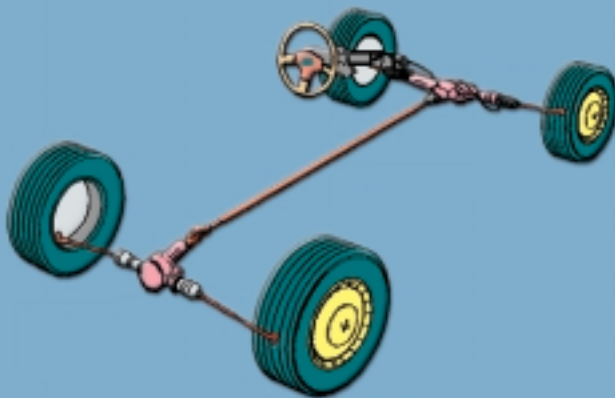


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2



ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ

- Σύστημα διεύθυνσης με υδραυλική υποβοήθηση
- Συστήματα 4 διευθυντηρίων τροχών
Τετραδιεύθυνση 4WS (4-wheel steering)

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 2

ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ

ΕΝΟΤΗΤΑ 2.1

Σύστημα διεύθυνσης με υδραυλική υποβοήθηση

Διδακτικοί στόχοι

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

- να αναγνωρίζουν οι μαθητές τα μέρη - εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται το σύστημα
- να περιγράφουν τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος καθώς και των επί μέρους εξαρτημάτων του
- Να περιγράφουν τον τρόπο και τα μέσα αποσυναρμολόγησής τους
- 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

2.1.1. Γενικά

Η οδήγηση των αυτοκινήτων απαιτεί ισχυρή μυϊκή δύναμη εκ μέρους του οδηγού, ιδιαίτερα στο παρκάρισμα, στις απότομες στροφές, στις χαμηλές ταχύτητες, όταν χρησιμοποιούνται φαρδιά ελαστικά, κτλ.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού, οι κατασκευαστές οχημάτων τοποθετούν ειδικούς μηχανισμούς, γνωστούς σαν σερβομηχανισμούς, που βοηθούν τον οδηγό να οδηγεί πιο άνετα. Οι σερβομηχανισμοί αυτοί, παίρνουν κίνηση από τον κινητήρα του αυτοκινήτου

και χρησιμοποιώντας την πίεση του λαδιού υποβοηθούν στο σύστημα διεύθυνσης. Σε περίπτωση που για οποιοδήποτε λόγο δεν λειτουργήσουν, το σύστημα διεύθυνσης του οχήματος εξακολουθεί να λειτουργεί μόνο με τη μυϊκή δύναμη του οδηγού, απαιτεί όμως μεγαλύτερη προσπάθεια

Στα σημαντικά πλεονεκτήματα συμπεριλαμβάνονται, εκτός από το ελαφρύ τιμόνι, η μικρότερη ακτίνα στροφής από τέρμα σε τέρμα καθώς και η γρηγορότερη αντίδραση σε καταστάσεις πανικού ή στη γρήγορη οδήγηση.

Η εφαρμογή αυτών των μηχανισμών, ξεκίνησε πρώτα σε μεγάλα οχήματα. Στη συνέχεια και όσο η εξέλιξη τους προχωράει οι κατασκευαστές τους τοποθετούν στα πολυτελή αυτοκίνητα για να καταλήξουν τελικά στην ολοένα αυξανόμενη χρήση τους ακόμα και στη "μικρή" κατηγορία αυτοκινήτων.

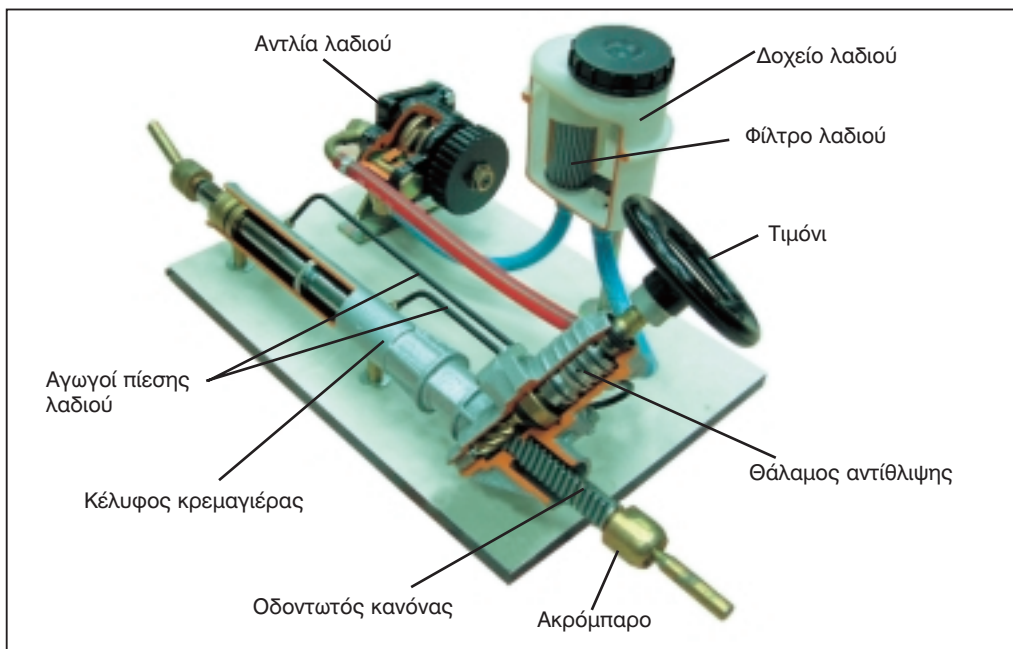
Οι πρώτοι σερβομηχανισμοί που κατασκευάστηκαν ήταν καθαρά μηχανικοί, με κυριότερο πρόβλημά τους την "ασάφεια" του τιμονιού όσο το αυτοκίνητο αύξανε ταχύτητα. Έτσι, οι πρώτες επεμβάσεις έγιναν στον έλεγχο της υδραυλικής πίεσης στην αντλία υποβοήθησης, ώσπου τα όποια προβλήματα ξεπεράστηκαν με την τοποθέτηση αισθητήρων και ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου.

Οι περισσότεροι κατασκευαστές σήμε-

ρα, στα μικρά αυτοκίνητα, χρησιμοποιούν και ηλεκτρικούς σερβομηχανισμούς, απλοποιώντας έτσι ακόμα περισσότερο την όλη διάταξη. Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου θα γίνει ειδική αναφορά για το ηλεκτρικά υποβοηθούμενο τιμόνι.

2.1.2. Περιγραφή

Το σύστημα διεύθυνσης που θα περιγραφεί στη συνέχεια αποτελεί ένα εξελιγμένο σύστημα διεύθυνσης με υδραυλική υποβοήθηση. Το σύστημα αυτό ανήκει στην κατηγορία των συστημάτων διεύθυνσης τύπου "κρεμαγιέρας" με πινιόν (γρανάζι κίνησης) και οδοντωτό κανόνα. Το συγκεκριμένο σύστημα λαμβάνει υπόψη του την ταχύτητα του οχήματος και τη γωνιακή θέση του τιμονιού



Σχήμα 2.1: Κύρια μέρη του συστήματος διεύθυνσης σε τομή.

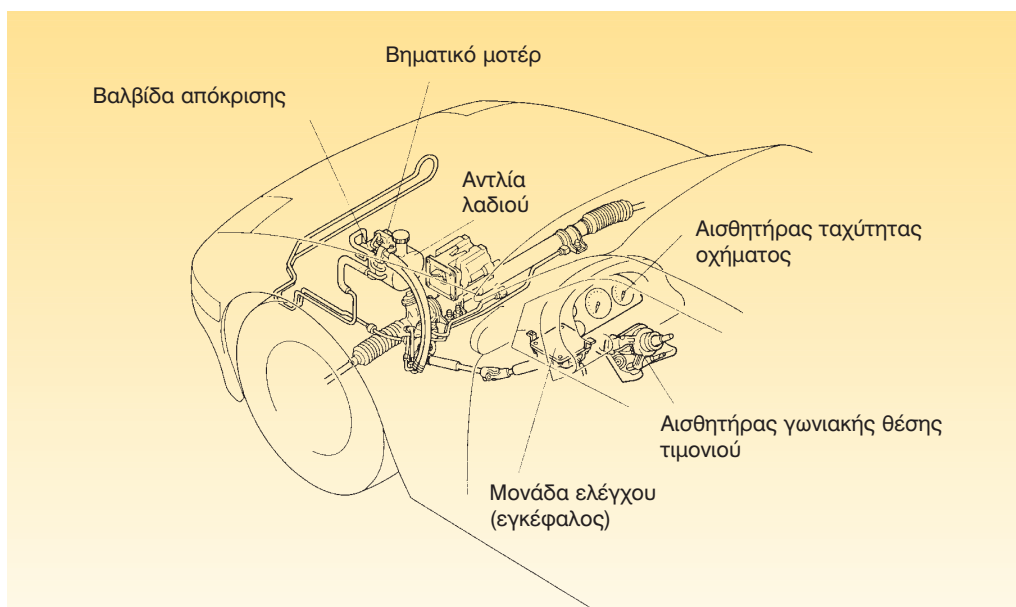
μέσω ειδικών αισθητήρων που πληροφορούν αντίστοιχα τη μονάδα ελέγχου (εγκέφαλος). Επίσης η μονάδα ελέγχου έχει τη δυνατότητα αυτοδιάγνωσης βλαβών όσον αφορά τα ηλεκτρονικά μέρη (αισθητήρες κτλ) που συνοδεύουν το σύστημα διεύθυνσης.

Υδραυλική υποβοήθηση του συστήματος διεύθυνσης

Το συγκεκριμένο σύστημα διεύθυνσης μπορεί να μεταβάλλει τη δύναμη υποβοήθησης ανάλογα με την ταχύτητα του οχήματος, τη γωνιακή θέση του τιμονιού και την αντίσταση κύλισης των τροχών επί του οδοστρώματος. Όταν το όχημα είναι ακίνητο ή κινείται με μικρή ταχύτητα, αναπτύσσεται μεγαλύτερη δύναμη υποβοήθησης και λιγότερη προσπάθεια απαιτείται από την πλευρά του οδηγού. Όταν η ταχύτητα του οχή-

ματος είναι υψηλή τότε αναπτύσσεται μικρότερη δύναμη υποβοήθησης και απαιτείται περισσότερη προσπάθεια από τον οδηγό για να στρίψει το τιμόνι. Επίσης περισσότερη προσπάθεια απαιτείται στις υψηλές ταχύτητες καθώς αυξάνει η γωνιακή θέση του τιμονιού (το τιμόνι "βαραίνει" εάν προσπαθήσουμε να στρίψουμε απότομα με μεγάλη ταχύτητα).

Με αυτές τις λειτουργίες το σύστημα παρέχει στον οδηγό ένα αίσθημα στιβαρότητας, σταθερότητας αλλά και ευκολίας στη χρήση. Η απαιτούμενη δύναμη υποβοήθησης προκαθορίζεται ανάλογα με την πίεση λαδιού στον θάλαμο αντίθλιψης (θάλαμος δυνάμεων αντίδρασης από την ροή του λαδιού) μέσα στο κέλυφος της κρεμαγιέρας. Η πίεση του λαδιού μέσα στο θάλαμο αντίθλιψης ελέγχεται από τα σήματα των αισθητήρων



Σχήμα 2.2: Διάταξη εξαρτημάτων συστήματος διεύθυνσης στο αυτοκίνητο.

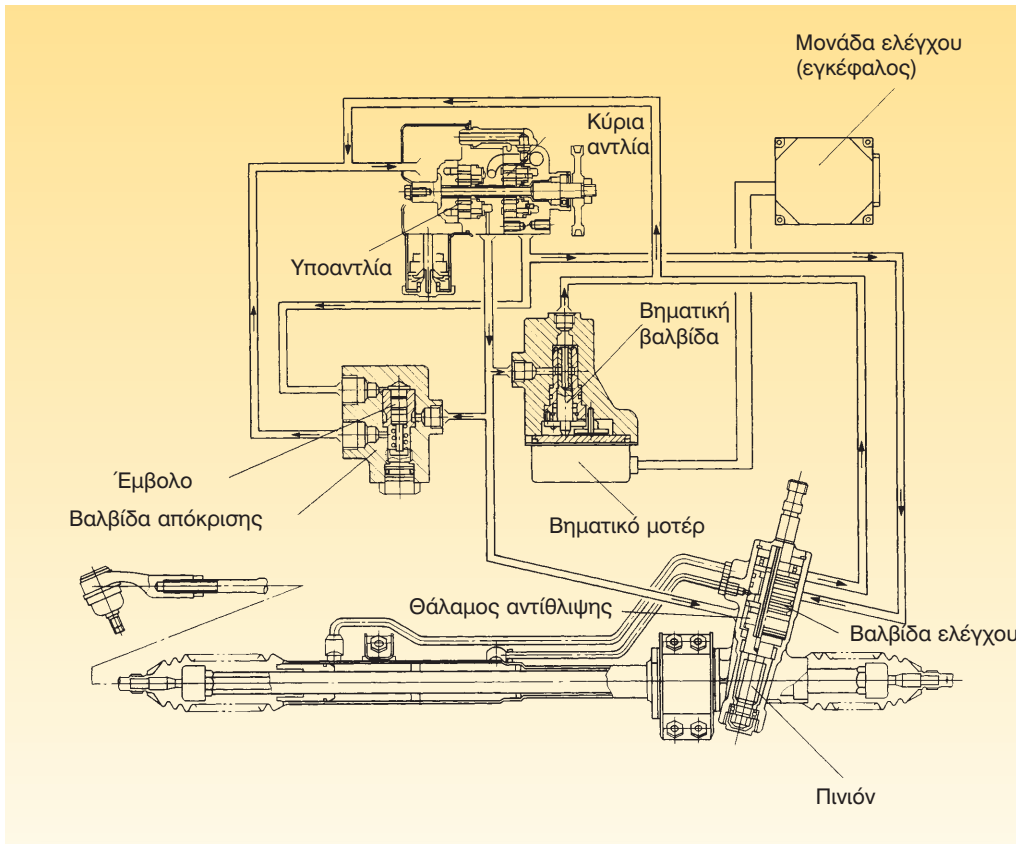
ταχύτητας και γωνιακής θέσης τιμονιού. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια της μονάδας ελέγχου και του βηματικού μοτέρ. Η πίεση του λαδιού μέσα στο θάλαμο αντίθλιψης ελέγχεται επίσης από τη βαλβίδα ελέγχου της πίεσης, αναλογα με την αντίσταση κύλισης των τροχών στο οδόστρωμα.

Ροή του λαδιού στο σύστημα

Το λάδι που προέρχεται από την κύρια αντλία του συστήματος κατευθύνεται προς το κέλυφος της κρεμαγιέρας μέσα από τη βαλβίδα ελέγχου ροής λα-

διού. Το λάδι κινεί τις μπάρες διεύθυνσης ενώ κατευθύνεται και προς τη βαλβίδα απόκρισης. Εδώ το λάδι μετακινεί το έμβολο το οποίο ελέγχει την υδραυλική πίεση που αναπτύσσεται εντός του θαλάμου αντίθλιψης.

Το λάδι που προέρχεται από την δευτερεύουσα αντλία (υποαντλία) του συστήματος κατευθύνεται προς το θάλαμο αντίθλιψης, τη βαλβίδα απόκρισης και τη βηματική βαλβίδα (η οποία περιστρέφεται από το βηματικό μοτέρ), μειώνοντας την προσπάθεια που απαιτείται από τον οδηγό για την στροφή του αυτοκινήτου.



Σχήμα 2.3: Σχηματική διάταξη της ροής του λαδιού μέσα στα εξαρτήματα του συστήματος.

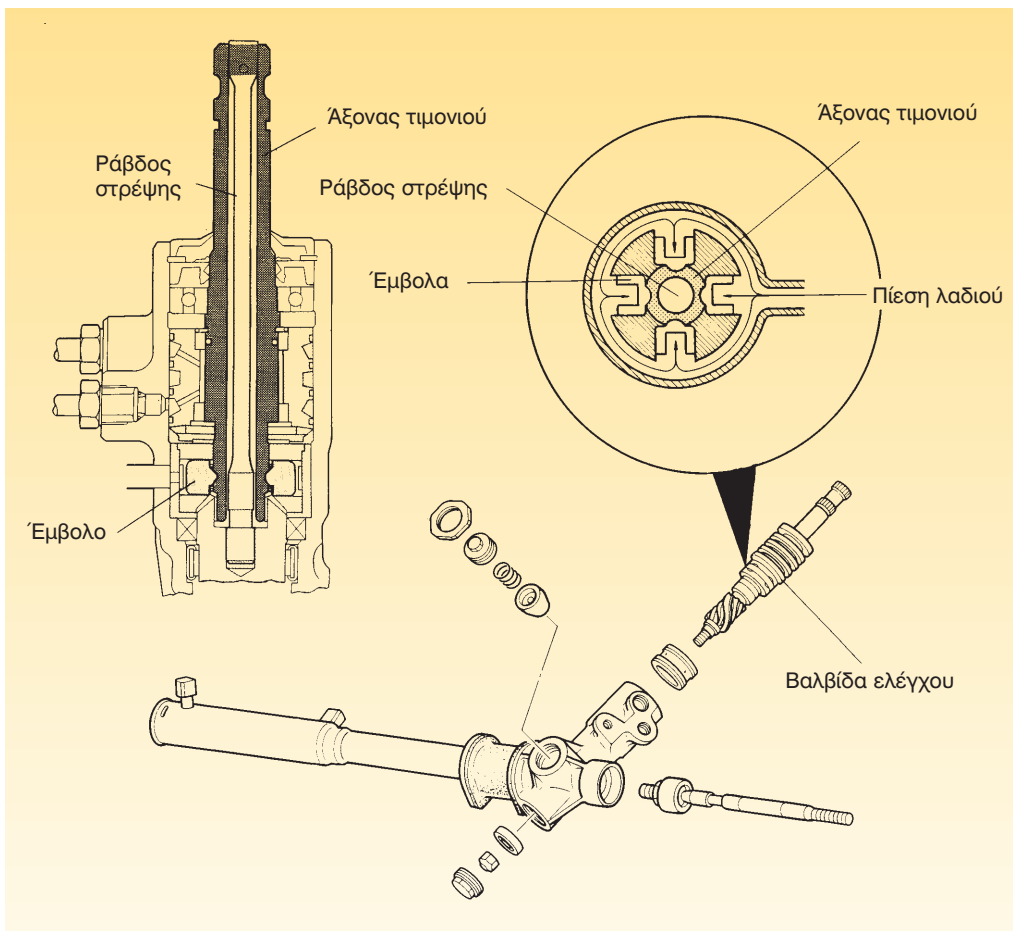
Οδόντωση της πυξίδας διεύθυνσης και θάλαμος αντίθλιψης

Ο θάλαμος αντίθλιψης έχει σκοπό τη μεταβολή της απαιτούμενης προσπάθειας από τον οδηγό (όσον αφορά το στρίψιμο του αυτοκινήτου) αναλόγα με τις συνθήκες οδήγησης.

Μέσα στο θάλαμο αντίθλιψης υπάρχουν τέσσερα μικρά έμβολα που πιέζονται πάνω στον άξονα του τιμονιού. Η υ-

δραυλική πίεση του λαδιού η οποία προέρχεται από την υποαντλία επενεργεί στα έμβολα. Το όλο σύστημα λειτουργεί ως περιστροφικός σύρτης.

Κατά την οδήγηση του οχήματος με χαμηλή ταχύτητα και όταν η υδραυλική πίεση του λαδιού γίνει χαμηλή, η πίεση των εμβόλων επάνω στον άξονα του τιμονιού μειώνεται, η ράβδος στρέψης μπορεί να στραφεί εύκολα και κατά συ-

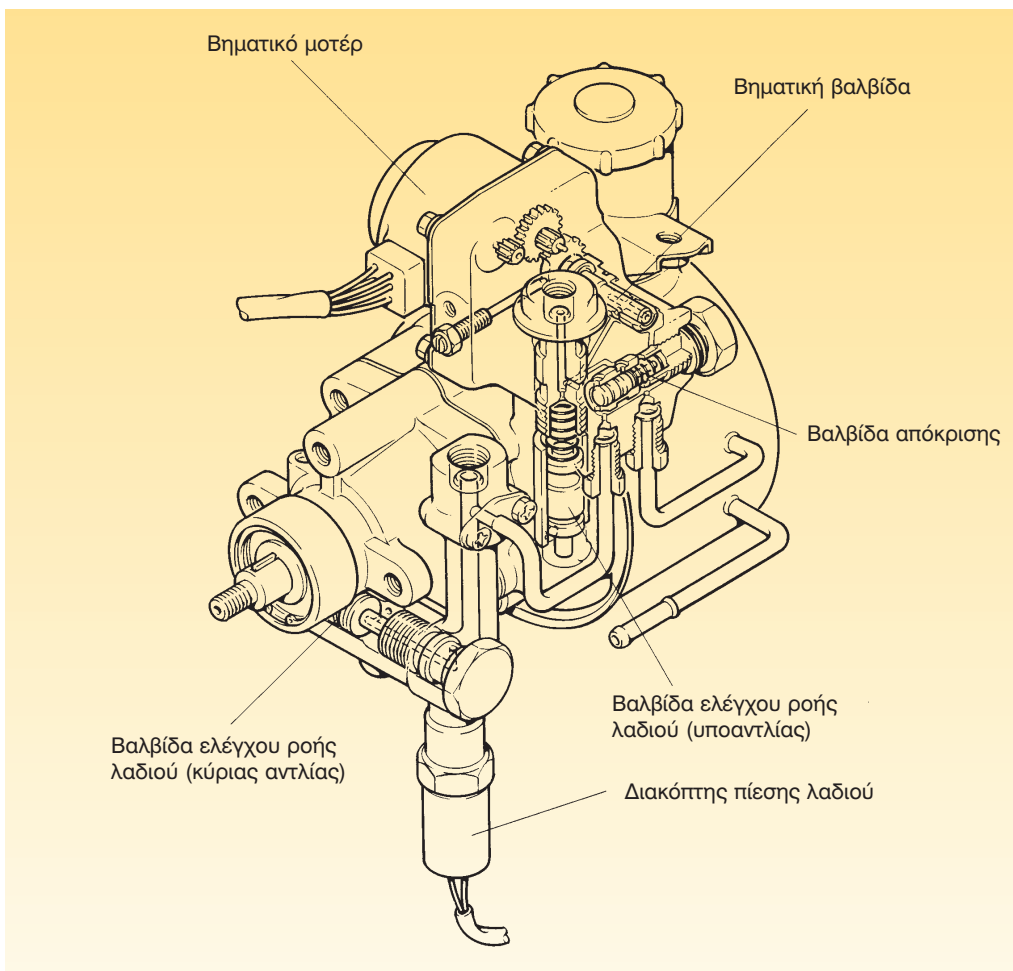


Σχήμα 2.4: Σχηματική διάταξη του κυλίνδρου της πυξίδας διεύθυνσης και του θαλάμου αντίθλιψης.

νέπεια απαιτείται μικρή προσπάθεια από τη μεριά του οδηγού για τη στροφή. Κατά την οδήγηση του οχήματος με υψηλή ταχύτητα και όταν η υδραυλική πίεση του λαδιού γίνει υψηλή, τα έμβολα ασκούν πίεση επάνω στον άξονα του τιμονιού, τότε η ράβδος στρέψης στρέφεται δυσκολότερα και κατά συνέπεια απαιτείται μεγαλύτερη προσπάθεια από τη μεριά του οδηγού για τη στροφή.

Υδραυλική αντλία λαδιού συστήματος υποβοήθησης

Ένα βηματικό μοτέρ, μία βηματική βαλβίδα και μία βαλβίδα απόκρισης βρίσκονται στο πάνω μέρος της αντλίας λαδιού του συστήματος υποβοήθησης (αντλία "υδραυλικού" τιμονιού). Εσωτερικά, μέσα στο κέλυφος της αντλίας υπάρχει μία κύρια αντλία (φυγοκεντρική με πτερύγια), μία υποαντλία και μία βαλ-



Σχήμα 2.5: Σχηματική διάταξη της αντλίας λαδιού και των εξαρτημάτων της.

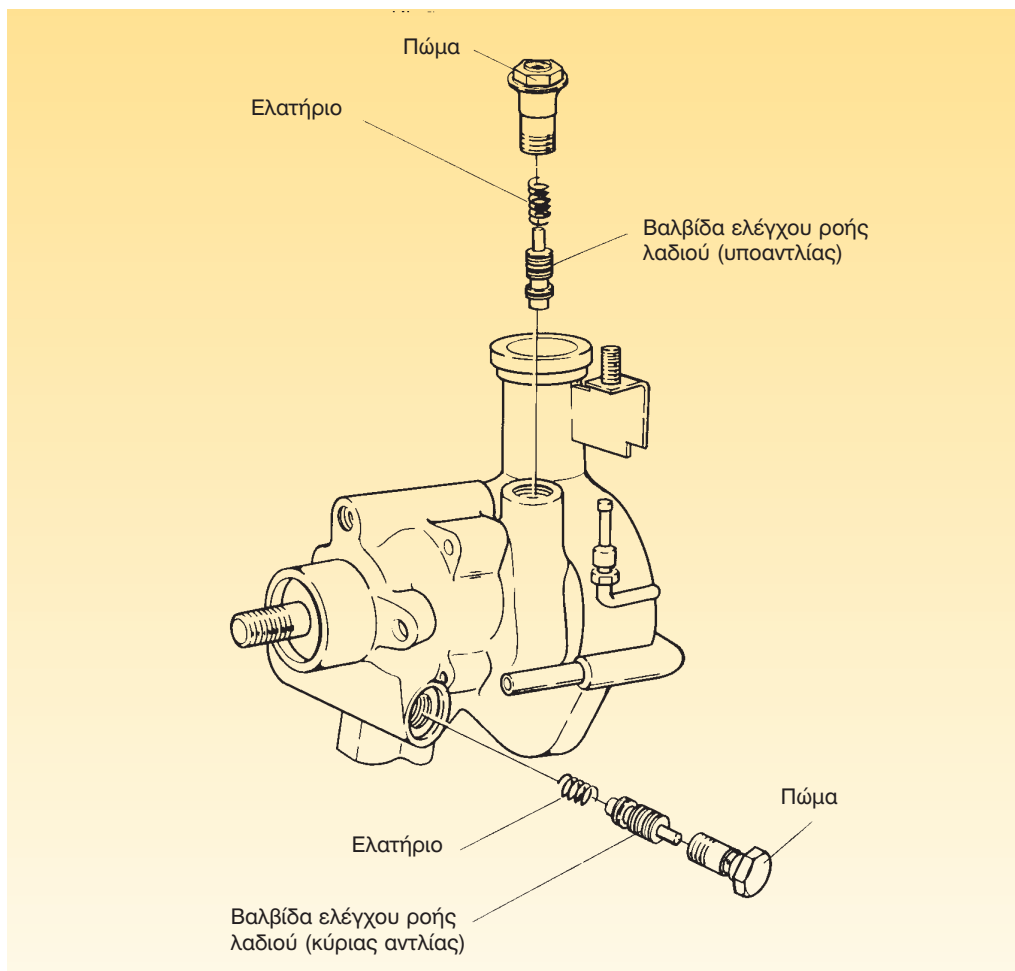
βίδα ελέγχου ροής λαδιού η οποία ελέγχει το ποσό της κατάθλιψης αυτών των δύο αντλιών.

Η βηματική βαλβίδα ελέγχει την πίεση του λαδιού της υποαντλίας και κινείται από το ζεύγος των οδοντωτών τροχών του βηματικού μοτέρ. Το βηματικό μοτέρ ρυθμίζει την θέση της βηματικής βαλβίδας ανάλογα με τα σήματα που παίρνει από την μονάδα ελέγχου (εγκέφαλος).

Η βαλβίδα απόκρισης ελέγχει την πίεση του λαδιού στην δίοδο λαδιού, ανοίγοντας ή κλείνοντας την δίοδο στην οποία κυκλοφορεί το λάδι που έρχεται από την υποαντλία

Βαλβίδα ελέγχου ροής λαδιού

Οι βαλβίδες ελέγχου ροής για την κύρια αντλία και την υποαντλία διατηρούν μία σταθερή παροχή λαδιού περίπου 5,5 lit/min



Σχήμα 2.6: Σχηματική διάταξη των εξαρτημάτων των βαλβίδων ελέγχου ροής.

για την κύρια αντλία και 2,0 lit/min για την υποαντλία έως την βαλβίδα ελέγχου της. Το επιπλέον λάδι οδηγείται πίσω στην πλευρά αναρρόφησης της αντλίας λαδιού.

φος της κρεμαγιέρας από την αριστερή βαλβίδα ελέγχου ροής λαδιού προς τη δεξιά βαλβίδα ροής λαδιού όπως φαίνεται και στο **σχήμα 2.7**.

2.1.3. Λειτουργία

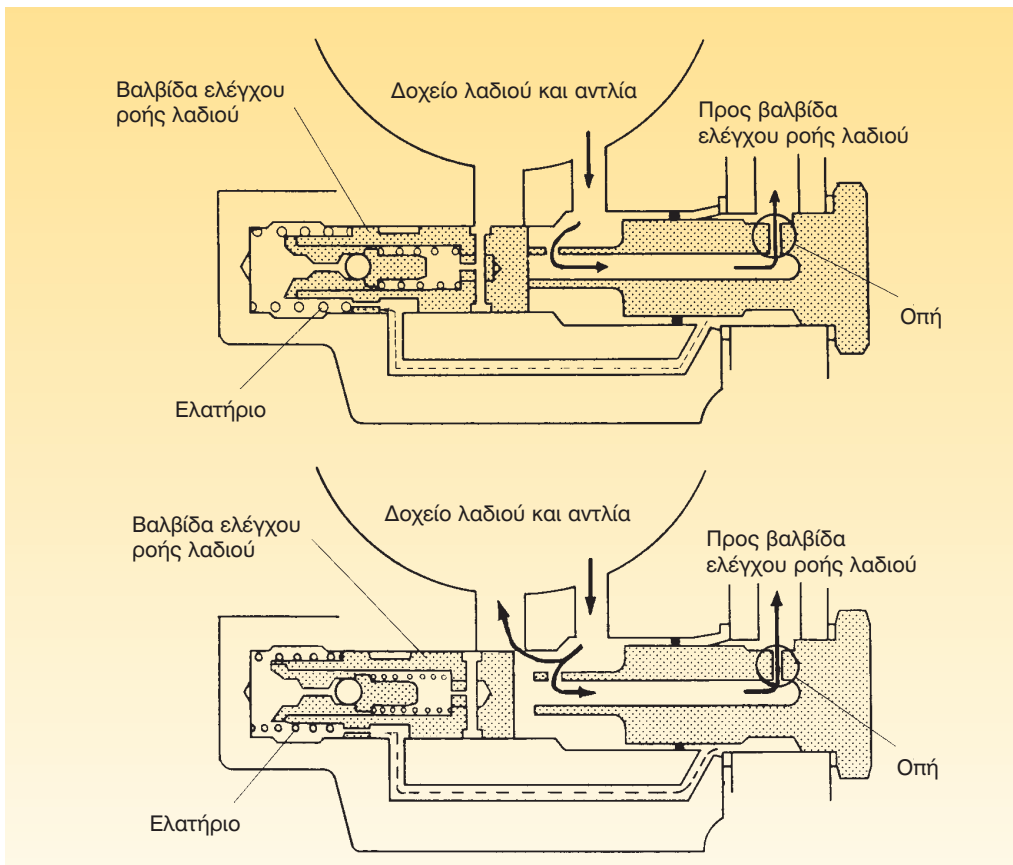
- Έλεγχος ροής λαδιού της κύριας αντλίας

1) Κατά την κίνηση με χαμηλή ταχύτητα

Λάδι υπό πίεση που προέρχεται από την κύρια αντλία ρέει μέσα στο κέλυ-

2) Κατά την κίνηση με υψηλή ταχύτητα

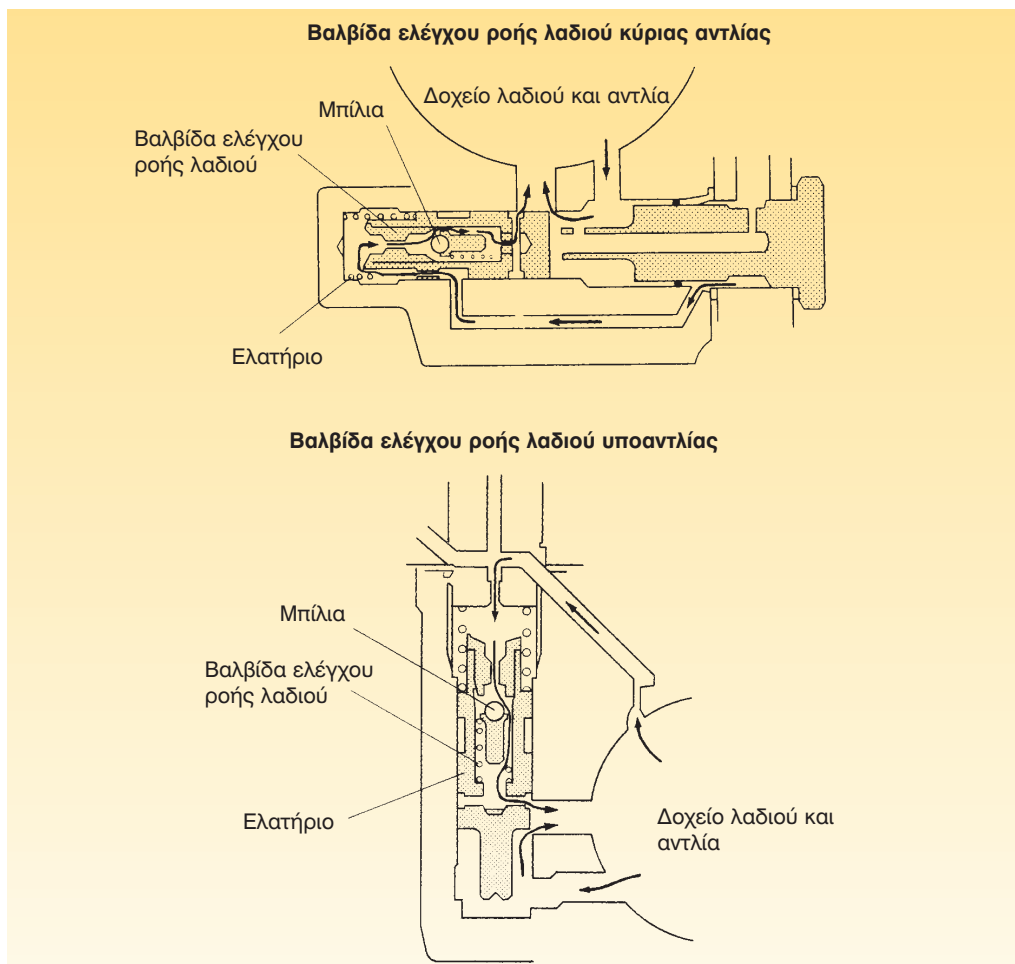
Καθώς οι στροφές της αντλίας αυξάνουν, η πίεση εξόδου της μεγαλώνει και μία διαφορά υδραυλικής πίεσης αναπτύσσεται με όριο την πίεση της οπής που συνδέεται με την δεξιά βαλβίδα ελέγχου.



Σχήμα 2.7: Σχηματική διάταξη της λειτουργίας της βαλβίδας ελέγχου ροής λαδιού.

Η υδραυλική πίεση του λαδιού πριν τη δίοδο που οδηγεί στην οπή γίνεται υψηλότερη σε σχέση με αυτή που επικρατεί μετά την οπή. Η πίεση του λαδιού πριν τη δίοδο που οδηγεί στην οπή ασκείται στη δεξιά πλευρά της αριστερής βαλβίδας ελέγχου ροής και η πίεση λαδιού που επικρατεί μετά την οπή ασκείται στο αριστερό μέρος της ίδιας βαλβίδας.

Όταν η διαφορά πίεσης πριν και μετά την οπή μεγαλώσει, η αριστερή βαλβίδα ελέγχου αναγκάζεται να κινηθεί προς τα αριστερά πιέζοντας το σχετικό ελατήριο. Με αυτή την ενέργεια το περισσευούμενο λάδι ρέει προς την πλευρά αναρρόφησης της αντλίας. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η ροή της επιπλέον ποσότητας λαδιού προς την δεξιά βαλβίδα ελέγχου του υδραυλικού συστήματος υποβοήθησης.



Σχήμα 2.8: Σχηματική διάταξη των βαλβίδων ελέγχου ροής των αντλιών.

Έλεγχος της πίεσης ανακούφισης

- **Βαλβίδα ελέγχου ροής λαδιού της κύριας αντλίας**

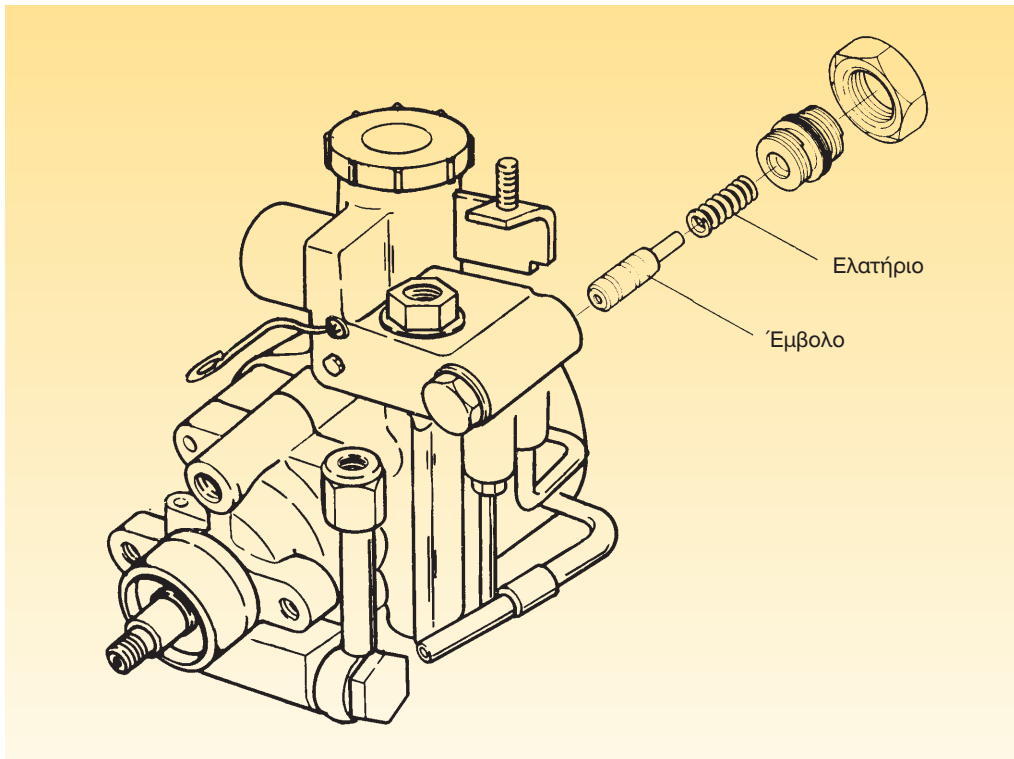
Εάν το τιμόνι στραφεί τέρμα προς τη μία κατεύθυνση και οι τροχοί σταματήσουν στην ακραία θέση τους, η πίεση του υδραυλικού συστήματος φτάνει σε πάρα πολύ υψηλά επίπεδα. Η πίεση του λαδιού που καταθλίβεται από την αντλία πιέζει συνεχώς την ασφάλινη μπίλια. Όταν η πίεση γίνει μεγαλύτερη από την προκαθορισμένη τάση του ελατηρίου αυτής της σφαιρικής βαλβίδας ανακούφισης τότε αυτή ανοίγει επιτρέποντας τη διέλευση του λαδιού.

- **Βαλβίδα ελέγχου ροής λαδιού της υποαντλίας (δευτερεύουσας αντλίας)**

Εάν για κάποιο λόγο βουλώσει η δίοδος λαδιού της υποαντλίας, η πίεση του λαδιού μέσα σ'αυτή τη δίοδο ανεβαίνει. Τότε η υψηλή πίεση του λαδιού θα πιέσει την ασφάλινη μπίλια επιτρέποντας στο λάδι να ρεύσει μέσα στο δοχείο του λαδιού.

Πιέσεις ανακούφισης:

- Βαλβίδα ελέγχου ροής λαδιού της κύριας αντλίας: 80 kg/cm.
- Βαλβίδα ελέγχου ροής λαδιού της υποαντλίας: 40 kg/cm.



Σχήμα 2.9: Σχηματική διάταξη των εξαρτημάτων της βαλβίδας απόκρισης.

- **Βαλβίδα απόκρισης**

Η βαλβίδα απόκρισης βρίσκεται στο πάνω μέρος του συγκροτήματος της αντλίας λαδιού του συστήματος υδραυλικής υποβοήθησης.

Αυτή η βαλβίδα ελέγχεται από την πίεση λαδιού της κύριας αντλίας και η λειτουργία της είναι να ελέγχει την πίεση του λαδιού που ασκείται στο θάλαμο αντίθλιψης που βρίσκεται στο κάτω μέρος του κυλίνδρου της πυξίδας διεύθυνσης.

Οι λόγοι ύπαρξης αυτής της βαλβίδας είναι οι παρακάτω:

Όταν η αντίσταση κύλισης των τροχών στο οδόστρωμα είναι μικρή, όπως π.χ σε χιονισμένο δρόμο, τότε η απαιτούμενη δύναμη που πρέπει να καταβληθεί στο τιμόνι για να στραφούν οι τροχοί μειώνεται για να αισθανθεί ο οδηγός ότι υπάρχει μικρή αντίσταση κύλισης των τροχών. Όταν αυτή η αντίσταση κύλισης μεγαλώσει τότε συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο. Με άλλα λόγια η βαλβίδα απόκρισης χρησιμεύει για να μας δώσει την αίσθηση της φυσικής απόκρισης του συστήματος διεύθυνσης (παραπλήσια με αυτή που έχουμε με ένα κανονικό σύστημα διεύθυνσης χωρίς υποβοήθηση) σε περιπτώσεις όπως αυτή ενός χιονισμένου δρόμου, ενός δρόμου στρωμένου από χαλίκια κτλ.

Αλλαγές της υδραυλικής πίεσης (της κύριας αντλίας) που ασκείται στην βαλβίδα απόκρισης εμφανίζονται όταν υπάρξουν μεταβολές στην αντίσταση κύλισης των τροχών. Όταν η αντίσταση αυτή γίνει μεγάλη, απαιτείται αντίστοιχα μία μεγαλύτερη δύναμη στο τιμόνι για να στραφούν οι τροχοί. Για αυτό το λό-

γο η πίεση του λαδιού μέσα στο κέλυφος της κρεμαγιέρας αυξάνει όπως επίσης και η αντίστοιχη πίεση λαδιού της κύριας αντλίας μέσα στη σχετική δίοδο του λαδιού. Αντίθετα όταν η αντίσταση κύλισης είναι χαμηλή τότε απαιτείται μικρότερη δύναμη αντίστοιχα για να στραφούν οι τροχοί και κατά συνέπεια η υδραυλική πίεση του λαδιού της κύριας αντλίας γίνεται μικρότερη.

2.1.4. Λειτουργία του συστήματος

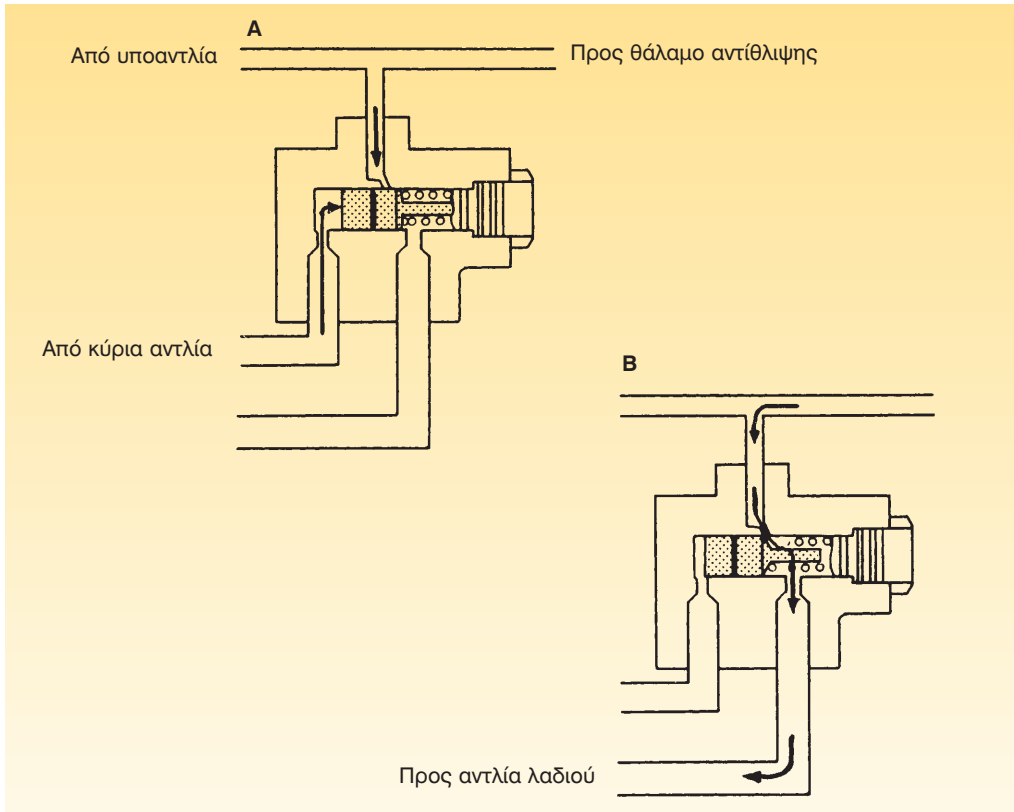
Όταν η πίεση του λαδιού μέσα στη δίοδο λαδιού της κύριας αντλίας είναι υψηλή (σχέδιο 2.10 A).

Όταν η πίεση του λαδιού γίνει υψηλή, το έμβολο μέσα στη βαλβίδα απόκρισης ωθείται προς τα δεξιά. Αποτέλεσμα αυτής της ενέργειας είναι να κλείνει η δίοδος λαδιού από την υποαντλία προς το δοχείο λαδιού διακόπτοντας την ροή του λαδιού προς εκείνη την κατεύθυνση.

Κατ' αυτόν τον τρόπο, η υδραυλική πίεση μέσα στο θάλαμο αντίθλιψης αυξάνεται και η δύναμη που απαιτείται στο τιμόνι για να περιστραφούν οι τροχοί αυξάνει αντίστοιχα.

Όταν η πίεση λαδιού μέσα στη δίοδο λαδιού της κύριας αντλίας είναι χαμηλή (σχέδιο 2.10 B).

Όταν η πίεση του λαδιού είναι χαμηλή, το έμβολο στη βαλβίδα απόκρισης ωθείται προς τα αριστερά, λόγω της τάσης του ελατηρίου, επιτρέποντας έτσι τη ροή λαδιού από το θάλαμο αντίθλιψης προς το δοχείο λαδιού. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η υδραυλική πίεση μέσα στο θάλαμο αντίθλιψης δεν αυξάνεται και η



Σχήμα 2.10: Λειτουργία εμβόλου βαλβίδας απόκρισης κατά την διάρκεια μεταβολών πίεσης.

δύναμη που απαιτείται στο τιμόνι για να περιστραφούν οι τροχοί μειώνεται αντίστοιχα.

του κινητήρα όταν η πίεση εξόδου της αντλίας είναι πάνω από 31-39 kg/cm.

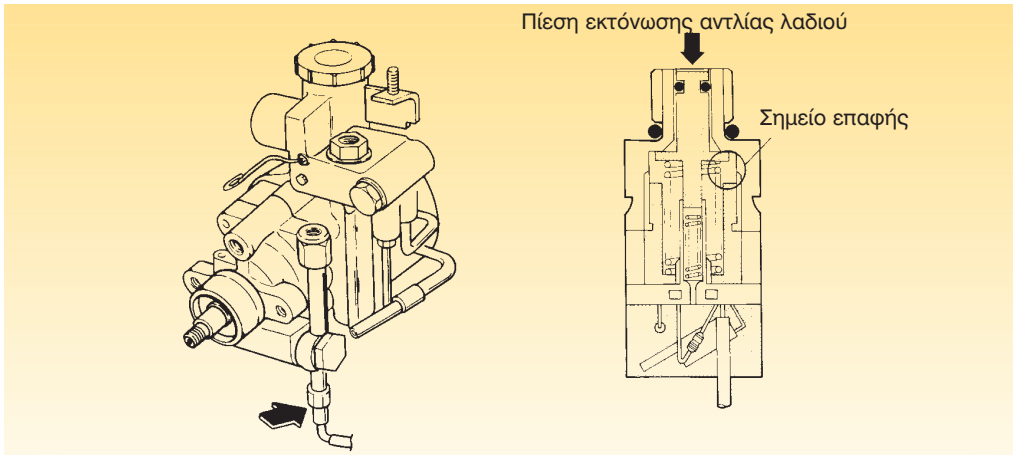
- **Διακόπτης πίεσης λαδιού του συστήματος υδραυλικής υποβοήθησης**

Ο διακόπτης πίεσης λαδιού ανιχνεύει ουσιαστικά την πίεση λειτουργίας του συστήματος υδραυλικής υποβοήθησης. Αυτός ο διακόπτης πίεσης στέλνει ένα σήμα μέσω γείωσης στον εγκέφαλο (στο υποσύστημα που ρυθμίζει το ρελατί), έτσι ώστε να αυξήσει τις στροφές

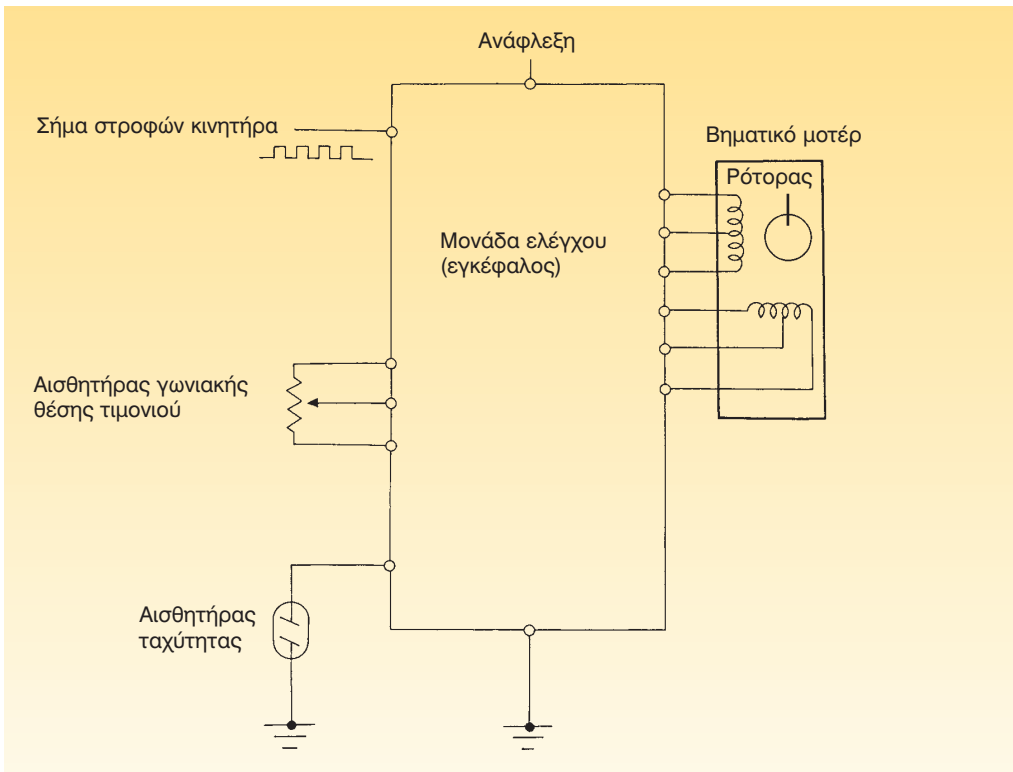
2.1.5. Ηλεκτρικό σύστημα

- **Μονάδα ελέγχου (εγκέφαλος)**

Η μονάδα ελέγχου ανιχνεύει τα σήματα που εκπέμπονται από τους αισθητήρες ταχύτητας οχήματος, γωνιακής θέσης τιμονιού και στροφών κινητήρα. Βασίζομενη σε αυτά τα σήματα η μονάδα ελέγχου ρυθμίζει την υδραυλική πίεση του λαδιού περιστρέφοντας το βηματικό μοτέρ. Αυτή η περιστροφή μεταβάλλει



Σχήμα 2.11: Σχηματική διάταξη των εξαρτημάτων του διακόπτη πίεσης. Το μεγάλο βέλος δείχνει την θέση του στην αντλία.



Σχήμα 2.12: Σχηματική διάταξη των σημάτων που δέχεται η μονάδα ελέγχου.

το άνοιγμα της βηματικής βαλβίδας και την ροή του λαδιού.

Η μονάδα ελέγχου επίσης περιλαμβάνει ένα πρόγραμμα ανάγκης για την περίπτωση βλάβης. Εάν για οποιονδήποτε λόγο δε σταλεί σήμα από τον αισθητήρα ταχύτητας οχήματος, τότε θα ληφθεί υπόψη από την μονάδα ελέγχου το σήμα των στροφών του κινητήρα ως βοηθητικό και η πίεση του λαδιού θα ρυθμιστεί με βάση αυτό το σήμα. Κατά συνέπεια το σύστημα υποβοήθησης θα ρυθμιστεί ανάλογα παρέχοντας μian υποτυπώδη απόκριση του τιμονιού βασισμένη στο βοηθητικό σήμα.

Συνδυασμένη λειτουργία των συστημάτων υποβοήθησης και ελέγχου

• **Λειτουργία ελέγχου ταχύτητας αυτοκινήτου**

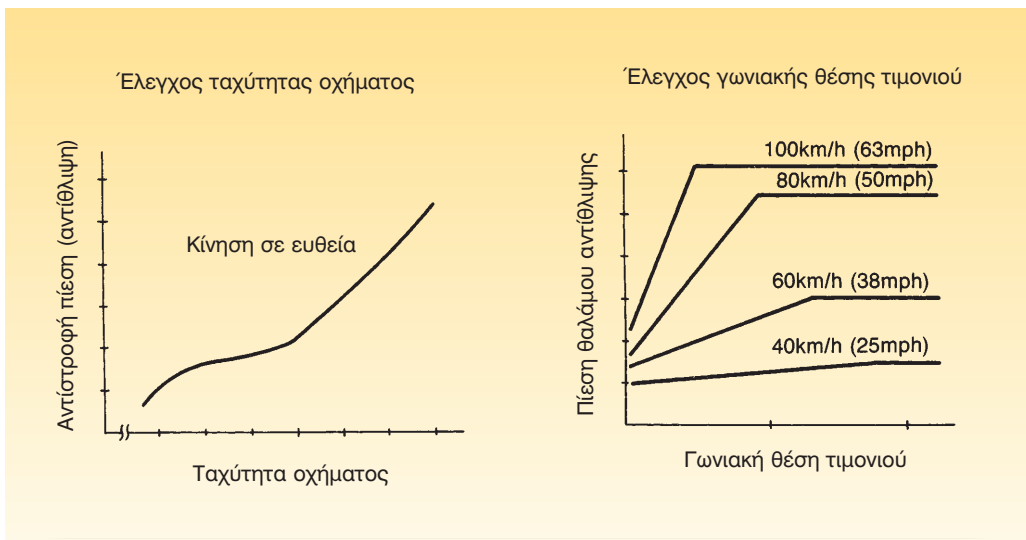
Η μονάδα ελέγχου χρησιμοποιεί τις πληροφορίες που στέλνονται από τον

αισθητήρα ταχύτητας του αυτοκινήτου για να ρυθμίσει τη γωνιακή μετατόπιση του βηματικού μοτέρ. Το τελευταίο λειτουργεί έτσι ώστε να ελέγχει την πίεση που ασκείται μέσα στο θάλαμο αντίθλιψης ανάλογα με την ταχύτητα του οχήματος.

• **Λειτουργία ελέγχου γωνιακής θέσης τιμονιού**

Η μονάδα ελέγχου χρησιμοποιεί τις πληροφορίες που στέλνονται από τον αισθητήρα γωνιακής θέσης του τιμονιού για να ρυθμίσει την γωνιακή μετατόπιση του βηματικού μοτέρ. Το τελευταίο λειτουργεί επίσης για να ελέγχει την πίεση που ασκείται μέσα στον θάλαμο αντίθλιψης ανάλογα με τη γωνιακή θέση του τιμονιού.

Η παραπάνω λειτουργία ενεργοποιείται μόλις η ταχύτητα του οχήματος ξεπεράσει τα 40 km/h.



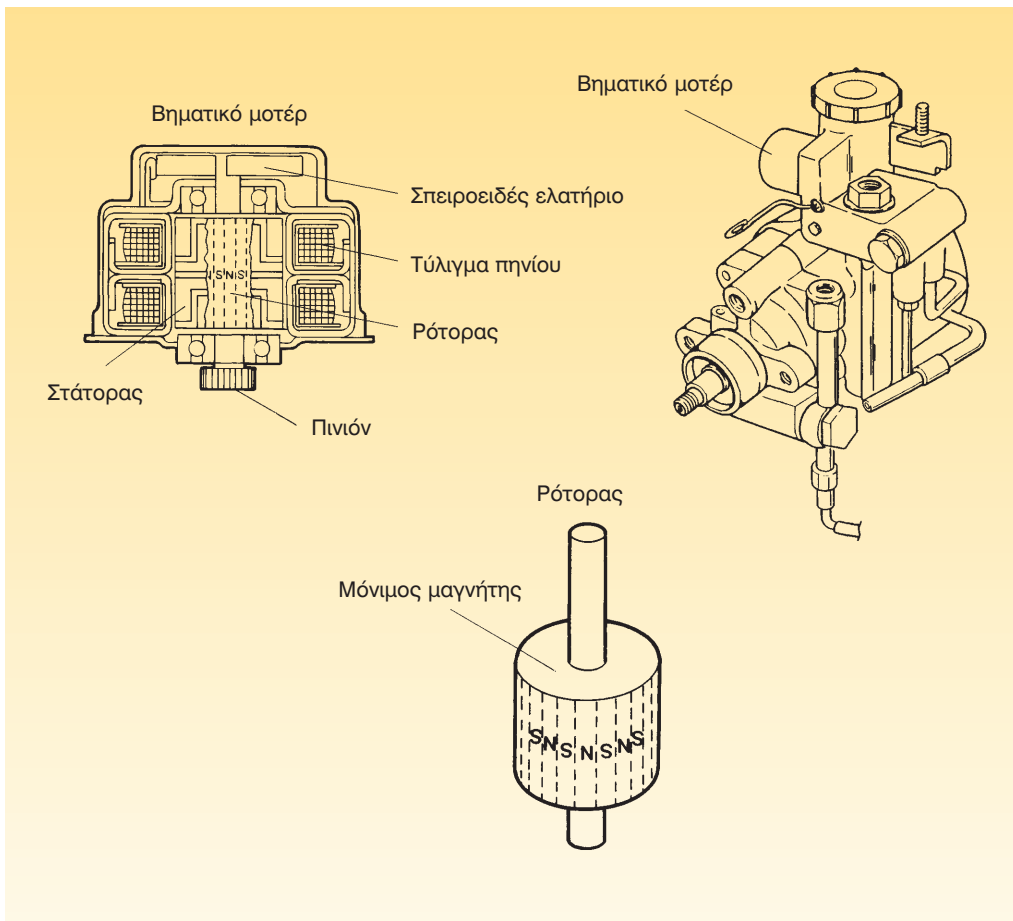
Σχήμα 2.13: Διαγράμματα παραμέτρων συστήματος υδραυλικής υποβοήθησης.

- **Βηματικό μοτέρ**

Το βηματικό μοτέρ είναι ένας μικρός ηλεκτροκινητήρας και αποτελείται από ένα πηνίο, ένα στάτορα, ένα σπειροειδές ελατήριο επαναφοράς, και ένα ρότορα αποτελούμενο από έναν μόνιμο μαγνήτη. Το βηματικό μοτέρ βρίσκεται στο πάνω μέρος του συγκροτήματος της αντλίας λαδιού. Το πηνίο αποτελείται από μία συστάδα τεσσάρων περιελίξεων και διαχωρίζεται σε δύο (πάνω και κάτω) τμήματα μέσα στο βηματικό μοτέρ.

Ο ρότορας είναι ενοποιημένος με τον άξονα του και φέρει 12 βόρειους πόλους (N) και 12 νότιους πόλους (S). Στο ένα άκρο του άξονα βρίσκεται ένα κινητήριο γρανάζι, το οποίο οδηγεί τη βηματική βαλβίδα. Στο άλλο άκρο του άξονα βρίσκεται το σπειροειδές ελατήριο.

Εάν για κάποιο λόγο διακοπεί η παροχή ρεύματος στο βηματικό μοτέρ (π.χ λόγω ενός κομμένου καλωδίου), τότε το σπειροειδές ελατήριο επαναφέρει τη βηματική βαλβίδα στη θέση ηρεμίας



Σχήμα 2.14: Σχηματική διάταξη των εξαρτημάτων του βηματικού μοτέρ.

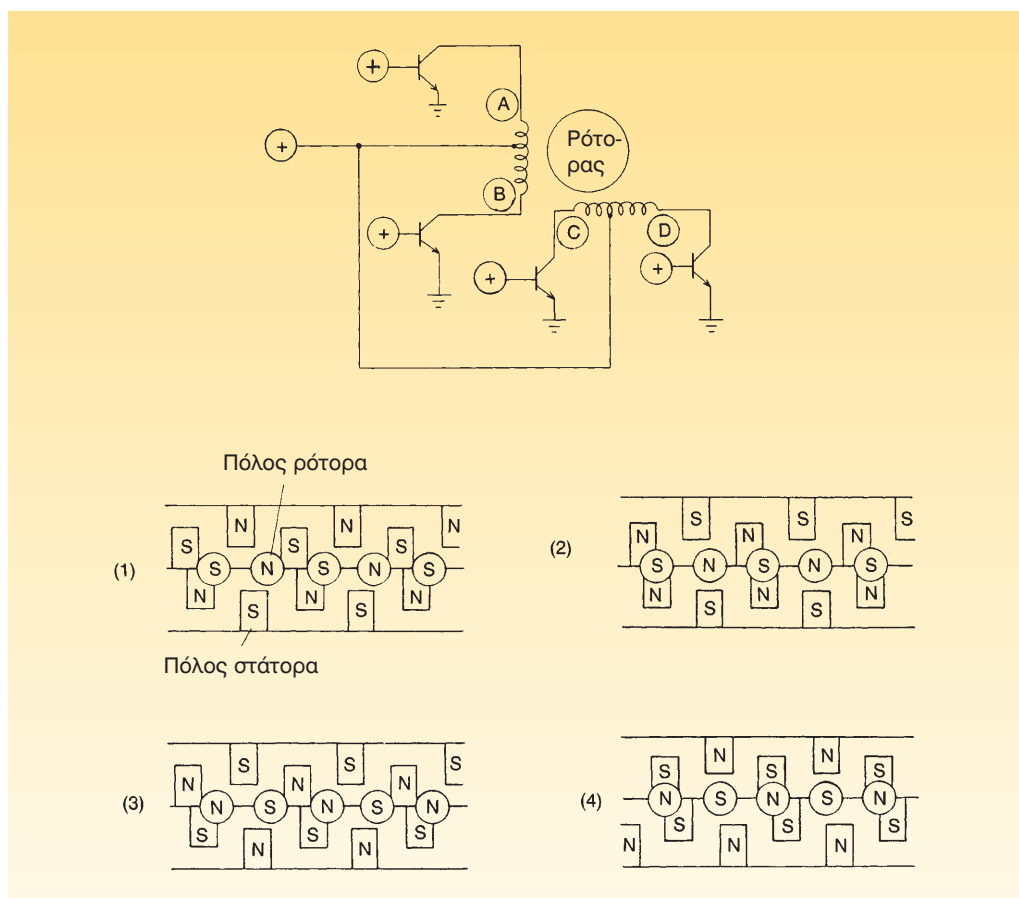
της, κλείνοντας τη σχετική δίοδο λαδιού.

• **Λειτουργία βηματικού μοτέρ**

- 1) Όταν τα πηνία(A) και (C) του κυκλώματος διαρρέονται από ρεύμα, ο ρότορας σταματάει στην θέση 1 που εικονίζεται στο **σχήμα 2.15**.
- 2) Τότε, όταν η ροή ρεύματος στο πηνίο (A) διακοπεί και τα πηνία (B) και (C) διαρρέονται από ρεύμα, οι πόλοι στο πάνω μέρος του στάτορα αλλάζουν

από νότιοι (S) σε βόρειοι (N). Το αποτέλεσμα είναι ότι οι νότιοι πόλοι έλκονται και ο ρότορας περιστρέφεται προς τα αριστερά όπως φαίνεται στη θέση 2 του παρακάτω σχήματος.

- 3) Όταν στην παραπάνω περίπτωση (θέση 2) διακοπεί το ρεύμα στο πηνίο (C) και τα πηνία (B) και (D) διαρρέονται από ρεύμα, τότε οι πόλοι του κάτω μέρους του στάτορα αλλάζουν από βόρειοι (N) σε νότιοι (S). Το αποτέλεσμα είναι ότι ο ρότορας περιστρέφεται περισσότερο προς τα αρι-



Σχήμα 2.15: Σχηματική διάταξη των πόλων του βηματικού μοτέρ.

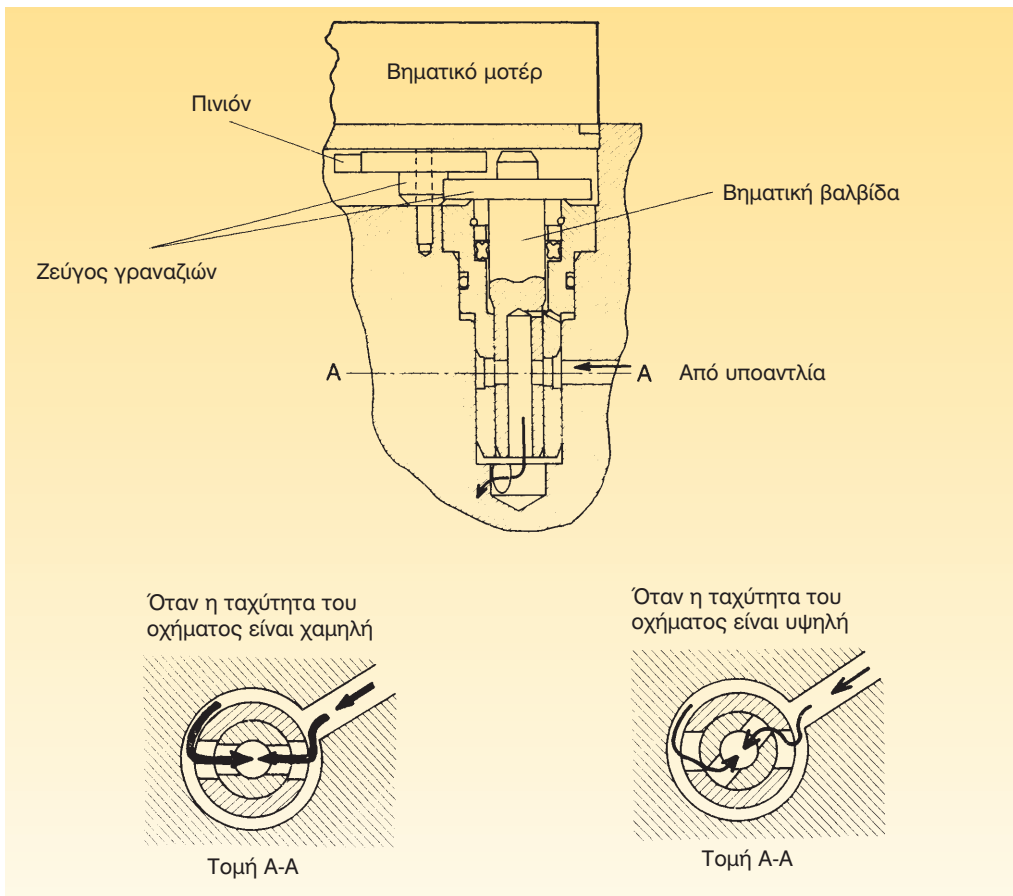
στερά όπως φαίνεται στη θέση 3 του παραπάνω σχήματος.

- 4) Όταν στην παραπάνω περίπτωση (θέση 3) διακοπεί το ρεύμα στο πηνίο (B) και τα πηνία (A) και (D) διαρρέονται από ρεύμα, τότε οι πόλοι του πάνω μέρους του στάτορα αλλάζουν από βόρειοι (N) σε νότιοι (S). Το αποτέλεσμα είναι ότι ο ρότορας περιστρέφεται ακόμα περισσότερο προς τα αριστερά όπως φαίνεται στη θέση 4 του παραπάνω σχήματος.

- 5) Όπως περιγράφεται στα παραπάνω βήματα (1 έως 4), ο ρότορας περιστρέφεται ως αποτέλεσμα της παροχής ισχύος με τη σειρά στα πηνία (A) έως (D). Η γωνία περιστροφής για την κάθε φορά είναι 7.5° .

• Βηματική βαλβίδα

Η βηματική βαλβίδα καθοδηγείται μέσω ενός ζεύγους γραναζιών από το βηματικό μοτέρ. Η γωνιακή μετατόπιση του βηματικού μοτέρ μειώνεται ποσοσιαία



Σχήμα 2.16: Σχηματική διάταξη της λειτουργίας της βηματικής βαλβίδας.

κατά 1/10 από το ζεύγος των γραναζιών για να επιτευχθεί η μικρή γωνιακή μετατόπιση της βηματικής βαλβίδας. Η βηματική βαλβίδα ρυθμίζει την υδραυλική πίεση του κυκλώματος της υποαντλίας. Η ρυθμισμένη από τη βαλβίδα υδραυλική πίεση ασκείται στη συνέχεια μέσα στο θάλαμο αντίθλιψης.

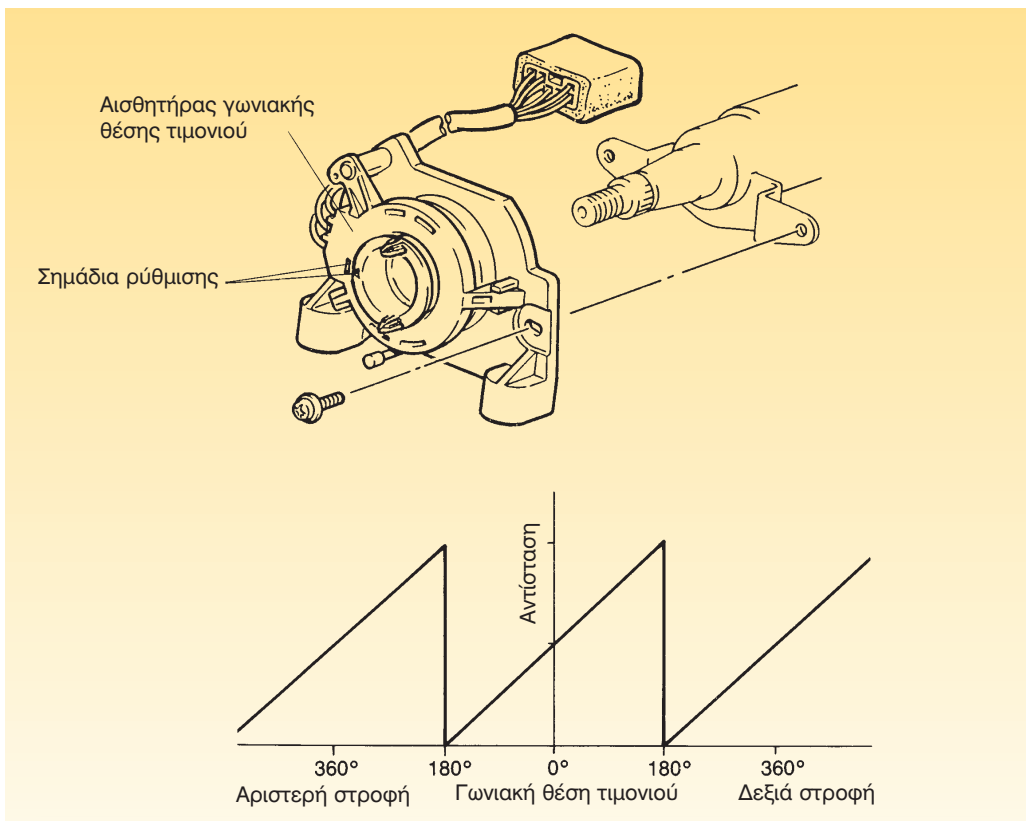
• **Αισθητήρας γωνιακής θέσης τιμονιού**

Ο αισθητήρας γωνιακής θέσης τιμονιού είναι τοποθετημένος πάνω στον άξονα του τιμονιού και εκπέμπει ένα σήμα προς την μονάδα ελέγχου για να την πληροφορήσει σχετικά με την γωνιακή

θέση του τιμονιού. Ο αισθητήρας αυτός επίσης εμπλέκεται και στις ακόλουθες λειτουργίες.

- Ακύρωση της ενέργειας του μοχλού που ενεργοποιεί τα φλας (μετά από στροφή)
- Αυτόματη ρύθμιση της ανάρτησης

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται από τον τεχνικό κατά την τοποθέτηση ενός τέτοιου αισθητήρα έτσι ώστε αυτός να είναι ρυθμισμένος στη θέση ηρεμίας. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας τα ειδικά σημάδια που υπάρχουν στην περιφέρεια του όπως φαίνεται στο **σχήμα 2.17**.



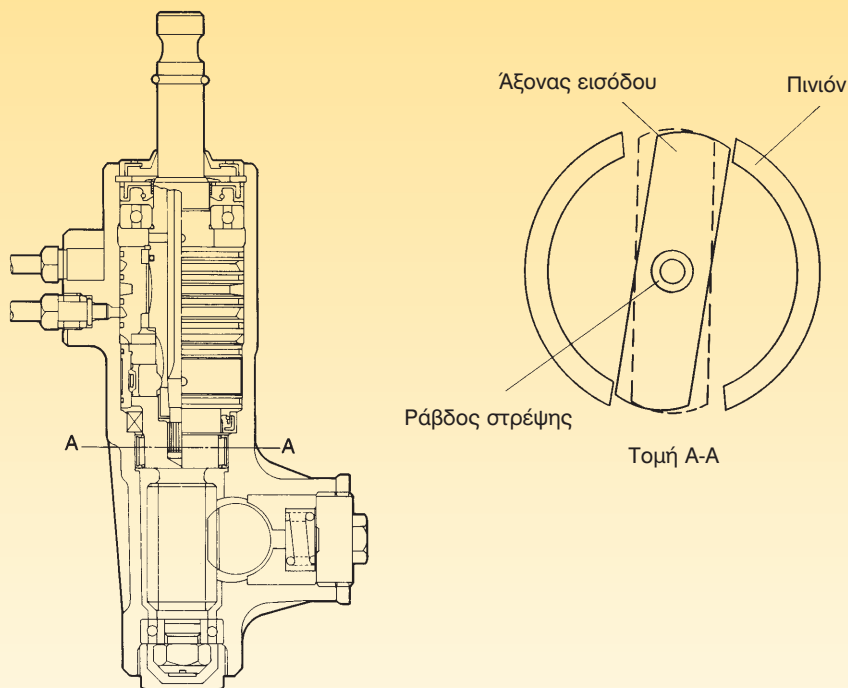
Σχήμα 2.17: Αισθητήρας γωνιακής θέσης τιμονιού και διάγραμμα απόκρισης.

- **Ικανότητα χειροκίνητης λειτουργίας του τιμονιού (χωρίς υδραυλική υποβοήθηση)**

Ακόμα και όταν δεν υπάρχει η υδραυλική πίεση στο σύστημα διεύθυνσης, π.χ όταν ο κινητήρας δεν λειτουργεί ή η αντλία έχει κάποια βλάβη ή υπάρχει διαρροή υδραυλικού λαδιού ή για οποιονδήποτε άλλο λόγο δεν αναπτύσσεται πίεση στο σύστημα, τότε η χειροκίνητη λειτουργία του συστήματος διεύθυνσης πραγματοποιείται, καθώς ο άξονας εισόδου είναι σε επαφή με το πινιόν, όπως φαίνεται στο **σχήμα 2.18**.



Σχήμα 2.19: Εξαρτήματα υδραυλικού τιμονιού.



Σχήμα 2.18: Κίνηση του άξονα εισόδου για χειροκίνητη λειτουργία χωρίς υποβοήθηση.

2.1.6. Λειτουργία συστήματος υδραυλικής υποβοήθησης

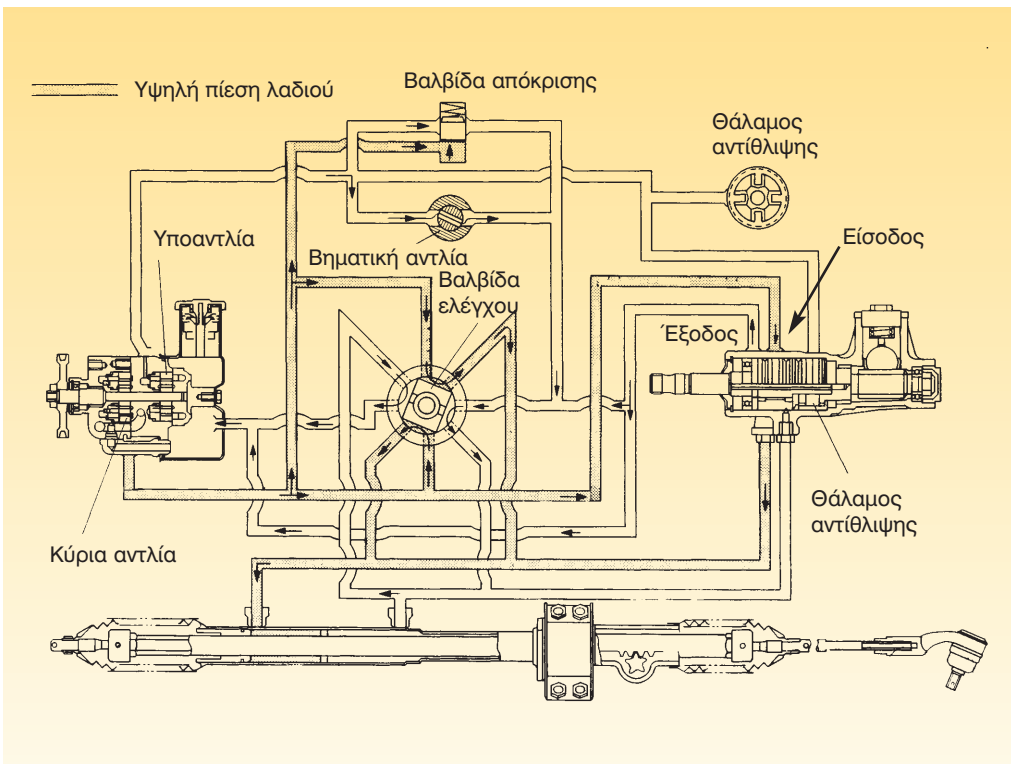
- Όταν το όχημα στρίβει αριστερά με χαμηλή ταχύτητα

Στο συγκεκριμένο σύστημα υδραυλικής υποβοήθησης η προσπάθεια που απαιτείται για να περιστραφεί το τιμόνι έχει μειωθεί με σκοπό το εύκολο μανουβράρισμα του αυτοκινήτου όταν η αντίσταση περιστροφής του τιμονιού γίνει μεγάλη, π.χ όταν μετακινείται το αυτοκίνητο μέσα σ' ένα γκαράζ κτλ.

Όταν το τιμόνι στραφεί αριστερά ο οδοντωτός κανόνας δε μετακινείται αμέσως Αυτό συμβαίνει επειδή μεταδίδεται η αντίσταση του οδοστρώματος η οποία

μεταβιβάζεται μέσω των τροχών και επειδή η οδόντωση του πινιόν είναι εμπλεγμένη με αυτή του οδοντωτού κανόνα και δεν ακολουθεί τη γωνία στροφής του τιμονιού.

Κατά συνέπεια μόνο ο άξονας εισόδου περιστρέφεται και η ράβδος στρέψης άμεσα συνδεδεμένη με τον άξονα εισόδου παραμορφώνεται λόγω της καταπόνησής της σε στρέψη. Σε αυτήν την περίπτωση μία μετάβαση φάσης πραγματοποιείται μεταξύ του άξονα εισόδου και του χιτωνίου της βαλβίδας. Ταυτόχρονα λάδι υπό υψηλή πίεση ρέει εντός του δεξιού κυλίνδρου μέσω της θυρίδας του χιτωνίου της βαλβίδας ελέγχου.



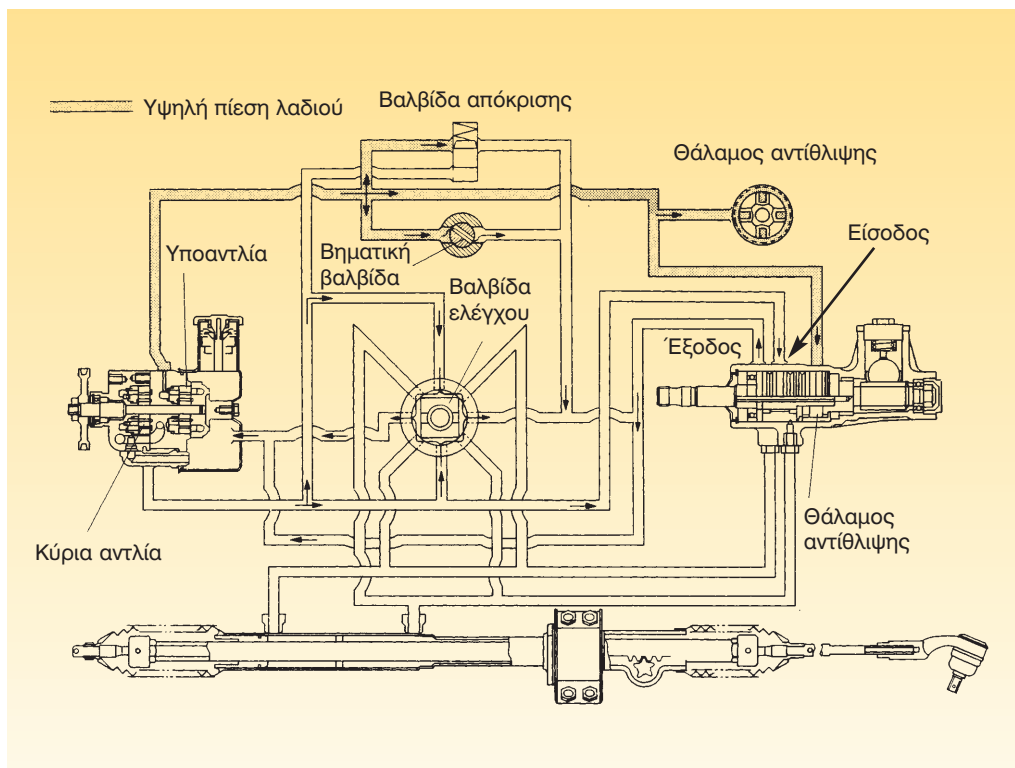
Σχήμα 2.20: Ροή λαδιού μέσα στο σύστημα κατά την στροφή (αριστερά) με χαμηλή ταχύτητα.

Κατά συνέπεια ο οδοντωτός κανόνας μετακινείται αριστερά σπρώχνοντας το άκρο της πλήμνης (μουαγιέ) του τροχού και οι τροχοί στρίβουν αριστερά. Ταυτόχρονα το λάδι στον αριστερό κύλινδρο ρέει επιστρέφοντας πίσω στο δοχείο λαδιού. Η βαλβίδα απόκρισης κλείνει την δίοδο λαδιού της υποαντλίας λόγω της υψηλής αναπτυσσόμενης πίεσης μέσα στο κέλυφος της κρεμαγιέρας. Επειδή το βηματικό μοτέρ έχει ανοίξει πλήρως τη βηματική βαλβίδα, η υδραυλική πίεση μέσα στο θάλαμο αντίθλιψης της πυξίδας διεύθυνσης δεν αυξάνεται. Το αποτέλεσμα είναι η λειτουργία

για του συστήματος διεύθυνσης να δίνει την αίσθηση ότι το τιμόνι στρέφεται πιο εύκολα (γίνεται "ελαφρύτερο").

- **Όταν το αυτοκίνητο κινείται στην ευθεία με μέση ή υψηλή ταχύτητα**

Για να εξασφαλισθεί η λειτουργικότητα του συστήματος διεύθυνσης στις υψηλές και μέσες ταχύτητες οδήγησης όταν το αυτοκίνητο κινείται ευθεία, πρέπει το σύστημα διεύθυνσης να "βαραινεί" σε αίσθηση αλλά και λειτουργία. Αποτέλεσμα του επεξεργασμένου σήματος της ταχύτητας του οχήματος το οποίο στέλνεται από την μονάδα ελέγ-



Σχήμα 2.21: Ροή λαδιού μέσα στο σύστημα κατά την κίνηση σε ευθεία με μέση ή υψηλή ταχύτητα.

χου είναι ο βηματικός κινητήρας να περιστρέφει τη βηματική βαλβίδα, προκαλώντας την στένωση της διόδου λαδιού. Ως αποτέλεσμα η υδραυλική πίεση του λαδιού μέσα στη διόδο του λαδιού που έρχεται από την αντλία αυξάνεται.

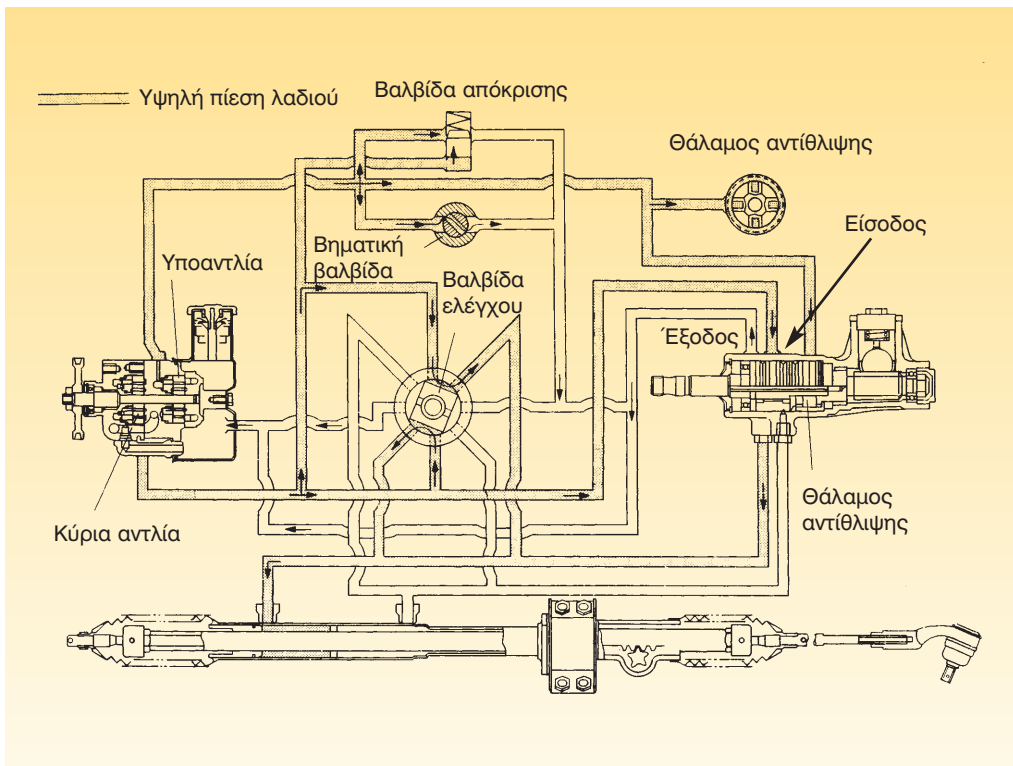
Αυτό αναγκάζει την πίεση του λαδιού μέσα στο θάλαμο αντίθλιψης να γίνει υψηλή.

Επειδή τα τέσσερα υδραυλικά έμβολα μέσα στο θάλαμο αντίθλιψης πιέζουν τον άξονα εισόδου της κρεμαγιέρας, η λειτουργία του συστήματος διεύθυνσης γίνεται "βαρύτερη" δίνοντας στον οδηγό την αντίστοιχη αίσθηση.

- **Όταν το όχημα στρίβει (αριστερά) με μέση ή υψηλή ταχύτητα**

Κατά τη στροφή (αριστερά) με μέση ή υψηλή ταχύτητα, η ροή λαδιού είναι η ίδια όπως κατά την στροφή με χαμηλή ταχύτητα, εκτός από το ότι η λειτουργία του τιμονιού γίνεται "βαρύτερη" έτσι ώστε να αποφευχθεί το υπερβολικό και απότομο στρίψιμο των τροχών το οποίο θα μπορούσε να οδηγήσει σε ολίσθηση και αλλαγή κατεύθυνσης του αυτοκινήτου.

Αποτέλεσμα του επεξεργασμένου σήματος της ταχύτητας του οχήματος και του σήματος που σχετίζεται με τη γω-



Σχήμα 2.22: Ροή λαδιού μέσα στο σύστημα κατά την στροφή (αριστερά) με μέση ή υψηλή ταχύτητα.

νιακή θέση του τιμονιού τα οποία στέλνονται από την μονάδα ελέγχου, είναι ο βηματικός κινητήρας να περιστρέφει τη βηματική βαλβίδα, προκαλώντας την στένωση της διόδου λαδιού. Έτσι η υδραυλική πίεση του λαδιού μέσα στη διόδο του λαδιού που έρχεται από την αντλία αυξάνεται.

Αυτό αναγκάζει την πίεση του λαδιού μέσα στο θαλάμο αντίθλιψης να γίνει υψηλή.

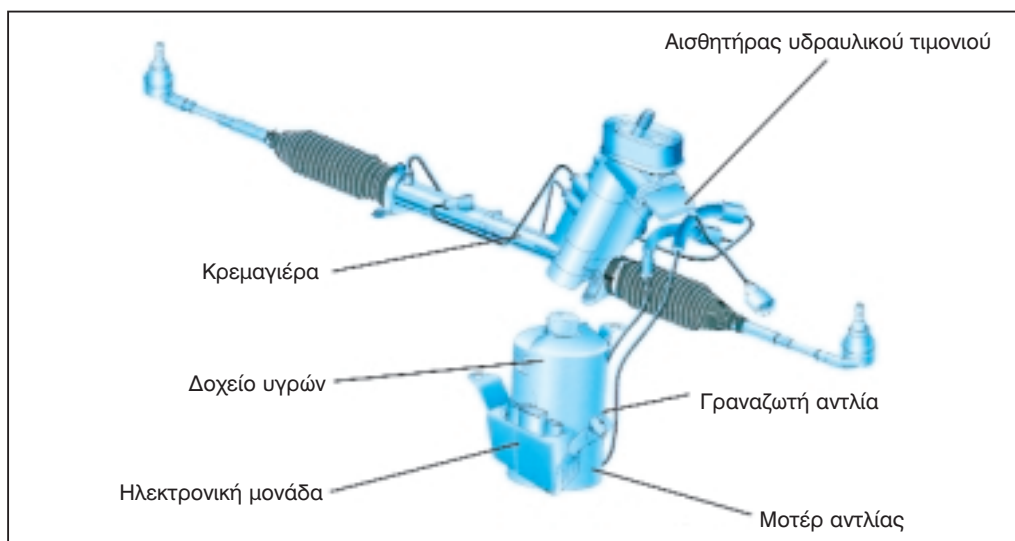
Όμως η υδραυλική πίεση του λαδιού που καταθλίβεται από την κύρια αντλία αυξάνεται ως αποτέλεσμα της αύξησης της υδραυλικής πίεσης μέσα στο δεξιό υδραυλικό κύλινδρο της κρεμαγιέρας κατά τη διάρκεια της στροφής.

Το αποτέλεσμα είναι η υδραυλική πίεση του λαδιού μέσα στο θάλαμο αντίθλιψης να μεγαλώνει ακόμα περισσότερο. Επίσης επειδή τα τέσσερα υδραυλικά έμβολα μέσα στο θαλάμο αντίθλιψης πιέζουν

τον άξονα εισόδου της κρεμαγιέρας, η λειτουργία του συστήματος διεύθυνσης γίνεται "βαρύτερη" δίνοντας στον οδηγό την αντίστοιχη αίσθηση.

2.1.7. Υδραυλική υποβοήθηση με ηλεκτρικό κινητήρα

Στο σύστημα διεύθυνσης με υδραυλική υποβοήθηση που αναπτύχθηκε παραπάνω η κίνηση στην αντλία δίνεται από τον κινητήρα με έναν ιμάντα. Έτσι ένα μέρος της ισχύος του κινητήρα απαιτείται συνεχώς για την κίνηση της αντλίας του τιμονιού. Τη στιγμή της μέγιστης υδραυλικής υποβοήθησης - στο παρκάρισμα ή στους επί τόπου ελιγμούς - οι στροφές του κινητήρα είναι κοντά στο ελάχιστο. Η ισχύς της αντλίας πρέπει λοιπόν να υπολογιστεί γι' αυτή τη περίπτωση, ενώ στις υψηλότερες στροφές εκτονώνεται το πλεόνασμα της πίεσης μέσω μιας βαλβίδας επιστροφής.



Σχήμα 2.23: Διάταξη υδραυλικής υποβοήθησης με ηλεκτρικό κινητήρα.

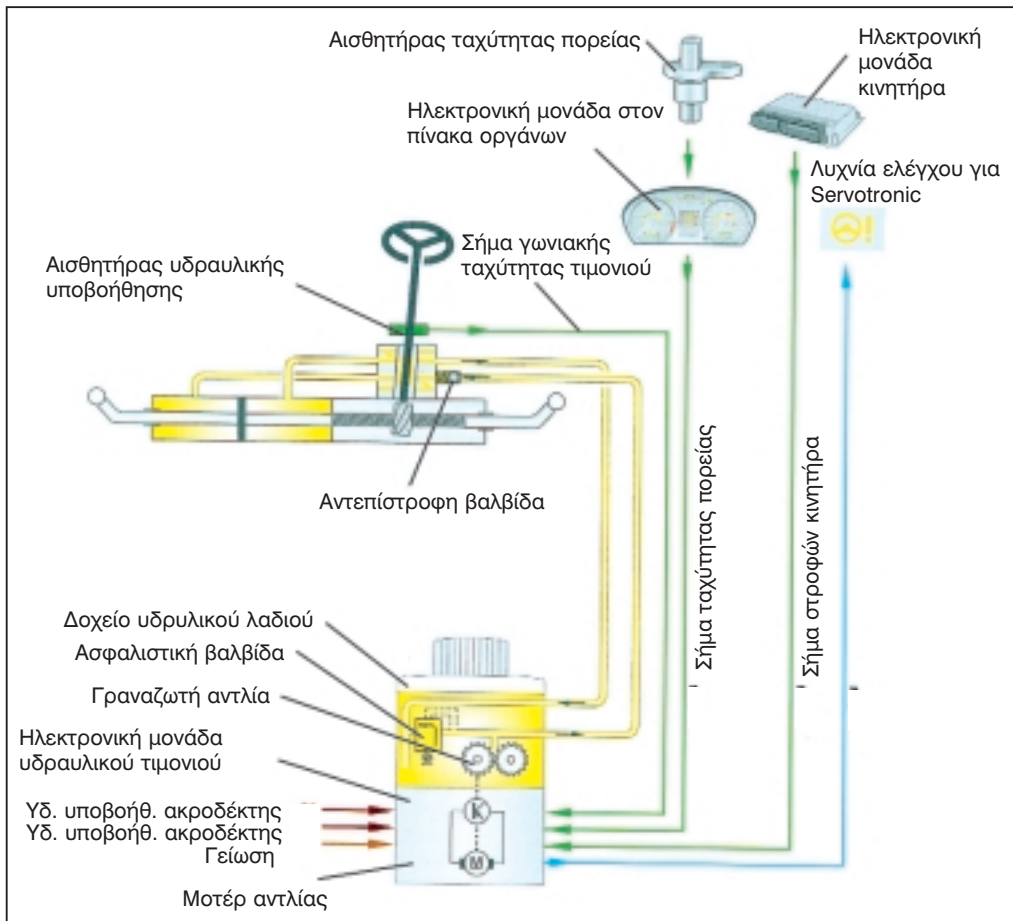
Τα παραπάνω προβλήματα καλούνται να λύσουν οι γρاناζωτές αντλίες που δέχονται την κίνηση από έναν ηλεκτροκινητήρα, με αποτέλεσμα να είναι ανεξάρτητη η κίνησή τους από τον κινητήρα. Σημαντικό πλεονέκτημα επίσης είναι το ότι το τιμόνι λειτουργεί υποβοηθούμενο έστω και αν, για οποιαδήποτε αιτία, ο κινητήρας σβήσει.

Το ηλεκτρουδραυλικό σύστημα διεύθυνσης είναι παρόμοιο με το προηγούμενο. Στο **σχήμα 2.24** φαίνεται η λει-

τουργία του συστήματος καθώς και τα εξαρτήματά του.

2.1.8. Συντήρηση - έλεγχος - βλάβες των μηχανισμών

Η συντήρηση και ο έλεγχος των μηχανισμών πρέπει να γίνονται προσεκτικά γιατί οι λανθασμένες ενέργειες μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά την απόδοσή του συστήματος διεύθυνσης ή να προκαλέσουν μεγάλες και δαπανηρές επισκευές.



Σχήμα 2.24: Σχηματική παράσταση υδραυλικής υποβοήθησης με ηλεκτροκινητήρα.

Οι συνηθισμένες βλάβες που δημιουργούνται στα συστήματα διεύθυνσης είναι οι παρακάτω:

- Αδυναμία ή δυσκολία στο χειρισμό.

Είναι βλάβες που δημιουργούνται όταν οι φθορές των μηχανισμών έχουν φτάσει σε προχωρημένο στάδιο.

- Ασυνήθιστοι θόρυβοι.

Οι θόρυβοι προέρχονται συνήθως από τα περιστρεφόμενα ή από τα κινούμενα μέρη του συστήματος και "προϊδεάζουν" για βλάβη σε κάποιο από αυτά τα εξαρτήματα.

- Ευκολία ή δυσκολία στην περιστροφή του τιμονιού

Είναι βλάβες που οφείλονται κυρίως στο ηλεκτρικό-ηλεκτρονικό μέρος του συστήματος, και εντοπίζονται από τις ενδεικτικές λυχνίες ή βομβητές αυτοδιάγνωσης του συστήματος.

- Ασυνήθιστη σκληρότητα στην λειτουργία.

Οφείλεται συνήθως σε βλάβη κάποιου εξαρτήματος ή σε σημαντική απώλεια υδραυλικού υγρού.

Στα πλαίσια της περιοδικής προληπτικής συντήρησης γίνονται οπτικοί έλεγχοι των εξαρτημάτων του συστήματος, έλεγχος της στάθμης του λιπαντικού, αλλαγή λιπαντικού υγρού σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή και αλλαγή ή ρύθμιση της τάσης του ιμάντα.

Όταν πρόκειται για ηλεκτρονικά ελεγχόμενο μηχανισμό όλες οι βλάβες εντο-

πίζονται με την βοήθεια της κατάλληλης διαγνωστικής συσκευής. Μετά από κάθε επισκευή ή αντικατάσταση εξαρτημάτων θα πρέπει να γίνει μηδενισμός των 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

Η οδήγηση των αυτοκινήτων απαιτεί ισχυρή μυϊκή δύναμη εκ μέρους του οδηγού, ιδιαίτερα στο παρκάρισμα, στις απότομες στροφές, στις χαμηλές ταχύτητες, όταν χρησιμοποιούνται φαρδιά ελαστικά, κ.λ.π..

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος, οι κατασκευαστές αυτοκινήτων τοποθετούν ειδικούς μηχανισμούς, γνωστούς σαν σερβομηχανισμούς, που βοηθούν τον οδηγό στην άνετη οδήγηση. Οι σερβομηχανισμοί αυτοί, παίρνουν κίνηση από τον κινητήρα του αυτοκινήτου και χρησιμοποιώντας την πίεση του λαδιού επενεργούν στο σύστημα διεύθυνσης. Σε περίπτωση που για οποιοδήποτε λόγο δεν λειτουργήσουν, το σύστημα διεύθυνσης του αυτοκινήτου εξακολουθεί να λειτουργεί μόνο με τη μυϊκή δύναμη του οδηγού, απαιτεί όμως μεγαλύτερη προσπάθεια

Στα σημαντικά πλεονεκτήματα συμπεριλαμβάνονται, εκτός από το ελαφρύ τιμόνι, η μικρότερη ακτίνα στροφής από τέρμα σε τέρμα, η γρηγορότερη αντίδραση σε καταστάσεις πανικού και στη γρήγορη οδήγηση.

Το σύστημα διεύθυνσης που περιγράφηκε αποτελεί ένα εξελεγμένο σύστημα διεύθυνσης με υδραυλική υποβοήθηση. Το σύστημα αυτό ανήκει στην κατηγορία των συστημάτων διεύθυνσης τύπου "κρεμαγιέρας" με πινιόν (γρανάζι κίνησης) και οδοντωτό κανόνα.

Λαμβάνει υπόψη του την ταχύτητα του οχήματος και την γωνιακή θέση του τιμονιού μέσω ειδικών αισθητήρων που πληροφορούν αντίστοιχα τη μονάδα ελέγχου (εγκέφαλος). Επίσης η μονάδα ελέγχου έχει τη δυνατότητα αυτοδιάγνωσης βλαβών όσον αφορά τα ηλεκτρονικά μέρη (αισθητήρες κτλ) που συνοδεύουν το σύστημα διεύθυνσης. Έτσι το σύστημα διεύθυνσης μπορεί να μεταβάλλει τη δύναμη υποβοήθησης ανάλογα με την ταχύτητα του οχήματος, τη γωνιακή θέση του τιμονιού και την αντίσταση κύλισης των τροχών επί του οδοστρώματος

Τα κύρια μέρη του είναι:

Ο θάλαμος αντίθλιψης που έχει σκοπό την μεταβολή της απαιτούμενης προσπάθειας από τον οδηγό (όσον αφορά το στρίψιμο του αυτοκινήτου) ανάλογα με τις συνθήκες οδήγησης. ▶

Η αντλία λαδιού η οποία είναι ένας σύνθετος μηχανισμό και σ αυτήν συνυπάρχουν ένα βηματικό μοτέρ, μία βηματική βαλβίδα και μία βαλβίδα απόκρισης που εδράζονται στο πάνω μέρος της αντλίας λαδιού του συστήματος υποβοήθησης (αντλία "υδραυλικού" τιμονιού). Εσωτερικά, μέσα στο κέλυφος της αντλίας υπάρχει μία κύρια αντλία, μία υποαντλία, καθώς και μία βαλβίδα ελέγχου ροής λαδιού η οποία ελέγχει το ποσό της κατάθλιψης αυτών των δύο αντλιών.

Η μονάδα ελέγχου ανιχνεύει τα σήματα που εκπέμπονται από τους αισθητήρες της ταχύτητας του αυτοκινήτου, της γωνιακής θέσης του τιμονιού και των στροφών του κινητήρα. Με τα σήματα αυτά η μονάδα ελέγχου ρυθμίζει την υδραυλική πίεση του λαδιού περιστρέφοντας το βηματικό μοτέρ. Αυτή η περιστροφή μεταβάλλει την ενεργό διατομή ροής λαδιού (το άνοιγμα) της βηματικής βαλβίδας. Η μονάδα ελέγχου επίσης περιλαμβάνει ένα πρόγραμμα ανάγκης για τη περίπτωση βλάβης.



Ερωτήσεις

1. Ποιοι λόγοι οδήγησαν τους κατασκευαστές στην εξέλιξη του ηλεκτρονικά ελεγχόμενου τιμονιού ;
2. Εξηγήστε τη δομή λειτουργίας ενός υδραυλικού συστήματος υποβοήθησης με οδοντωτό κανόνα (κρεμαγιέρα) πινιόν;
3. Ποιος ο ρόλος των ασφαλιστικών βαλβίδων του συστήματος με υδραυλική υποβοήθηση;
4. Με ποιον τρόπο ρυθμίζεται η σκληρότητα του τιμονιού με την άνοδο της ταχύτητας στο αυτοκίνητο;
5. Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα χειροκίνητου και υποβοηθούμενου τιμονιού;
6. Με ποιους τρόπους γίνεται η υποβοήθηση του τιμονιού;

Εργασία για τους μαθητές

Να φέρετε πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας του ηλεκτρικά υποβοηθούμενου τιμονιού(χωρίς υδραυλική βοήθεια).

ΕΝΟΤΗΤΑ 2.2

Συστήματα 4 διευθυντηρίων τροχών Τετραδιεύθυνση 4WS (4-wheel steering)

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

2.2.1. Γενικά

Ένα αυτοκίνητο με συμβατικό σύστημα διεύθυνσης στους 2 μπροστινούς τροχούς (2WS - Wheel Steering) εμφανίζει μερικές φορές κάποια προβλήματα ευστάθειας, κυρίως στις υψηλές ταχύτητες και στις γρήγορες αλλαγές της πορείας του.

Για να λύσουν το πρόβλημα αυτό, οι κατασκευαστές εφάρμοσαν την τεχνική της διεύθυνσης της κίνησης του αυτοκινήτου και με τους 4 τροχούς (4WS-4Wheel Steering) Η τεχνική αυτή εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα ακόμη και όταν ένα όχημα κινείται με μικρή ταχύτητα ή κάνει ελιγμούς στάθμευσης γιατί η ακτίνα περιστροφής του οχήματος είναι μικρότερη από την ακτίνα πε-

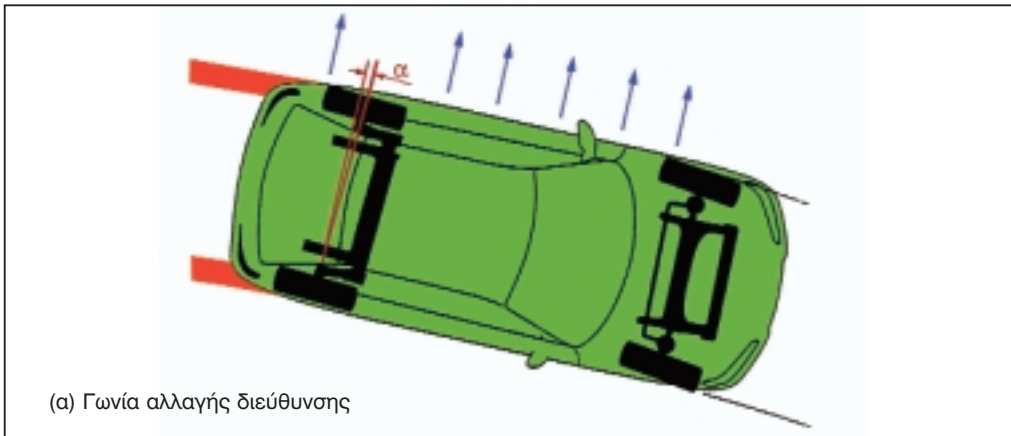
ριστροφής που έχει ένα όχημα με συμβατικό σύστημα διεύθυνσης στους 2 μπροστινούς τροχούς (2WS). Η τετραδιεύθυνση άρχισε να βρίσκει εφαρμογή από τις αρχές τις δεκαετίας του '80 όταν σημαντικές εταιρείες αυτοκινήτων, όπως ή Honda, η Mazda η Nissan κτλ. παρουσίασαν τα πρώτα μοντέλα. Εκτός όμως από τα μικρά επιβατικά αυτοκίνητα, η τετραδιεύθυνση έχει εφαρμοστεί από πολύ παλιά σε ειδικά οχήματα και σε φορτηγά που έχουν δύο μπροστινούς άξονες.

Σήμερα τα συστήματα τετραδιεύθυνσης που εφαρμόζονται στα αυτοκίνητα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα συστήματα παθητικής τετραδιεύθυνσης και τα συστήματα ενεργητικής τετραδιεύθυνσης.

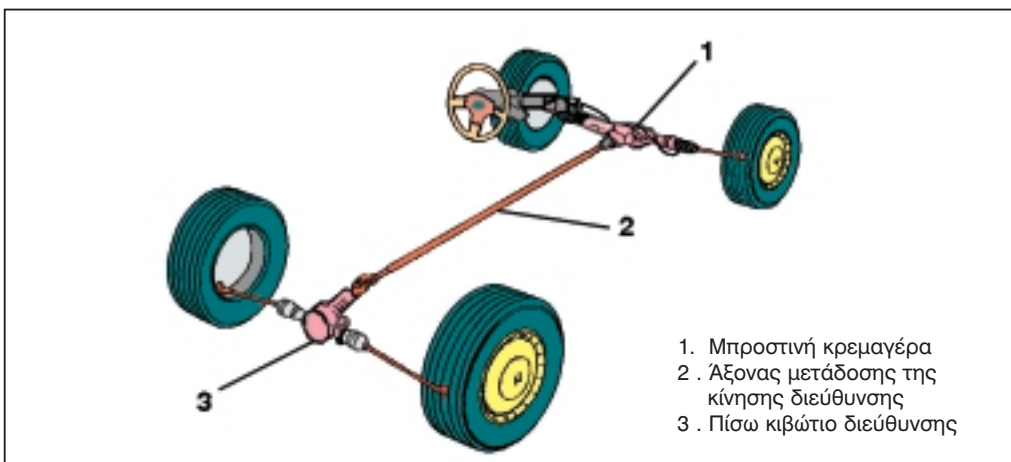
2.2.2. Συστήματα Παθητικής Τετραδιεύθυνσης

Στα συστήματα παθητικής τετραδιεύθυνσης οι πίσω τροχοί, μαζί με το σύστημα ανάρτησης, μπορούν να στρίψουν ελαφρά δεξιά ή αριστερά. Αυτό συμβαίνει λόγω της στήριξης του συστήματος σε ειδικά σχεδιασμένες ελα-

στικές βάσεις με μεγάλη ανοχή κίνησης. Με τον τρόπο αυτό οι τροχοί, μαζί με την ανάρτηση, στρίβουν ανάλογα με την ταχύτητα, το φορτίο και τη γωνία στροφής με αποτέλεσμα την αισθητή βελτίωση της τροχιάς του αυτοκινήτου και τη μείωση της πιθανότητας υπερστροφής.



Σχήμα: 2.25: Γωνία αλλαγής διεύθυνσης πίσω τροχών σε σύστημα παθητικής τετραδιεύθυνσης.



Σχήμα: 2.26: Μηχανικό σύστημα ενεργητικής τετραδιεύθυνσης.

2.2.3. Συστήματα Ενεργητικής Τετραδιεύθυνσης

Συστήματα ενεργητικής τετραδιεύθυνσης ονομάζονται εκείνα τα συστήματα διεύθυνσης με τα οποία ο οδηγός, περιστρέφοντας το τιμόνι μεταφέρει την περιστροφή με κατάλληλη διάταξη στους μπροστινούς αλλά και στους πίσω τροχούς. Τα συστήματα ενεργητικής τετραδιεύθυνσης ταξινομούνται στα:

- 1) **Μηχανικά** συστήματα τετραδιεύθυνσης και
- 2) **Ηλεκτρονικά** ελεγχόμενα συστήματα τετραδιεύθυνσης.

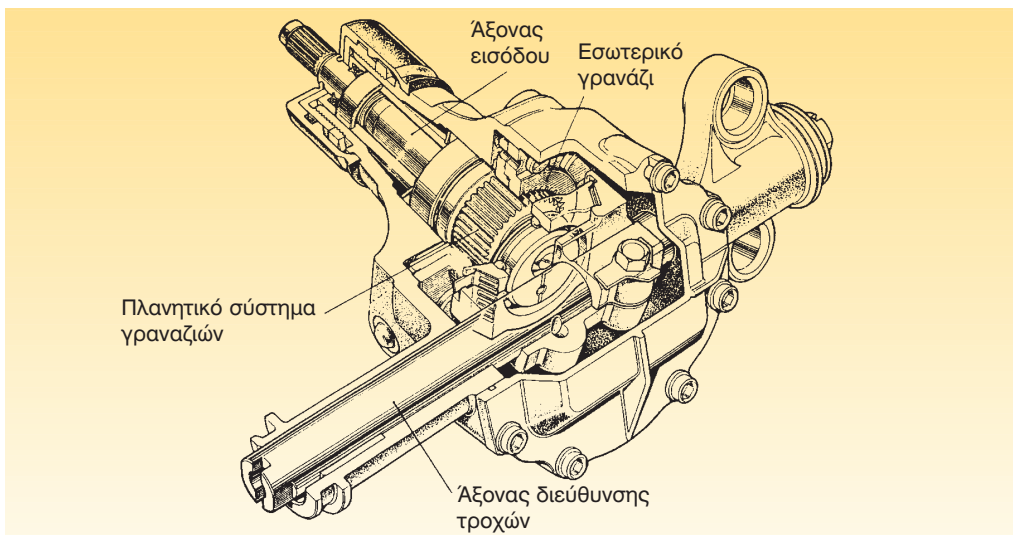
1) **Μηχανικά συστήματα τετραδιεύθυνσης**

Στα συστήματα αυτά στρίβουν και οι τέσσερις τροχοί με μηχανικό τρόπο. Στις υψηλές ταχύτητες οι πίσω τροχοί στρίβουν προς την ίδια κατεύθυνση με

τους μπροστινούς τροχούς. Αυξάνεται έτσι η ταχύτητα αντίδρασής τους στις διάφορες αλλαγές πορείας του αυτοκινήτου (καλύτερο κράτημα) και μειώνεται η ακτίνα του κέντρου περιστροφής του αυτοκινήτου και το φαινόμενο της υπερστροφής.

Αντίθετα στις χαμηλές ταχύτητες οι πίσω τροχοί στρίβουν προς την αντίθετη κατεύθυνση με τους μπροστινούς, προσφέροντας στο αυτοκίνητο μεγαλύτερη ικανότητα ελιγμών.

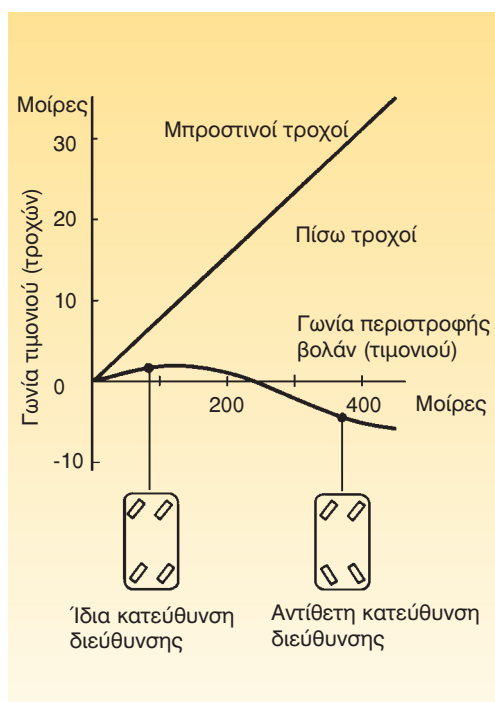
Η κατασκευή του συστήματος διαιρείται σε δύο απλά μηχανικά υποσυστήματα. Υπάρχει ένα σύστημα κρεμαγιέρας για την αλλαγή διεύθυνσης των μπροστινών τροχών και ένα υποσύστημα κιβωτίου αλλαγής σχέσης μετάδοσης και πίσω κρεμαγιέρας. Τα δύο συστήματα συνδέονται μεταξύ τους με έναν ελαφρύ αρθρωτό άξονα που μεταφέρει την κίνηση περιστροφής από την μπροστινή κρεμαγιέρα στην πίσω.



Σχήμα 2.27: Τομή πίσω κιβωτίου - κρεμαγιέρας.

Όταν το τιμόνι περιστρέφεται μέχρι 250° (περίπου τα $3/4$ μιας ολόκληρης περιστροφής), τότε οι πίσω τροχοί στρίβουν προς την ίδια κατεύθυνση με τους μπροστινούς ενώ όταν το τιμόνι περιστρέφεται πάνω από 250° (για την πραγματοποίηση ελιγμών) τότε οι πίσω τροχοί στρίβουν σε αντίθετη κατεύθυνση από τους μπροστινούς μέχρι 50° το πολύ.

Το μειονέκτημα στο σύστημα αυτό είναι ότι η γωνία περιστροφής των πίσω τροχών είναι ανάλογη μόνο της γωνίας περιστροφής του τιμονιού, ανεξάρτητα από την ταχύτητα του αυτοκινήτου, όπως συμβαίνει στα ηλεκτρονικά ελεγχόμενα συστήματα τετραδιεύθυνσης.



Σχήμα 2.28: Διάγραμμα περιστροφής πίσω τροχών ανάλογα με την γωνία περιστροφής των μπροστινών τροχών.

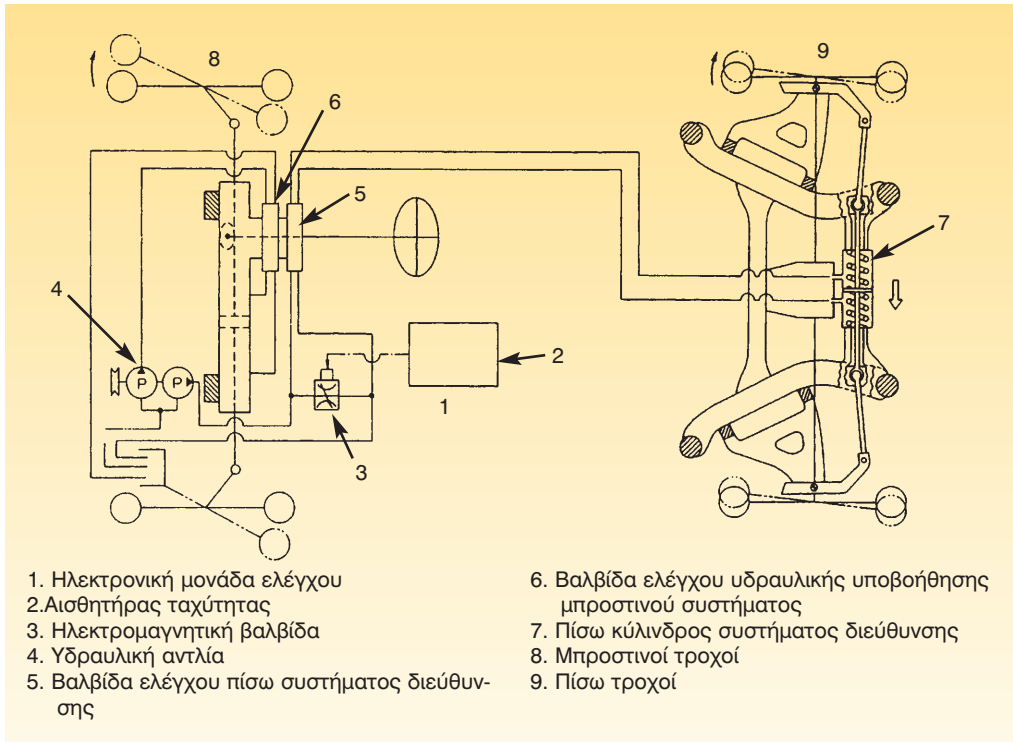
2) Ηλεκτρονικά ελεγχόμενα συστήματα τετραδιεύθυνσης

Στα συστήματα αυτά μία ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, αφού υπολογίσει τις διάφορες παραμέτρους της κίνησης του αυτοκινήτου σε μία στροφή με τη βοήθεια αντίστοιχων αισθητήρων, δίνει εντολή στους ενεργοποιητές και ρυθμίζει την κλίση των πίσω τροχών.

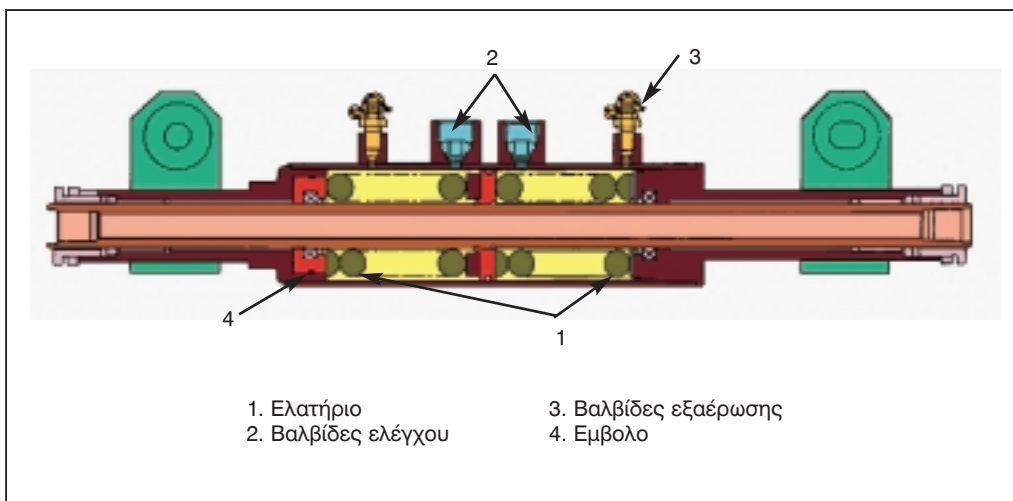
Η κλίση των πίσω τροχών μπορεί να ρυθμίζεται μόνο με ηλεκτρικούς ενεργοποιητές οπότε το σύστημα είναι ηλεκτρονικά - ηλεκτρικά ελεγχόμενο, ή μπορεί να είναι συνδυασμός ηλεκτρικών ενεργοποιητών και υδραυλικών μηχανισμών, οπότε το σύστημα ανήκει στα ηλεκτρονικά - υδραυτικά ελεγχόμενα συστήματα. Παρακάτω θα περιγραφούν δύο τυπικά συστήματα τετραδιεύθυνσης.

2.2.4. Ηλεκτρονικά - υδραυτικά ελεγχόμενο σύστημα τετραδιεύθυνσης

Το ηλεκτρονικά - υδραυτικά ελεγχόμενο σύστημα τετραδιεύθυνσης παρουσιάστηκε το 1986 από την εταιρεία Nissan. Αποτελείται από το μηχανισμό κρεμαγιέρας με υδραυλική υποβοήθηση για την αλλαγή διεύθυνσης των μπροστινών τροχών, το υδραυλικό σύστημα με την αντλία λαδιού για την δημιουργία της υψηλής πίεσης λειτουργίας του κυκλώματος, της ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ελέγχου του κυκλώματος, τον υδραυλικό μηχανισμό εμβόλου διπλής ενέργειας για την αλλαγή διεύθυνσης των πίσω τροχών, τον αισθητήρα ταχύτητας του αυτοκινήτου και την ηλεκτρονική μονάδα έλεγχου.



Σχήμα 2.29: Λειτουργικό διάγραμμα συστήματος.



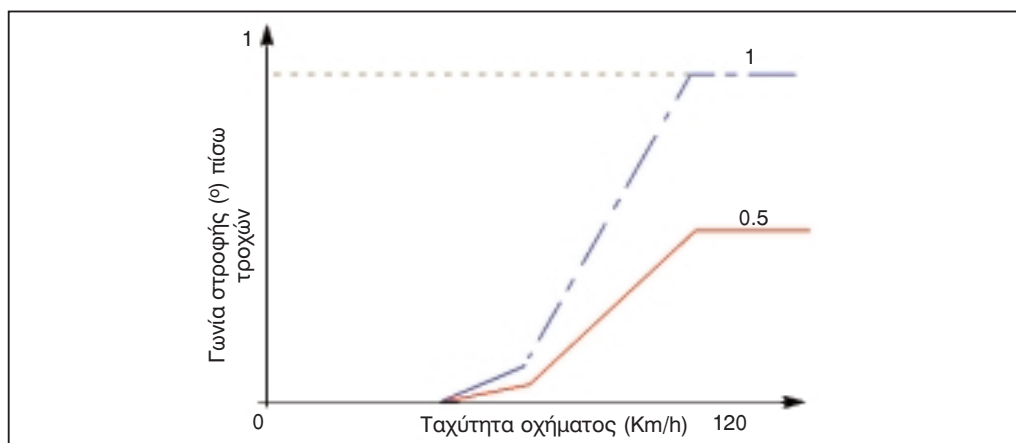
Σχήμα 2.30: Υδραυλικό έμβολο διπλής ενέργειας για την περιστροφή των πίσω τροχών.

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ανάλογα με την ταχύτητα του αυτοκινήτου και την γωνία του τιμονιού ρυθμίζει την γωνία περιστροφής των πίσω τροχών.

Ο μηχανισμός για την περιστροφή των πίσω τροχών αποτελείται από ένα υδραυλικό έμβολο διπλής ενέργειας, όπως αυτό φαίνεται στο **σχήμα 2.30**, τοποθετημένο μέσα σε έναν κύλινδρο. Όταν οι ρόδες είναι στην ίδια ευθεία, το έμβολο βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας. Εάν από τη μία πλευρά του κυλίνδρου διαφοροποιηθεί η πίεση του υγρού το έμβολο θα μετακινηθεί. Επειδή όμως είναι συνδεδεμένο με κατάλληλο κινηματικό μηχανισμό με τις πίσω ρόδες, αυτές θα περιστραφούν ανάλογα. Η διαφορά περιστροφής των πίσω τροχών μεταξύ τους δεν ξεπερνά την 1ο περιστροφής για ταχύτητες μεγαλύτερες των 120 χιλιομέτρων την ώρα. Δύο ελατήρια φροντίζουν για την ισορροπία του εμβόλου και, σε περίπτωση που συμβεί κάποια βλάβη στο υδραυλικό κύκλωμα, κρατούν τους πίσω τροχούς στην ευθεία.

2.2.5. Ηλεκτρονικά - μηχανικά ελεγχόμενο σύστημα τετραδιεύθυνσης

Το σύστημα αυτό της τετραδιεύθυνσης βασίζεται στο μηχανισμό διεύθυνσης των πίσω τροχών που είναι τοποθετημένος στην πίσω ανάρτηση και ελέγχεται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Με το σύστημα αυτό βελτιώνεται η ικανότητα ελιγμών στις χαμηλές ταχύτητες, το οποίο λειτουργεί όπως το μηχανικό σύστημα, αλλά και η σταθερότητα και η ικανότητα ελέγχου του αυτοκινήτου στις υψηλές ταχύτητες όπου το σύστημα ελέγχεται ηλεκτρονικά. Το σύστημα έχει σχεδιαστεί έτσι, ώστε να διευθύνει τους πίσω τροχούς σύμφωνα με την ανάστροφη λειτουργία (η διεύθυνση των πίσω τροχών γίνεται αντίθετη με τη διεύθυνση των μπροστινών τροχών), όταν το αυτοκίνητο κινείται με ταχύτητα μικρότερη των 40 Km/h και σύμφωνα με την ταυτόσημη λειτουργία (όταν οι πίσω τροχοί αλλάζουν διεύθυν-



Σχήμα 2.31: Διαφορά γωνίας περιστροφής των πίσω τροχών ανάλογα με την ταχύτητα του αυτοκινήτου.

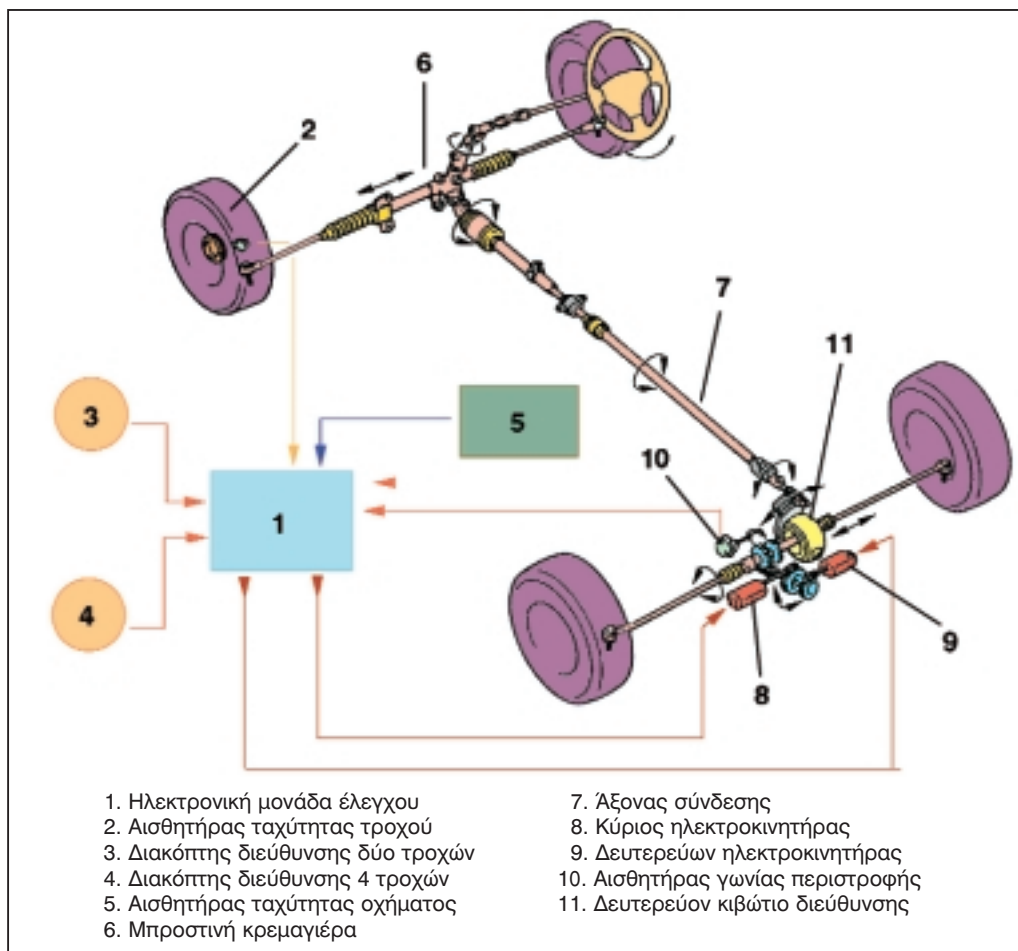
ση κατά την ίδια φορά με αυτή των μπροστινών τροχών) όταν κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα. Ο έλεγχος γίνεται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου η οποία επεξεργάζεται τα σήματα των αισθητήρων:

- α) της ταχύτητας του αυτοκινήτου
- β) της ταχύτητας των τροχών και
- γ) της γωνίας περιστροφής του τιμονιού.

Το σύστημα αναλυτικά αποτελείται από:

- **Την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου**

Αυτή επεξεργάζεται τα δεδομένα του συστήματος, τις πληροφορίες της κατάστασης του συστήματος διεύθυνσης των μπροστινών τροχών και της κίνησης του αυτοκινήτου. Στη συνέχεια η ηλεκτρονική μονάδα ενεργοποιεί τον κύριο και βοηθητικό ηλεκτροκινητήρα του πίσω κιβωτίου του συστήματος διεύθυν-



Σχήμα 2.32: Ηλεκτρονικά - μηχανικά ελεγχόμενο σύστημα τετραδιεύθυνσης.

σης για την αλλαγή κατεύθυνσης των πίσω τροχών.

- **Τον αισθητήρα ταχύτητας του αυτοκινήτου**

Με την πληροφορία του αισθητήρα ταχύτητας του αυτοκινήτου η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του συστήματος ελέγχει τη γωνία στροφής των πίσω τροχών σύμφωνα με τις συνθήκες ταχύτητας του οχήματος

- **Τον αισθητήρα ταχύτητας του τροχού**

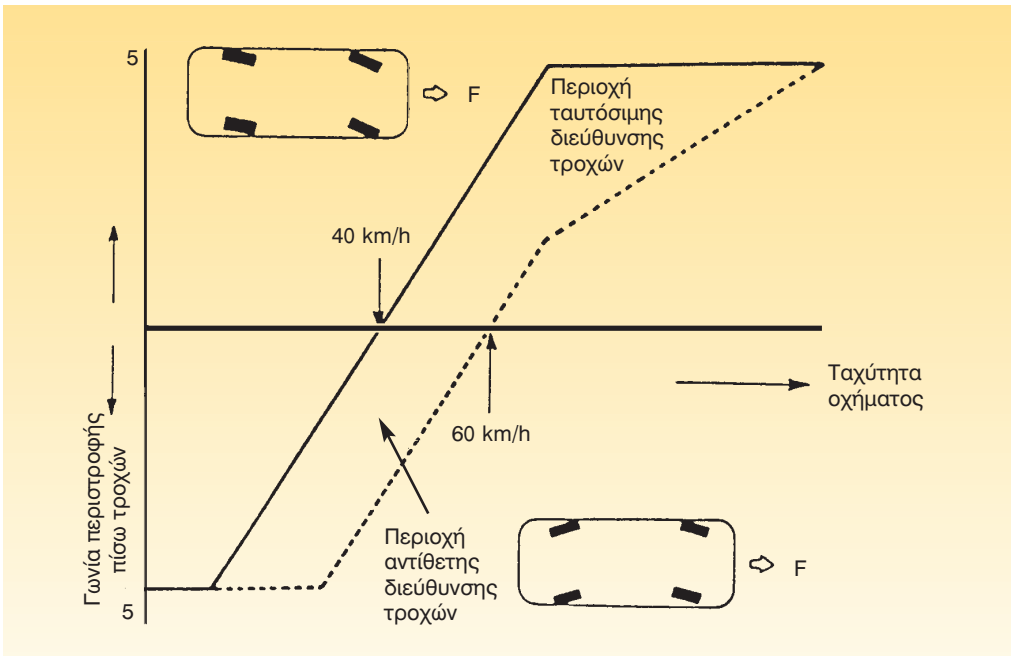
Με την πληροφορία του αισθητήρα ταχύτητας του τροχού η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του συστήματος ελέγχει τη γωνία στροφής των πίσω τροχών, σύμφωνα με τις συνθήκες ταχύτητας του τροχού.

- **Τον αισθητήρα γωνίας του συστήματος διεύθυνσης**

Ο αισθητήρας γωνίας στροφής είναι τοποθετημένος στο πίσω σύστημα διεύθυνσης και χρησιμοποιεί μια μεταβλητή αντίσταση. Με την μεταβολή της τάσης του αισθητήρα δηλώνεται στην ηλεκτρονική μονάδα η κατάσταση λειτουργίας του ενεργοποιητή, η κατεύθυνση του συστήματος διεύθυνσης, η γωνία στροφής και η μέγιστη στροφή των πίσω τροχών, σύμφωνα με τις συνθήκες διεύθυνσης των μπροστινών τροχών.

- **Τους ενεργοποιητές**

Οι πληροφορίες που αφορούν την κατεύθυνση της αλλαγής διεύθυνσης και το μέτρο, στέλνονται στο μηχανισμό αλλαγής διεύθυνσης των πίσω τροχών μέσα από



Σχήμα 2.33: Περιστροφή πίσω τροχών ανάλογα με την ταχύτητα του αυτοκινήτου.

έναν άξονα διασύνδεσης. Ένας κύριος ηλεκτρικός κινητήρας και ένας δευτερεύων λειτουργούν ως ενεργοποιητές. Είναι τοποθετημένοι στον μηχανισμό διεύθυνσης των πίσω τροχών και αλλάζουν τη θέση της ράβδου ελέγχου τους, αλλάζοντας έτσι και τη διεύθυνσή τους.

2.2.6. Άλλα συστήματα τετραδιεύθυνσης

Παραλλαγές των συστημάτων τετραδιεύθυνσης που αναφέρθηκαν είναι:

α) Ηλεκτρονικό - υδραυλικό - μηχανικό σύστημα

Όπως στο ηλεκτρονικό - υδραυλικό σύστημα έτσι και εδώ υπάρχει ένας μηχανισμός διεύθυνσης για τους μπροστινούς τροχούς και ένας αντίστοιχος μηχανισμός για τους πίσω τροχούς. Η κίνηση από μπροστά-πίσω μεταδίδεται με την βοήθεια υδραυλικών υγρών. Η πίεση και η κυκλοφορία των υγρών ελέγχεται με την βοήθεια ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του συστήματος, ανάλογα με τις πληροφορίες του αισθητήρα ταχύτητας του οχήματος. Επιπλέον ένας ελαφρύς κεντρικός άξονας συνδέει βοηθητικά τους δύο μηχανισμούς διεύθυνσης μπροστά και πίσω.

β) Ηλεκτρονικό - ηλεκτρικό σύστημα

Σ' αυτό υπάρχει ένας μηχανισμός διεύθυνσης για τους μπροστινούς τροχούς και ένας αντίστοιχος μηχανισμός για τους πίσω τροχούς. Η γωνία περιστροφής των πίσω τροχών ελέγχεται με την βοήθεια ενός ηλεκτροκινητήρα από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του συ-

στήματος ανάλογα με τις πληροφορίες του αισθητήρα ταχύτητας του αυτοκινήτου και των αισθητήρων της γωνίας περιστροφής των μπροστινών και των πίσω τροχών.

2.2.7. Βλάβες και έλεγχοι του συστήματος

Οι μηχανικές βλάβες του συστήματος όπως φθορές στην κινηματική αλυσίδα κτλ. ελέγχονται όπως στα συμβατικά συστήματα διεύθυνσης.

Οι ηλεκτρικές - ηλεκτρονικές βλάβες που παρουσιάζονται στο σύστημα ελέγχονται είτε με τον έλεγχο του συγκεκριμένου εξαρτήματος (άμεση μέτρηση του εξαρτήματος) είτε με την αντίστοιχη διαγνωστική συσκευή.

Ανακεφαλαίωση

Η τετραδιεύθυνση άρχισε να βρίσκει εφαρμογή από τις αρχές τις δεκαετίας του '80 όταν σημαντικές εταιρείες αυτοκινήτων, όπως ή Honda, η Mazda η Nissan κτλ. παρουσίασαν τα πρώτα μοντέλα. Εκτός όμως από τα μικρά επιβατικά αυτοκίνητα, η τετραδιεύθυνση έχει εφαρμοστεί από πολύ παλιά σε ειδικά οχήματα και σε φορτηγά που έχουν δύο μπροστινούς άξονες.

Ένα αυτοκίνητο με κίνηση στους 4 τροχούς (4WS- 4Wheel Steering) εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα. Όταν κινείται με μικρή ταχύτητα ή κάνει ελιγμούς στάθμευσης η ακτίνα περιστροφής του οχήματος είναι μικρότερη από την ακτίνα περιστροφής που έχει ένα όχημα με συμβατικό σύστημα διεύθυνσης στους 2 μπροστινούς τροχούς (2WS). Επίσης, όταν κινείται με μεγάλη ταχύτητα, οι πίσω τροχοί στρίβουν προς την ίδια κατεύθυνση με τους μπροστινούς τροχούς με αποτέλεσμα να βελτιώνεται η ευστάθεια του αυτοκινήτου. Η γωνία περιστροφής των πίσω τροχών είναι μικρότερη από την γωνία περιστροφής των μπροστινών τροχών.

Σήμερα τα συστήματα τετραδιεύθυνσης που εφαρμόζονται στα αυτοκίνητα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα συστήματα παθητικής τετραδιεύθυνσης και τα συστήματα ενεργητικής τετραδιεύθυνσης.

Στα συστήματα παθητικής τετραδιεύθυνσης οι πίσω τροχοί, μαζί με το σύστημα ανάρτησης μπορούν να στρίψουν ελαφρά δεξιά ή αριστερά. Αυτό συμβαίνει λόγω της στήριξης του συστήματος σε ειδικά σχεδιασμένες ελαστικές βάσεις με μεγάλη ανοχή κίνησης. Με τον τρόπο αυτό οι τροχοί, μαζί με την ανάρτηση στρίβουν ανάλογα με την ταχύτητα, το φορτίο και τη γωνία στροφής, με αποτέλεσμα την αισθητή βελτίωση της τροχιάς του αυτοκινήτου και τη μείωση της πιθανότητας υπερστροφής.

Στα συστήματα ενεργητικής τετραδιεύθυνσης οι πίσω τροχοί στρίβουν με μηχανισμό που ενεργοποιείται είτε μηχανικά είτε ηλεκτρικά. Σ' αυτά η γωνία περιστροφής των πίσω τροχών μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερη από την μέγιστη επιτρεπόμενη γωνία περιστροφής σε ένα σύστημα παθητικής τετραδιεύθυνσης. ▶

Τα συστήματα ενεργητικής τετραδιεύθυνσης ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

α) Καθαρά μηχανικά συστήματα.

Υπάρχει ένας μηχανισμός διεύθυνσης για τους μπροστινούς τροχούς και ένα κιβώτιο διεύθυνσης για τους πίσω τροχούς. Η κίνηση από μπροστά-πίσω μεταδίδεται από έναν ελαφρύ κεντρικό άξονα

β) Ηλεκτρονικό - υδραυλικό σύστημα

Υπάρχει ένας μηχανισμός διεύθυνσης για τους μπροστινούς τροχούς και ένας αντίστοιχος μηχανισμός για τους πίσω τροχούς. Η κίνηση από μπροστά-πίσω μεταδίδεται με την βοήθεια υδραυλικών υγρών. Η πίεση και η κυκλοφορία των υγρών ελέγχεται με την βοήθεια ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του συστήματος ανάλογα με τις πληροφορίες του αισθητήρα ταχύτητας του οχήματος.

γ) Ηλεκτρονικό - μηχανικό σύστημα

Υπάρχει ένας μηχανισμός διεύθυνσης για τους μπροστινούς τροχούς και ένας αντίστοιχος μηχανισμός για τους πίσω τροχούς. Η κίνηση από μπροστά-πίσω μεταδίδεται με την βοήθεια ενός ελαφρύ κεντρικού άξονα για τις χαμηλές στροφές.

Στις υψηλές στροφές η γωνία περιστροφής των πίσω τροχών ελέγχεται με την βοήθεια δύο ηλεκτρικών μοτέρ (ένα κύριο και ένα βοηθητικό) από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του συστήματος, ανάλογα με τις πληροφορίες του αισθητήρα ταχύτητας του αυτοκινήτου και ενός αισθητήρα γωνίας περιστροφής των πίσω τροχών.

Επίσης άλλα συστήματα είναι α) Ηλεκτρονικό - υδραυλικό - μηχανικό σύστημα και το β) Ηλεκτρονικό - ηλεκτρικό σύστημα



Ερωτήσεις

1. Ποιες είναι οι διαφορές μεταξύ παθητικής και ενεργητικής τετραδιεύθυνσης;
2. Από ποια βασικά μέρη αποτελείται ένα μηχανικό σύστημα τετραδιεύθυνσης;
3. Από ποια βασικά μέρη αποτελείται ένα σύστημα ηλεκτρονικά ελεγχόμενης τετραδιεύθυνσης;
4. Ποια τα πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα μεταξύ μηχανικών και ηλεκτρονικά ελεγχόμενων συστημάτων τετραδιεύθυνσης;
5. Γιατί η γωνία περιστροφής των πίσω τροχών στις χαμηλές ταχύτητες έχει την ίδια κατεύθυνση διεύθυνσης, ενώ στις υψηλές ταχύτητες αντίθετη κατεύθυνση διεύθυνσης;
6. Με ποιους τρόπους γίνεται ο έλεγχος καλής λειτουργίας των συστημάτων τετραδιεύθυνσης;
7. Ποιοι αισθητήρες από αυτούς που υπάρχουν σε ένα σύστημα ηλεκτρονικά ελεγχόμενης τετραδιεύθυνσης μπορεί να χρησιμοποιούνται ως κοινοί και από άλλο σύστημα του αυτοκινήτου;