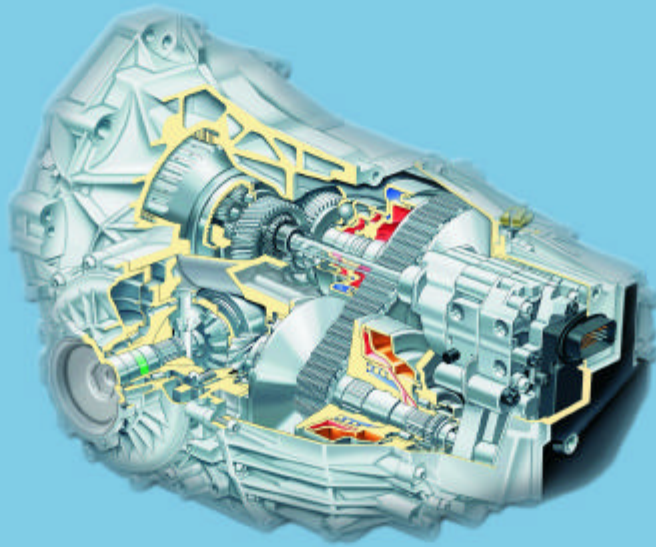


1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ



ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

- Εξελιγμένα συστήματα μετάδοσης κίνησης
- Σύγχρονοι εξελιγμένοι συμπλέκτες
- Αυτόματα κιβώτια
- Διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

ΕΝΟΤΗΤΑ 1.1

Εξελιγμένα συστήματα μετάδοσης κίνησης

Διδακτικοί στόχοι

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

- να αναφέρουν τα είδη των ηλεκτρονικά ελεγχόμενων συστημάτων μετάδοσης της κίνησης
- να περιγράψουν και να εξηγούν τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος
- να αναφέρουν τα συμπτώματα των βλαβών του συστήματος
- να αναφέρουν τα μέσα και τους τρόπους διάγνωσης και επισκευής των αντίστοιχων βλαβών

1.1.1. Γενικά

Τα τελευταία χρόνια η ραγδαία ανάπτυξη των ηλεκτρονικών συστημάτων άλλαξε σημαντικά τον τρόπο λειτουργίας των συστημάτων μετάδοσης της κίνησης.

Έχοντας σαν στόχο την οικονομία, την άνεση, αλλά και την ασφάλεια, οι αυτοκινητοβιομηχανίες παρουσίασαν εξελιγμένα συστήματα μετάδοσης της κίνησης.

Έτσι τα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων άρχισαν να κερδίζουν έδαφος ακόμα και στην ευρωπαϊκή αγορά. Με την κατάργηση του πεντάλ του συμπλέκτη οι αλλαγές ταχυτήτων πραγματοποιούνται αυτόματα, προσφέροντας έτσι, τα αυτόματα κιβώτια, σημαντική άνεση σε σχέση με τα συμβατικά. Παράλληλα τα

ηλεκτρονικά ελεγχόμενα κιβώτια ταχυτήτων επιτρέπουν μεγαλύτερη οικονομία στην οδήγηση. Χάρη στον προγραμματισμό τους, ο κινητήρας μπορεί να λειτουργεί στο εύρος των στροφών που έχει την καλύτερη λειτουργία του.

Ιδιαίτερα εντυπωσιακή είναι η εφαρμογή της ηλεκτρονικής τεχνολογίας στην τετρακίνηση. Τα ηλεκτρονικά ελεγχόμενα διαφορικά βρίσκουν όλο και μεγαλύτερη εφαρμογή, αφού εξασφαλίζουν την καλύτερη μετάδοση της ισχύος στους τροχούς που έχουν πρόσφυση. Έτσι η τετρακίνηση δεν είναι προνόμιο μόνον των αυτοκινήτων εκτός δρόμου, αλλά αποτελεί πια επιλογή ακόμα και στα συμβατικά μοντέλα, προσφέροντας εξαιρετική οδική συμπεριφορά στο αυτοκίνητο.

1.1.2. Είδη εξελεγμένων συστημάτων μετάδοσης κίνησης

Θα μπορούσαμε να χωρίσουμε τα συστήματα μετάδοσης κίνησης σε τρία τμήματα:

1. Εξελεγμένοι συμπλέκτες

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι σύγχρονοι συμπλέκτες, όπου, εκτός από την τριβή για την μεταφορά της ισχύος, χρησιμοποιείται ο ηλεκτρισμός και το λάδι.

Έτσι υπάρχουν:

- Συμπλέκτες με βολάν διπλής μάζας
- Ηλεκτρομαγνητικοί συμπλέκτες
- Μετατροπείς ροπής (torque converters).

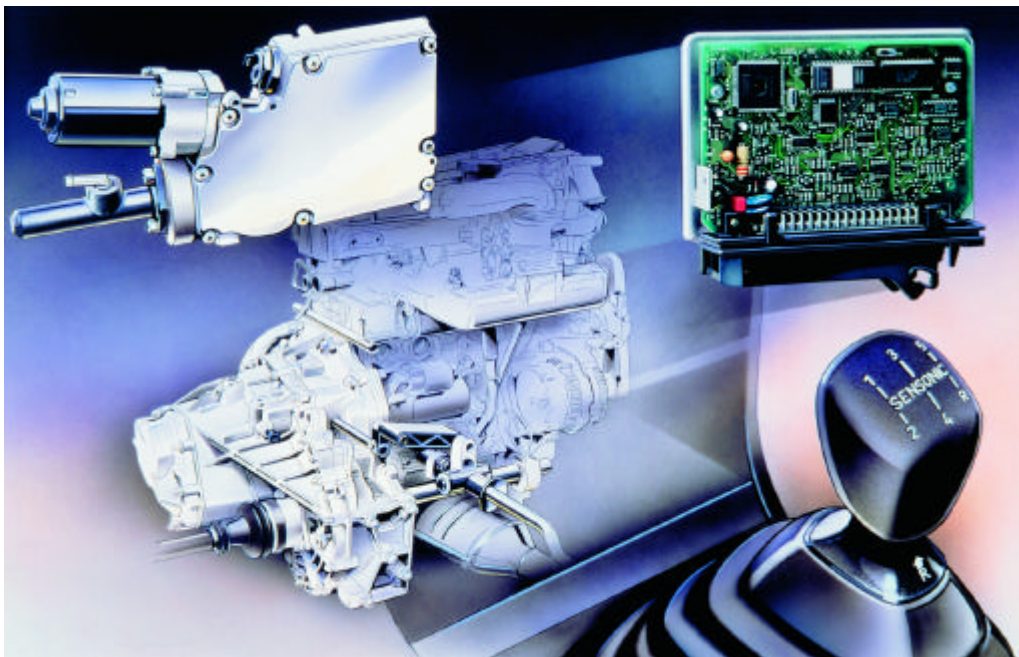
- Αυτόματοι συμπλέκτες, ηλεκτρονικά ελεγχόμενοι.
- Συμπλέκτες αγωνιστικών εφαρμογών (κιβώτια ταχυτήτων με διπλό συμπλέκτη).

2. Αυτόματα κιβώτια χωρισμένα σε

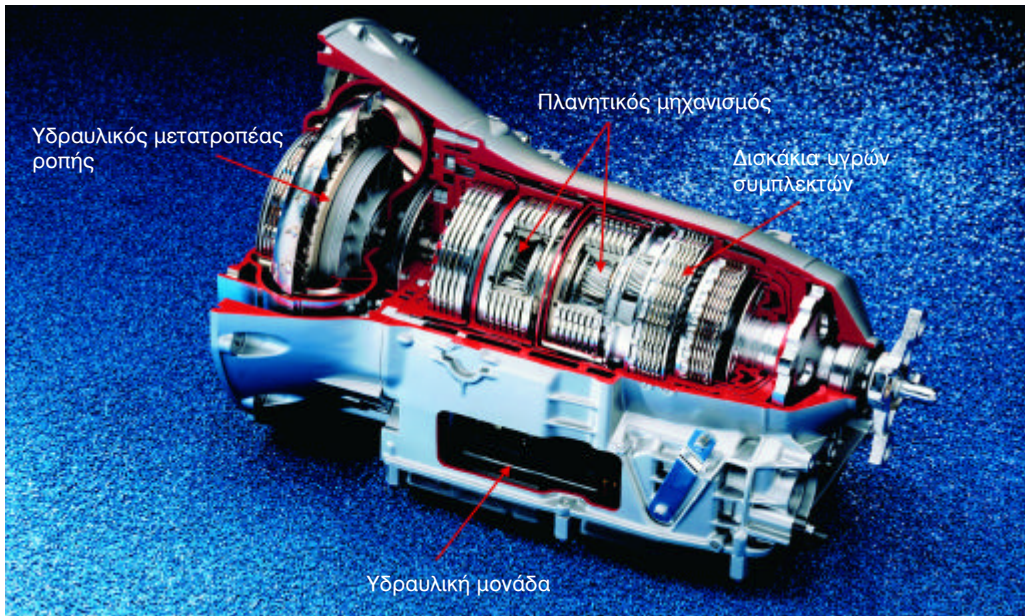
- Κιβώτια συνεχώς μεταβαλλόμενης σχέσης (CVT)
- Κλασσικά αυτόματα
- Ηλεκτρονικά ελεγχόμενα

3. Συστήματα τετρακίνησης

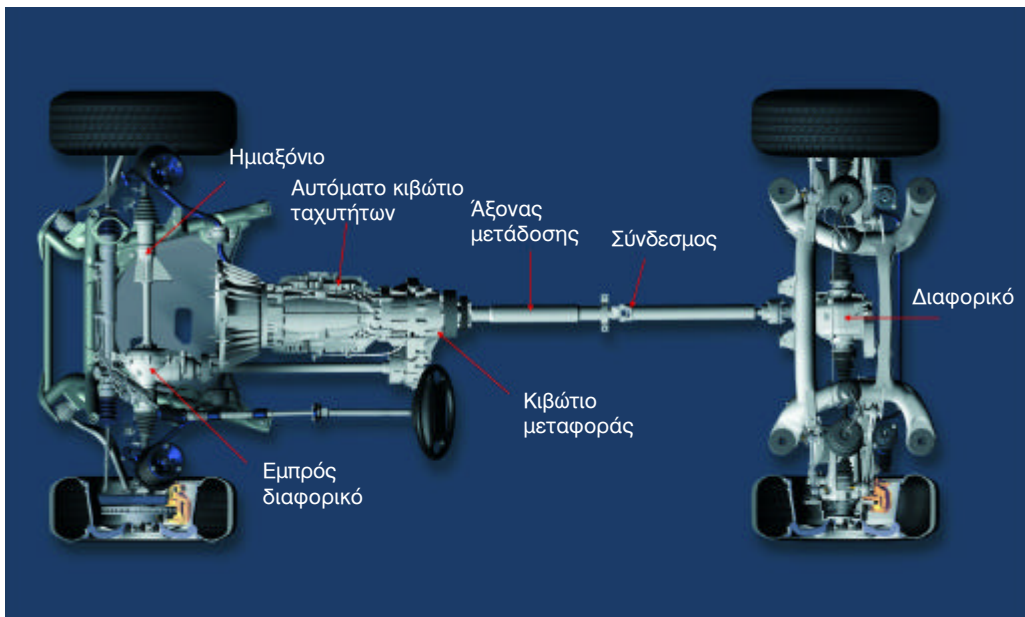
- Με κεντρικό διαφορικό (Τόρσεν)
- Με κεντρικό κιβώτιο μεταφοράς
- Με συνεκτική σύμπλεξη
- Ηλεκτρονικά ελεγχόμενα
- Με συνδυασμό των παραπάνω



Σχήμα 1.1: Μηχανικό κιβώτιο με αυτόματο συμπλέκτη (Saab).



Σχήμα 1.2: Κλασικό Αυτόματο κιβώτιο (Mercedes).



Σχήμα 1.3: Διάταξη τετρακίνησης (BMW).

1.1.3. Πιθανά προβλήματα - βλάβες - κακή λειτουργία του συστήματος

Η προβληματική λειτουργία ενός εξελεγμένου συστήματος μετάδοσης μπορεί να εμφανίζει τα παρακάτω συμπτώματα:

- Καθυστέρηση στην αλλαγή των ταχυτήτων
- Αδυναμία αλλαγής ταχυτήτων, ακινητοποίηση του αυτοκινήτου
- Υπερβολικό θόρυβο κατά τις αλλαγές ταχυτήτων
- Φθορά του συμπλέκτη σε μικρό χρονικό διάστημα και έντονη οσμή
- Αυξημένη κατανάλωση καυσίμου
- Σκορτσαρίσματα κατά τις αλλαγές ταχυτήτων
- Φθορά των ημιαξονίων
- Πρόωρη ή και ανομοιόμορφη φθορά των ελαστικών



Ερωτήσεις

1. Αναφέρετε τρία είδη εξελεγμένων συμπλεκτών.
2. Ποια είναι η βασική διαφορά των αυτόματων κιβωτίων με τα χειροκίνητα;
3. Ποια είναι τα βασικά πλεονεκτήματα των αυτόματων κιβωτίων ταχυτήτων;
4. Αναφέρετε τους βασικούς τύπους αυτόματων κιβωτίων.
5. Πώς μπορεί ένα αυτόματο κιβώτιο να συνεισφέρει στην οικονομική λειτουργία του αυτοκινήτου;
6. Για ποιο λόγο επιλέγεται η τετρακίνηση σε ένα συμβατικό αυτοκίνητο;
7. Αναφέρετε τα βασικά συστήματα τετρακίνησης.

ΕΝΟΤΗΤΑ 1.2

Σύγχρονοι εξελιγμένοι συμπλέκτες

Λιδακτικοί στόχοι

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

- να αναγνωρίζουν τα μέρη - εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται ένα σύστημα εξελιγμένου συμπλέκτη
- να περιγράφουν και να εξηγούν τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος
- να αναφέρουν τα συμπτώματα των βλαβών του συστήματος
- να αναφέρουν τα μέσα και τους τρόπους διάγνωσης και επισκευής των αντιστοίχων βλαβών

1.2.1. Γενικά

Η βασική λειτουργία ενός συμπλέκτη είναι να συνδέει ή να απομονώνει τον κινητήρα από το κιβώτιο ταχυτήτων, έτσι ώστε να επιτρέπει ή να διακόπτει την μεταφορά ισχύος.

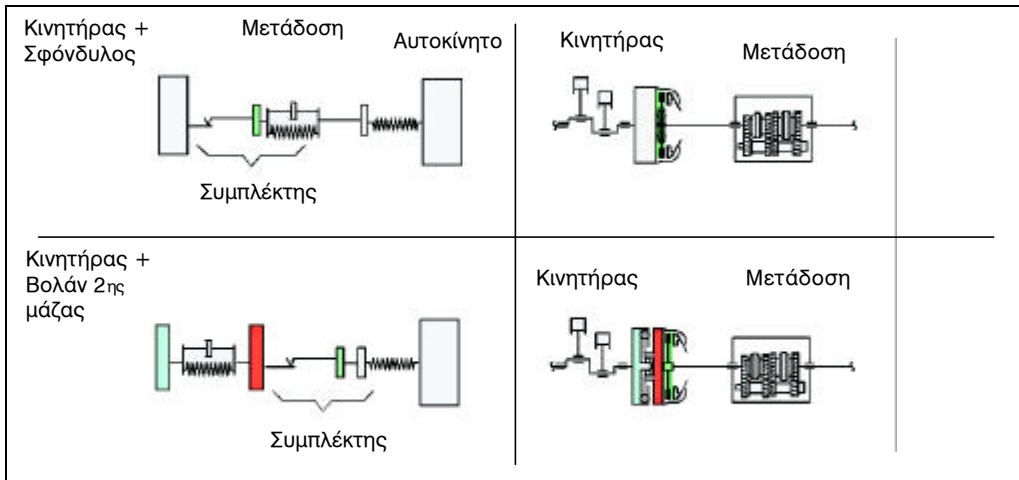
Τα είδη συμπλεκτών που χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα αυτοκίνητα είναι τα παρακάτω:

- Ο μηχανικός συμπλέκτης (ξηρός και υγρός)
- Ο ηλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης
- Ο υδραυλικός μετατροπέας ροπής
- Ο αυτόματος συμπλέκτης
- Τα συστήματα διπλού συμπλέκτη

1.2.2. Μηχανικός Συμπλέκτης

Τα βασικά εξαρτήματά ενός συμβατικού **ξηρού συμπλέκτη** είναι ο **δίσκος**, η **πλάκα πίεσης (πλατώ)** και ο **σφόνδυλος (βολάν)** που είναι βιδωμένος πάνω στον στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα. Η μεταφορά της περιστροφικής κίνησης του κινητήρα προς το κιβώτιο ταχυτήτων γίνεται από το δίσκο που συνδέεται με τον πρωτεύοντα άξονα του κιβωτίου ταχυτήτων. Ο δίσκος πιέζεται πάνω στο βολάν από την πλάκα πίεσης (πλατώ), έτσι αναγκάζεται να περιστραφεί μαζί τους μεταφέροντας την κίνηση στο κιβώτιο ταχυτήτων.

Το κύριο πρόβλημα των μηχανικών συμπλεκτών είναι οι κραδασμοί που δημιουργούνται κατά την λειτουργία τους,



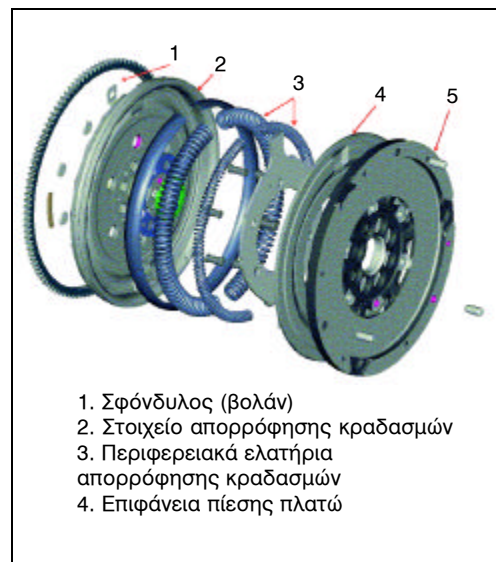
Σχήμα 1.4: Σχηματικό διάγραμμα λειτουργίας συμβατικού συμπλέκτη και συμπλέκτη με βολάν διπλής μάζας.

τη σύμπλεξη και την αποσύμπλεξη. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται ένας νέος τύπος συμπλέκτη με την ονομασία **“συμπλέκτης με βολάν διπλής μάζας”**, χάρη στον οποίο μειώνονται οι κραδασμοί κατά τη μεταφορά της κίνησης.

Το κύριο χαρακτηριστικό του νέου συστήματος είναι ότι ο σφόνδυλος (βολάν) είναι πλέον διαιρούμενος και αποτελείται από ένα ενδιάμεσο στοιχείο και το κυρίως βολάν. Το ενδιάμεσο στοιχείο περιλαμβάνει εσωτερικά ελατήρια τοποθετημένα περιφερειακά, τα οποία απορροφούν τους κραδασμούς που δημιουργούνται κατά την σύμπλεξη. Έτσι, προσφέρει μια ομαλότερη σύμπλεξη.

Στους **υγρούς συμπλέκτες** υπάρχει μια σειρά από μικρούς δίσκους, οι οποίοι είναι εμβαπτισμένοι σε λάδι (ATF - λάδι αυτόματου κιβωτίου). Η επαφή επιτυγχάνεται με την αύξηση της πίεσης του λαδιού μέσω ενός υδραυλικού συστήματος. Το πλεονέκτημά τους είναι ότι

μέσω του λαδιού επιτυγχάνεται η καλύτερη ψύξη τους, και το μειονέκτημα τους ότι παρουσιάζουν μεγαλύτερη ολίσθηση και απώλειες κατά την αποσύ-



Σχήμα 1.5: Συμπλέκτης με βολάν διπλής μάζας.

μπλεξη. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε αυτόματα κιβώτια συνεχώς μεταβαλλόμενης σχέσης αλλά και σε συμβατικά αυτόματα.

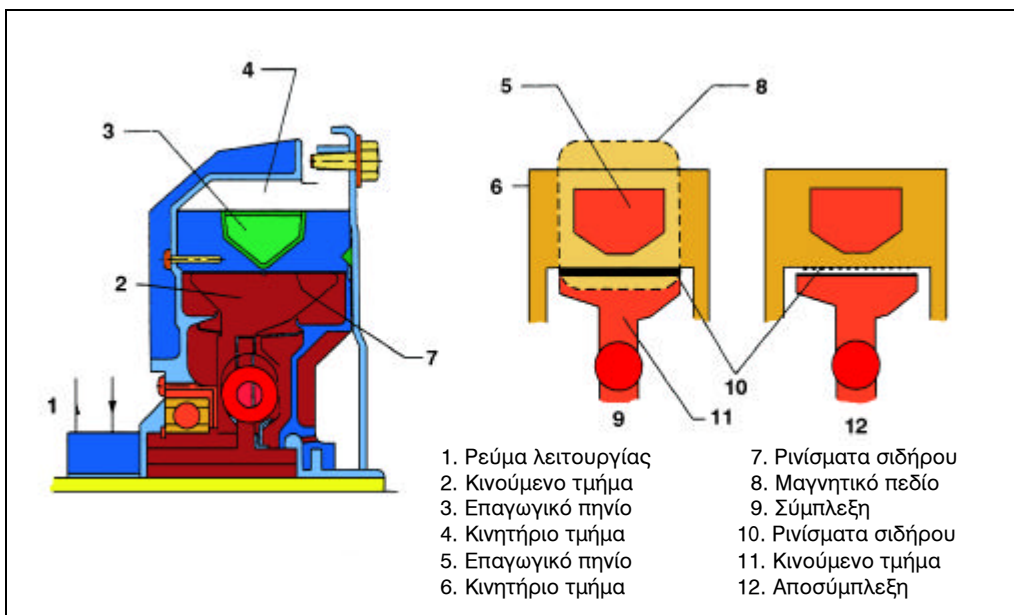
1.2.3. Ηλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης

Εδώ η σύμπλεξη πραγματοποιείται μέσω ηλεκτρομαγνητικών φορτίων που δημιουργούνται μεταξύ των δύο μεταλλικών επιφανειών επαφής, από τις οποίες η μία είναι συνδεδεμένη με τον άξονα του κινητήρα (κινητήριο τμήμα) και η άλλη με τον άξονα εισόδου του κιβωτίου ταχυτήτων (κινούμενο τμήμα). Ανάμεσα στις επιφάνειες επαφής υπάρχει λάδι εμπλουτισμένο με ρινίσματα σιδήρου ή απλά ρινίσματα σιδήρου. Η εφαρμογή ενός ηλεκτρομαγνητικού πεδίου μεταξύ των επιφανειών έχει ως αποτέ-

λεσμα τον προσανατολισμό των ρινισμάτων και την έλξη τους. Με την κίνηση αυτή το κινητήριο τμήμα παρασύρει το κινούμενο και μεταφέρει την ροπή από τον κινητήρα στο κιβώτιο ταχυτήτων. Ο έλεγχος της σύμπλεξης γίνεται με τη μεταβολή του ηλεκτρικού ρεύματος που παρέχεται και δημιουργεί το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο.

Η παροχή του ρεύματος και ταυτόχρονα ο χρόνος σύμπλεξης ελέγχεται από την κεντρική ηλεκτρονική μονάδα του κιβωτίου. Αυτή χρησιμοποιεί τα σήματα που δέχεται από τους αισθητήρες της και υπολογίζει τη διάρκεια και την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος.

Το κύριο χαρακτηριστικό των ηλεκτρομαγνητικών συμπλεκτών είναι ο μικρός χρόνος σύμπλεξης και το υψηλό τους κόστος. Γι' αυτόν το λόγο χρησιμο-



Σχήμα 1.6: Λειτουργία ηλεκτρομαγνητικού συμπλέκτη.

ποιούνται μόνον σε ιδιαίτερες εφαρμογές, όπως σε αγωνιστικά αυτοκίνητα ή σε CVT κιβώτια με μικρά φορτία.

1.2.4. Υδραυλικός Μετατροπέας Ροπής

Αρχή λειτουργίας - σκοπός

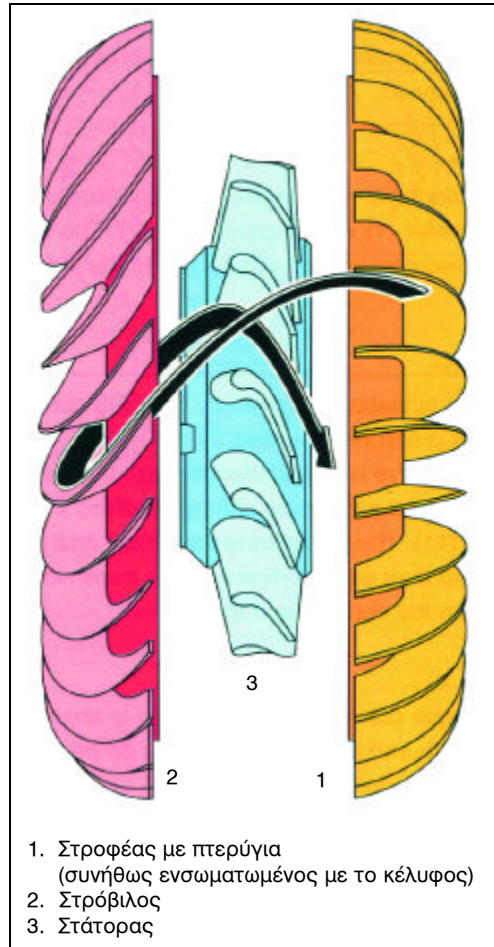
Ο υδραυλικός μετατροπέας χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο σε αυτόματα και ημιαυτόματα κιβώτια ταχυτήτων. Η μεταφορά της κίνησης γίνεται χωρίς εξωτερική επέμβαση, όπως στους μηχανικούς δίσκους, αλλά εξαρτάται και από τις στροφές εξόδου του κινητήρα.

Ο μετατροπέας ροπής αποτελεί εξέλιξη του υδροδυναμικού συμπλέκτη, όπου η μεταφορά της κίνησης επιτυγχάνεται μέσω της ροής υγρών. Το χαρακτηριστικό του συμπλέκτη αυτού του τύπου είναι ότι όσο οι στροφές λειτουργίας του άξονα του κινητήρα είναι χαμηλές, η μεταφερόμενη ισχύς προς το κιβώτιο είναι μηδενική.

Στη βασική του μορφή αποτελείται από τα εξής τμήματα:

- το στροφέα
- το στρόβιλο
- το στάτορα

Ο στροφέας με τα πτερύγια είναι συνδεδεμένος σταθερά με τον άξονα του κινητήρα και ο στρόβιλος με τον πρωτεύοντα άξονα του κιβωτίου. Ο άξονας του στάτορα συνδέεται μέσω ενός μονόφορου συμπλέκτη (συμπλέκτης ο οποίος επιτρέπει την περιστροφή μόνον κατά τη μία φορά περιστροφής του στροφέα) με την εξωτερική αντλία του



Σχήμα 1.7: Αρχή λειτουργίας υδραυλικού μετατροπέα ροπής

λαδιού. Η συσκευή είναι γεμάτη λάδι κιβωτίου ταχυτήτων.

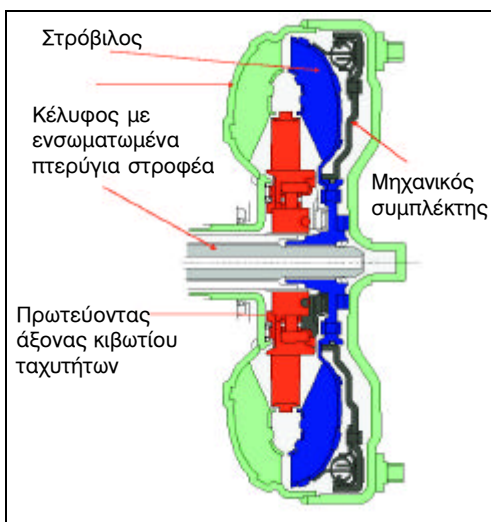
Όταν ο κινητήρας ξεκινάει, ο στροφέας αρχίζει να περιστρέφεται και, λόγω της φυγοκέντρου δύναμης, εκτοξεύει το λάδι προς το κέλυφος και στη συνέχεια στα πτερύγια του στρόβιλου. Ο στρόβιλος αρχίζει να περιστρέφεται, ενώ ταυτόχρονα κατευθύνει το λάδι προς τα πτερύγια του στάτορα, απ' όπου το λάδι κατευθύνεται ξανά προς τον στροφέ-

α. Με την επιστροφή του λαδιού επιτυγχάνεται αύξηση της ροπής εξόδου του κιβωτίου, αφού ο στάτορας είναι σταθερά συνδεδεμένος με την αντλία που είναι σταθερά τοποθετημένη στο κέλυφος του κιβωτίου ταχυτήτων.

Η αύξηση της ροπής παρουσιάζεται όσο υπάρχει διαφορά ταχυτήτων μεταξύ του στροφέα και του στρόβιλου και φτάνει το 1,8 με 2, όταν η διαφορά έχει την μέγιστη τιμή της. Όταν οι ταχύτητες εξισορροπούνται, η ροπή που μεταφέρεται στο κιβώτιο είναι ίδια με τη ροπή εξόδου του κινητήρα. Στην περίπτωση αυτή ο άξονας του στάτορα αποσυμπλέκεται από την αντλία και περιστρέφεται με την ίδια ταχύτητα που περιστρέφεται ο στρόβιλος και ο στροφέας.

Μετατροπéας ροπής με μηχανικό συμπλέκτη (lock up clutch)

Οι σύγχρονοι μετατροπéες ροπής περιλαμβάνουν και ένα μηχανικό συμπλέκτη (lock up clutch).



Σχίμα 1.8: Μετατροπéας ροπής με μηχανικό συμπλέκτη.

Ο συμπλέκτης αυτός ενεργοποιείται στις υψηλές ταχύτητες του κιβωτίου (τρίτη και τέταρτη σε ένα αυτόματο κιβώτιο τεσσάρων ταχυτήτων), οπότε η ροπή μεταδίδεται απευθείας από το κέλυφος στον πρωτεύοντα άξονα του κιβωτίου. Η ενεργοποίηση γίνεται υδραυλικά μέσω ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων που παίρνουν την σχετική εντολή από τον εγκέφαλο ελέγχου του αυτόματου κιβωτίου.

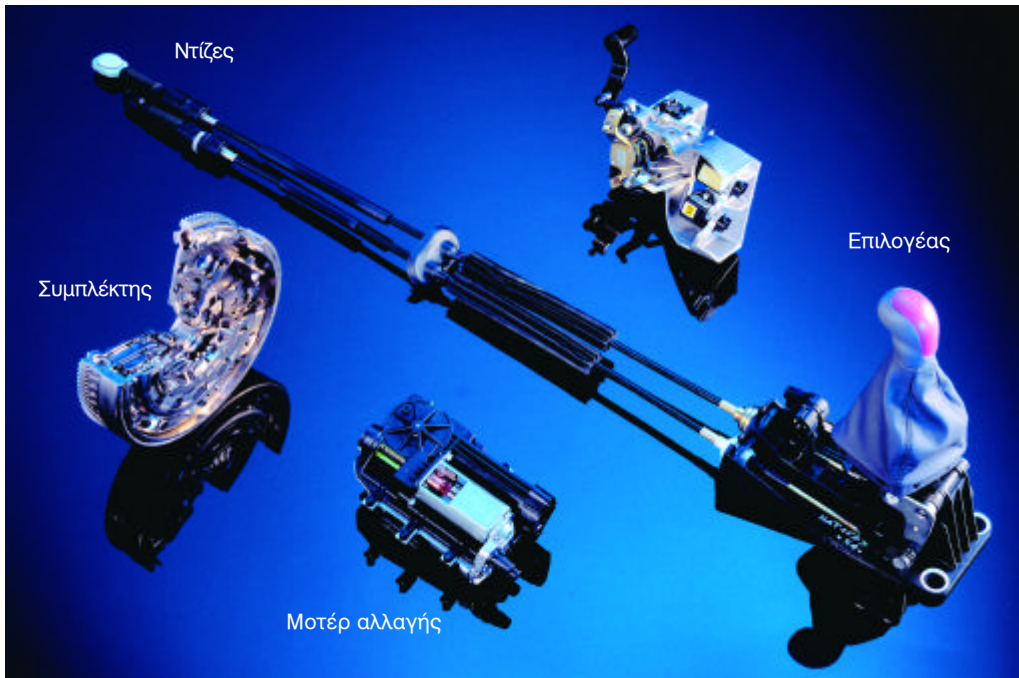
1.2.5. Αυτόματος συμπλέκτης

Τα κιβώτια που χρησιμοποιούν αυτόματο συμπλέκτη βασίζονται στα αντίστοιχα μηχανικά χειροκίνητα, με τη διαφορά ότι ο οδηγός δεν αλλάζει ταχύτητα πατώντας το πεντάλ του συμπλέκτη, παρά μόνο μετακινώντας τον επιλογέα ταχυτήτων στην επιθυμητή σχέση. Ουσιαστικά σ' αυτήν την περίπτωση έχουμε ένα μηχανικό κιβώτιο ταχυτήτων με αυτοματοποιημένη ενεργοποίηση του συμπλέκτη.

Περιγραφή λειτουργίας

Η ενεργοποίηση του συμπλέκτη και η σύμπλεξη - αποσύμπλεξη με την αλλαγή των ταχυτήτων γίνεται μέσω ενός υδραυλικού συστήματος ή ενός ηλεκτροκινητήρα και η διαδικασία αυτή ελέγχεται ηλεκτρονικά. Φυσικά το πεντάλ του συμπλέκτη έχει εξαφανιστεί και η λειτουργία του εξαρτάται από τις μετακινήσεις του επιλογέα.

Η σύνδεση του επιλογέα με το κιβώτιο παραμένει μηχανική, με ντίζες ή ράβδους, σε ορισμένες όμως περιπτώσεις έχει αντικατασταθεί από ένα ηλεκτρονικό σύστημα (shift by wire). Αυτό προσφέρει πολλαπλές δυνατότητες στο σχεδιασμό του επιλογέα, ενώ μπορεί να διατίθεται και η επιλογή πλήρως αυτό-



Σχήμα 1.9: Αυτόματος συμπλέκτης από μηχανικό κιβώτιο της Mercedes.

ματης λειτουργίας, κατά τα πρότυπα ενός αυτόματου κιβωτίου.

Στην τελευταία περίπτωση οι ταχύτητες αλλάζουν αυτόματα με βάση τον προγραμματισμό της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου όπως στο ημιαυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων. Η μονάδα ελέγχου συνεργάζεται με την μονάδα ελέγχου του κινητήρα και χρησιμοποιεί τα σήματα από τους αισθητήρες της. Η επιλογή της αυτόματης λειτουργίας γίνεται μέσω ενός διακόπτη στην κεντρική κονσόλα.

Στην περίπτωση της πλήρως αυτοματοποιημένης λειτουργίας τα σημεία αλλαγής των ταχυτήτων εξαρτώνται από τον προγραμματισμό της κεντρικής μονάδας και συνδυάζονται με τις στροφές λειτουργίας ή το φορτίο του κινητήρα. Συνήθως έχει την επιλογή "sport", με έμ-

φαση στην επίτευξη επιδόσεων και την επιλογή "eco", με στόχο την οικονομία κατά την οδήγηση.

Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

Συγκρινόμενο με ένα συμβατικό αυτόματο κιβώτιο, το μηχανικό με αυτόματο συμπλέκτη παρουσιάζει μια σειρά από πλεονεκτήματα, όπως:

- Χρήση της υπάρχουσας τεχνολογίας για την κατασκευή μηχανικών κιβωτίων
- Χαμηλότερο κόστος κατασκευής
- Μικρότερες απώλειες και μεγαλύτερη απόδοση
- Χαμηλότερο βάρος

Όπως γίνεται κατανοητό τα εξαρτήματα του μηχανισμού επιλογής αποτελούν επιπρόσθετο εξοπλισμό σε ένα μηχανικό

κιβώτιο και επιτρέπουν έτσι την μετατροπή συμβατικών μηχανικών κιβωτίων σε μηχανικά με αυτόματο συμπλέκτη. Θα μπορούσε μάλιστα να θεωρήσει κανείς ότι τα κιβώτια αυτά είναι, σε πολλές περιπτώσεις, διαφορετικές εκδόσεις μηχανικών κιβωτίων.

Από τη μια λοιπόν το πεντάλ του συμπλέκτη εξαφανίζεται, από την άλλη όμως προστίθεται ένας σημαντικός αριθμός νέων εξαρτημάτων, που αντικαθιστούν τον μηχανισμό του πεντάλ, αλλά και την σύνδεση μεταξύ του επιλογέα και του κιβωτίου. Αυτό σημαίνει αύξηση του κόστους του συστήματος, αλλά και του βάρους του σε σχέση με ένα κλασικό μηχανικό κιβώτιο μέχρι και 10%.

Συγκρινόμενο με ένα τυπικό αυτόματο κιβώτιο, το μηχανικό με αυτόματο συμπλέκτη έχει λιγότερο ομαλές αλλαγές ταχυτήτων, αφού η λειτουργία του συμπλέκτη παραμένει ουσιαστικά η ίδια. Επίσης, σε αρκετές περιπτώσεις δεν περιλαμβάνει λειτουργία έκτακτης ανάγκης, οπότε σε περίπτωση βλάβης το αυτοκίνητο ακινητοποιείται.

Οι πρώτες εφαρμογές μηχανικών κιβωτίων με αυτόματο συμπλέκτη ήταν σε αγωνιστικά αυτοκίνητα, με σκοπό τις γρήγορες αλλαγές. Η μείωση του χρόνου αλλαγής ταχύτητας ήταν σημαντική, αφού έπεσε κάτω από το δευτερόλεπτο, ενώ με το συμβατικό κιβώτιο έφτανε και τα 3 δευτερόλεπτα. Σήμερα η εφαρμογή τους έχει επεκταθεί και σε συμβατικά σπορ μοντέλα, όπως στην Alfa 156 Selespeed, αλλά και σε μικρά αυτοκίνητα πόλης, όπως το Opel Corsa (Easytronic) αλλά και σε επαγγελματικά αυτοκίνητα όπως το Ford Transit. Ιδιαίτερα διαδεδομένη είναι η εφαρμογή

τους και στα ηλεκτρικά ή υβριδικά μοντέλα όπου επιδιώκεται η λειτουργία του κινητήρα στις στροφές λειτουργίας μέγιστης απόδοσης.

Τυπική διάταξη μηχανικού κιβωτίου με αυτόματο συμπλέκτη

Εξαρτήματα - περιγραφή λειτουργίας

Τα εξαρτήματα ενός τυπικού συστήματος κιβωτίου με αυτόματο συμπλέκτη παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα (σχήμα 1.10).

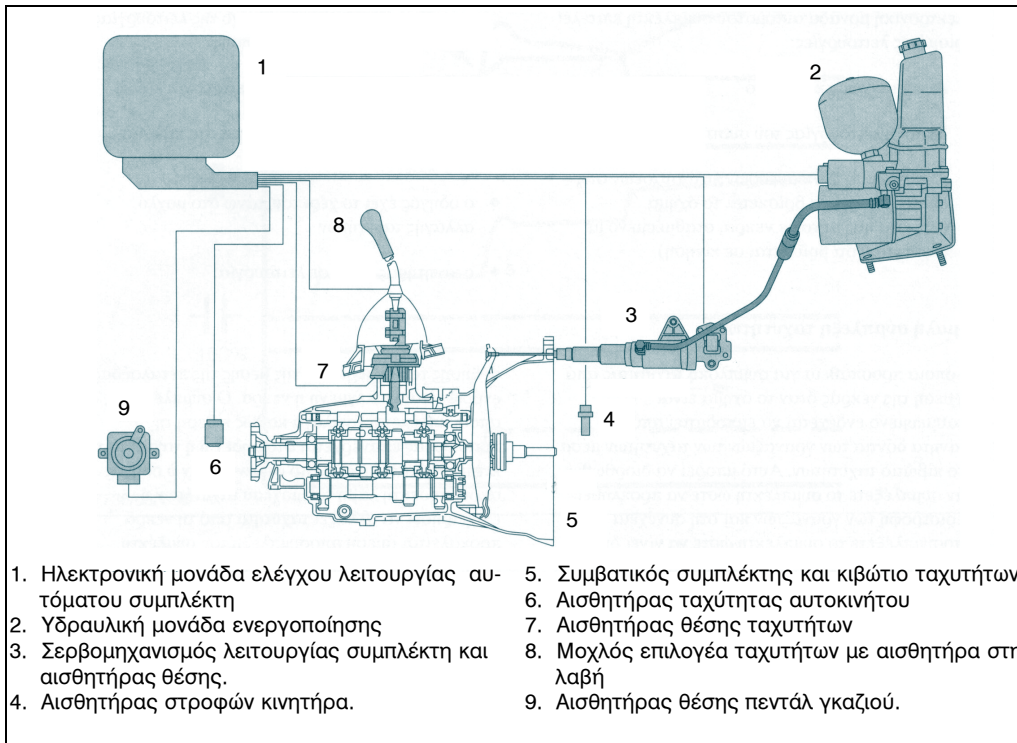
Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου Λειτουργίας

Η βασική λειτουργία της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου είναι να συλλέγει τα σήματα από τους περιφερειακούς αισθητήρες και με βάση τον προγραμματισμό της να στέλνει τα κατάλληλα σήματα προς την υδραυλική μονάδα ενεργοποίησης, για τη σύμπλεξη και την αποσύμπλεξη.

Οι σημαντικότεροι στόχοι είναι η ομαλή σύμπλεξη - αποσύμπλεξη και η χαμηλότερη φθορά του συμπλέκτη.

Ο προγραμματισμός της περιλαμβάνει διαφορετικές περιπτώσεις λειτουργίας του αυτοκινήτου, όπως:

- Εκκίνηση του αυτοκινήτου από στάση
- Σύμπλεξη ταχύτητας από νεκρά όταν το αυτοκίνητο κινείται
- Κατέβασμα ταχύτητας με στόχο το φρενάρισμα με τον κινητήρα
- Ανέβασμα ταχύτητας με χαμηλές στροφές κινητήρα
- Αποσύμπλεξη κατά το απότομο φρενάρισμα του αυτοκινήτου για την α-



Σχίσμα 1.10: Λειτουργικό διάγραμμα κιβωτίου με αυτόματο συμπλέκτη (Ford Transit).

ποφυγή του σβησίματος του κινητήρα.

- Προστασία του κινητήρα από πολύ υψηλές στροφές λειτουργίας (κατέβαση ταχύτητας με υψηλές στροφές).
- Λειτουργία σε κατάσταση ανάγκης, με σύμπλεξη μιας σταθερής ταχύτητας για να μπορεί να κινηθεί το αυτοκίνητο.

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου περιλαμβάνει και σύστημα αυτοδιάγνωσης, έτσι ώστε να μπορεί να συνδεθεί, μέσω της πρίζας διάγνωσης, με τη διαγνωστική συσκευή του συνεργείου. Σε περίπτωση βλάβης ενεργοποιεί τη σχετική

λυχνία στον πίνακα οργάνων προειδοποιώντας τον οδηγό, ενώ ταυτόχρονα θέτει σε λειτουργία και ηχητικό σήμα.

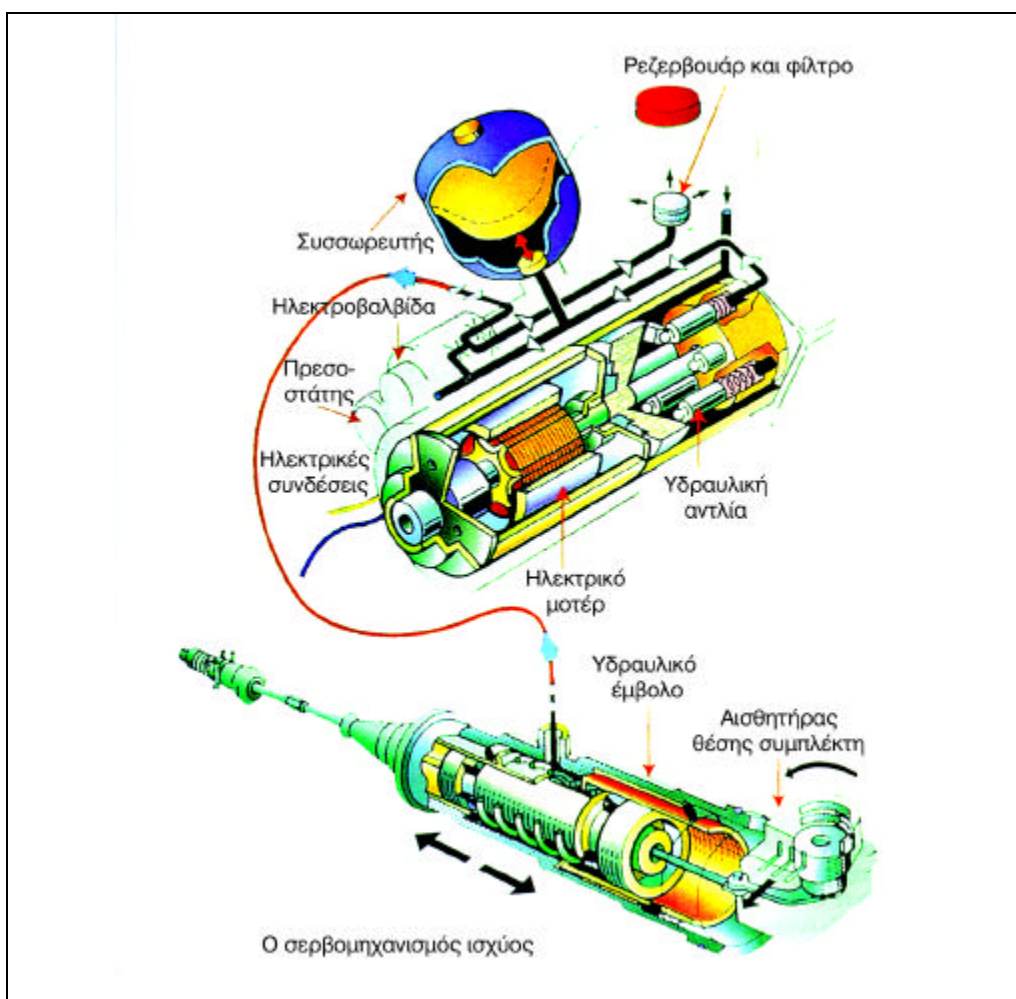
Υδραυλική μονάδα ενεργοποίησης συμπλέκτη - σερβομηχανισμός συμπλέκτη

Ένας ηλεκτρικός κινητήρας δίνει κίνηση στην αντλία που παράγει υψηλή πίεση του υγρού, ώστε αυτό να κατευθυνθεί στο σερβομηχανισμό λειτουργίας του συμπλέκτη. Η παροχή υγρού ελέγχεται από μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα στην έξοδο της παροχής, ενώ ο έλεγχος της πίεσης γίνεται μέσω ενός ρυθμιστή πίεσης. Σε περίπτωση που η πίεση υπερβεί κάποια τιμή, η ηλεκτρομαγνητική

κή βαλβίδα ανοίγει τη δίοδο επιστροφής των υγρών στο δοχείο διαστολής. Ο σερβομηχανισμός του συμπλέκτη είναι συνδεδεμένος με το δίχαλο του συμπλέκτη, μέσω της ντίζας, έτσι ώστε, όταν αυξάνεται η πίεση, να τραβάει τη ντίζα και να αποσυμπλέκει το δίσκο. Επίσης περιλαμβάνει και τον αισθητήρα θέσης συμπλέκτη που συνδέεται με την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου.

Αισθητήρας λαβής του μοχλού ταχυτήτων

Με τον αισθητήρα στην λαβή του μοχλού ταχυτήτων η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου αντιλαμβάνεται την κατεύθυνση στην οποία θέλει να κινηθεί ο οδηγός τον επιλογέα, καθώς και την επιλογή της νεκράς. Αποτελείται από δύο κυκλώματα των οποίων οι επαφές είναι τα ηλεκτρόδια

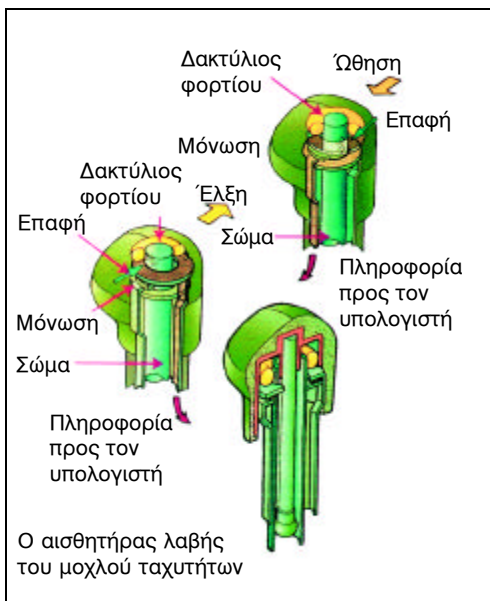


Σχήμα 1.11: Υδραυλική μονάδα ενεργοποίησης συμπλέκτη -σερβομηχανισμός.

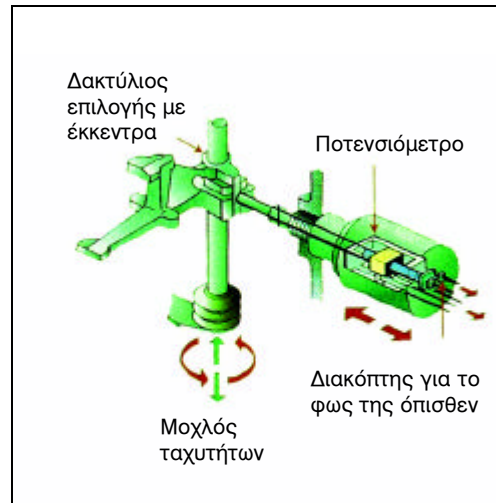
που βρίσκονται στο εσωτερικό του μοχλού. Το κεντρικό σωληνωειδές ηλεκτρόδιο, είναι αξονικά τοποθετημένο στο εσωτερικό του μοχλού, ενώ τα άλλα δύο δακτυλοειδή είναι τοποθετημένα γύρω από αυτό. Όταν ο μοχλός είναι σε ηρεμία τα ηλεκτρόδια δεν βρίσκονται σε επαφή, οπότε, ουσιαστικά, είναι ανοιχτά και τα δύο κυκλώματα του αισθητήρα. Όταν πιέζεται ο μοχλός ταχυτήτων προς τα εμπρός ή προς τα πίσω, το ένα από τα δύο δακτυλοειδή ηλεκτρόδια κλείνει το κύκλωμα με το κεντρικό, απομώνοντας το δεύτερο.

Αισθητήρας θέσης μοχλού ταχυτήτων

Ο αισθητήρας θέσης του μοχλού ταχυτήτων χρησιμοποιείται από την κεντρική μονάδα για την αναγνώριση της θέσης του επιλογέα. Είναι τοποθετημένος στην βάση του μοχλού και αποτελείται



Σχήμα 1.12: Αισθητήρας λαβής του μοχλού ταχυτήτων.



Σχήμα 1.13: Αισθητήρας θέσης του μοχλού ταχυτήτων.

από δύο ποτενσιόμετρα, κάθετα μεταξύ τους. Το ένα αναγνωρίζει τη θέση του μοχλού εμπρός και πίσω και το άλλο δεξιά και αριστερά.

Συμπληρωματικοί αισθητήρες - διακόπτες

- **Αισθητήρας θέσης πεντάλ γκαζιού:** Είναι ένα ποτενσιόμετρο συνδεδεμένο με το πεντάλ του γκαζιού, του οποίου η τάση εξόδου αυξάνεται με το άνοιγμα της πεταλούδας του γκαζιού.
- **Αισθητήρας στροφών κινητήρα:** Είναι ένας επαγωγικός αισθητήρας, όμοιος με αυτόν του στροφαλοφόρου, από τον οποίο η κεντρική ηλεκτρονική μονάδα πληροφορείται τις στροφές του κινητήρα. Εάν ο οδηγός επιχειρήσει να αλλάξει ταχύτητα, από μεγαλύτερη σε μικρότερη, (κατέβασμα), αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την κατά πολύ αύξηση των

στροφών του κινητήρα και η ηλεκτρονική μονάδα δεν το επιτρέπει.

- **Αισθητήρας ταχύτητας:** Είναι ένας αισθητήρας τύπου Hall, που είναι συνδεδεμένος με τη ντίζα του ταχύμετρου και πληροφορεί την κεντρική ηλεκτρονική μονάδα για την ταχύτητα του αυτοκινήτου.
- **Διακόπτες ασφάλισης:** Υπάρχουν στις πόρτες και στο καπώ. Σε περίπτωση που ένας από αυτούς είναι ανοιχτός, άρα και κάποια πόρτα είναι ανοιχτή, η κεντρική ηλεκτρονική μονάδα δεν επιτρέπει τη σύμπλεξη ταχύτητας και την εκκίνηση του αυτοκινήτου.

Διακόπτες επιλογής λειτουργίας και ένδειξη επιλεγμένης ταχύτητας σε αυτοματοποιημένο σύστημα

Στην εξελιγμένη μορφή του ημιαυτόματου αυτού κιβωτίου παρέχεται η επιλογή αυτόματης λειτουργίας. Η αρχική σύμπλεξη από στάση γίνεται με το πάτημα του διακόπτη D στην κονσόλα, ενώ για την αποσύμπλεξη και την επιλογή της νεκράς ο οδηγός πατάει το διακόπτη N.

Η ταχύτητα που είναι συμπλεγμένη μέσα στο κιβώτιο φαίνεται από την σχετική ένδειξη στο ταμπλό.



Σχήμα 1.14: Διακόπτες επιλογής λειτουργίας - ενδεικτικό επιλεγμένης ταχύτητας.

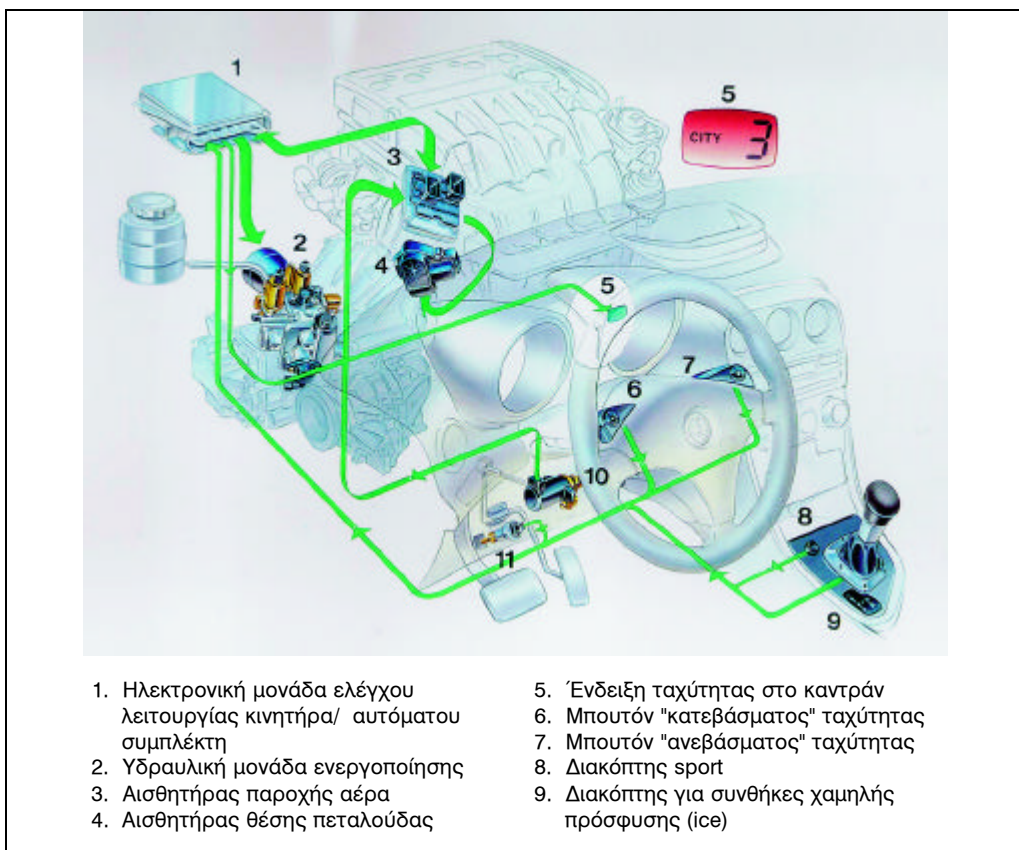
Μηχανικά κιβώτια σειριακής επιλογής ταχυτήτων

Τα τελευταία χρόνια έχουν παρουσιαστεί ορισμένες εκδόσεις χειροκίνητων κιβωτίων με αυτόματο συμπλέκτη, όπου ο συμβατικός επιλογέας ταχυτήτων (με μορφή σκάλας) έχει αντικατασταθεί με έναν επιλογέα "ανεβάσματος" - "κατεβάσματος" ταχυτήτων.

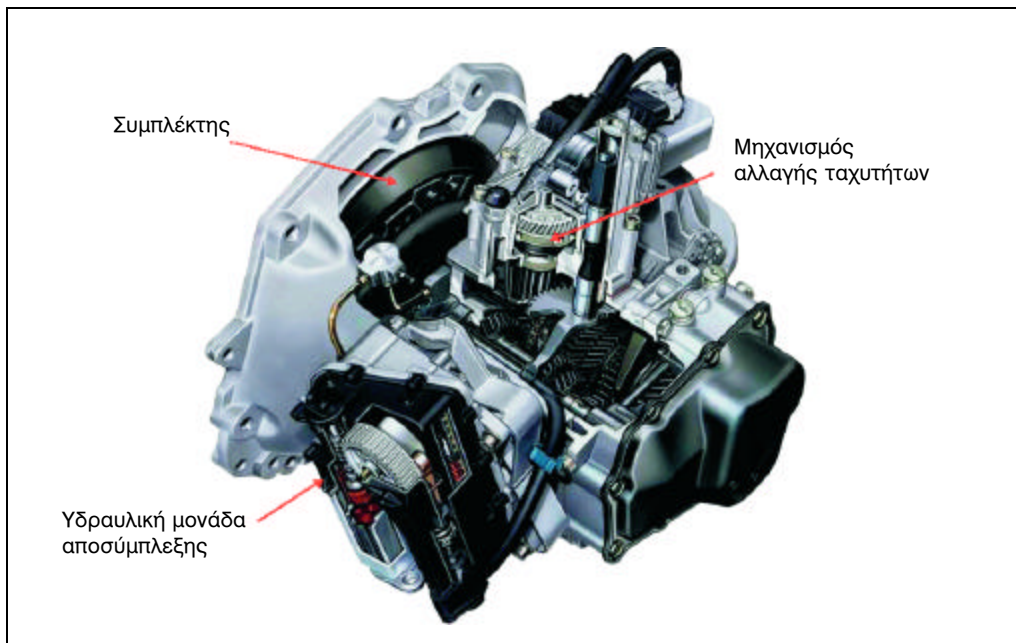
Στην περίπτωση αυτή οι αλλαγές ταχυτήτων γίνονται μία - μία, είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω, τραβώντας ή σπρώχνοντας τον επιλογέα αντίστοιχα

(σειριακά). Σε ορισμένα σπορ ή αγωνιστικά μοντέλα η διαδικασία αυτή γίνεται πατώντας ειδικά πλήκτρα πίσω από το τιμόνι (Ferrari F355) ή με μπουτόν επάνω στις ακτίνες του (BMW M3).

Επίσης η Opel παρουσίασε ένα σειριακό κιβώτιο με την ονομασία Easytronic στο Corsa του 2000, στο οποίο έχουν χρησιμοποιηθεί ηλεκτροκινητήρες για την ταχύτερη λειτουργία του, ένας ηλεκτροκινητήρας για την ενεργοποίηση του συμπλέκτη, ένας ηλεκτροκινητήρας για τον επιλογέα και ένας για την αλλαγή των ταχυτήτων μέσα στο κιβώτιο.



Σχήμα 1.15: Σειριακό κιβώτιο Alfa Romeo Selespeed.



Σχήμα 1.16: Opel Easytronic.

Η αλλαγή ταχυτήτων γίνεται σειριακά, όμως ο οδηγός έχει τη δυνατότητα να αλλάξει παραπάνω από μία σχέσεις διατηρώντας σταθερά τον επιλογέα στην θέση "+" ή "-".

Εκτός από την χειροκίνητη λειτουργία υπάρχει και η επιλογή της αυτόματης, μέσω του σχετικού διακόπτη, κατά την οποία, η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του κινητήρα αποφασίζει την αλλαγή των ταχυτήτων ανάλογα με τις συνθήκες οδήγησης, μετατρέποντας το κιβώτιο ουσιαστικά σε αυτόματο.

Άλλη δυνατότητα του κιβωτίου είναι σε φρενάρισμα πανικού να "κατεβάζει" μία-μια τις ταχύτητες, και, όταν το αυτοκίνητο πλησιάσει στην ακινητοποίηση, να αποσυμπλέκει τελείως τον κινητήρα από το σύστημα μετάδοσης. Επίσης αν ο δρόμος είναι ολισθηρός και τεθεί σε



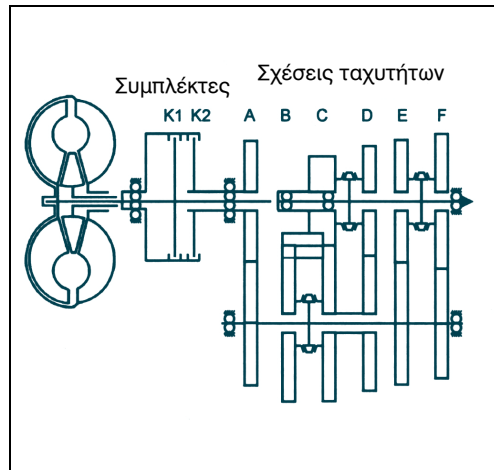
Σχήμα 1.17: Επιλογέας ταχυτήτων Opel Easytronic.

λειτουργία το ABS το σύστημα πάλι αποσυμπλέκει τον κινητήρα από το σύστημα μετάδοσης, έτσι ώστε να μην επηρεάζεται καθόλου το φρενάρισμα από την αδράνεια του κινητήρα.

1.2.6. Ημι-αυτόματα κιβώτια διπλού συμπλέκτη

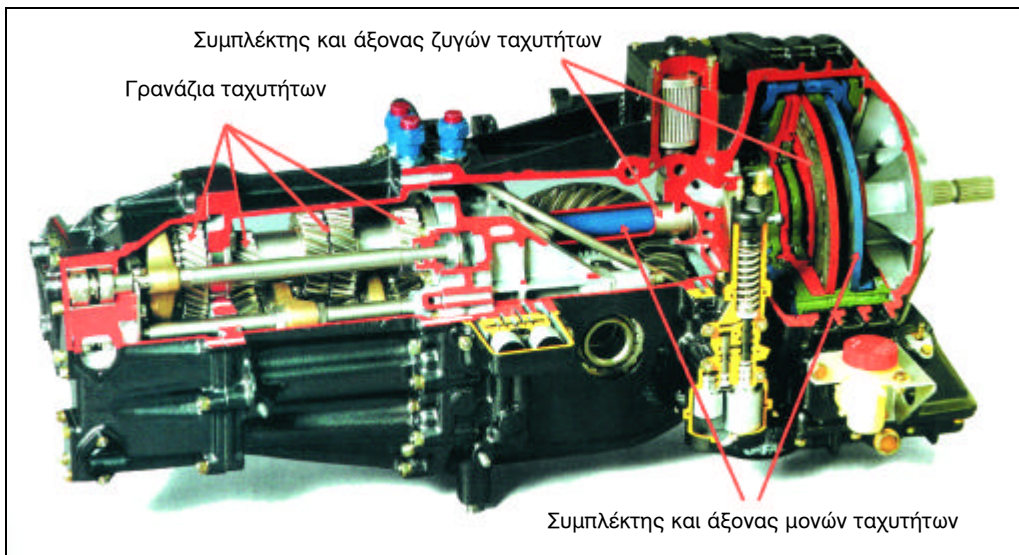
Πρόκειται για κιβώτια αυτόματης σύμπλεξης με κύριο χαρακτηριστικό ότι ουσιαστικά ο δευτερεύοντας άξονας είναι χωρισμένος σε δύο. Το κάθε τμήμα παίρνει κίνηση από τον πρωτεύοντα άξονα μέσω του δικού του συμπλέκτη, ενώ ο ένας έχει τις μονές και ο άλλος τις ζυγές σχέσεις. Στο τέλος και οι δύο άξονες μεταφέρουν την κίνηση σε έναν κοινό άξονα εξόδου.

Το πλεονέκτημα του συστήματος είναι η δυνατότητα ταχύτατης αλλαγής σχέσεων μετάδοσης. Η αλλαγή των ταχυτήτων γίνεται όπως σε ένα συμβατικό μη-



Σχήμα 1.18: Λειτουργικό διάγραμμα κιβωτίου διπλού συμπλέκτη.

χανικό κιβώτιο ταχυτήτων, με τη διαφορά ότι, από τη μία αλλαγή ταχύτητας στην άλλη, αλλάζει ο άξονας και ουσιαστικά ο αντίστοιχος εμπλεκόμενος συμπλέκτης.



Σχήμα 1.19: Κιβώτιο διπλού συμπλέκτη Porsche PDK.

Για παράδειγμα, στην αλλαγή ταχύτητας από 1η σε 2η το αυτόματο σύστημα αλλαγής ανοίγει το συμπλέκτη του άξονα της 2ης και στη συνέχεια σπρώχνει το κόμπλερ της. Κλείνοντας τον συμπλέκτη του άξονα της 2ης, ανοίγει ταυτόχρονα τον συμπλέκτη του άξονα της 1ης, απομονώνοντάς τον, οπότε η μετάδοση της ισχύος πραγματοποιείται πια μόνον από τον άξονα της 2ης.

Από την περιγραφή της λειτουργίας του γίνεται φανερό ότι δεν μπορεί να υπάρχει αλλαγή δύο ταχυτήτων μαζί, από 2η σε 4η, αφού αυτές βρίσκονται στον ίδιο άξονα.

Το ιδιαίτερο αυτό κιβώτιο ταχυτήτων βρήκε εφαρμογή μόνο σε αγωνιστικά μοντέλα της Porsche και όχι σε αυτοκίνητα μαζικής παραγωγής, παρά τις εκτεταμένες δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στα μοντέλα 944.

1.2.7. Πιθανά προβλήματα - βλάβες - κακή λειτουργία του συστήματος

Η προβληματική λειτουργία ενός συστήματος συμπλέκτη μπορεί να εμφανίζει τα παρακάτω συμπτώματα:

- Καθυστέρηση στην αλλαγή των ταχυτήτων
- Αδυναμία αλλαγής ταχυτήτων (μπλοκάρισμα του κιβωτίου)
- Υπερβολικό θόρυβο κατά τις αλλαγές ταχυτήτων
- Φθορά του συμπλέκτη σε μικρό χρονικό διάστημα και έντονη οσμή
- Αυξημένη κατανάλωση καυσίμου
- Σκορτσαρίσματα κατά τις αλλαγές ταχυτήτων

1.2.8 Μέσα - τρόποι διάγνωσης

Για τη διάγνωση των βλαβών συνήθως απαιτείται η αποσυναρμολόγηση του συστήματος και ο έλεγχος των φθορών. Σε περίπτωση που υπάρχει ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου χρησιμοποιούνται οι ειδικές διαγνωστικές συσκευές ή πολύμετρα.

Ανακεφαλαίωση

Η εξέλιξη των μηχανικών συμπλεκτών με το σύστημα βολάν διπλής μάζας βελτίωσε σημαντικά τη διαδικασία αλλαγής ταχύτητας σε ένα συμβατικό μηχανικό κιβώτιο.

Δραστικότερη όμως συμβολή στην άνεση κατά την οδήγηση έχει η χρήση ενός αυτοματοποιημένου συμπλέκτη, με τον οποίο καταργείται το πεντάλ και ο οδηγός αλλάζει τις ταχύτητες, μετακινώντας απλά τον επιλογέα. Και στις δύο περιπτώσεις η χρήση μηχανικού συμπλέκτη είναι αξιόπιστη και σχετικά φθηνή αλλά περιορίζεται στα μηχανικά κιβώτια ταχυτήτων.

Ο ηλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης και ο μετατροπέας ροπής χρησιμοποιούνται σε αυτόματα ή ημιαυτόματα κιβώτια ταχυτήτων και έχουν το βασικό πλεονέκτημα της ομαλής μεταφοράς της ισχύος χωρίς κραδασμούς (σκορτσαρίσματα). Συγκρινόμενος με τον μετατροπέα ροπής ο ηλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης παρουσιάζει μεγαλύτερη ταχύτητα σύμπλεξης και ευκολότερα ελεγχόμενη λειτουργία αλλά δεν μπορεί να μεταφέρει υψηλές ροπές. Αντίθετα, ο μετατροπέας ροπής υστερεί περισσότερο στην λειτουργία του, έχει μεγαλύτερες απώλειες αλλά έχει αυξημένη αξιοπιστία και δυνατότητα μεταφοράς ιδιαίτερα μεγάλης ροπής.

Στα κιβώτια διπλού συμπλέκτη χρησιμοποιούνται δύο συμπλέκτες, έτσι ώστε να επιταχύνεται η αλλαγή των σχέσεων μετάδοσης. Το χαρακτηριστικό του συστήματος είναι ότι οι αλλαγές μπορούν να γίνονται μόνον σειριακά, γι' αυτό βρήκαν ελάχιστη εφαρμογή, και μόνο σε αγωνιστικά μοντέλα.



Ερωτήσεις

1. Αναφέρετε τα κύρια είδη συμπλεκτών που χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα αυτοκίνητα.
2. Για ποιό λόγο χρησιμοποιείται ο συμπλέκτης με βολάν διπλής μάζας; Περιγράψτε τη λειτουργία του.
3. Ποιό είναι το μέσο σύμπλεξης σε έναν υγρό συμπλέκτη;
4. Περιγράψτε τη βασική αρχή λειτουργίας ενός υδραυλικού μετατροπέα ροπής.
5. Ποιά είναι η λειτουργία του στάτορα;
6. Ποια η διαφορά ενός μετατροπέα "lock up" με ένα συμβατικό;
7. Σε ποιές ταχύτητες εμπλέκεται ο μηχανικός συμπλέκτης ενός μετατροπέα ροπής και για ποιό λόγο γίνεται αυτό;
8. Ποια είναι η βασική αρχή λειτουργίας των αυτόματων συμπλεκτών.
9. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα των κιβωτίων με αυτόματο συμπλέκτη;
10. Ποια είναι τα βασικά εξαρτήματα του αυτόματου συμπλέκτη;
11. Ποιές είναι οι λειτουργίες της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου;
12. Περιγράψτε τη λειτουργία του υδραυλικού μηχανισμού αλλαγής ταχυτήτων σε έναν αυτόματο συμπλέκτη.
13. Περιγράψτε τη λειτουργία του αισθητήρα μοχλού ταχυτήτων σε ένα κιβώτιο ταχυτήτων με αυτόματο συμπλέκτη.
14. Ποιοι είναι οι αισθητήρες του κινητήρα που χρησιμοποιεί το κιβώτιο με αυτόματο συμπλέκτη;
15. Περιγράψτε τη βασική αρχή λειτουργίας του σειριακού κιβωτίου. Σε τί πλεονεκτεί σε σχέση με τα συμβατικά κιβώτια;
16. Περιγράψτε τη λειτουργία ενός κιβωτίου με διπλό συμπλέκτη.
17. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα της χρήσης ενός κιβωτίου διπλού συμπλέκτη;
18. Ποιοί είναι οι περιορισμοί της χρήσης ενός κιβωτίου διπλού συμπλέκτη;
19. Σε έναν πίνακα συνοψίστε τα συγκριτικά πλεονεκτήματα ενός μηχανικού συμπλέκτη, ηλεκτρομαγνητικού συμπλέκτη και μετατροπέα ροπής.

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

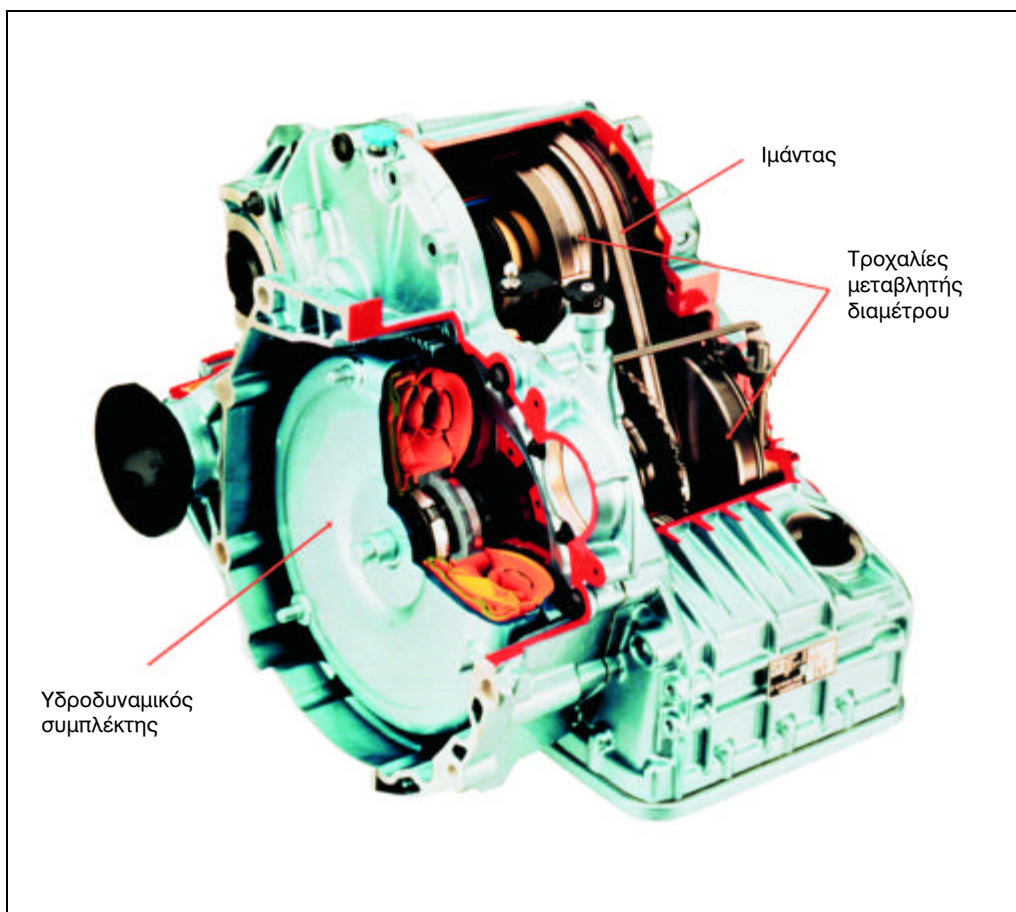
Στα αυτόματα κιβώτια δεν υπάρχει συμβατικός συμπλέκτης αλλά μετατροπέας

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.

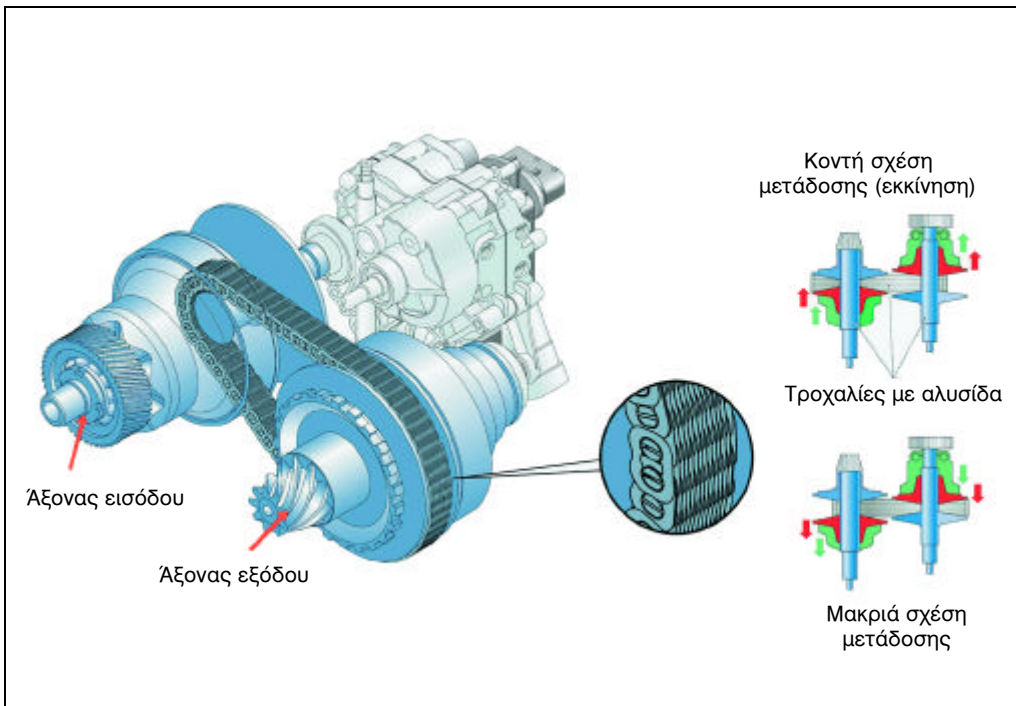
Παράλληλα παρουσιάζουν ιδιαίτερα ομαλή λειτουργία στην αλλαγή των ταχυτήτων, κάτι που τα κάνει ιδιαίτερα βολικά για την κίνηση μέσα στην πόλη.

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.

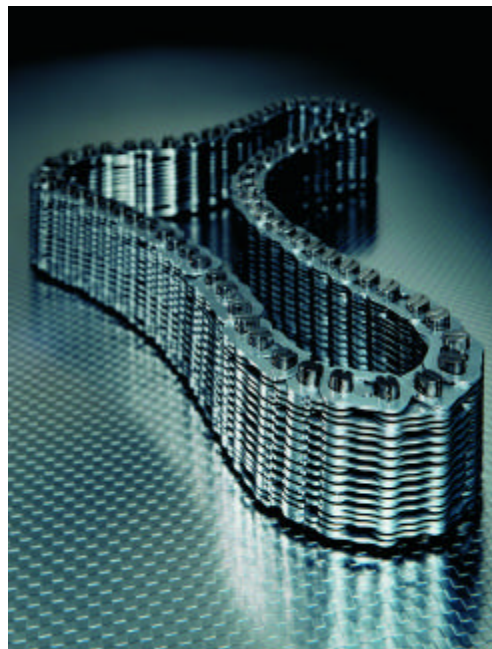
Όταν η τροχαλία του άξονα εισόδου είναι στη μικρότερή της διάμετρο, η τροχαλία του άξονα εξόδου βρίσκεται στη μεγαλύτερη διάμετρό της και έχουμε την πιο κοντή σχέση του κιβωτίου. Όσο η διάμετρος της τροχαλίας εισόδου αυξάνεται, η αντίστοιχη της τροχαλίας εξόδου μειώνεται μέχρι να φτάσει στη μικρότερη 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)

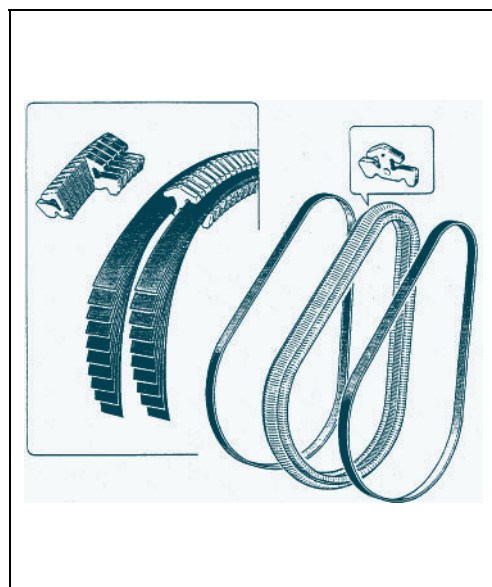
Ο ιμάντας μεταφοράς της κίνησης στις πρώτες εφαρμογές ήταν κωνικός από ελαστικό, στη συνέχεια όμως αντικαταστάθηκε από ειδική αλυσίδα.

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.

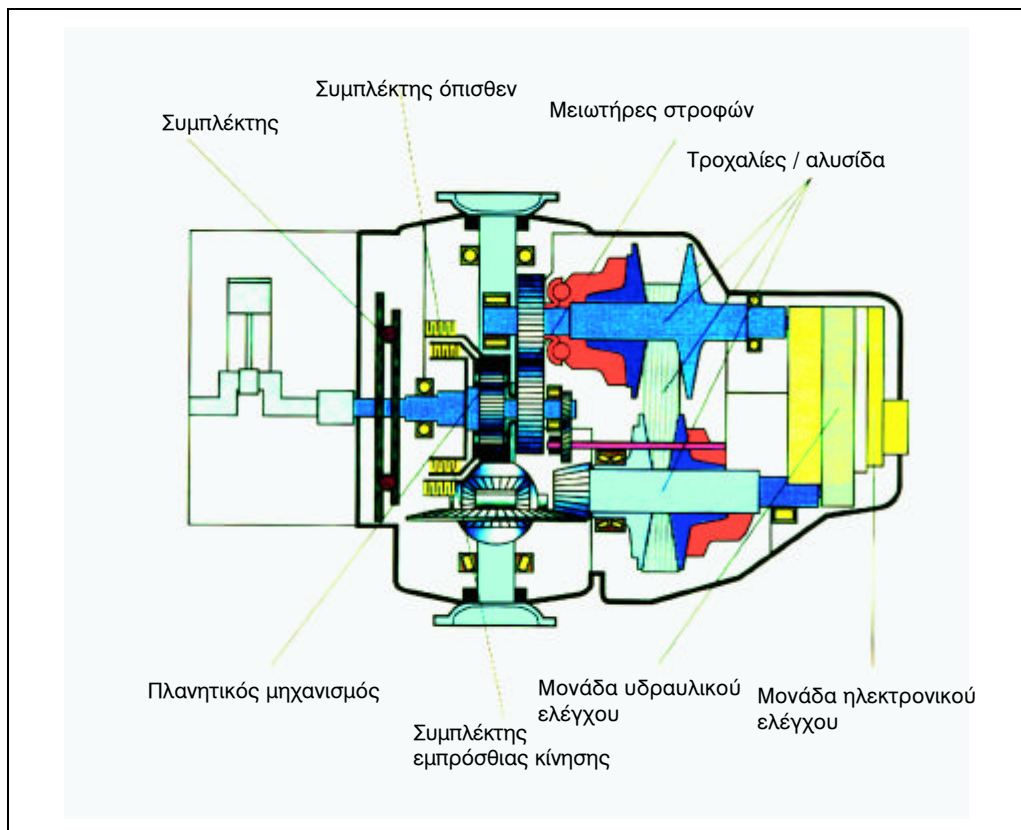
Το βασικό μειονέκτημα της αλυσίδας είναι η δημιουργία θορύβου. Για να αντιμετωπιστεί αυτό οι κρίκοι της αλυσίδας είναι από δύο διαφορετικά μεγέθη έτσι ώστε να μη "χτυπάνε" στις τροχαλίες με την ίδια συχνότητα και δημιουργείται συντονισμός και ενοχλητικός θόρυβος.

Τυπική διάταξη κιβωτίου CVT

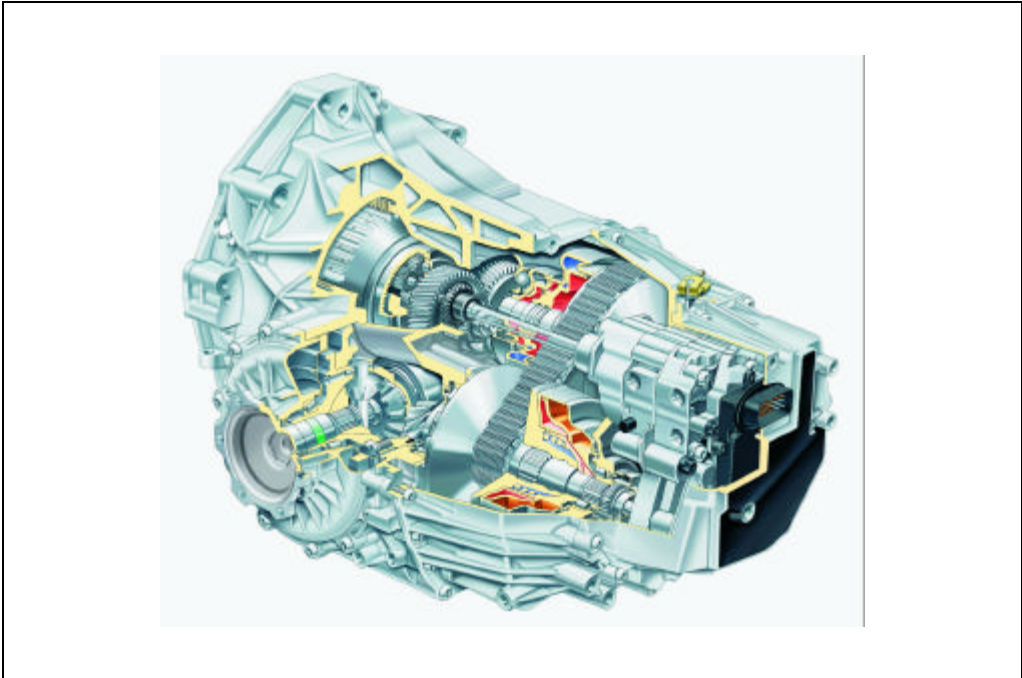
Εξαρτήματα - περιγραφή λειτουργίας

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.



Σχίμα 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.

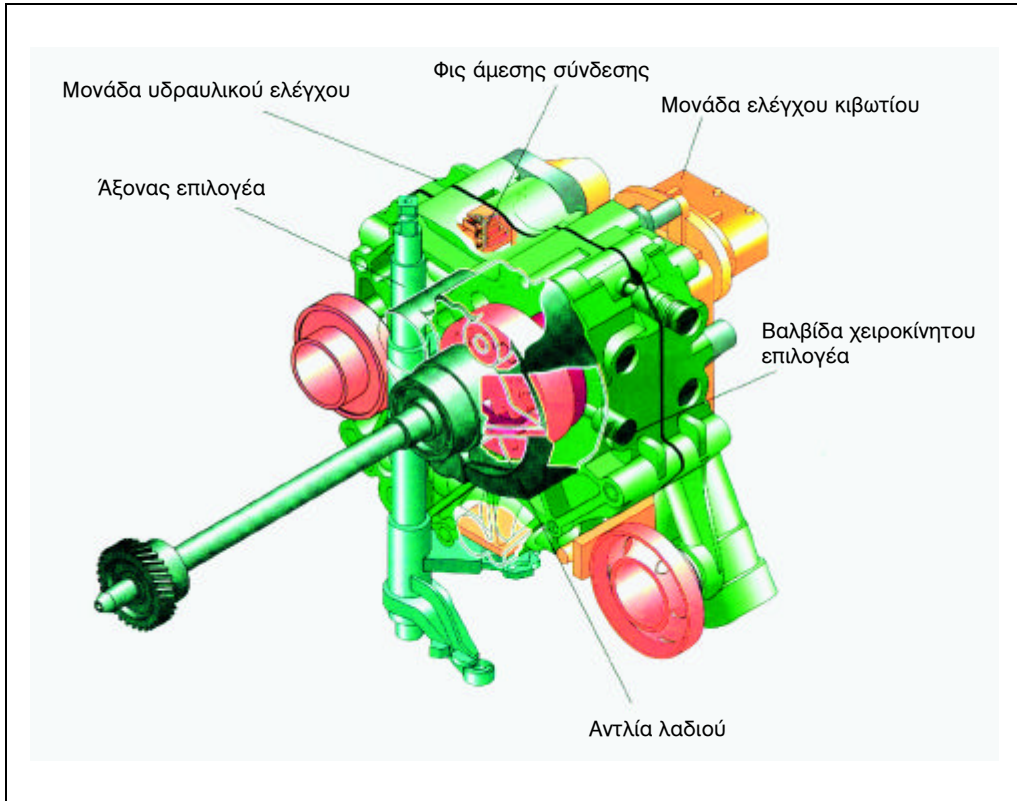
Η λειτουργία του συμπλέκτη εξαρτάται από τα οδηγικά χαρακτηριστικά και καθορίζει τον τρόπο που θα ξεκινήσει το αυτοκίνητο.

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



Σχίσμα 1.26: Συγκρότημα ηλεκτροϋδραυλικής μονάδας ελέγχου.

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

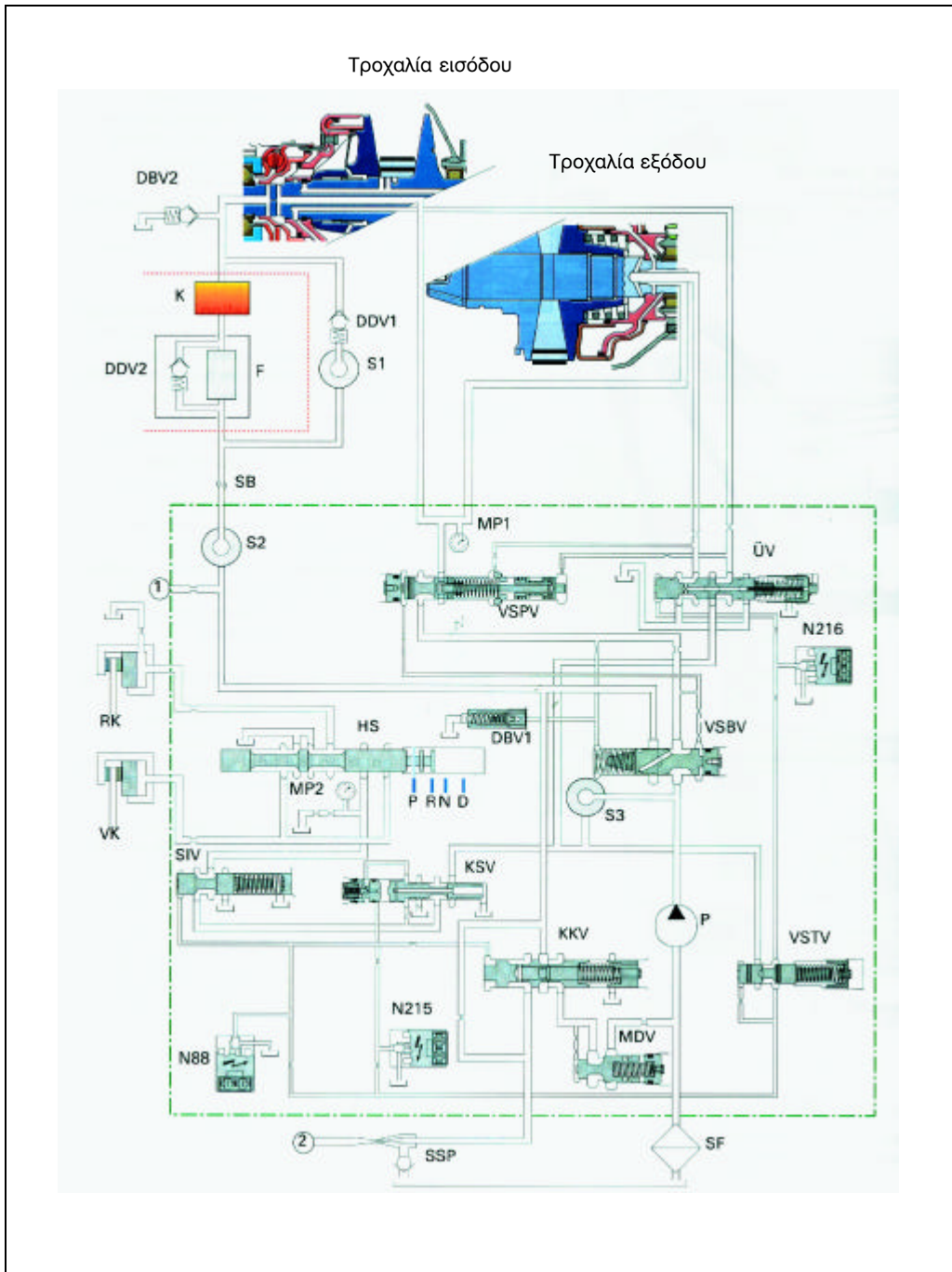
Υδραυλική μονάδα (βαλβιδοφόρος)

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 τροχαλιών. 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

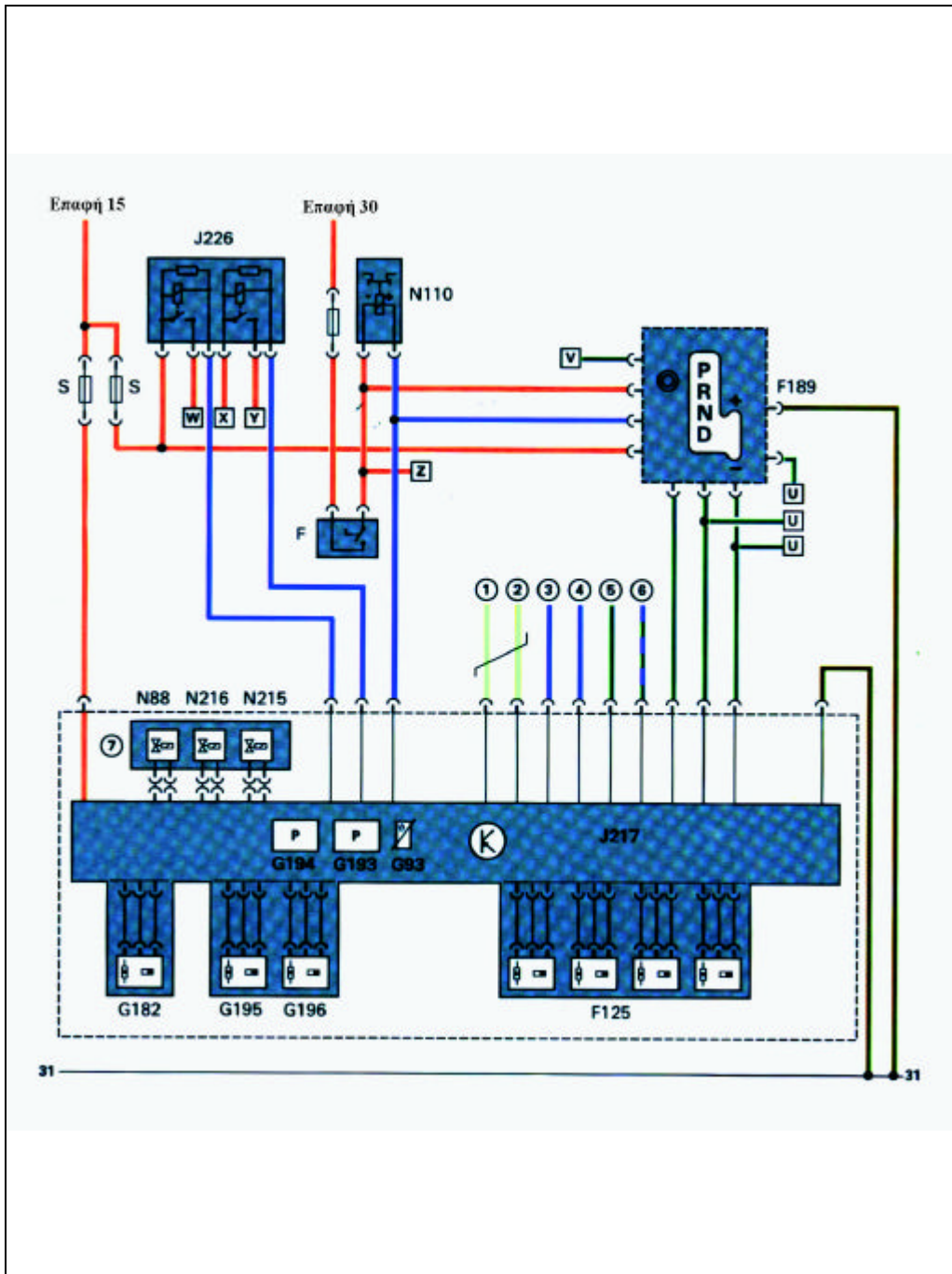
Εξάρτημα	Περιγραφή	Εξάρτημα	Περιγραφή
DBV1,2	Βαλβίδες περιορισμού πίεσης	N215	Βαλβίδα ελέγχου πίεσης 1 (συμπλέκτης)
DDV1,2	Βαλβίδες διαφορικής πίεσης	N216	Βαλβίδα ελέγχου πίεσης 2 (σχέση μετάδ.)
F	Φίλτρο λαδιού αυτομάτου κιβωτίου	P	Αντλία λαδιού
HS	Βαλβίδα χειροκίνητου επιλογέα	P,R,N,D	Επιλογέας θέσης
K	Ψυγείο λαδιού	RK	Συμπλέκτης όπισθεν
KKV	Βαλβίδα ψύξης λαδιού	S1,S2,S3	Αναρροφήσεις λαδιού
KSV	Βαλβίδα ελέγχου συμπλέκτη	SB	4 μπεκ λίπανσης / ψύξης τροχαλιών
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 τροχαλιών 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.

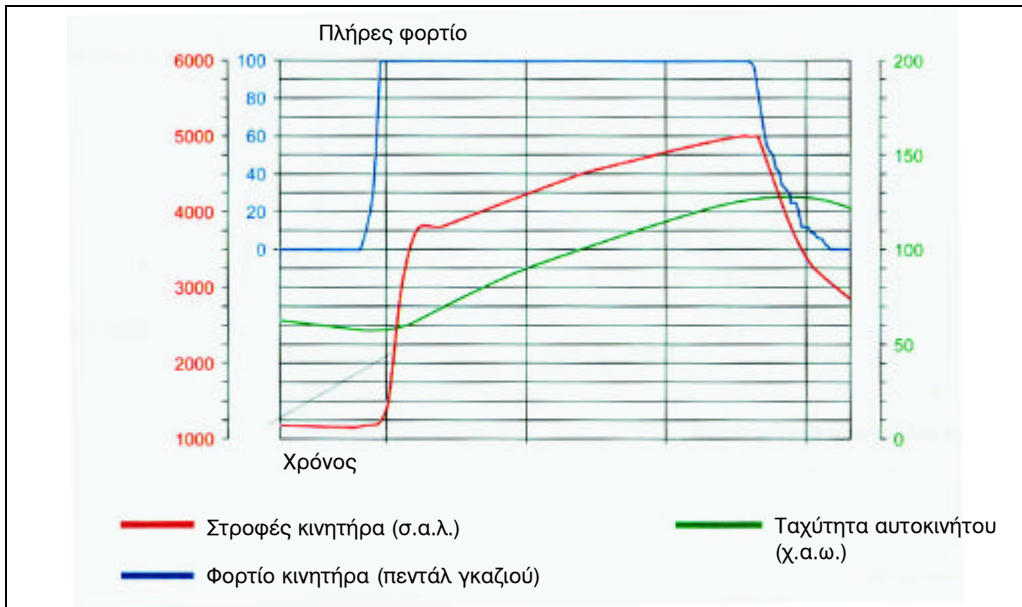
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2: ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

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		

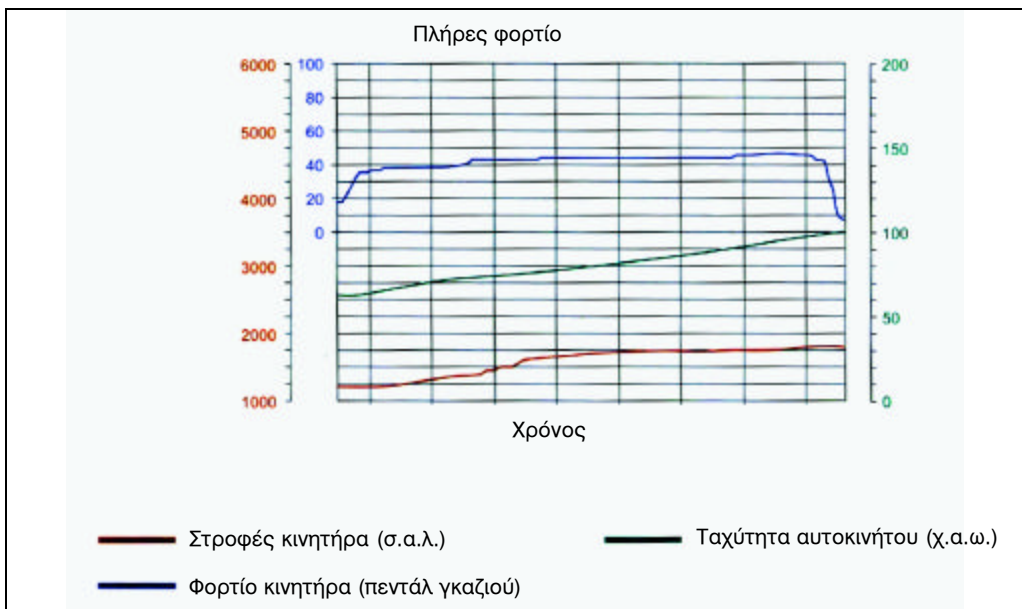
Προγραμματισμός της ηλεκτρονικής μονάδας

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.

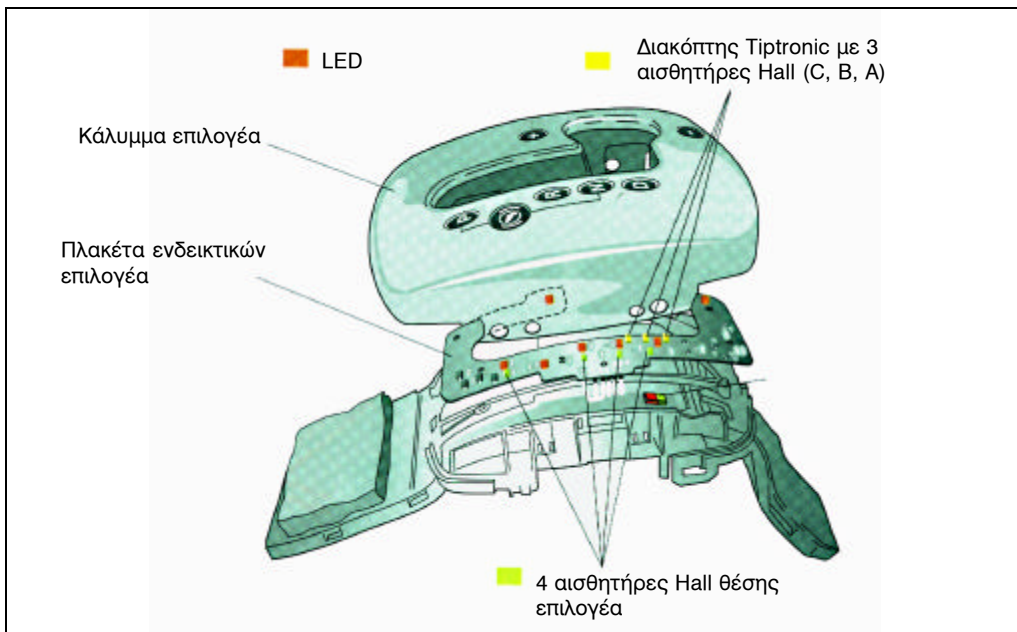
Ο προγραμματισμός της ηλεκτρονικής μονάδας περιλαμβάνει και άλλες περιπτώσεις με διαφορετικές απαιτήσεις, ό-

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.

Επιλογές 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.

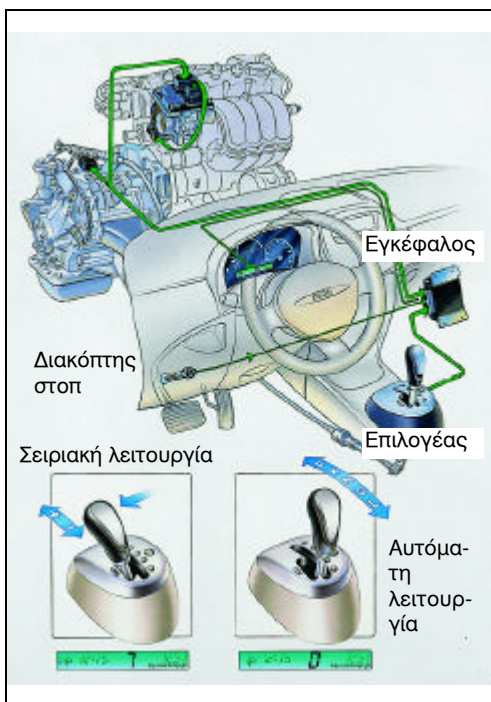


Σχήμα 1.31: Επιλογές ταχυτήτων (Audi Multitronic).

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 κλασικό 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.



Σχίμα 1.32: Επιλογέας ταχυτήτων με επιλογή σειριακής λειτουργίας.

1.3.3. Αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων

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

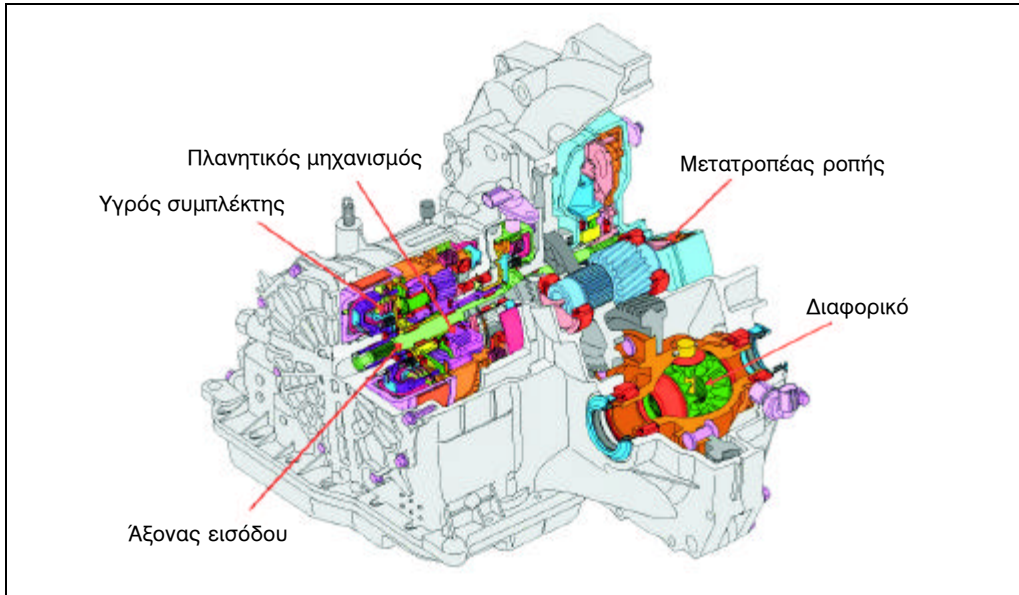
Τα αυτόματα κιβώτια χαρακτηρίζονται από την άνεση στην οδήγηση και την ευκολία στη χρήση τους αλλά παρουσιάζουν μεγάλες, σχετικά, απώλειες. Τη μεγαλύτερη διάδοση παρουσιάζουν στις Η.Π.Α. όπου συνδυάζονται με μεγάλους κινητήρες. Έτσι, από την μια η χαμηλή απόδοση δεν είναι ιδιαίτερα αισθητή και από την 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).

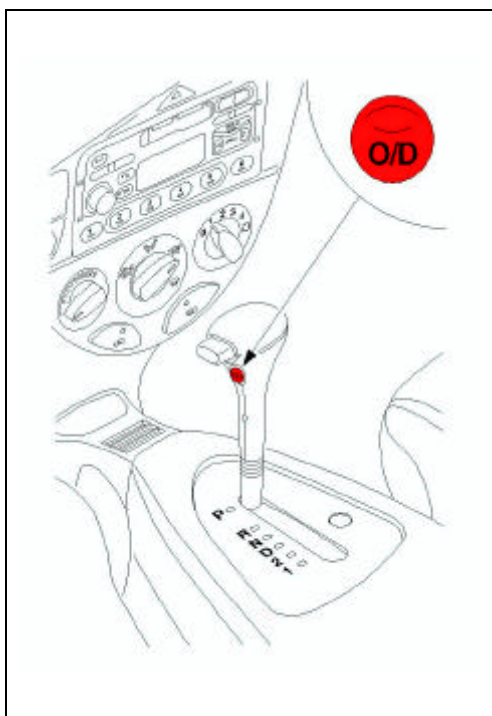
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3

Ένδειξη επιλογή	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

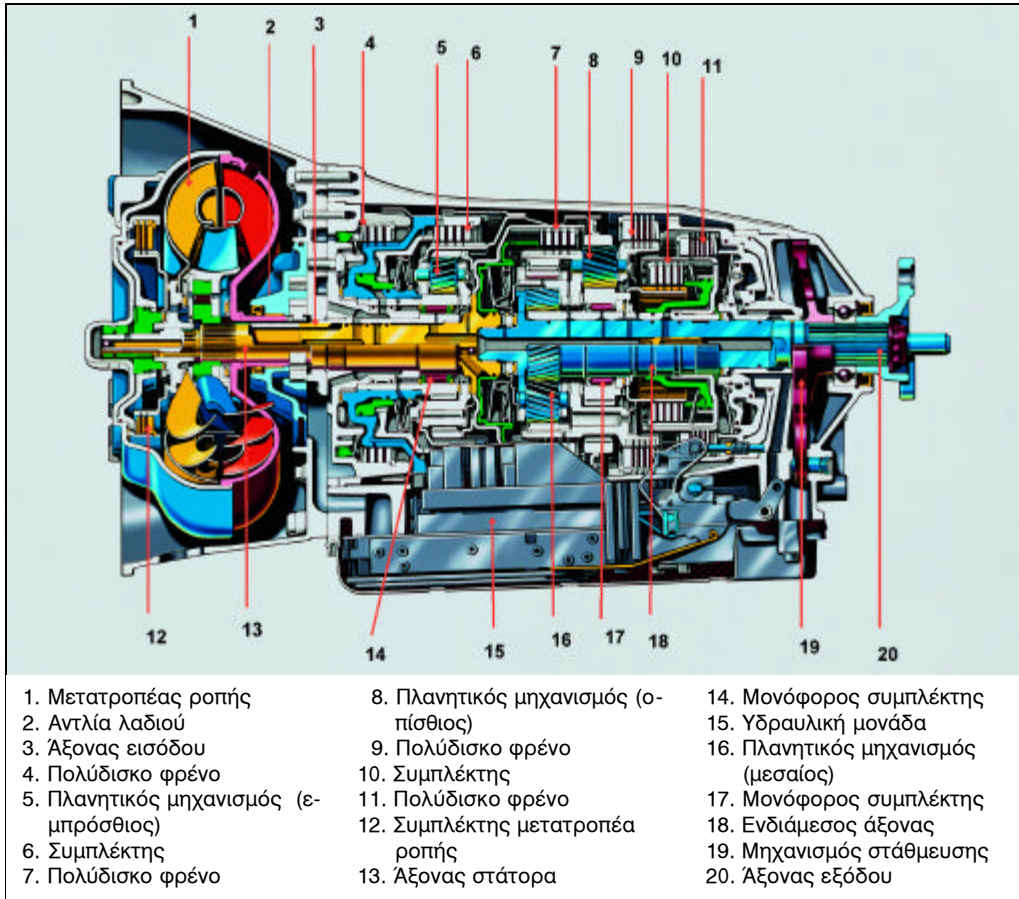
Τα κύρια εξαρτήματα ενός αυτόματου κιβωτίου ταχυτήτων είναι:

- 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.

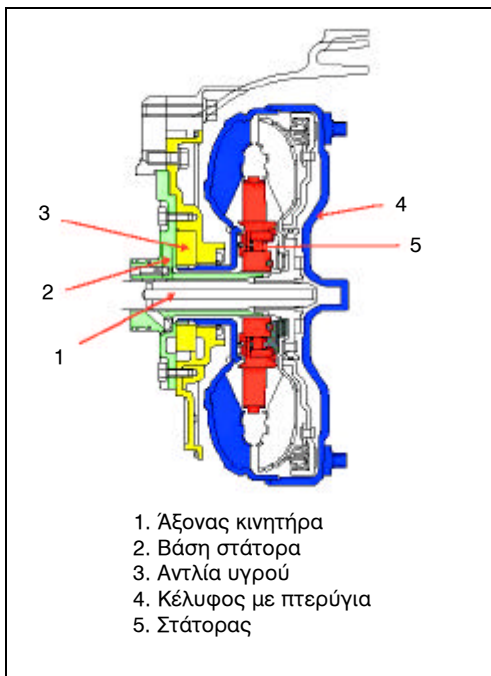
βλημα του μετατροπέα ροπής και παίρνει κίνηση απευθείας από το στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα.

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.



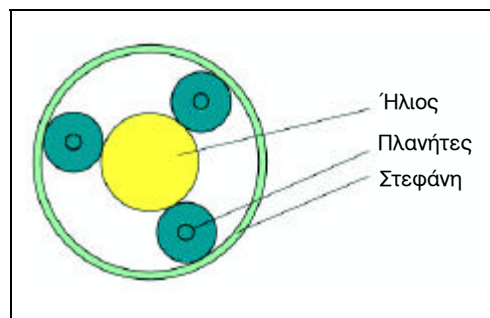
Σχήμα 1.37: Αντλία αυτόματου κιβωτίου.

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	$I = - Z_A / Z_B$
<p>Όπου: A: ήλιος B: οδοντωτή στεφάνη C: άξονας πλανητών</p> <p>I: τελική σχέση μετάδοσης Z_B: αριθμός δοντιών στεφάνης Z_A: αριθμός δοντιών ήλιου</p>			

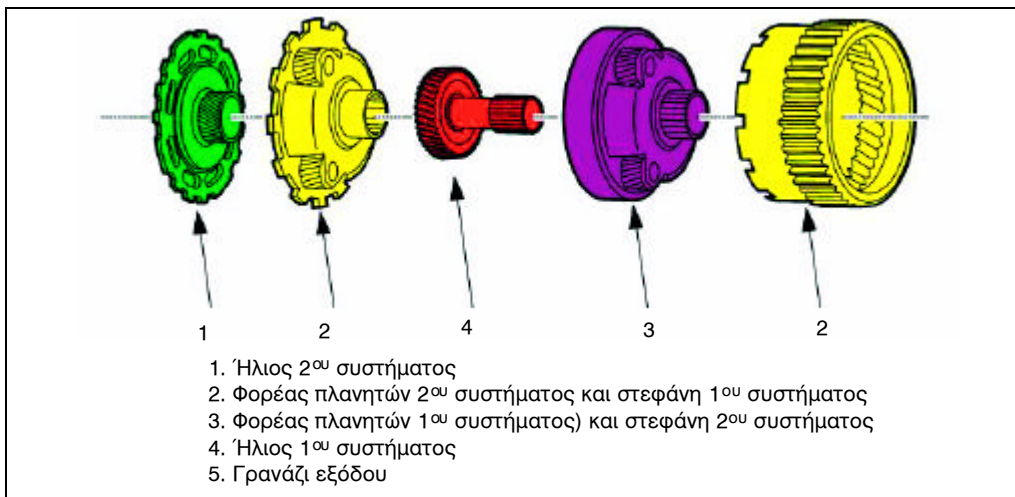
Για παράδειγμα, αν ο άξονας των πλανητών είναι σταθερός και ο άξονας εισόδου της κίνησης, είναι ο άξονας της στεφάνης, τότε ο άξονας του ήλιου θα περιστραφεί με αντίθετη φορά και με σχέση μετάδοσης ανάλογη του λόγου των δοντιών ήλιου - στεφάνης.

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-



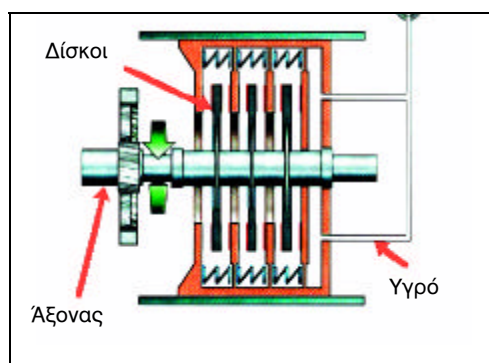
Σχήμα 1.39: Πλανητικός μηχανισμός αυτομάτου κιβωτίου τεσσάρων σχέσεων.

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)

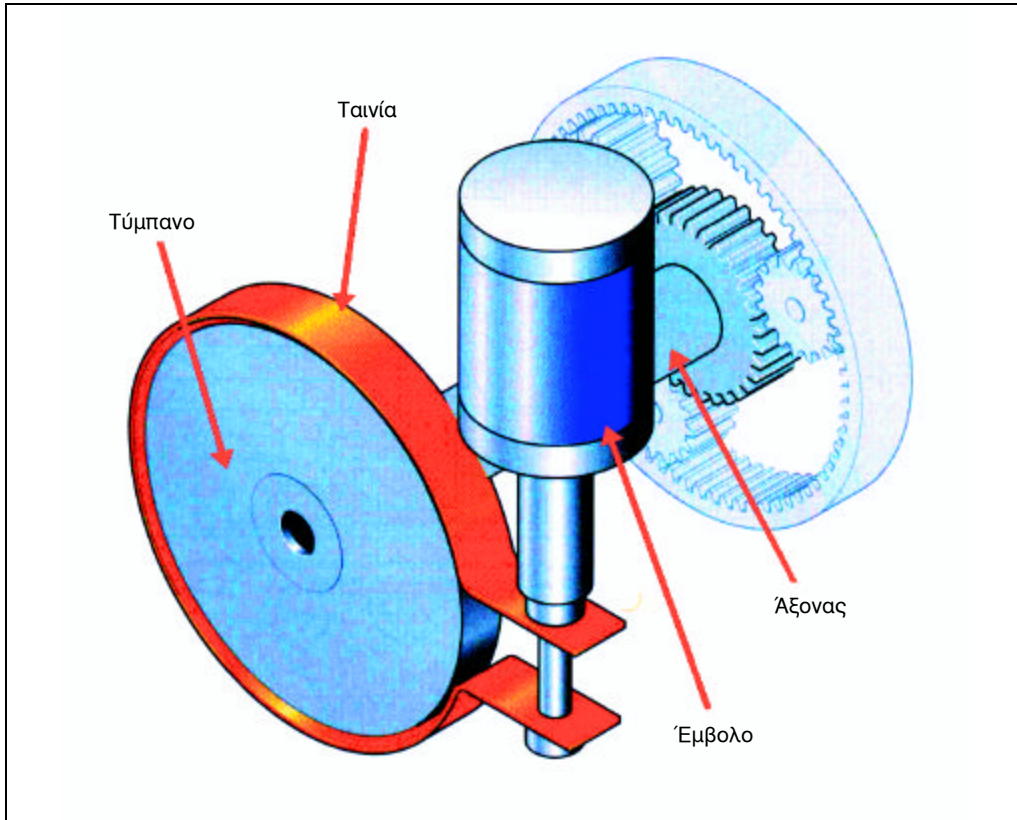
Οι υγροί συμπλέκτες μεταφέρουν την κίνηση, λειτουργώντας με την πίεση του υγρού που παρέχεται μέσω των βαλβίδων της υδραυλικής μονάδας. Αυτοί αποτελούνται από πολλά δισκάκια (υγροί πολύδισκοι συμπλέκτες) που όταν συμπλέκουν μεταφέρουν τη κίνηση σε κάποιο εξάρτημα του πλανητικού φορέα. Υπάρχει όμως η 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.

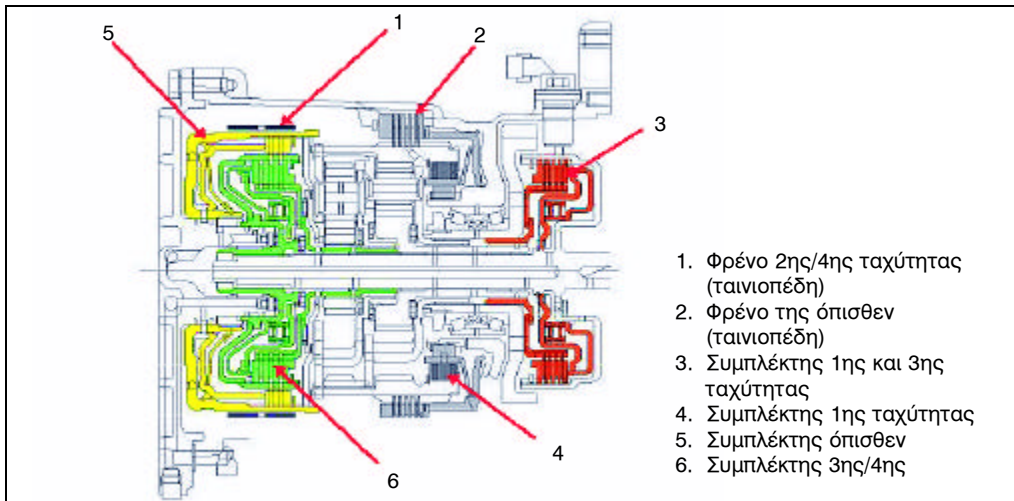
Ο συμπλέκτης της 1ης - 3ης ταχύτητας συνδέει τον πρωτεύοντα άξονα του κιβωτίου με τον ήλιο του 1ου συστήματος.

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-



1. Φρένο 2ης/4ης ταχύτητας (ταισιοπέδη)
2. Φρένο της όπισθεν (ταισιοπέδη)
3. Συμπλέκτης 1ης και 3ης ταχύτητας
4. Συμπλέκτης 1ης ταχύτητας
5. Συμπλέκτης όπισθεν
6. Συμπλέκτης 3ης/4ης

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

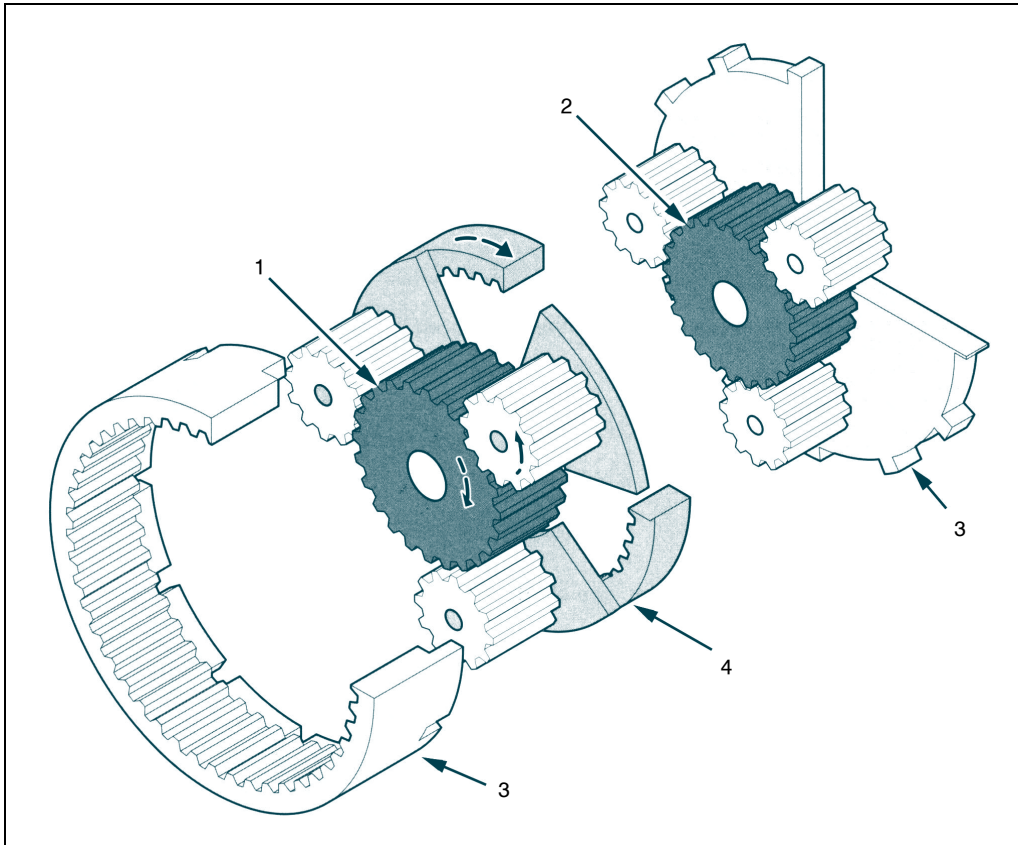
ση "κατεβάσματος" ταχύτητας, που η ταχύτητα εξόδου είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα εισόδου, η στεφάνη μπορεί να περιφέρεται ελεύθερα.

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.

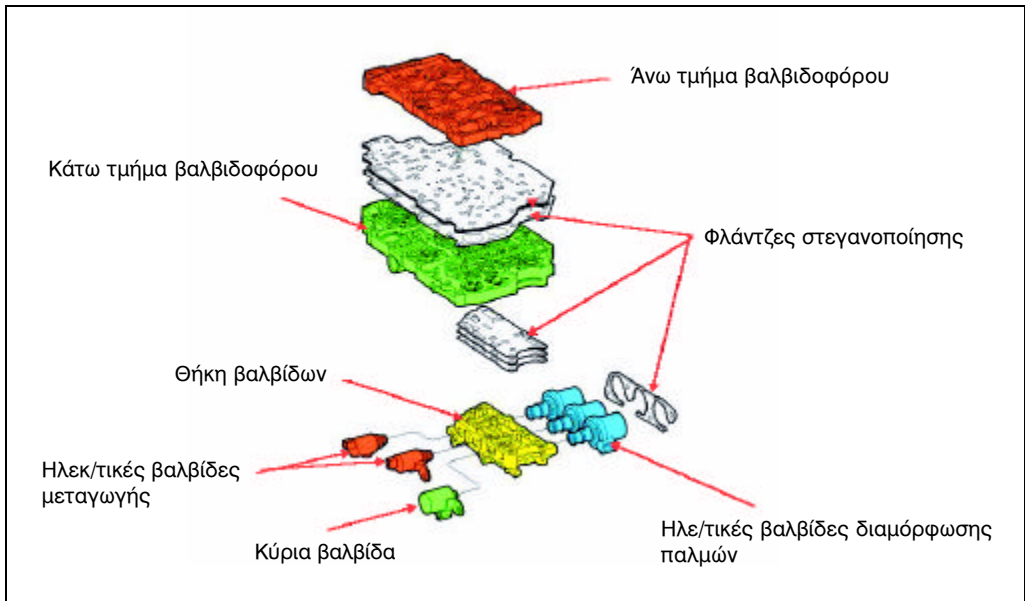
Στον πίνακα 1.5 παρουσιάζονται οι συνδυασμοί λειτουργίας των πλανητικών συστημάτων.

Υδραυλική μονάδα ελέγχου (βαλβιδοφόρος)

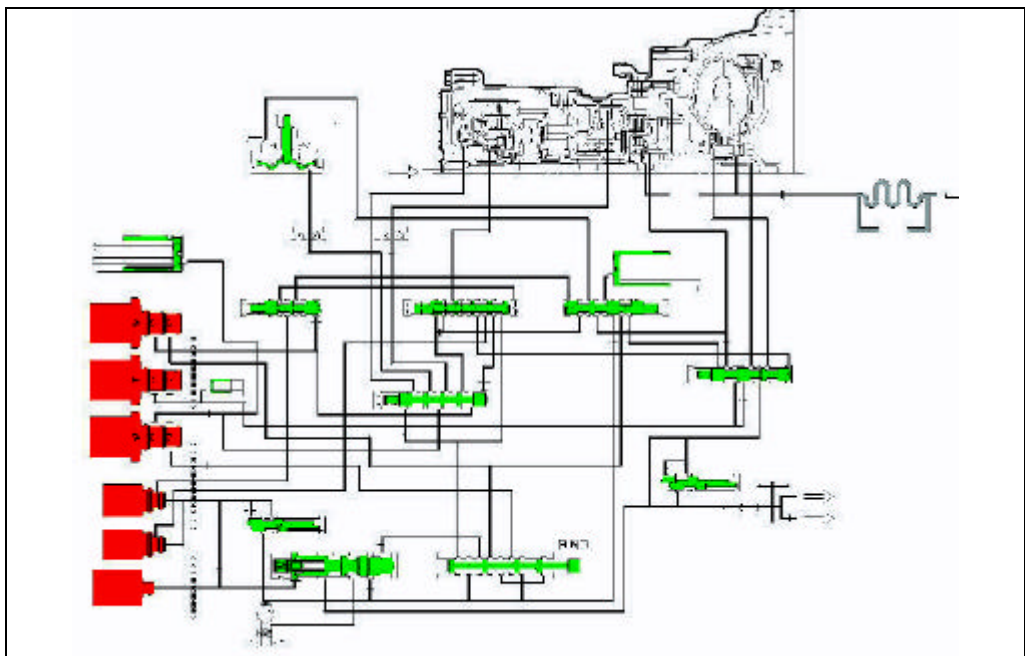
Η υδραυλική μονάδα (βαλβιδοφόρος) περιλαμβάνει τις ηλεκτρομαγνητικές

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

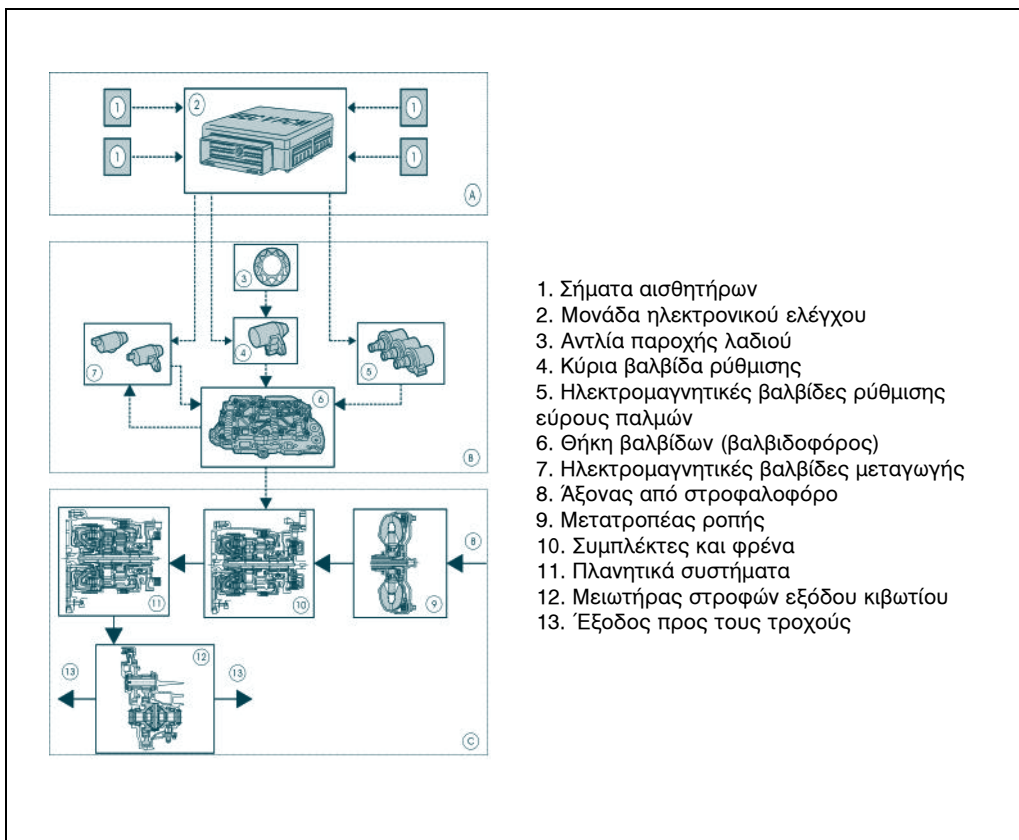
Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ενεργο-

ποιούνται ηλεκτρικά μέσω της μονάδας ηλεκτρονικού ελέγχου του κιβωτίου.

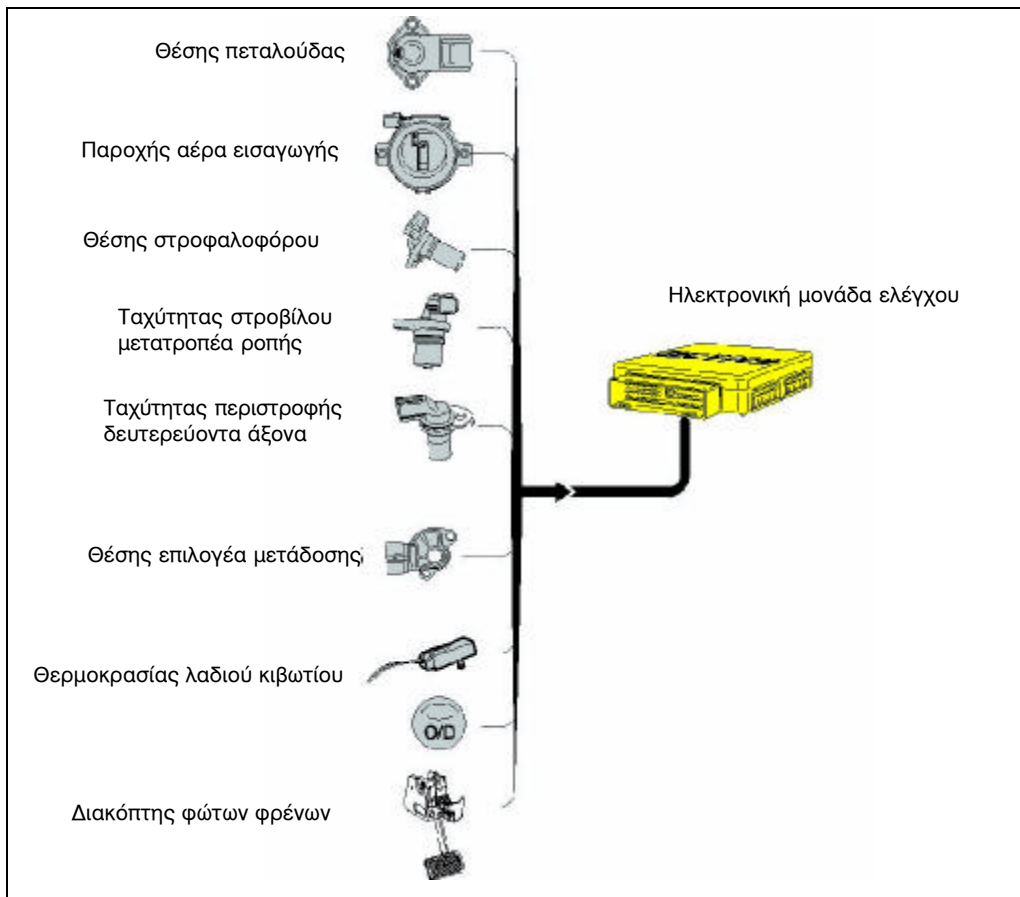
Το υδραυλικό κύκλωμα παροχής του κιβωτίου φαίνεται στο σχήμα 1.45.

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.

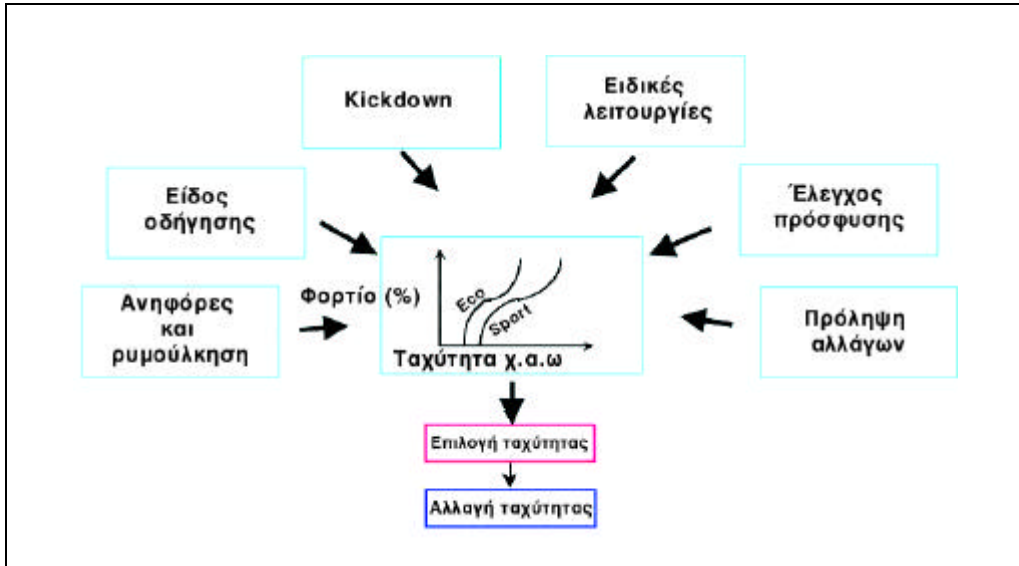
Οι αισθητήρες που χρησιμοποιεί η ηλεκτρονική μονάδα φαίνονται στο σχήμα 1.47.

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.

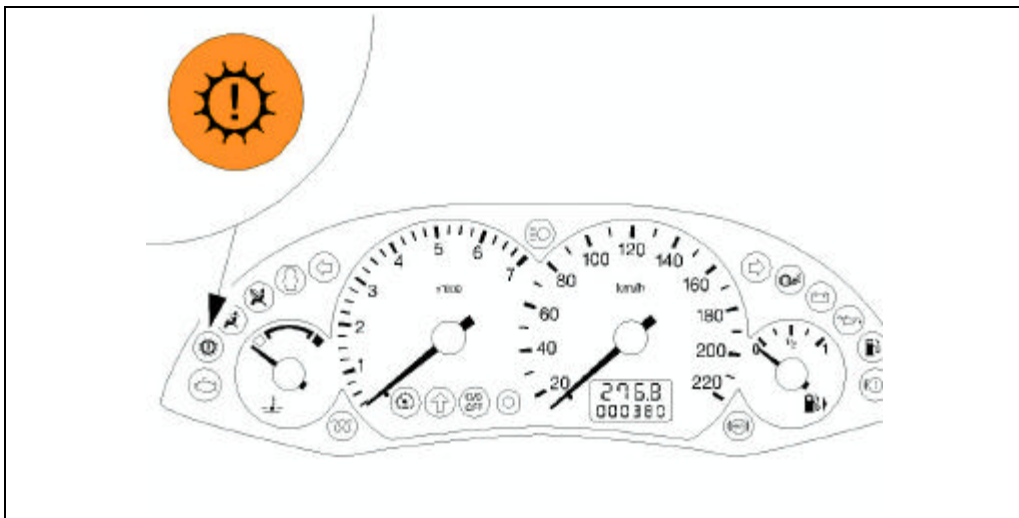
Σε ορισμένα κιβώτια ταχυτήτων υπάρχει η επιλογή "**economy**" και "**sport**". Στην πρώτη ο αριθμός στροφών αλλαγής είναι χαμηλότερος (ο κινητήρας λειτουργεί πιο οικονομικά) και στη δεύτερη υψηλότερος (ο κινητήρας αποδίδει μεγαλύτερη ισχύ).



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 "κινιτάουν" που χρησιμοποιείται από τον οδηγό, όταν θέλει να επιταχύνει απότομα. Στην περίπτωση αυτή



Σχήμα 1.49: Ενδεικτική λυχνία βλάβης αυτομάτου κιβωτίου.

πατάει τέρμα το πεντάλ του γκαζιού, οπότε ο εγκέφαλος "κατεβάζει" μία ή δύο ταχύτητες, έτσι ώστε να αυξηθούν οι στροφές λειτουργίας και η αποδιδόμενη ισχύς.

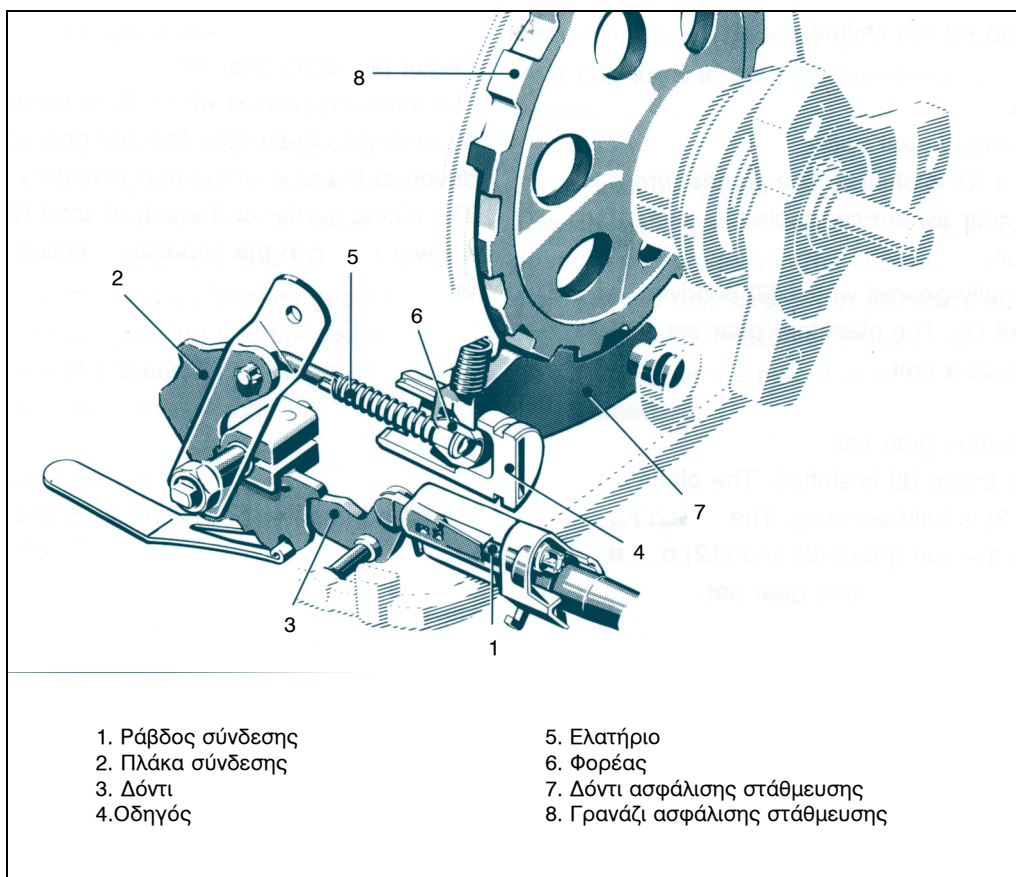
Κατάσταση ανάγκης

Σε περίπτωση που για κάποιο λόγο η λειτουργία του κιβωτίου δεν μπορεί να εξασφαλιστεί, λόγω βλάβης σε κάποιο εξάρτημα, η ηλεκτρονική μονάδα θέτει το κιβώτιο σε κατάσταση ανάγκης, κατά

την οποία στη θέση D επιλέγεται μόνιμα η 3η ταχύτητα. Παράλληλα αναβοσβήνει η ενδεικτική λυχνία βλάβης στο καβντράν 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.



Σχήμα 1.50: Μηχανισμός στάθμευσης (parking).

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 υδραυλικούς μηχανισμούς, 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.



Ερωτήσεις

1. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα των κιβωτίων συνεχώς μεταβαλλόμενης σχέσης;
2. Περιγράψτε τη βασική αρχή λειτουργίας του κιβωτίου συνεχώς μεταβαλλόμενης σχέσης.
3. Περιγράψτε τη λειτουργία του συστήματος τροχαλιών.
4. Περιγράψτε τη αλυσίδα μετάδοσης κίνησης.
5. Περιγράψτε τη λειτουργία της υδραυλικής μονάδας.
6. Από ποιους αισθητήρες παίρνει σήματα η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου;
7. Ποιος είναι ο κύριος παράγοντας στη λειτουργία της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου;
8. Περιγράψτε τη λειτουργία του κιβωτίου με πλήρες και μερικό φορτίου
9. Τι είδους αισθητήρες χρησιμοποιούνται στον επιλογέα ταχυτήτων;
10. Για ποιο λόγο υπάρχει η σειριακή λειτουργία;
11. Ποια είναι η ανάγκη χρήσης αυτομάτων κιβωτίων;
12. Περιγράψτε τη λειτουργία του επιλογέα θέσεων του αυτόματου κιβωτίου.
13. Τι είναι η λειτουργία Kickdown;
14. Ποια είναι τα κύρια εξαρτήματα ενός αυτόματου κιβωτίου;
15. Με τι συνδέεται η αντλία υγρού του αυτόματου κιβωτίου;
16. Περιγράψτε την αρχή λειτουργίας ενός πλανητικού συστήματος μετάδοσης.
17. Στο πλανητικό σύστημα με τα χαρακτηριστικά $Z_B = 64$, $Z_A = 28$, υπολογίστε την ταχύτητα εξόδου στις παρακάτω περιπτώσεις :

Άξονας εισόδου	Σταθερό εξάρτημα	Ταχύτητα εισόδου ω	Ταχύτητα εξόδου ω
B	C	3.500 σ.α.λ.	
A	B	1.200 σ.α.λ.	
C	A	1.000 σ.α.λ.	
A	C	1.200 σ.α.λ.	
B	A	2.500 σ.α.λ.	
C	B	3.800.σ.αλ.	





Ερωτήσεις

18. Τι είναι το νεκρό σημείο σε ένα πλανητικό σύστημα;
19. Περιγράψτε τη σύνδεση δύο πλανητικών συστημάτων.
20. Για ποιο λόγο χρησιμοποιούνται τα φρένα και οι συμπλέκτες στο αυτόματο κιβώτιο;
21. Πώς λειτουργεί μια ταινιοπέδη;
22. Περιγράψτε τη λειτουργία ενός υγρού συμπλέκτη.
23. Ποιες βασικές βαλβίδες περιλαμβάνει ο βαλβιδοφόρος;
24. Ποιους αισθητήρες χρησιμοποιεί η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου;
25. Ποιες είναι οι αλλαγές στη λειτουργία του κιβωτίου με την επιλογή "economy" και "sport";
26. Ποια ταχύτητα επιλέγει το κιβώτιο στην κατάσταση ανάγκης;
27. Περιγράψτε τη λειτουργία του συστήματος στάθμευσης (P).
28. Ποια είναι η χρήση των σειριακών αυτόματων κιβωτίων;

ΕΝΟΤΗΤΑ 1.4

Διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης

Διδακτικοί στόχοι

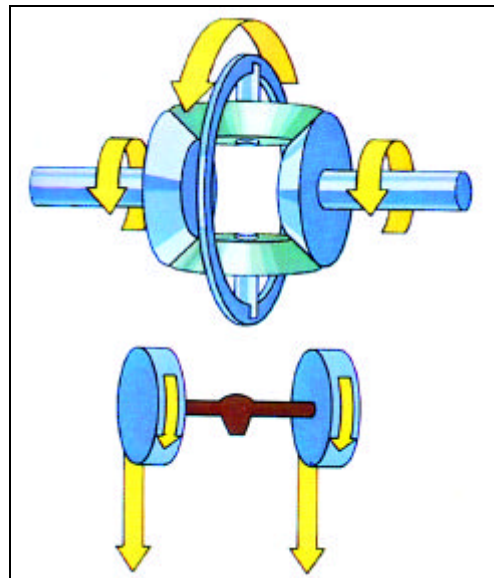
Με την ολοκλήρωση της διδασκαλίας του κεφαλαίου αυτού οι μαθητές θα είναι σε θέση:

- να περιγράφουν τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος καθώς και των επί μέρους εξαρτημάτων του
- να αναφέρουν και να περιγράφουν τις πιθανές βλάβες του συστήματος και των επί μέρους εξαρτημάτων του
- να αναφέρουν και να περιγράφουν τους τρόπους ελέγχου, επισκευής, ρύθμισης και συντήρησης του συστήματος και των επί μέρους εξαρτημάτων του

1.4.1 Γενικά

Τα σημαντικότερα προβλήματα του κλασικού διαφορικού ξεκινούν από τη στιγμή που οι κινητήριοι τροχοί "πατούν" σε έδαφος με μικρό ή διαφορετικό συντελεστή τριβής ο καθένας. Ο κεντρικός μηχανισμός του διαφορικού (πλανήτες - δορυφόροι) αδυνατεί να αντιληφθεί την συγκεκριμένη κατάσταση, άρα και να καταλείψει την αναγκαία ροπή για την κίνηση των τροχών. Έτσι αρχίζει η απώλεια της πρόσφυσης για τον τροχό που κινείται στο προβληματικό οδόστρωμα, ενώ ο άλλος τροχός (άρα και το αυτοκίνητο) ακινητοποιείται.

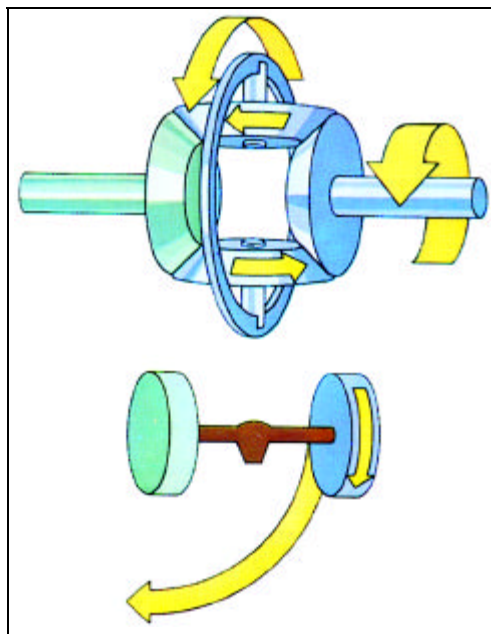
Ο συντελεστής τριβής μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος προσδιορίζει το ποσό της ροπής που μπορεί να εφαρμοστεί σε έναν τροχό. Όταν το οδόστρω-



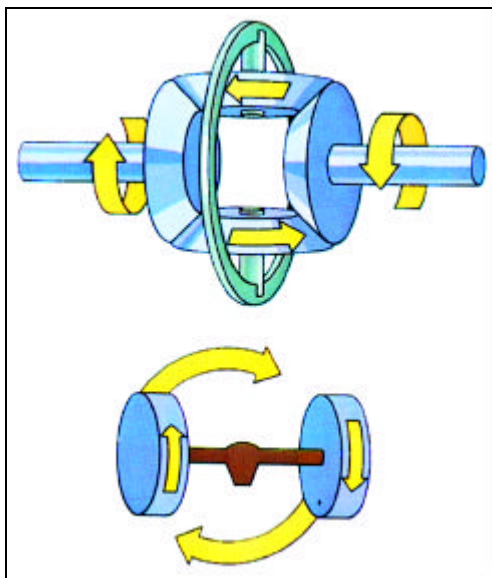
Σχήμα 1.52: Κίνηση του αυτοκινήτου σε ευθεία, και οι δύο τροχοί παίρνουν τις ίδιες στροφές.

μα είναι καλής ποιότητας, στεγνό και κατά συνέπεια υπάρχει καλή πρόσφυση του ελαστικού στο οδόστρωμα, δηλαδή ο συντελεστής τριβής είναι μεγάλος, το ποσό της διατιθέμενης ροπής στους τροχούς μπορεί να είναι το μεγαλύτερο δυνατό και εξαρτάται από τον κινητήρα και το κιβώτιο ταχυτήτων. Εδώ η λειτουργία του κλασσικού διαφορικού είναι η επιθυμητή για την ομαλή κίνηση του αυτοκινήτου.

Όταν όμως το οδόστρωμα δεν είναι καλής ποιότητας με κακή πρόσφυση του ελαστικού στο οδόστρωμα, ο συντελεστής τριβής είναι μικρός, όπως η κίνηση επάνω σε πάγο, το ποσό της διατιθέμενης ροπής στους τροχούς θα πρέπει να είναι σημαντικά μικρότερο ώστε αυτοί να μην ολισθήσουν (σπινιάρουν). Εδώ η λειτουργία του κλασσικού διαφορικού δεν είναι η επιθυμητή γιατί δεν μπορεί να



Σχήμα 1.54: Ακινητοποίηση του αυτοκινήτου, ο ένας τροχός παίρνει όλες τις στροφές.



Σχήμα 1.53: Κίνηση του αυτοκινήτου σε στροφή, οι στροφές των τροχών διαφοροποιούνται.

αναγνωρίσει το ποσό της ροπής που πρέπει να φθάσει στους τροχούς ώστε να μην ολισθήσουν (σπινιάρουν) και η κίνηση του αυτοκινήτου είναι προβληματική. Το αυτοκίνητο μπορεί να ξεφύγει από την πορεία του, παρά την θέληση του οδηγού, ή και να ακινητοποιηθεί.

Αντίστοιχα είναι τα προβλήματα σε οχήματα 4 X 4 που διαθέτουν κίνηση και στους τέσσερις τροχούς (τζιπ, αγροτικά, φορτηγάκια κτλ) και είναι εφοδιασμένα με κλασσικά διαφορικά στον μπροστινό και πίσω άξονα.

Η λύση στα προβλήματα αυτά είναι τα **διαφορικά περιορισμένης ολίσθησης** που λειτουργούν όπως τα κλασσικά διαφορικά, τόσο στην ευθεία, όσο και στις στροφές, όσο υπάρχει καλή πρόσφυση του ελαστικού στο οδόστρωμα. Όταν όμως κάποιος τροχός ολισθήσει, τότε ε-

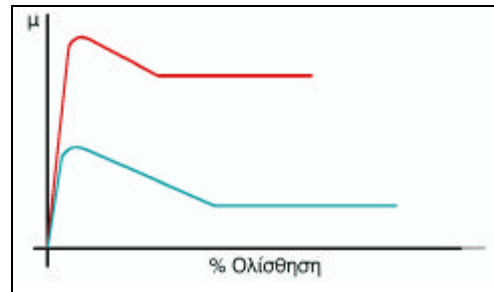
πιτρέπουν την μεταφορά μεγαλύτερης ροπής στον τροχό με την μεγαλύτερη πρόσφυση.

1.4.2. Εκμετάλλευση της ιδανικής πρόσφυσης ελαστικού - οδοστρώματος

Οι συνθήκες που προσδιορίζουν τον συντελεστή τριβής μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος είναι η κατάσταση του οδοστρώματος (χιόνι, πάγος, λάσπη κτλ) και η ποιότητα του ελαστικού. Η συχνές αλλαγές όμως στην κατάσταση του οδοστρώματος καθιστούν αναγκαία την ύπαρξη ενός συστήματος ελέγχου της πρόσφυσης ελαστικού - οδοστρώματος. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η επιφάνεια του οδοστρώματος μπορεί να χαρακτηριστεί ως επιφάνεια συνεχώς μεταβαλλόμενου **συντελεστή τριβής μ** . Ο συντελεστής τριβής ενδέχεται να είναι και διαφορετικός μεταξύ των δύο κινητήριων τροχών εάν για παράδειγμα, ο ένας πατάει σε λάσπη, ενώ ο άλλος σε στεγνό οδόστρωμα.

Στο **σχήμα 1.55** φαίνεται η πρόσφυση που έχουν οι δύο κινητήριιοι τροχοί σε διάγραμμα με συντεταγμένες τον συντελεστή τριβής (πρόσφυσης) μ στον κατακόρυφο άξονα και την ποσοστιαία αναλογία της ολίσθησης των τροχών στον οριζόντιο άξονα. Οι παραπάνω καμπύλες περιγράφουν δηλαδή την πρόσφυση μεταξύ του οδοστρώματος και των ελαστικών.

Όσο πιο μεγάλος είναι ο συντελεστής τριβής (μ) τόσο μικραίνει ο κίνδυνος για ολίσθηση του τροχού και αντίστροφα. Σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης οι τιμές θα μπορούσαν να είναι σε οποιοδήποτε σημείο πάνω στις καμπύλες ενώ

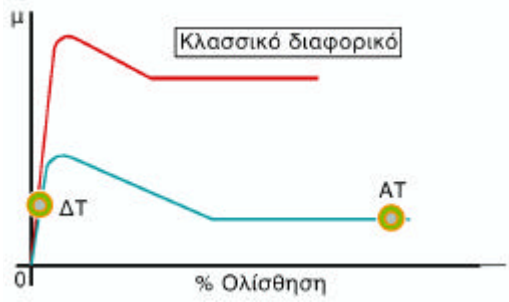


Σχήμα 1.55: Καμπύλη μεταβολής του συντελεστή πρόσφυσης.

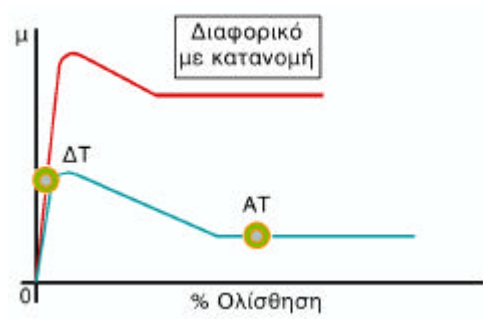
η μέγιστη διαθέσιμη ροπή υπολογίζεται από το άθροισμα της μέγιστης τιμής της στους δύο τροχούς.

Στο **σχήμα 1.56** περιγράφονται οι μεταβολές του συντελεστή πρόσφυσης ανάλογα με το είδος διαφορικού που είναι τοποθετημένο στο αυτοκίνητο. Στο γράφημα (1), με κοινό διαφορικό, φαίνεται η διαφορά στην ολίσθηση των δύο κινητήριων τροχών. Η διαφορά αυτή μειώνεται όταν το αυτοκίνητο διαθέτει ελεγχόμενο διαφορικό (μπλοκέ, κ.λπ.) γράφημα (2), ενώ ελαχιστοποιείται όταν πρόκειται για διαφορικό με ηλεκτρονικό έλεγχο της πρόσφυσης, γράφημα (3). Στην τελευταία περίπτωση, γράφημα (4), που πρόκειται για συνδυασμό ελεγχόμενου και ηλεκτρονικά ελεγχόμενου διαφορικού, η πρόσφυση μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος μεγαλώνει και αποφεύγεται η ολίσθηση του τροχού. Στην ουσία πρόκειται για μηχανισμούς κατανομής της ροπής. Στο πρώτο γράφημα (1) το κοινό διαφορικό αδυνατεί να μεταφέρει τη διαθέσιμη ροπή στον τροχό με την μεγαλύτερη πρόσφυση και το αυτοκίνητο ακινητοποιείται. Ένας τρόπος να βελτιωθεί η διαθέσιμη από τους δύο τροχούς πρόσφυση είναι η σωστή κατανομή της.

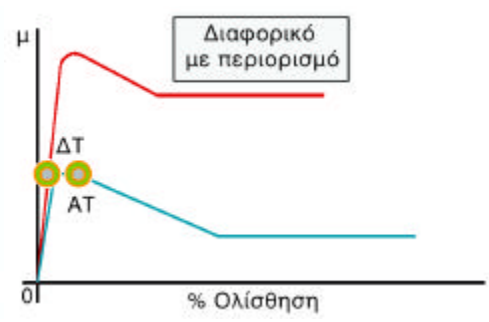
ΔT = Δεξιός τροχός
 AT = Αριστερός τροχός
 μ = Συντελεστής τριβής



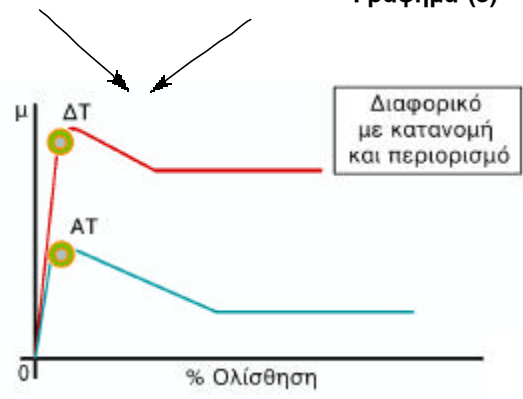
Γράφημα (1)



Γράφημα (2)



Γράφημα (3)



Γράφημα (4)

Σχήμα 1.56: Μεταβολή του συντελεστή πρόσφυσης στα διάφορα είδη διαφορικών.

Από τη στιγμή που υπάρχει περισσότερη διαθέσιμη πρόσφυση στον τροχό υψηλού συντελεστή πρόσφυσης μ , πρέπει να σταλεί εκεί περισσότερη ροπή. Στην περίπτωση του διαφορικού που έχει μόνο κατανομή ροπής, η ροπή κίνησης (ροπή που ασκείται στο οδόστρωμα) τείνει να ξεπεράσει την διαθέσιμη πρόσφυση που έχει ο τροχός χαμηλού συντελεστή πρόσφυσης μ , προκαλώντας την ιδιοπεριστροφή του (σπινάρισμα). Όμως, λόγω της **κατανομής** της ροπής, η εκμετάλλευση της ολικής πρόσφυσης έχει αυξηθεί. Αυτό σημαίνει ότι το ποσό της ροπής κίνησης που μπορεί να γίνει αποδεκτό από τους τροχούς έχει αυξηθεί.

Ένας άλλος τρόπος βελτίωσης της εκμετάλλευσης της πρόσφυσης είναι ο **περιορισμός** της ροπής που διατίθεται στους τροχούς.

Το ηλεκτρονικά ελεγχόμενο διαφορικό θα περιορίσει την πλεονάζουσα ροπή στον τροχό με χαμηλό συντελεστή πρόσφυσης μ , με αποτέλεσμα τον περιορισμό του σπινάρισματος του τροχού (γράφημα 3).

Στο τελευταίο γράφημα (4) του **σχήματος 1.56**, φαίνεται ότι η ιδανική χρήση της διαθέσιμης ροπής στους τροχούς από το διαφορικό απαιτεί **κατανομή και περιορισμό** μαζί.

Γενικά τα διαφορικά περιορισμένης ολίσθησης LSD (Limited Slip Differential) μπορούν να **καταναείμουν** αλλά όχι να **περιορίσουν** την ροπή στους κινητήριους τροχούς. Τα συστήματα ενεργού ελέγχου πρόσφυσης, TCS (Traction Control System) μπορούν να **περιορίσουν** αλλά όχι να **καταναείμουν** την ροπή στους κινητήριους τροχούς μειώνοντας

την ισχύ του κινητήρα. Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του κινητήρα αλλάζει την προπορεία ή μειώνει τις στροφές του κινητήρα μεταβάλλοντας έτσι και την διαθέσιμη ροπή στους τροχούς. Τα συστήματα ενεργού ελέγχου (Brake TCS) είναι ικανά τόσο στο να **περιορίσουν**, όσο και στο να **καταναείμουν** την ροπή στους κινητήριους τροχούς. Χρησιμοποιούν την λειτουργία του συστήματος ABS για το φρενάρημα ενός τροχού ώστε να **περιορίσουν** την ροπή και το σπινάρισμά του.

Στο **σχήμα 1.57** φαίνεται μια απλοποιημένη σχηματικά διάταξη ενός οχήματος με μπροστινή κίνηση. Οι μεταβλητές που το χαρακτηρίζουν είναι οι παρακάτω:

ΤΤΑ,ΤΤΔ: Ταχύτητα Τροχού Αριστερά, Ταχύτητα Τροχού Δεξιά

ΡΤΑ,ΡΤΔ: Ροπή Τροχού Αριστερά, Ροπή Τροχού Δεξιά

ΡΠΑ,ΡΠΔ: Ροπή Πέδησης Αριστερά, Ροπή Πέδησης Δεξιά

ΡΑΑ,ΡΑΔ: Ροπή Άξονα Αριστερά, Ροπή Άξονα Δεξιά

Οι σχέσεις που συνδέουν τις παραπάνω μεταβλητές είναι οι ακόλουθες:

Διαφορά ταχυτήτων τροχών:

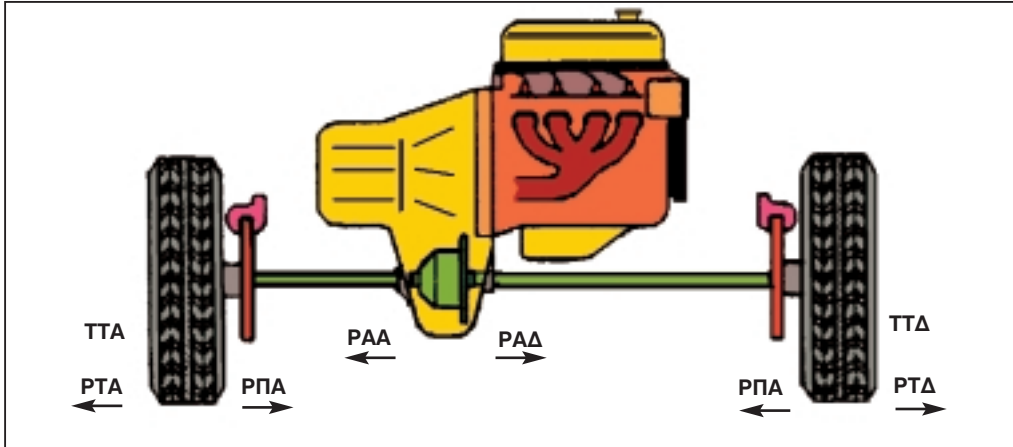
$$\Delta N = /ΤΤΑ - ΤΤΔ/ \text{ (rpm)}$$

Διαφορά ροπής στους άξονες:

$$\Delta T = /ΡΑΑ - ΡΑΔ/ \text{ (Nm)}$$

Ολική ροπή στους άξονες:

$$\Sigma T = /ΡΑΑ + ΡΑΔ/ \text{ (Nm)}$$



Σχήμα 1.57: Κατανομή της ροπής στους κινητήριους τροχούς.

Ροπή στους τροχούς:

$$WSR = \frac{PAA - PPA}{(Nm)}$$

Συντελεστής Κατανομής Ροπής:

(Torque Bias Ratio)

$$TBR = \text{MAX} \left(\frac{PAA}{PAD}, \frac{PAD}{PAA} \right) (N:1)$$

Ο συντελεστής κατανομής της ροπής TBR αποτελεί κύριο χαρακτηριστικό του διαφορικού και χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ικανότητα του διαφορικού να καταναίμει ροπή. Ο συντελεστής TBR εκφράζει την αναλογική σχέση της ροπής ή της ισχύος που εφαρμόζεται στον ένα άξονα συγκριτικά με τον άλλο (π.χ αν ο τροχός με χαμηλό συντελεστή τριβής μ (μικρή πρόσφυση) μπορεί να διατηρήσει ένα ποσό ροπής, ένα διαφορεικό με συντελεστή TBR = 2:1 μπορεί να στείλει το διπλάσιο ποσό ροπής στον τροχό που έχει υψηλό συντελεστή τριβής μ (μεγάλη πρόσφυση). Ο συντελεστής TBR είναι πάντοτε μεγαλύτερος ή ίσος με τη μονάδα.

1.4.3. Συντελεστής περιορισμού ολίσθησης ή συντελεστής φραγής (s)

Συντελεστής περιορισμού ολίσθησης ή συντελεστής φραγής (s) ονομάζεται η μεγαλύτερη διαφορά της ροπής που μπορεί να εφαρμοσθεί στους δύο κινητήριους τροχούς σε σχέση με την συνολική ροπή που εφαρμόζεται (δηλαδή το κατά πόσο είναι "μπλοκέ" ένα διαφορεικό). Τα επιβατικά αυτοκίνητα έχουν συνήθως συντελεστή φραγής 25 -40%.

$$S = \frac{\text{Διαφορά ροπής κίνησης μεταξύ των κινητήριων τροχών}}{\text{Ολική ροπή που εφαρμόζεται στους κινητήριους τροχούς}} \times 100\%$$

Ως ροπή κίνησης ορίζεται η ροπή που αναπτύσσεται από τους τροχούς στο οδόστρωμα.

Έστω ότι οι τροχοί πατούν σε διαφορετικές επιφάνειες οδοστρώματος με διαφορετικό συντελεστή τριβής (π.χ ο ένας τροχός στον πάγο και ο άλλος σε στε-

γνό οδόστρωμα). Εάν συμβολίζεται με **H** η υψηλή πρόσφυση του ελαστικού, και **L** η χαμηλή πρόσφυση τότε ο συντελεστής φραγής **S** θα είναι:

$$S = \frac{H - L}{H + L} \times 100\%$$

Χρησιμοποιώντας την παραπάνω εξίσωση, σε ένα διαφορικό με συντελεστή φραγής $S = 25\%$ (μπλοκέ κατά 25%), προκύπτει ότι ο τροχός με τη μεγαλύτερη πρόσφυση θα παραλάβει το 62,5% της ολικής ροπής που θα εφαρμοσθεί στους τροχούς ενώ ο άλλος με την χαμηλή πρόσφυση (π.χ αυτός που πατάει στον πάγο) θα παραλάβει $100\% - 62,5\% = 37,5\%$ της ολικής ροπής.

Αναλυτικά λοιπόν η κατανομή της ροπής για ένα διαφορικό με συντελεστή $S=25\%$ είναι:

$$H = \frac{S + 1}{2} = \frac{0,25 + 1}{2} = 0,625 = 62,5\%$$

η ροπή του τροχού με τη μεγαλύτερη πρόσφυση

$$L = \frac{-S + 1}{2} = \frac{-0,25 + 1}{2} = 0,375 = 37,5\%$$

η ροπή του τροχού με τη μικρότερη πρόσφυση

Ο λόγος **H / L** είναι ο **συντελεστής κατανομής της ροπής TBR** που δείχνει το μέγεθος της ροπής που μπορεί να ε-

φαρμοσθεί στον τροχό με τη μεγαλύτερη πρόσφυση σε σχέση με τον τροχό που έχει τη μικρότερη πρόσφυση. Το διαφορικό του παραδείγματος με συντελεστή $S=25\%$ μπορεί να αποδώσει 1,67 περισσότερη ροπή στον τροχό με την μεγαλύτερη πρόσφυση. Αναλυτικά λοιπόν ισχύει ότι:

$$\frac{H}{L} = \frac{S + 1}{-S + 1} = \frac{0,25 + 1}{0,25 - 1} = 1,67$$

όπου το 1,67 είναι ο συντελεστής κατανομής ροπής TBR

Όταν ένα διαφορικό έχει την δυνατότητα, με κάποιον μηχανισμό να "κλειδώσει" και τα δύο ημιαξόνια μεταξύ τους, ώστε να περιστρέφονται και τα δύο με τον ίδιο αριθμό στροφών, τότε έχει συντελεστή φραγής 100%, δηλαδή είναι 100% μπλοκέ, έχει άπειρο συντελεστή κατανομής ροπής TBR και λέγεται **διαφορικό αυτόματης φραγής**. Ένα διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης επιτρέπει τη μεταφορά δυνάμεων στο οδόστρωμα μέσα από τον τροχό που έχει καλή πρόσφυση, έτσι ώστε να κινηθεί το αυτοκίνητο, εάν ο άλλος τροχός ολισθήσει (σπινιάρει), όταν για παράδειγμα ο τροχός πατάει σε πάγο ή λάσπη. Τα κλασσικά διαφορικά παρουσιάζουν το πρόβλημα της ακινητοποίησης του αυτοκινήτου, όπως έχει αναφερθεί, επειδή θεωρητικά έχουν συντελεστή φραγής 0%, συντελεστή κατανομής ροπής $TBR=1$ και η ροπή σε κάθε τροχό ισοσταθμίζεται ($H=L$). Στην πράξη υπάρχει μικρή κατανομή της ροπής, $TBR=1,1$ επειδή το διαφορικό, σαν μηχανισμός, λειτουργεί με τριβές.

1.4.4. Διαφορικά περιορισμένης ολίσθησης τύπου LSD. (Limited Slip Differential)

Τα διαφορικά περιορισμένης ολίσθησης LSD αποτελούν παθητικές διατάξεις, ενεργητικές είναι αυτές που ενεργοποιούνται αυτόματα παίρνοντας εντολή από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, και κατανέμουν την ροπή μεταξύ των αξόνων (ΔΤ). Οι τύποι αυτών των διαφορικών χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, αυτά που "αισθάνονται" την ροπή και αυτά που "αισθάνονται" την ταχύτητα περιστροφής των κινητήριων τροχών. Τα διαφορικά που "αισθάνονται" τη ροπή (**διαφορικά Torsen**) χρησιμοποιούν τη μηχανική τριβή των εξαρτημάτων τους για να δημιουργήσουν την απαιτούμενη διαφορά ροπής μεταξύ των δύο αξόνων (ΔΤ), ανεξάρτητα από την ταχύτητα περιστροφής των τροχών (ΔΝ). Τα διαφορικά που "αισθάνονται" την ταχύτητα των τροχών, για να ενεργοποιηθούν και να λειτουργήσουν πρέπει να υπάρχει διαφορά στην ταχύτητα περιστροφής των τροχών.

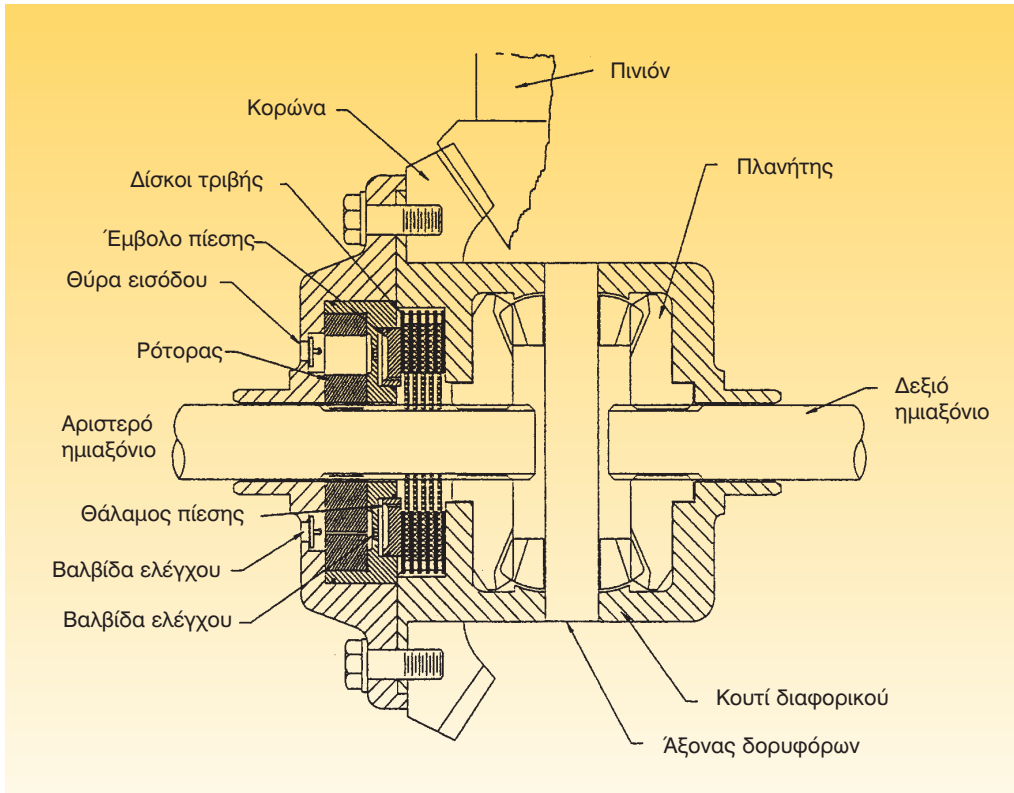
Οι τύποι των διαφορικών περιορισμένης ολίσθησης ή "μπλοκέ" διαφορικά είναι:

- τα διαφορικά με πολύδισκους συμπλέκτες
- τα διαφορικά τύπου Torsen με ατέρμονες οδοντωτούς τροχούς και
- τα διαφορικά με συνεκτική σύζευξη (SYNCHRO-VISCO) που χρησιμοποιούν ειδικούς δίσκους με υγρή σιλικόνη ανάμεσα τους

1.4.5. Διαφορικά περιορισμένης ολίσθησης με πολύδισκους συμπλέκτες

Το μπλοκέ διαφορικό με **πολύδισκους συμπλέκτες** βασίζεται στο κλασικό διαφορικό, με την προσθήκη κάποιων εξαρτημάτων όπως οι δίσκοι τριβής, οι δίσκοι πίεσης και τα ελατήρια προφώτισης (προέντασης) των δίσκων. Οι δίσκοι πίεσης (πλατό) φέρνουν τους πλανήτες, τον άξονα των δορυφόρων και τους δορυφόρους σε εμπλοκή μέσα από τους δίσκους τριβής. Μετά από κάθε δίσκο πίεσης, υπάρχει και ένας δίσκος τριβής.

Όταν εφαρμόζεται ροπή στο διαφορικό, τότε το κέλυφος του θα περιστραφεί και θα σπρώξει τον άξονα των δορυφόρων μέσα στην υποδοχή των δίσκων πίεσης. Οι δίσκοι πίεσης σπρώχνονται τότε επάνω στους δίσκους τριβής, συμπιέζοντας τους μεταξύ τους. Αυτοί με τη σειρά τους προκαλούν τη σταδιακή εμπλοκή των τροχών, ανάλογα με την ισχύ που διατίθεται στο σύστημα. Η παραπάνω διάταξη περιορίζει τα "σπιναρίσματα" και τις ολισθήσεις των τροχών, στις στροφές με μεγάλη ταχύτητα, και διαθέτει την ισχύ στους τροχούς πιο ομοιόμορφα, όταν προσφέρεται η μεγαλύτερη ισχύ στο σύστημα, πατώντας παραπάνω το πεντάλ του γκαζιού. Κατά την επιτάχυνση ή επιβράδυνση προσφέρει ομοιόμορφη πρόσφυση και καλύτερο έλεγχο του αυτοκινήτου, ενώ στις συνθήκες ομαλής οδήγησης το σύστημα με τους δίσκους αποσυμπλέκεται, για να μειωθούν οι τριβές και το αυτοκίνητο να στρίβει ευκολότερα. Αρκετοί κατασκευαστές χαρακτηρίζουν αυτά τα διαφορικά ως **α) 1 δρόμου, β) 2 δρό-**



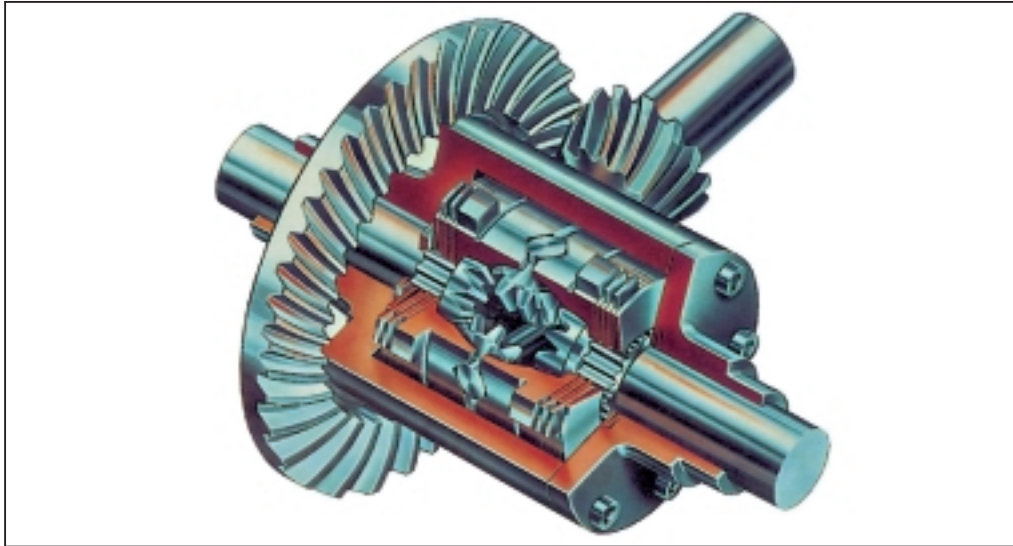
Σχήμα 1.58: Διαφορικό με πολύδισκους συμπλέκτες.

μων και γ) 1,5 δρόμων. Η ονομασία τους αυτή σχετίζεται με την γωνιακή υποδοχή των δίσκων πίεσης που είναι υπεύθυνη για την ενεργοποίηση του συστήματος κάτω από διάφορες συνθήκες λειτουργίας. Τα **1 δρόμου** συστήματα έχουν γωνιακή υποδοχή που ενεργοποιείται, μόνο κατά την επιτάχυνση ενώ τα **2 δρόμων** συστήματα ενεργοποιούνται τόσο κατά την επιτάχυνση όσο και κατά την επιβράδυνση, όπως φαίνεται στο **σχήμα 1.59**.

Στα **1,5 δρόμων** συστήματα η εμπλοκή είναι ισχυρότερη κατά την επιτάχυνση σε σχέση με την επιβράδυνση. Έτσι το

αυτοκίνητο ελέγχεται πιο εύκολα, από το μέσο οδηγό, όταν στρίβει γρήγορα σε μία στροφή ή αφήσει το πεντάλ του γκαζιού στην στροφής στην περίπτωση κίνησης με την όπισθεν. Το **1,5 δρόμων** έχει το πλεονέκτημα να παρουσιάζει περισσότερη σταθερότητα κατά το φρενάρισμα στην περίπτωση αυτοκινήτων με μπροστινή κίνηση.

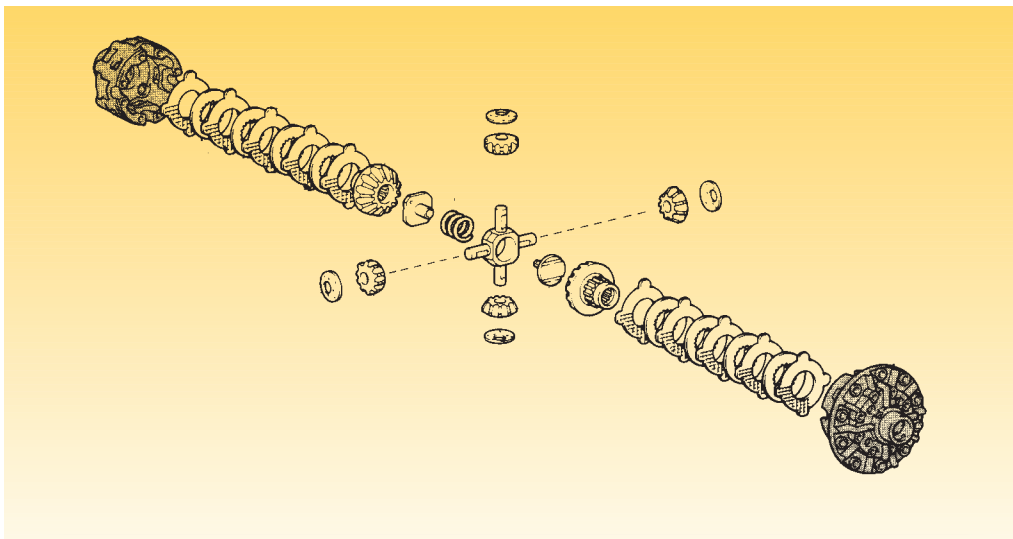
Το διαφορικό τύπου **LSD** (Limited Slip Differential) με πολύδισκους συμπλέκτες είναι η πιο γνωστή έκδοση αυτού του είδους διαφορικών. Αυτός ο τύπος διαφορικού έχει όλα τα εξαρτήματα που έχει ένα κλασικό διαφορικό, μαζί με



Σχήμα 1.59: Διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης 2 δρόμων.

ένα σετ ελατηρίων και ένα συγκρότημα συμπλεκτών με πολλούς δίσκους, (πολύ-δισκοι συμπλέκτες), όπως αυτούς που χρησιμοποιούν στις μοτοσικλέτες. Μερι-

κά από αυτά τα είδη των διαφορικών έχουν και κωνικό συμπλέκτη. Ο συμπλέκτης αυτός μοιάζει, σε εμφάνιση και λειτουργία, με τους κώνους συγχρονισμού



Σχήμα 1.60: Τα εξαρτήματα του διαφορικού περιορισμένης ολίσθησης.

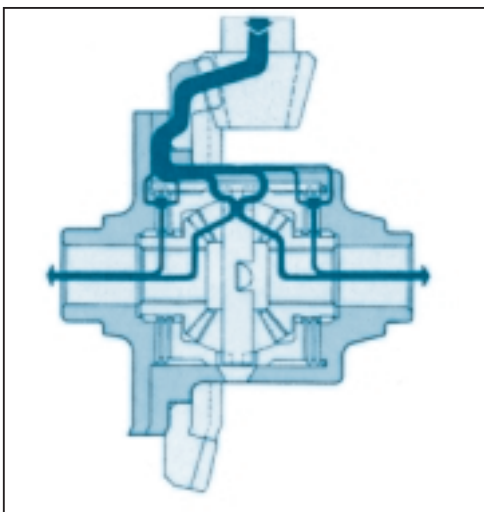


Σχήμα 1.61: Τομή διαφορικού περιορισμένης ολίσθησης (μπλοκέ).

(συγχρονιζέ) των κιβωτίων ταχυτήτων των αυτοκινήτων.

Λειτουργία διαφορικού περιορισμένης ολίσθησης (μπλοκέ)

- **Ευθύγραμμη κίνηση.** Όταν το αυτοκίνητο κινείται σε ευθεία πορεία, τότε το μπλοκέ διαφορικό λειτουργεί όπως και το συμβατικό διαφορικό. Οι πλανήτες, οι δορυφόροι, η θήκη και οι συμπλέκτες περιστρέφονται σαν ένα σύνολο, όπως συμβαίνει στο συμβατικό διαφορικό.
- **Κίνηση αυτοκινήτου σε στροφή.** Όταν το αυτοκίνητο κινείται σε στροφή τότε μεταξύ δεξιού και αριστερού τροχού δημιουργείται μια διαφορά στροφών. Αντίστοιχη διαφορά στροφών δημιουργείται μεταξύ των πλανητών και της θήκης του διαφορικού, με αποτέλεσμα την μετατόπιση των δίσκων τριβής και των δίσκων

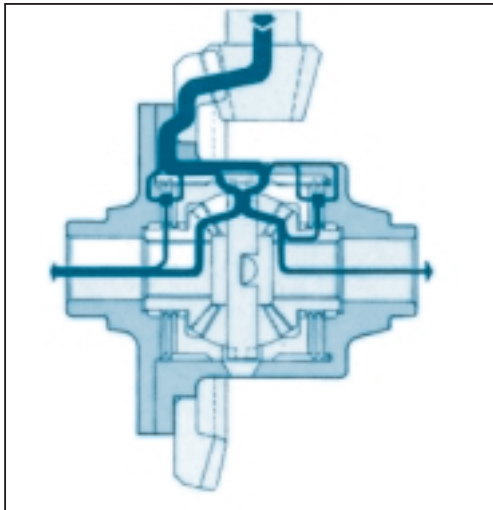


Σχήμα 1.62: Λειτουργία του μπλοκέ διαφορικού σε ευθεία πορεία.

των συμπλεκτών, δεξιά ή αριστερά. Επειδή όμως οι δίσκοι πιέζονται και από το ελατήριο πίεσης, μεταξύ τους δημιουργείται τριβή που μεγαλώνει, όσο μεγαλώνει και η διαφορά στροφών. Η τριβή μεταξύ των δίσκων τριβής και συμπλεκτών προσπαθεί να κρατήσει την διαφορά των στροφών μεταξύ θήκης διαφορικού και πλανητών όσο το δυνατόν μικρότερη. Έτσι επιτυγχάνεται η μείωση της διαφοράς των στροφών μεταξύ των δύο κινητήριων τροχών, όταν το αυτοκίνητο κινείται στην στροφή ή όταν ο ένας τροχός δεν βρίσκει αντίσταση λόγω λάσπης, πάγου, κτλ. και παίρνει όλες τις στροφές με αποτέλεσμα να ακινητοποιηθεί το αυτοκίνητο.

1.4.6. Διαφορικά TORSEN

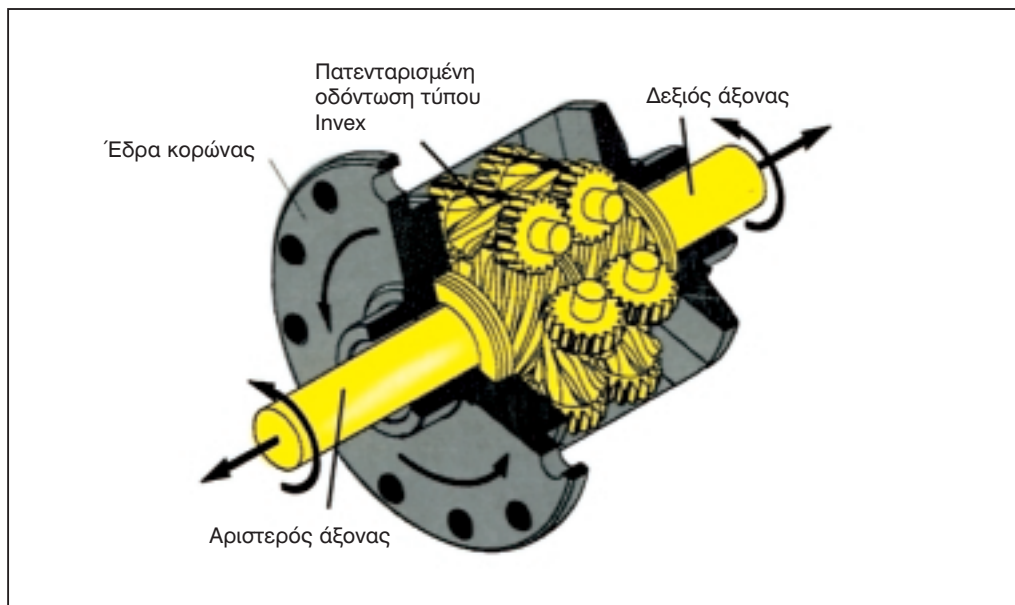
Σε αντίθεση με τα διαφορικά που βασίζονται στη διαφορά ταχύτητας των τροχών, το διαφορικό **Torsen T1** αποτελεί



Σχήμα 1.63: Λειτουργία του μπλοκέ διαφορικού σε στροφή.

ένα διαφορικό συνεχούς λειτουργίας που "αισθάνεται" την ροπή και έχει την δυνατότητα να την κατανέμει στους κι-

νητήριους τροχούς. Το διαφορικό ελέγχει και κατανέμει την ροπή μεταξύ των δύο ημιαξονίων ανάλογα με τις μεταβαλλόμενες συνθήκες που επικρατούν στο οδόστρωμα. Δεν υπάρχουν συμπλέκτες ή προφόρτιση των δίσκων και βασίζεται στην πατενταρισμένη ελικοειδή οδόντωση τύπου INVEX T παρέχοντας έτσι περισσότερη αξιοπιστία στην όλη κατασκευή. Το διαφορικό Torsen ως διάταξη είναι διαθέσιμο σε πολλές παραλλαγές όσον αφορά την κατανομή την ροπής με TBR από 2.5:1 έως και 5.0:1. Επιπλέον το διαφορικό Torsen είναι πλήρως συμβατό με συστήματα ABS και Ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου πρόσφυσης (ETCS), ώστε να υπάρχει ιδανική συνεργασία όσον αφορά την διαχείριση της διαθέσιμης πρόσφυσης.

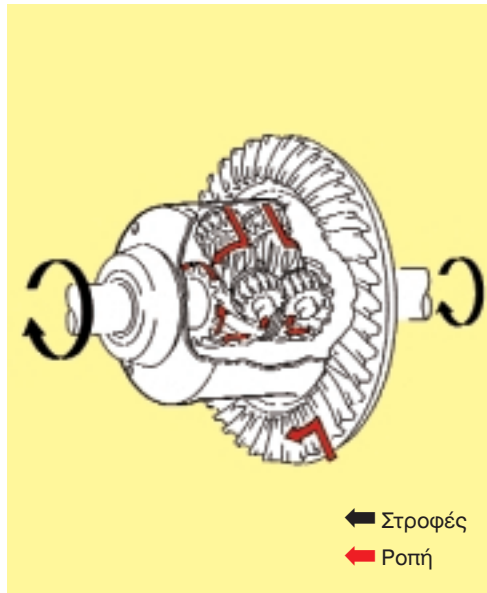


Σχήμα 1.64: Τομή διαφορικού Torsen.

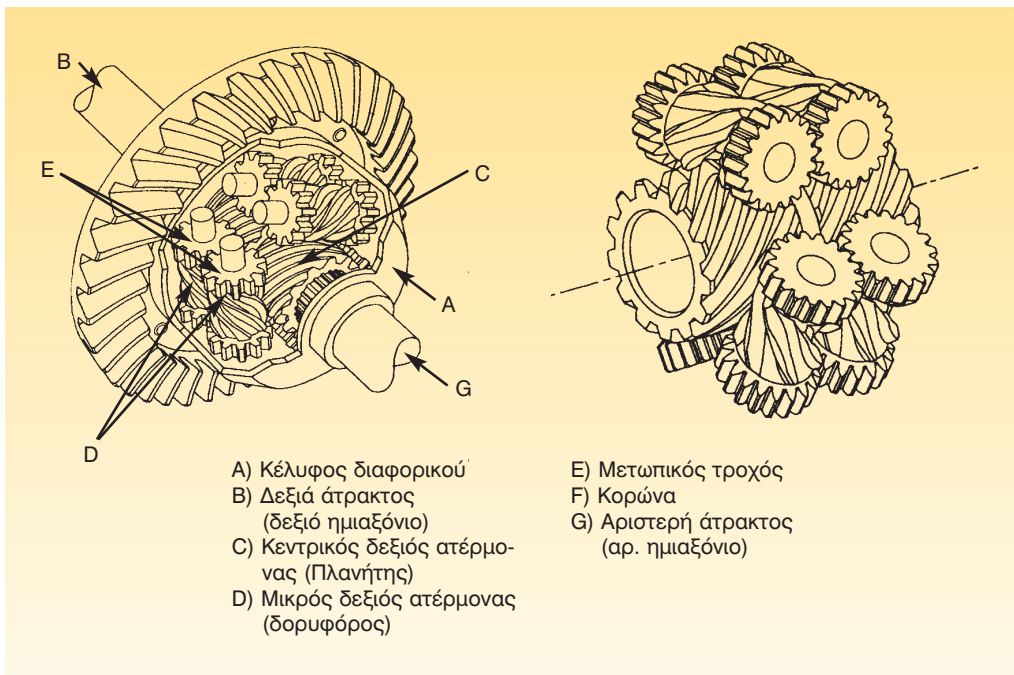
Λειτουργία του διαφορικού Torsen

Η ροή ισχύος στη μετάδοση φαίνεται στο **σχήμα 1.66**. Σε ένα αυτοκίνητο με κίνηση στους πίσω τροχούς το πινιόν του κεντρικού άξονα μετάδοσης περιστρέφει την κορώνα. Οι δυνάμεις μεταφέρονται μέσω του κελύφους στους μικρούς ατέρμονες και αυτοί με τη σειρά τους τις μεταβιβάζουν στους κεντρικούς μεγάλους ατέρμονες, οι οποίοι και κατευθύνουν τελικά την ισχύ στους κινητήριους τροχούς μέσω των ημιαξόνων.

Είναι προφανές ότι οι μετωπικοί τροχοί απλώς συνδέουν τους δύο μηχανισμούς μετάδοσης (για το δεξί και το αριστερό ημιαξόνιο) μεταξύ τους κατά συγχρονισμένο τρόπο.



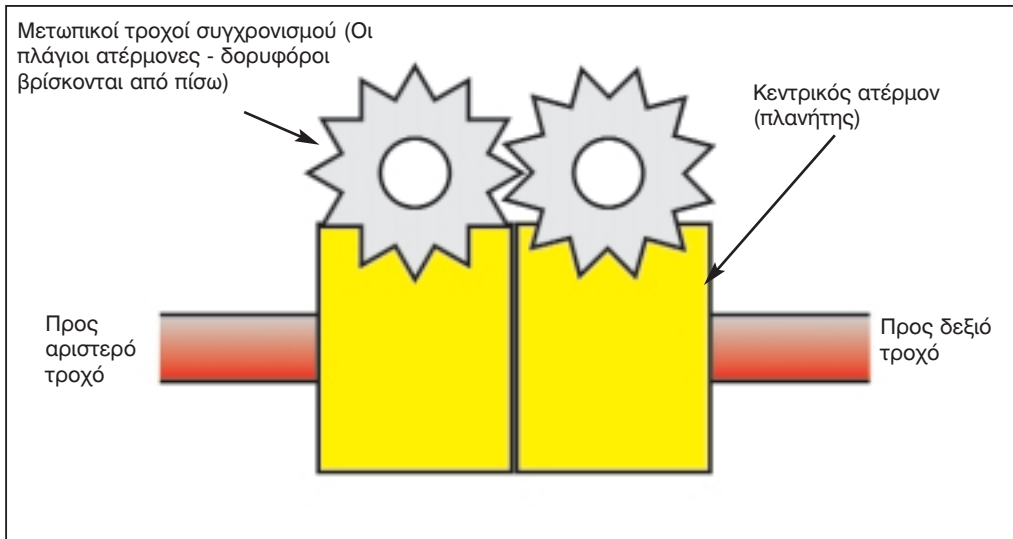
Σχήμα 1.66: Ροή ισχύος σε στροφή.



- A) Κέλυφος διαφορικού
- B) Δεξιά άτρακτος (δεξιό ημιαξόνιο)
- C) Κεντρικός δεξιός ατέρμονας (Πλανήτης)
- D) Μικρός δεξιός ατέρμονας (δορυφόρος)

- E) Μετωπικός τροχός
- F) Κορώνα
- G) Αριστερή άτρακτος (αρ. ημιαξόνιο)

Σχήμα 1.65: Μέρη του διαφορικού Torsen.



Σχήμα 1.67: Συνεργασία των ατερμόνων.

Η δυνατότητα περιορισμού της ολίσθησης πραγματοποιείται λόγω της κατάλληλης χρήσης ενός ζεύγους ατερμόνων. Αυτό το ζεύγος έχει το παρακάτω χαρακτηριστικό. Η ροπή κίνησης μπορεί να μεταφερθεί από τον κεντρικό ατέρμονα στον μικρό πλάγιο ατέρμονα αλλά δεν γίνεται το αντίστροφο γιατί το ζεύγος θα "κλειδώνει".

Στο **σχήμα 1.67** φαίνεται η διάταξη του όλου συστήματος έτσι ώστε να γίνει αντιληπτή η λειτουργία του.

- **Σε Κανονική Στροφή**

Σε περίπτωση κανονικής στροφής του αυτοκινήτου χωρίς ολίσθηση των τροχών, το διαφορικό λειτουργεί ακριβώς όπως και το συμβατικό διαφορικό. Η προσθήκη των δύο ατερμόνων δεν επηρεάζει τη διαφορά ταχύτητας περιστροφής των ατράκτων

(ημιαξονίων). Εάν, για παράδειγμα, το αυτοκίνητο στρίψει αριστερά, το ημιαξόνιο του δεξιού τροχού περιστρέφεται ταχύτερα από το κέλυφος του διαφορικού, ενώ το ημιαξόνιο του αριστερού τροχού περιστρέφεται πιο αργά από το κέλυφος του διαφορικού. Η διαφορά ταχύτητας περιστροφής μεταξύ των κεντρικών ατερμόνων παραλαμβάνεται άμεσα από τους μετωπικούς τροχούς συγχρονισμού. Εδώ παρατηρούμε ότι τα ζεύγη κεντρικών - μικρών ατερμόνων δεν "κλειδώνουν" μεταξύ τους, γιατί η ροπή μπορεί να μεταφερθεί από τους κεντρικούς ατέρμονες στους μικρούς ατέρμονες (δορυφόρους).

- **Με Απώλεια Πρόσφυσης**

Όταν κάποιος από τους τροχούς π.χ ο δεξιός τροχός χάσει την πρόσφυση του από την ολισθηρότητα του ο-

δοστρώματος ή από οποιαδήποτε άλλη αιτία, τα ζευγάρια από τους κεντρικούς και τους πλάγιους ατέρμονες ενεργοποιούνται. Αρχικά δεν θα μεταδοθεί ροπή στον αριστερό τροχό, που έχει μεγάλη πρόσφυση στο οδόστρωμα και όλη η ροπή θα μεταδοθεί στον δεξιό τροχό που έχει μικρή πρόσφυση, με αποτέλεσμα, να παίρνει όλες τις στροφές (σπινάρει). Τότε ο δεξιός κεντρικός ατέρμονας (πλανήτης) που παίρνει όλες τις στροφές θα κινήσει τον πλάγιο μικρό ατέρμονά του (δορυφόρο) και μέσω των μετωπικών τροχών θα κινήσει τον πλάγιο μικρό αριστερό ατέρμονα.

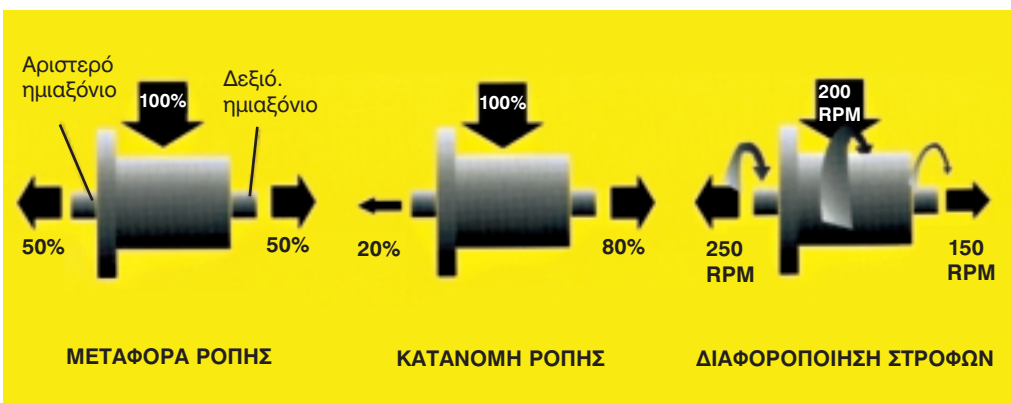
Η εμπλοκή του ζεύγους κεντρικού ατέρμονα και του πλάγιου μικρού ατέρμονα όταν ο μεγάλος κεντρικός ατέρμονας προσπαθήσει να κινήσει τον μικρό πλάγιο, έχει σαν αποτέλεσμα αυτοί να "κλειδώνουν". Έτσι, λόγω της συγχρονισμένης εμπλοκής των πλάγιων ατερμόνων (αριστερού και δεξιού) οι δύο κινητή-

ριοι τροχοί θα περιστραφούν με την ίδια ταχύτητα, αποτρέποντας την απώλεια πρόσφυσης.

Στο **σχήμα 1.69** φαίνεται ότι το διαφορικό Torsen αντέχει στη φθορά και ότι ο συντελεστής κατανομής της ροπής δε διαφοροποιείται με τον καιρό, σε αντίθεση με διαφορικά που έχουν πολύδισκους συμπλέκτες, στα οποία παρατηρούνται διάφορες φθορές στα υλικά τριβής των δίσκων, αδυνάτισμα των ελατηρίων κτλ.



Σχήμα 1.69: Αντοχή του διαφορικού Torsen σε σχέση με άλλα LSD διαφορικά.



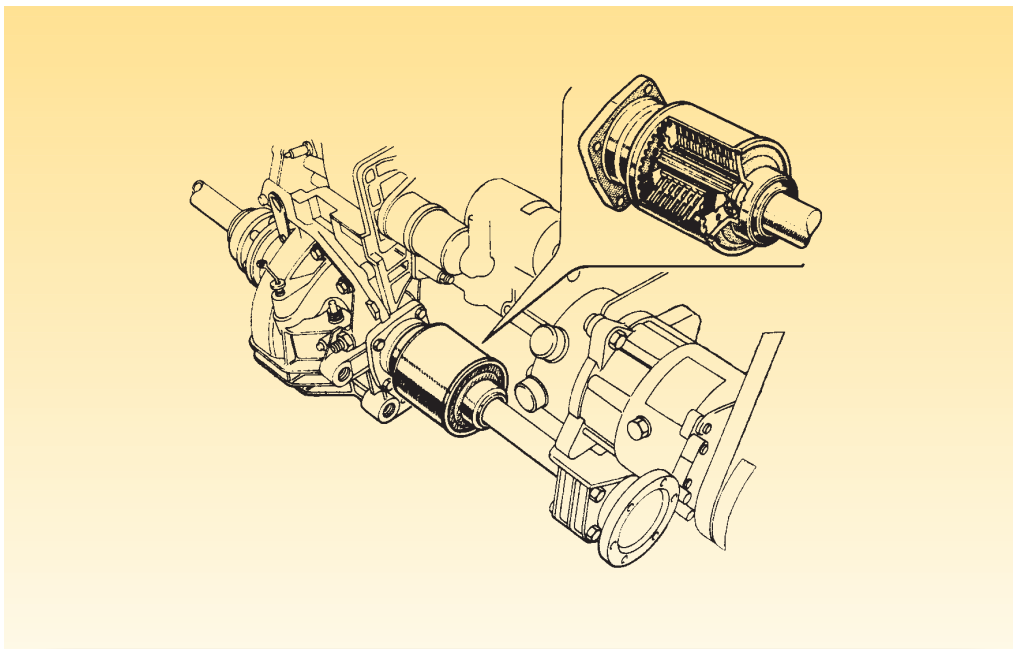
Σχήμα 1.68: Οι τρεις φάσεις λειτουργίας στο το διαφορικό Torsen. Το διαφορικό Torsen μπορεί να μεταφέρει τη ροπή, να κατανείμει τη ροπή και να διαφοροποιήσει τις στροφές των κινητήριων τροχών (λειτουργία διαφορικού).

1.4.7. Διαφορικά συνεκτικής σύζευξης (SYNCHRO-VISCO)

Η ιδιότητα της υγρής σιλικόνης να μεταβάλλει πολύ γρήγορα το ιξώδες της ανάλογα με την αυξομείωση της θερμοκρασίας, άνοιξε νέους δρόμους για τα συστήματα μετάδοσης της κίνησης.

Η χρησιμοποίησή της στους συνεκτικούς συμπλέκτες για τον έλεγχο της ολίσθησης στα συστήματα μετάδοσης ήταν ιδέα που υιοθετήθηκε με ενθουσιασμό. Κλειδί του συστήματος είναι η **ανιστροπική** συμπεριφορά που παρουσιάζει με την άνοδο της θερμοκρασίας το ειδικό συνεκτικό υγρό που βρίσκεται μέσα στο κέλυφος του συστήματος. Όπως φαίνεται στο **σχήμα 1.70**, ο ένας άξονας προσαρμόζεται στο κέλυφος και ο άλλος στο στροφείο, με μια σειρά

από δίσκους στο εσωτερικό που στηρίζονται στο στροφείο και στο κέλυφος εναλλάξ. Με την τριβή που προκαλείται από τη διαφορά ταχυτήτων των δύο αξόνων και των δίσκων, που βρίσκονται στερεωμένοι επάνω στους άξονες, το υγρό θερμαίνεται και δημιουργεί συνεκτικές δυνάμεις ανάμεσα στους δίσκους με αποτέλεσμα ο άξονας "εξόδου" της κίνησης να συμπαρασύρεται και να περιστρέφεται μαζί με τον άξονα "εισόδου" της κίνησης. Όταν η διαφορά της ταχύτητας περιστροφής των δύο αξόνων και των δίσκων είναι μικρή ή μηδέν τότε η θερμοκρασία της σιλικόνης παραμένει χαμηλή και οι άξονες εισόδου και εξόδου περιστρέφονται ανεξάρτητα. Η αντίδραση του συστήματος σε κάθε μεταβολή των στροφών είναι ακαριαία.



Σχήμα 1.70: Τομή συνεκτικού συμπλέκτη και η θέση του στον μπροστινό άξονα.

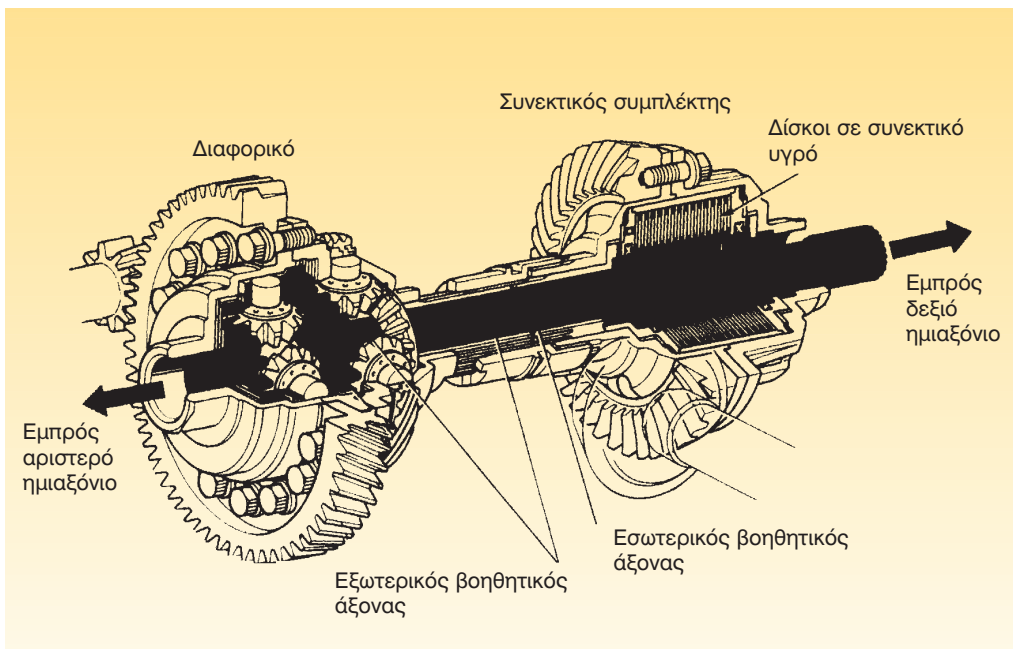
Η λειτουργία του συνεκτικού συμπλέκτη θα μπορούσε να παρομοιαστεί και με την λειτουργία του υδραυλικού συμπλέκτη στον οποίο η περιστροφική κίνηση από τον άξονα εισόδου μεταδίδεται στον άξονα εξόδου με τη βοήθεια ενός υγρού μέσου (λάδι), χωρίς μηχανική σύνδεση. Στο συνεκτικό συμπλέκτη το υδραυλικό μέσο είναι υγρή σιλικόνη, που έχει την ιδιότητα να διογκώνεται και να αυξάνει το ιξώδες της με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Η εφαρμογή στον έλεγχο ενός μηχανικού διαφορικού φαίνεται στο **σχήμα 1.71** όπου το βάρος της μεταφοράς της ροπής του κινητήρα πέφτει στο συμβατικό διαφορικό, το οποίο συνδέεται με τη βοήθεια ομόκεντρων αξόνων με το συνεκτικό συμπλέκτη.

1.4.8. Μετάδοση της κίνησης στους τέσσερις τροχούς (4x4)

Γενικά

Γιατί η κίνηση να μεταφέρεται στους δύο τροχούς, τη στιγμή που το αυτοκίνητο έχει τέσσερις; Με το ερώτημα αυτό ασχολήθηκαν έντονα οι μηχανικοί ακόμα και πριν τον 20ο αιώνα και κατάφεραν να υλοποιήσουν έτσι την ιδέα της τετρακίνησης και να αναδείξουν την πρακτική της αξία. Ως ιδέα, η μετάδοση της κίνησης και στους τέσσερις τροχούς είναι σχεδόν το ίδιο παλιά με την εφεύρεση του αυτοκινήτου. Η πρώτη καταχωρημένη ευρεσιτεχνία για ένα μηχανικό σύστημα τετρακίνησης χρονολογείται από το 1898 και ανήκει στον Αμερικανό Ρόμπερτ Ε. Τούιφορντ. Ωστόσο,



Σχήμα 1.71: Συνεργασία συμβατικού κεντρικού διαφορικού και συνεκτικού συμπλέκτη.

το πρώτο αυτοκίνητο που μετέτρεψε τη θεωρία σε πράξη κατασκευάστηκε αρκετά χρόνια αργότερα και τα συστήματα τετρακίνησης εξελίχθηκαν και εφαρμόστηκαν με επιτυχία σε στρατιωτικά και, γενικότερα, σε εκτός δρόμου αυτοκίνητα. Η ιδέα για χρήση της τετρακίνησης σε αυτοκίνητα δρόμου έμεινε στην αφάνεια μέχρι το 1980, τη χρονιά που η AUDI παρουσίασε ένα ξεχωριστό σπορ αυτοκίνητο το AUDI QUATRO. Η επιτυχία του συγκεκριμένου αυτοκινήτου στους αγώνες ταχύτητας δρομολόγησε μια σειρά ραγδαίων εξελίξεων, που είχαν ως αποτέλεσμα την εδραίωση της τετρακίνησης σε όλες τις αυτοκινητοβιομηχανίες. Σήμερα ο ανταγωνισμός είναι πολύ μεγάλος και όλοι οι κατασκευαστές έχουν στην παραγωγή τους τέτοια αυτοκίνητα. Προς το παρόν επικρατούν διάφοροι μηχανισμοί αλλά είναι σαφές ότι το μέλλον ανήκει στα ηλεκτρονικά ελεγχόμενα συστήματα.

Λειτουργία του συστήματος

Βασικό σκοπό στην κατασκευή ενός συστήματος μετάδοσης της κίνησης στους τέσσερις τροχούς του αυτοκινήτου αποτελεί ο τρόπος μοιράσματος της ροπής μεταξύ των δύο κινητήριων αξόνων. Όπως μεταξύ των κινητήριων τροχών παρεμβάλλεται το διαφορικό, που τους επιτρέπει να διαφοροποιούν την ταχύτητά τους, έτσι απαιτείται μία αντίστοιχη διάταξη για να διαφοροποιεί την ταχύτητα περιστροφής μεταξύ του μπροστινού και του πίσω άξονα. Όταν το αυτοκίνητο στρίβει, οι εσωτερικοί προς το κέντρο της στροφής τροχοί, διαγράφουν τόξα μικρότερης ακτίνας, διανύοντας μικρότερη απόσταση από τους εξωτερικούς τροχούς, που πρέπει να πάρουν περισσότερες στροφές.

Το ίδιο ισχύει όμως και για τους πίσω τροχούς σε σχέση με τους μπροστινούς τροχούς. Έτσι, για την ομαλή κίνηση



Σχήμα 1.72: Το σύστημα μετάδοσης ενός τετρακίνητου οχήματος.

του αυτοκινήτου, ο μπροστινός και ο πίσω άξονας πρέπει να περιστρέφονται με διαφορετικές ταχύτητες. Αυτό σημαίνει ότι για να μπορεί να στρίβει ένα τετρακίνητο αυτοκίνητο (έστω και σε ήρεμους ρυθμούς) χωρίς να καταπονεί τον κεντρικό άξονα, θα πρέπει να υπάρχει, εκτός από το μπροστινό και το πίσω διαφορικό, και ένα τρίτο διαφορικό ή ένα σύστημα με ανάλογο αποτέλεσμα.

Υπάρχουν όμως και διατάξεις χωρίς κεντρικό διαφορικό στα τετρακίνητα αυτοκίνητα που ο οδηγός μπορεί να επιλέξει την κίνηση, στους δύο ή στους τέσσερις τροχούς. Στην περίπτωση αυτή, από το κιβώτιο ταχυτήτων δίνεται η κίνηση σε δύο κινητήριους άξονες αλλά ο ένας από τους δύο, μπορεί να απομονωθεί με μηχανικό σύστημα σύμπλεξης - αποσύμπλεξης. Με αυτόν τον τρόπο, το "μπροστοκίνητο" ή "πισωκίνητο" αυτοκίνητο μετατρέπεται σε τετρακίνητο με επιλογή του οδηγού. Ανάλογα όμως με τα δυναμικά χαρακτηριστικά του αυτοκινήτου προκύπτουν μειονεκτήματα έντονης φθοράς των μηχανικών τμημάτων και των ελαστικών, αλλά και επι-

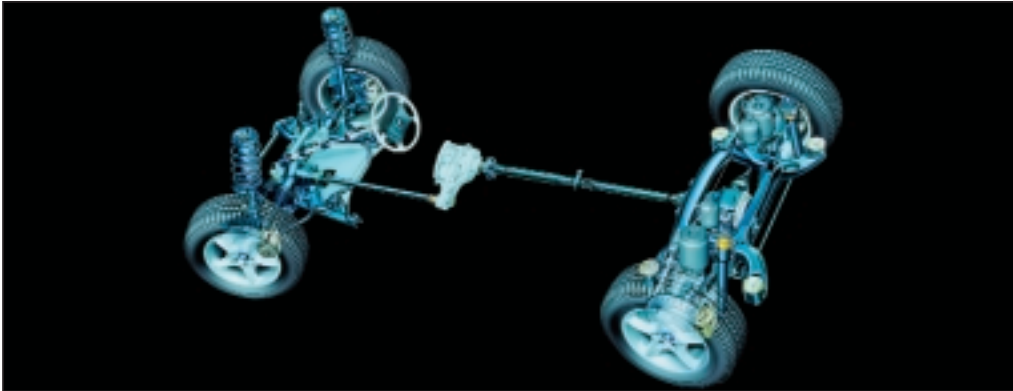
πτώσεις στην οδική συμπεριφορά του αυτοκινήτου. Έτσι, τα συστήματα αυτά τοποθετούνται πλέον μόνο σε ορισμένα εκτός δρόμου οχήματα και συνδυάζονται με υποπολαπλασιασμό στροφών (αργά - γρήγορα). Η πιο ενδεδειγμένη λύση για τα επιβατικά αυτοκίνητα είναι αυτή της μόνιμης τετρακίνησης.

- **Η χρήση των διαφορικών στην 4X4 κίνηση**

Εκτός από το συμβατικό διαφορικό, χρησιμοποιούνται και άλλα είδη διαφορικών (τόρσεν - συνεκτικού συμπλέκτη), ως κεντρικά διαφορικά, στη μόνιμη τετρακίνηση. Για να αποτραπεί το "σπινάρισμα" δύο τροχών και η ακινητοποίηση των άλλων δύο, απαιτείται η τοποθέτηση ενός ελεγχόμενου ("μπλοκέ") κεντρικού διαφορικού. Όπως συμβαίνει και στην περίπτωση μεταξύ των τροχών ενός άξονα, ένα κοινό διαφορικό επιτρέπει σε κάθε ζεύγος τροχών να περιστρέφεται με διαφορετική ταχύτητα, κατανέμει όμως τη ροπή ισομερώς. Αν λοιπόν, για παράδειγμα, οι μπροστινοί



Σχήμα 1.73: Καλύτερη ελκτική πρόσφυση για τα τετρακίνητα οχήματα.



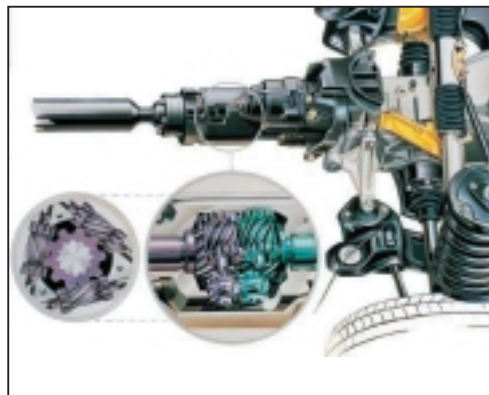
Σχήμα 1.74: Καλύτερη κατανομή βάρους για τα τετρακίνητα οχήματα.

τροχοί βρεθούν σε ολισθηρό οδόστρωμα και σπινάρουν, ελαχιστοποιείται η ροπή που μεταφέρεται σε αυτούς και ανάλογα μικρή είναι η ροπή που μεταδίδεται στον άλλο άξονα.

Με λίγα λόγια, το αυτοκίνητο κινδυνεύει να ακινητοποιηθεί. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος έχουν εξελιχθεί διάφοροι τύποι "μπλοκέ" διαφορικών, οι οποίοι μεταφέρουν περισσότερη ροπή στους τροχούς με τη μεγαλύτερη πρόσφυση. Η λειτουργία τους βασίζεται σε έναν πρόσθετο μηχανισμό δίσκων τριβής ή κώνων τριβής, είτε γριναζιών με αυτοαναστολή κίνησης (διαφορικό τύπου Τόρσεν), είτε "υγρών" - με σιλικονούχο λάδι - δίσκων (συνεκτικός συμπλέκτης). Το τελευταίο σύστημα λειτουργεί βάσει της διαφοράς περιστροφής μεταξύ του μπροστινού και του πίσω άξονα, από την οποία προκύπτει θέρμανση και διόγκωση της σιλικόνης, με αποτέλεσμα οι δίσκοι συνεκτικής σύζευξης να έρχονται σε επαφή και να μεταφέρεται περισσότερη ροπή στους τροχούς με τη μεγαλύτερη πρόσφυση. Η διαφορά του με τα υπόλοιπα συστή-



Σχήμα 1.75: Κεντρικό διαφορικό τύπου Τόρσεν.



Σχήμα 1.76: Κεντρικό διαφορικό τύπου Τόρσεν.

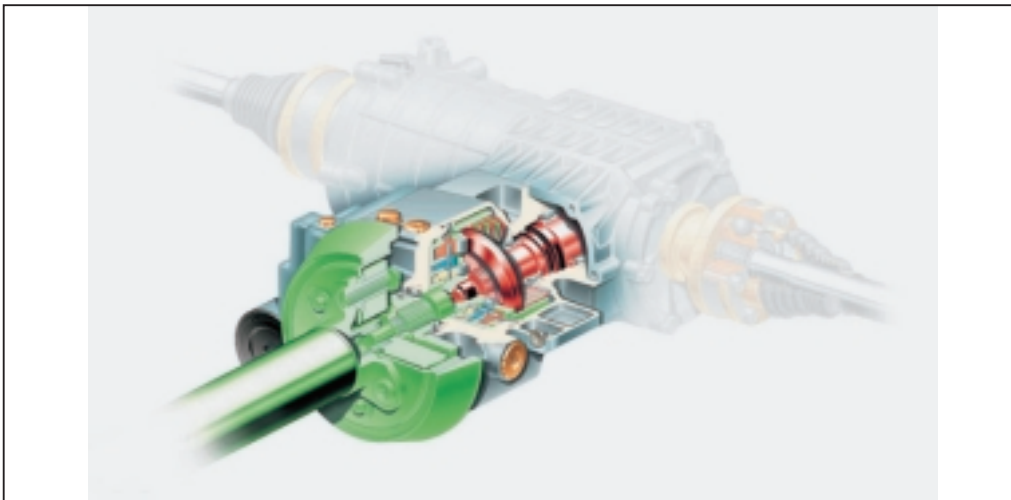
ματα βρίσκεται στον τρόπο αύξησης του περιορισμού της ολίσθησης. Στα συστήματα με δίσκους τριβής ο περιορισμός της ολίσθησης είναι ανάλογος της ροπής του κινητήρα, στα Τόρσεν ανάλογος της διαφοράς ροπής των αξόνων.

Επικρατέστερες λύσεις έχουν αποδειχθεί, πάντως, τα διαφορικά τύπου **α. Τόρσεν** και οι **β.συνεκτικοί** συμπλέκτες. Ένα διαφορετικής φιλοσοφίας σύστημα το group VW - AUDI, έχει αναπτύξει και χρησιμοποιεί στα μοντέλα με εγκάρσια τοποθετημένο κινητήρα. Αντί για τρίτο διαφορικό χρησιμοποιεί το ηλεκτρουδραυλικό σύστημα της σουηδικής εταιρείας Haldex, που τοποθετείται στον κεντρικό άξονα, δίνοντας κίνηση και στο πίσω διαφορικό σε ποσοστό που κυμαίνεται από 100-100% έως και 50-50% μεταξύ του μπροστινού και του πίσω άξονα. Πρόκειται για ένα σύστημα που βασίζεται στο αντίστοιχο "μπροστοκίνητο" μοντέλο, με τον πίσω άξονα να συμπλέκεται και να αποσυμπλέκεται κατ' επιλο-

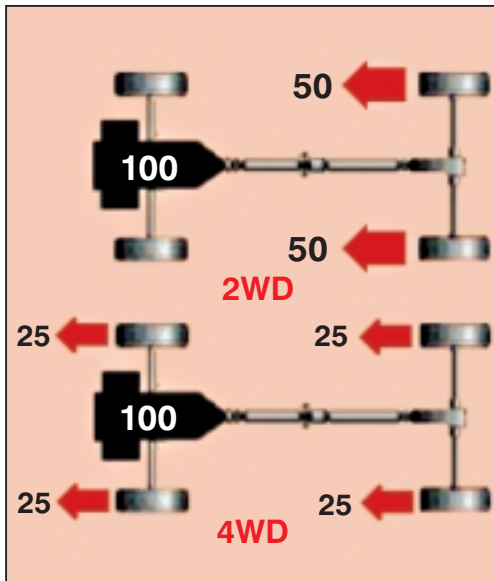
γόν, τη στιγμή που το κεντρικό σύστημα ελέγχου αποφασίζει ότι κάτι τέτοιο είναι απαραίτητο.

Πλεονεκτήματα της τετρακίνησης

Ποια είναι όμως τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η τετρακίνηση στην ενεργητική ασφάλεια ενός αυτοκινήτου; Η θεωρία λέει ότι ένα τετρακίνητο αυτοκίνητο έχει μεγαλύτερα περιθώρια πρόσφυσης σε σχέση με το δίκίνητο, όχι μόνο κατά το διαμήκη άξονα αλλά και κατά τον εγκάρσιο, δηλαδή στις στροφές. Η (κάπως απλοποιημένη) εξήγηση είναι ότι ένα τροχός έχει μια συγκεκριμένη συνολική "ποσότητα" πρόσφυσης, που κάθε στιγμή μπορεί να μοιράζεται προς όλες τις κατευθύνσεις, χωρίς όμως το σύνολο να ξεπερνά το δεδομένο μέγιστο. Αν για παράδειγμα, φρενάρεις και στρίβεις ταυτόχρονα, η συνολική διαθέσιμη δύναμη από το ελαστικό μοιράζεται κατά ένα ποσοστό ανάμεσα στο φρενάρισμα και στη στροφή, αλλά δεν



Σχήμα 1.77: Το ηλεκτρουδραυλικό σύστημα της σουηδικής εταιρείας Haldex.

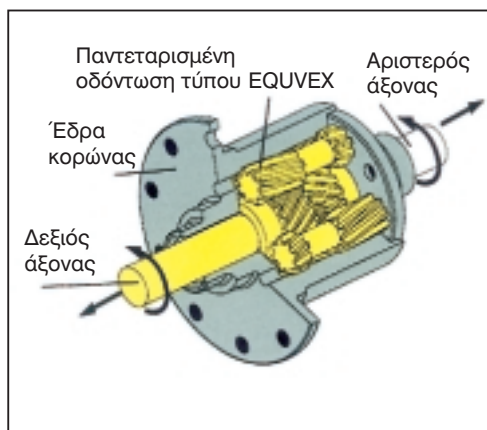


Σχήμα 1.78: Κατανομή της ροπής σε δίκινητο και τετρακίνητο όχημα.

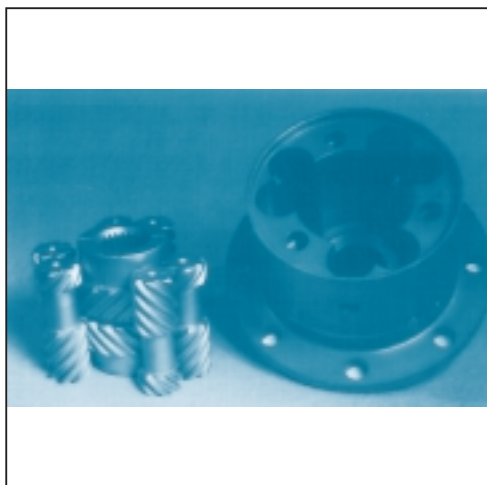
μπορεί να φτάσει στη μέγιστη τιμή που θα έφτανε το σκέτο φρενάρισμα στην ευθεία ή τη στροφή στα όρια της πρόσφυσης χωρίς ταυτόχρονη επιτάχυνση ή επιβράδυνση.

Το σημαντικότερο πάντως είναι ότι, στην περίπτωση του τετρακίνητου οχήματος, η ροπή του κινητήρα μοιράζεται σε τέσσερις τροχούς αντί σε δύο, οπότε καθένας από αυτούς έχει πολύ μικρότερο έργο κατά το διαμήκη άξονα στη διάρκεια της επιτάχυνσης, γι' αυτό και "περισσεύει" περισσότερη διαθέσιμη πρόσφυση κατά τον εγκάρσιο. Σύμφωνα, λοιπόν, με αυτήν τη θεωρητική ανάλυση, ένα τετρακίνητο αυτοκίνητο έχει μεγαλύτερα περιθώρια πλευρικής πρόσφυσης στις στροφές, όταν ο οδηγός στρίβει και ταυτόχρονα πατάει γκάζι για να επιταχύνει, σε σχέση με το αντίστοιχο δίκινητο αυτοκίνητο με τα ίδια λάστιχα. Ε-

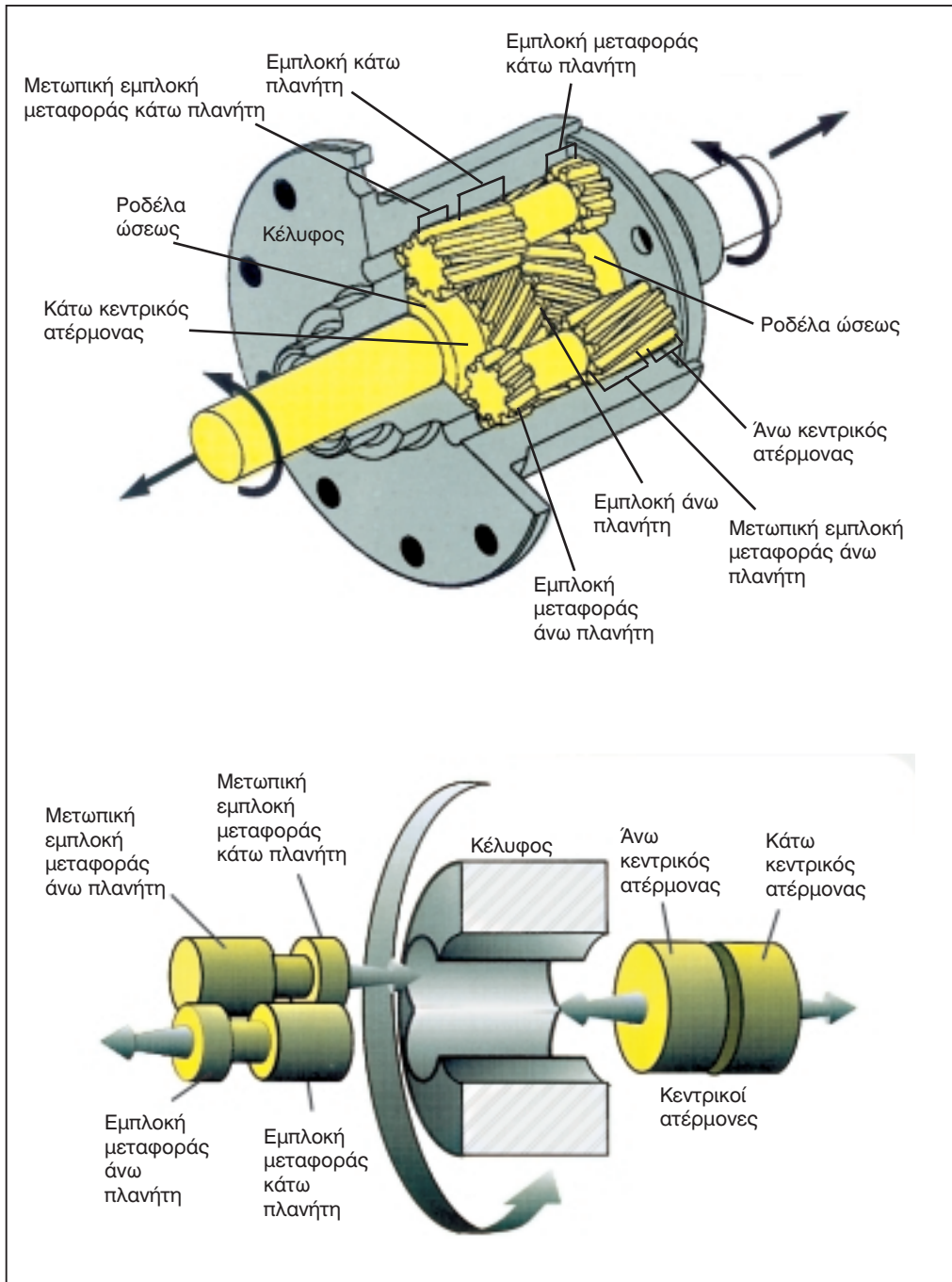
πιπλέον η καλύτερη ελκτική πρόσφυση πρακτικά σημαίνει πως η ισχύς του κινητήρα "βγαίνει" στο δρόμο χωρίς σπινάρωμα των τροχών και χωρίς όλες τις δυσάρεστες επιπτώσεις, τόσο στην οδική συμπεριφορά του αυτοκινήτου όσο και στη δυνατότητα κίνησης σε οδόστρωμα αυξημένης ολίσθησης (βρεγμένο δρόμο, χώμα, χιόνι κτλ.).



Σχήμα 1.79: Διαφορικό Torsen T-2.



Σχήμα 1.80: Εξαρτήματα του διαφορικού Torsen T-2.



Σχήμα 1.81: Ονοματολογία και τα εξαρτήματα του διαφορικού Torsen T-2.

1.4.9. Κεντρικό διαφορικό Torsen

Στο διαφορικό Torsen αναφερθήκαμε αναλυτικά σε προηγούμενες παραγράφους. Όμως οι τεχνικοί της εταιρείας ανέπτυξαν παραπέρα το μηχανισμό, με αποτέλεσμα τη δημιουργία του νέου Torsen T-2 που είναι καταλληλότερο για τοποθέτηση κυρίως σε εμπρόσθια συστήματα και κεντρικά διαφορικά. Η πατενταρισμένη οδόντωση EQUVEXT, με παράλληλη κατ' άξονα διάταξη των εμπλεκόμενων οδοντωτών τροχών, παρέχει καλύτερη διαχείριση των δυνάμεων αποχωρισμού που αναπτύσσονται κατά την εμπλοκή τους. Το αποτέλεσμα είναι λιγότεροι κραδασμοί και διάκενα λειτουργίας καθώς και αθόρυβη λειτουργία. Επιπλέον τα αυξημένα μήκη των κεντρικών ατερμόνων (πλανητών) προσφέρουν εύκολο κεντράρισμα και μοντάρισμα των ημιαξονίων στα θηλυκά τους πολύσφηνα.

Το Torsen T-2 προσφέρει ότι και το T-1 αποτελώντας και αυτό ένα διαφορικό συνεχούς λειτουργίας (full time) που "αισθάνεται" τη ροπή και μπορεί να την καταναίμει. Και εδώ η ροπή και η διαφοροποίηση των στροφών (λειτουργία διαφορικού) ρυθμίζονται συνεχώς και άμεσα μεταξύ των δύο αξόνων, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στο εκάστοτε οδόστρωμα. Ο αριθμός των ζευγών των πλανητών (μικροί ατέρμονες) μπορεί να είναι δύο ζεύγη ή και παραπάνω ανάλογα με τις απαιτήσεις. Τα διαφορικά Torsen T-2 είναι διαθέσιμα σε μεγάλη ποικιλία κατανομής ροπής από 1,4:1 έως και 3,0:1 TBR και μπορούν να τοποθετηθούν χωρίς τροποποιήσεις,

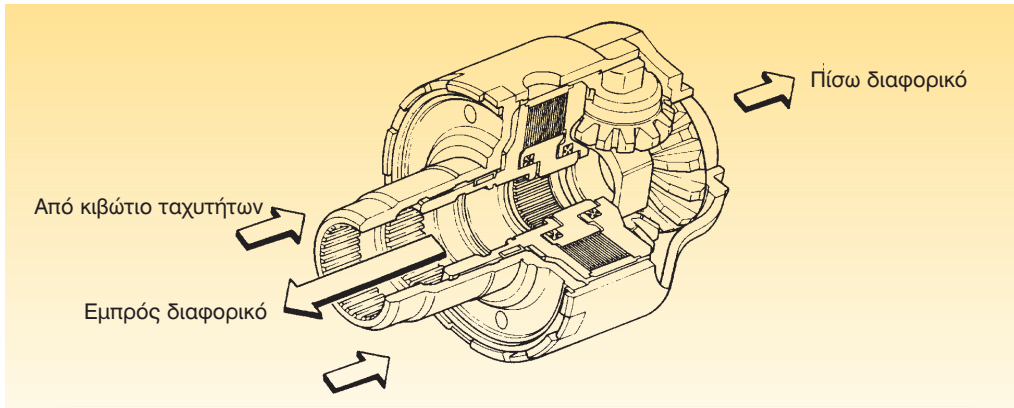
αντικαθιστώντας τα συμβατικά διαφορικά σε πολλά μοντέλα αρκετών κατασκευαστών. Επιπλέον είναι και αυτά πλήρως συμβατά με κάθε τύπο ABS και δυναμικών συστημάτων ελέγχου πρόσφυσης ώστε να υπάρχει συνεργασία με κάθε ολοκληρωμένο σύστημα στη διαχείριση της διαθέσιμης πρόσφυσης.

1.4.10. Συνεκτικός συμπλέκτης

Κατασκευή

Τα κεντρικά διαφορικά αυτού του τύπου χρησιμοποιούν τον τρόπο μετάδοσης της κίνησης, "άξονα μέσα σε άξονα" στους δύο κινητήριους άξονες για να συνδέουν το μπροστινό διαφορικό με το πίσω μέσω της συνεκτικής μετάδοσης. Με αυτή τη διαδικασία, από τη διαφορά στην ταχύτητα περιστροφής ανάμεσα στους δύο άξονες, επιτυγχάνεται η διαφορική δράση και η κατανομή της ροπής να είναι ελεγχόμενες. Το κεντρικό διαφορικό επιτρέπει να διανέμεται η ροπή του κινητήρα εξίσου στους άξονες κίνησης των μπροστινών και πίσω τροχών, καθώς απορροφάται η διαφορά της ταχύτητας περιστροφής ανάμεσα στους μπροστινούς και πίσω τροχούς, κατά την διάρκεια των στροφών. Όταν οι μπροστινοί ή οι πίσω τροχοί γυρίζουν γρήγορα σε λασπωμένους δρόμους κτλ, ο συνεκτικός συμπλέκτης ελέγχει τη λειτουργία του κεντρικού διαφορικού, έτσι ώστε να κατανέμεται αυτόματα η ροπή του κινητήρα στους δύο άξονες.

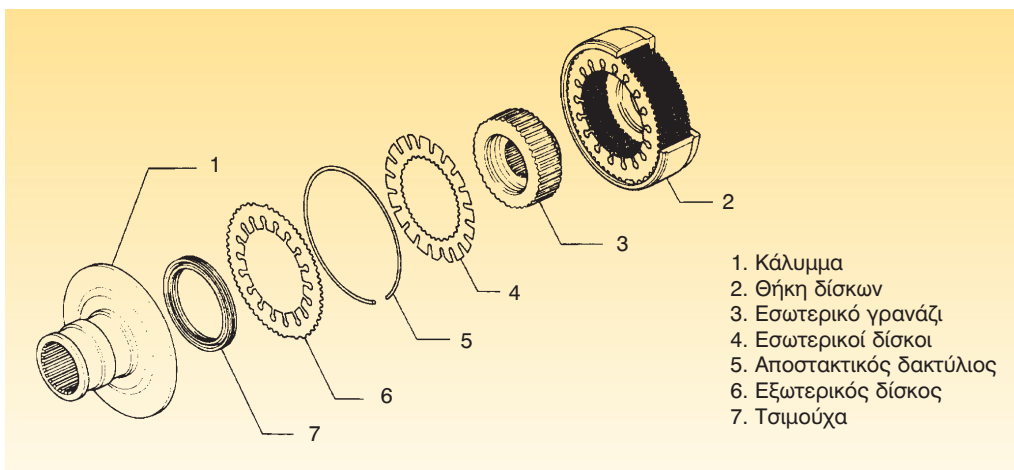
Το κυρίως σώμα του συνεκτικού συμπλέκτη περιέχει έναν αριθμό εσωτερικών και εξωτερικών δίσκων που είναι τοποθετημένοι εναλλάξ. Ο εσωτερικός δίσ-



Σχήμα 1.82: Τομή συνεκτικού συμπλέκτη σε κεντρικό διαφορικό.

σκος έχει την εσωτερική του περίμετρο προσαρμοσμένη στον εξωτερικό άξονα υποδοχής ενώ ο εξωτερικός δίσκος έχει την εξωτερική του περίμετρο προσαρμοσμένη στις εσωτερικές υποδοχές. Ένα αποστακτικό **δακτυλίδι** παρεμβάλλεται για να κρατά σε μικρή απόσταση τους εξωτερικούς δίσκους. Οι εσωτερικοί δίσκοι δεν έχουν αποστακτικό **δακτυλίδι** και κινούνται ανάμεσα στους ε-

ξωτερικούς δίσκους, κατά μήκος του εσωτερικού πολύσφηνου. Ένα μείγμα λαδιού σιλικόνης και αέρα είναι σφραγισμένο μέσα στο σώμα του συνεκτικού συμπλέκτη. Ένα στεγανοποιητικό δακτυλίδι (τσιμούχα) εμποδίζει τη διαρροή της υγρής σιλικόνης, ιδιαίτερα όταν αυξάνει η πίεσή της με την αύξηση της θερμοκρασίας.



Σχήμα 1.83: Διάταξη εξαρτημάτων συνεκτικού συμπλέκτη.

Χαρακτηριστικά Ροπής

Όταν υπάρχει διαφορά στην ταχύτητα περιστροφής ανάμεσα στην υποδοχή του συνεκτικού συμπλέκτη και του άξονα, με την τριβή που προκαλείται από τη διαφορά ταχυτήτων των δύο αξόνων το υγρό θερμαίνεται και δημιουργεί συνεκτικές δυνάμεις ανάμεσα στους δίσκους, με αποτέλεσμα ο άξονας "εξόδου" να συμπαρασύρεται και να περιστρέφεται μαζί με τον άξονα "εισόδου". Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά της ταχύτητας περιστροφής των δύο αξόνων, τόσο μεγαλύτερη γίνεται η δύναμη συνάφειας του σιλικονούχου λαδιού. Η σχέση μεταξύ της μεταφερόμενης ροπής και της διαφοράς της ταχύτητας περιστροφής φαίνεται στο **σχήμα 1.84** όσο μικρότερη είναι η διαφορά στην ταχύτητα περιστροφής, τόσο μικρότερη είναι η μεταβίβαση ροπής και η διαφορική δράση.

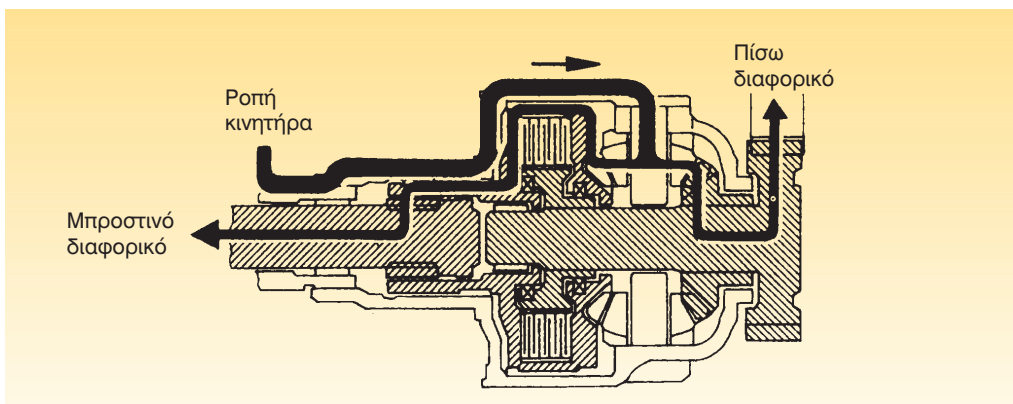
Το λάδι σιλικόνης θερμαίνεται και διαστέλλεται καθώς συνεχίζεται η διαφορική δράση (διαφορά ταχύτητας στους δύο άξονες). Αυτό πιέζει τον αέρα μέσα

στο συνεκτικό συμπλέκτη, έτσι ώστε ο "βαθμός φόρτισης" του σιλικονούχου λαδιού να αυξάνεται. Καθώς συνεχίζει η διαφορική δράση, η εσωτερική πίεση αυξάνεται απότομα, έτσι ώστε οι εσωτερικοί και εξωτερικοί δίσκοι (εναλλακτικά διευθετημένοι) να έρχονται σε επαφή. Αυτό προκαλεί τη γρήγορη μεταφορά ροπής, που καλείται φαινόμενο "hump".

Το φαινόμενο "hump" εξισώνει τη διαφορά ταχύτητας περιστροφής ανάμεσα στους δύο άξονες και δημιουργεί μια κατάσταση παρόμοια με την "απευθείας ζεύξη". Αυτό με τη σειρά του μειώνει την εσωτερική πίεση και την θερμοκρασία. Ο συνεκτικός συμπλέκτης επιστρέφει σε κανονική λειτουργία (το φαινόμενο "hump" δεν συμβαίνει κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας).

Λειτουργία

Κατά τη διάρκεια κανονικής οδήγησης (όταν δεν υπάρχει διαφορά ταχύτητας ανάμεσα στους μπροστινούς και στους πίσω τροχούς), το κεντρικό διαφορικό



Σχήμα 1.84. Λειτουργία του συνεκτικού συμπλέκτη στην ευθεία.

κατανέμει τη ροπή ανάμεσα στους μπροστινούς και τους πίσω τροχούς σε μια αναλογία 50: 50. Όταν υπάρχει διαφορά ταχύτητας περιστροφής ανάμεσα στους μπροστινούς και στους πίσω άξονες, το κεντρικό διαφορικό ελέγχεται από τον συνεκτικό συμπλέκτη έτσι ώστε αυτόματα να κατανέμεται η ροπή και στους δύο.

- **Κατά τη διάρκεια κανονικής οδήγησης**

Κατά τη διάρκεια οδήγησης στην ευθεία (σε επίπεδους δρόμους με σταθερή ταχύτητα) και οι τέσσερις τροχοί περιστρέφονται με την ίδια ταχύτητα. Το κεντρικό διαφορικό κατανέμει ισόποσα τη ροπή στους μπροστινούς και τους πίσω άξονες. Αφού δεν υπάρχει διαφορά στην ταχύτητα περιστροφής ανάμεσα στους μπρο-

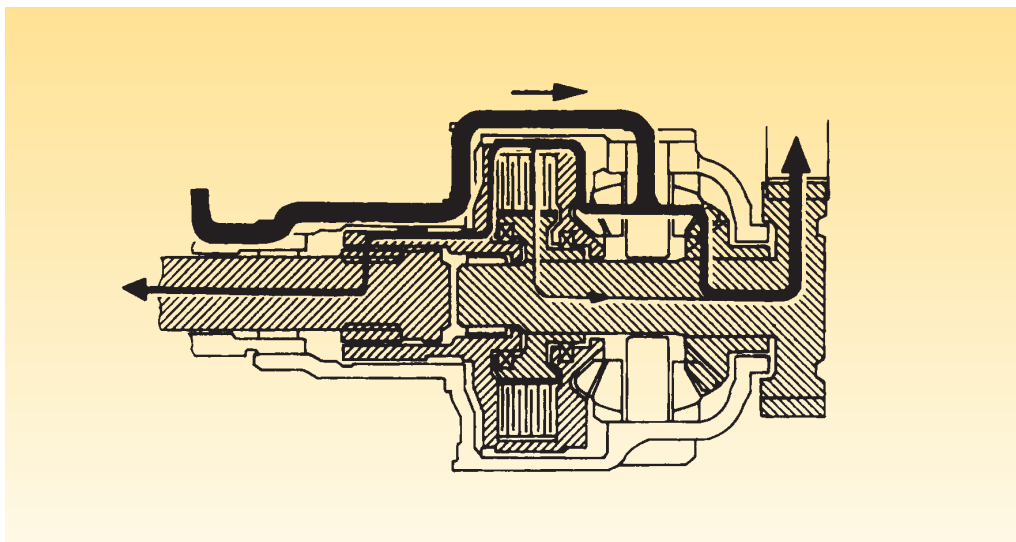
στινούς και τους πίσω άξονες δε χρειάζεται ο έλεγχος από το συνεκτικό συμπλέκτη.

- **Κατά τη διάρκεια στροφών σε χαμηλές ταχύτητες**

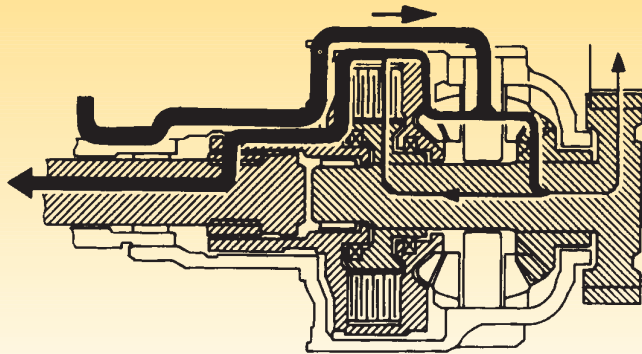
Όταν στρίβει το αυτοκίνητο με μικρή ταχύτητα, δημιουργείται μικρή διαφορά ταχύτητας περιστροφής ανάμεσα στο μπροστινό και πίσω άξονα. Το κεντρικό διαφορικό λειτουργεί για να εξισορροπεί αυτή την διαφορά στροφών, που αν και είναι μικρή, υπάρχει αντίστοιχη μεταφορά ροπής από τον συνεκτικό συμπλέκτη προς τους άξονες.

- **Κατά την επιτάχυνση σε δρόμο χαμηλού συντελεστή τριβής "μ"**

Κατά τη διάρκεια γρήγορης επιτάχυνσης σε έναν ολισθηρό δρόμο με



Σχήμα 1.85: Λειτουργία του συνεκτικού συμπλέκτη σε στροφή του αυτοκινήτου με χαμηλή ταχύτητα.



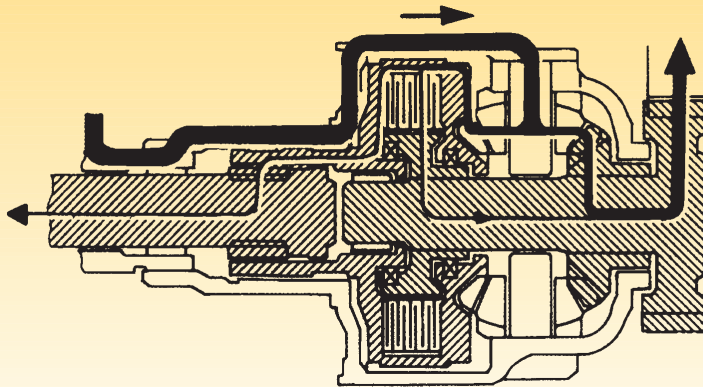
Σχήμα 1.86: Λειτουργία του συνεκτικού συμπλέκτη κατά τη διάρκεια επιτάχυνσης.

χαμηλό "μ", η κατανομή του βάρους του μπροστινού και του πίσω άξονα αλλάζει. Όταν οι πίσω τροχοί αρχίζουν να ολισθαίνουν, η διαφορά ταχύτητας περιστροφής ανάμεσα στους δύο άξονες αυξάνεται ταυτόχρονα. Αυτό προκαλεί την ενεργοποίηση του συνεκτικού συμπλέκτη και τη μεταφορά περισσότερης ροπής στους μπροστινούς τροχούς α-

πό ό,τι στους πίσω. Επιπλέον, η λειτουργία του κεντρικού διαφορικού είναι περιορισμένη.

- **Κατά την οδήγηση σε ανώμαλους δρόμους**

Όταν ένας από τους τροχούς αρχίζει να ολισθαίνει κατά τη διάρκεια οδήγησης σε ανώμαλους δρόμους, η διαφορά ταχύτητας περιστροφής α-



Σχήμα 1.87: Λειτουργία του συνεκτικού συμπλέκτη σε ανώμαλο έδαφος.

νάμεσα στους άξονες, αυξάνεται λόγω λειτουργίας του διαφορικού. Σε αυτήν την περίπτωση, ο συνεκτικός συμπλέκτης δίνει μεγάλη ροπή στο διαφορικό που περιστρέφεται με τις λιγότερες στροφές. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η σταθερότητα της οδήγησης σε ανώμαλους δρόμους.

1.4.11. Σύστημα ελέγχου HALDEX

Γενικά

Το σύστημα της σουηδικής εταιρείας **HALDEX** στηρίζεται στη φιλοσοφία του συνεκτικού συμπλέκτη με τη διαφορά ότι το ρόλο του συνεκτικού υγρού αναλαμβάνει ένας πολύπλοκος ηλεκτροϋδραυλικός μηχανισμός. Έτσι, αντί η εμπλοκή του πίσω διαφορικού να γίνεται με τη διόγκωση του σιλικονούχου υγρού, στο συμπλέκτη **HALDEX** η εμπλοκή γίνεται ηλεκτροϋδραυλικά. Το σημαντικό πλεονέκτημα του τελευταίου είναι η ακαριαία μετάδοση της κίνησης και στους δύο άξονες, ενώ στο συνεκτικό συμπλέκτη διαπιστώνεται κάποια καθυστέρηση. Το σύστημα αυτό τοποθετείται κυρίως στα αυτοκίνητα του ομίλου VW (με πρώτη την AUDI).

Λειτουργία

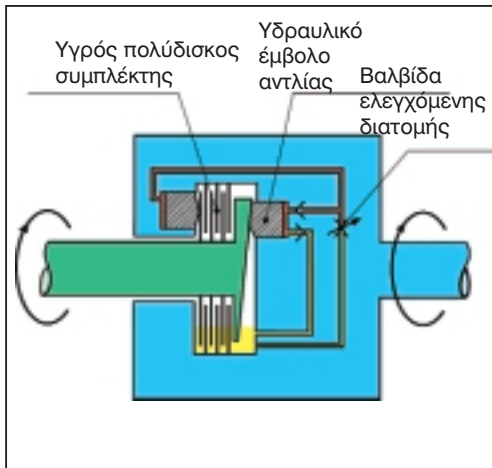
Κλειδί στη λειτουργία του είναι τα σήματα που λαμβάνει ο υπολογιστής του συστήματος από τους περιφερειακούς αισθητήρες για την ολίσθησή ενός και περισσότερων τροχών. Η όλη φιλοσοφία της κατασκευής, έγκειται στο ότι η κατανομή της ροπής του κινητήρα προς τον πίσω άξονα ελέγχεται μέσω του συ-

μπλέκτη **HALDEX**. Η μετάδοση της ροπής είναι καθορισμένη στο πρόγραμμα (συνεχής ρύθμιση της μετάδοσης της ροπής προσαρμοσμένη στην κατάσταση οδήγησης), ενώ η μεταδιδόμενη τελικά ροπή εξαρτάται από την εκάστοτε διαφορά στροφών μεταξύ του μπροστινού και του πίσω άξονα. Ο όλος μηχανισμός βρίσκεται κλεισμένος στο κέλυφος του **σχήματος 1.88** και είναι τοποθετημένος μπροστά από το πίσω διαφορικό. Η σύνδεση των αξόνων εισόδου και εξόδου γίνεται από έναν πολύδισκο συμπλέκτη που είναι βυθισμένος σε λάδι. Ο συμπλέκτης αποτελείται από εσωτερικούς και εξωτερικούς δίσκους.

Οι εξωτερικοί δίσκοι είναι συνδεδεμένοι με τον άξονα εισαγωγής, ενώ οι εσωτερικοί δίσκοι είναι συνδεδεμένοι με τον άξονα εξαγωγής **σχήμα 1.89**. Γύρω από τον άξονα εισαγωγής του συμπλέκτη έχουν τοποθετηθεί ένα έμβολο εργασίας και δύο αντλίες με μορφή δακτυλίου και ένα έμβολο με την ίδια μορφή επίσης. Ο όλος μηχανισμός είναι γεμάτος με λάδι και στεγανοποιημένος προς τα



Σχήμα 1.88: Πίσω άξονας με σύστημα HALDEX.



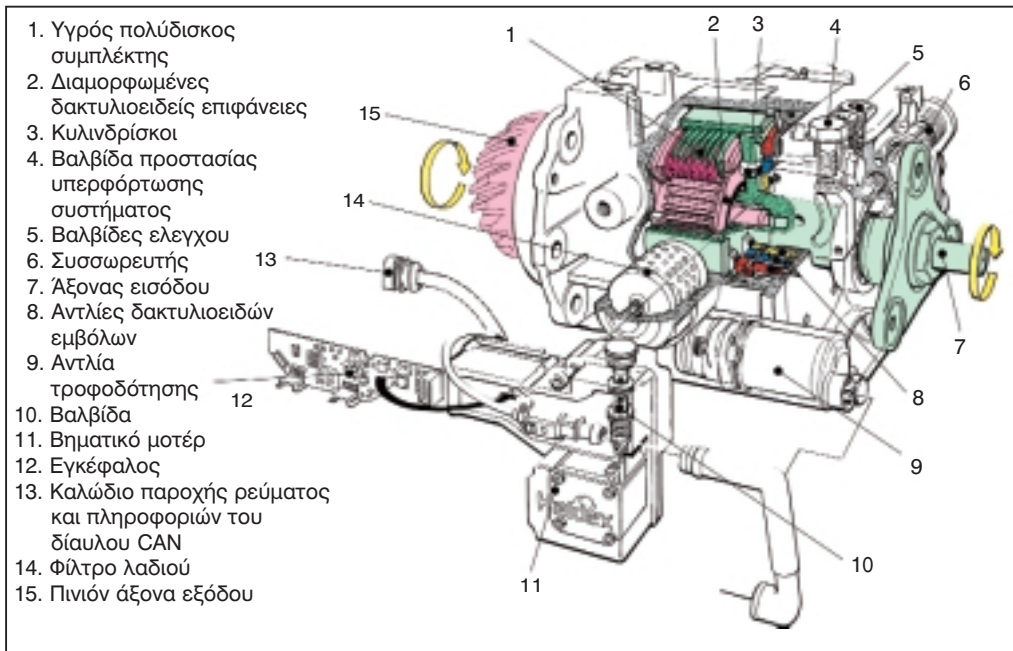
Σχήμα 1.89: Σχηματική παράσταση του μηχανισμού.

έξω, με τους δίσκους του συμπλέκτη να αποτελούν ένα κλειστό σύστημα. Το σύστημα του συμπλέκτη έχει ακόμα το δι-

κό του κύκλο λαδιού, υδραυλικά εξαρτήματα, μια ηλεκτροϋδραυλική ρυθμιστική βαλβίδα και έναν ηλεκτρονικό εγκέφαλο. Η ροπή στρέψης προς το πίσω διαφορικό περνά από το συμπλέκτη με τους δίσκους.

Η απαραίτητη πίεση για τη σύμπλεξη των δίσκων δημιουργείται από τις αντλίες. Το έμβολο με τη μορφή δακτυλίου (η αλλιώς αξονικό έμβολο) κινείται από μία αξονική αντλία, η οποία με τη σειρά της κινείται με την ταχύτητα διαφοράς των στροφών μεταξύ του άξονα εισαγωγής και του άξονα εξαγωγής.

Η διατήρηση μιας σταθερής πίεσης εξασφαλίζεται από τρεις κυλίνδρους αντλίας που είναι τοποθετημένοι με διαφορά φάσης. Τα έμβολα με τη μορφή



Σχήμα 1.90: Διάταξη εξαρτημάτων συμπλέκτη HALDEX.

δακτυλίου είναι τοποθετημένα μέσα σε λάδι. Αυτά ενεργοποιούνται από την αντλία τροφοδότησης η οποία μπαίνει σε λειτουργία με τον διακόπτη ανάφλεξης ανοικτό και με στροφές κινητήρα πάνω από 460 σ.α.λ. Η ροπή μετάδοσης του κινητήρα μεταφέρεται από τον συμπλέκτη σύμφωνα με τις συνθήκες οδήγησης. Η διαφοροποίηση της πίεσης γίνεται με τη ρυθμιστική αντλία, της οποίας η επιφάνεια ανοίγματος μεταβάλλεται από έναν σύρτη, που κινείται μέσω ενός οδοντωτού κανόνα και ενός βηματικού κινητήρα (μοτέρ). Μαζί με το βηματικό κινητήρα βρίσκεται και ο εγκέφαλος με το πρόγραμμα. Μια βαλβίδα ασφαλείας προστατεύει το συμπλέκτη από πολύ μεγάλες εσωτερικές πιέσεις. Ο συμπλέκτης HALDEX δε διαθέτει δικούς του αισθητήρες, εκτός από έναν αισθητήρα θερμοκρασίας. Έτσι, το σύστημα επεξεργάζεται τα σήματα τα ο-

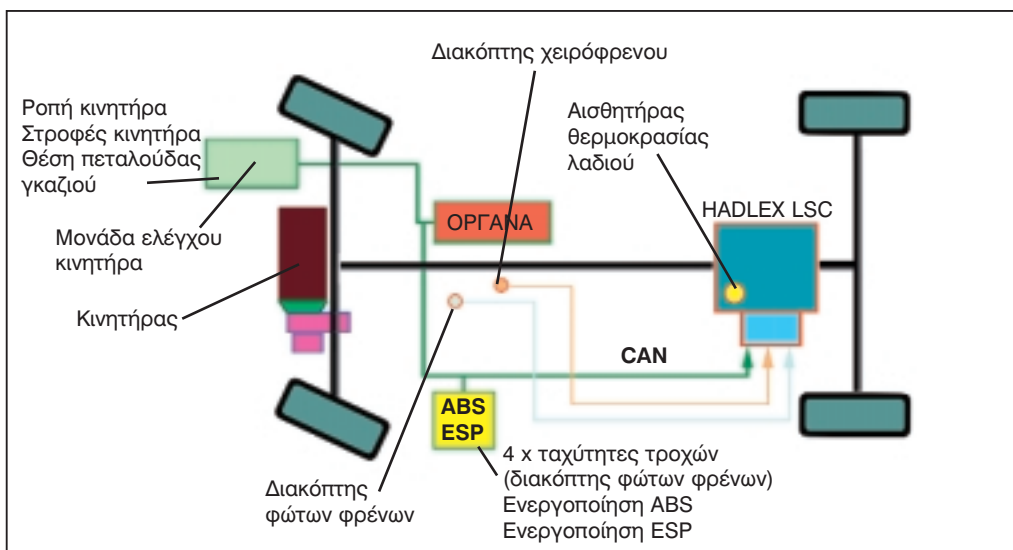
ποία διοχετεύονται από τα κανάλια CAN-BUS(εγκέφαλος ABS/EDS, εγκέφαλος κινητήρα).

Τα σήματα αυτά είναι:

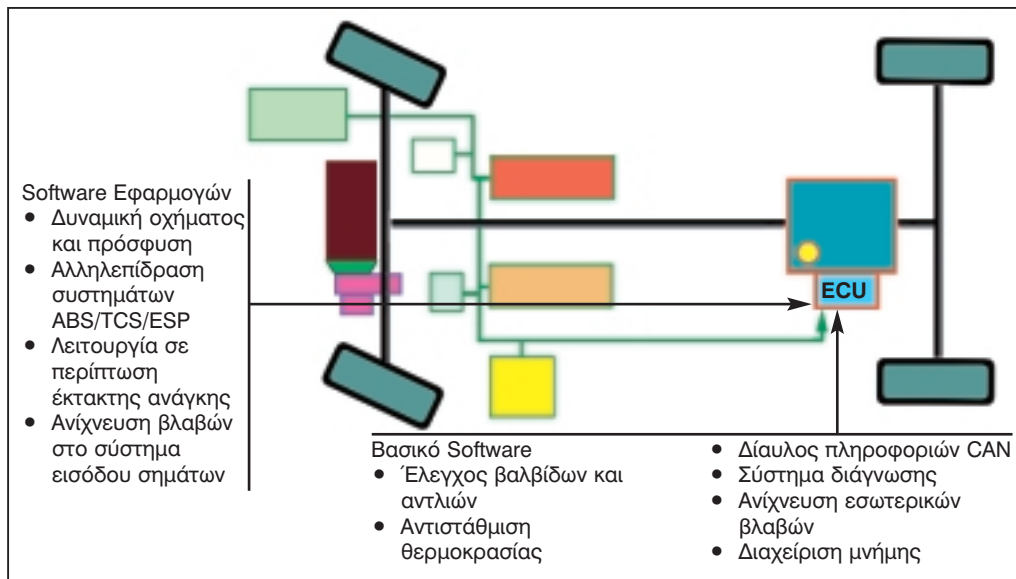
- Ταχύτητα περιστροφής του κάθε τροχού
- Ροπή του κινητήρα
- Στροφές του κινητήρα
- Κατάσταση οδήγησης
- Θέση πεντάλ και πεταλούδας γκαζιού

1.4.12. Συντήρηση - έλεγχος - βλάβες των μηχανισμών

Η συντήρηση και ο έλεγχος των μηχανισμών που αναπτύχθηκαν σ' αυτήν την ενότητα, πρέπει να γίνεται προσεκτικά, γιατί οι λανθασμένες ενέργειες μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά την απόδοσή τους η να προκαλέσουν μεγάλες και δαπανηρές επισκευές.



Σχήμα 1.91: Ηλεκτρικό διάγραμμα του συστήματος HALDEX.



Σχήμα 1.92: Κεντρική μονάδα συστήματος Haldex.

Οι συνηθισμένες βλάβες που δημιουργούνται στα συστήματα των διαφορικών είναι οι παρακάτω:

1. Αδυναμία ή δυσκολία στο χειρισμό.

Είναι πρόβλημα που εμφανίζεται όταν οι φθορές η οι βλάβες έχουν φτάσει σε προχωρημένο στάδιο.

2. Ασυνήθιστοι θόρυβοι.

Προέρχονται από τα περιστρεφόμενα μέρη του συστήματος (ρουλεμάν, γρανάζια, κτλ) και προϋδεάζουν για βλάβη σε κάποιο από αυτά τα εξαρτήματα.

3. Αδυναμία η δυσκολία στην εμπλοκή του μηχανισμού του συστήματος HALDEX.

Προέρχεται από βλάβες στο ηλεκτρικό - ηλεκτρονικό μέρος του συστήματος

Κατά τη συντήρηση γίνονται οπτικοί έλεγχοι και έλεγχος της στάθμης η αλλα-

γή λιπαντικού η οποία πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Όταν πρόκειται για ηλεκτρονικά ελεγχόμενο μηχανισμό όλες οι βλάβες ανιχνεύονται με την βοήθεια της διαγνωστικής συσκευής. Μετά από κάθε επισκευή ή αντικατάσταση εξαρτημάτων θα πρέπει να γίνει μηδενισμός βλαβών από την μνήμη της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου.

Κατά την επισκευή θα πρέπει τα ανταλλακτικά που χρησιμοποιούνται να είναι τα προτεινόμενα από τον κατασκευαστή. Οι τιμές των ροπών σύσφιξης των εξαρτημάτων κατά την επανασυναρμολόγηση πρέπει να είναι οι σωστές και να εξασφαλίζεται η κατάλληλη συνοχή όλων των συναρμολογούμενων εξαρτημάτων.

Ανακεφαλαίωση

Διαφορικά περιορισμένης ολίσθησης

Τα διαφορικά περιορισμένης ολίσθησης καλούνται να λύσουν τα προβλήματα των κλασικών διαφορικών. Τόσο στην ευθεία όσο και στις στροφές λειτουργούν σαν συμβατικά διαφορικά, όσο υπάρχει πρόσφυση. Όταν όμως κάποιος τροχός ολισθήσει τότε επιτρέπουν την μεταφορά μεγαλύτερης ροπής στον τροχό με τη μεγαλύτερη πρόσφυση.

Παρακάτω αναφέρονται οι πιο διαδομένοι τύποι διαφορικών περιορισμένης ολίσθησης που χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα.

• Τα διαφορικά με πολύδισκους συμπλέκτες "μπλοκέ"

Το "μπλοκέ" διαφορικό με πολύδισκους συμπλέκτες βασίζεται στο κλασικό διαφορικό, με εξαίρεση την προσθήκη κάποιων επιπλέον εξαρτημάτων, όπως οι δίσκοι τριβής και τα ελατήρια προφόρτισης (προέντασης) των δίσκων. Οι δακτύλιοι των δίσκων πίεσης (πλατό) φέρνουν τους πλανήτες, τον άξονα των δορυφόρων και τους δορυφόρους σε εμπλοκή και πίσω από κάθε δακτύλιο πίεσης υπάρχει μία σειρά δίσκων τριβής. Όταν ασκείται ροπή στο διαφορικό, τότε το κέλυφος του θα περιστραφεί και **θα ωθήσει** τον άξονα των δορυφόρων μέσα στην υποδοχή των δακτυλίων πίεσης. Οι δακτύλιοι πίεσης ωθούνται τότε επάνω στους δίσκους, συμπιέζοντάς τους μεταξύ τους. Αυτοί, με τη σειρά τους, προκαλούν τη σταδιακή εμπλοκή των τροχών, ανάλογα με τη διατιθέμενη στο σύστημα ισχύ. Η παραπάνω διάταξη περιορίζει τα "σπιναρίσματα" και τις ολισθήσεις των τροχών στις στροφές με μεγάλη ταχύτητα και διαθέτει την ισχύ στους τροχούς πιο ομοιόμορφα, όταν εμείς προσφέρουμε μεγαλύτερη ισχύ στο σύστημα, πατώντας παραπάνω το πεντάλ του γκαζιού. Κατά την επιτάχυνση ή επιβράδυνση προσφέρει ομοιόμορφη πρόσφυση και καλύτερο έλεγχο του αυτοκινήτου, ενώ στις συνήθεις συνθήκες ομαλής οδήγησης το σύστημα με τους δίσκους απεμπλέκεται για να υπάρχουν λιγότερες τριβές και να στρίβει ευκολότερα το αυτοκίνητο.

• Τα διαφορικά τύπου Torsen με ατέρμονες οδοντωτούς τροχούς

Σε αντίθεση με τα διαφορικά που βασίζονται στη διαφορά ταχύτητας των τροχών, το διαφορικό Torsen αποτελεί ένα διαφορικό συνεχούς λειτουργίας που "αισθάνεται" την ροπή και έχει τη δυνατότητα να την καταναείμει. **Η ροπή καθώς και η διαφοροποίηση (λειτουργία διαφορικού - διαφοροποίηση στρο-** ▶

φών των τροχών) είναι συνεχώς επιτηρούμενες μεταξύ των δύο ατράκτων (ημιαξονίων) και κατανέμεται άμεσα αναλόγως με τις μεταβαλλόμενες συνθήκες που επικρατούν στο οδόστρωμα. Δεν υπάρχουν συμπλέκτες ή προέκταση (προφόρτιση δίσκων) και βασίζεται στην πατενταρισμένη ελικοειδή οδόντωση τύπου INVEX™ που παρέχει περισσότερη αξιοπιστία στην όλη κατασκευή. Η δυνατότητα περιορισμού της ολίσθησης πραγματοποιείται λόγω της έντεχνης χρήσης ενός ζεύγους ατερμόνων, με το παρακάτω χαρακτηριστικό: η ροπή κίνησης μπορεί να μεταφερθεί από τον κεντρικό ατέρμονα στον μικρό πλάγιο αλλά δεν γίνεται το αντίστροφο. Αν γινόταν το ζεύγος θα "κλειδωνε".

• Τα διαφορικά με συνεκτική (SYNCHRO-VISCO) σύζευξη

Ο συνεκτικός συμπλέκτης θα μπορούσε να παρομοιαστεί και με ένα είδος στροβίλου (όπως στους υδραυλικούς συμπλέκτες) μέσω του οποίου η περιστροφική κίνηση της εισόδου μεταδίδεται στην έξοδο με τη βοήθεια του ιξώδους ενός υδραυλικού μέσου, χωρίς μηχανική σύνδεση. Με άλλα λόγια συμβαίνει περίπου ό,τι και στους μετατροπείς ροπής των αυτόματων μεταδόσεων. Μόνο που στο συνεκτικό συμπλέκτη το υδραυλικό μέσο είναι υγρή σιλικόνη, η οποία έχει την ιδιότητα να διογκώνεται και να αυξάνει το ιξώδες της με την αύξηση της θερμοκρασίας. Όταν οι δίσκοι με πτερύγια της εισόδου και της εξόδου του συνεκτικού συμπλέκτη περιστρέφονται με την ίδια ταχύτητα, τότε η θερμοκρασία της σιλικόνης παραμένει χαμηλή και οι άξονες εισόδου και εξόδου περιστρέφονται ανεξάρτητα. Όταν υπάρξει κάποια διαφορά (ολίσθηση) στις ταχύτητες των δύο αξόνων, η θερμοκρασία της σιλικόνης αυξάνεται με αποτέλεσμα να διογκωθεί και να αυξηθεί το ιξώδες της, εξαναγκάζοντας τους δύο άξονες να κινηθούν και πάλι με την ίδια ταχύτητα. Η **απόκριση** του συστήματος είναι ακαριαία.

Μετάδοση της κίνησης στους τέσσερις τροχούς(4x4)

Καθοριστικό ρόλο στην κατασκευή ενός συστήματος μετάδοσης της κίνησης και στους τέσσερις τροχούς του αυτοκινήτου παίζει ο τρόπος μοιράσματος της ροπής μεταξύ των δύο κινητήριων αξόνων. Όπως μεταξύ των τροχών παρεμβάλλεται ένα διαφορικό, που επιτρέπει στους κινητήριους τροχούς να διαφοροποιούν την ταχύτητά τους, έτσι απαιτείται και μία αντίστοιχη διάταξη μεταξύ του μπροστινού και του πίσω άξονα. Ο λόγος είναι απλός, όταν το αυτοκίνητο στρίβει, οι εσωτερικοί προς το κέντρο της στροφής τροχοί διαγράφουν τόξα μικρότερης ακτίνας, διανύοντας μικρότερη απόσταση απ' ό,τι οι εξωτερικοί, οι οποίοι, κατά συνέπεια, πρέπει να εκτελέσουν περισσότερες περιστροφές. Το ίδιο ισχύει, και για τους πίσω τροχούς, σε σχέση με τους μπροστινούς οπότε, ▶

αναγκαστικά, ο μπροστινός και ο πίσω άξονας πρέπει να περιστρέφονται με διαφορετικές ταχύτητες. Έτσι, για να μπορεί να στρίβει ένα τετρακίνητο αυτοκίνητο (έστω και σε ήρεμους ρυθμούς) χωρίς να "κουρδίζει" τον κεντρικό άξονα, θα πρέπει να υπάρχει, εκτός των μπροστινών και των πίσω διαφορικών, και ένα τρίτο ή ένα αναλόγου αποτελέσματος σύστημα. Και εδώ βρίσκεται η βασική διαφορά στις υλοποιήσεις των συστημάτων μόνιμης τετρακίνησης που συναντώνται στα σύγχρονα αυτοκίνητα.

Στα συστήματα τετρακίνησης για να αποτραπεί το σπινάρισμα ενός ζεύγους τροχών και η ακινητοποίηση του άλλου, απαιτείται η τοποθέτηση ενός ελεγχόμενου μπλοκέ κεντρικού διαφορικού. Επικρατέστερες λύσεις έχουν αποδειχθεί, τα διαφορικά τύπου **Τόρσεν** οι **συνεκτικοί συμπλέκτες**. Ένα διαφορετικής φιλοσοφίας σύστημα έχει αναπτύξει και χρησιμοποιεί στα μοντέλα με εγκάρσια τοποθετημένο κινητήρα η AUDI. Αντί για τρίτο διαφορικό χρησιμοποιείται το ηλεκτρο-υδραυλικό σύστημα της σουηδικής εταιρείας **Haldex**, που τοποθετείται στον κεντρικό άξονα, δίνοντας κίνηση και στο πίσω διαφορικό σε ποσοστό που κυμαίνεται από 100-0% έως και 50-50% μεταξύ του μπροστινού και του πίσω άξονα. Πρόκειται για ένα σύστημα που βασίζεται στο αντίστοιχο προσθιοκίνητο μοντέλο, με τον πίσω άξονα να συμπλέκεται και να αποσυμπλέκεται κατ' επιλογήν, τη στιγμή που το κεντρικό σύστημα ελέγχου αποφασίζει ότι κάτι τέτοιο είναι απαραίτητο. Το σύστημα της Σουηδικής εταιρείας HALDEX στηρίζεται στην αρχή λειτουργίας του συνεκτικού συμπλέκτη, με τη διαφορά ότι το ρόλο του συνεκτικού υγρού αναλαμβάνει ένας πολύπλοκος ηλεκτροϋδραυλικός μηχανισμός. Έτσι, αντί η εμπλοκή του πίσω διαφορικού να γίνεται με τη διόγκωση του σιλικονούχου, υγρού όταν αυτό με την τριβή θερμαίνεται, στο συμπλέκτη HALDEX, η εμπλοκή γίνεται ηλεκτροϋδραυλικά. Το σημαντικό πλεονέκτημα του τελευταίου είναι η ακαριαία μετάδοση της κίνησης και στους δύο άξονες, ενώ στο συνεκτικό συμπλέκτη διαπιστώνεται κάποια καθυστέρηση.



Ερωτήσεις

1. Ποιος είναι ο προορισμός του διαφορικού;
2. Πώς γίνεται η κατανομή της ροπής στρέψης σε ένα διαφορικό;
3. Ποια είδη διαφορικών ελεγχόμενης εμπλοκής, συναντάμε στα αυτοκίνητα;
4. Πως γίνεται η κατανομή της ροπής στρέψης στα διάφορα είδη διαφορικού;
5. Πότε εμπλέκεται στη μετάδοση το σύστημα Haldex;
6. Πως λειτουργεί το διαφορικό Torsen;
7. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα που έχει η κίνηση με τους τέσσερις τροχούς;
8. Ποιοι μηχανισμοί υπάρχουν στο σύστημα μετάδοσης με τους τέσσερις τροχούς;
9. Πως λειτουργεί ο συνεκτικός συμπλέκτης;

Εργασία για τους μαθητές

Να φέρετε πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας των συστημάτων τετρακίνησης στα αγωνιστικά αυτοκίνητα του παγκοσμίου πρωταθλήματος (WRC).