

ΕΝΟΤΗΤΑ 1.3

Αυτόματα κιβώτια

Διδακτικοί στόχοι

Με την ολοκλήρωση της διδασκαλίας του κεφαλαίου αυτού οι μαθητές θα είναι σε θέση:

- να αναγνωρίζουν τα είδη των ηλεκτρονικά ελεγχόμενων κιβωτίων ταχυτήτων
- να αναγνωρίζουν τα μέρη - εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται το σύστημα
- να περιγράφουν και να εξηγούν τον τρόπο λειτουργίας των αυτομάτων κιβωτίων
- να αναφέρουν τα συμπτώματα των βλαβών τους
- να αναφέρουν τα μέσα και τους τρόπους διάγνωσης και επισκευής των αντιστοίχων βλαβών

1.3.1. Γενικά

Ένα κιβώτιο ταχυτήτων χωρίς χειροκίνητες αλλαγές είναι από τις παλιότερες απαιτήσεις των οδηγών. Τα τελευταία χρόνια τα εξελιγμένα συστήματα μετάδοσης κίνησης έχουν εισβάλει δυναμικά και στην ευρωπαϊκή αγορά, παραγκωνίζοντας τα παραδοσιακά χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων.

Επειδή βασίζεται σε ηλεκτρονική τεχνολογία η λειτουργία τους παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα χειροκίνητα και όχι μόνο στον τομέα της άνεσης.

Ας δούμε γιατί:

Άνετη οδήγηση

Το πρώτο που παρατηρεί ο οδηγός ενός εξελιγμένου αυτόματου κιβωτίου είναι η έλλειψη του πεντάλ του συμπλέκτη. Αυτό σημαίνει μεγαλύτερη άνεση στην οδήγηση αφού ο οδηγός μπορεί να αλλάξει ταχύτητες με ελάχιστη ή καθόλου προσπάθεια, κάτι ιδιαίτερα βολικό στην καθημερινή οδήγηση μέσα στην κίνηση της πόλης.

Οικονομία

Ο προγραμματισμός του ηλεκτρονικού εγκεφάλου που διαχειρίζεται τη λειτουργία ενός αυτόματου κιβωτίου έχει

στόχο τη λειτουργία του κινητήρα στο εύρος στροφών, όπου εμφανίζεται η μέγιστη απόδοσή του. Για να πραγματοποιηθεί αυτό απαιτούνται δεδομένα, όπως οι στροφές λειτουργίας, το φορτίο, κτλ, που παρέχουν συνήθως οι ίδιοι αισθητήρες που χρησιμοποιεί ο ηλεκτρονικός εγκέφαλος διαχείρισης του κινητήρα.

Μειωμένες φθορές

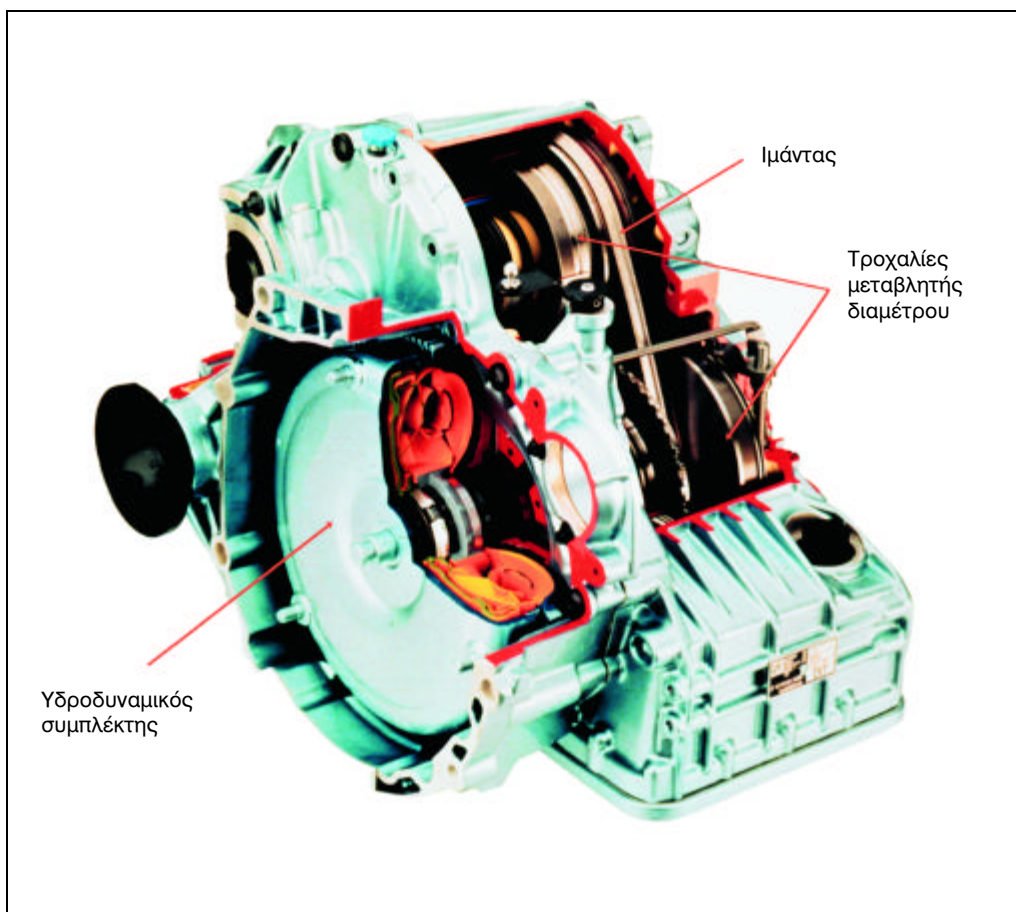
Στα αυτόματα κιβώτια δεν υπάρχει συμβατικός συμπλέκτης αλλά μετατροπέας

ροπής ή ηλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης, συστήματα που παρουσιάζουν σε γενικές γραμμές μικρότερες φθορές.

Είδη αυτομάτων κιβωτίων

Σήμερα τα πιο διαδομένα αυτόματα κιβώτια είναι τα εξής:

- Κιβώτια συνεχώς μεταβαλλόμενης σχέσης (CVT).
- Συμβατικά αυτόματα και ηλεκτρονικά ελεγχόμενα.



Σχήμα 1.20: Κιβώτιο CVT της Ford.

1.3.2 Κιβώτια συνεχώς μεταβαλλόμενης σχέσης (CVT)

Ο στόχος των κιβωτίων αυτού του είδους είναι η συνεχής μεταβολή της σχέσης μετάδοσης κατά τέτοιο τρόπο, ώστε ο κινητήρας να λειτουργεί στην περιοχή στροφών όπου παρουσιάζει τη μέγιστη ροπή. Εκεί μεγιστοποιείται και η απόδοσή του, οπότε επιτυγχάνεται η μέγιστη οικονομία καυσίμου. Για αυτό το λόγο η χρήση τους επικεντρώθηκε στα μικρά αυτοκίνητα πόλης, με μικρούς κινητήρες.

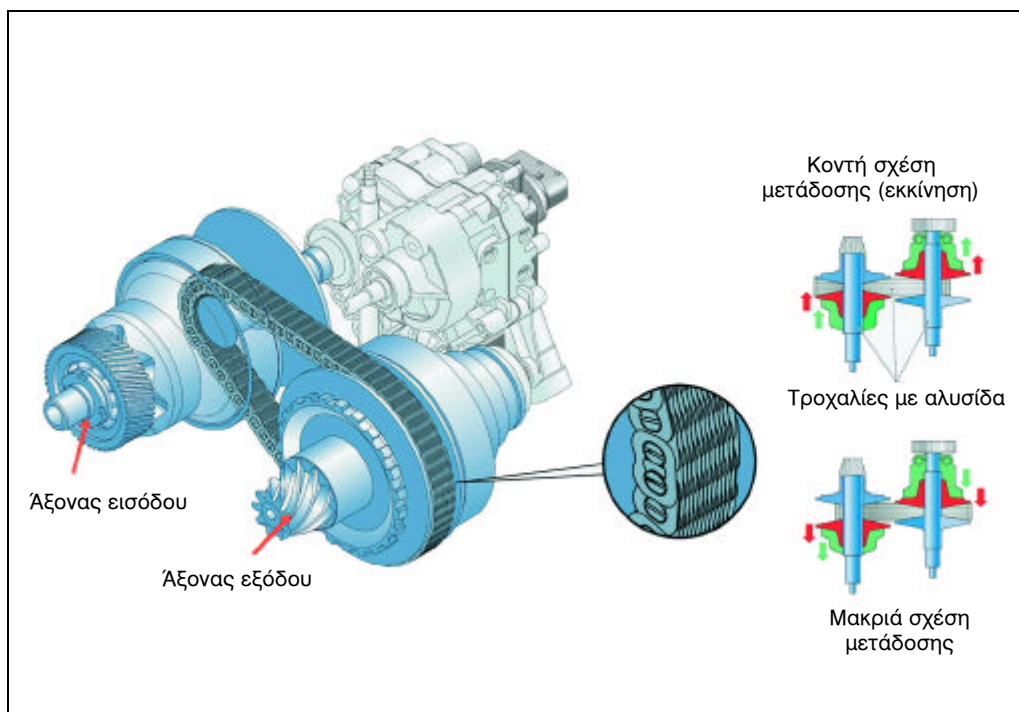
Παράλληλα παρουσιάζουν ιδιαίτερα ομαλή λειτουργία στην αλλαγή των ταχυτήτων, κάτι που τα κάνει ιδιαίτερα βολικά για την κίνηση μέσα στην πόλη.

Αρχή λειτουργίας

Η βασική αρχή της λειτουργίας των κιβωτίων συνεχώς μεταβαλλόμενης σχέσης είναι σχετικά απλή και εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στο Variomatic της DAF το 1956.

Η μετάδοση της κίνησης γίνεται μέσω ενός ιμάντα σταθερού μήκους μεταξύ δύο τροχαλιών κωνικής διατομής και μεταβλητής διαμέτρου. Η σχέση μετάδοσης ισούται με το λόγο των διαμέτρων των τροχαλιών, οπότε από την στιγμή που οι διάμετροι είναι μεταβλητές, το ίδιο είναι και η σχέση μετάδοσης.

Η αλλαγή της διαμέτρου της τροχαλίας γίνεται συνήθως μέσω ενός υδραυλικού συστήματος, που μετακινεί τα κωνικά



Σχήμα 1.21: Λειτουργία τροχαλιών μεταβλητής διαμέτρου.

τμήματά της πάνω στον άξονά τους. Όσο τα τμήματα απομακρύνονται, το V της τροχαλίας ανοίγει και ο ιμάντας γλιστράει πιο κοντά στον άξονα περιστροφής της, οπότε και η διάμετρος της τροχιάς του πάνω σε αυτήν αλλάζει.

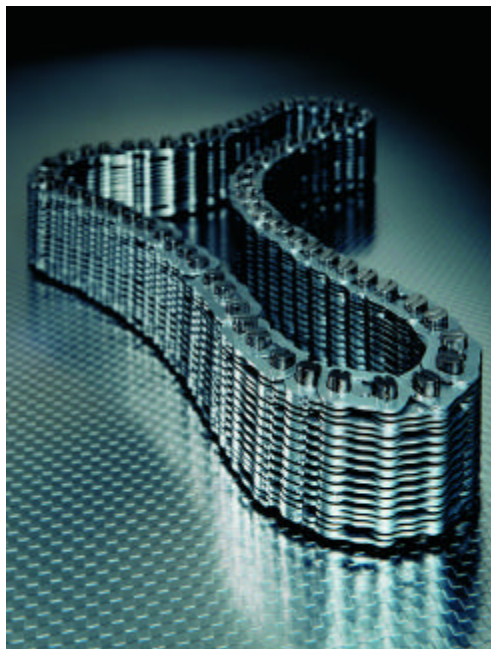
Όταν η τροχαλία του άξονα εισόδου είναι στη μικρότερή της διάμετρο, η τροχαλία του άξονα εξόδου βρίσκεται στη μεγαλύτερη διάμετρό της και έχουμε την πιο κοντή σχέση του κιβωτίου. Όσο η διάμετρος της τροχαλίας εισόδου αυξάνεται, η αντίστοιχη της τροχαλίας εξόδου μειώνεται μέχρι να φτάσει στη μικρότερη τιμή της, οπότε έχουμε τη μεγαλύτερη σχέση μετάδοσης. Συνήθως το εύρος σχέσεων ενός CVT είναι μεγαλύτερο από ένα αντίστοιχο μηχανικό με συνολική σχέση μετάδοσης 5.5 με 6. Θεωρητικά, με το σύστημα αυτό μπορούν να υπάρχουν άπειρες σχέσεις μετάδοσης μεταξύ της μεγαλύτερης ή της μικρότερης, στην πράξη όμως οι σχέσεις αυτές είναι συγκεκριμένες, όμως πάντα, περισσότερες από τα συμβατικά κιβώτια ταχυτήτων.

Μέσο μεταφοράς της κίνησης (ιμάντας ή αλυσίδα)

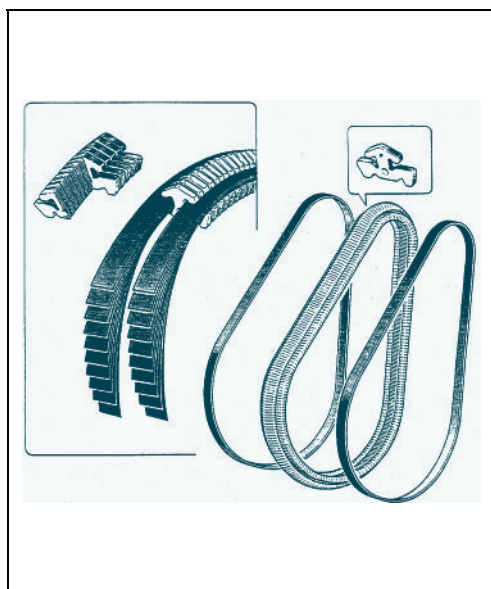
Ο ιμάντας μεταφοράς της κίνησης στις πρώτες εφαρμογές ήταν κωνικός από ελαστικό, στη συνέχεια όμως αντικαταστάθηκε από ειδική αλυσίδα.

Υπάρχουν διαφορετικά είδη αλυσίδας όπως για παράδειγμα αυτή με μεταλλικούς κρίκους ή η αλυσίδα με ελάσματα που αποτελείται από βασικά στοιχεία σχήματος T τα οποία ενώνονται με ελάσματα.

Η τάνυσή της (τέντωμα) και η τριβή των στοιχείων με τα τοιχώματα των τροχα-



Σχήμα 1.22: Αλυσίδα μετάδοσης ισχύος με κρίκους.



Σχήμα 1.23: Αλυσίδα μετάδοσης ισχύος με ελάσματα.

λιών δημιουργούν τη ροπή μεταφοράς της ισχύος. Για τη διατήρηση σταθερής τάνυσης απαιτείται σωστός συγχρονισμός στο άνοιγμα των πλευρών των τροχαλιών. Διαφορετικά παρατηρείται ολίσθηση του ιμάντα πάνω στην τροχαλία και κενό στη μεταδιδόμενη ροπή.

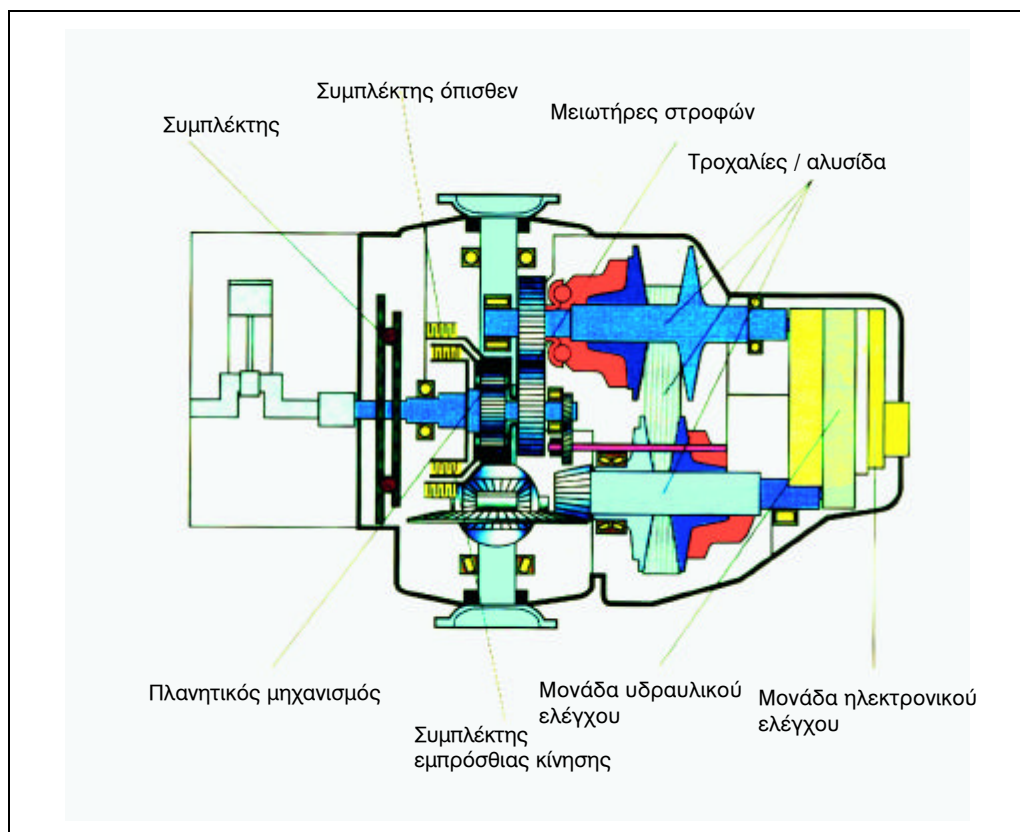
Το βασικό μειονέκτημα της αλυσίδας είναι η δημιουργία θορύβου. Για να αντιμετωπιστεί αυτό οι κρίκοι της αλυσίδας είναι από δύο διαφορετικά μεγέθη έτσι ώστε να μη "χτυπάνε" στις τροχαλίες με την ίδια συχνότητα και δημιουργείται συντονισμός και ενοχλητικός θόρυβος.

Τυπική διάταξη κιβωτίου CVT

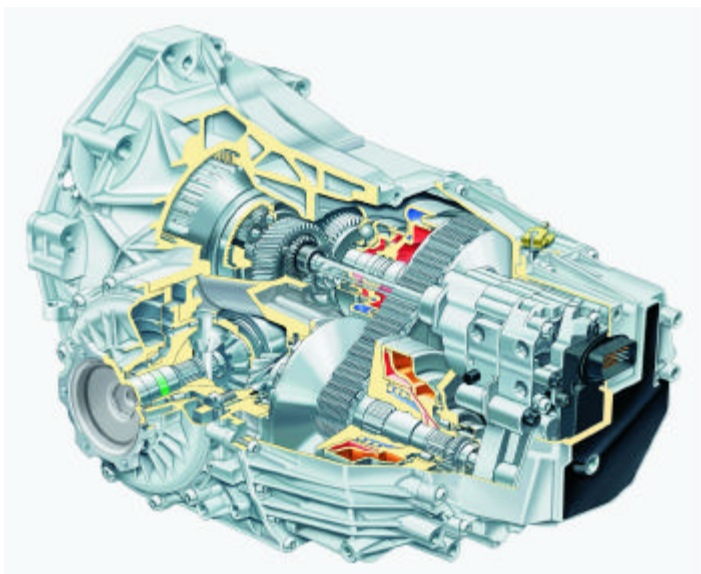
Εξαρτήματα - περιγραφή λειτουργίας

Η μετάδοση της κίνησης από τον κινητήρα προς το κιβώτιο γίνεται μέσω ενός συμβατικού συμπλέκτη ή σε ορισμένους τύπους μέσω υδροδυναμικού συμπλέκτη ή μετατροπέα ροπής (torque converter).

Στο κιβώτιο που θα εξετάσουμε υπάρχει μετατροπέας ροπής, ενώ στη συνέχεια υπάρχουν δύο υγροί συμπλέκτες και ένα πλανητικό σύστημα, με το οποίο μπορεί να πραγματοποιηθεί η αναστρο-



Σχήμα 1.24: Λειτουργικό διάγραμμα κιβωτίου CVT.



Σχήμα 1.25: Κιβώτιο CVT σε τομή.

φή της φοράς της κίνησης, όταν ο οδηγός επιλέγει την όπισθεν. Επίσης πριν από την τροχαλία εισόδου υπάρχει και μειωτήρας στροφών, έτσι ώστε η μείωση των στροφών να επιτυγχάνεται πριν από το διαφορικό.

Η πίεση των υγρών συμπλεκτών ελέγχεται από μια υδραυλική μονάδα, οπότε μπορεί να μεταβληθεί η ταχύτητα σύμπλεξης και μεταφοράς της ισχύος.

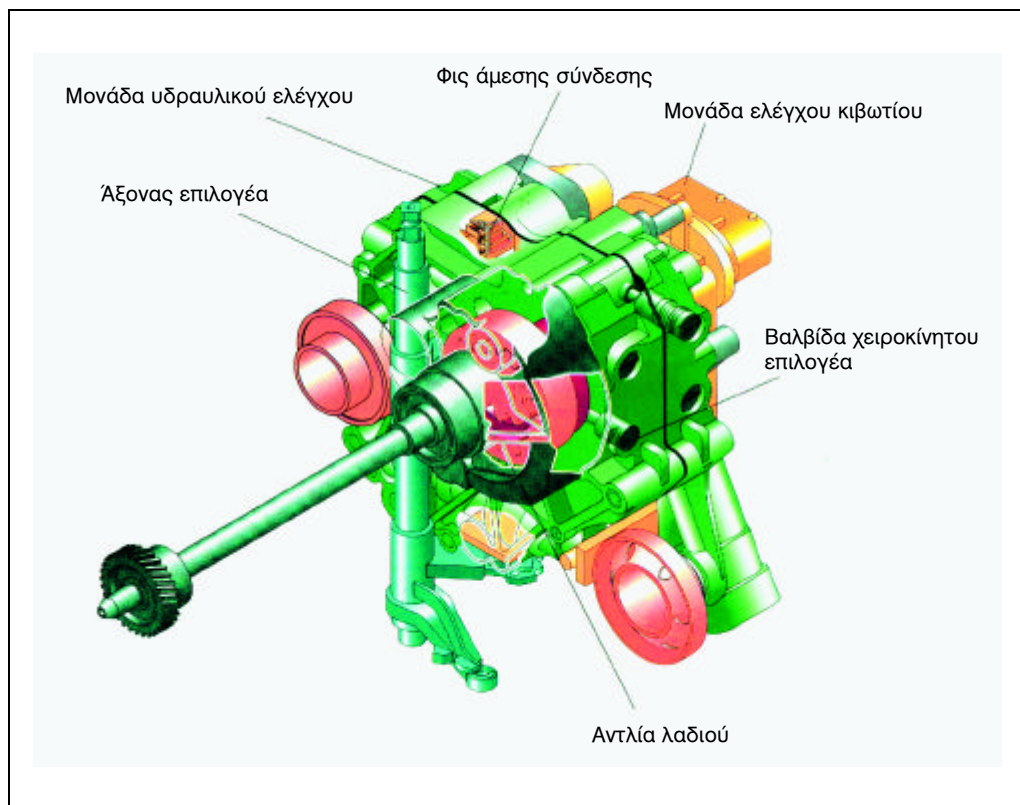
Η λειτουργία του συμπλέκτη εξαρτάται από τα οδηγικά χαρακτηριστικά και καθορίζει τον τρόπο που θα ξεκινήσει το αυτοκίνητο.

Η διαδικασία σύμπλεξης εξαρτάται από τις στροφές του κινητήρα. Ξεκινά από τις στροφές ρελαντί και ολοκληρώνεται

όταν φτάσει στις στροφές εκκίνησης, περίπου στις 3.000 σ.α.λ. Στην περίπτωση της οικονομικής οδήγησης (πεντάλ γκαζιού πατημένο στο 60%), η σύμπλεξη γίνεται σταδιακά με ελάχιστη ολίσθηση. Όταν υπάρχει απαίτηση ισχύος (πεντάλ γκαζιού πατημένο στο τέρμα), η σύμπλεξη γίνεται απότομα μόνον όταν ο άξονας εισόδου φτάσει στις στροφές εκκίνησης.

Συγκρότημα ηλεκτροϋδραυλικής μονάδας ελέγχου

Ο έλεγχος της λειτουργίας του κιβωτίου πραγματοποιείται από την υδραυλική μονάδα και τη μονάδα ηλεκτρονικού ελέγχου, οι οποίες, αν και ξεχωριστές



Σχήμα 1.26: Συγκρότημα ηλεκτροϋδραυλικής μονάδας ελέγχου.

βρίσκονται σε μόνιμη σύνδεση και απο-τελούν ουσιαστικά ένα συγκρότημα, με την ονομασία συγκρότημα ηλεκτροϋδραυλικής μονάδας ελέγχου.

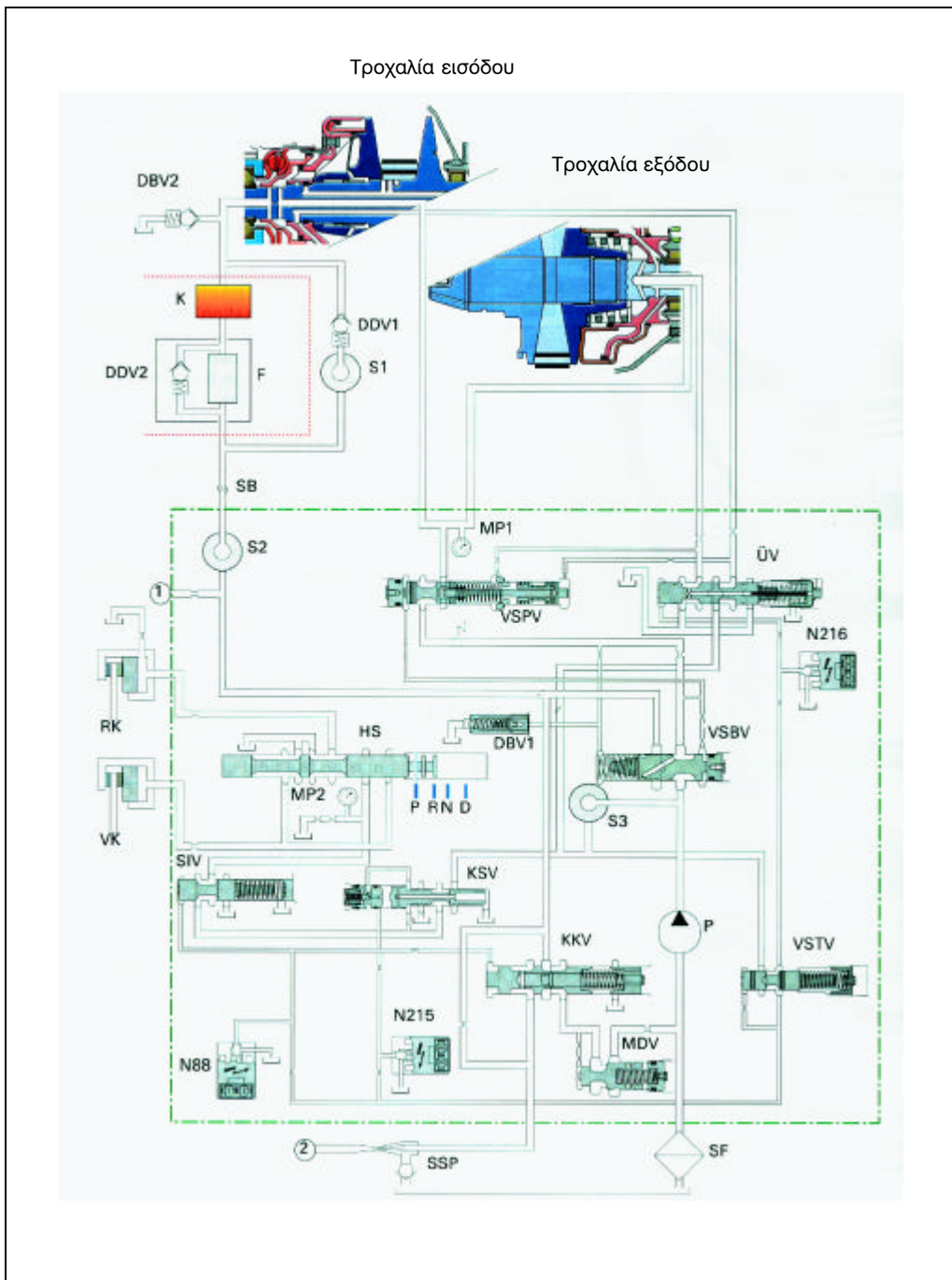
Υδραυλική μονάδα (βαλβιδοφόρος)

Η υδραυλική μονάδα είναι ένα περίπλοκο εξάρτημα, που σκοπό έχει να ελέγχει την πίεση των υδραυλικών κυκλωμάτων, μέσω των οποίων λειτουργούν οι υδραυλικοί συμπλέκτες αλλά και ο υδραυλικός μηχανισμός των τροχαλίων. Περιλαμβάνει μια σειρά ηλεκτρομαγνη-

τικών βαλβίδων, οι οποίες τροφοδοτούνται με ρεύμα από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, που καθορίζει έτσι το σταδιακό άνοιγμα και κλείσιμό τους.

Επίσης έχει σύνδεση με τον επιλογέα ταχυτήτων, που καθορίζει την επιλογή κίνησης προς τα εμπρός (D) ή την όπισθεν (R).

Πέρα από τις λειτουργίες ενεργοποίησης των συμπλεκτών περιλαμβάνει και συστήματα ασφαλείας, για την περίπτωση αύξησης της πίεσης πάνω από τα επιτρεπόμενα όρια, καθώς και υπερθέρμανσης κάποιου συμπλέκτη.



Σχήμα 1.27: Λειτουργικό διάγραμμα υδραυλικής μονάδας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1: ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

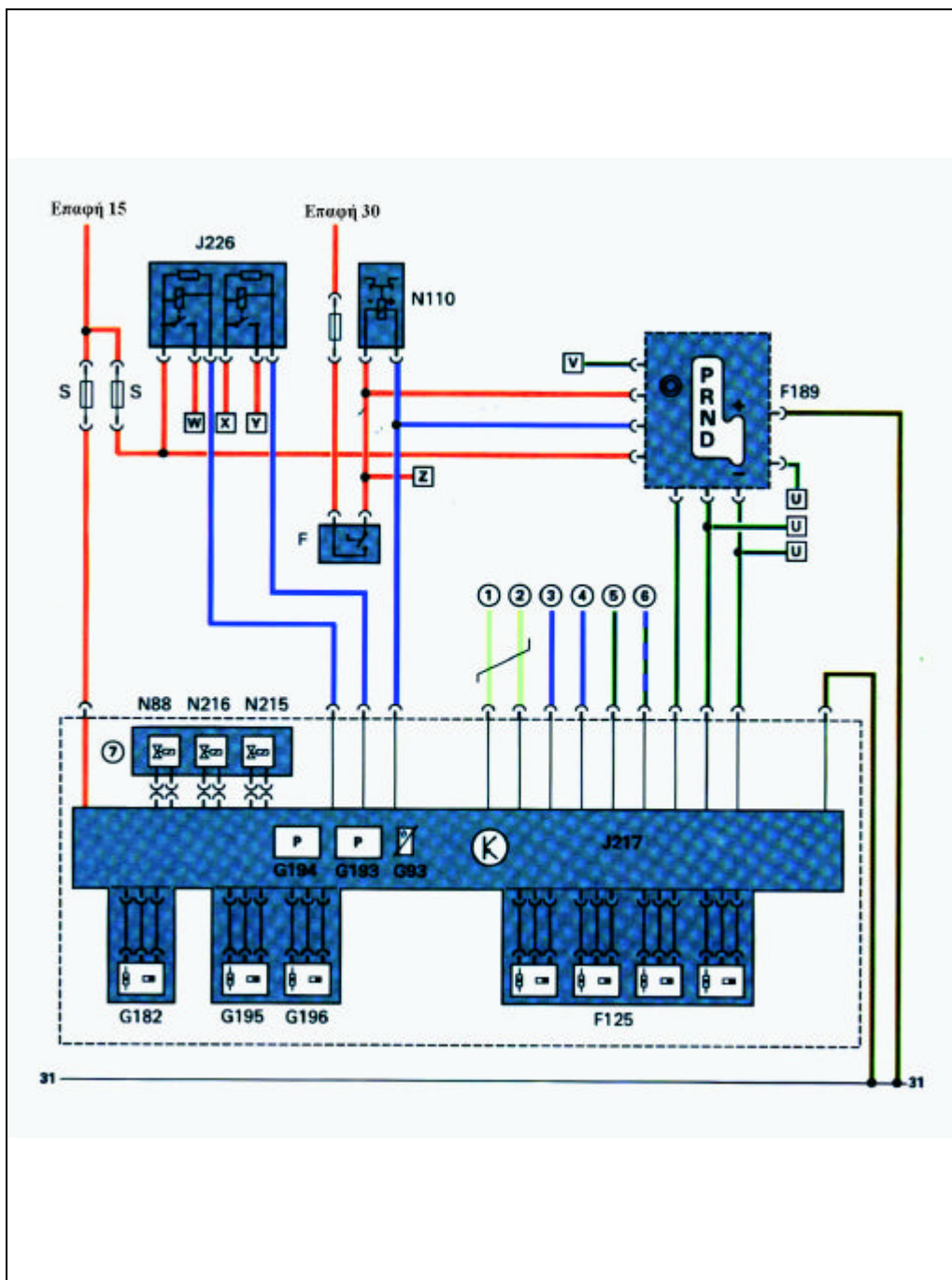
Εξάρτημα	Περιγραφή	Εξάρτημα	Περιγραφή
DBV1,2	Βαλβίδες περιορισμού πίεσης	N215	Βαλβίδα ελέγχου πίεσης 1 (συμπλέκτης)
DDV1,2	Βαλβίδες διαφορικής πίεσης	N216	Βαλβίδα ελέγχου πίεσης 2 (σχέση μετάδ.)
F	Φίλτρο λαδιού αυτομάτου κιβωτίου	P	Αντλία λαδιού
HS	Βαλβίδα χειροκίνητου επιλογέα	P,R,N,D	Επιλογέας θέσης
K	Ψυγείο λαδιού	RK	Συμπλέκτης όπισθεν
KKV	Βαλβίδα ψύξης λαδιού	S1,S2,S3	Αναρροφήσεις λαδιού
KSV	Βαλβίδα ελέγχου συμπλέκτη	SB	4 μπεκ λίπανσης / ψύξης τροχαλίων
MDV	Βαλβίδα ελάχιστης πίεσης	SF	Φίλτρο λαδιού
MP1,2	Σημείο μέτρησης πίεσης	SIV	Βαλβίδα ασφαλείας
N88	Ηλεκ/τική βαλβίδα 1 (ψύξη συμπλέκτη, διακοπή)	SSP	Αντλία αναρρόφησης
UV	Βαλβίδα μείωσης	VK	Συμπλέκτης εμπρόσθιας κίνησης
VSBV	Περιοριστική βαλβίδα παροχής	VSP	Βαλβίδα πρεσσαρίσματος
VSTV	Βαλβίδα πιλοτικής πίεσης		

Ηλεκτρονική μονάδα

Στα σύγχρονα ηλεκτρονικά κιβώτια CVT ο έλεγχος της υδραυλικής μονάδας καθώς και η επιλογή της κατάλληλης σχέσης μετάδοσης με τον έλεγχο των τροχαλίων γίνεται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Οι έλεγχοι αυτοί πραγματοποιούνται με τη μεταβολή της έντασης του ρεύματος στις σχετικές ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες.

Οι πληροφορίες που λαμβάνει η μονάδα προέρχονται από:

- την αντίστοιχη ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του κινητήρα (θέση πεντάλ γκαζιού, φρένου)
- τον επιλογέα ταχυτήτων
- τους διάφορους αισθητήρες, όπως τον αισθητήρα ταχύτητας στροφών του κινητήρα και τον αισθητήρα θερμοκρασίας του υγρού του κιβωτίου



Σχήμα 1.28: Λειτουργικό διάγραμμα μονάδας ηλεκτρονικού ελέγχου.

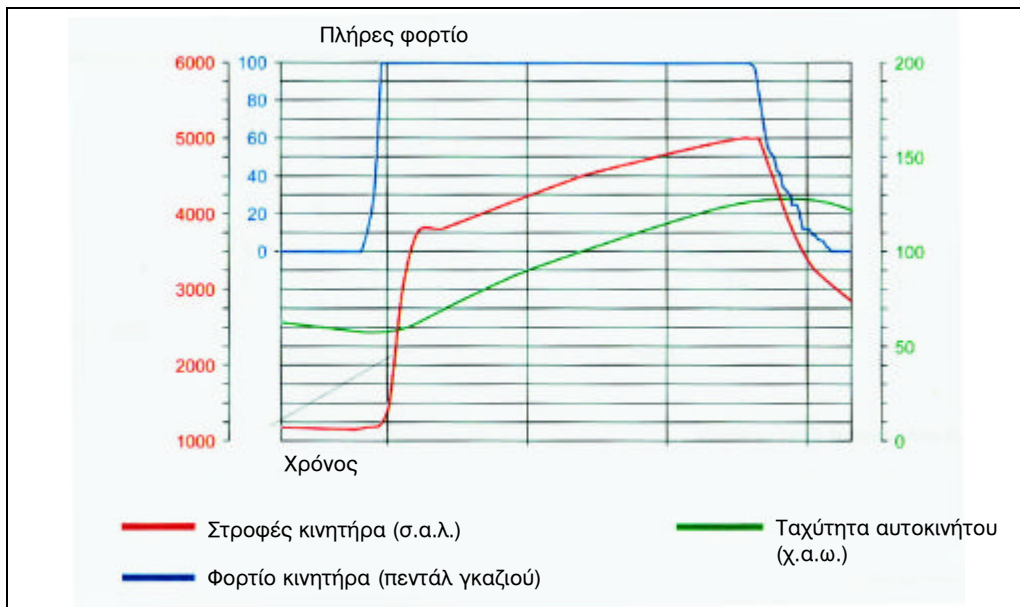
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2: ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Εξάρτημα	Περιγραφή	Εξάρτημα	Περιγραφή
F	Διακόπτης πεντάλ φρένου	F189	Διακόπτης Tiptronic Αισθητήρας
F125	Διακόπτης πολλαπλών λειτουργιών	G93	θερμοκρασίας λαδιού κιβωτίου
G182	Αισθητήρας στροφών εισόδου	S	Ασφάλειες
G193	Αισθητήρας πίεσης 1 (πίεση συμπλέκτη)	G195	Αισθητήρας πίεσης 2 (πίεση επαφής)
G195	Αισθητήρας στροφών εξόδου 1	G196	Αισθητήρας στροφών εξόδου 2
N88	Ηλεκ/τική βαλβίδα 1 (ψύξη συμπλέκτη, διακοπή)	N110	Ηλεκ/τική βαλβίδα μπλοκαρίσματος επιλογέα
N215	Βαλβίδα ελέγχου πίεσης 1 (συμπλέκτης)	N216	Βαλβίδα ελέγχου πίεσης 2 (σχέση μετάδ.)
J217	Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου κιβωτίου	J226	Έλεγχος μίζας και ρελέ φωτός όπισθεν
U	Προς τον επιλογέα τιμονιού	V	Από επαφή 58d
W	Προς τα φώτα όπισθεν	X	Από επαφή διακόπτη μίζας
Y	Προς επαφή μίζας 50	Z	Προς τα φώτα φρένων
1,2	Καλωδίωση CAN bus	3	Σήμα από ενδεικτικό επιλογέα
4	Σήμα ταχύτητας	5	Σήμα στροφών κινητήρα
6	Πρίζα διάγνωσης		

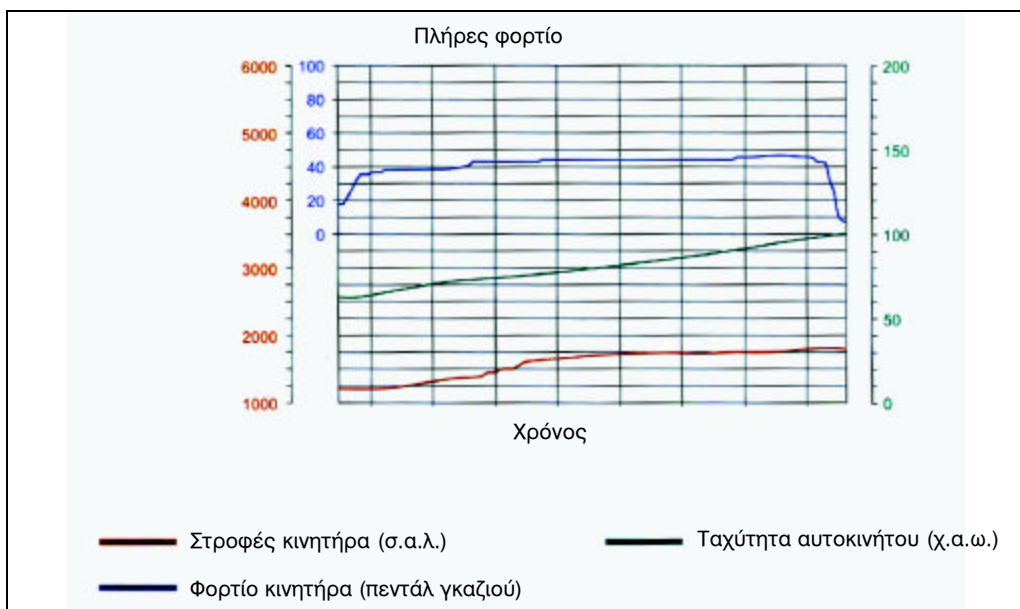
Προγραμματισμός της ηλεκτρονικής μονάδας

Τα δεδομένα που λαμβάνει η μονάδα ελέγχου τροφοδοτούν το πρόγραμμα λειτουργίας της. Αυτό σημαίνει ότι ανάλογα με τις συνθήκες η λειτουργία του κιβωτίου είναι και διαφορετική.

Ο κύριος παράγοντας είναι το πάτημα του πεντάλ του γκαζιού, που υποδηλώνει, και την επιθυμία του οδηγού. Τα δύο παρακάτω διαγράμματα δείχνουν τη λειτουργία του κιβωτίου σε δύο διαφορετικές συνθήκες.



Σχήμα 1.29: Λειτουργία κιβωτίου με πλήρες φορτίο (πεντάλ στο 100%).



Σχήμα 1.30: Λειτουργία κιβωτίου με χαμηλό φορτίο (πεντάλ στο 40%).

Για παράδειγμα, κατά την εκκίνηση με πλήρες φορτίο (φούλ γκάζι), επιλέγεται η κοντύτερη σχέση για την ευκολότερη εκκίνηση του αυτοκινήτου και η σύμπλεξη γίνεται όταν οι στροφές του κινητήρα ξεπεράσουν τις 3.800 σ.αλ. Από εκεί και έπειτα, η σχέση μετάδοσης μεταβάλλεται σταδιακά, έτσι ώστε να έχουμε αύξηση της ταχύτητας του αυτοκινήτου, παράλληλα με την αύξηση των στροφών λειτουργίας του κινητήρα.

Αντίθετα, με χαμηλό φορτίο (πεντάλ στο 40%), η σύμπλεξη γίνεται από χαμηλότερες στροφές και οι στροφές αυξάνονται ελάχιστα, ενώ οι ταχύτητες αλλάζουν γρηγορότερα για να επιτευχθεί η αύξηση της ταχύτητας.

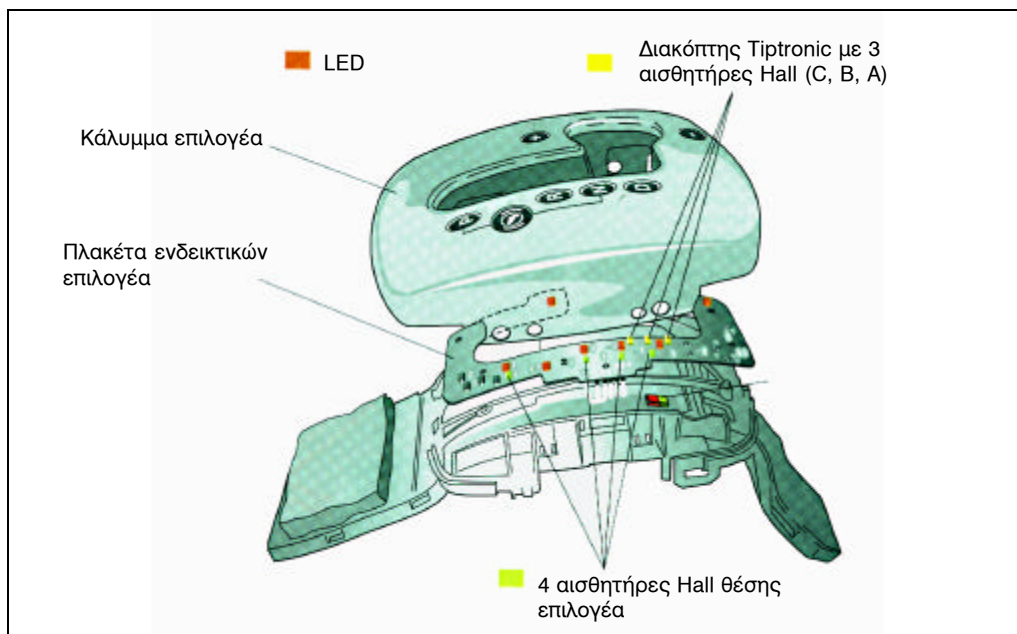
Ο προγραμματισμός της ηλεκτρονικής μονάδας περιλαμβάνει και άλλες περιπτώσεις με διαφορετικές απαιτήσεις, ό-

πως τη ρυμούλκηση, το φρενάρισμα με τον κινητήρα ή την κίνηση σε κατηφόρα. Παράλληλα ο οδηγός μπορεί να επιλέξει "σπορ" ή "οικονομική" οδήγηση μέσω του σχετικού διακόπτη, αλλάζοντας το όριο των στροφών που γίνονται οι αλλαγές των ταχυτήτων.

Τέλος η κεντρική μονάδα περιλαμβάνει πρόγραμμα κατάστασης ανάγκης, καθώς και πρόγραμμα διάγνωσης βλαβών και επικοινωνίας με τη διαγνωστική συσκευή.

Επιλογέας ταχυτήτων

Με τη μετακίνηση του επιλογέα σε κάποια από τις διαθέσιμες θέσεις, ενεργοποιείται ο σχετικός αισθητήρας Hall, οπότε στέλνεται και το σήμα προς την υδραυλική και την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου.

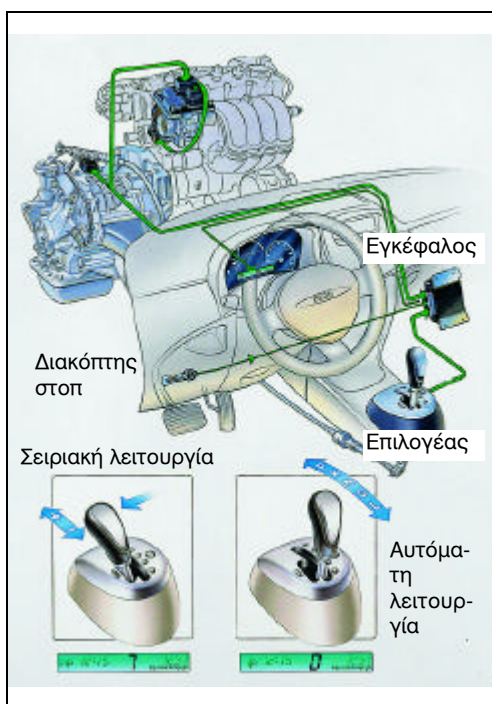


Σχήμα 1.31: Επιλογέας ταχυτήτων (Audi Multitronic).

Σειριακή λειτουργία

Τα σύγχρονα εξελιγμένα κιβώτια CVT δίνουν στον οδηγό τη δυνατότητα να τα χρησιμοποιήσει, πέρα από τη συμβατική τους λειτουργία, και σαν σειριακά, έχοντας στη διάθεσή του ένα συγκεκριμένο αριθμό σχέσεων μετάδοσης. Έτσι, όπως φαίνεται και στο σχήμα, ο οδηγός έχει από τη μία τον κλασσικό επιλογέα με τις σχέσεις P,N,R,D, και από την άλλη έναν οδηγό για "ανέβασμα" ή "κατέβασμα" ταχυτήτων μία προς μία.

Στη δεύτερη περίπτωση η κεντρική ηλεκτρονική μονάδα κινεί τις τροχαλίες σε συγκεκριμένες θέσεις, δημιουργώντας έτσι και συγκεκριμένες σχέσεις μετάδοσης.



Σχήμα 1.32: Επιλογέας ταχυτήτων με επιλογή σειριακής λειτουργίας.

1.3.3. Αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων

Για τους παραδοσιακούς οδηγούς τα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων είναι συνώνυμο της "τεμπέλικης" οδήγησης και των τεράστιων αμερικάνικων μοντέλων.

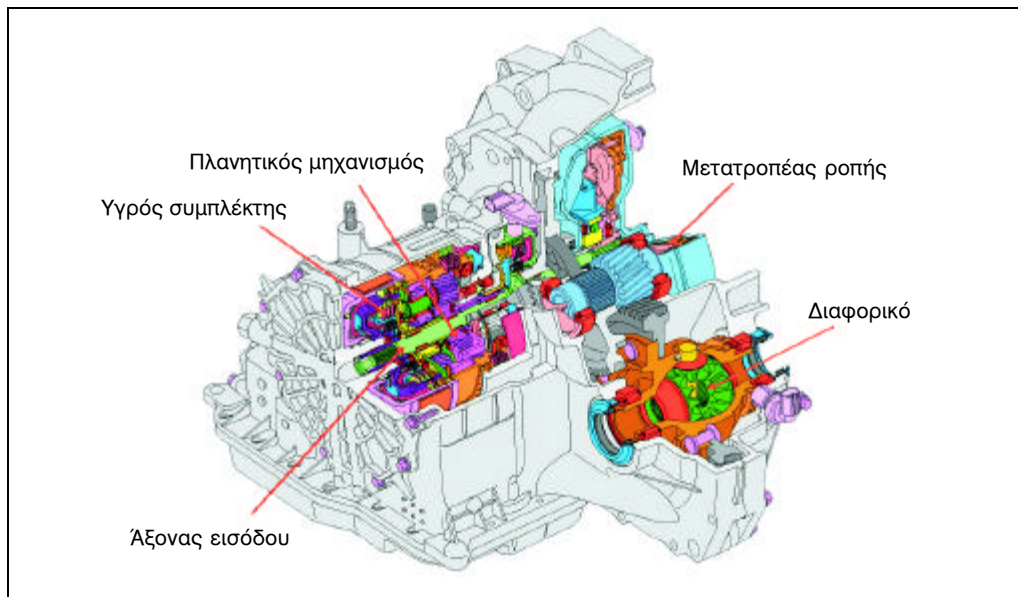
Τα αυτόματα κιβώτια χαρακτηρίζονται από την άνεση στην οδήγηση και την ευκολία στη χρήση τους αλλά παρουσιάζουν μεγάλες, σχετικά, απώλειες. Τη μεγαλύτερη διάδοση παρουσιάζουν στις Η.Π.Α. όπου συνδυάζονται με μεγάλους κινητήρες. Έτσι, από την μια η χαμηλή απόδοση δεν είναι ιδιαίτερα αισθητή και από την άλλη είναι η ιδανική επιλογή για την οδήγηση στους ατελείωτους αμερικάνικους αυτοκινητόδρομους. Αντίθετα, στην Ευρώπη, όπου η πλειοψηφία των αυτοκινήτων είχε μικρούς κινητήρες, η διάδοσή τους είναι ελάχιστη. Σιγά - σιγά όμως, με την εξέλιξή τους, κερδίζουν συνέχεια έδαφος καθώς τοποθετούνται εύκολα και σε αυτοκίνητα με μπροστινή κίνηση.

Περιγραφή Λειτουργίας

Στα αυτόματα κιβώτια η αλλαγή των ταχυτήτων γίνεται αυτόματα χωρίς παρέμβαση του οδηγού, με κύριες παραμέτρους επιλογής το φορτίο του κινητήρα και τις στροφές λειτουργίας του.

Ο οδηγός έχει στην διάθεσή του έναν επιλογέα ταχυτήτων που η συνηθέστερη διάταξη ταχυτήτων είναι P,N,R,D,2, L και έχει την δυνατότητα να επιλέξει μία από αυτές, τραβώντας ή σπρώχνοντας τον επιλογέα.

Η λειτουργία του αυτόματου κιβωτίου στην κάθε θέση του επιλογέα περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα 1.3.



Σχήμα 1.33: Αυτόματο κιβώτιο σε τομή (μπροστινή κίνηση).

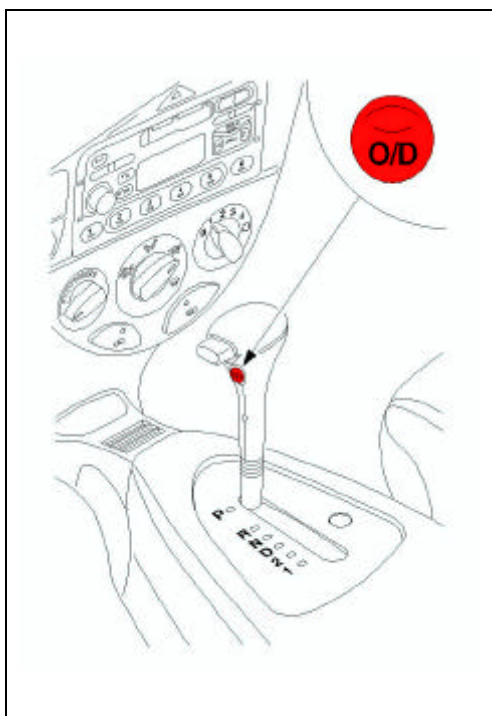
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3

Ένδειξη επιλογέα	Λειτουργία
P (parking)	Στάση, το κιβώτιο είναι μπλοκαρισμένο και δεν επιτρέπεται η κίνηση του αυτοκινήτου
N(neutral)	Νεκρά, ο κινητήρας είναι αποσυνδεδεμένος από το κιβώτιο.
R (reverse)	Όπισθεν
D (drive)	Μπροστινή κίνηση, το κιβώτιο ταχυτήτων μπορεί να επιλέξει τις 3 ταχύτητες και την τελική ταχύτητα πολλαπλασιασμού των στροφών (οβερντράιβ).
2	Μπροστινή κίνηση, το κιβώτιο ταχυτήτων μπορεί να επιλέξει μόνο την 1η και την 2η ταχύτητα.
L (Low)	Μπροστινή κίνηση, το κιβώτιο ταχυτήτων μπορεί να επιλέξει μόνο την 1η ταχύτητα.
O/D	Με το πλήκτρο "O/D" ενεργοποιημένο (κατάσταση "ON") το κιβώτιο ταχυτήτων μπορεί να επιλέξει και τη ταχύτητα πολλαπλασιασμού των στροφών (οβερντράιβ) που χρησιμοποιείται σε κίνηση του αυτοκινήτου με υψηλή ταχύτητα και χαμηλές στροφές λειτουργίας του κινητήρα.

Οι επιλογές **2, L**, επιλέγονται στην περίπτωση που ο οδηγός θέλει να εκμεταλλευθεί την μέγιστη ισχύ του κινητήρα, με την λειτουργία του στις υψηλότερες στροφές, όπως στην περίπτωση ρυμούλκησης.

Στην περίπτωση που το κιβώτιο διαθέτει και "μακριά ταχύτητα" ταξιδιού (over-drive) αυτή μπορεί να ενεργοποιηθεί με το πάτημα του διακόπτη στο πλάι του επιλογέα, με την ένδειξη O/D. Όταν αυτό συμβαίνει τότε ανάβει στον καντράν ενδείξεων η σχετική ένδειξη O/D.

Στα πιο εξελιγμένα κιβώτια ταχυτήτων ο διακόπτης **O/D** έχει καταργηθεί, το κιβώτιο διαθέτει 5 ταχύτητες και η διάταξη του επιλογέα είναι **P,N,R,D,3,2,L**.



Σχήμα 1.34: Επιλογέας ταχυτήτων αυτομάτου κιβωτίου με O/D και ενδεικτική λυχνία.

Για ασφάλεια, ο οδηγός μπορεί να μετακινήσει τον επιλογέα από τη θέση "**P**" σε κάποια άλλη θέση μόνον αν πατήσει ταυτόχρονα το πεντάλ του φρένου.

Εξαρτήματα του αυτόματου κιβωτίου

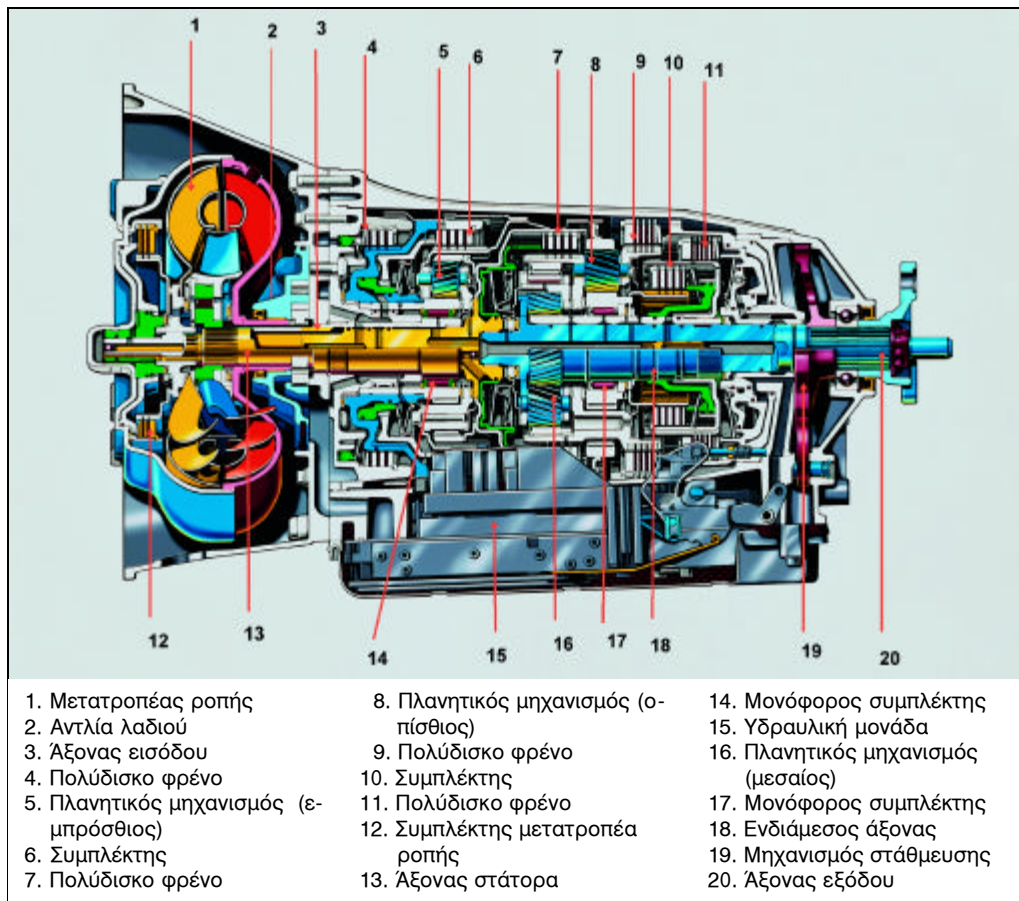
Τα κύρια εξαρτήματα ενός αυτόματου κιβωτίου ταχυτήτων είναι:

- Ο υδροδυναμικός μετατροπέας ροπής, για την μεταφορά της κίνησης από τον κινητήρα στο κιβώτιο
- Η αντλία παροχής υγρού των υδραυλικών μηχανισμών του κιβωτίου
- Οι πλανητικοί μηχανισμοί, για την επιλογή των σχέσεων μετάδοσης
- Οι μηχανισμοί σύμπλεξης των διαφορετικών σχέσεων μετάδοσης, όπως οι υδραυλικοί συμπλέκτες ή οι ταινιοπέδες (φρένα)
- Η υδραυλική μονάδα με τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες για την ενεργοποίηση των μηχανισμών σύμπλεξης που συνήθως ονομάζεται "βαλβιδοφόρος"
- Ο επιλογέας θέσεων ταχυτήτων
- Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου λειτουργίας του κιβωτίου (για ηλεκτρονικά ελεγχόμενα κιβώτια)

Μετατροπέας ροπής και αντλία παροχής λαδιού

Όπως έχουμε αναφέρει και παραπάνω, η λειτουργία του μετατροπέα ροπής είναι να μεταφέρει την κίνηση από τον κινητήρα στο κιβώτιο ταχυτήτων, λειτουργώντας σαν ένας αυτόματος συμπλέκτης.

Συνήθως περιλαμβάνει και την αντλία λαδιού που είναι συνδεδεμένη με το περι-



Σχήμα 1.35: Κιβώτιο ταχυτήτων σε τομή με θέσεις εξαρτημάτων.



Σχήμα 1.36: Εξαρτήματα αυτόματου κιβωτίου ταχυτήτων.

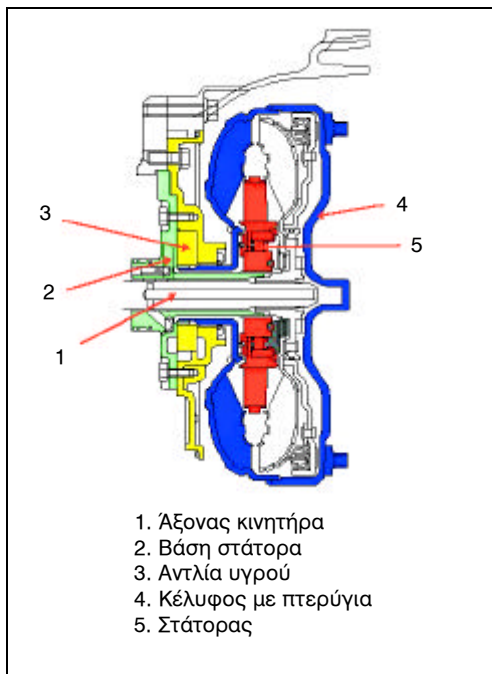
βλημα του μετατροπέα ροπής και παίρνει κίνηση απευθείας από το στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα.

Το υγρό του αυτόματου κιβωτίου έχει την ονομασία ATF (automatic transmission fluid) και μετά από την αντλία κατευθύνεται στο βαλβιδοφόρο και από εκεί στα υπόλοιπα υδραυλικά εξαρτήματα.

Η αντλία περιλαμβάνει και τη βάση του στάτορα του μετατροπέα ροπής με τον οποίο είναι συνδεδεμένη με πολύσφηνο.

Πλανητικά Συστήματα Γραναζιών

Ένας από τους πιο σημαντικούς μηχανισμούς σε ένα αυτόματο ή ημιαυτόματο κιβώτιο είναι το πλανητικό σύστημα γραναζιών, χάρη στο οποίο έγινε δυνατή η χρήση τους.



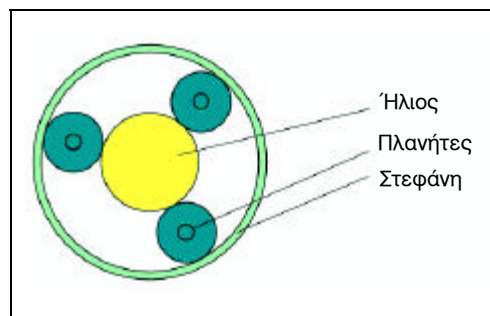
Σχήμα 1.37: Αντλία αυτομάτου κιβωτίου.

Η βασική του διαμόρφωση περιλαμβάνει τα ακόλουθα εξαρτήματα:

- το κεντρικό γρανάζι που ονομάζεται ήλιος
- το σύστημα των πλανητών, όπου τα γρανάζια - πλανήτες είναι τοποθετημένα γύρω από τον ήλιο
- τη στεφάνη με την εσωτερική οδόντωση

Τα δόντια των γραναζιών των πλανητών είναι σε μόνιμη εμπλοκή με αυτά της στεφάνης και του ήλιου, οι άξονές τους όμως είναι στερεωμένοι σε ένα φορέα, έτσι ώστε οι αποστάσεις μεταξύ τους να είναι σταθερές. Ο φορέας αυτός είναι συνδεδεμένος με έναν άξονα, που περιστρέφεται όταν τα γρανάζια παίρνουν κίνηση.

Η κίνηση στο πλανητικό σύστημα μπορεί να μεταδοθεί μέσω καθενός από τα εξαρτήματά του, ενώ ο άξονας ενός από τα άλλα θα πρέπει να είναι σταθεροποιημένος. Αυτό συνήθως γίνεται μέσω μιας ταινιοπαίδης (φρένου). Στην περίπτωση των πλανητών ακινητοποιείται ο άξονας του φορέα τους, ενώ τα γρανάζια συνεχίζουν να περιστρέφονται γύρω από τους άξονές τους.



Σχήμα 1.38: Πλανητικός φορέας με γρανάζια.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4: ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΜΕΤΑΞΥ
ΑΞΟΝΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΚΙΒΩΤΙΟΥ**

Οι δυνατοί συνδυασμοί κινήσεων μεταξύ των αξόνων είναι οι εξής:			
Άξονας εισόδου	Άξονας εξόδου	Σταθερό εξάρτημα	Σχέση μετάδοσης
A	C	B	$I = 1 + Z_B / Z_A$
B	C	A	$I = 1 + Z_A / Z_B$
C	A	B	$I = 1 / (1 + Z_B / Z_A)$
C	B	A	$I = 1 / (1 + Z_A / Z_B)$
A	B	C	$I = - Z_B / Z_A$
B	A	C	$I = - Z_A / Z_B$
Όπου: A: ήλιος B: οδοντωτή στεφάνη C: άξονας πλανητών I: τελική σχέση μετάδοσης Z_B: αριθμός δοντιών στεφάνης Z_A: αριθμός δοντιών ήλιου			

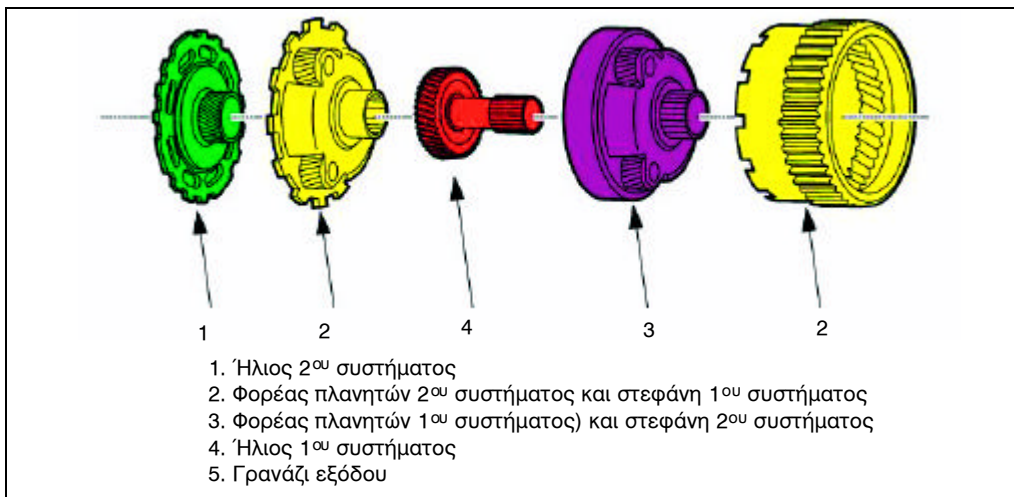
Για παράδειγμα, αν ο άξονας των πλανητών είναι σταθερός και ο άξονας εισόδου της κίνησης, είναι ο άξονας της στεφάνης, τότε ο άξονας του ήλιου θα περιστραφεί με αντίθετη φορά και με σχέση μετάδοσης ανάλογη του λόγου των δοντιών ήλιου - στεφάνης.

Όταν ο ήλιος είναι σταθεροποιημένος και ο άξονας εισόδου είναι ο άξονας της στεφάνης (ταχύτητα περιστροφής ω_B) τα γρανάζια των πλανητών παρασύρονται από τη στεφάνη και αρχίζουν να περιστρέφονται γύρω από τον άξονά τους και γύρω από τον άξονα του ήλιου. Αυτό σημαίνει ότι ο άξονας του φορέα των πλανητών θα στραφεί κατά την ίδια φορά αλλά με ταχύτητα περιστροφής (ω_c), μικρότερη από αυτή της στεφάνης. Η ταχύτητα υπολογίζεται $\omega_c = \omega_B / I$ (σχέση μετάδοσης $I = 1 + Z_A / Z_B$), οπότε και στην περίπτωση αυτή ο πλανητικός μηχανισμός λειτουργεί ως μειωτήρας στροφών. Αντίθετα, όταν η κίνηση μεταφέρεται από τον άξονα των πλανη-

τών προς την στεφάνη (με τον ήλιο ακινητοποιημένο), τότε λειτουργεί ως πολλαπλασιαστής στροφών.

Για να υπάρξει κίνηση θα πρέπει ένα από τα τρία τμήματα να είναι ακινητοποιημένο. Αν αυτό δεν συμβεί, ακόμα και αν κάποιο αρχίσει να περιστρέφεται, η κίνηση δε μεταφέρεται πουθενά (νεκρό σημείο). Στο παρακάτω σχήμα 1.39 φαίνεται ένας διπλός πλανητικός μηχανισμός, ενός κιβωτίου τεσσάρων σχέσεων. Η δημιουργία των σχέσεων πραγματοποιείται με συνδυασμό σύμπλεξης των διαφορετικών εξαρτημάτων μεταξύ τους.

Στην περίπτωση αυτή ο φορέας πλανητών του 1ου συστήματος είναι σταθερά συνδεδεμένος με τη στεφάνη του 2ου συστήματος. Αντίστοιχα και ο φορέας πλανητών του 2ου συστήματος είναι συνδεδεμένος με τη στεφάνη του 1ου συστήματος. Το γρανάζι εξόδου είναι συνδεδεμένο με πολύσφηνο με τον άξονα του φορέα των πλανητών του 1ου συστήμα-



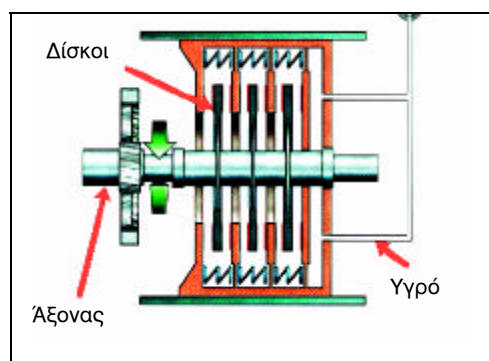
Σχήμα 1.39: Πλανητικός μηχανισμός αυτομάτου κιβωτίου τεσσάρων σχέσεων.

τος. Από το γρανάζι εξόδου η κίνηση μεταφέρεται μέσω ενός μειωτήρα στροφών στο διαφορικό.

Με την ενεργοποίηση διαφόρων συμπλεκτών και φρένων κάποια από τα εξαρτήματα του πλανητικού μηχανισμού παίρνουν κίνηση, ενώ κάποια άλλα ακινητοποιούνται, οπότε προκύπτει η τελική σχέση μετάδοσης.

Συμπλέκτες και ταινιοπέδες (φρένα)

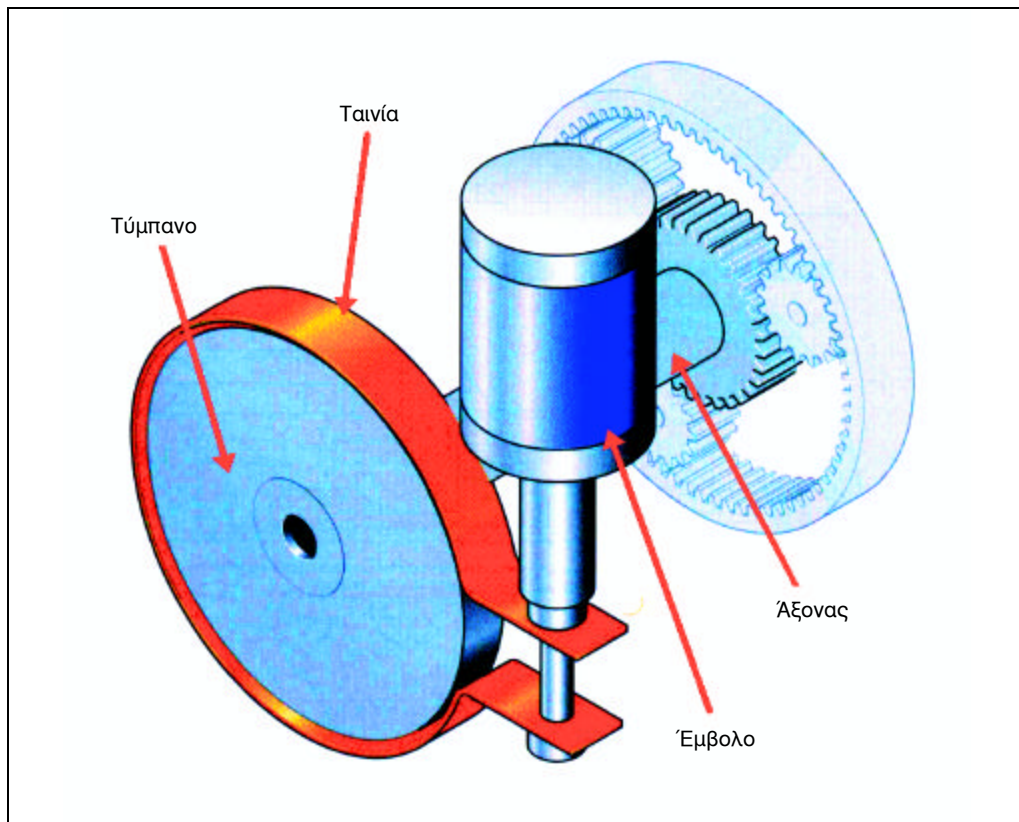
Οι υγροί συμπλέκτες μεταφέρουν την κίνηση, λειτουργώντας με την πίεση του υγρού που παρέχεται μέσω των βαλβίδων της υδραυλικής μονάδας. Αυτοί αποτελούνται από πολλά δισκάκια (υγροί πολύδισκοι συμπλέκτες) που όταν συμπλέκουν μεταφέρουν τη κίνηση σε κάποιο εξάρτημα του πλανητικού φορέα. Υπάρχει όμως η περίπτωση ο υδραυλικός συμπλέκτης να χρησιμοποιείται για να ακινητοποιήσει ένα κινούμενο εξάρ-



Σχήμα 1.40: Υγρός συμπλέκτης μεταφοράς κίνησης

τημα, οπότε στην περίπτωση αυτή λειτουργεί σαν φρένο.

Την ίδια λειτουργία μπορεί να εκτελεί και μια ταινιοπέδη (φρένο). Αποτελείται από το τύμπανο, την ταινία και το υδραυλικό έμβολο. Όταν το έμβολο ενεργοποιείται σφίγγει την ταινία και ακινητοποιεί το τύμπανο. Η πίεση του υγρού που ενεργοποιεί το έμβολο ελέγχεται από την σχετική βαλβίδα του βαλβιδοφόρου.



Σχήμα 1.41: Ταινιοπέδη (φρένο) ακινητοποίησης του άξονα ήλιου.

Θέση συμπλεκτών και φρένων σε ένα αυτόματο κιβώτιο

Το παρακάτω σχήμα 1.42 δείχνει τις θέσεις των συμπλεκτών και των φρένων σε ένα τυπικό αυτόματο κιβώτιο αυτοκινήτου με μπροστινή κίνηση.

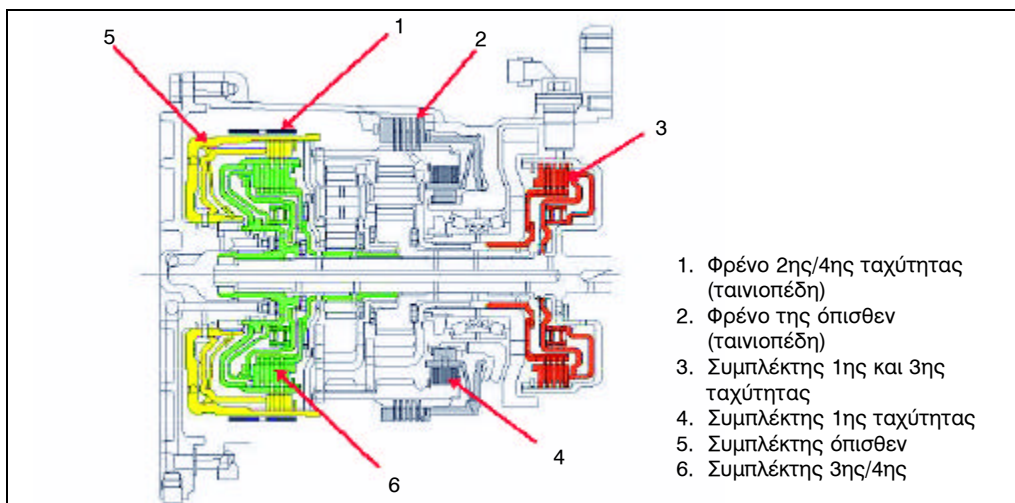
Ο συμπλέκτης της 1ης - 3ης ταχύτητας συνδέει τον πρωτεύοντα άξονα του κιβωτίου με τον ήλιο του 1ου συστήματος.

Ο συμπλέκτης της 3ης - 4ης ταχύτητας συνδέει τον πρωτεύοντα άξονα του κιβωτίου με το φορέα των πλανητών του 2ου συστήματος.

Ο συμπλέκτης της όπισθεν συνδέει τον πρωτεύοντα άξονα του κιβωτίου με τον ήλιο του 2ου συστήματος.

Η ταινιοπέδη της 2ης - 4ης ταχύτητας συνδέει τον ήλιο του 2ου συστήματος με το κέλυφος του κιβωτίου ταχυτήτων.

Τέλος, ο μονόφορος συμπλέκτης (μίας κατεύθυνσης) για την 1η ταχύτητα ακινητοποιεί τη στεφάνη του 1ου συστήματος κατά τη μετάδοση της κίνησης από τον κινητήρα στο κιβώτιο ταχυτήτων. Με τη χρήση του συμπλέκτη αυτού δεν υπάρχει η δυνατότητα φρεναρίσματος του κινητήρα με το κιβώτιο. Σε περίπτω-



Σχήμα 1.42: Διάγραμμα θέσης συμπλεκτών και φρένων σε αυτόματο κιβώτιο (Ford 4F27E).

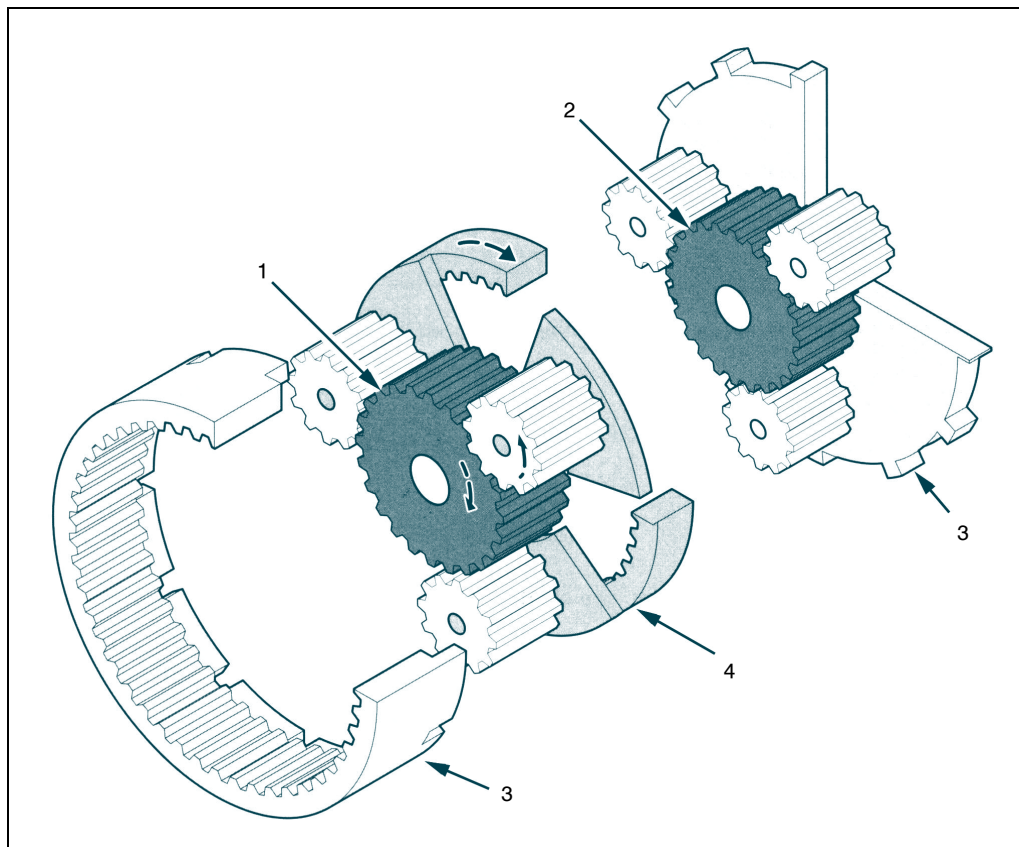
ση "κατεβάσματος" ταχύτητας, που η ταχύτητα εξόδου είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα εισόδου, η στεφάνη μπορεί να περιφέρεται ελεύθερα.

Μετάδοση της κίνησης

Η μετάδοση της κίνησης επιτυγχάνεται με τον συνδυασμό φρένων και συμπλεκτών, έτσι ώστε να παίρνουν κίνηση κά-

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.5: ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΜΠΛΟΚΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

Σταθερό εξάρτημα	1η	2η	3η	4η	Όπισθεν
Ήλιος 1ου συστήματος	Ροπή εισόδου (σύμπλεξη 1ης-3ης)	Ροπή εισόδου (σύμπλεξη 1ης-3ης)	Ροπή εισόδου (σύμπλεξη 1ης-3ης)	Περιστρέφεται ελεύθερα	Περιστρέφεται ελεύθερα
Ήλιος 2ου συστήματος	Περιστρέφεται ελεύθερα	Σταθερός (φρένο 2ης-4ης)		Σταθερός (φρένο 2ης-4ης)	Ροπή εισόδου (σύμπλεξη Όπισθεν)
Στεφάνη 1ου συστήματος & Φορέας πλανητών 2ου συστήματος	Σταθερή (μονόφορος συμπλέκτης 1ης)	Περιστρέφεται ελεύθερα	Ροπή εισόδου (σύμπλεξη 3ης/4ης)	Ροπή εισόδου (σύμπλεξη 3ης/4ης)	Σταθερή (φρένο όπισθεν)
Στεφάνη 2ου συστήματος & Φορέας πλανητών 1ου συστήματος	Ροπή εξόδου	Ροπή εξόδου	Ροπή εξόδου	Ροπή εξόδου	Ροπή εξόδου



Σχήμα 1.43: Πλανητικά συστήματα μετάδοσης ταχύτητας.

ποια εξαρτήματα των πλανητικών συστημάτων, τη στιγμή που κάποια άλλα παραμένουν σταθερά.

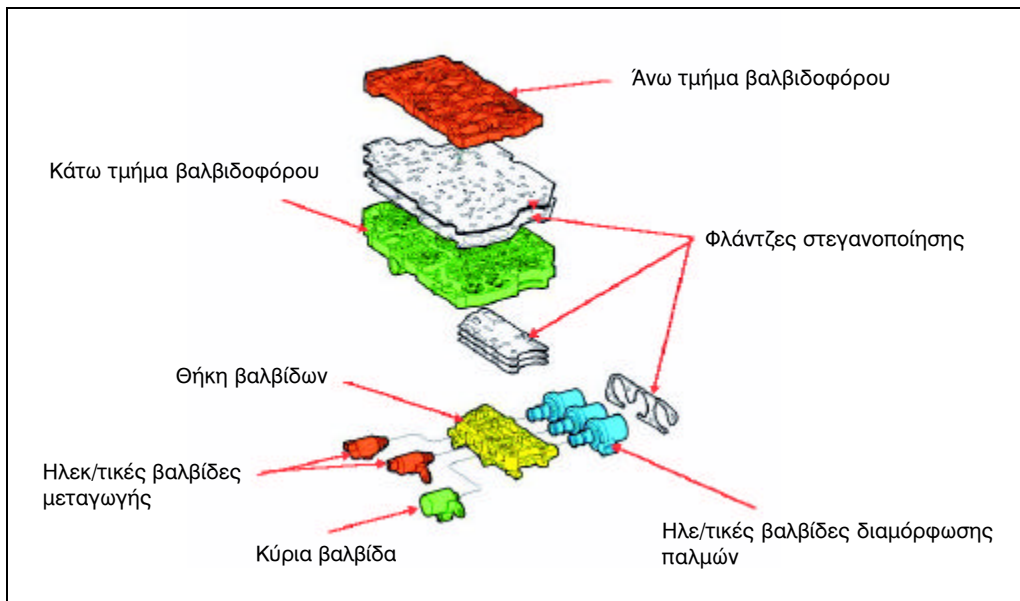
Στον πίνακα 1.5 παρουσιάζονται οι συνδυασμοί λειτουργίας των πλανητικών συστημάτων.

Υδραυλική μονάδα ελέγχου (βαλβιδοφόρος)

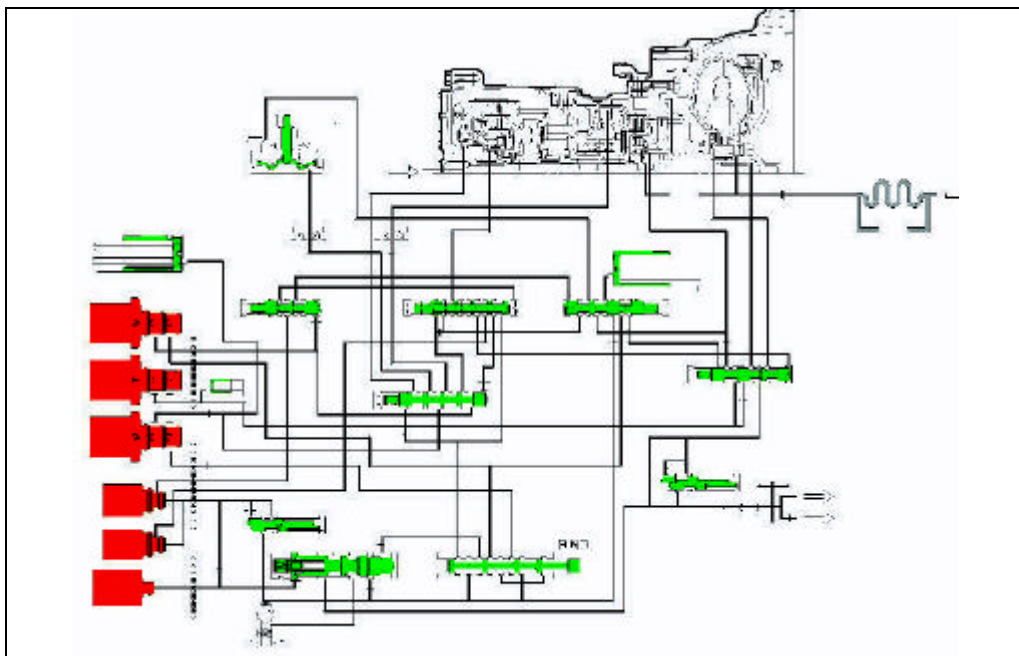
Η υδραυλική μονάδα (βαλβιδοφόρος) περιλαμβάνει τις ηλεκτρομαγνητικές

βαλβίδες και την κύρια βαλβίδα που ελέγχουν την πίεση παροχής προς τους συμπλέκτες και τα έμβολα ελέγχου των φρένων.

Αποτελείται από τρία τμήματα, το άνω, το κάτω και τη θήκη των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων. Πάνω στην επιφάνεια του άνω και του κάτω τμήματος είναι σκαλισμένες οι δίοδοι του υγρού του κιβωτίου, που κατευθύνεται προς τα ελεγχόμενα εξαρτήματα (συμπλέκτες και φρένα).



Σχήμα 1.44: Τομή υδραυλικής μονάδας (βαλβιδοφόρου).



Σχήμα 1.45: Υδραυλικό κύκλωμα παροχής του κιβωτίου.

Η θήκη των βαλβίδων περιλαμβάνει τις παρακάτω βαλβίδες:

- τρεις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες διαμόρφωσης παλμών, που ελέγχουν την πίεση προς τα φρένα και τους συμπλέκτες
- δύο ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες μεταγωγής (on/off), που ελέγχουν τη δίοδο προς τους συμπλέκτες και τα φρένα, καθώς και τον συμπλέκτη του μετατροπέα ροπής
- την κύρια βαλβίδα, που ρυθμίζει την υδραυλική πίεση του υγρού

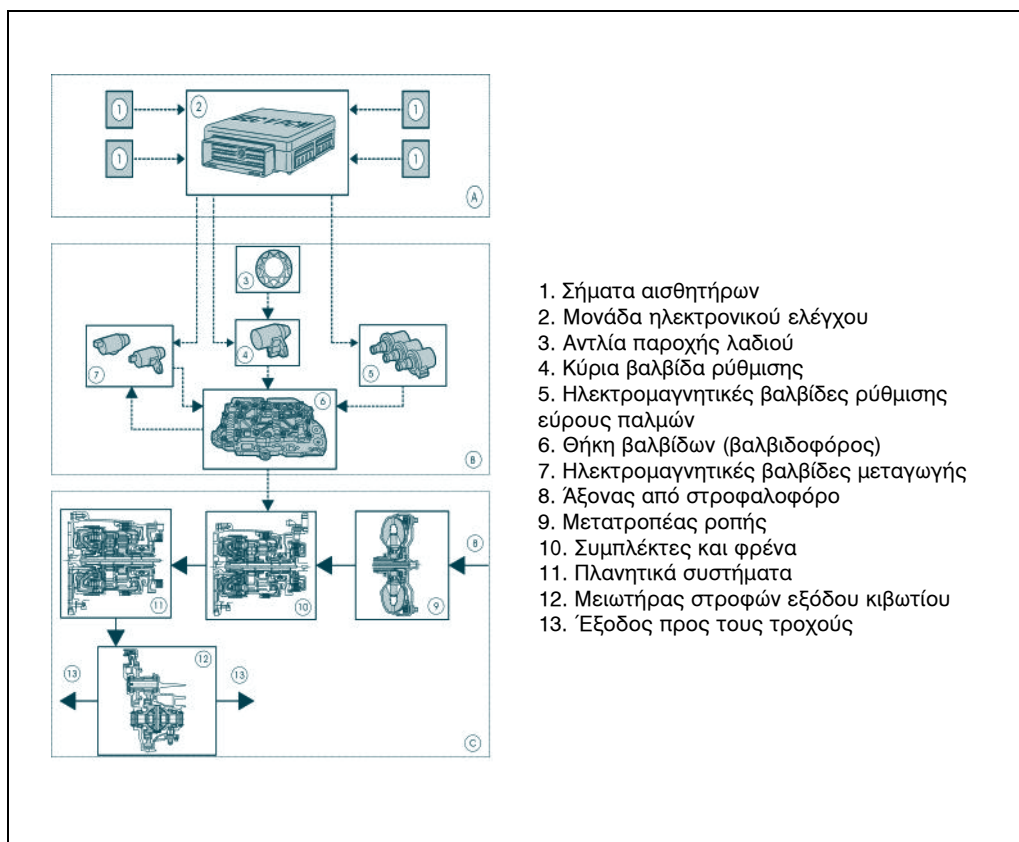
Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ενεργο-

ποιούνται ηλεκτρικά μέσω της μονάδας ηλεκτρονικού ελέγχου του κιβωτίου.

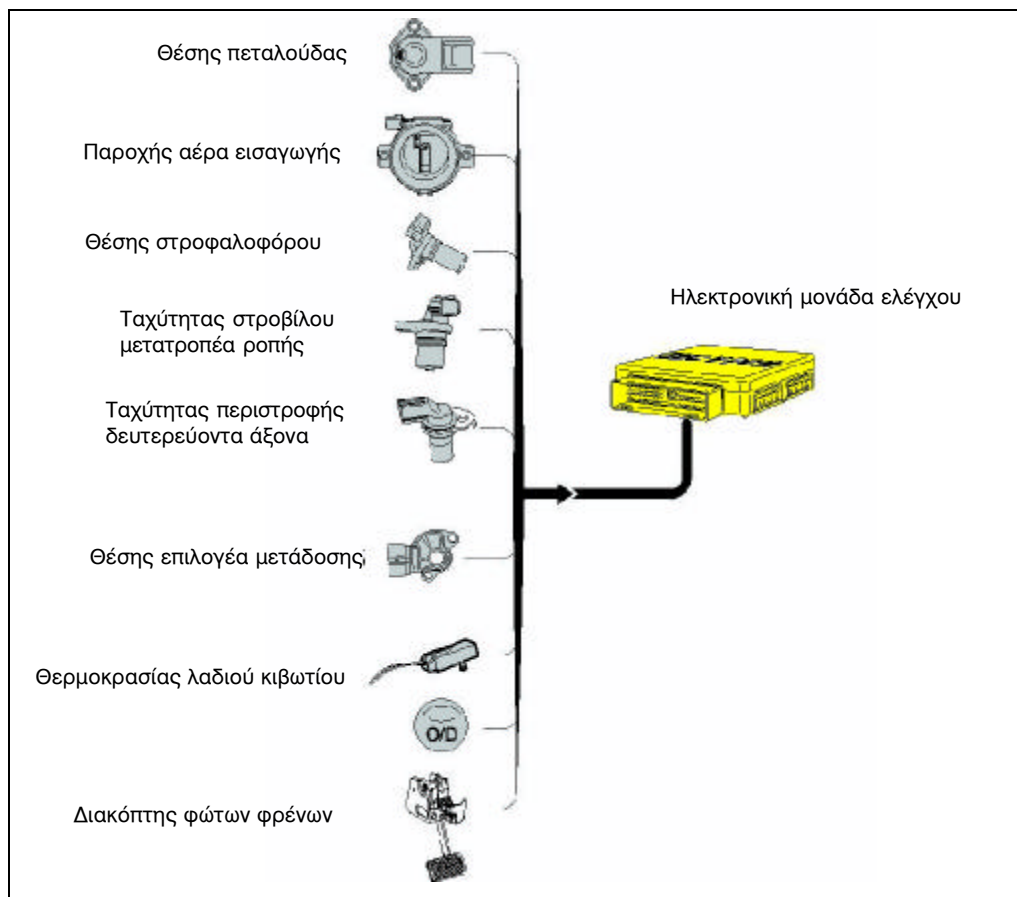
Το υδραυλικό κύκλωμα παροχής του κιβωτίου φαίνεται στο σχήμα 1.45.

Ηλεκτρονικός έλεγχος κιβωτίου ταχυτήτων

Η μονάδα ηλεκτρονικού ελέγχου του κιβωτίου παίρνει τα σήματα από τους αισθητήρες και σύμφωνα με τον προγραμματισμό της στέλνει τα ηλεκτρικά σήματα με τα οποία ενεργοποιούνται οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες.



Σχήμα 1.46: Διάγραμμα ηλεκτρονικού ελέγχου κιβωτίου ταχυτήτων.



Σχήμα 1.47: Αισθητήρες αυτόματου κιβωτίου.

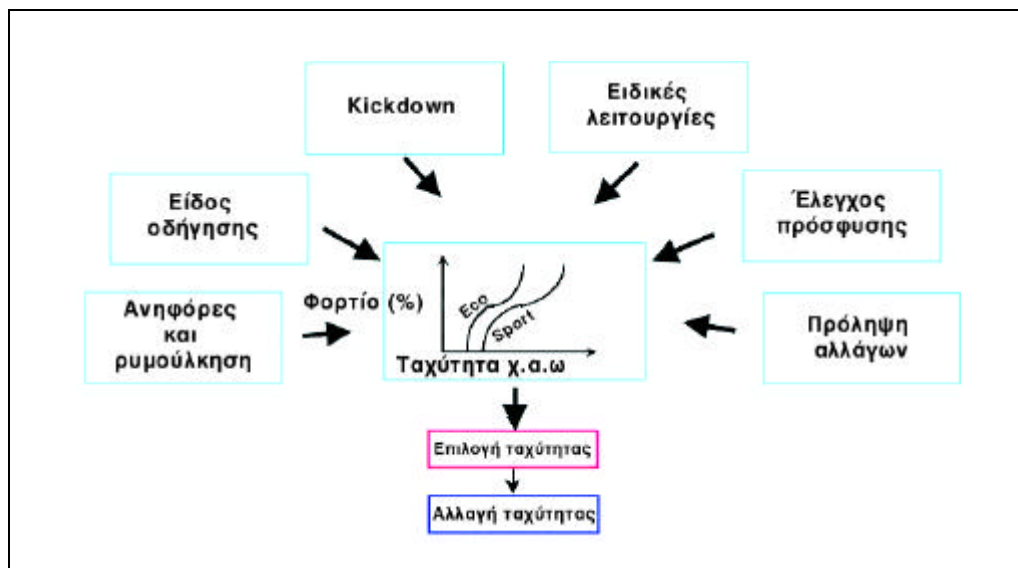
Οι αισθητήρες που χρησιμοποιεί η ηλεκτρονική μονάδα φαίνονται στο σχήμα 1.47.

Ο προγραμματισμός της ηλεκτρονικής μονάδας καθορίζει πότε αυτή θα ενεργοποιήσει τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες και θα αλλάξει κάποια ταχύτητα.

Τα "ανεβάσματα" ταχυτήτων γίνονται όταν οι στροφές λειτουργίας του κινητήρα περάσουν πάνω από ένα όριο στροφών (ενδεικτικά 3.500 σ.α.λ.). Αυτό συμβαίνει μέχρι να φτάσει το κιβώτιο

ταχυτήτων στην υψηλότερη σχέση μετάδοσης, ανάλογα με την επιλογή θέσης του κιβωτίου, **D,2,1**, οπότε και οι στροφές ανεβαίνουν μέχρι το όριο του κινητήρα.

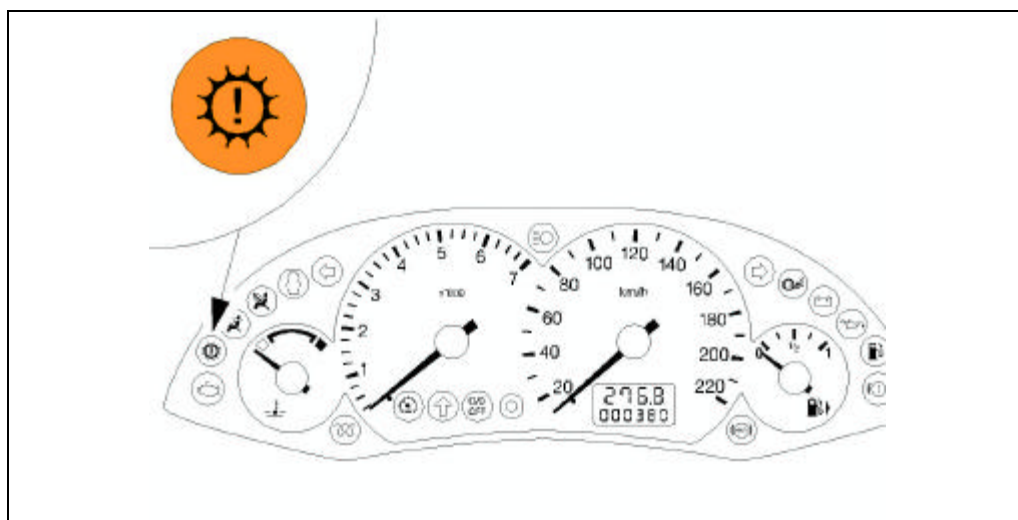
Σε ορισμένα κιβώτια ταχυτήτων υπάρχει η επιλογή **"economy"** και **"sport"**. Στην πρώτη ο αριθμός στροφών αλλαγής είναι χαμηλότερος (ο κινητήρας λειτουργεί πιο οικονομικά) και στη δεύτερη υψηλότερος (ο κινητήρας αποδίδει μεγαλύτερη ισχύ).



Σχήμα 1.48: Προγραμματισμός σημείων αλλαγής ταχύτητας.

Τα "κατεβάσματα" ταχυτήτων πραγματοποιούνται, όταν οι στροφές λειτουργίας του κινητήρα πέσουν κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο.

Το αυτόματο κιβώτιο διαθέτει και τη λειτουργία "κιντάν" που χρησιμοποιείται από τον οδηγό, όταν θέλει να επιταχύνει απότομα. Στην περίπτωση αυτή



Σχήμα 1.49: Ενδεικτική λυχνία βλάβης αυτομάτου κιβωτίου.

την οποία στη θέση D επιλέγεται μόνιμα η 3η ταχύτητα. Παράλληλα αναβοσβήνει η ενδεικτική λυχνία βλάβης στο καβτράν προειδοποιώντας τον οδηγό.

Θέση (στάθμευσης) Parking

Όταν ο οδηγός επιλέξει την θέση P (στάθμευση - parking), τότε εμπλέκεται ένας μηχανισμός, ο οποίος ασφαλίζει (μπλοκάρει) το κιβώτιο και δεν επιτρέπει τη μετάδοση της κίνησης.



Για να αποφευχθεί οποιαδήποτε ζημιά, το πλάτος των δοντιών του γραναζιού είναι τέτοιο ώστε το δόντι ασφάλισης να εμπλέκεται μόνον όταν το αυτοκίνητο είναι σταθμευμένο ή κινείται πολύ αργά.

Αυτόματα κιβώτια με επιλογή σειριακής λειτουργίας

Σε ορισμένα σύγχρονα κιβώτια ταχυτήτων, πέρα από την συμβατική επιλογή θέσεων **P,N,R,D,2,1**, ο οδηγός έχει τη δυνατότητα να επιλέξει την ταχύτητα που επιθυμεί χειροκίνητα. Όπως φαίνεται και στο σχήμα, ο οδηγός έχει από τη μία τον κλασσικό επιλογέα με τις σχέσεις **P,N,R,D**, και από την άλλη έναν οδηγό για “ανέβασμα” ή “κατέβασμα” των ταχυτήτων μία προς μία.



Σχήμα 1.51: Επιλογέας με θέσεις για σειριακή λειτουργία.

Στην περίπτωση αυτή η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου συμπλέκει τις σχέσεις μετάδοσης σύμφωνα με τα σήματα που παίρνει από τον επιλογέα.

1.3.4 Πιθανά προβλήματα - βλάβες - κακή λειτουργία του συστήματος

Η προβληματική λειτουργία των αυτόματων κιβωτίων μπορεί να εμφανίζει τα παρακάτω συμπτώματα:

- Καθυστέρηση στην αλλαγή των ταχυτήτων
- Αδυναμία αλλαγής ταχυτήτων
- Υπερβολικό θόρυβο κατά τις αλλαγές ταχυτήτων
- Αυξημένη κατανάλωση καυσίμου
- Μπλοκάρισμα του κιβωτίου και ακινητοποίηση του αυτοκινήτου
- Διαρροή λαδιού
- Σκορτσαρίσματα κατά τις αλλαγές ταχυτήτων
- Βούισμα

1.3.5. Μέσα και τρόποι διάγνωσης

Για τη διάγνωση των βλαβών στα αυτόματα κιβώτια χρησιμοποιούνται οι βασικοί τρόποι διάγνωσης και οι διαγνωστικές συσκευές. Οι μέθοδοι αυτοί αναφέρονται πιο αναλυτικά στην αντίστοιχη εργαστηριακή άσκηση.

Ανακεφαλαίωση

Το χαρακτηριστικό των αυτόματων κιβωτίων τύπου CVT είναι ότι έχουν πρακτικά πάρα πολλές σχέσεις μετάδοσης, με αποτέλεσμα να επιτρέπουν στον κινητήρα να λειτουργεί στη μέγιστη απόδοση. Η μεταβολή της σχέσης μετάδοσης γίνεται μέσω ενός ηλεκτροϋδραυλικού συστήματος, το οποίο αποτελείται από δύο τροχαλίες μεταβλητής διαμέτρου και έναν ιμάντα σταθερού μήκους, που τις συνδέει. Η αύξηση της διαμέτρου στη μία σημαίνει ανάλογη μείωση της διαμέτρου της άλλης, και έτσι μεταβάλλεται και η σχέση μετάδοσης.

Στο αυτόματο κιβώτιο κλασσικού τύπου η μεταφορά της ισχύος γίνεται μέσω ενός συνδυασμού πλανητικών συστημάτων. Για την ενεργοποίησή τους φροντίζουν μια σειρά από υδραυλικοί μηχανισμοί, που ακινητοποιούν ή εμπλέκουν τα αντίστοιχα φρένα ή συμπλέκτες.

Και στους δύο τύπους ο έλεγχος της λειτουργίας πραγματοποιείται από μια ηλεκτρονική μονάδα, που δέχεται σήματα από τους περιφερειακούς αισθητήρες και ενεργοποιεί με τη σειρά της ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες.