκύπτει ως μέρος της υψηλής πίεσης.

Το εκτόπισμα του συμπιεστή εξαρτάται από τη διαφορά μεταξύ της χαμηλής πίεσης και της εσωτερικής πίεσης και συμβολίζεται ως (ΔP). Η αλλαγή στη ΔP εξαρτάται από την γωνία του “πλάγιου δίσκου” της swash plate προκαλώντας την διαφοροποίηση της χωρητικότητας του συμπιεστή.

Έλεγχος λειτουργίας της βαλβίδας

Η βαλβίδα ελέγχου αποτελείται από ένα έμβολο στο οποίο επενεργεί ένα ελατήριο, μια σφαιρική βαλβίδα και ένας φυσητήρας ο οποίος μπορεί να αλλάξει το μήκος του ανάλογα με την πίεση. Για να επιτευχθεί αυτή η σταθερή πίεση, η βαλβίδα ελέγχου μεταβάλλει την πίεση στο περίβλημα του συμπιεστή ως εξής:

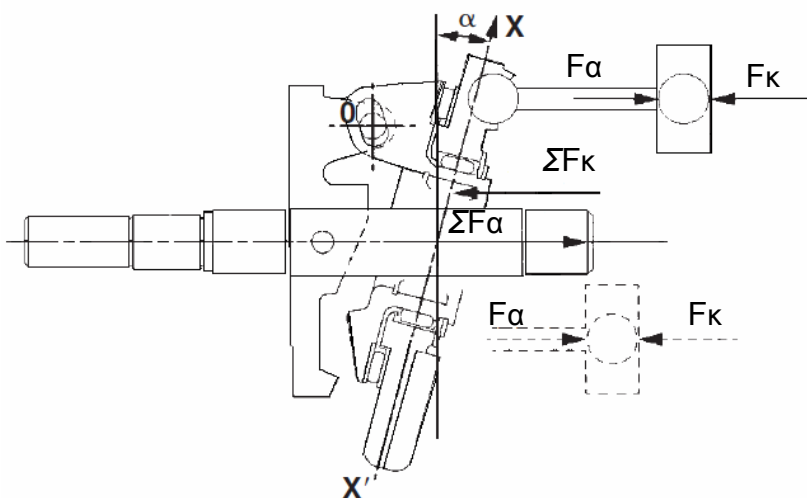
Χαμηλή ζήτηση

Όταν το φορτίο του συστήματος κλιματισμού είναι μικρό, η πίεση του εξατμιστή θα είναι χαμηλή. Αυτό οφείλεται στη βαλβίδα εκτόνωσης η οποία ανοίγει μερικώς και επιτρέπει μόνο σε μια μικρή ποσότητα ψυκτικού υγρού να ρέει προς τον εξατμιστή με χαμηλή πίεση, από την πλευρά αναρρόφησης (σημείο C στο Σχήμα 2.8a). Το αποτέλεσμα αυτής της χαμηλής πίεσης, η οποία είναι μικρότερη από την πίεση ελέγχου που καθορίζεται από τον κατασκευαστή, είναι η μείωση του εκτοπίσματος του συμπιεστή. Η φυσούνα (6) επεκτείνεται πιέζοντας τη σφαιρική βαλβίδα προς τα επάνω και αυξάνοντας την διαρροή του ψυκτικού από την υψηλή πίεση (A) προς τη χαμηλή πίεση (C). Συνεπώς μειώνεται η υψηλή πίεση που επενεργεί στα έμβολα εσωτερικά του συμπιεστή.

Υψηλή ζήτηση

Όταν το φορτίο του συστήματος κλιματισμού είναι υψηλό, η χαμηλή πίεση στην πλευρά της αναρρόφησης αυξάνεται (σημείο C του σχήματος 2.8b), φτάνοντας σε υψηλότερα επίπεδα από το σημείο ελέγχου που έχει τεθεί από τον κατασκευαστή. Αυτό θα προκαλέσει συστολή της φυσούνας, κλείνοντας τη σφαιρική βαλβίδα και σταματώντας τη διαρροή ρευστού από την πλευρά υψηλής προς την πλευρά χαμηλής πίεσης. Έτσι υπερνικείται η δύναμη που ασκείται από το ελατήριο, μετακινώντας το σώμα της βαλβίδας (έμβολο) προς τα κάτω. Η παράκαμψη (B) κλείνει και το σύνολο του ψυκτικού περνά από τη σύνδεση υψηλής πίεσης του συμπιεστή. Όταν δεν προστίθεται άλλη ποσότητα ψυκτικού μέσου από την πλευρά υψηλής πίεσης, η πίεση στον εσωτερικό θάλαμο θα μειωθεί, η μετατόπιση αυξάνεται και ο συμπιεστής λειτουργεί με μεγαλύτερη χωρητικότητα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω συνδετικών ράβδων μεταξύ της πλάκας swash plate και του άξονα, οι οποίες αμβλύνουν τη γωνία της με αποτέλεσμα την αύξηση του κυβισμού, ενισχύοντας την ψύξη λόγω της αύξησης του όγκου του ψυκτικού μέσου.

Ένα αδύναμο ελατήριο, που ονομάζεται ελατήριο εκκίνησης, τοποθετείται πάνω στον άξονα του συμπιεστή και χρησιμοποιείται για να επιστρέψει τα έμβολα και το swash plate στην αρχική τους θέση μόλις ο συμπιεστής σταματά να λειτουργεί και η διαφορά μεταξύ της πλευράς υψηλής και χαμηλής πίεσης εξισωθεί. Στη θέση αυτή, ο συμπιεστής σαρώνει μόνο το 5% του μέγιστου όγκου των κυλίνδρων του, ώστε η ροπή εκκίνησης να είναι χαμηλή την επόμενη φορά που ο συμπιεστής θα ενεργοποιηθεί.



Σχήμα 2.8 Διάγραμμα δυνάμεων

Χαμηλό φορτίο

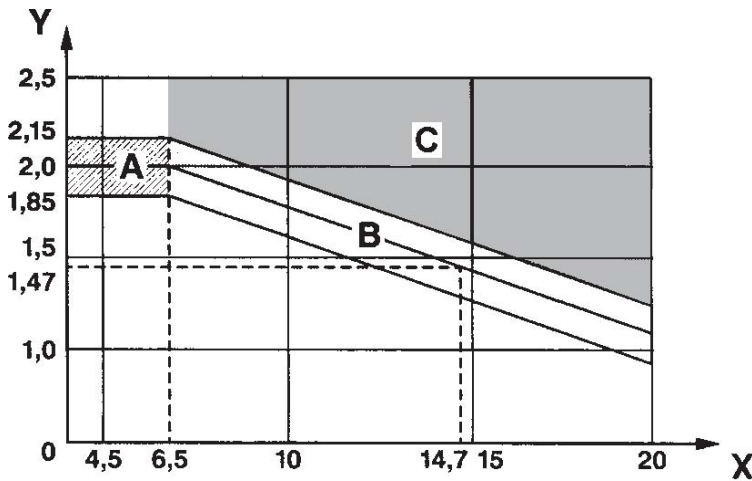
Αν η χαμηλή πίεση μειωθεί, μειώνονται και οι δυνάμεις που δημιουργούνται από την χαμηλή πίεση στην κεφαλή του εμβόλου F_k , όπως και η συνισταμένη των δυνάμεων αυτών (ΣF_k). Αν η εσωτερική πίεση του ψυκτικού είναι σταθερή, η συνισταμένη των δυνάμεων στην κεφαλή του εμβόλου γίνεται μεγαλύτερη από τη δύναμη του ψυκτικού χαμηλής πίεσης. Στο σημείο που ασκείται η ΣF_k , θα προκαλέσει στην πλάκα αριστερόστροφη περιστροφή γύρω από σημείο 0 (κέντρο περιστροφής), μειώνοντας τη γωνία της πλάκας. Ο συμπιεστής στη θέση αυτή έχει ελάχιστη χωρητικότητα, παράγοντας μειωμένη ψύξη.

Υψηλή φορτίο

Όταν ο αέρας που περνά μέσα από τον εξατμιστή είναι ζεστός, φέρει μεγάλο ποσοστό υγρασίας και διοχετεύεται σε μεγάλες ποσότητες, το ψυκτικό φορτίο είναι υψηλό. Αυτό σημαίνει ότι θα υπάρχει μεγάλος όγκος ψυκτικού μέσου σε μια πολύ χαμηλή τιμή πίεσης. Όταν η τιμή της χαμηλής πίεσης αυξηθεί, αυξάνεται παράλληλα η F_k και η ΣF_k . Στο σημείο όπου εφαρμόζεται η ΣF_k (το οποία βρίσκεται κάτω από το σημείο που εδράζεται το έμβολο) υπάρχει δεξιόστροφη περιστροφή γύρω από το σημείο 0 του άξονα (σημείο άρθρωσης). Αυτό προκαλεί την αύξηση της γωνίας (α) της πλάκας που φέρει τα έμβολα.

Ο συμπιεστής αυτορυθμίζεται στη λειτουργία μέγιστου εκτοπίσματος, για την παροχή όσο το δυνατόν περισσότερου ψυκτικού μέσου για την εκπλήρωση των απαιτήσεων του συστήματος.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το εκτόπισμα του συμπιεστή αξονικών εμβόλων (swash plate) καθορίζεται από τη γωνία του πλαγιαστού δίσκου. Αυτό είναι συνάρτηση της σχέσης μεταξύ των υψηλών και χαμηλών πιέσεων στο εσωτερικό του συμπιεστή που ελέγχεται από ένα πρότυπο ρύθμισης. Η παρακάτω γράφημα θα διαφέρει από το ένα είδος συμπιεστή στο άλλο.



- X. Υψηλή πίεση σε bar
- Υ. Χαμηλή πίεση στο bar
- A. Ζώνη ελάχιστου εκτοπίσματος
- B. Κανονική ζώνη
- C. Μέγιστη χωρητικότητα

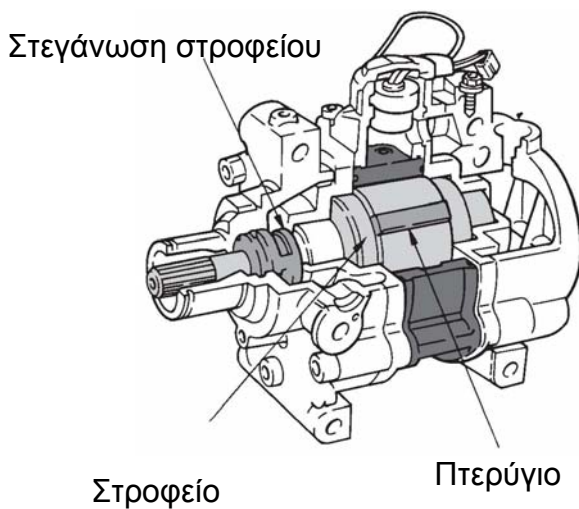
Σχήμα 2.10 Γραφική παράσταση του προτύπου ρύθμισης ενός συμπιεστή μεταβλητού εκτοπίσματος – swash plate (πηγή: Peugeot)

Συμπιεστής τύπου περιστρεφόμενου έλικα

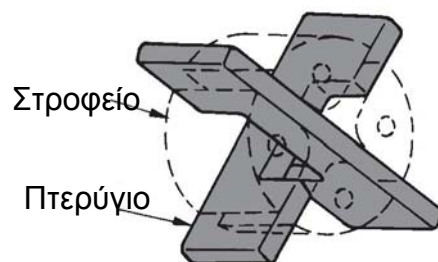
Ο συμπιεστής τύπου περιστρεφόμενου έλικα έχει μικρές διαστάσεις και χαμηλές απώλειες τριβής. Είναι αθόρυβος, έχει λίγα κινούμενα μέρη και χρησιμοποιεί περιστρεφόμενα πτερύγια για την αύξηση της ροής του ψυκτικού υγρού.

Υπάρχουν δύο τύποι συμπιεστή περιστροφικού ανεμιστήρα:

1. Έλικα σταθερού άξονα.
2. Έλικα έκκεντρης περιστροφής.



Σχήμα 2.11 Συμπιεστής τύπου περιστροφικού έλικα (πηγή: Toyota)



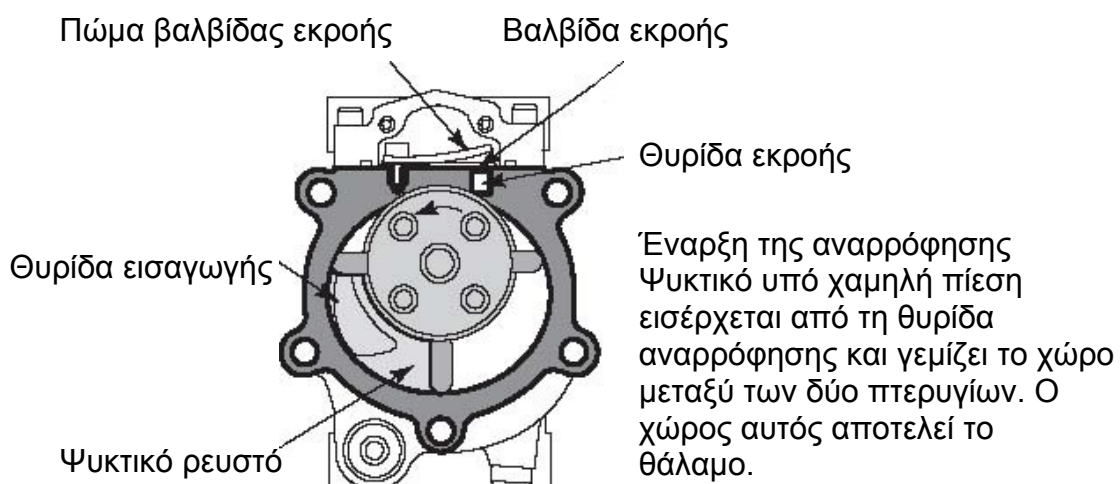
Σχήμα 2.12 Έλικα σταθερού άξονα (πηγή: Toyota)

Έλικα σταθερού άξονα

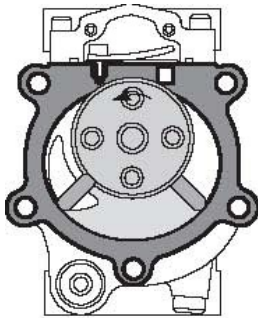
Η έλικα σταθερού άξονα έχει δύο πτερύγια τοποθετημένα σε ορθή γωνία μεταξύ τους τα οποία κινούνται σε υποδοχές στο εσωτερικό του στροφείου. Καθώς το στροφείο περιστρέφεται, τα πτερύγια κινούνται ακτινικά ώστε να διατηρήσουν την επαφή με την εσωτερική επιφάνεια του συμπιεστή, υποβοηθούμενα από τη φυγόκεντρη δύναμη, στεγανοποιώντας μεταξύ τους τα κινούμενα μέρη.

Λειτουργία άντλησης

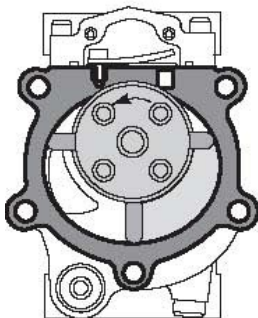
Ο συμπιεστής τύπου περιστροφικού έλικα έχει τρεις θαλάμους συμπίεσης. Όταν το ψυκτικό ρευστό εκρέει από έναν θάλαμο του συμπιεστή, παρουσιάζεται από την πλευρά της αναρρόφησης ένας θάλαμος διαθέσιμος για πλήρωση με ψυκτικό μέσο. Ταυτόχρονα, ο χώρος συμπίεσης του συμπιεστή θέτει ψυκτικό μέσο υπό πίεση. Αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία της αναρρόφησης, της συμπίεσης και της εκκένωσης λαμβάνουν χώρα σε κάθε πλήρη περιστροφή.



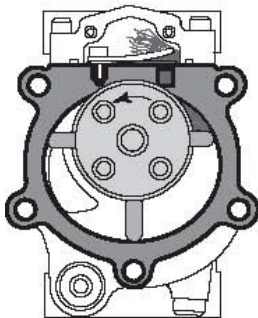
Σχήμα 2.13 Συμπιεστής περιστροφικού τύπου σταθερού άξονα (πηγή:Toyota)



Ολοκλήρωση αναρρόφησης
Το στροφείο κινείται και ο θάλαμος προσπερνά τη θυρίδα αναρρόφησης. Δεν εισέρχεται άλλο ψυκτικό στο εσωτερικό.



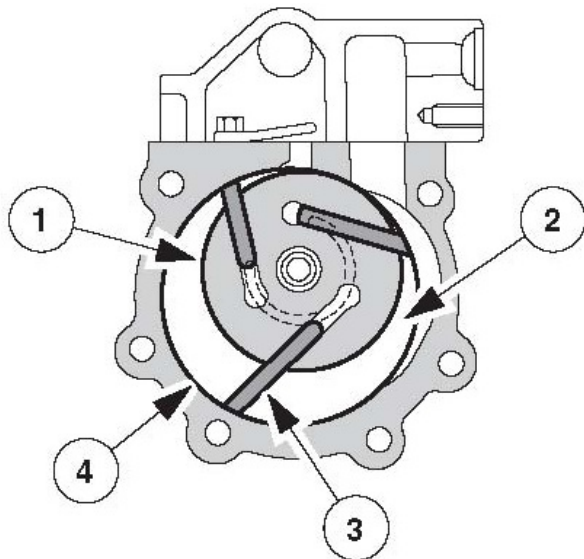
Έναρξη της συμπίεσης
Το στροφείο κινείται και ο χώρος συμπίεσης μειώνεται προκαλώντας αύξηση της πίεσης και της θερμοκρασίας του ψυκτικού μέσου



Έναρξη της εκροής
Ο χώρος συμπίεσης προσεγγίζει τη θυρίδα εκροής και το ψυκτικό εξέρχεται σε υψηλή πίεση και θερμοκρασία (υπέρθερμος ατμός).

Έκκεντρη περιστροφή έλικα

Ο συμπιεστής έκκεντρης περιστροφής έλικα (Σχήμα 2.14) λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με τον συμπιεστή σταθερού άξονα, με τη διαφορά ότι τα πτερύγια του είναι μεμονωμένα και δεν σχηματίζουν ορθή γωνία μεταξύ τους. Ο ρότορας στο εσωτερικό του συμπιεστή περιστρέφεται έκκεντρα ώστε να επιτευχθεί η αυξομείωση του όγκου στο εσωτερικό του συμπιεστή.

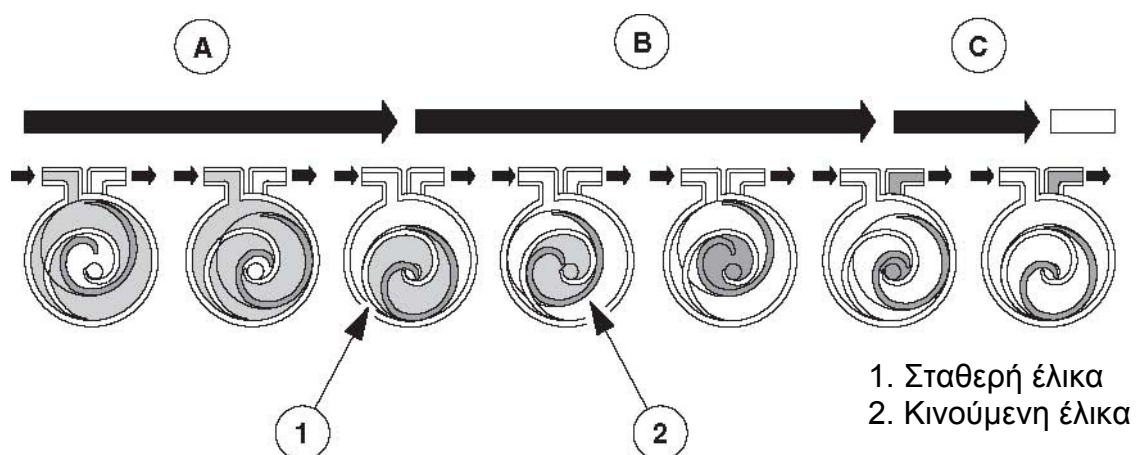


1. Στροφείο
2. Εσωτερικό συμπιεστή
3. Πτερύγια
4. Κέλυφος

Σχήμα 2.14 Συμπιεστής έκκεντρης περιστροφής έλικα

Σπειροειδής τύπος συμπιεστή

Ο σπειροειδής συμπιεστής (Σχήμα 2.15) αποτελείται από δύο έλικες, η μια τοποθετημένη μέσα στην άλλη. Και οι δύο είναι τοποθετημένες σε κυλινδρικό κέλυφος. Η μία έλικα είναι σταθερή και η άλλη είναι συνδεδεμένη με τον άξονα κίνησης του συμπιεστή. Η κινούμενη έλικα δεν περιστρέφεται με κέντρο τον άξονά της, αλλά διαγράφει την τροχιά της άλλης έλικας. Οι δύο έλικες δημιουργούν θαλάμους συμπίεσης σχήματος ημισελήνου.



Σχήμα 2.15 Σπειροειδής (ελικοειδής) τύπος συμπιεστή (πηγή:Ford)

- A. Ο όγκος του συμπιεστή αυξάνει με τη μετακίνηση της κινούμενης έλικας. Αυτό επιτρέπει στο ψυκτικό να εισέλθει στο θάλαμο συμπίεσης. Το σχήμα της έλικας καθώς και το είδος την κίνησης που εκτελεί δεν καθιστά απαραίτητη τη χρήση φυσικής βαλβίδας εισαγωγής. Η φάση της εισαγωγής (ή αναρρόφησης) τελειώνει όταν η έλικα βρίσκεται στο κάτω μέρος της έκκεντρης κίνησής του.
- B. Η συμπίεση πραγματοποιείται με την παγίδευση του ψυκτικού μέσου στο κέντρο της έλικας και στη συνέχεια τη μείωση του όγκου. Η μείωση αυτή αυξάνει την πίεση και τη θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού στην απαιτούμενη κατάσταση.
- C. Η εκροή του ψυκτικού μέσου γίνεται από το κέντρο της έλικας όπου βρίσκεται η βαλβίδα εξαγωγής, ώστε να διασφαλιστεί ότι δεν θα επιτραπεί η εισροή του ψυκτικού όταν ο συμπιεστής δε θα βρίσκεται σε λειτουργία.

Κατά τη λειτουργία του σπειροειδούς συμπιεστή επικρατούν διάφορες πιέσεις στο εσωτερικό του οδηγώντας σε μια συνεχή ροή ψυκτικού. Ο συμπιεστής έχει λίγα κινούμενα μέρη, κάτι που συνεπάγεται μικρότερη φθορά.

Ηλεκτρικός συμπιεστής

Ο ηλεκτρικός συμπιεστής επιτρέπει την κίνηση του συμπιεστή χωρίς την μηχανική του διασύνδεση με το στρόφαλο ενός θερμικού κινητήρα. Χρησιμοποιείται σε υβριδικά ή ηλεκτροκίνητα οχήματα. Τα υβριδικά οχήματα έχουν θερμικό κινητήρα μικρής ισχύος κι έναν ηλεκτροκινητήρα τροφοδοτούμενο από συστοιχία μπαταριών. Ο θερμικός κινητήρας λειτουργεί περιοδικά, σε περίπτωση που το επίπεδο φόρτισης της μπαταρίας είναι χαμηλό ή όταν απαιτείται υψηλή ροπή. Τα αμιγώς ηλεκτροκίνητα οχήματα δε διαθέτουν θερμικό κινητήρα και σε ορισμένες περιπτώσεις (υδρογονοκίνηση) τροφοδοτούνται από κυψέλες καυσίμου. Μια κυψέλη καυσίμου εκτελεί διαδικασία αντίστροφη της ηλεκτρόλυσης του νερού, παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια. Οι κυψέλες καυσίμου δεν αποθηκεύουν την ενέργεια αλλά μόνο την παράγουν, αντικαθιστώντας τις μπαταρίες ως πηγή ενέργειας για την κίνηση του ηλεκτρικού κινητήρα του οχήματος. Οι τεχνολογίες αυτές θα διαδοθούν τα επόμενα 10 χρόνια, αλλάζοντας τον τρόπο με τον οποίο θα βλέπουμε, το σχεδιασμό, την κατασκευή, τη συντήρηση και επισκευή των οχημάτων μας.

Πίνακας 2.1 Προδιαγραφή ενός τυπικού ηλεκτρικού συμπιεστή

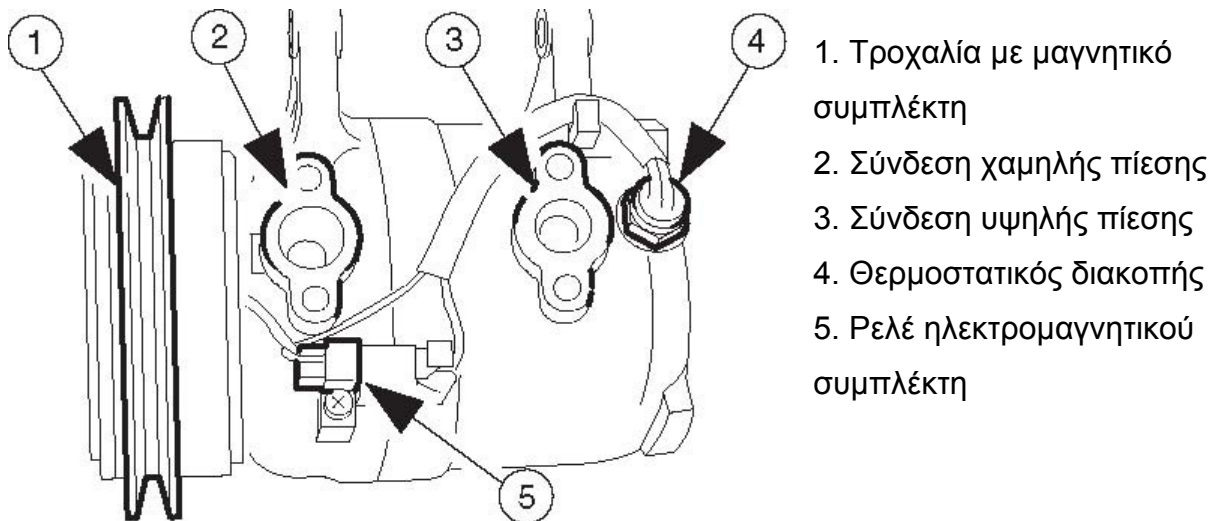
Κινητήρας	Proto.F653DC Brushless
Κυβισμός (cc)	20,1
Μέγιστη Ταχύτητα (rpm)	12.000
Ψυκτική Ισχύς (kW)	6,5
Ονομαστική τάση (V)	345
Ψυκτικό / Λιπαντικό	HFC134a / SE – 10
Εξωτερική Διάμετρος (mm)	120
Μήκος (mm)	194
Βάρος (kg)	6.0

Ανακουφιστική βαλβίδα

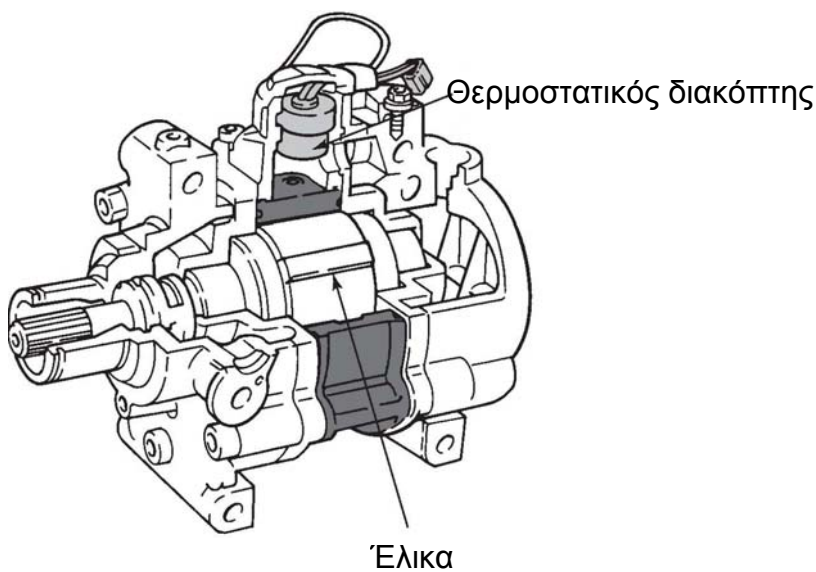
Εάν το φορτίο εντός του συστήματος είναι υπερβολικό ή εμφανιστεί υπερβολικά αυξημένη πίεση λόγω απόφραξης, ανοίγει μια βαλβίδα εκτόνωσης της πίεσης η οποία είναι τοποθετημένη στο συμπιεστή ή στο συσσωρευτή, μειώνοντας την πίεση του συστήματος. Η βαλβίδα ενεργοποιείται μόνο εάν αποτύχουν οι άλλες διατάξεις ασφαλείας. Η βαλβίδα μειώνει την πιθανότητα να σκάσει μια σωλήνα, να σπάσει ο εξατμιστής ή ο συμπυκνωτής λόγω υπερβολικής πίεσης στο σύστημα. Η βαλβίδα λειτουργεί σε περίπου 3,5 - 4,0 MPa.

Θερμοστατικός διακοπής

Ορισμένοι συμπιεστές διαθέτουν θερμοστατικό διακοπή (Σχήμα 2.17), έναν ηλεκτρικό διακόπτη που λειτουργεί με την αρχή του διμεταλλικού ελάσματος. Αν η θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου στο συμπιεστή υπερβαίνει ένα ασφαλές όριο (περίπου 150 ° C), τότε το διμεταλλικό έλασμα κάμπτεται και διακόπτει την τροφοδοσία του ηλεκτρομαγνητικού συμπλέκτη απενεργοποιώντας τον συμπιεστή.



Σχήμα 2.16 Θερμοστατικός διακόπτης συμπιεστή (λειτουργεί μεταξύ 140 και 150 °C)

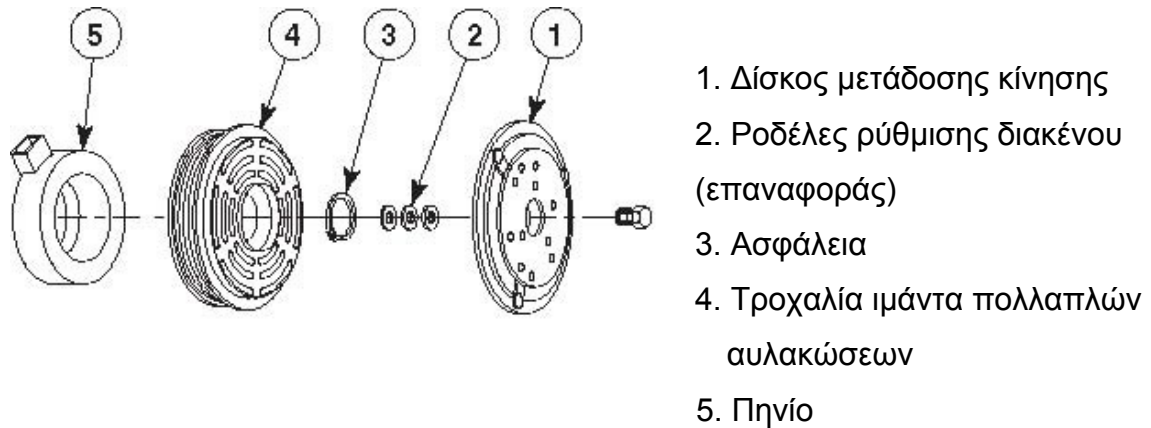


Σχήμα 2.17 Θερμοστατικός διακόπτης συμπιεστή περιστροφικού έλικα (πηγή:Toyota)

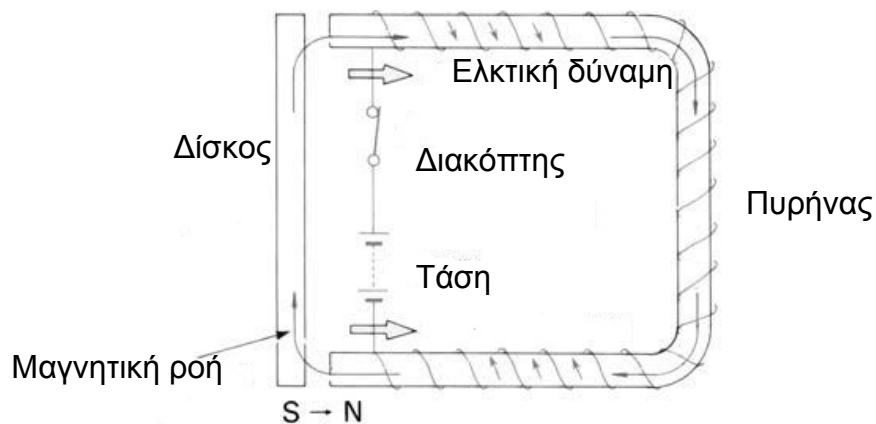
Ηλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης

Ο συμπιεστής παίρνει κίνηση από το στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα μέσω ενός συστήματος τροχαλιών. Το σύστημα τροχαλίας παρέχει διαρκή κίνηση στον ιμάντα πολλαπλών αυλακώσεων (4) μετά την εκκίνηση του κινητήρα (Σχήμα 2.18 & 2.19). Όταν ο κινητήρας είναι σε λειτουργία, ο συμπιεστής παραμένει ακίνητος μέχρι να ενεργοποιηθεί το κουμπί του κλιματισμού. Η ροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσα στις

σπείρες του πηνίου (5) ελκύει τον δίσκο μετάδοσης προς την τροχαλία θέτοντας τον συμπιεστή σε κίνηση. Όταν το σύστημα κλιματισμού απενεργοποιηθεί ή δεν απαιτείται πλέον η λειτουργία του συμπιεστή, διακόπτεται η ροή ρεύματος στο πηνίο του ηλεκτρομαγνήτη αποδεσμεύοντας (με τη βοήθεια διατάξεων επαναφοράς) τον δίσκο μετάδοσης κίνησης.



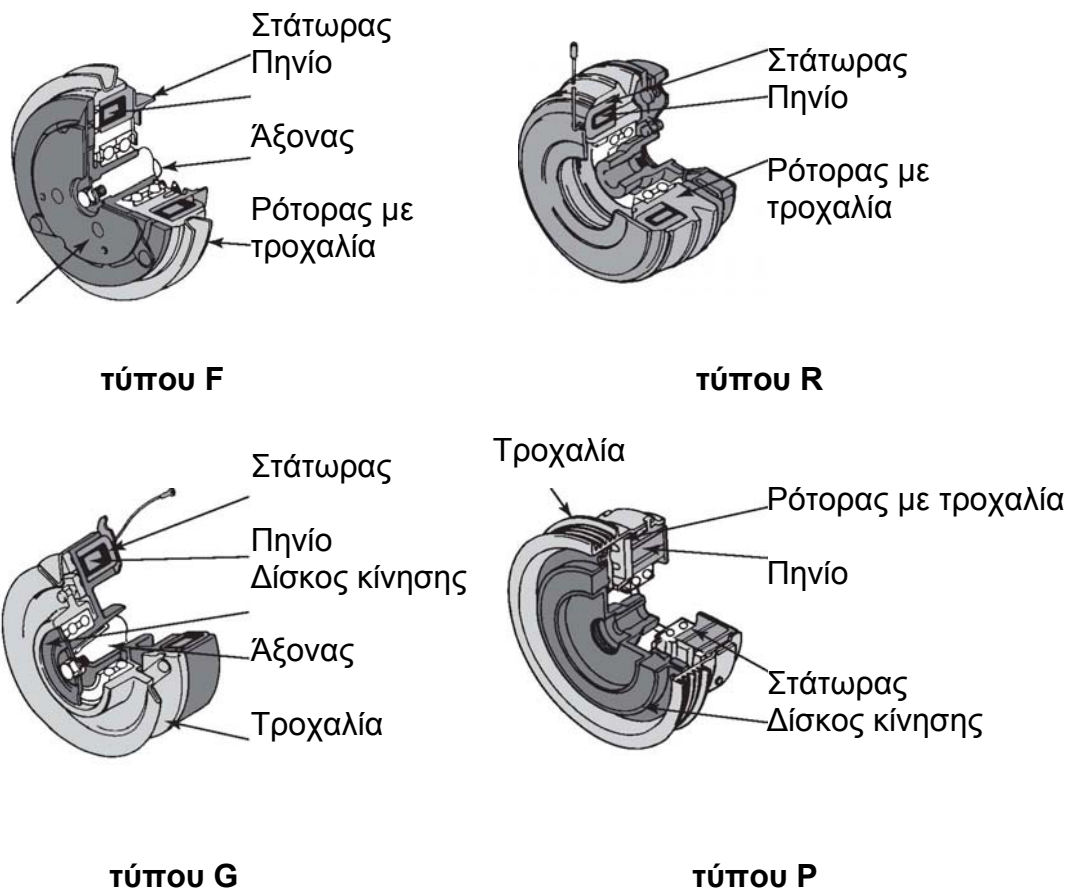
Σχήμα 2.18 Ηλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης συμπιεστή (πηγή:Ford)



Σχήμα 2.19 Ηλεκτρική τάση και μαγνητική ροή που διέρχεται από έναν ηλεκτρομαγνητικό συμπλέκτη (πηγή:Toyota)

Οι συμπλέκτες συμπιεστών ταξινομούνται ανάλογα με τη μορφή τους (Σχήμα 2.20).

- τύπου F και G τύπου – για συμπιεστές με στρόφαλο.
- τύπου R και P τύπου – για συμπιεστές αξονικών εμβόλων & περιστρεφόμενου έλικα



Σχήμα 2.20 Τύποι συμπλεκτών συμπιεστή (πηγή:Toyota)

Κυκλώματα ψαλιδιστών με διόδους

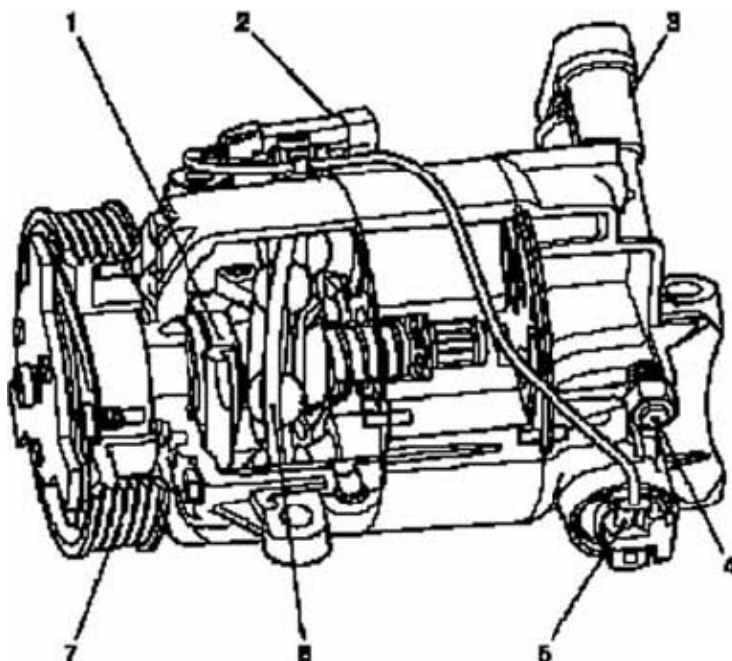
Όταν ένα ηλεκτρομαγνητικός ενεργοποιητής (ρελέ) απενεργοποιείται, μπορεί να δημιουργηθεί σπινθήρας στο κύκλωμα ελέγχου. Αυτό οφείλεται στην κατάρρευση του μαγνητικού πεδίου και απεικονίζεται υπό μορφή πριονωτών κυματομορφών στον παλμογράφο. Τα κυκλώματα ψαλιδιστών χρησιμοποιούνται για το φιλτράρισμα των αιχμών τάσης και προστατεύουν τα κυκλώματα οδήγησης. Αν ένα κύκλωμα ψαλιδιστή λειτουργεί ελαττωματικά, το ηλεκτρικό σύστημα μπορεί να καταστεί ασταθές λόγω των ηλεκτρικών παρεμβολών. Ένα κύκλωμα ψαλιδιστή μειώνει την τάση κορυφής ενός σήματος που χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία ενός ηλεκτρομαγνητικού ενεργοποιητή.

Εξωτερικά ρυθμιζόμενος συμπιεστής

Πρόκειται για ένα συμπιεστή με εξωτερική ρύθμιση του όγκου σάρωσης. Η γωνία του δίσκου swash plate καθορίζεται από μια βαλβίδα που οδηγείται από Παλμούς Διαμορφωμένου Πλάτους (Pulse Width Modulated ή PWM), οι οποίοι προέρχονται από τον Ηλεκτρονικό Ρυθμιστή Κλιματισμού (Electronic Climate Control ή ECC). Αυτό επιτρέπει την ακριβή ρύθμιση του συμπιεστή μεταξύ της ελάχιστης και μέγιστης απόδοσης. Για το λόγο αυτό ο μαγνητικός συμπλέκτη μπορεί να καταργηθεί. Επίσης η λίπανση του συμπιεστή είναι εγγυημένη, ακόμη και όταν ο συμπιεστής λειτουργεί με ελάχιστη απόδοση.

Πλεονεκτήματα:

- Μείωση του συνολικού βάρους – εξοικονόμηση βάρους χάρη στην κατάργηση του μαγνητικού συμπλέκτη.
- Ελάχιστη κατανάλωση καυσίμου χάρη στην ακριβή έλεγχο της λειτουργίας του συμπιεστή σύμφωνα με τις αντίστοιχες απαιτήσεις.
- Απαλοιφή των κραδασμών που δημιουργούνται όταν αυξάνονται οι απαιτήσεις.



1. “Πλάγιος δίσκος” – swash plate
2. Βύσμα καλωδίωσης της βαλβίδας ελέγχου
3. Σύνδεση εισαγωγής
4. Ανακουφιστική βαλβίδα
5. Βαλβίδα PWM για τη ρύθμιση της swash plate
6. Ράβδος σύνδεσης του δίσκου
7. Τροχαλία ιμάντα

Σχήμα 2.21 Εξωτερικά ρυθμιζόμενος συμπιεστής τύπου swash plate (πηγή: Opel)

Λιπαντικό συμπιεστή (ψυκτέλαιο)

Στον συμπιεστή είναι απαραίτητη η παρουσία ψυκτελαίου για την λίπανση των κινούμενων μερών του. Το ψυκτέλαιο διαλύεται μέσα στο ψυκτικό υγρό και κυκλοφορεί σε όλο το κύκλωμα ψύξης. Για το λόγο αυτό πρέπει να χρησιμοποιείται το συνιστώμενο λάδι στην ενδεδειγμένη ποσότητα. Επειδή το ψυκτέλαιο για το R12 είναι ορυκτέλαιο και για το R134a είναι συνθετικό λάδι, δεν πρέπει να αναμειγνύονται, αλλά να χρησιμοποιείται μόνο αυτό που ταιριάζει στον τύπο του συμπιεστή και του ψυκτικού μέσου.



Φωτογραφία (από τα αριστερά προς τα δεξιά): Το καθαρό λάδι είναι διαυγές ή ημιδιαφανές. Το ακάθαυτο λάδι που εμπεριέχει μεταλλικά σωματίδια απαιτεί καθαρισμό του συστήματος. Το καμένο λάδι είναι σκούρο και απαιτεί επίσης καθαρισμό του συστήματος.

2.2 Ο συμπυκνωτής

Ο ρόλος του συμπυκνωτή είναι να λειτουργήσει ως εναλλάκτης θερμότητας για να απομακρύνει τη θερμική ενέργεια που περιέχεται στο ψυκτικό μέσο. Ο υπέρθερμος ατμός εισέρχεται στο συμπυκνωτή από το επάνω μέρος και απομακρύνεται υπό μορφή υπόψυχρου υγρού από το κάτω μέρος του συμπυκνωτή. Ο συμπυκνωτής πρέπει να είναι εξαιρετικά αποδοτικός, αλλά όσο το δυνατόν πιο συμπαγής.

Η πίεση και η θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου έχουν αυξηθεί από το συμπιεστή. Υπάρχει ανάγκη για μείωση του θερμικού φορτίου που φέρει το ψυκτικό μέσο ώστε να επανέλθει στην υγρή κατάσταση και να έχει τη δυνατότητα να δρα ως αποδέκτης θερμότητας και πάλι αργότερα στο σύστημα. Για να γίνει αυτό, το ψυκτικό ρέει στον συμπυκνωτή ως ατμός και εκπέμπει θερμότητα στη γύρω περιοχή, με το μεγαλύτερο μέρος του ψυκτικού υγρού (ανάλογα με το φορτίο του συστήματος) να συμπυκνώνεται πάλι σε υγρό, το οποίο στη συνέχεια ρέει στον ξηραντή.

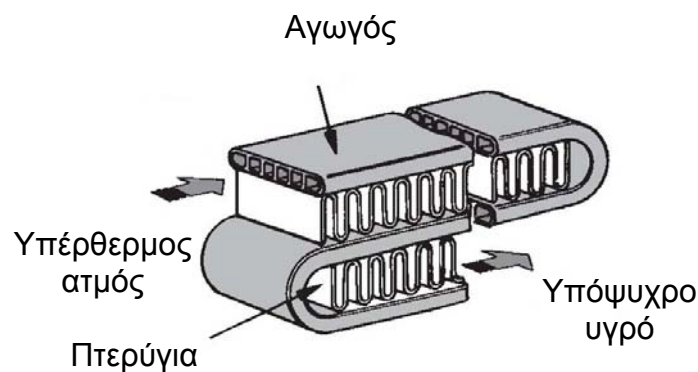
Ο συμπυκνωτής βρίσκεται στο εμπρόσθιο μέρος του οχήματος όπου μπορεί να επιτευχθεί μια ισχυρή ροή αέρα μέσα από τον του πυρήνα του όταν το όχημα βρίσκεται σε κίνηση. Για την ενίσχυση της αποβολής θερμότητας, όταν το όχημα είναι σταματημένο ή κινείται με χαμηλή ταχύτητα ο συμπυκνωτής είναι εξοπλισμένος με ένα μονό ή διπλό σύστημα ανεμιστήρα. Συχνά χρησιμοποιούνται πλαστικά καλύμματα (χοάνες) για να κατευθύνεται η ροή του αέρα πάνω στην επιφάνεια του συμπυκνωτή.



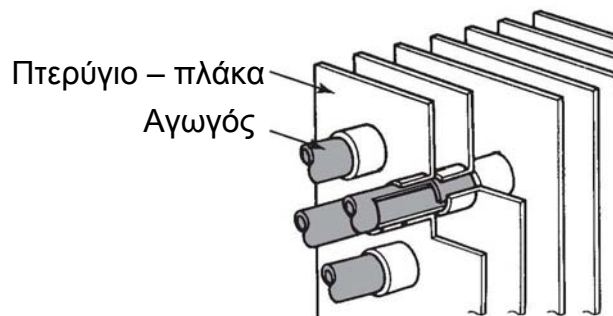
Σχήμα 2.22 Χωροταξία του συμπυκνωτή

Σχεδιασμός συμπυκνωτή

Ο ιδανικός συμπυκνωτής δεν πρέπει να παρουσιάζει πτώση πίεσης μεταξύ της εισόδου και της εξόδου του. Οι συμπυκνωτές είναι συνήθως κατασκευασμένοι από αλουμίνιο ώστε να αποφεύγεται κάθε χημική αντίδραση μεταξύ του μετάλλου και του μίγματος ψυκτικού μέσου - ψυκτέλαιου. Κατασκευαστικά αποτελείται από σωλήνες και πτερύγια: σωλήνες για τη μεταφορά του ψυκτικού μέσου και πτερύγια για να αυξάνεται η επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα. Τα σχήματά τους ποικίλλουν και περιλαμβάνουν τα εξής: *Οφιοειδούς διάταξης πτερυγίων, Σωληνώσεων και πλακών και Παράλληλης ροής*

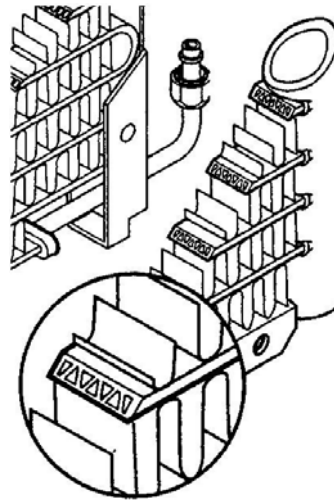


Σχήμα 2.23 Οφιοειδής διάταξη πτερυγίων (πηγή:Toyota)



Σχήμα 2.24 Επίπεδα αλουμινένια ελάσματα με πολλαπλούς αγωγούς στο εσωτερικό της κατασκευής του (πηγή:Toyota)

Ο τύπος *σωληνώσεων και πλακών* έχει χρησιμοποιηθεί για αρκετά χρόνια σε συστήματα που χρησιμοποιούν R12, αλλά όχι σε συστήματα που χρησιμοποιούν R134a. Μπορεί εύκολα να ξεπλυθεί (εκκαθάριση μέσω αντίστροφης ροής), ώστε να απομακρυνθούν τυχόν ξένα σωματίδια από το εσωτερικό του συστήματος.



Σχήμα 2.25
Συμπυκνωτής παράλληλης
ροής με αγωγούς μικρής
διατομής

Οι συμπυκνωτές *παράλληλης ροής* είναι πολύ αποδοτικοί. Ο συμπυκνωτής διανέμει τη ροή του ψυκτικού ρευστού σε μικροσκοπικά ρεύματα, επιτρέποντας τη μεταφορά θερμότητας γρηγορότερα. Αυτός ο τύπος συμπυκνωτή δεν μπορεί να ξεπλυθεί και αν υπάρξει κάποια στόμωση, η μόνη λύση είναι η αντικατάσταση του συμπυκνωτή.

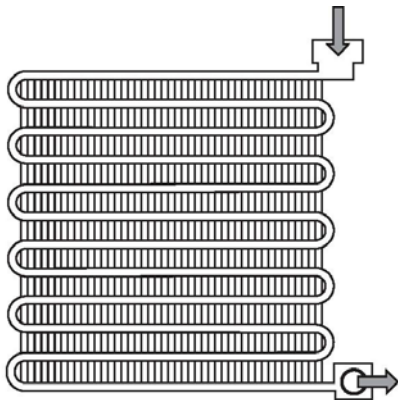
Ροή του ψυκτικού μέσου στον συμπυκνωτή

Η ροή του ψυκτικού είναι είτε οφιοειδής (Σχήμα 2.26) ή παράλληλη (Σχήμα 2.27). Στην πρώτη περίπτωση ο ρευστό ρέει μέσα στον (στους) σωλήνα (-ες) ομοιόμορφα και συμπυκνώνεται ενώ ακολουθεί το ίδιο μονοπάτι. Στη δεύτερη περίπτωση επιτρέπεται η ροή του ψυκτικού υγρού τόσο κάθετα όσο και οριζόντια, μέσα στον συμπυκνωτή. Η παράλληλη ροή θεωρείται η πιο αποτελεσματική διάταξη. Το κλειδί για το σωστότερο σχεδιασμό είναι οι συλλέκτες / πολλαπλές που βρίσκονται εκατέρωθεν του πυρήνα και επιτρέπουν τη διάσπαση της ροής σε μικρά ρέματα.

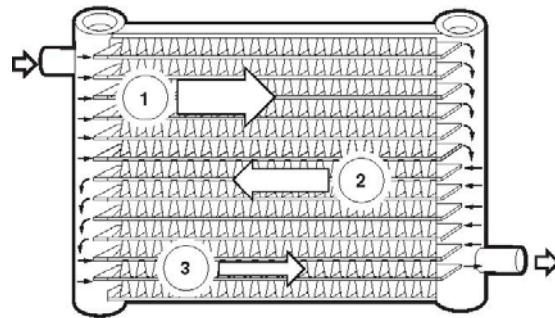
Διπλός συμπυκνωτής

Αυτή η διάταξη περιλαμβάνει ένα συμπυκνωτή πολλαπλής ροής (Σχέδιο 2.28), ένα διαχωριστή αερίου / υγρού (ρυθμιστής) και έναν υπόψυχρο βρόγχο. Με απλά λόγια, πρόκειται για δύο συμπυκνωτές στοιβαγμένους ο ένας πάνω στον άλλο με έναν ξηραντή που λειτουργεί ως διακλαδωτής μεταξύ των δύο. Χρησιμοποιείται σε οχήματα με μεγάλους εσωτερικούς χώρους και υψηλές απαιτήσεις ψύξης. Το ψυκτικό κυκλοφορεί μέσα στον πρώτο συμπυκνωτή παράλληλης ροής και στη συνέχεια εξέρχεται από τον ρυθμιστή μόνο η ποσότητα που έχει συμπυκνωθεί σε υγρό. Η ποσότητα αυτή του ψυκτικού ρευστού διέρχεται υπό τον υπόψυχρο βρόγχο για να

διασφαλιστεί ότι μόνο ψυκτικό υγρό ρέει προς την στραγγαλιστική βαλβίδα ή τον ξηραντή.



Σχήμα 2.26 Οφιοειδής ροή από ο άνω προς το κάτω μέρος

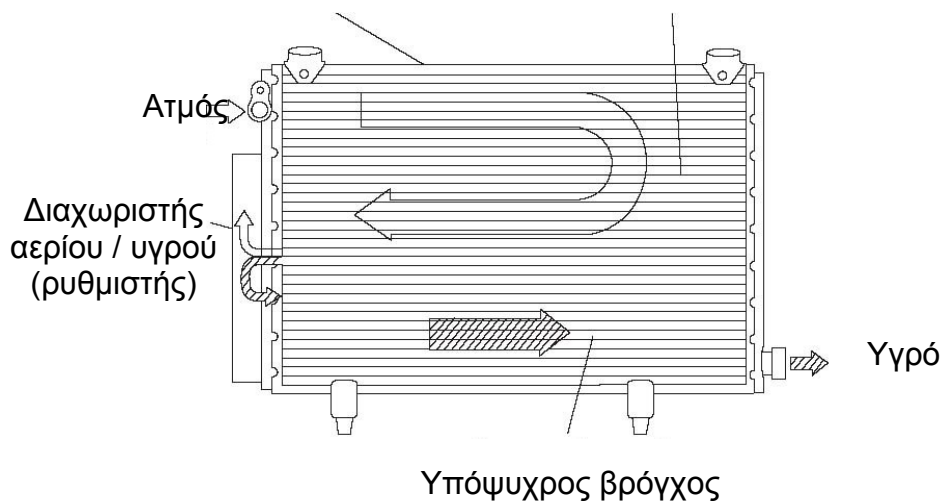


1) Ατμός (80 °C), 2) Υγρό, 3) Υγρό (57 °C)
(τιμές κατά προσέγγιση)

Σχήμα 2.27 Συμπυκνωτής παράλληλης ροής (πηγή: Ford)

Συμπυκνωτής πολλαπλής ροής

Βρόγχος συμπύκνωσης



Σχήμα 2.28 Διπλός συμπυκνωτής (πηγή: Toyota)

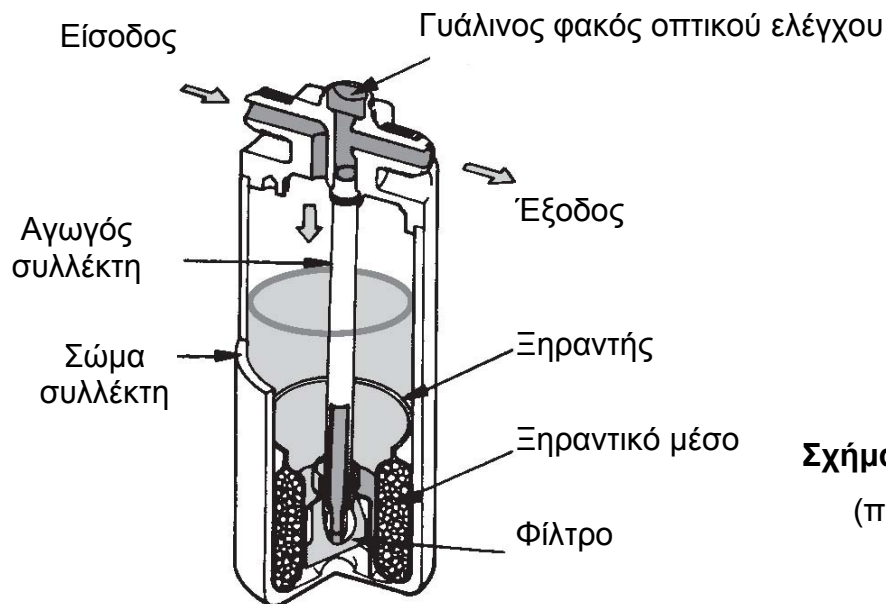
Ο συμπυκνωτής είναι το σημείο του συστήματος κλιματισμού, από όπου απάγεται η ανεπιθύμητη θερμότητα. Αυτό τον καθιστά σε έναν πολύ σημαντικό παράγοντα για την συνολική απόδοση του συστήματος. Δεδομένου ότι η λανθάνουσα θερμότητα της συμπύκνωσης μεταφέρεται στο ρεύμα αέρα, ο ψυκτικός ατμός κάνει την απαραίτητη μεταστροφή της φυσικής του κατάστασης σε υγρό.

2.3 Ο ξηραντής (συλλέκτης) / συσσωρευτής

Ξηραντής

Ο ξηραντής (Σχέδιο 2.29) τοποθετείται στα συστήματα που λειτουργούν με βαλβίδα εκτόνωσης, μεταξύ του συμπυκνωτή και της θερμοστατικής βαλβίδας εκτόνωσης και η λειτουργία του είναι η εξής:

1. Εξασφαλίζει ότι το σύστημα είναι απαλλαγμένο από ακαθαρσίες, ώστε να αποτρέπεται κάθε βλάβη ή πρόωρη φθορά των εξαρτημάτων.
2. Απομακρύνει την υγρασία από το ψυκτικό, διασφαλίζοντας ότι δεν μπορεί να σχηματιστεί πάγος εντός του συστήματος προκαλώντας απόφραξη και αποτρέπει το σχηματισμό εσωτερικής διάβρωσης.
3. Λειτουργεί ως προσωρινή αποθήκη ψυκτικού ρευστού για την τροφοδοσία του συστήματος κάτω από διαφορετικές συνθήκες φορτίου.
4. Επιτρέπει μόνο στο ψυκτικό υγρό να ρέει προς τη βαλβίδα εκτόνωσης.
5. Λειτουργεί ως σημείο διάγνωσης και οπτικού ελέγχου μέσω γυάλινου φακού.



Σχήμα 2.29 Ξηραντής
(πηγή: Toyota)

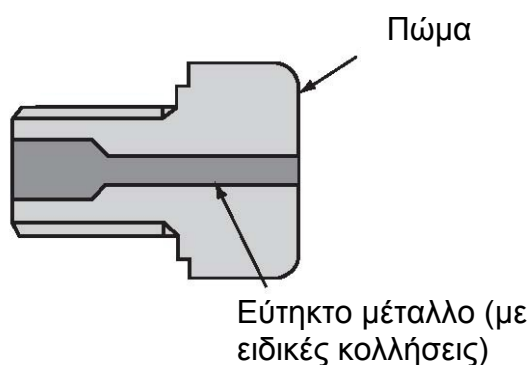
Λειτουργία

Το ψυκτικό μέσο εισέρχεται υπό ιδανικές συνθήκες στον ξηραντή σε υγρή κατάσταση. Αν το σύστημα βρίσκεται υπό υψηλό φορτίο, είναι πιθανό ο συμπυκνωτής να μην είναι αρκετά αποτελεσματικός ώστε να συμπυκνώσει εξολοκλήρου το ψυκτικό μέσο, αφήνοντας μια μικρή ποσότητα ατμών να εξέλθει από αυτόν. Υγρό και ατμός εισέρχονται στον ξηραντή και διαχωρίζονται. Ο ατμός ανέρχεται στο επάνω μέρος, ενώ το υγρό κινείται προς το κάτω μέρος του ξηραντή, από όπου κατόπιν φιλτραρίσματος εξέρχεται, εξασφαλίζοντας ότι μόνο το ψυκτικό υγρό ρέει προς τη βαλβίδα εκτόνωσης.

Γυάλινος φακός οπτικού ελέγχου δεν χρησιμοποιείται για τα συστήματα R134a, διότι το ψυκτικό μέσο έχει θολή όψη σε κανονική κατάσταση.

Εύτηκτο πώμα

Εάν η ψύξη του συμπυκνωτή δεν επαρκεί ή το ψυκτικό φορτίο είναι υπερβολικό, ένα εύτηκτο πώμα απελευθερώνει την υπερβολική πίεση μειώνοντας τη πιθανότητα διάρρηξης ενός αγωγού. Το εύτηκτο πώμα αποτελείται από μέταλλα τα οποία έχουν σημείο τήξεως περίπου 100-110 ° C και χρησιμοποιείται ως δικλίδα ασφαλείας του συστήματος, ενώ σαν κύριο μέτρο προστασίας από την υψηλή πίεση λειτουργεί ο διακόπτης υψηλής πίεσης.

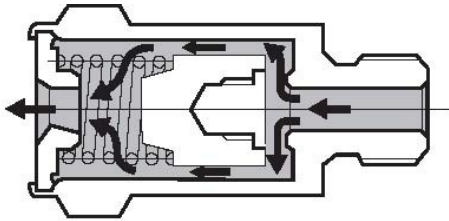


Σχήμα 2.30 Εύτηκτο πώμα
(πηγή: Toyota)

Ανακουφιστική βαλβίδα εκτόνωσης

Το πρόβλημα με το εύτηκτο πώμα είναι ότι μόλις το μέταλλο λιώνει χάνεται όλο το περιεχόμενο του ψυκτικού μέσου. Αυτό είναι επιβλαβές για το περιβάλλον και μπορεί να προκαλέσει ζημιά στα εξαρτήματα του οχήματος. Αντίθετα, για να μειωθεί η πίεση του συστήματος, η ανακουφιστική βαλβίδα εκτόνωσης αποβάλλει μόνο την

απαιτούμενη ποσότητα ψυκτικού. Ανακουφιστική βαλβίδα τοποθετείται στον συμπιεστή και ορισμένες φορές στον συλλέκτη – ξηραντή.



Σχήμα 2.31 Ανακουφιστική βαλβίδα εκτόνωσης (υποδεικνύεται η ροή διαφυγής) (πηγή: Toyota)

Συσσωρευτής

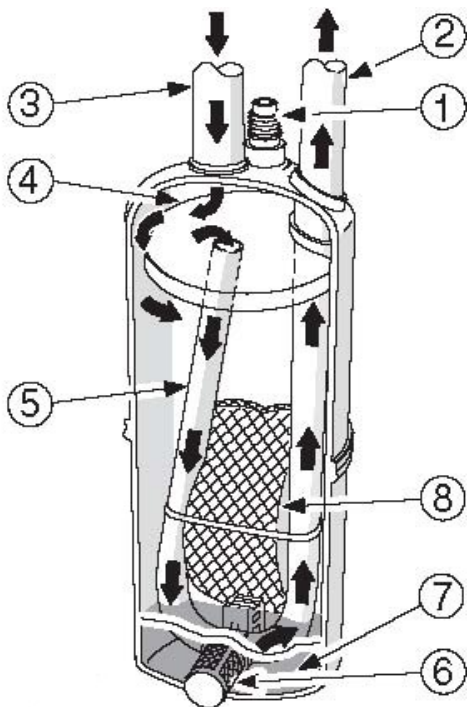
Ο συσσωρευτής τοποθετείται στα συστήματα με στραγγαλιστική βαλβίδα, μεταξύ του εξατμιστή και του συμπιεστή και η λειτουργία του είναι η εξής:

1. Εξασφαλίζει ότι το ψυκτικό μέσο εισέρχεται στον συμπιεστή σε μορφή ατμών και όχι σε υγρή κατάσταση.
2. Εξασφαλίζει ότι το σύστημα είναι απαλλαγμένο από ακαθαρσίες, ώστε να αποτρέπεται κάθε βλάβη ή πρόωρη φθορά των εξαρτημάτων.
3. Απομακρύνει την υγρασία από το ψυκτικό, διασφαλίζοντας ότι δεν μπορεί να σχηματιστεί πάγος εντός το συστήματος προκαλώντας απόφραξη και αποτρέπει το σχηματισμό εσωτερικής διάβρωσης.
4. Λειτουργεί ως προσωρινή αποθήκη ψυκτικού ρευστού για την τροφοδοσία του συστήματος κάτω από διαφορετικές συνθήκες φορτίου.
5. Περιέχει ψυκτέλαιο για τη λίπανση των στοιχείων του συστήματος όπως το συμπιεστή.
6. Τέλος σε αρκετές περιπτώσεις στεγάζει το διακόπτη / αισθητήρα χαμηλής πίεσης.

Λειτουργία

Το ψυκτικό μέσο εισέρχεται στο συσσωρευτή από τον εξατμιστή σε υγρή & αέρια μορφή. Εισέρχεται από την είσοδο (3) δημιουργώντας μια δίνη και ρέει γύρω από το καπάκι (4). Το ψυκτικό περνάει μέσα από το ξηραντικό μέσο, όπου καθαρίζεται και απομακρύνεται η υγρασία. Ο ατμός συγκεντρώνεται κάτω από το καπάκι (4), από όπου εξάγεται. Κατά τον διαχωρισμό περνά μέσα από έναν αγωγό σχήματος U στον οποίο αναμειγνύεται με ψυκτέλαιο από τη μικρή οπή (6). Αυτή η οπή επιτρέπει πολύ μικρές ποσότητες ψυκτελαίου (3% επί του ψυκτικού υγρού) να ρέει με τον ψυκτικό ατμό

προς τον συμπιεστή. Επειδή το υγρό ψυκτέλαιο συναντάται σε τόσο μικρές ποσότητες, δεν υπάρχει κίνδυνος βλάβης στον συμπιεστή.



1. Σύνδεση για χαμηλής πίεσης
2. Έξοδος προς τον συμπιεστή
3. Είσοδος από τον εξατμιστή
4. Καπάκι
5. Αγωγός τύπου U
6. Φίλτρο οθόνης
7. Ψυκτέλαιο
8. Ξηραντικό μέσο

Σχήμα 2.32 Συσσωρευτής (πηγή: Toyota)

Σημείωση: Το ξηραντικό μέσο βρίσκεται στο εσωτερικό του συλλέκτη ώστε να απορροφά την υγρασία και να δρα ως φίλτρο σωματιδίων. Στα συστήματα που περιέχουν R134a χρησιμοποιείται ζεόλιθος ενώ σε αυτά που περιέχουν R12 χρησιμοποιείται διοξειδίου του πυριτίου ως ξηραντικό μέσο.

Ο ξηραντής (συλλέκτης) ή συσσωρευτής πρέπει να αντικαθίσταται ύστερα από όλες τις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Αν το εσωτερικό του συστήματος κλιματισμού μείνει εκτεθειμένο στην υγρασία για περισσότερο από 3 ώρες.
- Σύμφωνα με το πρόγραμμα συντήρησης του κατασκευαστή – κάθε δύο χρόνια.
- Στην υπόνοια ύπαρξης ξένων ουσιών –σωμάτων στο σύστημα.
- Αν υπάρχει συγκέντρωση υπερβολικής υγρασίας στο σύστημα προκαλώντας πήξη.

Σημείωση: Συχνά ο δέκτης / συσσωρευτής περιέχει επίσης ένα σκιαγραφικό μέσο (χρώμα) το οποίο διαλύεται στο ψυκτέλαιο του συμπιεστή. Εάν υπάρχει διαρροή στο κύκλωμα ψύξης, το ψυκτέλαιο μαζί με το σκιαγραφικό μπορεί να ανιχνευθεί με μια ειδική λάμπα υπεριώδους ακτινοβολίας (UV).

2.4 Η βαλβίδα εκτόνωσης / στραγγαλιστική βαλβίδα

Για να ελέγχετε ο όγκος του ψυκτικού μέσου που ρέει στον εξατμιστή, απαιτείται η χρήση μίας συσκευής μέτρησης. Η λειτουργία της συσκευής είναι η εξής:

- Διαχωρίζει τον βρόγχο υψηλής πίεσης από αυτόν της χαμηλής πίεσης του συστήματος.
- Μετρά τον όγκο του ψυκτικού υγρού και ως εκ τούτου την ψυκτική ικανότητα του εξατμιστή.
- Εξασφαλίζει την ύπαρξη υπέρθερμου ατμού στην έξοδο του εξατμιστή.

Αυτήν την περίοδο υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες συσκευών μέτρησης που χρησιμοποιούνται, η Θερμοστατική Βαλβίδα Εκτόνωσης και η Στραγγαλιστική Βαλβίδα. Η πτώση πίεσης που προκαλείται από τον εξατμιστήρα καθορίζει το είδος της βαλβίδας που είναι το πιο κατάλληλο. Τα συμβατικά συστήματα κλιματισμού χρησιμοποιούν μόνο τη μια εκ των δυο αυτών συσκευών μέτρησης. Τα μικτά συστήματα κλιματισμού μπορεί να χρησιμοποιήσουν τόσο τη Θερμοστατική Βαλβίδα Εκτόνωσης, όσο και τη Στραγγαλιστική Βαλβίδα.

Υπερθέρμανση

Η υπερθέρμανση μέσα στη συσκευή διαστολής είναι υψίστης σημασίας. Διασφαλίζει ότι το σύνολο του ψυκτικού υγρού θα αεριοποιηθεί μέσα στον εξατμιστή. Η θερμοκρασία υπερθέρμανσης του ψυκτικού υγρού μετριέται μεταξύ της εισόδου και της εξόδου του εξατμιστή και μπορεί να υπερβαίνει τους 10 ° C πάνω από το σημείο βρασμού. Οι εξατμιστές, ανάλογα με τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά τους, λειτουργούν με διαφορετικά ποσά υπερθέρμανση και η βαλβίδα διαστολής προσαρμόζεται στην τιμή αυτή με την ρύθμιση της προέντασης του ελατηρίου της βαλβίδας.

Θερμοστατική βαλβίδα εκτόνωσης

Υπάρχουν επίσης ορισμένες διαφοροποιήσεις στον σχεδιασμό μιας θερμοστατικής βαλβίδα εκτόνωσης:

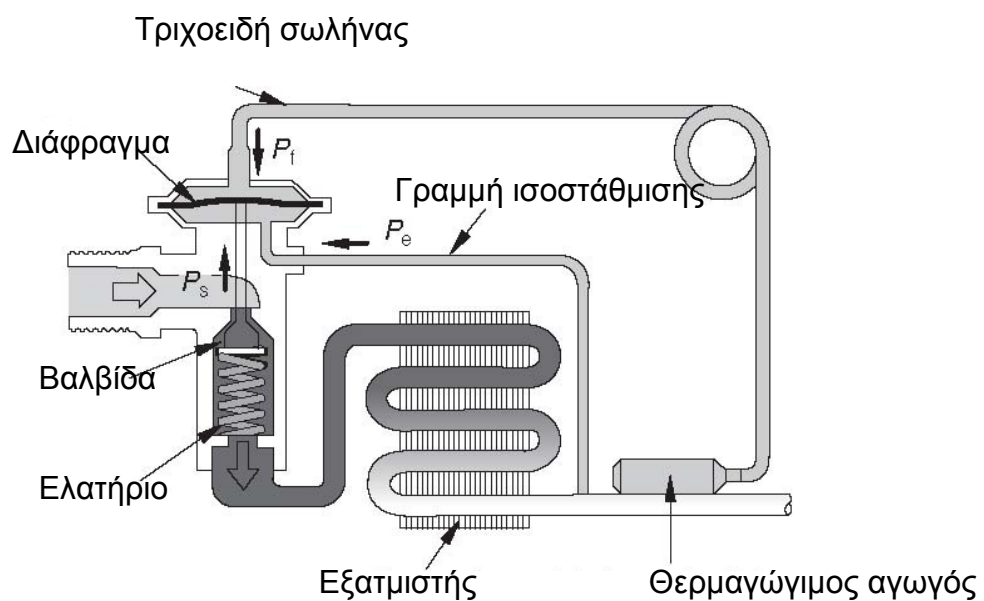
- Θερμοστατική βαλβίδα εκτόνωσης εξωτερικής ισοστάθμισης.
- Θερμοστατική βαλβίδα εκτόνωσης εσωτερικής ισοστάθμισης.
- Εγκιβωτισμένη βαλβίδα ή βαλβίδα τύπου H.

Λειτουργία της θερμοστατικής βαλβίδας εκτόνωσης εξωτερικής ισοστάθμισης

Η θερμοστατική βαλβίδα εκτόνωσης εξωτερικής ισοστάθμισης (Σχήμα 2.33) έχει το εξής πλεονέκτημα: Η πίεση του ψυκτικού από την έξοδο του εξατμιστή ενεργεί απευθείας στην κάτω πλευρά του διαφράγματος ρύθμισης της θερμοστατικής βαλβίδας εκτόνωσης. Αυτό ξεπερνά το πρόβλημα της ανίχνευσης της πτώσης πίεσης κατά μήκος του εξατμιστή. Η θερμοστατική βαλβίδα εκτόνωσης έχει έναν μικρό άξονα ο οποίος ελέγχεται από ένα διάφραγμα.

Υπάρχουν τρεις πιέσεις που ενεργούν πάνω στο διάφραγμα της θερμοστατικής βαλβίδας εκτόνωσης:

1. Το ψυκτικό μετά την έξοδο του από την εξατμιστήρα εφαρμόζει πίεση κάτω από το διάφραγμα (P_e).
2. Η πίεση του ελατηρίου (που ονομάζεται ελατήριο υπερθέρμανσης) το οποίο μέσω ενός μικρού άξονα εφαρμόζεται κάτω από το διάφραγμα (P_s).
3. Η πίεση από την διαστολή του υγρού, εντός του θερμοαγωγίμου αγωγού, η οποία μέσω του τριχοειδή σωλήνα εφαρμόζεται πάνω από το διάφραγμα (P_f).



Σχήμα 2.33 Βαλβίδα εκτόνωσης εξωτερικής ισοστάθμισης (πηγή: Toyota)

Η ποσότητα του ψυκτικού που επιτρέπεται να εισέλθει στον εξατμιστήρα καθορίζεται από την κάθετη κίνηση του διαφράγματος και της βαλβίδας. Αυτό ελέγχεται από τη διαφορά της πίεσης πάνω από το διάφραγμα (P_f) και κάτω από το διάφραγμα (που είναι το άθροισμα των P_e και P_s).

Όταν το φορτίο του συστήματος είναι υψηλό και απαιτείται επιπρόσθετη ψύξη, η θερμοκρασία κατά την έξοδο του εξατμιστή θα είναι υψηλή. Αυτή η υψηλή θερμοκρασία θα μεταφερθεί στον θερμαγωγίμο αγωγό, ο οποίος περιέχει αδρανές υγρό (διαφορετικό από το ψυκτικό μέσο) και στον οποίο λόγω της διαστολής και του σταθερού όγκου αυξάνεται η πίεση. Η αύξηση της πίεσης μεταφέρεται μέσω του τριχοειδή σωλήνα στην κορυφή του διαφράγματος, επιτρέποντας στο διάφραγμα να υπερνικήσει τη συνδυασμένη πίεση του ελατηρίου υπερθέρμανσης (P_s) και της εξόδου του ψυκτικού (P_e). Η βαλβίδα ανοίγει και επιτρέπει την περαιτέρω αύξηση της ροής του ψυκτικού υγρού που ρέει μέσα στον εξατμιστή για να αντιμετωπίσει την αύξηση του φορτίου. Αυτό θα ελαττώσει τη θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού κατά την έξοδο του εξατμιστή. Η μείωση αυτή της θερμοκρασίας θα μεταφερθεί στον θερμαγωγίμο αγωγό μειώνοντας την πίεση στο εσωτερικό του τριχοειδή σωλήνα και πάνω από το διάφραγμα. Η μείωση αυτή της δύναμης P_f πάνω από το διάφραγμα, θα επιτρέψει στην πίεση του ελατηρίου υπερθέρμανσης P_s σε συνδυασμό με την πίεση του ψυκτικού μέσου κατά την έξοδο του εξατμιστή P_e να ωθήσουν το διάφραγμα προς τα πάνω, μειώνοντας το άνοιγμα του στομίου και τον όγκο του ψυκτικού μέσου αντίστοιχα.

Αυτή η συνεχής αναπροσαρμογή και εξισορρόπηση των δυνάμεων ελέγχει τον όγκο του ψυκτικού εξασφαλίζοντας την ύπαρξη υπέρθερμου ψυκτικού μέσου στην έξοδο του εξατμιστή. Ο κατασκευαστής προσαρμόζει τη βαλβίδα διαστολής για να εξασφαλίσει ότι λειτουργεί υπό συνθήκες υπερθέρμανσης. Εργοστασιακές ρυθμίσεις δεν πρέπει να τροποποιούνται και μια ελαττωματική θερμική βαλβίδα διαστολής πρέπει πάντα να αντικαθίστανται από μια καινούρια.

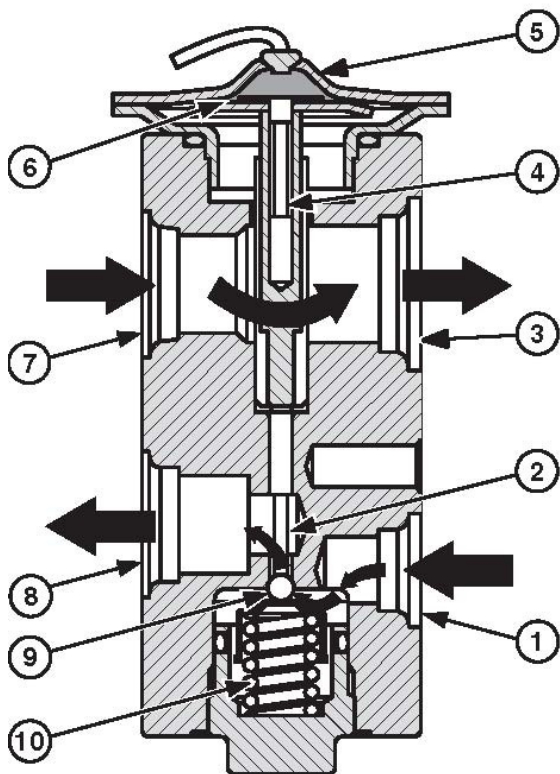
Ορισμένες βαλβίδες διαστολής έχουν μια μικρή παράκαμψη σχήματος V στην βάση τους ώστε να εξασφαλιστεί ότι εάν η βαλβίδα είναι κλειστή, μια μικρή ποσότητα ψυκτικού μπορεί ακόμα ρέει μέσα στο σύστημα εάν παρουσιαστεί κάποιο σφάλμα.

Λειτουργία της βαλβίδας εκτόνωσης εσωτερικής ισοστάθμισης.

Η λειτουργία της βαλβίδας εκτόνωσης εσωτερικής ισοστάθμισης είναι παραπλήσια με τη βαλβίδα εκτόνωσης εξωτερικής ισοστάθμισης με τη διαφορά ότι δεν υπάρχει δυνατότητα μέτρησης της πίεσης του ψυκτικού μέσου στην έξοδο του εξατμιστή, παρά μόνο στην είσοδο του εξατμιστή ή λίγο πριν από αυτή. Το ψυκτικό υγρό εισερχόμενο ασκεί πίεση στην κάτω πλευρά του διαφράγματος, ενώ η πτώση πίεσης κατά μήκος του εξατμιστή είναι άγνωστη σε αυτόν τον τύπο βαλβίδας.

Εγκιβωτισμένη βαλβίδα ή βαλβίδα τύπου H

Η εγκιβωτισμένη βαλβίδα εκτόνωσης (Σχέδιο 2.34) συμπεριλαμβάνει αισθητήρες πίεσης θερμοκρασίας όπως η θερμοστατική βαλβίδα εκτόνωσης εξωτερικής ισοστάθμισης, χωρίς να έχει κανέναν εξωτερικό αγωγό. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση δύο διόδων – μία στην είσοδο και μία έξοδο του εξατμιστή.



1. Βαλβίδα εισαγωγής από τον ξηραντή
2. Βαλβίδα ολίσθησης
3. Βαλβίδα εξόδου προς τον συμπιεστή
4. Θερμοευαίσθητο στοιχείο
5. Κεφαλή διαφράγματος (εμπεριέχει υγρό)
6. Διάφραγμα, ευαίσθητο στην πίεση
7. Βαλβίδα εισαγωγής από τον εξατμιστή
8. Βαλβίδα εξόδου προς τον εξατμιστή
9. Σφαιρική βαλβίδα
10. Ελατήριο υπερθέρμανσης

Σχήμα 2.34 Εγκιβωτισμένη βαλβίδα (πηγή: Ford)

Το ψυκτικό υγρό εισέρχεται στη βαλβίδα (1). Το στόμιο έχει μικρή διάμετρο και υπάρχει μια μεγάλη πτώση της πίεσης μέσα στη σφαιρική βαλβίδα (8). Το υγρό και μια μικρή ποσότητα ψυκτικού ατμού εισέρχεται στον εξατμιστή. Το υγρό / ατμός βράζει λόγω της πτώσης της πίεσης και ο ατμός θα κορεσθεί. Ο κορεσμένος ατμός στη συνέχεια ρέει μέσα στον εξατμιστή και μεταβάλλεται σε υπέρθερμο ατμό. Το υπέρθερμο ψυκτικό εισέρχεται στην εγκιβωτισμένη βαλβίδα εκτόνωσης στο σημείο (7). Το άνοιγμα της βαλβίδας ελέγχεται από τη θερμοκρασία και την πίεση του υπέρθερμου ατμού που εισέρχεται από τον εξατμιστή στο σημείο (7). Εάν η θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού είναι υψηλή λόγω της υψηλής ζήτησης ψύξης τότε αυτή η πρόσθετη θερμότητα θα μεταφερθεί στο αισθητήριο στοιχείο και στην κεφαλή του διαφράγματος. Το υγρό θα διασταλεί ασκώντας πίεση προς τα κάτω στη σφαιρική βαλβίδα και στο ελατήριο υπερθέρμανσης, διευρύνοντας το άνοιγμα του στομίου και επιτρέποντας την αύξηση του όγκου του ψυκτικού υγρού που ρέει μέσα στον εξατμιστή. Ο αυξημένος όγκος του ψυκτικού υγρού παρέχει πρόσθετη ικανότητα ψύξης και η θερμοκρασία του ψυκτικού στην είσοδο της βαλβίδας στο σημείο (7) θα πρέπει να μειωθεί. Κατόπιν, το θερμοευαίσθητο στοιχείο θα μεταφέρει τη μειωμένη θερμοκρασία στην κεφαλή του διαφράγματος, το οποίο στη συνέχεια συστέλλεται για να μειωθεί η πίεση που ασκείται στη σφαιρική βαλβίδα και στο ελατήριο υπερθέρμανσης. Η πίεση του υπέρθερμου ατμού είναι αισθητή ακριβώς κάτω από την κεφαλή του διαφράγματος. Αν η πίεση είναι υψηλή τότε η κεφαλή του διαφράγματος λυγίζει προς τα πάνω, μειώνοντας την πίεση που ασκείται στη σφαιρική βαλβίδα και στο ελατήριο υπερθέρμανσης. Αυτό προκαλεί την μείωση του ανοίγματος του στομίου, μειώνοντας έτσι τον όγκο και την πίεση του ψυκτικού υγρού που ρέει στον εξατμιστή. Εάν η πίεση που ασκείται στο διάφραγμα είναι χαμηλή, τότε το διάφραγμα θα λυγίσει προς τα κάτω, εφαρμόζοντας επιπλέον πίεση στη σφαιρική βαλβίδα και στο ελατήριο υπερθέρμανσης. Αυτό θα αυξήσει το άνοιγμα του στομίου της και θα επιτρέψει τη ροή μεγαλύτερου όγκου και υψηλότερης πίεσης ψυκτικού υγρού μέσα από τον εξατμιστή.

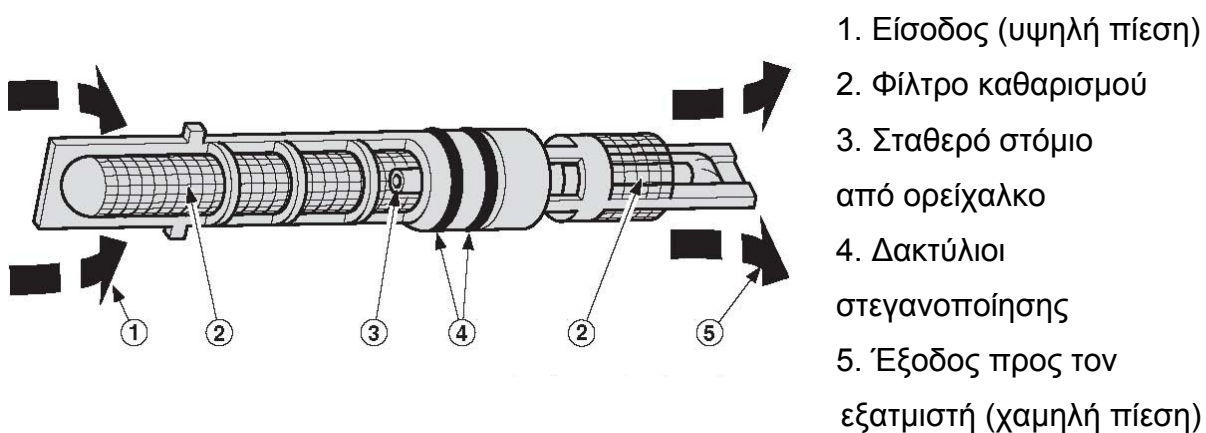
Βαλβίδα στραγγαλισμού (σταθερού στομίου)

Η βαλβίδα στραγγαλισμού (Σχέδιο 2.35) είναι τοποθετημένη στον βρόγχο υψηλών πιέσεων μεταξύ του συμπυκνωτή και του εξατμιστή. Συχνά είναι ορατή η θέση της, εάν εξετάσουμε ένα σύστημα με βαλβίδα στραγγαλισμού, λόγω της αυξημένης διαμέτρου

του σωλήνα αλουμινίου όπου βρίσκεται η βαλβίδα. Επίσης στο σημείο αυτό είναι αισθητή η αλλαγή της θερμοκρασίας από ζεστό σε κρύο.

Ο όγκος του ψυκτικού μέσου που διέρχεται από το στόμιο καθορίζεται από την πίεση του ψυκτικού υγρού και το μέγεθος του στομίου. Το στόμιο έχει προκαθορισμένη διάμετρο κι έτσι ο μόνος τρόπος για τον έλεγχο της ροής είναι η τροποποίηση της πίεσης του ψυκτικού υγρού (από 1,5 έως 2,9 bar στον βρόγχο χαμηλής πίεσης). Αυτός ο τύπος συστήματος τείνει να ενεργοποιεί – απενεργοποιεί τον συμπιεστή σε τακτική βάση, ώστε να μεταβάλλει τον όγκο και την πίεση του ψυκτικού μέσου, ανάλογα με το φορτίο του συστήματος. Ένας τρόπος για τη βελτίωση του συστήματος αυτού, είναι η χρήση μιας βαλβίδας στραγγαλισμού μεταβλητού στομίου ή ενός συμπιεστή μεταβλητού εκτοπίσματος.

Το ψυκτικό υγρό ρέει με υψηλή πίεση από το συμπυκνωτή προς στην είσοδο της βαλβίδας στραγγαλισμούς, διαπερνά το φίλτρο καθαρισμού για να απαλλαχτεί από τυχόν ξένα σωματίδια. Ανάλογα με την πίεση του ψυκτικού μέσου, ένας μικρός όγκος ψυκτικού ρέει από το στόμιο της βαλβίδας προς την είσοδο εξατμιστή, καθιστώντας το χαμηλής πίεσης ψυκτικό υγρό έτοιμο να αεριοποιηθεί μέσα στον εξατμιστή. Το μέγεθος του στομίου της βαλβίδας στραγγαλισμού προκαθορίζεται ώστε να παραδίδει το σωστό όγκο του ψυκτικού υπό το μέγιστο φορτίο ψύξης. Αυτό προκαλεί προβλήματα υπό ελαφρύ φορτίο όταν ο εξατμιστής λόγω της μικρής θερμότητας αδυνατεί να εξατμίσει όλο το διαθέσιμο ψυκτικό υγρό στο εσωτερικό του. Για το λόγο αυτό πρέπει να τοποθετείται συσσωρευτής μεταξύ της εξόδου του εξατμιστή και του συμπιεστή για την εξασφάλιση της μη ύπαρξης ροής ψυκτικού μέσου σε υγρή μορφή προς τον εξατμιστή, εκτός από μια ποσότητα ψυκτέλαιου της τάξεως του (3%), που εξασφαλίζει τη λίπανση του συμπιεστή.



Σχήμα 2.35 Βαλβίδα στραγγαλισμού σταθερού στομίου (πηγή: Ford)

Οι βαλβίδες στραγγαλισμού παράγονται σε μια ευρεία γκάμα διαμέτρου στομίου (1,19 mm - 1,70 mm) και φέρουν χρωματική κωδικοποίηση για ασφαλέστερη επιλογή (βλ. πίνακα 2.2).

<u>Πίνακας 2.2 Χρωματική κωδικοποίηση βαλβίδων</u>	
<u>στραγγαλισμού</u>	
<i>Χρώμα βαλβίδας</i>	<i>Διάμετρος</i>
Μαύρο / Μπλε	1,70 mm
Ερυθρό	1,57 mm
Πορτοκαλί	1,45 mm
Καφέ	1,35 mm
Πράσινο	1,19 mm

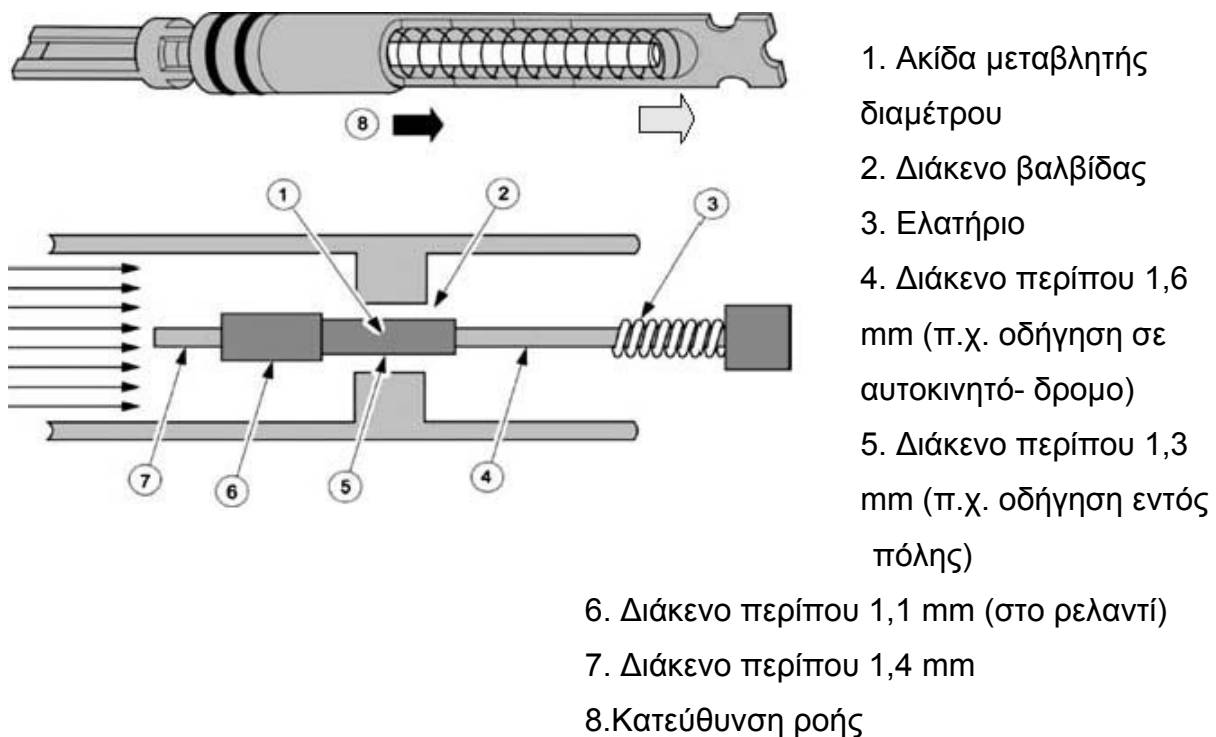
Βαλβίδα στραγγαλισμού μεταβλητού στομίου

Η βαλβίδα στραγγαλισμού σταθερού στομίου (Σχέδιο 2.35) είναι περιορισμένη εκ κατασκευής, οδηγώντας συχνά σε κακή απόδοση και υπερβολικά πολλούς κύκλους λειτουργίας του συμπιεστή (αν πρόκειται για συμπιεστή σταθερού εκτοπίσματος). Προκειμένου να βελτιωθεί η απόδοση ενός συστήματος, μπορεί να τοποθετηθεί μια στραγγαλιστική βαλβίδα μεταβλητού στομίου, η οποία ανταποκρίνεται στις αλλαγές της πίεσης του ψυκτικού μέσου και, αναλόγως, διαμορφώνει το μέγεθος του στομίου της για αντιστάθμιση. Για τη σωστή λειτουργία του συστήματος κλιματισμού είναι σημαντική η ύπαρξη σωστής κατανομής της πίεσης σε όλο το σύστημα, ανάλογα με το φορτίο του συστήματος, ώστε να βελτιωθεί η απόδοση του συμπυκνωτή και του εξατμιστή.

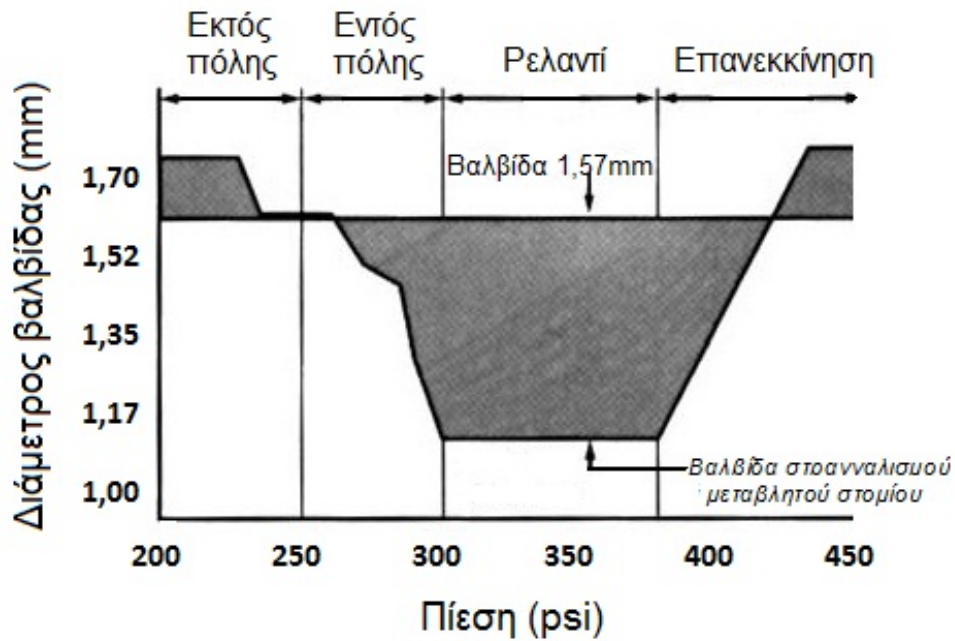
Η συνδεσμολογία της βαλβίδας περιλαμβάνει δύο θυρίδες, μία σταθερή και μια μεταβαλλόμενη. Η διάμετρος της σταθερής θυρίδας επιλέγεται σύμφωνα με την υψηλότερη πιθανή απαίτηση ροής ψυκτικού μέσου. Η μεταβαλλόμενη θυρίδα αντιδρά στη θερμοκρασία που εφαρμόζεται σε αυτή από το ψυκτικό μέσο μετά την έξοδο του από τον συμπυκνωτή. Η θερμοκρασία είναι αισθητή από ένα διμεταλλικό ελατήριο που διαστέλλεται και συστέλλεται με τις αλλαγές της θερμοκρασίας του ψυκτικού μέσου. Στο ρελαντί και στις χαμηλές ταχύτητες περιστροφής του συμπιεστή, το μέγεθος του στομίου μειώνεται. Αυτό δημιουργεί μεγάλη διαφορά πίεσης μέσα στη βαλβίδα και

μειώνει τον όγκο του ψυκτικού υγρού που ρέει προς τον εξατμιστή. Το μέγεθος του στομίου μπορεί να ανταποκριθεί σε αλλαγές που οφείλονται σε αυξομειώσεις της ταχύτητας του συμπιεστή ή σε μεταβολές του φορτίου. Τα κύρια οφέλη της βαλβίδας στραγγαλισμού μεταβλητού στομίου εντοπίζονται σε οχήματα που παραμένουν ακινητοποιημένα για ώρα ή κινούνται πολύ αργά (μποτιλιάρισμα). Οι επιδόσεις του συστήματος ψύξης βελτιώνονται λόγω της μειωμένης φόρτισης του συμπιεστή και της μεγαλύτερης ψύξης. Υπάρχουν επίσης δημοσιευμένα στοιχεία που αναφέρουν εξοικονόμηση καυσίμου λόγω της μειωμένης φόρτωσης του συμπιεστή. Επί του παρόντος οι βαλβίδες στραγγαλισμού μεταβλητού στομίου δεν χρησιμοποιούνται ευρέως από τους κατασκευαστές αυτοκινήτων.

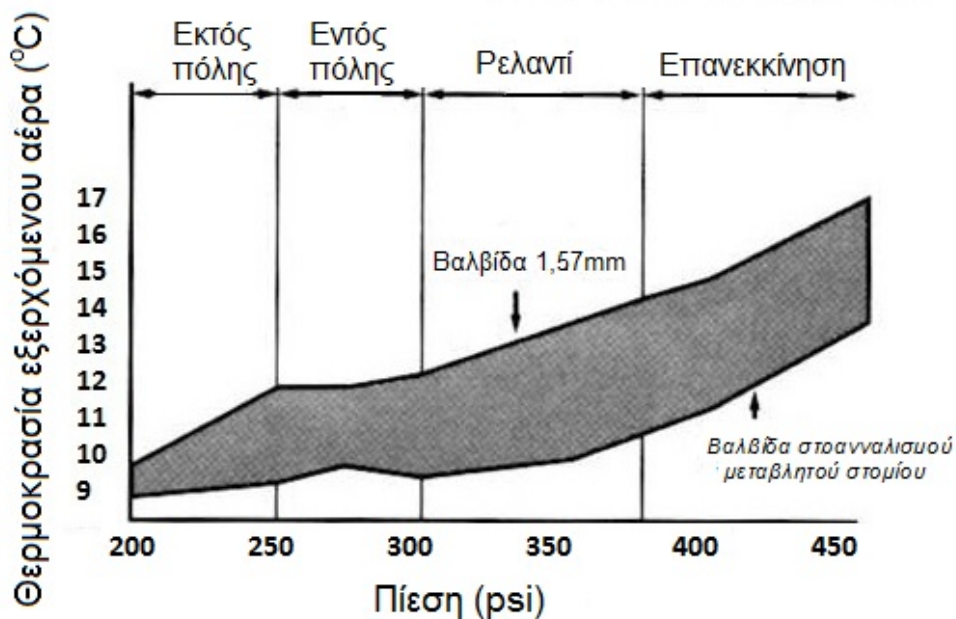
Η πίεση στην γραμμή υψηλών πιέσεων ωθεί τη ακίδα μέτρησης αντίρροπα ως προς τη δύναμη του ελατηρίου, με μια δύναμη η οποία εξαρτάται από τις συνθήκες οδήγησης (σε αδράνεια, εντός πόλης ή σε αυτοκινητόδρομο). Το άνοιγμα της βαλβίδας αυξομειώνεται ανάλογα με τη διάμετρο της ακίδας μέτρησης και προσαρμόζεται στις συνθήκες οδήγησης.



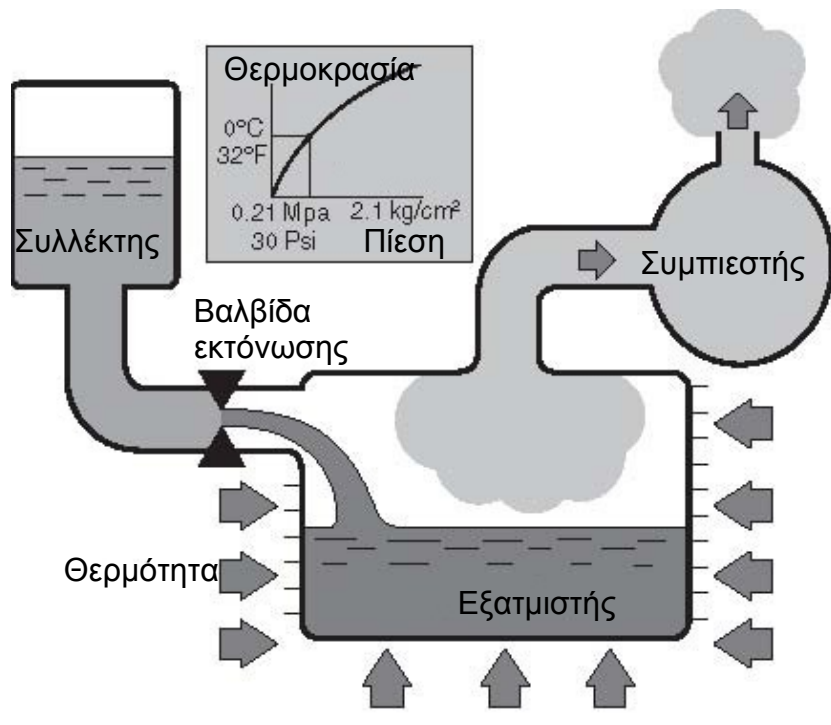
Σχήμα 2.36 Βαλβίδα στραγγαλισμού μεταβλητού στομίου (πηγή: Ford)



Σχήμα 2.37 Αντιπαραβολή μεταβολών της διαμέτρου μιας βαλβίδας μεταβλητού στομίου σε σχέση με μια σταθερού στομίου, ανάλογα με τις συνθήκες οδήγησης.



Σχήμα 2.38 Αντιπαραβολή μεταβολών της ελάχιστης θερμοκρασίας του αέρα που εξέρχεται από τους αεραγωγούς ενός συστήματος με βαλβίδα μεταβλητού στομίου σε σχέση με ένα σύστημα με βαλβίδα σταθερού στομίου, ανάλογα με τις συνθήκες οδήγησης.



Σχήμα 2.39 Λειτουργία του εξατμιστή (πηγή: Toyota)



Σχήμα 2.40 Θέση του εξατμιστή μέσα στο συγκρότημα θέρμανσης

2.5 Ο εξατμιστής

Ο εξατμιστής είναι μια κατασκευή παρεμφερής με τον συμπυκνωτή. Η κατασκευή του εξατμιστή μπορεί να είναι οφιοειδούς τύπου, τύπου σωληνώσεων και πλακών ή τύπου παράλληλης ροής. Η λειτουργία του εξατμιστή είναι να παρέχει μια μεγάλη επιφάνεια που θα επιτρέψει στο θερμό και συχνά υγρό αέρα να ρέει μέσα από αυτόν, εκλύοντας ενέργεια ως θερμότητα στο ψυκτικό μέσο που διαπερνά το εσωτερικό του.

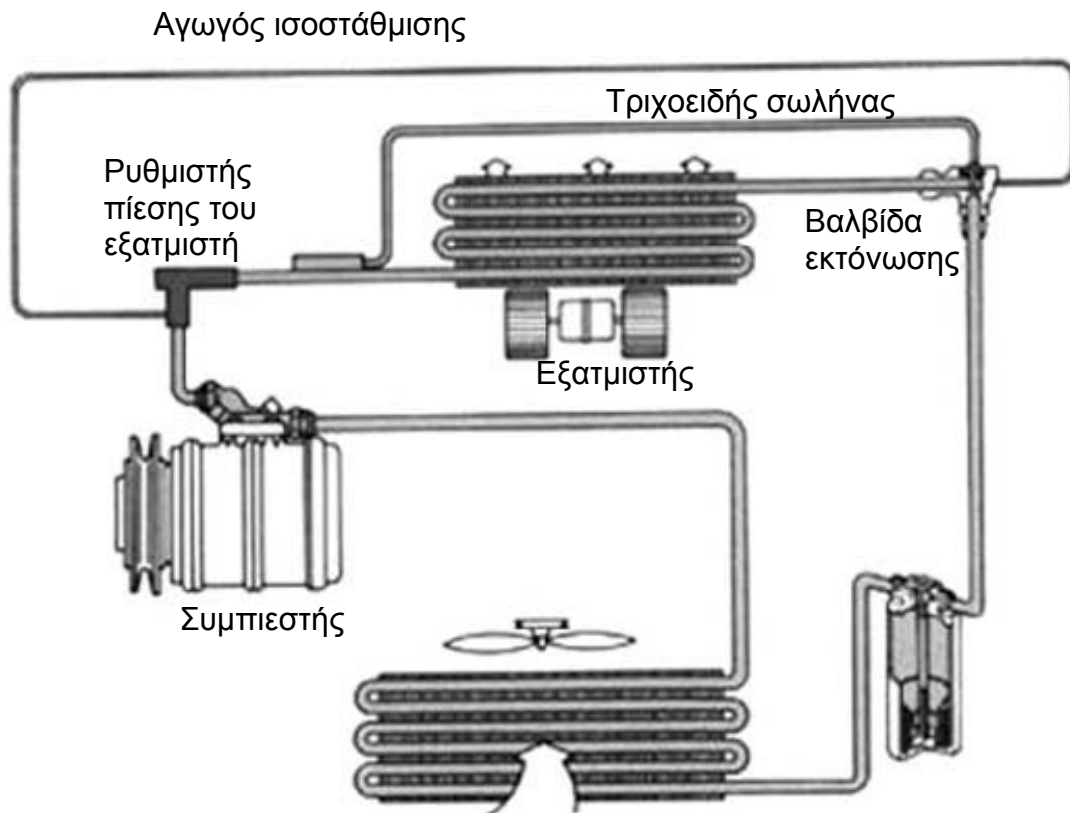
Το ψυκτικό μέσο μέχρι να φτάσει στον εξατμιστή έχει υποστεί μια μεγάλη πτώση πίεσης και θερμοκρασίας (Σχήμα 2.39) μέσω της διέλευσής του από τη βαλβίδα εκτόνωσης ή τη βαλβίδα στραγγαλισμού, με αποτέλεσμα να απαιτεί μόνο θερμική ενέργεια για να φτάσει στο σημείο βρασμού. Ο εξατμιστής απορροφά τη θερμική ενέργεια από τον αέρα που ρέει στην επιφάνειά του και τη διαδίδει στο ψυκτικό μέσο το οποίο φτάνει στο σημείο κορεσμού. Σε αυτό το σημείο το ψυκτικό μέσο μπορεί να απορροφήσει ακόμη μια μικρή ποσότητα θερμικής ενέργειας, μεταβαίνοντας σε υπέρθερμο ατμό. Το υπέρθερμο ψυκτικό μέσο στη συνέχεια εισρέει στον συμπιεστή (σύστημα με βαλβίδα εκτόνωσης) ή στον συσσωρευτή (σύστημα με βαλβίδα στραγγαλισμού).

Ο εξατμιστής είναι εξαιρετικά ψυχρός σε αυτό το στάδιο και όση υγρασία συμπεριλαμβάνεται στον αέρα που διέρχεται μέσα στον εξατμιστή υγροποιείται στην επιφάνεια του εξατμιστή. Τα σταγονίδια του νερού που σχηματίζονται στην επιφάνεια, βοηθούν στον καθαρισμό του εισερχόμενου αέρα καθώς παγιδεύουν ακαθαρσίες και ξένα σωματίδια. Η μείωση της υγρασίας που εμπεριέχεται στον αέρα, έχει σαν αποτέλεσμα την εισροή καθαρότερου ξηρού αέρα στο εσωτερικό του οχήματος. Αυτό βελτιώνει το επίπεδο άνεσης, ιδιαίτερα σε συνθήκες υψηλής υγρασίας, επιτρέποντας την εξάτμιση του ιδρώτα και συνεπώς την μικρότερη εφίδρωση των επιβαίνόντων. Η υγρασία συμπυκνώνεται στην επιφάνεια του εξατμιστή και απορρέει μέσω ενός αγωγού προς το εξωτερικό του οχήματος.

Η αφύγρανση του αέρα είναι πολύ αποτελεσματική για την αποθάμβωση των παραθύρων, που οφείλεται στον μεγάλο αριθμό επιβατών σε ένα όχημα ή / και στις υγρές κλιματολογικές συνθήκες.

Σχεδιασμός

Ο σχεδιασμός του εξατμιστή βασίζεται στο μέγεθος, το σχήμα, τον αριθμό σωληνώσεων και των πλακών καθώς και τον αριθμό των βρόγχων, με σκοπό τη μεγιστοποίηση του ρυθμού ροής και της εκτιθέμενης επιφάνειας. Ο εξατμιστής επιλέγεται σύμφωνα με το μέγιστο ποσό της θερμότητας και της υγρασίας, η οποία μπορεί να αφαιρεθεί από τον εξατμιστή ανά μονάδα χρόνου.



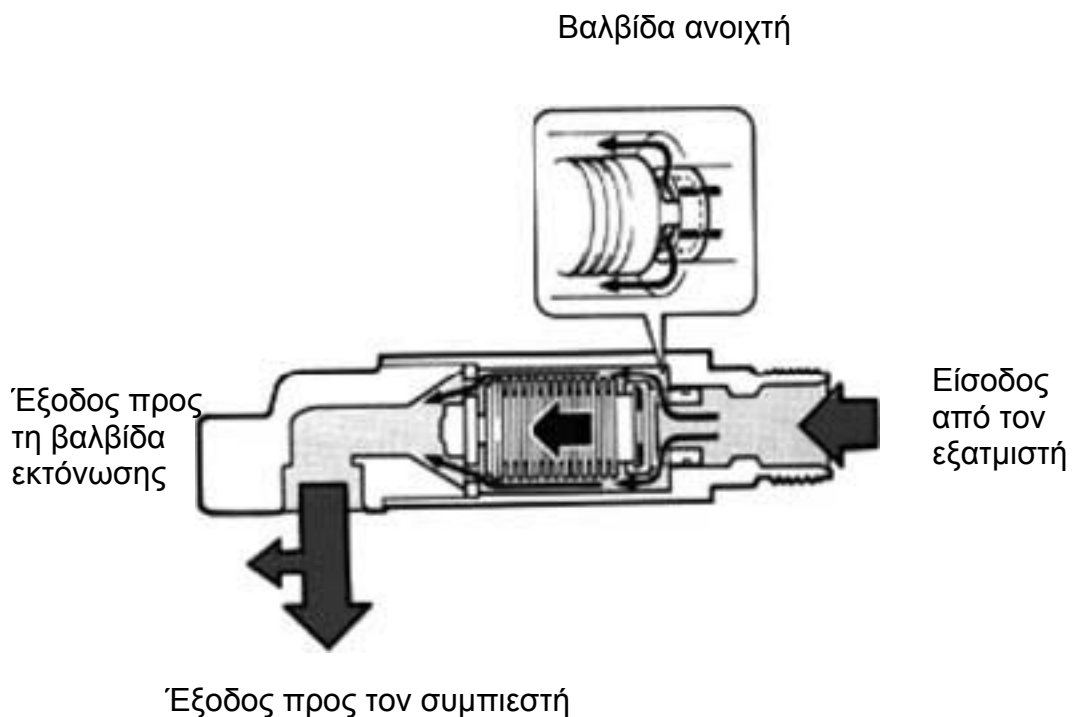
Σχήμα 2.41 Ρυθμιστής πίεσης του εξατμιστή (πηγή: Toyota)

2.6 Συσκευές αντιπαγετικής προστασίας

Ο ρυθμιστής πίεσης του εξατμιστή (Σχήματα 2.41 και 2.42) τοποθετείται ανάμεσα στην έξοδο του εξατμιστή και την είσοδο του συμπιεστή (πλευρά αναρρόφησης). Η βαλβίδα ρυθμίζει την πίεση στο εσωτερικό του εξατμιστή για την πρόληψη του παγώματος. Εάν η πίεση πέσει κάτω από ένα ορισμένο όριο (2 bar), η βαλβίδα κλείνει για τον περιορισμό της ροής του ψυκτικού υγρού και την αύξηση της πίεσης στο εσωτερικό του εξατμιστή. Αυτό συμβαίνει για την αποτροπή της πτώσης της θερμοκρασίας του εξατμιστή στους 0° C, λόγω της σχέσης μεταξύ θερμοκρασίας και πίεσης.

Όταν το ψυκτικό φορτίο είναι υψηλό, η τάση ατμών του ψυκτικού στον εξατμιστή είναι υψηλή. Η βαλβίδα ανοίγει πλήρως και το ψυκτικό ρέει ανεμπόδιστα προς τον συμπιεστή. Η λειτουργία της βαλβίδας βασίζεται σε ένα ελατήριο – φουσούνα που διαστέλλεται ή συστέλλεται, ανάλογα με τις αλλαγές στο ψυκτικό μέσο πίεσης. Η συσκευή αυτή ουσιαστικά καταργεί την ανάγκη ενεργοποίησης – απενεργοποίησης του συμπιεστή, για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του εξατμιστή.

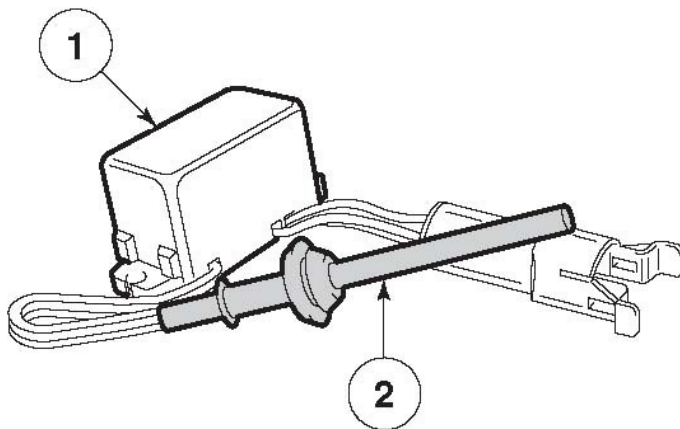
Το μοναδικό μειονέκτημα αυτού του είδους βαλβίδας είναι η πιθανότητα ελλιπούς λίπανσης, λόγω της μειωμένης ροής του ψυκτικού υγρού.



Σχήμα 2.42 Λεπτομέρεια του ρυθμιστή πίεσης του εξατμιστή (πηγή: Toyota)

Διακόπτης απόψυξης (συστήματα με θερμική βαλβίδα εκτόνωσης)

Ο διακόπτης απόψυξης είναι μία μονάδα που περιλαμβάνει αισθητήριο θερμοκρασίας και ρελέ. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας τοποθετείται στα πτερύγια του εξατμιστή και μέτρα τη θερμοκρασία της επιφάνειας του χρησιμοποιώντας έναν αισθητήρα τύπου NTC (negative temperature coefficient = αρνητικό συντελεστή θερμοκρασίας), δηλαδή αντίσταση της οποίας η ωμική αντίσταση μειώνεται όταν η θερμοκρασία αυξάνεται. Αυτός ο αισθητήρας μεταβιβάζει τις πληροφορίες στο ρελέ, με τη μορφή μιας πτώσης τάσης. Όταν πλησιάζει το σημείο πήξης του νερού (0 °C) και πιο συγκεκριμένα στο όριο του 1 °C, η διάταξη απομονώνει τον συμπλέκτη του συμπιεστή ώστε να αυξηθεί η πίεση στον εξατμιστή και να αποφευχθεί το πάγωμα των συμπυκνωμάτων. Μόλις η θερμοκρασία της επιφάνειας ξεπεράσει τους 2,5 °C, ο συμπιεστής, μέσω του ρελέ, θα ενεργοποιηθεί και πάλι.



1. Ρελέ
2. Αισθητήρας θερμοκρασίας

Σχήμα 2.43 Διακόπτης απόψυξης (πηγή: Ford)

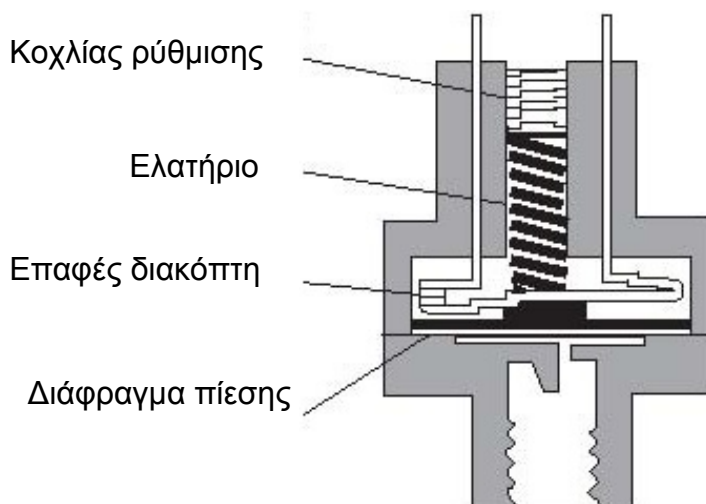
Αισθητήρας εξατμιστή

Πρόκειται για μια διάταξη που αποτελείται από έναν αισθητήρα θερμοκρασίας (όπως ακριβώς ο διακόπτης απόψυξης) τοποθετημένο στα πτερύγια του εξατμιστή, ο οποίος αντί να συνεργάζεται με ένα ρελέ τροφοδοτεί μια μονάδα ελέγχου (ηλεκτρονικός αντί για ηλεκτρικό έλεγχο) που έχει προγραμματιστεί να χρησιμοποιήσει τα δεδομένα και να τα συγκρίνει με δεδομένα που έχουν αποθηκευτεί στη μνήμη της. Η μονάδα μπορεί να επεξεργαστεί αυτά τα δεδομένα και όταν γίνει αισθητή η τάση που σχετίζεται με τον 1°C, η διάταξη θα αποδεσμεύσει το συμπλέκτη του συμπιεστή μέσω ενός ρελέ για να

αποτρέψει το πάγωμα του εξαμιστή. Ο συμπλέκτης του συμπιεστή θα επαναλειτουργήσει, όταν η θερμοκρασία του εξαμιστή φθάσει τους 2,5°C.

Διακόπτης περιστροφής συμπιεστή (συστήματα με βαλβίδα στραγγαλισμού σταθερού στομίου)

Αν η θερμοκρασία στον εξαμιστή προσεγγίσει τους 0 °C, ο πάγος που θα εμφανιστεί στην επιφάνεια του θα ελαττώσει τον όγκο του αέρα που ρέει μέσα από αυτόν, μειώνοντας την αποτελεσματικότητα του συστήματος. Για να αποφευχθεί αυτό, τοποθετείται ένας διακόπτης περιστροφής του συμπιεστή (Σχήμα 2.46) στο συσσωρευτή για να απενεργοποιήσει το συμπλέκτη του συμπιεστή, όταν επιτευχθεί μια συγκεκριμένη πίεση. Για παράδειγμα, όταν επιτυγχάνεται στην πλευρά χαμηλής πίεσης του συστήματος 1,5 bar, οι επαφές του διακόπτη ανοίγουν άμεσα ή έμμεσα, διακόπτοντας τη ροή ρεύματος στο συμπλέκτη του συμπιεστή. Μόλις η πίεση αυξηθεί στα 2,9 bar, οι επαφές του διακόπτη κλείνουν και πάλι και ο συμπιεστής ενεργοποιείται εκ νέου. Συχνά ο διακόπτης περιστροφής χρησιμοποιείται επίσης και ως διακόπτης χαμηλής πίεσης, σε περίπτωση που υπάρχει διαρροή ψυκτικού. Στην περίπτωση αυτή, ο διακόπτης ανοίγει στο 1,5 bar αποσυνδέοντας τον συμπλέκτη του συμπιεστή και εξασφαλίζει ότι ο συμπιεστής δεν έχει υποστεί βλάβη λόγω ελλιπούς λίπανσης.



Σχήμα 2.44 Διακόπτης περιστροφής συμπιεστή

2.7 Βασικοί διακόπτες ελέγχου

Διακόπτης χαμηλής πίεσης

Αντιδρά με την πίεση στην πλευρά αναρρόφησης του συστήματος, συνήθως του συσσωρευτή και απομονώνει το συμπλέκτη του συμπιεστή αν η πίεση πέσει κάτω από το 1,5 bar. Σε ένα σύστημα με βαλβίδα στραγγαλισμού σταθερού στομίου, η βαλβίδα χαμηλής πίεσης και ο διακόπτης περιστροφής του συμπιεστή είναι συχνά τα ίδια συσκευή.

Διακόπτης διπλής πίεσης – Διακόπτης υψηλής πίεσης και διακόπτης ανεμιστήρα συμπυκνωτή

Δύο ευαίσθητοι στην πίεση διακόπτες που περιέχονται στην πλευρά υψηλή πίεση του κυκλώματος. Ο ένας από αυτούς λειτουργεί ως διακόπτης ασφαλείας για να αποφευχθεί η υπερβολική πίεση του συστήματος. Ο δεύτερος διακόπτης θέτει τον ανεμιστήρα του συμπυκνωτή στη δεύτερη σκάλα περίπου στα 20,7 bar και τον σβήνει και πάλι στα 17,2 bar. Αυτή η διαδικασία βελτιώνει την απόδοση του συστήματος σε περιπτώσεις υπερβολικής ζέστης.

Διακόπτης υψηλής πίεσης

Ένας διακόπτης πίεσης απενεργοποιεί τον συμπιεστή όταν επικρατεί υπερβολικά υψηλή πίεση στο εσωτερικό του συστήματος κλιματισμού, περίπου στα 30 – 35 bar. Τοποθετείται στην πλευρά υψηλής πίεσης του συστήματος.

Τριπλός διακόπτης

Τρεις διακόπτες ευαίσθητοι στην πίεση αποτελούν έναν τριπλό διακόπτη. Ένας χαμηλής πίεσης που ανοίγει το κύκλωμα διακόπτοντας το ρεύμα που συμπλέκει τον συμπιεστή όταν η πίεση του συστήματος πέσει κάτω από το 1,4 bar (περίπου). Αυτό

θα μπορούσε να προκληθεί από μια διαρροή ψυκτικού ή φυσιολογική απώλεια μετά από μακροχρόνια χρήση. Ένας διακόπτης υψηλής πίεσης ενεργοποιείται περίπου σε μια πίεση της τάξης των 30 bar, διακόπτοντας και πάλι το ρεύμα σύμπλεξης του συμπιεστή σε περίπτωση απόφραξης του συστήματος σε οποιοδήποτε σημείο του. Ο τρίτος διακόπτης χρησιμοποιείται για τη λειτουργία της δεύτερης σκάλας (μεγάλης ταχύτητας) του ανεμιστήρα του συμπυκνωτή, υποβοηθώντας στην απομάκρυνση της θερμότητας. Λειτουργεί περίπου στα 18 bar. Ο διακόπτης βρίσκεται στην πλευρά υψηλής πίεσης για τα συστήματα με θερμική βαλβίδα διαστολής. Αν χρησιμοποιείται βαλβίδα στραγγαλισμού σταθερού στομίου, ένας διακόπτης περιστροφής ενσωματώνεται στη πλευρά χαμηλής πίεσης κι ένας διακόπτης διπλής πίεσης στην πλευρά υψηλής πίεσης. Στα σύγχρονα συστήματα κλιματισμού οι διακόπτες αντικαθίστανται από ένα και μόνο αισθητήρα πίεσης.

Αισθητήρας πίεσης

Ο αισθητήρας πίεσης περιέχει δύο επιμεταλλωμένους κεραμικούς δίσκους τοποθετημένους σε κοντινή απόσταση. Ο δίσκος που βρίσκεται πλησιέστερα προς το σημείο που ασκείται η πίεση είναι πιο λεπτός και κυρτώνει όταν υπόκεινται σε πίεση. Με τον τρόπο αυτό, οι δίσκοι δρουν σαν πλάκες ενός πυκνωτή, η χωρητικότητα του οποίου μεταβάλλεται ανάλογα με την πίεση. Ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα ενσωματωμένο στον αισθητήρα μετατρέπει την χωρητικότητα σε μια αντίστοιχη τάση.

Πίνακας 2.3 Τάση εξόδου από τον αισθητήρα πίεσης

Bar	Voltage
2	0.4
10	1.6
15	2.35
20	3.1
25	3.85

3. Ψύξη και κλιματισμός χωρίς υπερθέρμανση του πλανήτη

Η ζωή μετά το φρέον

Δύο δεκαετίες πριν, η επιλογή του ψυκτικού μέσου για τις ανάγκες ψύξης-κλιματισμού ήταν απλή υπόθεση. Ουσίες αδρανείς, μη τοξικές και μη εύφλεκτες, όπως ήταν π.χ. οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs, γνωστοί και με την εμπορική ονομασία “φρέον”) κυριαρχούσαν στην αγορά. Η μακαριότητα αυτή ταραχτήκε όταν αποκαλύφθηκε ότι οι ουσίες αυτές καταστρέφουν το προστατευτικό στρώμα του όζοντος.

Η βιομηχανία αντέδρασε προσπαθώντας να υποκαταστήσει τα CFCs με άλλες ουσίες, οι οποίες, είτε έβλαπταν λιγότερο το όζον (υδροχλωροφθοράνθρακες – HCFCs), είτε ήταν ασφαλείς για τη στιβάδα του όζοντος (υδροφθοράνθρακες - HFCs). Αν και η κίνηση αυτή έγινε για περιβαλλοντικούς λόγους, η βιομηχανία ψυκτικών εισήλθε σε ένα νέο φαύλο κύκλο, αφού οι νέες ψυκτικές ουσίες (όπως άλλωστε και οι παλαιότερες) συμβάλλουν – και μάλιστα σημαντικά – στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου και στην αλλαγή του κλίματος του πλανήτη. Γι’ αυτό το λόγο, όλες οι προαναφερθείσες ουσίες τελούν υπό απαγόρευση, περιορισμούς ή ελέγχους από διεθνείς συμβάσεις και συγκεκριμένα από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ για την προστασία της στιβάδας του όζοντος και το Πρωτόκολλο του Κιότο για την αποτροπή των κλιματικών αλλαγών. Επιπλέον, νομοθετικές ρυθμίσεις σε περιφερειακό ή/και εθνικό επίπεδο βάζουν πλέον φραγμούς στην περαιτέρω ανάπτυξη αυτών των επιβλαβών για το περιβάλλον ουσιών.

Υπάρχουν βέβαια και καλά νέα. Την ώρα που η πλειοψηφία της βιομηχανίας ψυκτικών αναζητούσε λύσεις μέσα στο στενό ορίζοντα των προϊόντων που ελέγχει (σχεδόν μονοπωλιακά θα λέγαμε), άλλες ουσίες και εφαρμογές, πραγματικά φιλικές προς το περιβάλλον, εισέβαλαν στην αγορά. Πρόκειται για τα λεγόμενα “φυσικά ψυκτικά” (όπως π.χ. οι υδρογονάνθρακες, οι οποίοι κάνουν μια θριαμβευτική επανεμφάνιση μετά την απόρριψή τους από την αγορά στις αρχές του 20ου αιώνα, η αμμωνία, το νερό, κτλ). Έτσι σήμερα, παρέχονται πλέον ασφαλή και επαρκή υποκατάστατα για όλες τις χρήσεις (ψύξη, κλιματισμό, αντλίες θερμότητας, διογκωτικά υλικά, προωθητικά αέρια, κτλ) όπου κυριάρχησαν επί δεκαετίες τα CFCs και στη συνέχεια τα HCFCs και τα HFCs.

Τι ισχύει στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Σύμφωνα με τον Κανονισμό 2037/2000 για τις ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος, ισχύουν σε ευρωπαϊκό επίπεδο τα εξής:

Χρονοδιάγραμμα κατάργησης CFCs & HCFCs στην ΕΕ	
1/1/2001	<ul style="list-style-type: none"> • Απαγόρευση χρήσης CFCs σε υπάρχοντα εξοπλισμό • Τα ανακτώμενα CFCs πρέπει να καταστρέφονται καταλλήλως • Απαγόρευση χρήσης HCFCs σε νέο εξοπλισμό ψυκτικής ικανότητας > 100 kW
1/7/2002	<ul style="list-style-type: none"> • Απαγόρευση χρήσης HCFCs σε νέο εξοπλισμό ψυκτικής ικανότητας < 100 kW
1/1/2004	<ul style="list-style-type: none"> • Απαγόρευση χρήσης HCFCs σε νέα συστήματα inverter και αντλίες θερμότητας
1/1/2010	<ul style="list-style-type: none"> • Απαγόρευση χρήσης παρθένων HCFCs σε υπάρχοντα εξοπλισμό
1/1/2015	<ul style="list-style-type: none"> • Απαγόρευση χρήσης όλων των HCFCs σε υπάρχοντα εξοπλισμό

Η πρόσφατη εμπειρία έχει δείξει ότι οι κοινοτικοί κανονισμοί για το όζον τροποποιούνται – επί το αυστηρότερον πάντα – ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Λογικά λοιπόν, μετά την οριστική απαγόρευση της χρήσης CFCs, θα πρέπει να αναμένει κανείς απομάκρυνση και των HCFCs από την αγορά πολύ πιο σύντομα απ’ ότι περιγράφεται στον παραπάνω πίνακα. Άλλωστε, η χρήση των HCFCs έχει ουσιαστικά απαγορευτεί σε νέες συσκευές κλιματισμού, δίνοντας τη θέση τους σε μία άλλη προβληματική κατηγορία ουσιών, τους υδροφθοράνθρακες (HFCs). **Οι υδροφθοράνθρακες είναι ισχυρότατα αέρια του θερμοκηπίου και ελέγχονται πλέον (όλοι, χωρίς εξαιρέσεις) από το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο κυρώθηκε από το ελληνικό Κοινοβούλιο στις 30/5/2002 και από την Ευρωπαϊκή Ένωση στις 31/5/2002.**

Τα HFCs αποτελούν σήμερα την αιχμή του δόρατος σε ότι αφορά τα βιομηχανικής προέλευσης “αέρια του θερμοκηπίου”. Ενώ το 1990 οι ποσότητές τους στην ευρωπαϊκή αγορά ήταν σχεδόν μηδενικές, έφτασαν στους 37.500 τόνους το 1998 και εκτιμάται ότι θα εκτιναχθούν στους 129.000 τόνους το 2012. Αν δεν ληφθούν επιπλέον μέτρα, εκτιμάται ότι τα λεγόμενα F-gases (HFCs, PFCs και SF6, τα οποία όλα ελέγχονται από το Πρωτόκολλο του Κιότο) θα αποτελούν το 15% όλων των αερίων του

θερμοκηπίου ως το 2040 και το 40% ως το 2100. Η ίδια η βιομηχανία βέβαια εκτιμά ότι θα είναι μόλις το 3% όλων των αερίων του θερμοκηπίου ως το 2050, μια εκτίμηση όχι και τόσο ρεαλιστική αν αναλογιστεί κανείς πως ήδη αποτελούν το 3-5% σε ορισμένες χώρες (3,3% στην Ελλάδα για το έτος 2000) και χωρίς λήψη μέτρων θα φτάσουν στο 4% όλων των αερίων του θερμοκηπίου στην ΕΕ το 2012 (από 2% το 1995).

Ο παρακάτω πίνακας δίνει κάποιες πληροφορίες για τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα μίγματα και ουσίες (υδροφθοράνθρακες), κάνοντας αναφορά και στο λεγόμενο “δυναμικό υπερθέρμανσης” της κάθε ουσίας. Ως “δυναμικό υπερθέρμανσης” νοείται το πόσες φορές ισχυρότερο “αέριο του θερμοκηπίου” είναι ένα μόριο μιας ουσίας σε σχέση με ένα μόριο διοξειδίου του άνθρακα, του πιο γνωστού δηλαδή αερίου του θερμοκηπίου.

Ιδιότητες υδροφθορανθράκων – HFCs			
Ουσία	Υποκατάστατο του	Δυναμικό υπερθέρμανσης (για χρονικό ορίζοντα 100 ετών)	Σχόλια
R134a (HFC-134a)	R12 (CFC-12)	1.300	Ευρύτατα χρησιμοποιούμενο σε ψυγεία & κλιματισμό αυτοκινήτων .
R407c (μίγμα HFC-32, HFC-125, HFC134a)	R22 (HCFC-22) 1.653	1.653	Χρήση σε κλιματιστικά
R410a (μίγμα HFC-32 & HFC-125)	Μόνο για νέες συσκευές	1.975	Χρήση σε κλιματιστικά
R413a (μίγμα FC-218, HFC-134a, HC-600a)	R12 (CFC-12)	1.760	Άμεση υποκατάσταση του R12 σε παλιές συσκευές (drop-in)
R417a (μίγμα HFC-134a, HC-600a)	R22 (HCFC-22)	1.950	Άμεση υποκατάσταση του R22 σε παλιές συσκευές (drop-in)
Forane FX90 (μίγμα HFC-125, HFC-134a, E170)	R22 (HCFC-22)	2.400	Άμεση υποκατάσταση του R22 σε παλιές συσκευές (drop-in)
Isceon 39TC (μίγμα HFC-134a, R227ea)	R12 (CFC-12)	1.940	Άμεση υποκατάσταση του R12 σε παλιές συσκευές (drop-in)

Για σύγκριση αναφέρεται πως το δυναμικό υπερθέρμανσης του ισοβουτανίου (R600a) και του προπανίου (R290), των πιο συχνά χρησιμοποιούμενων ως ψυκτικών υδρογονανθράκων, είναι <20. Ο παρακάτω πίνακας δίνει το μέσο ανά εφαρμογή δυναμικό υπερθέρμανσης για τις περιπτώσεις όπου γίνεται χρήση HFCs.

Εφαρμογή	Δυναμικό υπερθέρμανσης (για χρονικό ορίζοντα 100 ετών)
Παραγωγή και διακίνηση HFCs	1.300
HFC-23	11.700
Εξηλασμένη πολυστερίνη	1.180
Αφροί πολυουρεθάνης	815
Οικιακή ψύξη	1.300
Εμπορική ψύξη	2.700
Κλάδος τροφίμων, αγροτικών προϊόντων και βιομηχανία εν γένει	2.200
Κλιματισμός με ψύκτες νερού	2.600
Κλιματισμός αυτοκινήτων	1.300
Σπρέυ	1.300
Αερολύματα για εισπνοή σταθερών δόσεων (για ιατρική χρήση)	2.500
Πυροσβεστήρες	2.900
Διαλύτες	810

Να σημειωθεί ότι, πέραν της μεγάλης συμβολής των HFCs στην αλλαγή του κλίματος του πλανήτη, εκφράζονται φόβοι και για την τοξικότητα των παραπροϊόντων από τη διάσπαση των ουσιών αυτών. Ανοιχτή παραμένει π.χ. η επιστημονική συζήτηση για τις επιπτώσεις από το τριφθοροξικό οξύ (TFA), που αποτελεί ένα από τα προϊόντα διάσπασης των HFCs.

Σε ότι αφορά το τεχνικό μέρος, αξίζει να επισημανθεί ότι, σε αντίθεση με τους υδρογονάνθρακες που θα εξετάσουμε παρακάτω, τα HFCs δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τα παλαιά ψυκτέλαια με τα οποία ήταν συμβατά τα CFCs και HCFCs. Αυτό σημαίνει ότι οποιαδήποτε μετατροπή παλαιών συσκευών για να χρησιμοποιούν HFCs έχει ένα επιπλέον κόστος για την αλλαγή των ψυκτελαίων με

πολυεστερικά έλαια. Τέλος, να τονίσουμε ότι η αποδοτικότητα των συσκευών που κάνουν χρήση HFCs είναι τις περισσότερες φορές μικρότερη από την αντίστοιχη συσκευών που χρησιμοποιούν εναλλακτικά ψυκτικά ή άλλες τεχνικές ψύξης. Χαρακτηριστικό είναι επίσης πως τα ψυγεία με R134a είναι περισσότερο θορυβώδη από αυτά που έχουν ως ψυκτικό το ισοβουτάνιο (R600a).

Τυπικές ετήσιες διαρροές HFCs κατά τη χρήση	
Οικιακή ψύξη	1%
Ψύκτες	10%
Εμπορικές εφαρμογές	10-25%
Φορητά ψυγεία	30%
Κλιματισμός αυτοκινήτων	8-30%

** Οι υδρογονάνθρακες παρουσιάζουν σημαντικά μικρότερες διαρροές.*

Για όλους τους παραπάνω λόγους, **αρκετές χώρες έχουν ήδη προχωρήσει σε μέτρα περιορισμού των HFCs**. Η ΕΕ πρότεινε τον Αύγουστο του 2003 σχετική νομοθεσία η οποία, αν και εξαιρετικά ανεπαρκής, θέτει εν τούτοις για πρώτη φορά περιορισμούς στη χρήση των λεγόμενων F-gases, με πιο σημαντικό μέτρο αυτό της απαγόρευσης των HFCs σε κλιματιστικά αυτοκινήτων ως το 2012.

Φυσικά ψυκτικά και εναλλακτικές τεχνικές ψύξης

Ως απάντηση στα περιβαλλοντικά προβλήματα που συνδέονται με τη χρήση CFCs, HCFCs, και HFCs, έχουν αναπτυχθεί πολλά εναλλακτικά προϊόντα και τεχνικές. Κάποια από τα προϊόντα αυτά είναι γνωστά από παλιά και έχουν ευρεία χρήση (όπως π.χ. η αμμωνία), κάποια επανήλθαν στην αγορά μετά από δεκαετίες ξεπερνώντας τα τεχνικά προβλήματα του παρελθόντος (π.χ. υδρογονάνθρακες) και κάποια βρίσκονται στην αιχμή της τεχνολογικής έρευνας (όπως η ψύξη με χρήση κύκλου Stirling, η μαγνητική, η θερμοακουστική, η οπτική ψύξη, κλπ). Πάνω από είκοσι διαφορετικά είδη προϊόντων και τεχνικών είναι σήμερα διαθέσιμα, τα μισά από τα οποία σε εμπορική

κλίμακα. Απ' αυτά, τα σημαντικότερα είναι οι υδρογονάνθρακες, η αμμωνία (R717), το διοξείδιο του άνθρακα (R744), το νερό (R718), ο αέρας (R729), κ.λπ. Παρακάτω εστιάζουμε κυρίως στους υδρογονάνθρακες (και δευτερευόντως στην αμμωνία και το διοξείδιο του άνθρακα), δεδομένου ότι οι ουσίες αυτές φαίνεται πως μπορούν να εκτοπίσουν σχεδόν ολοσχερώς τα επιβλαβή ψυκτικά από την αγορά. Τονίζουμε πάντως ότι η τρέχουσα δεκαετία θα είναι μία περίοδος εντυπωσιακών αλλαγών στις τεχνολογίες και εφαρμογές της ψύξης και ότι τελικά αναμένεται πως οι τεχνολογίες που θα καταφέρουν να σταθούν στην αγορά θα είναι μάλλον διαφορετικές για κάθε ξεχωριστή εφαρμογή και χρήση.

Οι υδρογονάνθρακες σε συσκευές ψύξης και κλιματισμού

Οι υδρογονάνθρακες έχουν άριστες ψυκτικές ιδιότητες. Πριν από πολλές δεκαετίες είχαν χρησιμοποιηθεί και πάλι ως ψυκτικά, εγκαταλείφθηκαν όμως χάριν των CFCs. Οι υδρογονάνθρακες επανήλθαν ως ψυκτικά τη δεκαετία του 1990, χάρη στην εκστρατεία της Greenpeace για την προώθηση εναλλακτικών τεχνικών που δεν καταστρέφουν το όζον και δεν απειλούν το κλίμα της Γης. Για την προώθηση αυτής της τεχνολογίας (Greenfreeze), η Greenpeace βραβεύτηκε το 1997 με το Βραβείο Όζοντος των Ηνωμένων Εθνών.

Οι υδρογονάνθρακες δεν καταστρέφουν το όζον, ούτε συμβάλλουν σημαντικά ως ψυκτικά στην αλλαγή του κλίματος. Επιτυγχάνουν αυξημένη απόδοση των συσκευών ψύξης και κλιματισμού και μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για την υποκατάσταση ψυκτικών σε παλιές συσκευές χωρίς να χρειάζεται αλλαγή λαδιών ή πολύπλοκες τεχνικές διαδικασίες. Η μόνη ένσταση που έχει ποτέ διατυπωθεί για τη χρήση υδρογονανθράκων ως ψυκτικών είναι η ευφλεξιμότητά τους. Αυτό όμως δεν σημαίνει πως υπάρχει κίνδυνος από τη συγκεκριμένη χρήση τους σε συσκευές ψύξης και κλιματισμού. Για να αναφλεγούν πρέπει η συγκέντρωσή τους στην ατμόσφαιρα να είναι σε συγκεκριμένα επίπεδα, διαφορετικά δεν είναι δυνατόν να υπάρξει ανάφλεξη. Με τις χρησιμοποιούμενες ποσότητες υδρογονανθράκων σε συσκευές ψύξης και κλιματισμού, ακόμη κι αν διαρρεύσει όλο το ψυκτικό υγρό, είναι εξαιρετικά δύσκολο να υπάρξει ανάφλεξη. Το αποδεικνύει άλλωστε η πολύχρονη εμπειρία, αφού μέχρι σήμερα δεν είχαμε κανένα ατυχές συμβάν. Σχετικές μελέτες επικινδυνότητας έχουν αποδείξει ότι η πιθανότητα ατυχήματος είναι εξαιρετικά μικρή και στην πράξη είναι μηδενική. Είναι χαρακτηριστικό π.χ. πως ένα ψυγείο έχει 40-120 γραμμάρια υδρογονανθράκων ως

ψυκτικό (τις ίδιες ουσιαστικά ουσίες που χρησιμοποιούνται σε κοινούς αναπτήρες και συσκευές υγραερίου), μια ποσότητα δηλαδή εξαιρετικά μικρή. Για σύγκριση, ένα μικρό γκαζάκι υγραερίου για ψήσιμο καφέ έχει 300 γραμμάρια και μία φιάλη υγραερίου 15 κιλά. Επιπλέον, το ψυκτικό είναι σε ένα κλειστό κύκλωμα με μικρή πιθανότητα διαρροής, σε αντίθεση με τις άλλες χρήσεις του υγραερίου στο σπίτι. Αντιστοίχως, μία κλιματιστική μονάδα διαιρούμενου τύπου (split-unit), με υδρογονάνθρακα ως ψυκτικό, έχει 300 γραμμάρια προπανίου (για ισχύ 2,4 KW ή αλλιώς 8.000 Btu), 340 γραμμάρια προπανίου (για ισχύ 3,55 KW ή αλλιώς 12.000 Btu) ή έως και 1.500 γραμμάρια προπανίου για μεγαλύτερες κλιματιστικές μονάδες των 20 KW (70.000 Btu). Να σημειωθεί πως υπάρχουν ήδη εξαιρετικά αυστηροί κανονισμοί ασφαλείας για τη χρήση υδρογονανθράκων ως ψυκτικών.

Ειδικά για οικιακά ψυγεία και ψυγειοκαταψύκτες, η μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες είναι τα 150 γραμμάρια ανά συσκευή, ποσότητα που, ούτως ή άλλως, είναι αρκετά μεγαλύτερη από την απαιτούμενη. Στις ΗΠΑ, υπάρχει το παράδοξο ότι οι υδρογονάνθρακες απαγορεύονται ως ψυκτικά σε μη βιομηχανικές χρήσεις (επιτρέπονται όμως για τον κλιματισμό αυτοκινήτων). Η δικαιολογία είναι πως απαιτούνται περαιτέρω μελέτες επικινδυνότητας (τις οποίες όμως οι ίδιες οι υπηρεσίες καθυστερούν). Έτσι, η Β. Αμερική είναι, προς το παρόν, η μόνη περιοχή του πλανήτη όπου δεν μπορεί να βρει κανείς οικιακές συσκευές ψύξης και κλιματισμού που χρησιμοποιούν ως ψυκτικά υδρογονάνθρακες.

Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι υδρογονάνθρακες είναι:

- Το ισοβουτάνιο (R600a)
- Το προπάνιο (R290) ή και μίγματα προπανίου και ισοβουτανίου

Όταν υπάρχει ανάγκη να συμπληρωθεί ψυκτικό ή να υποκατασταθεί το R12 που υπήρχε σε παλιές συσκευές, τότε ο ιδανικός συνδυασμός είναι ένα μίγμα R290/R600a (σε αναλογία 50-50%).

Στη διεθνή αγορά κυκλοφορούν μίγματα υδρογονανθράκων που καλύπτουν όλες τις ανάγκες για συσκευές ψύξης – κλιματισμού, αντλίες θερμότητας, κλπ, πολλά από τα οποία μπορούν να υποκαταστήσουν άμεσα (drop-in) τα R12, R22, R134a, κ.λπ. Το μίγμα R290/R600a μπορεί π.χ. να υποκαταστήσει άμεσα το R12 και το R134a, το προπυλένιο (R1270) μπορεί να υποκαταστήσει το R22, κ.λπ. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει μερικές από τις βασικές εφαρμογές των υδρογονανθράκων ως υποκατάστατων των επιβλαβών ψυκτικών ουσιών.

Εφαρμογές υδρογονανθράκων ως ψυκτικά μέσα			
Ψυκτικό	Σύνθεση	Εύρος εφαρμογών	Υποκατάστατο των...
CARE 10	R600a	Υψηλές/μέσες θερμοκρασίες, οικιακός εξοπλισμός	R12, R134a
CARE 30	R600a/R290	Υψηλές/μέσες θερμοκρασίες, εμπορικός-οικιακός εξοπλισμός, κλιματιστικά αυτοκινήτων	R12, R134a
CARE 40	R290	Υψηλές/μέσες/χαμηλές θερμοκρασίες, εμπορική και βιομηχανική ψύξη και κλιματισμός, αντλίες θερμότητας, ψύκτες	R22, R404a, R407c, R507
CARE 45	R1270	Υψηλές/μέσες/χαμηλές θερμοκρασίες, εμπορική ψύξη, κλιματισμός	R22, R404a, R407c, R502
CARE 50	R290/R170	Υψηλές/μέσες/χαμηλές θερμοκρασίες, εμπορική και βιομηχανική ψύξη και κλιματισμός, αντλίες θερμότητας, ψύκτες	R22, R404a, R407c, R507

Το διοξείδιο του άνθρακα σε συσκευές ψύξης και κλιματισμού

Σε ότι αφορά τις περιβαλλοντικές επιδόσεις του και τα ζητήματα ασφάλειας, το διοξείδιο του άνθρακα (R744) είναι άριστο ως ψυκτικό. Το βασικό μειονέκτημά του είναι ότι, λόγω χαμηλής κρίσιμης θερμοκρασίας, έχει σχετικά μικρό βαθμό απόδοσης. Σε κάποιες εφαρμογές, το πρόβλημα αυτό λύνεται με ειδικό σχεδιασμό του εναλλάκτη θερμότητας. Το διοξείδιο του άνθρακα λειτουργεί επίσης σε υψηλότερες πιέσεις, γεγονός που σημαίνει πως απαιτείται διαφορετικός συμπιεστής και αυτό σημαίνει πως δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως άμεσο υποκατάστατο σε υπάρχοντα εξοπλισμό. Σημαντική πρόοδος έχει σημειωθεί στη χρήση του διοξειδίου του άνθρακα ως ψυκτικού σε μικρές εφαρμογές ψύξης, για τον κλιματισμό αυτοκινήτων, σε αντλίες θερμότητας,

κ.λπ. Το διοξείδιο του άνθρακα αναμένεται να γίνει το κυρίαρχο ψυκτικό σε κλιματιστικά αυτοκινήτων, αλλά ενδεχομένως και σε μικρές κλιματιστικές μονάδες, εκτοπίζοντας τα HFCs.

Αποφυγή χρήσης HFCs στην αυτοκίνηση

Στα κλιματιστικά αυτοκινήτων, μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του '90 χρησιμοποιήθηκε το CFC-12. Τα σύγχρονα αυτοκίνητα κλιματίζονται συνήθως με R134a (HFC-134a). Ένα μέσο αυτοκίνητο έχει περί τα 800 γραμμάρια R134a στο κλιματιστικό του. Εναλλακτικά, ο κλιματισμός θα μπορούσε να λειτουργήσει με υδρογονάνθρακες (περίπου 400 γραμμάρια R290 ή μίγμα R290/R600a) ή με διοξείδιο του άνθρακα. Ήδη, εκατοντάδες χιλιάδες αυτοκίνητα στις ΗΠΑ, την Αυστραλία και αλλού χρησιμοποιούν υδρογονάνθρακες για τον κλιματισμό τους. Η αυτοκινητοβιομηχανία Daimler Chrysler έχει δεσμευτεί για την ευρεία χρήση του διοξειδίου του άνθρακα ως ψυκτικού το αργότερο ως το 2005. Στην ίδια κατεύθυνση κινούνται και αρκετές άλλες αυτοκινητοβιομηχανίες, όπως π.χ. η Toyota, η Ford, η Renault, ο όμιλος VW και η BMW. Σημειωτέων, η ΕΕ έχει πρόθεση να απαγορεύσει οριστικά τη χρήση HFCs σε κλιματιστικά αυτοκινήτων το αργότερο ως το 2012.

Τα μικρά ή μεγάλα φορτηγά ψυγεία αποτελούν ένα σημαντικό κομμάτι της αγοράς, το οποίο παραδοσιακά βασιζόταν σε πετρελαιοκίνητα ψυγεία με ψυκτικά μέσα που καταστρέφουν το περιβάλλον, όπως HFC-134a, R404a και R507a ενώ παρατηρείται αύξηση στη χρήση του R410a. Όλα τα συστήματα που χρησιμοποιούν CFCs στα φορτηγά ψυγεία θα αποσύρθηκαν το 2010, ενώ τα αποθέματα ψυκτικών ουσιών που καταστρέφουν το όζον που χρησιμοποιούνται στα φορτηγά ψυγεία είναι 4.300 τόνοι CFCs και 17.000 τόνοι HCFCs με περίπου 25% ετήσια ποσοστά εκπομπής.

Σήμερα, παρέχονται πλέον επαρκείς εναλλακτικές λύσεις όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο εκτός από ψυκτικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τροφοδότηση της ψυκτικής μηχανής αντί του ρυπογόνου ντίζελ. Η Thermoking, η μεγαλύτερη στο είδος της εταιρία, παρέχει την τεχνολογία αυτή ήδη από το 2001.

Συμπεράσματα

Είναι δύσκολο να προβλέψουμε προς ποια κατεύθυνση θα κινηθούν οι αυτοκινητοβιομηχανίες όσο αφορά τα συστήματα θέρμανσης – κλιματισμού. Η διάδοση οχημάτων με μικρό θερμικό αποτύπωμα λόγω των ολοένα και αυστηρότερων κανονισμών εκπομπής καυσαερίων πιθανόν να οδηγήσει σε υιοθέτηση συστημάτων κίνησης τα οποία δεν θα παρέχουν πλεόνασμα θερμικής ενέργειας για την θέρμανση της καμπίνας επιβατών. Επιπροσθέτως είναι πιθανή η μεταστροφή σε ψυκτικούς κύκλους λιγότερο ρυπογόνων ρευστών (σε πιθανή διαρροή), όπως ο ψυκτικός κύκλος του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

Επί του παρόντος, η αυξανόμενη χρήση θερινού κλιματισμού σε επιβατηγά αυτοκίνητα, σε συνδυασμό με τον παραδοσιακά υφιστάμενο χειμερινό κλιματισμό, μπορούν να εξασφαλίσουν από ανεκτές μέχρι ικανοποιητικές συνθήκες στην καμπίνα των επιβατών. Ακόμα και σε κοινά επιβατηγά αυτοκίνητα σήμερα προσφέρονται πολυάριθμες δυνατότητες για τη ρύθμιση της ποιότητας του προσαγόμενου αέρα. Η παρούσα πτυχιακή εργασία κατέδειξε ότι η κατανόησή των ελέγξιμων παραγόντων που επηρεάζουν τα ψυχομετρικά χαρακτηριστικά του αέρα, επιτρέπει στον οδηγό να κάνει τους κατάλληλους χειρισμούς για την επίτευξη της βέλτιστης κλιματικής άνεσης. Αντίθετα, η άγνοια αυτών μπορεί να στοιχίζει την αδικαιολόγητη ταλαιπωρία των επιβαινόντων, με αρνητικές επιπτώσεις τόσο στην ψυχική διάθεση και τη σωματική ευεξία, όσο και στη γενικότερη ασφάλεια της μετακίνησης.

Βιβλιογραφία

- 1) STEVEN DALY (2006), *Automotive Air-conditioning and Climate Control Systems*, εκδόσεις Elsevier Ltd.
- 2) WILLIAM WHITMAN, WILLIAM JOHNSON, JOHN TOMCZYK, EUGENE SILBERSTEIN (2009), *Refrigeration & Air-conditioning Technology*
- 3) ΣΤΕΛΙΟΣ ΨΩΜΑΣ (2003), *Ψύξη & Κλιματισμός χωρίς υπερθέρμανση του πλανήτη*, Greenpeace.
- 4) SANDEN *Compressor Service Guide*, 2^η έκδοση.
- 5) ΜΗΝΑΣ ΙΑΤΡΙΔΗΣ (1996), *Οδηγός ψύξης*