

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

## **ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΕΔΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΣΙΑΧΑΜΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ (Α.Μ. 6741)  
ΤΡΟΜΠΕΤΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ (Α.Μ. 6831)**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΑΥΡΙΑΔΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2021**

# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και έχει ως θέμα τα συστήματα πέδησης των οχημάτων.

Σκοπός της πτυχιακής αυτής εργασίας είναι η περιγραφή και η μελέτη των κύριων και βοηθητικών συστημάτων πέδησης που χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα οχήματα.

Θέλουμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Μαυρίδη Κωνσταντίνο για τη συνεχή καθοδήγηση και βοήθεια που μας προσέφερε. Επίσης θέλουμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειές μας που μας στηρίζουν.

Σιαχάμης Ανδρέας  
Τρομπέτας Δημήτριος  
Μάιος 2021

**Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών:** Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξ ίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι σπουδαστές

Σιαχάμης Ανδρέας

Τρομπέτας Δημήτριος



(Υπογραφή)



(Υπογραφή)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι βασικές αρχές της δυναμικής της πέδησης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά το μηχανικό σύστημα πέδησης.

Το τρίτο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στο υδραυλικό σύστημα πέδησης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφονται τα αερόφρενα.

Το πέμπτο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στα βοηθητικά συστήματα πέδησης.

Στο έκτο κεφάλαιο περιγράφεται το αντιμπλοκαριστικό σύστημα πέδησης (ABS).

Στο έβδομο κεφάλαιο περιγράφονται τα σύγχρονα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου της ολίσθησης των τροχών.

Στο όγδοο κεφάλαιο περιέχονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα εργασία.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b>	
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b>	
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	1
<b>1. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΗΣ ΠΕΔΗΣΗΣ</b>	
1.1 Γενικά.....	3
1.2 Δυνάμεις που ενεργούν στο όχημα.....	3
1.3 Ενεργειακή θεώρηση της πέδησης.....	5
1.4 Απόδοση, απόσταση και χρόνος πέδησης.....	6
1.5 Συντελεστής προσκόλλησης.....	8
1.6 Παράγοντες που επηρεάζουν την επιβράδυνση.....	9
1.7 Διακεκομμένη χρήση των φρένων κατά την πέδηση .....	10
1.8 Ιστορία του συστήματος πέδησης.....	10
<b>2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΕΔΗΣΗΣ</b>	
2.1 Γενικά.....	13
2.2 Βασικές αρχές του συστήματος πέδησης.....	13
2.3 Μηχανικά φρένα.....	15
2.4 Χειρόφρενο.....	17
<b>3. ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΔΗΣΗΣ</b>	
3.1 Γενικά.....	20
3.2 Αρχή λειτουργίας.....	20
3.3 Κεντρικός κύλινδρος.....	23
3.4 Κύλινδροι των τροχών.....	26

3.5 Σιαγόνες.....	28
3.6 Σωληνώσεις.....	31
3.7 Υγρά φρένων.....	31
3.8 Περιγραφή της λειτουργίας του υδραυλικού συστήματος....	32
3.9 Δισκόφρενα.....	35
3.10 Υδραυλικό σύστημα με διπλά κυκλώματα.....	41
<b>4. ΑΕΡΟΦΡΕΝΑ</b>	
4.1 Γενικά.....	44
4.2 Περιγραφή του συστήματος πέδησης με πεπιεσμένο αέρα...	44
4.3 Εξαρτήματα.....	46
4.4 Αρχή λειτουργίας.....	53
4.5 Ενίσχυση υδραυλικού συστήματος πέδησης με πεπιεσμένο αέρα.....	55
<b>5. ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΕΔΗΣΗΣ</b>	
5.1 Γενικά.....	57
5.2 Σερβόφρενα.....	57
5.3 Ηλεκτρική πέδη.....	61
<b>6. ΑΝΤΙΜΠΛΟΚΑΡΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΔΗΣΗΣ</b>	
6.1 Γενικά.....	63
6.2 Αρχή λειτουργίας.....	65
6.3 Εξαρτήματα του ABS.....	67
<b>7. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΟΔΙΣΘΗΣΗΣ ΤΡΟΧΩΝ</b>	
7.1 Γενικά.....	72
7.2 Ηλεκτρονικός έλεγχος διαφορικού.....	72
7.3 Ηλεκτρονικό σταθεροποιητικό σύστημα δυναμικής κίνησης.	74
7.4 Σύστημα ηλεκτρονικού ελέγχου της ροπής του κινητήρα....	76
7.5 Ηλεκτρονικός καταναμητής πίεσης φρένων.....	76
7.6 Ηλεκτρονικό σύστημα άμεσης ενεργοποίησης φρένων.....	77
7.7 Σύστημα ελέγχου πρόσφυσης τροχών στην εκκίνηση.....	79

<b>8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	81
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	82

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το σύστημα πέδησης ή πιο απλά τα φρένα (από τη γαλλική λέξη frein που σημαίνει χαλινός-πέδη) επιτρέπει στον οδηγό να μειώνει την ταχύτητα του οχήματός του, να το σταματά τελείως όταν κινείται ή και να το εξασφαλίζει από αυτόματη και ανεπιθύμητη εκκίνηση, όταν είναι σταματημένο.

Η λειτουργία του συστήματος πέδησης βασίζεται στην τριβή. Τα ενεργά μέρη του αποτελούνται από δύο ομάδες: στην πρώτη ανήκουν όσα είναι ακίνητα και σταθερά συνδεδεμένα με τα ακίνητα μέρη των αξόνων και στη δεύτερη τα κινούμενα.

Όταν οι σταθερές επιφάνειες τριβής πιεσθούν δυνατά πάνω στις κινητές αναπτύσσεται μεγάλη τριβή που εξουδετερώνει την κινητική ενέργεια του οχήματος μετατρέποντάς την σε θερμότητα. Στην πραγματικότητα, το σύστημα πέδησης μπορεί να θεωρηθεί ως συσκευή μετατροπής ενέργειας, η οποία μετατρέπει την κινητική ενέργεια σε θερμότητα. Τα φρένα χρησιμοποιούνται για τη μείωση της ταχύτητας του οχήματος και ο ρυθμός μετατροπής της κινητικής ενέργειας καθορίζει την επιβράδυνση του οχήματος.

Η δύναμη που φέρνει σε επαφή τις επιφάνειες τριβής είναι αυτή που καταβάλλει ο οδηγός με το χέρι ή το πόδι του και μεταφέρεται από το σημείο εφαρμογής της, το μοχλό δηλαδή του χειρόφρενου ή του ποδόφρενου στις επιφάνειες τριβής. Όταν η δύναμη μεταφέρεται με μηχανικά μέσα, το όλο σύστημα ονομάζεται μηχανικό σύστημα πέδησης. Όταν μεταφέρεται με υδραυλικά μέσα το όλο σύστημα ονομάζεται υδραυλικό σύστημα πέδησης. Όταν χρησιμοποιείται πεπιεσμένος αέρας τότε έχουμε τα αερόφρενα.

Τα συστήματα πέδησης που χρησιμοποιούνται σήμερα διακρίνονται σε κύρια και βοηθητικά συστήματα. Τα κύρια συστήματα πέδησης έχουν ως αποστολή την επιβράδυνση και την ακινητοποίηση του οχήματος. Τα βοηθητικά συστήματα πέδησης συνεισφέρουν με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτευχθεί καλύτερη απόδοση του συστήματος πέδησης.

Τα βοηθητικά συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως στα βαρέα οχήματα όπου η δύναμη που ασκεί ο οδηγός στο πεντάλ του φρένου δεν αρκεί για να γίνει ικανοποιητική πέδηση.

Στα συστήματα πέδησης συμπεριλαμβάνονται και τα αντιολισθητικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για την εξασφάλιση καλύτερου ελέγχου και σταθερότητας κατά την πέδηση. Όλα τα συστήματα πέδησης ανήκουν στα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας του αυτοκινήτου.



# **1. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΗΣ ΠΕΔΗΣΗΣ**

## **1.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Η πέδηση επιτυγχάνεται με την ανάπτυξη τριβής στους τροχούς. Τα φρένα είναι διατάξεις που κατά την πέδηση έρχονται σε επαφή με ορισμένο μέρος των τροχών οι οποίοι περιστρέφονται, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη ξηρής τριβής. Η τριβή αυτή επιβραδύνει την περιστροφή των τροχών και μια άλλη δύναμη τριβής, αυτή που αναπτύσσεται μεταξύ των τροχών και του εδάφους, επιβραδύνει και τελικά ακινητοποιεί το όχημα.

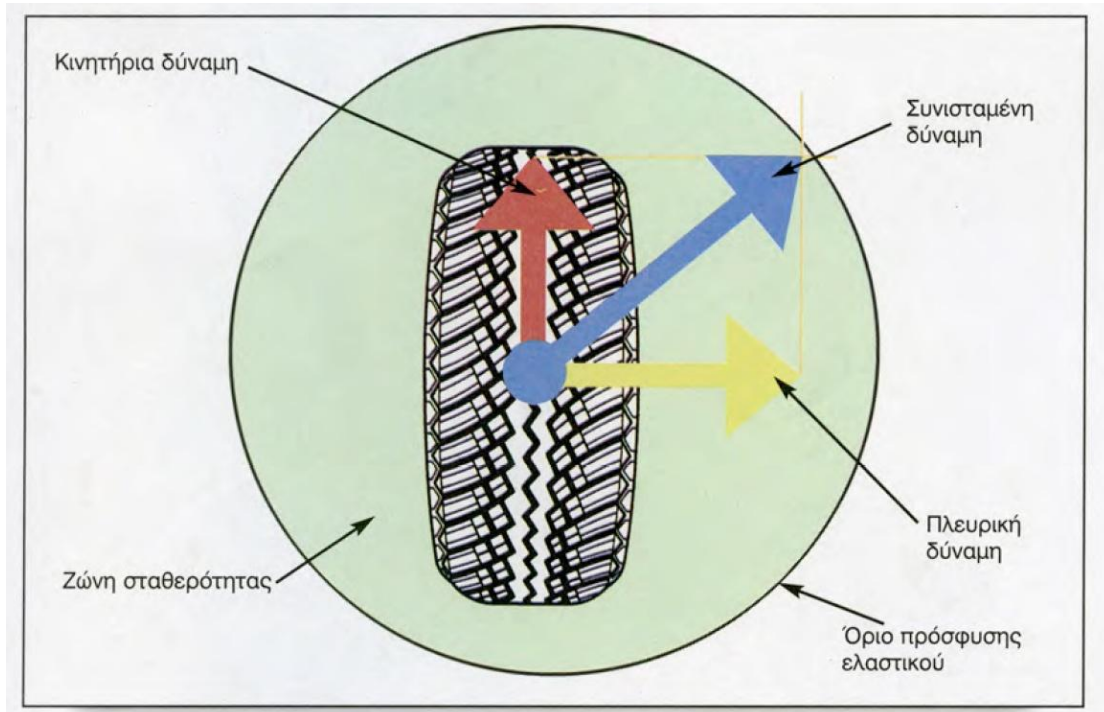
## **1.2 ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΠΟΥ ΕΝΕΡΓΟΥΝ ΣΤΟ ΟΧΗΜΑ**

Στο αυτοκίνητο ενεργεί ένας μεγάλος αριθμός δυνάμεων που είναι υπεύθυνες για την αλλαγή της κινητικής του κατάστασης καθώς αυτό επιταχύνεται, επιβραδύνεται ή αλλάζει διεύθυνση κίνησης. Οι δυνάμεις αυτές μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με τη διεύθυνση στην οποία ασκούνται (σχήμα 1.1):

- Κινητήριες δυνάμεις που προέρχονται από τον κινητήρα
- Πλευρικές δυνάμεις, οι οποίες είναι υπεύθυνες κυρίως για την αλλαγή κατεύθυνσης του οχήματος
- Κάθετες δυνάμεις από το οδόστρωμα στους τροχούς που καθορίζονται από το βάρος του οχήματος
- Δυνάμεις πέδησης που καθορίζονται από την τριβή μεταξύ τροχών και οδοστρώματος



Σχήμα 1.1 Οι δυνάμεις που ασκούνται στους τροχούς του αυτοκινήτου [3].



Σχήμα 1.2 Ο κύκλος του Kamm [3].

Για να διατηρηθεί η σταθερότητα του οχήματος πρέπει η συνισταμένη των κινητήριων και των πλευρικών δυνάμεων να μην υπερβαίνει τα όρια πρόσφυσης των ελαστικών. Τα όρια αυτά δίνονται από τον λεγόμενο κύκλο του Kamm (σχήμα 1.2). Αν οι δυνάμεις είναι τέτοιες που η συνισταμένη τους να βρεθεί εκτός κύκλου, τότε το αυτοκίνητο γίνεται ασταθές.

### 1.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΔΗΣΗΣ

Ένα κινούμενο όχημα κατέχει κινητική ενέργεια της οποίας η τιμή εξαρτάται από τη μάζα και την ταχύτητα του οχήματος. Η μηχανή προσφέρει αυτήν την ενέργεια κατά την επιτάχυνση του οχήματος από την ακινησία σε μία δεδομένη τιμή ταχύτητας. Αυτή η ενέργεια χάνεται κατά την πέδηση, είτε μερικά αν μειωθεί η ταχύτητα του αυτοκινήτου, είτε ολικά αν το αυτοκίνητο σταματήσει. Επομένως, ο ρόλος του συστήματος πέδησης είναι η μετατροπή της κινητικής ενέργειας σε θερμότητα μέσω του έργου της τριβής.

Η κινητική ενέργεια  $K$  (σε J) δίνεται από τη σχέση:

$$K = \frac{1}{2} mV^2$$

όπου η  $m$  είναι η μάζα (σε kg) και  $V$  η ταχύτητα (σε m/s) του οχήματος.

Το έργο της τριβής  $W$  (σε J) δίνεται από τη σχέση:

$$W = F \cdot S$$

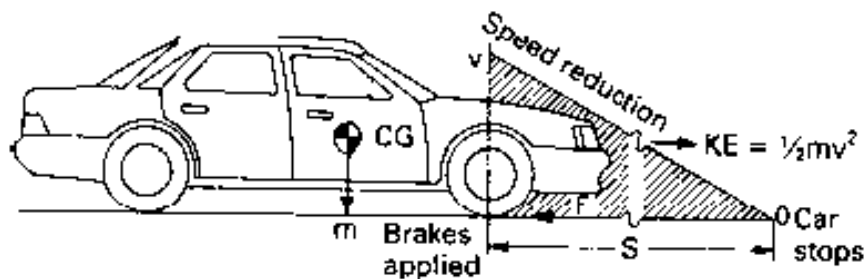
όπου  $F$  (σε N) είναι η μέση δύναμη τριβής και  $S$  (σε m) η απόσταση που διανύει το όχημα κατά την πέδηση. Όταν το όχημα τελικά ακινητοποιείται θα πρέπει να ισχύει:

$$K = W \Rightarrow \frac{1}{2} mV^2 = F \cdot S$$

Η μέση δύναμη τριβής είναι:

$$F = \frac{mV^2}{2S}$$

Για παράδειγμα ένα αυτοκίνητο με μάζα  $m=800\text{kg}$  και ταχύτητα  $36\text{km/h}$ , δηλαδή  $10\text{m/s}$  έχει κινητική ενέργεια  $K=40\text{kJ}$ . Η απαιτούμενη μέση δύναμη τριβής για να σταματήσει σε απόσταση  $S=20\text{m}$  υπολογίζεται ότι είναι  $F=2\text{kN}$ .



Σχήμα 1.1 Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας πέδησης [4].

#### 1.4 ΑΠΟΔΟΣΗ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΣ ΠΕΔΗΣΗΣ

Η δύναμη που εφαρμόζεται σε ένα όχημα για να το σταματήσει ή να μειώσει την ταχύτητά του ονομάζεται δύναμη πέδησης. Η δύναμη πέδησης εφαρμόζεται στα σημεία επαφής των τροχών με το δρόμο και είναι ίση με την τριβή μεταξύ τροχών και οδοστρώματος. Η απόδοση πέδησης,  $\eta$ , ενός οχήματος ορίζεται ως ο λόγος της δύναμης πέδησης προς το βάρος του οχήματος. Ο λόγος αυτός εκφράζεται ως ποσοστό επί τοις εκατό:

$$\eta \equiv \text{Απόδοση πέδησης} = \frac{\text{Δύναμη πέδησης}}{\text{Βάρος οχήματος}} \times 100\%$$

Η απόδοση πέδησης είναι γενικά μικρότερη του 100% λόγω όχι καλής επαφής με το δρόμο ή λόγω ανεπάρκειας του συστήματος πέδησης ή γιατί το όχημα κινείται σε κατηφορικό δρόμο. Η απόδοση πέδησης

συνήθως ταυτίζεται με το συντελεστή τριβής,  $\mu$ , που είναι ο λόγος της δύναμης τριβής,  $F$ , προς την κάθετη δύναμη μεταξύ των επιφανειών  $N$ :

$$\mu = \frac{F}{N}$$

Έτσι, απόδοση πέδησης ίση με 100% αντιστοιχεί σε συντελεστή τριβής ίσο με 1.

Πίνακας 1.1 Απόσταση πέδησης για διάφορες αρχικές ταχύτητες του οχήματος και διάφορες τιμές απόδοσης πέδησης [4]

Vehicle speed km/h	Stopping distance for various braking efficiencies (m)					
	100%	90%	80%	70%	60%	50%
10	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
20	1.6	1.8	2.0	2.3	2.7	3.2
30	3.6	4.0	4.5	5.1	6.0	7.2
40	6.4	7.1	8.0	9.1	10.7	12.8
50	10.0	11.1	12.5	14.3	16.7	20.0
60	14.4	16.0	18.0	20.6	24.0	28.8
70	19.6	21.8	24.5	28.0	32.7	39.2
80	25.6	28.4	32.0	36.6	42.7	51.2
90	32.4	36.0	40.5	46.3	54.0	64.8
100	40.0	44.4	50.0	57.1	66.7	80.0

Αν ένα σώμα με αρχική ταχύτητα  $V$  αρχίσει να επιβραδύνεται με επιβράδυνση  $a$ , η απόσταση  $S$  μέχρι να σταματήσει υπολογίζεται από τη σχέση:

$$S = \frac{V^2}{2a}$$

Γενικά η επιβράδυνση  $a$  είναι ίση με:

$$a = \mu \cdot g$$

Αν υποθέσουμε απόδοση πέδησης ίση με τη μονάδα, τότε:  $a=g=9,81 \text{ m/s}^2$ . Αν επίσης μετατρέψουμε την ταχύτητα  $V$  από μονάδες  $\text{m/s}$  σε  $\text{km/h}$  τότε παίρνουμε:

$$V(\text{m/s}) = \frac{1000}{3600} \cdot V(\text{km/h})$$

Αντικαθιστώντας στη σχέση που δίνει την απόσταση πέδησης παίρνουμε:

$$S(\text{m}) = 0.004V^2 \quad \text{όπου η ταχύτητα } V \text{ είναι εκφρασμένη σε km/h.}$$

Στον πίνακα 1.1 παρουσιάζονται οι τιμές που παίρνει η απόσταση πέδησης για διάφορες αρχικές τιμές ταχύτητας και διάφορες τιμές απόδοσης πέδησης.

Ο χρόνος πέδησης είναι ο χρόνος που απαιτείται για την ακινητοποίηση του οχήματος από τη στιγμή ενεργοποίησης του συστήματος πέδησης. Υπολογίζεται από τη σχέση:

$$t = \frac{V}{a}$$

Φυσικά για τον υπολογισμό του πραγματικού χρόνου πέδησης πρέπει να ληφθεί υπόψη και ο χρόνος αντίδρασης του οδηγού.

## 1.5 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΚΟΛΛΗΣΗΣ

Η απόσταση πέδησης εξαρτάται επίσης σε μεγάλο βαθμό από την αλληλεπίδραση του τροχού με την επιφάνεια του δρόμου. Η σχέση μεταξύ της επιβραδύνουσας δύναμης και της κάθετης δύναμης που ασκείται στη ρόδα καθορίζεται από τον συντελεστή προσκόλλησης (adhesion factor)  $\mu_a$ . Ο συντελεστής αυτός παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με τον συντελεστή τριβής. Για να έχουμε σωστή πέδηση πρέπει ο τροχός να περιστρέφεται μέχρι το σημείο που θα σταματήσει ώστε να έχουμε τη μέγιστη επιβραδύνουσα δύναμη. Τυπικές τιμές του

συντελεστή προσκόλλησης για διάφορες περιπτώσεις οδοστρώματος φαίνονται στον πίνακα 1.2.

Πίνακας 1.2 Συντελεστές προσκόλλησης για διάφορες περιπτώσεις επιφάνειας δρόμου [4]

No.	Material	Condition	Adhesion factor
1	Concrete, coarse asphalt	dry	0.8
2	Tarmac, gritted bitumen	dry	0.6
3	Concrete, coarse asphalt	wet	0.5
4	Tarmac	wet	0.4
5	Gritted bitumen tarmac	wet	0.3
6	Gritted bitumen tarmac	greasy	0.25
7	Gritted bitumen, snow compressed	greasy	0.2
8	Gritted bitumen, snow compressed	dry	0.15
9	Ice	wet	0.1

## 1.6 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΣΗ

Η επιβράδυνση που μπορεί να αναπτύξει ένα όχημα επηρεάζεται από τους παρακάτω παράγοντες:

A) Ο συντελεστής τριβής μεταξύ τροχών και οδοστρώματος. Ο συντελεστής τριβής με τη σειρά του εξαρτάται από:

- το είδος και την κατάσταση στην οποία βρίσκονται τα ελαστικά
- το είδος του οδοστρώματος
- την ταχύτητα του αυτοκινήτου
- την επαφή των τροχών με το δρόμο
- την κλίση του δρόμου

B) Η θερμοκρασία των επιφανειών που έρχονται σε επαφή κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος. Εάν δεν απάγεται η θερμότητα που παράγεται κατά την πέδηση, η αύξηση της θερμοκρασίας έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση του συντελεστή τριβής και συνεπώς της

απόδοσης πέδησης. Στην περίπτωση αυτή παρουσιάζεται ολίσθηση που είναι γνωστή ως φαινόμενο Fading.

Γ) Φθορά και κακή συντήρηση του συστήματος πέδησης.

Δ) Αν μπλοκάρουν οι τροχοί, ο συντελεστής τριβής ολίσθησης μειώνεται πάρα πολύ με αποτέλεσμα τη μείωση της αποτελεσματικότητας της πέδησης και την αύξηση της απόστασης φρεναρίσματος. Επίσης λόγω της ολίσθησης χάνεται ο έλεγχος της κατεύθυνσης της κίνησης από τον οδηγό.

## **1.7 ΔΙΑΚΕΚΟΜΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΦΡΕΝΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΕΔΗΣΗ**

Με την διακεκομμένη χρήση των φρένων είναι δυνατόν να επιτευχθεί μέγιστη ένταση πέδησης. Κατά το φρενάρισμα, όταν οι τροχοί περιστρέφονται δέχονται μεγαλύτερη επιβραδύνουσα δύναμη σε σχέση με όταν μπλοκάρουν γιατί στην τελευταία περίπτωση ο συντελεστής τριβής εμφανίζεται σημαντικά μειωμένος.

Όταν ο τροχός ολισθαίνει, τα τμήματα του ελαστικού που εφάπτονται στο οδόστρωμα θερμαίνονται πολύ και μαλακώνουν λειτουργώντας τελικά και ως λιπαντικό μέσο. Αν όμως ο οδηγός πατάει διακοπτόμενα το πεντάλ του φρένου, τότε κάθε φορά εφάπτονται στο οδόστρωμα λιγότερο θερμά τμήματα του ελαστικού με αποτέλεσμα τη διατήρηση της μέγιστης επιβραδύνουσας δύναμης.

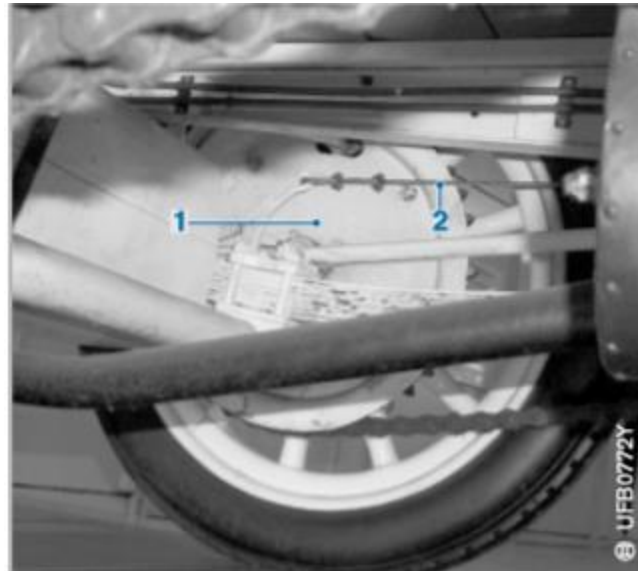
Αυτή η μέθοδος πέδησης αν και έχει καλή απόδοση, απαιτεί μεγάλη επιδεξιότητα και εμπειρία από τον οδηγό για να αποφευχθεί το ντεραπάρισμα με αποτέλεσμα να θεωρείται άνευ πρακτικής αξίας.

## **1.8 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΕΔΗΣΗΣ**

Τα πρώτα αυτοκίνητα που εμφανίστηκαν στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα κινούνταν με πολύ χαμηλές ταχύτητες και συνεπώς δεν υπήρχε ανάγκη για φρένα υψηλών επιδόσεων. Χρησιμοποιήθηκαν φρένα με τακάκια τα οποία τα ενεργοποιούσε ο οδηγός είτε με το χέρι είτε με το πόδι



χρησιμοποιώντας μοχλούς και καλώδια στους σταθερούς πίσω άξονες. Αρχικά μόνο οι πίσω τροχοί είχαν φρένα. Από το 1920 και μετά όλα τα οχήματα ήταν εφοδιασμένα με φρένα τυμπάνων και στους τέσσερις τροχούς.



Εικόνα 1.1 Φρένο τυμπάνου στον πίσω τροχό και η ενεργοποίηση μέσω καλωδίου στην Mercedes Simplex του 1902 [9].



Εικόνα 1.2 Μηχανισμός πεντάλ και μοχλού στη θέση του οδηγού της Mercedes Simplex του 1902 [9].

Έως περίπου το 1950 τα φρένα ήταν μηχανικά. Για την ενεργοποίησή τους χρησιμοποιούνταν συρματόσχοινα. Σήμερα μόνο το χειρόφρενο λειτουργεί με αυτόν τον τρόπο. Το πρώτο υδραυλικό φρένο εισήχθη από την Lockheed το 1919. Το πρώτο αυτοκίνητο με υδραυλικό σύστημα πέδησης ήταν το «Adler Standard» το 1926. Το πρώτο σύστημα υδραυλικής πέδησης σε αγωνιστικά αυτοκίνητα χρησιμοποιήθηκε στα "Silver Arrows" της Mercedes-Benz το 1954. Από τότε το υδραυλικό σύστημα πέδησης καθιερώθηκε στα αυτοκίνητα μαζικής παραγωγής.

Το δισκόφρενο κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από την Αγγλική αυτοκινητοβιομηχανία Lancaster το 1902. Το πρώτο όμως αυτοκίνητο μαζικής παραγωγής εφοδιασμένο με δισκόφρενα ήταν το Citroen DS-19, μισό αιώνα αργότερα, το 1955. Τα πρώτα αυτοκίνητα με δισκόφρενα και στους τέσσερις τροχούς εμφανίστηκαν το 1961 (Mercedes 300 SE, Lancia Flavia και FIAT 2300). Σήμερα σχεδόν όλα τα αυτοκίνητα είναι εφοδιασμένα με δισκόφρενα τουλάχιστον στους μπροστινούς τροχούς.

Το 1978 παρουσιάστηκε το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος ABS από την Bosch. Η ίδια εταιρεία παρουσίασε το 1986 το σύστημα ελέγχου της πρόσφυσης TCS και το 1995 το σύστημα ηλεκτρονικής σταθερότητας ESP στο οποίο έχουν ενσωματωθεί οι λειτουργίες των δύο προηγούμενων συστημάτων.

## **2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΕΔΗΣΗΣ**

### **2.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η λειτουργία του συστήματος πέδησης βασίζεται στην τριβή. Τα ενεργά μέρη το σύστημα πέδησης είναι γενικά τύμπανα και σιαγόνες ή δίσκοι και πλακίδια. Είναι φανερό ότι όσο πιο κοντά στους τροχούς βρίσκονται οι επιφάνειες τριβής, τόσο λιγότερο καταπονείται το μεταξύ τροχών και πέδης σύστημα μετάδοσης της κίνησης (από τις μεγάλες δυνάμεις που δημιουργούνται κατά την πέδηση). Για το λόγο αυτό τα τύμπανα και οι δίσκοι τοποθετούνται ακριβώς στο εσωτερικό του δίσκου του τροχού. Τα τύμπανα και οι δίσκοι συνδέονται με τον τροχό, ενώ οι σιαγόνες και τα πλακίδια με το ακίνητο μέρος του άξονα.

### **2.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΕΔΗΣΗΣ**

Στο σχήμα 2.1 παρουσιάζεται η απλούστερη μορφή του βασικού τμήματος ενός συστήματος πέδησης, που αποτελείται από ένα τύμπανο τοποθετημένο στον κινούμενο άξονα και δύο σιαγόνες, που είναι σταθερά προσαρμοσμένες σε έναν ακίνητο δίσκο. Με έναν κατάλληλο μηχανισμό ανοίγουμε τις σιαγόνες και τις πιέζουμε πάνω στο τύμπανο. Έτσι, με την τριβή που αναπτύσσεται ανάμεσά τους, αναγκάζουμε το τύμπανο να σταματήσει.

Στα αυτοκίνητα συνήθως χρησιμοποιούνται πέδες που αποτελούνται από ένα τύμπανο, το οποίο γυρίζει μαζί με τον τροχό, και από δύο σιαγόνες, που μένουν σταθερά στερεωμένες πάνω στον ακίνητο άξονα. Οι σιαγόνες είναι μέσα στο τύμπανο και η εξωτερική επιφάνειά

τους βρίσκεται σε μικρή απόσταση από την κυλινδρική επιφάνεια του τυμπάνου. Οι σιαγόνες φέρουν μία επένδυση από ένα υλικό που αυξάνει την τριβή (ίδιο με εκείνο που φέρουν οι δίσκοι του συμπλέκτη).

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται πέδες που αποτελούνται από δίσκο ο οποίος στρέφεται μαζί με τον τροχό και βρίσκεται ανάμεσα σε δύο δίσκια τριβής. Αυτά μαζί με το σύστημα που τα συγκρατεί και τα ενεργοποιεί είναι στερεωμένα στο ακίνητο μέρος του άξονα.



Σχήμα 2.1 Απλή μορφή του συστήματος πέδησης [8].

Στα συστήματα με τύμπανα και σιαγόνες, η δύναμη που φέρει σε επαφή τις τριβόμενες επιφάνειες, είναι αυτή που καταβάλλει ο οδηγός με το χέρι του ή το πόδι του και η οποία μεταφέρεται από το σημείο εφαρμογής της, που είναι ο μοχλός της χειροπέδης (χειρόφρενο) ή ποδόπληκτρο (πεντάλ) της πέδης (ποδόφρενο) στις επιφάνειες τριβής. Η μετάδοση της πίεσης αυτής μπορεί να γίνει είτε με ένα μηχανικό σύστημα (μοχλούς), οπότε έχουμε το λεγόμενο μηχανικό σύστημα πέδησης, είτε με ένα υδραυλικό σύστημα και τότε έχουμε το λεγόμενο υδραυλικό σύστημα πέδησης.

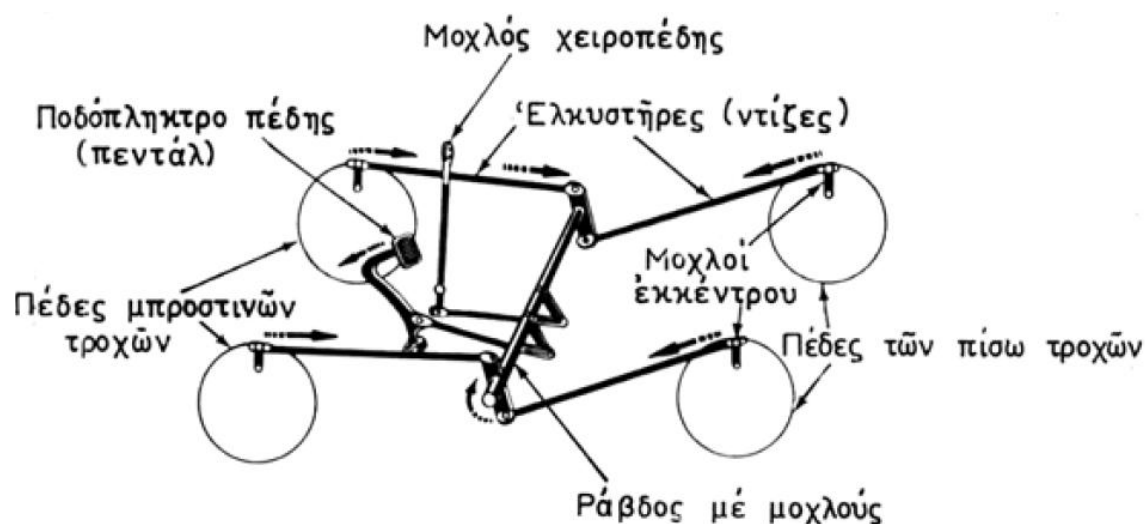
Στα συστήματα με δίσκους η μετάδοση της δύναμης του ποδιού του οδηγού γίνεται πάντα με υδραυλικό σύστημα. Σε περιπτώσεις που η δύναμη του χεριού ή του ποδιού δεν είναι αρκετή, χρησιμοποιούνται μερικά βοηθητικά συστήματα, τα οποία είτε ενισχύουν τη δύναμη του οδηγού όπως π.χ. το ενισχυτικό σύστημα με την υποπίεση του κινητήρα

(σερβόφρενο), είτε χρησιμοποιούν μία εξολοκλήρου ξένη δύναμη όπως π.χ. πεπιεσμένο αέρα ή ηλεκτρισμό.

Στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά το μηχανικό σύστημα πέδησης. Τα υπόλοιπα συστήματα παρουσιάζονται στα επόμενα κεφάλαια.

## 2.3 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΦΡΕΝΑ

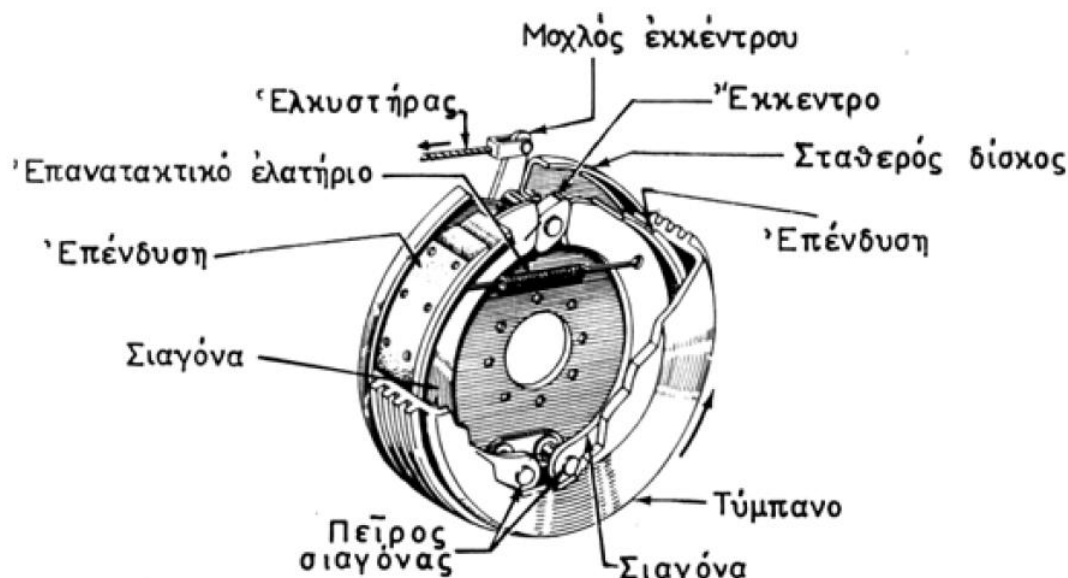
Τα πρώτα φρένα που χρησιμοποιήθηκαν στα αυτοκίνητα έως περίπου το 1950 ήταν μηχανικά (mechanical brakes). Στα σύγχρονα αυτοκίνητα μόνο το χειρόφρενο (handbrake) λειτουργεί με αυτόν τον τρόπο.



Σχήμα 2.2 Σχηματική απεικόνιση του μηχανικού συστήματος πέδησης [5].

Ανάλογα με το είδος του συστήματος πέδησης, οι επιφάνειες τριβής είναι είτε οι σιαγόνες με τα τύμπανα ή ταμπούρα (drum) είτε τα πλακίδια (τακάκια) με τους δίσκους. Η λέξη ταμπούρο παράγεται από την αραβική λέξη tambur που σημαίνει τύμπανο. Στα σχήματα 2.2 και 2.3 φαίνεται μία τυπική διάταξη ενός μηχανικού συστήματος πέδησης. Οι σιαγόνες της πέδης έχουν το ένα άκρο τους στερεωμένο με ένα πείρο πάνω στο σταθερό δίσκο του άξονα. Μπορούν όμως να περιστραφούν

ελεύθερα γύρω από τον πείρο αυτόν. Τα άλλα τους άκρα κρατούνται σε επαφή με ένα έκκεντρο μέσω ενός ελατηρίου (επανατακτικό ελατήριο). Με αυτόν τον τρόπο οι εξωτερικές επιφάνειες των σιαγόνων βρίσκονται σε μικρή απόσταση από την εσωτερική κυλινδρική επιφάνεια του τυμπάνου του τροχού χωρίς όμως να εφάπτονται σε αυτήν.

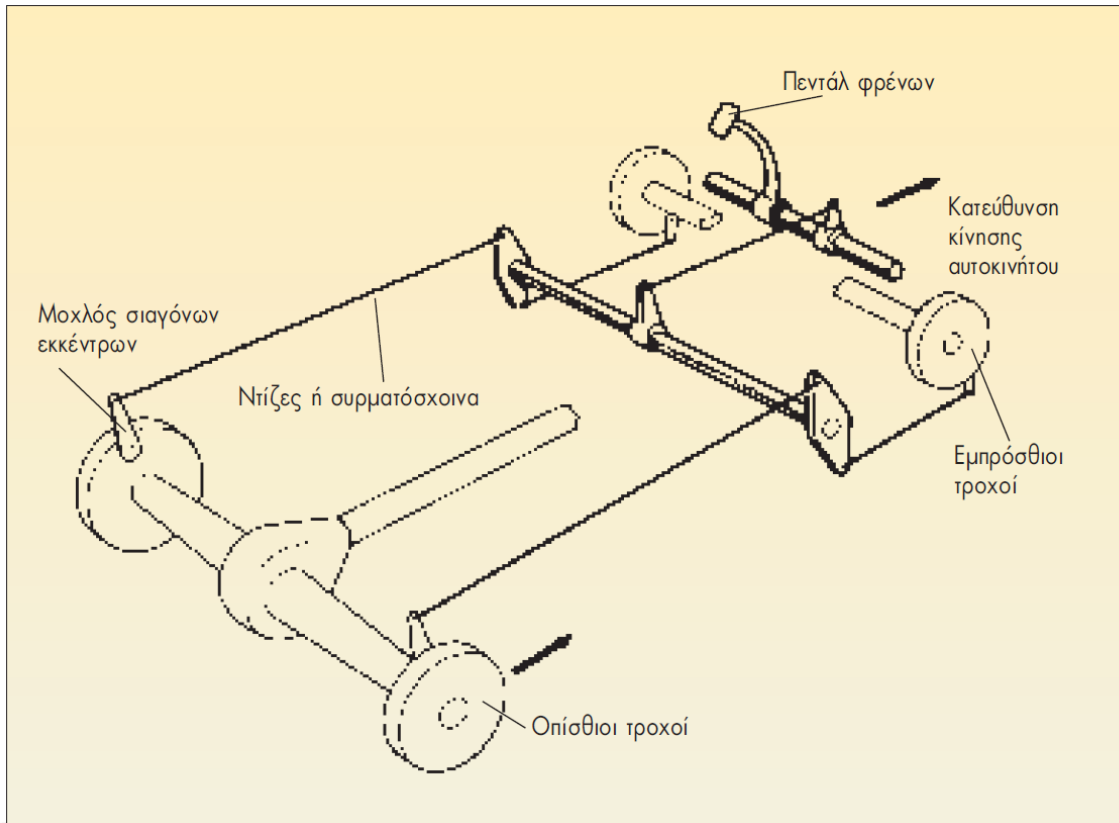


Σχήμα 2.3 Η πέδη του συστήματος που απεικονίζεται στο σχήμα 2.2 [5].

Όταν ο οδηγός πατήσει το ποδόπλητρο (πεντάλ) της πέδης ή τραβήξει το μοχλό της χειροπέδης, η δύναμή του μεταβιβάζεται σε μία ράβδο (σχήμα 2.2) η οποία φέρει μοχλούς. Οι μοχλοί αυτοί καταλήγουν σε ελκυστήρες (ντίζες) οι οποίοι συνδέονται με τους μοχλούς των εκκέντρων (σχήμα 2.3). Έτσι οι βραχίονες αναγκάζονται να περιστραφούν. Η περιστροφή όμως των βραχιόνων αναγκάζει σε περιστροφή και τα έκκεντρα τα οποία ανοίγουν τις σιαγόνες και τις πιέζουν με μεγάλη δύναμη επάνω στα τύμπανα των τροχών. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται η τριβή, η απαιτούμενη για την πέδηση.

Τα τύμπανα και οι δίσκοι τοποθετούνται στο εσωτερικό της ζάντας του τροχού. Οι επιφάνειες τριβής πρέπει να βρίσκονται πολύ κοντά στους τροχούς για την ελαχιστοποίηση της καταπόνησης του συστήματος μετάδοσης κίνησης μεταξύ τροχών και φρένων από τις μεγάλες δυνάμεις που ασκούνται.

Στο σχήμα 2.4 φαίνεται μία διάταξη μηχανικού συστήματος πέδησης που χρησιμοποιήθηκε παλαιότερα στα αυτοκίνητα. Στο σχήμα αυτό φαίνεται πως η δύναμη που ασκείται στο ποδόπληκτρο του φρένου μεταβιβάζεται στους αντίστοιχους μοχλούς ενεργοποίησης των εκκέντρων, τα οποία ανοίγουν τις σιαγόνες.

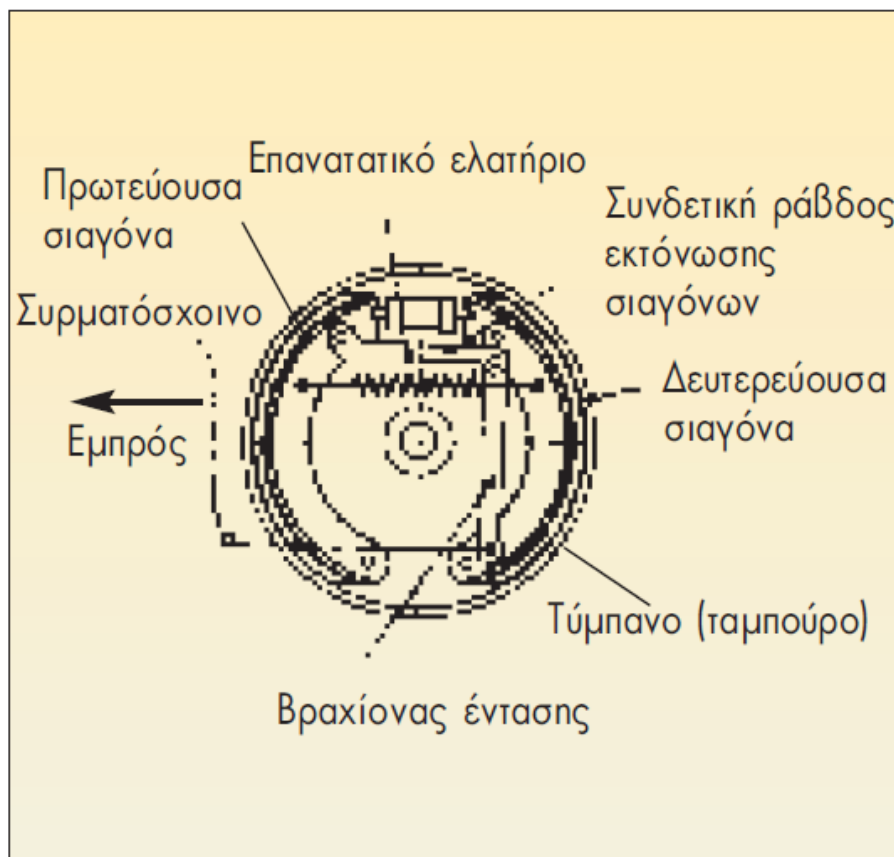


Σχήμα 2.4 Συνολική διάταξη του μηχανικού συστήματος πέδησης [2].

## 2.4 ΧΕΙΡΟΦΡΕΝΟ

Στο σχήμα 2.5 φαίνεται η διάταξη τύπου Σίμπλεξ για το χειρόφρενο (τυμπάνου-σιαγόνων). Η ύπαρξη αυτού του συστήματος πέδησης για τους οπίσθιους τροχούς είναι υποχρεωτική και φυσικά και αναγκαία για τα μικρά αυτοκίνητα. Στα μεγάλα οχήματα η διάταξη του χειροφρένου μπορεί να ενισχύεται και από βοηθητικά συστήματα που εφαρμόζονται σε όλους τους τροχούς του αυτοκινήτου. Ο μοχλός του χειροφρένου συνδέεται με την οπίσθια δευτερεύουσα σιαγόνα μέσω της

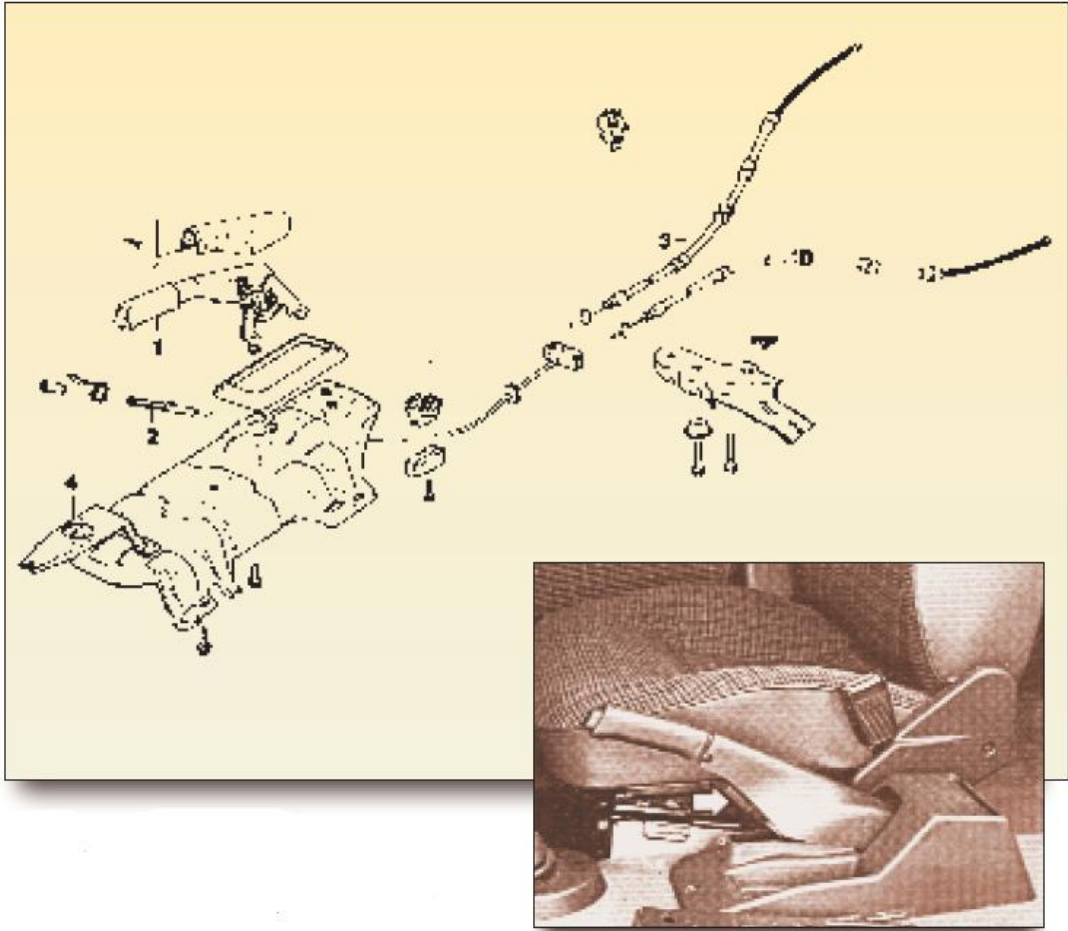
ντίζας και του συρματόσχοινου. Η δύναμη που ασκείται στο μοχλό μεταφέρεται και στην εμπρόσθια πρωτεύουσα σιαγόνα μέσω της συνδετικής ράβδου. Συνεπώς τραβώντας το μοχλό του χειροφρένου, ανοίγουν και οι δύο σιαγόνες των πίσω τροχών και ακινητοποιούν το αυτοκίνητο όταν αυτό δεν κινείται. Το όλο σύστημα είναι τελείως ανεξάρτητο από το κανονικό υδραυλικό σύστημα πέδησης του αυτοκινήτου.



Σχήμα 2.5 Η λειτουργία του χειροφρένου τυμπάνου-σιαγόνων σε διάταξη Σίμπλεξ [2].

Στο σχήμα 2.6 φαίνεται η γενική διάταξη του χειροφρένου που ενεργεί στους πίσω τροχούς. Αρχίζει από το μοχλό του χειροφρένου και φτάνει μέχρι τις άκρες των συρματόσχοινων που συνδέονται με τις σιαγόνες των φρένων.





Σχήμα 2.6 Γενική διάταξη χειροφρένου. 1. Μοχλός ενεργοποίησης μαζί με την οδοντωτή κασάνια 2. Ντίζα χειροφρένου με τις αρθρώσεις 3. Συρματόσχοινα 4. Βάση στήριξης [2].

## 3. ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΔΗΣΗΣ

### 3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τα σύγχρονα αυτοκίνητα χρησιμοποιούν υδραυλικά φρένα. Σε αυτά η πίεση που ασκείται στο πεντάλ του φρένου μεταφέρεται στο μηχανισμό που παράγει την τριβή μέσω ενός ρευστού. Το υδραυλικό σύστημα αποτελείται από αντλία, κυλίνδρους, έμβολα, βαλβίδες και σωληνώσεις μέσα στα οποία βρίσκεται κάποιο ρευστό που ονομάζεται υγρό φρένων. Η λειτουργία των υδραυλικών φρένων βασίζεται στην αρχή του Pascal σύμφωνα με την οποία, η πίεση που ασκείται στην επιφάνεια ενός υγρού μεταδίδεται ομοιόμορφα στο εσωτερικό του και προς όλες τις διευθύνσεις. Στην ίδια αρχή βασίζεται η λειτουργία των υδραυλικών πιεστηρίων των υδραυλικών γρύλλων κ.ά.

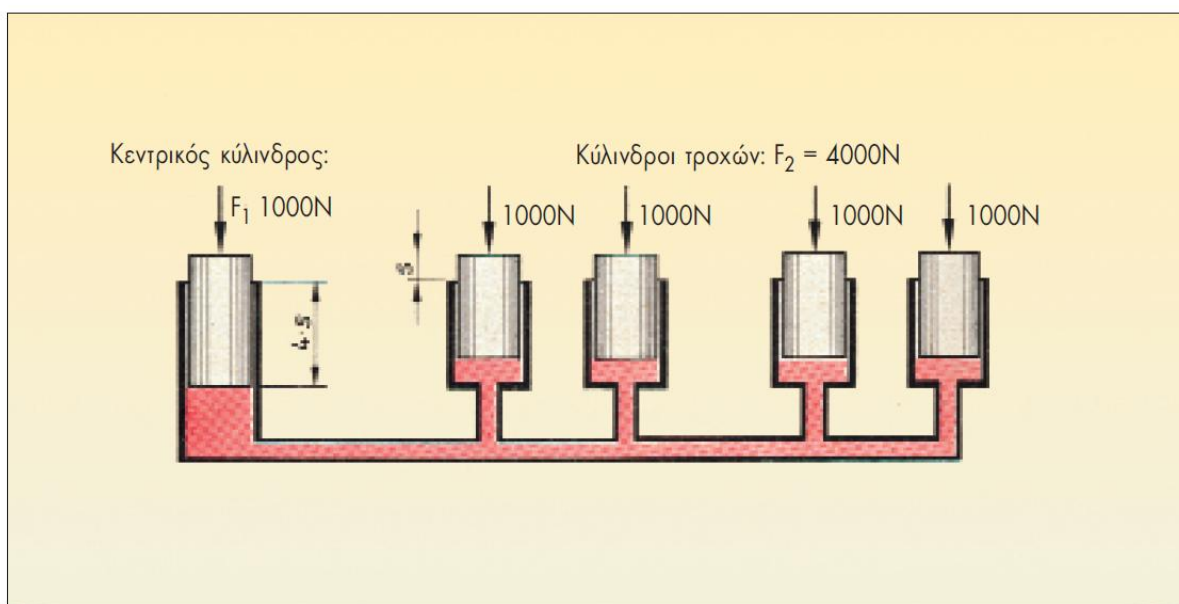
Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε αρχικά με την περιγραφή του υδραυλικού συστήματος πέδησης τύπου τυμπάνου-σιαγόνων. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν οι διαφορές στην περίπτωση που αντί τυμπάνου και σιαγόνων χρησιμοποιούνται δισκόφρενα.

### 3.2 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Στο σχήμα 3.1 φαίνεται ένας κύριος κύλινδρος και οι τέσσερις κύλινδροι τροχών. Ας υποθέσουμε ότι τα έμβολα όλων των κυλίνδρων έχουν εμβαδόν  $1 \text{ cm}^2$ . Όπως φαίνεται και στο σχήμα έστω ότι ασκούμε στο έμβολο του κυρίου κυλίνδρου δύναμη ίση με  $1000\text{N}$ . Τότε η πίεση που ασκείται στο έμβολο είναι ίση με  $\frac{1000\text{N}}{10^{-4}\text{m}^2} = 10^7 \text{ Pa} = 100\text{bar}$ . Λόγω της αρχής του Pascal, η πίεση αυτή μεταδίδεται η ίδια στα έμβολα και των

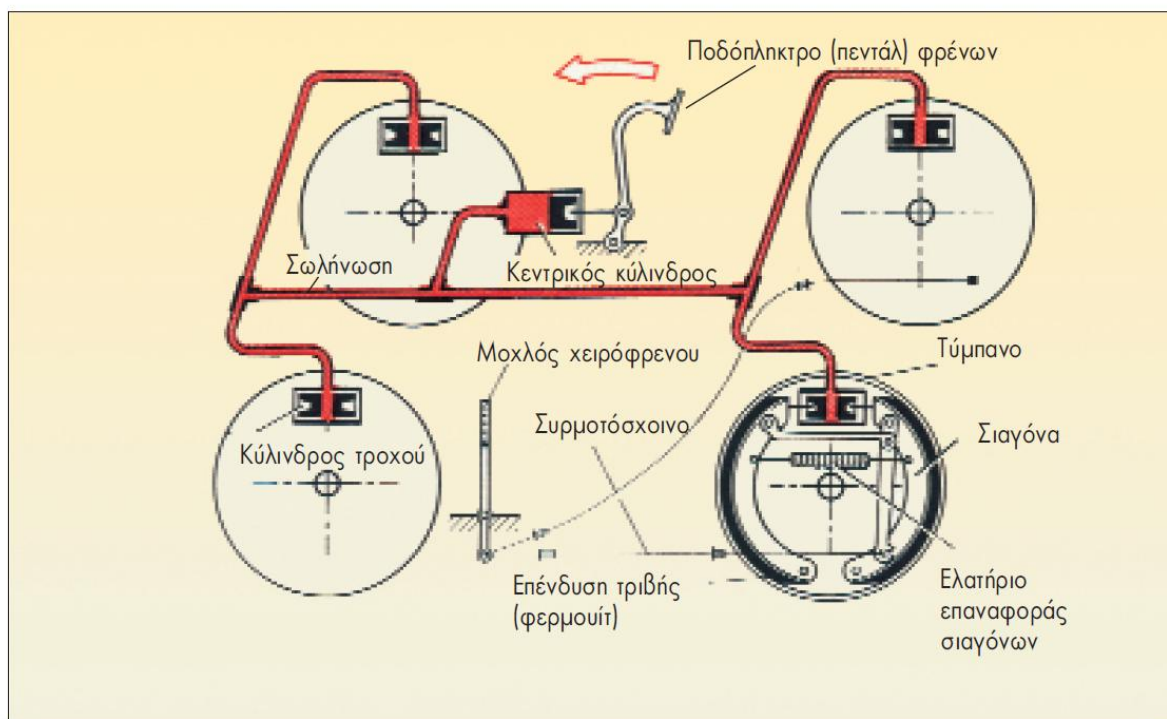
τεσσάρων κυλίνδρων των τροχών. Επειδή όλα τα έμβολα έχουν το ίδιο εμβαδόν, η δύναμη σε κάθε έμβολο θα είναι ίση με 1000N. Δηλαδή, η συνολική δύναμη και στα τέσσερα έμβολα θα είναι 4000N. Με άλλα λόγια έχουμε ένα σύστημα με το οποίο μπορούμε να πολλαπλασιάσουμε την δύναμη που ασκούμε (στην συγκεκριμένη περίπτωση η δύναμη τετραπλασιάζεται). Φυσικά λόγω διατήρησης ενέργειας το συνολικό έργο της δύναμης που ασκείται στον κύριο κύλινδρο θα είναι ίσο με το άθροισμα των έργων των δυνάμεων που κινούν τα έμβολα των τεσσάρων κυλίνδρων των τροχών. Όπως είναι γνωστό, το έργο μιας δύναμης είναι ίσο με το γινόμενο της δύναμης επί την απόσταση που μετακινείται το σημείο εφαρμογής της κατά τη διεύθυνση της δύναμης. Άρα, αν κάθε έμβολο των τεσσάρων κυλίνδρων μετακινηθεί κατά διάστημα  $S$ , τότε το έμβολο του κυρίου κυλίνδρου θα πρέπει να έχει μετακινηθεί κατά διάστημα  $4S$ , ώστε να ισχύει:

$$1000 \cdot 4S = 4 \cdot 1000 \cdot S$$



Σχήμα 3.1 Απλοποιημένη μορφή του υδραυλικού συστήματος πέδησης όπου φαίνεται η εφαρμογή του νόμου του Pascal [2].

Στο σχήμα 3.2 φαίνεται η εφαρμογή της παραπάνω ιδέας στο υδραυλικό σύστημα πέδησης. Επίσης, στα σχήματα 3.2 και 3.3 φαίνονται όλα τα βασικά εξαρτήματα του υδραυλικού συστήματος.

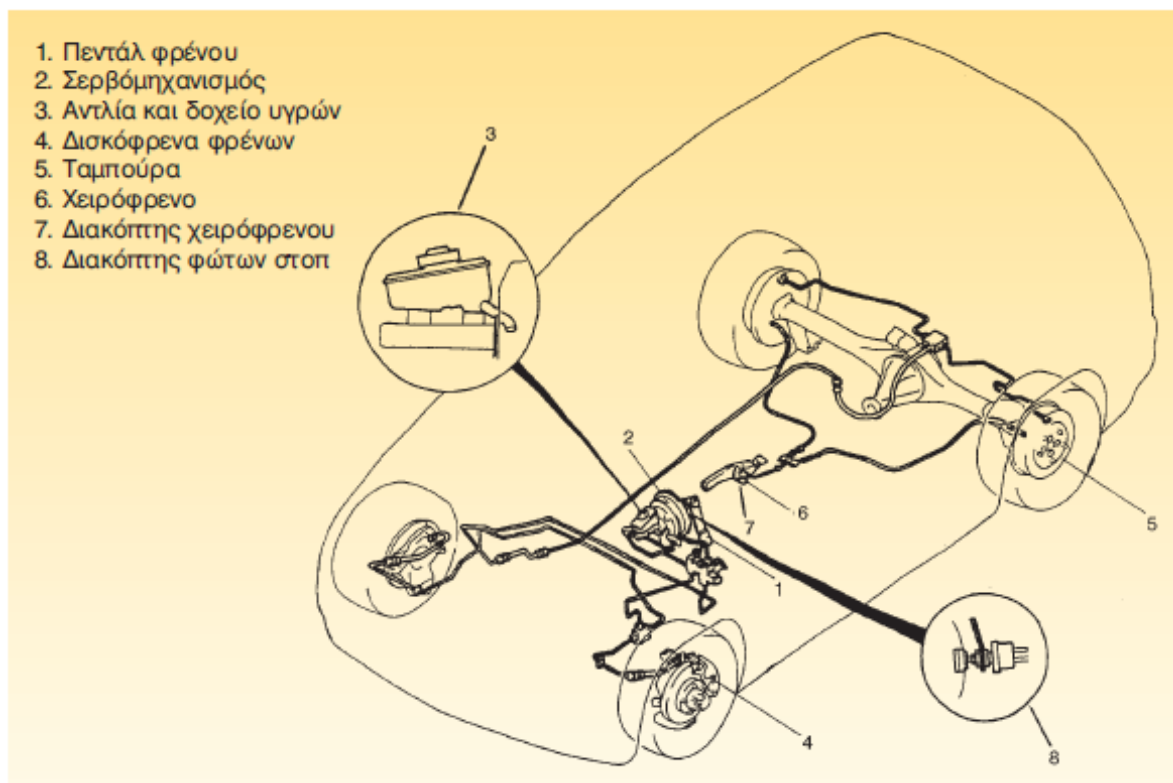


Σχήμα 3.2 Εφαρμογή της αρχής του Pascal στο υδραυλικό σύστημα πέδησης [2].

Το κύριο μέρος του συστήματος αυτού είναι ο κεντρικός κύλινδρος μέσα στον οποίο κινείται ένα έμβολο. Ο κύλινδρος αυτός συνδέεται με σωληνάκια με τέσσερις άλλους κυλίνδρους που βρίσκονται ανάμεσα στις σιαγόνες των φρένων και ονομάζονται κύλινδροι των τροχών. Όλοι οι κύλινδροι και τα σωληνάκια είναι γεμάτα με ένα υγρό. Όταν πιέσουμε το πεντάλ (ποδόπληκτρο) του φρένου, η πίεση (δύναμη ανά μονάδα εμβαδού) που θα ασκηθεί στο έμβολο του κεντρικού κυλίνδρου, μεταφέρεται ακαριαία στα έμβολα των κυλίνδρων των τροχών. Η δύναμη που ασκείται στα έμβολα (πίεση επί εμβαδόν) εξαναγκάζει τις σιαγόνες να ανοίξουν. Αυτές έρχονται σε επαφή με το τύμπανο, πιέζονται ισχυρά πάνω σε αυτό και έτσι αναπτύσσεται σημαντική τριβή μεταξύ σιαγόνων και τυμπάνου. Μέσω του έργου της τριβής αυτής η κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου μετατρέπεται σε

θερμότητα και επιτυγχάνεται το φρενάρισμα δηλαδή η επιβράδυνση του αυτοκινήτου.

Ο κεντρικός κύλινδρος ονομάζεται και εντολοδότης κύλινδρος ενώ οι τέσσερις κύλινδροι των τροχών ονομάζονται και εντολοδόχοι κύλινδροι (ή αλλιώς κυλινδράκια).



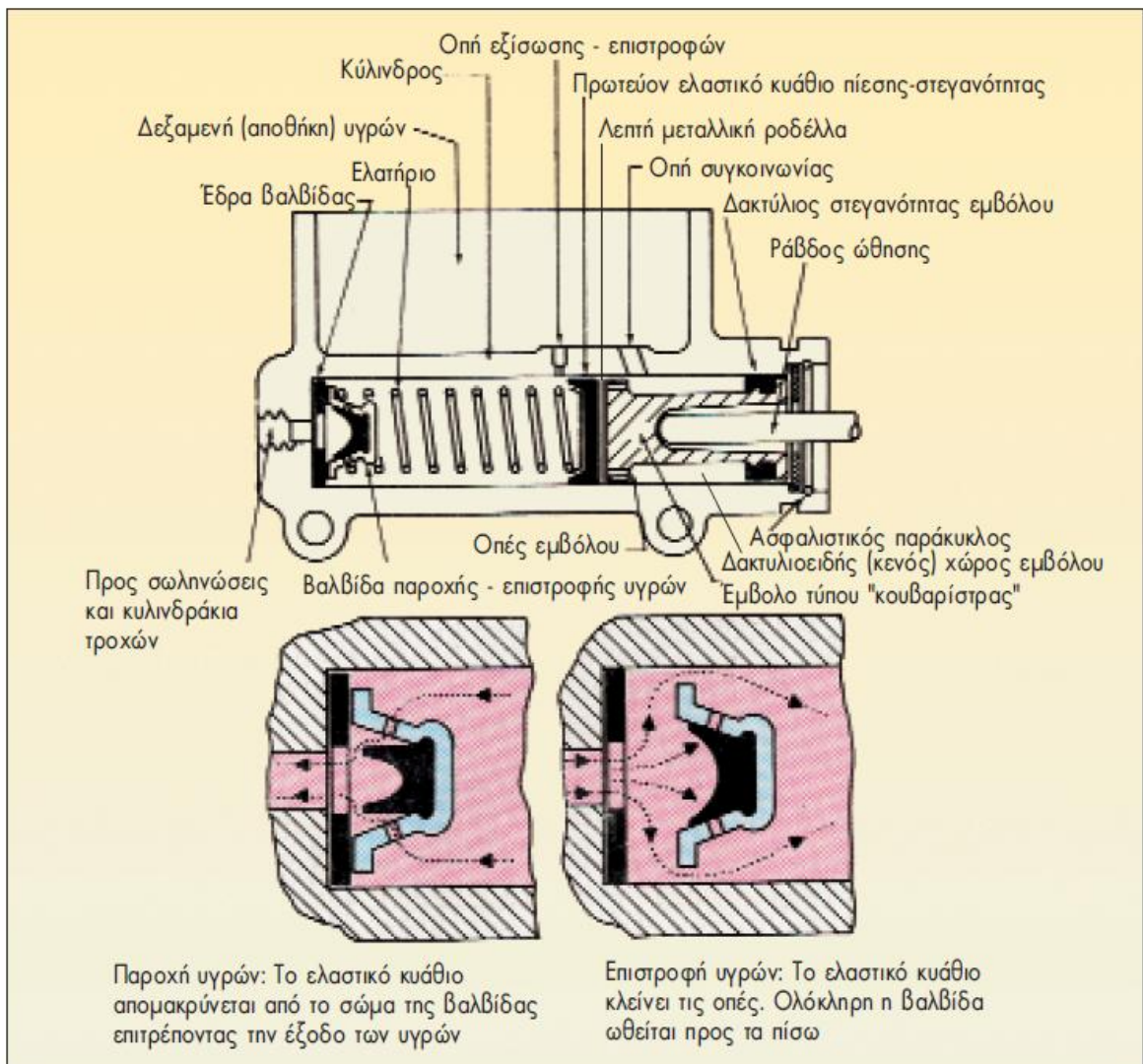
Σχήμα 3.3 Το κύκλωμα ενός τυπικού υδραυλικού συστήματος πέδησης [7].

### 3.3 ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ

Ο κεντρικός κύλινδρος (master cylinder) είναι η κύρια μονάδα στο σύστημα πέδησης που μετατρέπει τη δύναμη που ασκεί το πόδι του χειριστή σε πίεση ρευστού για τη λειτουργία των κυλίνδρων του τροχού.

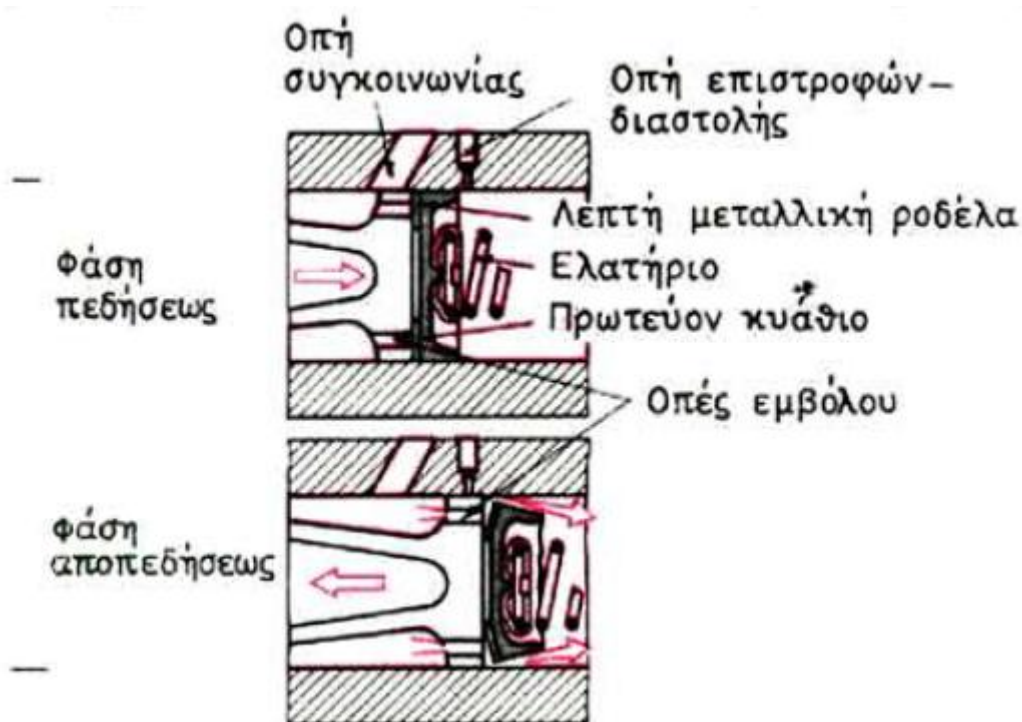
Σε γενικές γραμμές αποτελείται (σχήμα 3.4) από τον κορμό που έχει τον κύλινδρο μέσα στον οποίο κινείται το έμβολο, από τη δεξαμενή του υγρού πέδησης και από το σύστημα του εμβόλου.

Το έμβολο έχει δύο δίσκους επαφής με τον κύλινδρο και έναν πλατύ λαιμό μεταξύ τους. Ο μπροστινός δίσκος φέρει περιφερειακά μερικές μικρές οπές. Μπροστά από το δίσκο υπάρχει ένα ελαστικό κυάθιο για τη στεγανότητα, ένα ελατήριο και μια βαλβίδα. Στον πίσω δίσκο το έμβολο φέρει έναν ελαστικό δακτύλιο στεγανότητας και ένα σύστημα ασφάλειας που απαγορεύει στο σύστημα του εμβόλου να βγει από τον κύλινδρο. Πάνω στον κύλινδρο επενεργεί η ωστική ράβδος. Όλο το σύστημα κυλίνδρου-εμβόλου και δεξαμενής είναι γεμάτο με ένα κατάλληλο υγρό.



Σχήμα 3.4 Ο κύριος κύλινδρος [2].

Ο κύλινδρος συνδέεται με τη δεξαμενή του υγρού των φρένων με δύο οπές. Η μεγαλύτερη σε διάμετρο οπή (οπή συγκοινωνίας ή οπή παροχής) έχει την έξοδό της στον δακτυλιοειδή κενό χώρο ενώ η μικρότερη σε διάμετρο οπή (οπή επιστροφής υγρών ή οπή εξίσωσης ή οπή διαστολής) έχει την έξοδό της μπροστά από το πρωτεύον ελαστικό κυάθιο του εμβόλου.



Σχήμα 3.5 Συμπεριφορά πρωτεύοντος κυαθίου στεγανότητας κατά την πέδηση και αποπέδηση [8].

Όταν πιέσουμε το πεντάλ, η κίνησή του μεταδίδεται στο έμβολο και αυτό κινείται προς τα εμπρός. Αρχικά το υγρό από την οπή εξίσωσης γυρίζει στη δεξαμενή. Μόλις όμως το έμβολο κινηθεί λίγο προς τα εμπρός η οπή κλείνει, το κυάθιο της βαλβίδας παροχής-επιστροφής υγρών υποχωρεί (σχήμα 3.4) και το υγρό κινείται προς τους κυλίνδρους των τροχών.

Όταν πάψει η πίεση στο πεντάλ, τότε το έμβολο με την ενέργεια του ελατηρίου του γυρίζει πίσω αμέσως, ενώ η αδράνεια και οι τριβές εμποδίζουν το υγρό που είναι μέσα στους σωλήνες να γυρίσει πίσω γρήγορα. Έτσι δημιουργείται υποπίεση μέσα στον κύλινδρο στο χώρο

του ελατήριου με αποτέλεσμα παραμόρφωση των χειλιών του πρωτεύοντος ελαστικού κυαθίου στεγανότητας (σχήμα 3.5), αποκόλλησή τους από τον κύλινδρο και δίοδο υγρού, από τις περιφερειακές οπές του εμβόλου, από το πίσω μέρος του προς το εμπρός. Τη στιγμή αυτή υπάρχει μέσα στον κύλινδρο και τους σωλήνες περισσότερο υγρό από αυτό που είχαν πριν αρχίσει η πίεση στο πεντάλ.

Έτσι εξηγείται και το πώς οι πεπειραμένοι οδηγοί ξεπερνούν την κακή λειτουργία σε φθαρμένα συστήματα πέδησης. Ενώ δηλαδή, όταν πιέσουμε το πεντάλ για πρώτη φορά αυτό κατεβαίνει ελεύθερα σχεδόν μέχρι κάτω (μέχρι το σανίδι όπως συνηθίζουμε να λέμε) και οι πέδες δεν πιάνουν, όταν η κίνηση αυτή επαναληφθεί γρήγορα δύο ή τρεις φορές (όπως ακριβώς κάνουμε για τη λειτουργία μιας αντλίας), το πεντάλ παύει να υποχωρεί ελεύθερα μέχρι κάτω και τα φρένα αρχίζουν να πιάνουν έστω και προσωρινά. Ο κύλινδρος δηλαδή, λειτουργεί περίπου όπως η αντλία και γεμίζει το κενό που δημιουργείται από μια κακή ρύθμιση ή φθορά στις επενδύσεις των σιαγόνων.

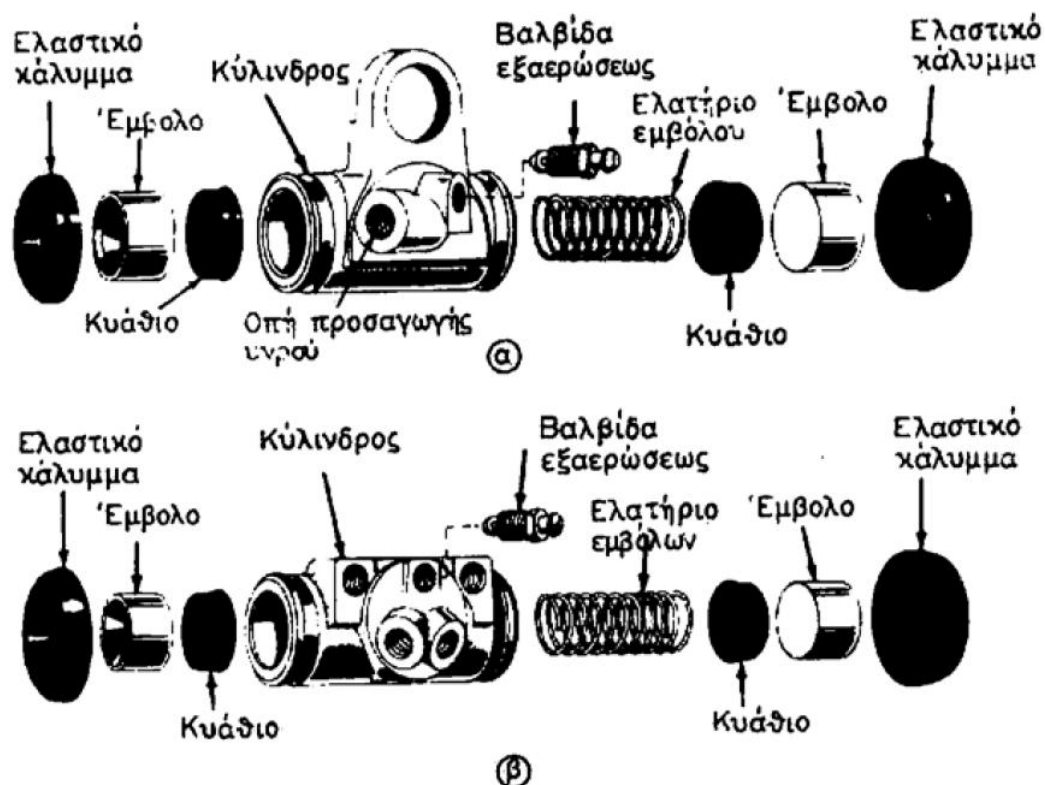
Όταν το έμβολο έρθει στη θέση ηρεμίας του, τότε το υγρό με την επίδραση των επανατατικών ελατηρίων των σιαγόνων, πιέζει και ανοίγει τη βαλβίδα παροχής-επιστροφής η οποία συγκρατείται σε κλειστή θέση με το ελατήριο του κεντρικού κυλίνδρου και γυρίζει σιγά-σιγά στον κύλινδρο, ενώ ταυτόχρονα από την οπή εξίσωσης-επιστροφής ανεβαίνει στη δεξαμενή του υγρού. Αυτό γίνεται μέχρι να εξισωθεί η δύναμη των επανατατικών ελατηρίων με τη δύναμη του ελατηρίου του κεντρικού κυλίνδρου. Έτσι στη θέση αυτή κλείνει η βαλβίδα παροχής-επιστροφής από το ελατήριο, ενώ στο υδραυλικό σύστημα υπάρχει μια πίεση (περίπου 0.5atm) αντίστοιχη βέβαια με την τάση του ελατηρίου που κρατά κλειστή τη βαλβίδα. Έτσι υπάρχει πάντα κάποια πίεση στο σύστημα πέδησης που εμποδίζει την είσοδο αέρα και ενεργοποιεί ακαριαία το όλο σύστημα.

### **3.4 ΚΥΛΙΝΔΡΟΙ ΤΩΝ ΤΡΟΧΩΝ**

Οι κύλινδροι των τροχών είναι πολύ απλοί. Στηρίζονται στην πλάκα στήριξης των σιαγόνων («κιθάρα») που είναι μέρος του ακίνητου



άξονα. Στο σχήμα 3.6 φαίνονται τα τμήματα που αποτελούν έναν τέτοιο κύλινδρο.

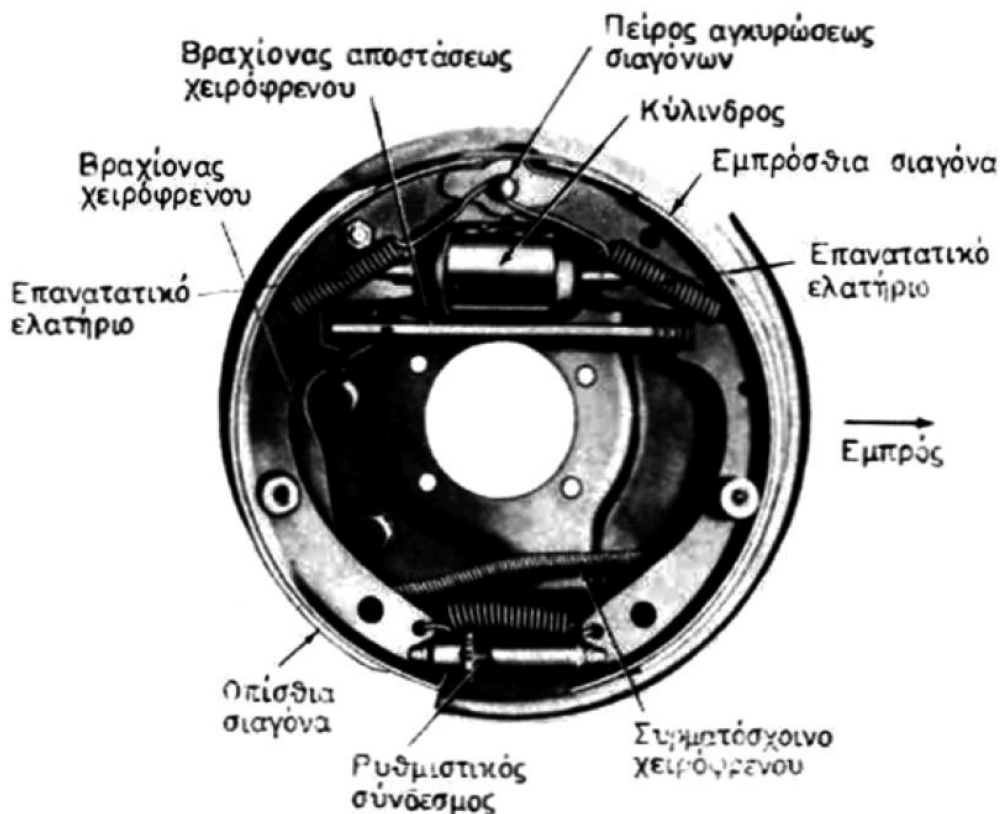


Σχήμα 3.6 Η δομή ενός κυλίνδρου τροχού του υδραυλικού συστήματος πέδησης, α) κύλινδρος μπροστινού τροχού, β) κύλινδρος οπίσθιου τροχού [8].

Κάθε κύλινδρος αποτελείται από ένα λείο εσωτερικά κυλινδρικό σώμα ανοικτό στα άκρα. Ο κύλινδρος φέρει οπή στο μέσο του για τη σύνδεση του σωληνίσκου προσαγωγής του υγρού πέδησης καθώς και οπή εξαερισμού για την προσαρμογή της βαλβίδας εξαερώσεως (σχήμα 3.6). Μέσα στον κύλινδρο τοποθετούνται, το ένα απέναντι στο άλλο, δύο στεγανωτικά κυάθια από ελαστικό και δύο έμβολα. Ανάμεσα στα κυάθια υπάρχει ελατήριο που τα εμποδίζει να έλθουν σε επαφή. Τα έμβολα στηρίζονται πάνω στις σιαγόνες με τα ωστήριά τους. Με αυτόν τον τρόπο κάθε κίνηση των εμβόλων μεταδίδεται στις σιαγόνες.

Κατά την πέδηση το υγρό που έρχεται από τον κεντρικό κύλινδρο πιέζει μέσω των ελαστικών κυαθίων και αυτά με τα ωστήριά τους πιέζουν τις σιαγόνες. Όταν πάψει η πίεση του υγρού, τα επανατατικά

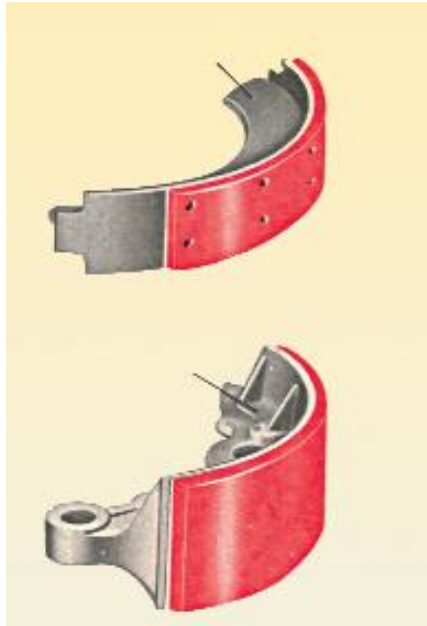
ελατήρια πιέζουν τα έμβολα και αναγκάζουν το υγρό να επιστρέψει στον κύλινδρο (σχήμα 3.7).



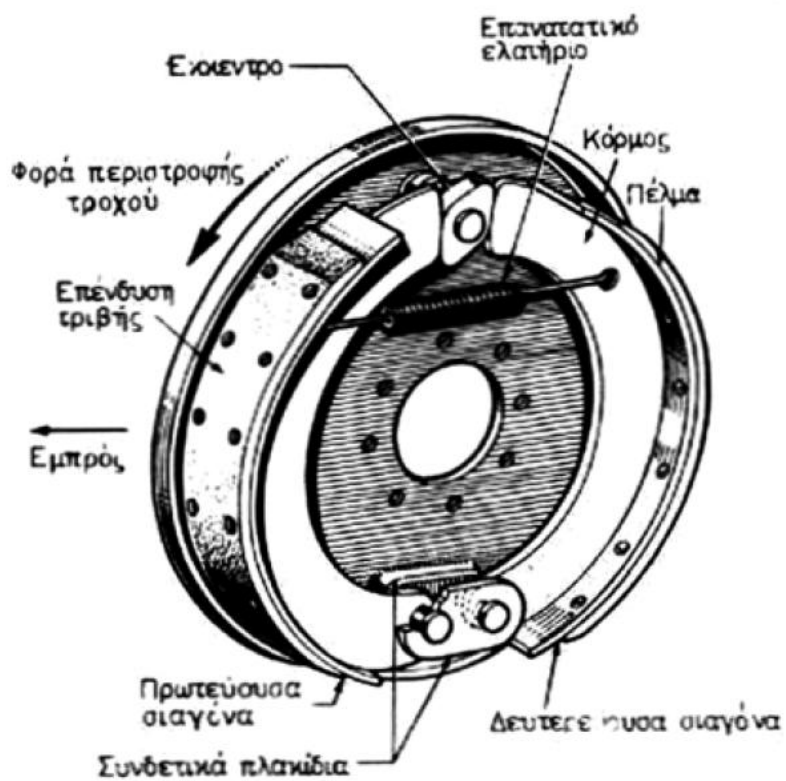
Σχήμα 3.7 Κύλινδρος και σιαγόνες τροχού υδραυλικού συστήματος πέδησης [8].

### 3.5 ΣΙΑΓΟΝΕΣ

Οι σιαγόνες (σχήμα 3.8) είναι κατασκευασμένες από χυτό χάλυβα ή από συγκολλημένα φύλλα ελατού χάλυβα. Η διατομή τους έχει σχήμα απλού T. Το πέλμα τους διαμορφώνεται σε τμήμα κύκλου, ο οποίος έχει ακτίνα μικρότερη από την ακτίνα του τυμπάνου κατά το πάχος της επένδυσης (σχήμα 3.8).

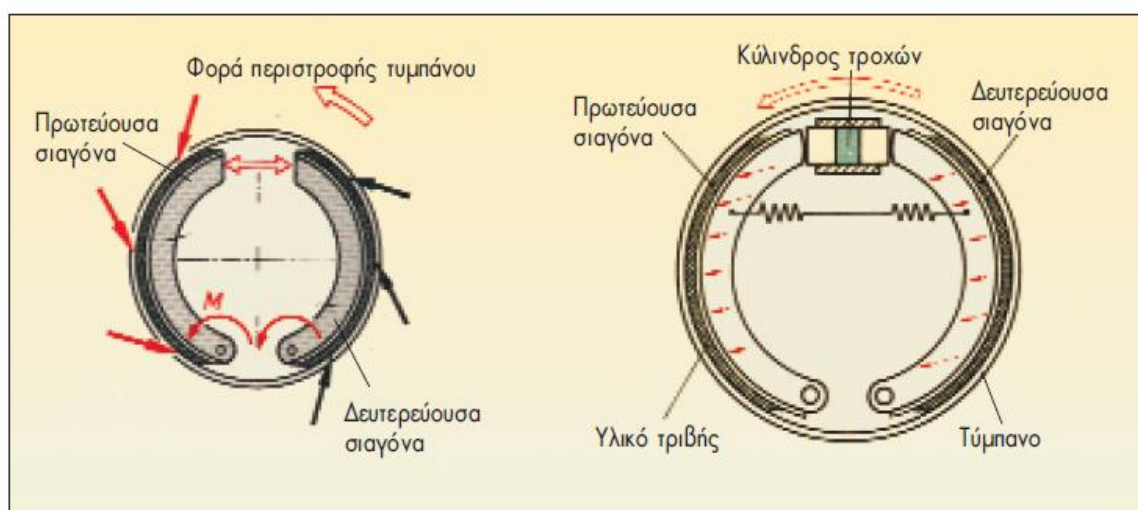


Σχήμα 3.8 Σιαγόνες από συγκολλημένα φύλλα ελατού χάλυβα (επάνω) και από χυτό χάλυβα ή χυτό κράμα αλουμινίου (κάτω) [2].



Σχήμα 3.9 Οι σιαγόνες πέδης [8].

Επάνω στο πέλμα στερεώνεται η επένδυση τριβής (φερμουίτ) με κόλληση ή κάρφωμα. Τα καρφιά είναι ημισωληνωτά, ορειχάλκινα και η κεφαλή τους είναι βυθισμένη τελείως μέσα στο υλικό της επένδυσης (για να μην τρίβεται και χαράζει το τύμπανο). Η κόλληση γίνεται κυρίως με θέρμανση και συμπίεση θερμοπλαστικής ρητίνης. Ένα ζεύγος σιαγόνων αποτελείται από την πρωτεύουσα ή οδηγό σιαγόνα και τη δευτερεύουσα ή οδηγούμενη σιαγόνα. Στο σχήμα 3.10 δείχνονται δύο είδη σιαγόνων καθώς επίσης και η διάταξη της αυτοενίσχυσης που παρουσιάζεται μόνο στην οδηγό σιαγόνα.



Σχήμα 3.10 Αυτοενίσχυση στην οδηγό σιαγόνα [2].

Ανάλογα με τη διάταξη στήριξης εμφανίζεται αυτοενίσχυση είτε στη μία είτε και στις δύο σιαγόνες, από ροπές που οφείλονται στην τριβή. Στην περίπτωση αυτή, η ροπή στρέψης που προκαλείται από την τριβή σπρώχνει τη σιαγόνα προς το τύμπανο με αποτέλεσμα την ενίσχυση της πέδησης.

Έχουν κατασκευαστεί διάφορες διατάξεις κυλίνδρων σιαγόνων, όπως: Simplex, Duplex, Duo Duplex, Servo, Duo Servo

### 3.6 ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ

Οι σωληνώσεις μεταφοράς του υγρού αποτελούνται από χαλύβδινους σωληνίσκους που φτάνουν ως ένα σημείο του πλαισίου κοντά στους τροχούς. Από εκεί συνεχίζει ένας εύκαμπτος ενισχυμένος ελαστικός σωληνίσκος (μαρκούτσι) μέχρι το στόμιο εισαγωγής στους κυλίνδρους των τροχών αφού βιδωθούν σε κατάλληλα συνδετικά άκρα (ρακόρ).

### 3.7 ΥΓΡΑ ΦΡΕΝΩΝ

Στα σύγχρονα υδραυλικά συστήματα πέδησης χρησιμοποιούνται υγρά φρένων τα οποία έχουν ως βάση τη γλυκόλη. Παρουσιάζουν χαμηλό σημείο πήξης και υψηλό σημείο ζέσεως και δεν αντιδρούν καθόλου με το σίδηρο και το πλαστικό. Οι διεθνείς προδιαγραφές των υγρών αυτών έχουν καθορισθεί από το DOT (Department of Transportation) των ΗΠΑ. Τα υγρά DOT3 χρησιμοποιούνται σε υδραυλικά συστήματα πέδησης με τύμπανα και τα υγρά DOT4 σε υδραυλικά συστήματα με τύμπανα και δισκόφρενα ή μόνο δισκόφρενα. Τα DOT4 παρουσιάζουν μεγαλύτερη ρευστότητα σε χαμηλές θερμοκρασίες και πολύ υψηλά σημεία ζέσεως (περίπου 230°C). Επίσης κυκλοφορούν και τα Super DOT5 με ακόμη μεγαλύτερη αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες και καλύτερη συμπεριφορά στην υγρασία.

Στα επιθυμητά χαρακτηριστικά των υγρών φρένων συμπεριλαμβάνονται η όσο το δυνατόν μικρότερη συμπίεστικότητα και η χαμηλή υγροσκοπικότητα (δηλαδή να μην απορροφούν υγρασία). Επίσης οι ιδιότητες των υγρών φρένων πρέπει να μην εξαρτώνται πολύ από την θερμοκρασία σε ένα μεγάλο θερμοκρασιακό εύρος.

Η απορρόφηση υγρασίας (πάνω από 4%) έχει σαν αποτέλεσμα την πιθανότητα ατμοποίησης του υγρού, ειδικά στους κυλίνδρους των τροχών, με αποτέλεσμα την αύξηση της συμπίεστικότητάς του. Το γεγονός αυτό έχει πολύ σημαντική αρνητική επίδραση στην ικανότητα πέδησης.

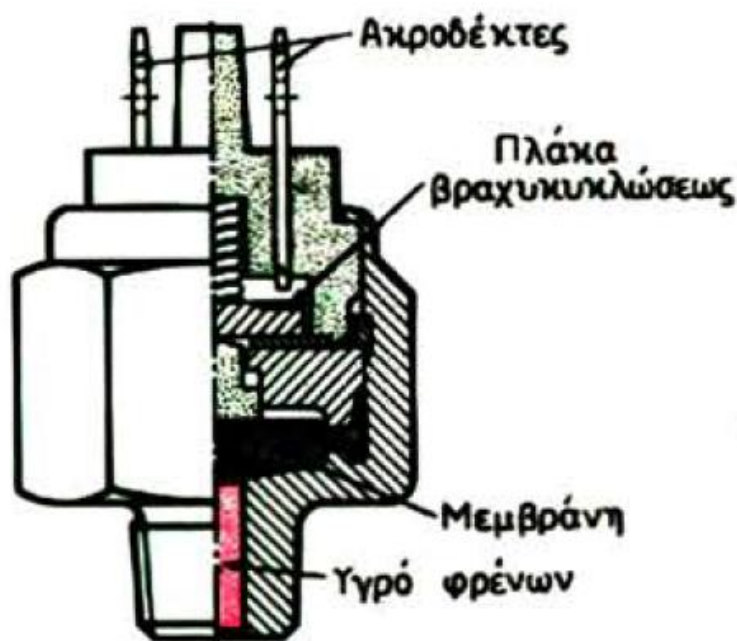
Τα υγρά φρένων δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να ανακατεύονται με ορυκτά έλαια (πετρέλαιο, λιπαντικά κ.τ.λ.) γιατί τα τελευταία προκαλούν φθορές στα κυάθια των κυλίνδρων. Επίσης δεν πρέπει να αναμειγνύονται υγρά φρένων διαφορετικών κατασκευαστών γιατί μπορεί

τα διαφορετικά χημικά συστατικά που περιέχονται σε αυτά να αντιδράσουν μεταξύ τους με άγνωστο αποτέλεσμα.

### 3.8 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Όταν ο οδηγός πιέσει το πεντάλ του φρένου, πιέζεται και το υγρό και αναγκάζει το διάφραγμα των οπών της βαλβίδας να υποχωρήσει, περνά στα σωληνάκια, φτάνει στον κύλινδρο του τροχού και αναγκάζει τα δύο έμβολα να απομακρυνθούν και να πιέσουν με τα ωστήριά τους τις σιαγόνες. Έτσι οι σιαγόνες ανοίγουν και πιέζουν το τύμπανο του τροχού και το ακινητοποιούν.

Τη στιγμή που γίνεται η πέδηση ανάβουν τα φώτα των στοπ, με τα οποία προειδοποιούνται τα οχήματα που ακολουθούν ότι το αυτοκίνητο επιβραδύνεται. Τα φώτα αυτά ανάβουν μέσω μιας βαλβίδας η οποία ενεργοποιείται με την πίεση των υγρών των φρένων, όπου βραχυκυκλώνονται οι δύο επαφές της.



Σχήμα 3.11 Βαλβίδα ενεργοποίησης φώτων φρένων [8].

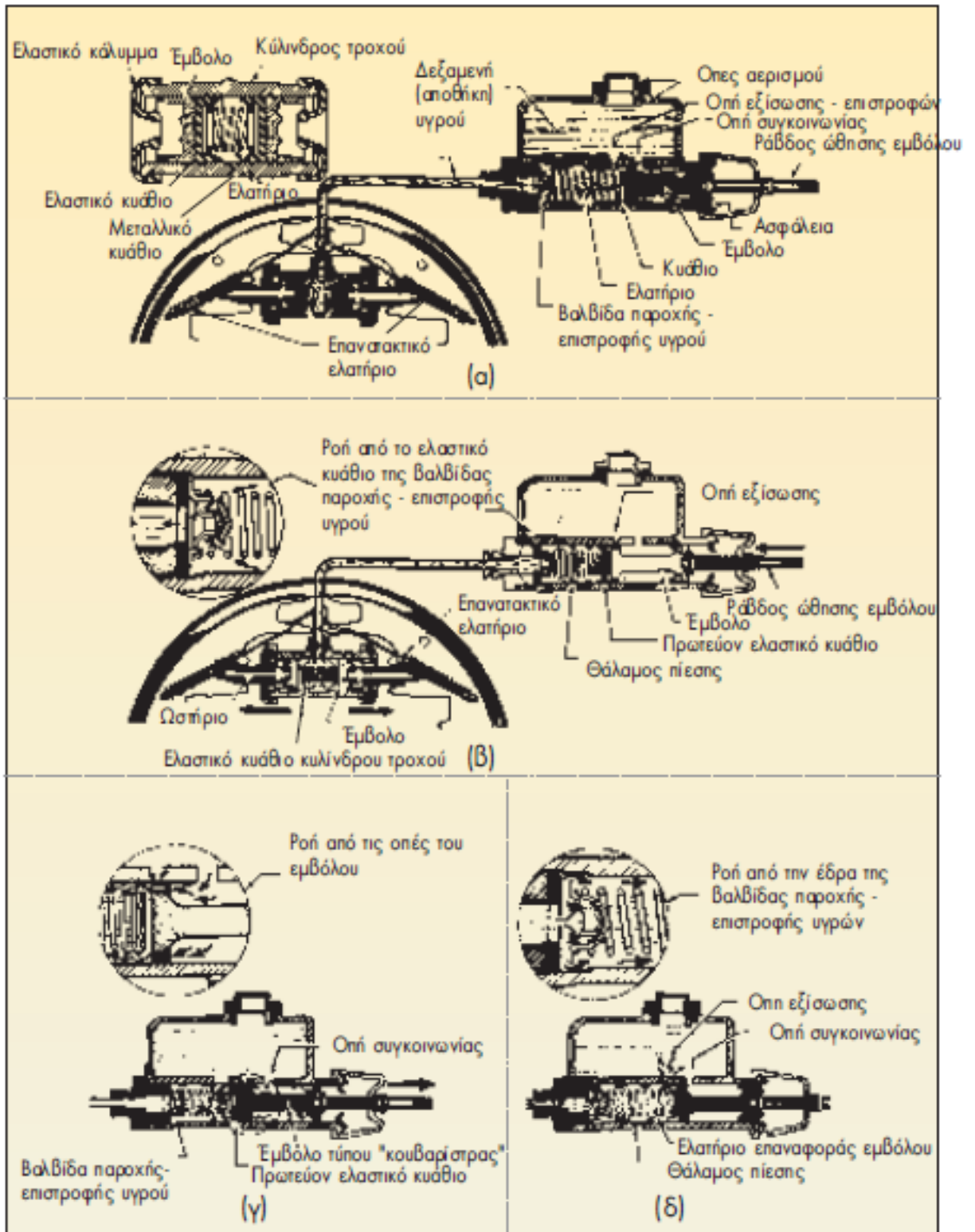
Όταν ο οδηγός αφήσει ελεύθερο το πεντάλ, το ελατήριο του κεντρικού κυλίνδρου πιέζει το έμβολο προς τα εμπρός και τότε, επειδή το υγρό που βρίσκεται στους κυλίνδρους των τροχών και στις σωληνώσεις δεν προλαβαίνει να επιστρέψει και να καταλάβει τον κενό χώρο, που αφήνει το έμβολο στην υποχώρησή του, έρχεται άλλο υγρό από τη δεξαμενή μέσω της οπής συγκοινωνίας και των περιφερειακών οπών του δίσκου του εμβόλου. Το υγρό αυτό, αφού ανασηκώσει το ελαστικό κύαθιο, συμπληρώνει το κενό που έχει δημιουργηθεί στο θάλαμο πίεσης.

Εν τω μεταξύ όμως τα επανατατικά ελατήρια των σιαγόνων πιέζουν μέσω των ωστηρίων τους τα έμβολα των κυλίνδρων των τροχών και αναγκάζουν το υγρό να φύγει από τους κυλίνδρους των τροχών, να περάσει τις σωληνώσεις, να ανασηκώσει ολόκληρη τη βαλβίδα επιστροφής του κεντρικού κυλίνδρου και να φτάσει στο θάλαμο πίεσης. Από εκεί, μέσω της οπής εξίσωσης καταλήγει στη δεξαμενή του υγρού.

Όταν η πίεση του υγρού εξισωθεί με την πίεση του ελατηρίου του κεντρικού κυλίνδρου πάνω στη βαλβίδα, η επιστροφή του υγρού σταματά, η βαλβίδα κλείνει και όλο το σύστημα κυλίνδρων, τροχών και σωληνώσεων μένει με πίεση λίγο παραπάνω από μία ατμόσφαιρα. Με τον τρόπο αυτόν τα χείλη των κυαθίων των εμβόλων μένουν σε σταθερή επαφή με τον κύλινδρο και αποφεύγεται η είσοδος αέρα στο σύστημα. Ο κεντρικός κύλινδρος έχει μόνο την ατμοσφαιρική πίεση.

Το υδραυλικό σύστημα πέδησης είναι απλό, οικονομικό και πολύ αποτελεσματικό. Θέλει όμως προσοχή ώστε να αποφεύγεται η διαρροή του υγρού και η είσοδος αέρα μέσα στις σωληνώσεις και τους κυλίνδρους του. Γι' αυτό το λόγο μετά από οποιαδήποτε επέμβαση στο υδραυλικό σύστημα πέδησης ενός οχήματος απαιτείται προσεκτική εξαγωγή του αέρα (εξαέρωση των φρένων).

Στα πλεονεκτήματα του επίσης περιλαμβάνεται η γρήγορη μεταφορά της πίεσης από το πεντάλ στους τροχούς και η ευχέρεια αυξομείωσης της πίεσης του οδηγού στο πεντάλ του φρένου.



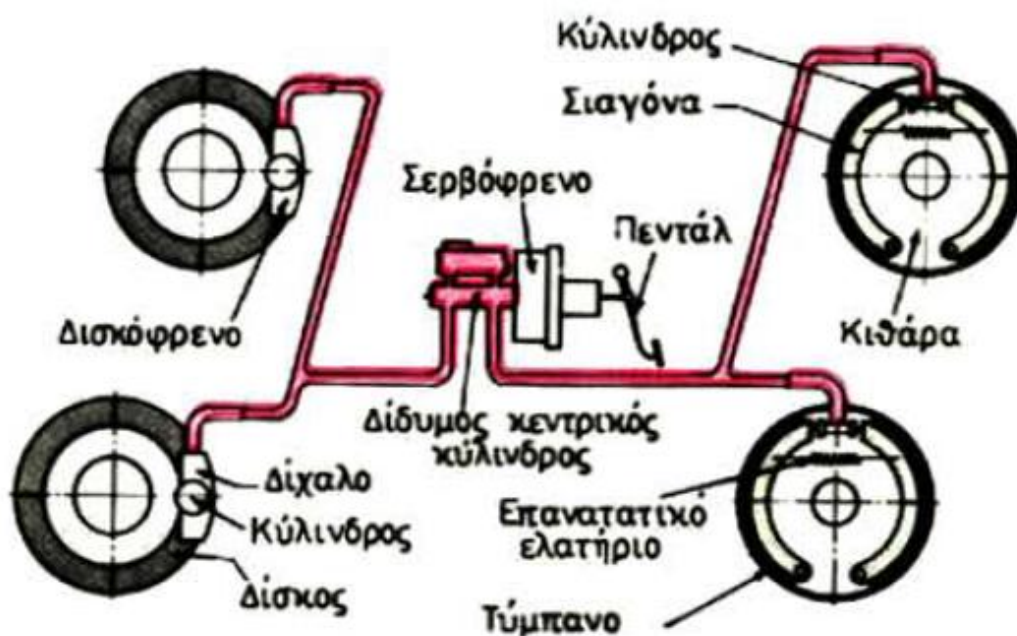
Σχήμα 3.12 Σχηματική αναπαράσταση της λειτουργίας του υδραυλικού συστήματος πέδησης (α) πέδη σε ηρεμία, (β) πέδη σε λειτουργία, (γ) έναρξη απελευθέρωσης της πέδης, (δ) τέλος απελευθέρωσης της πέδης [2].



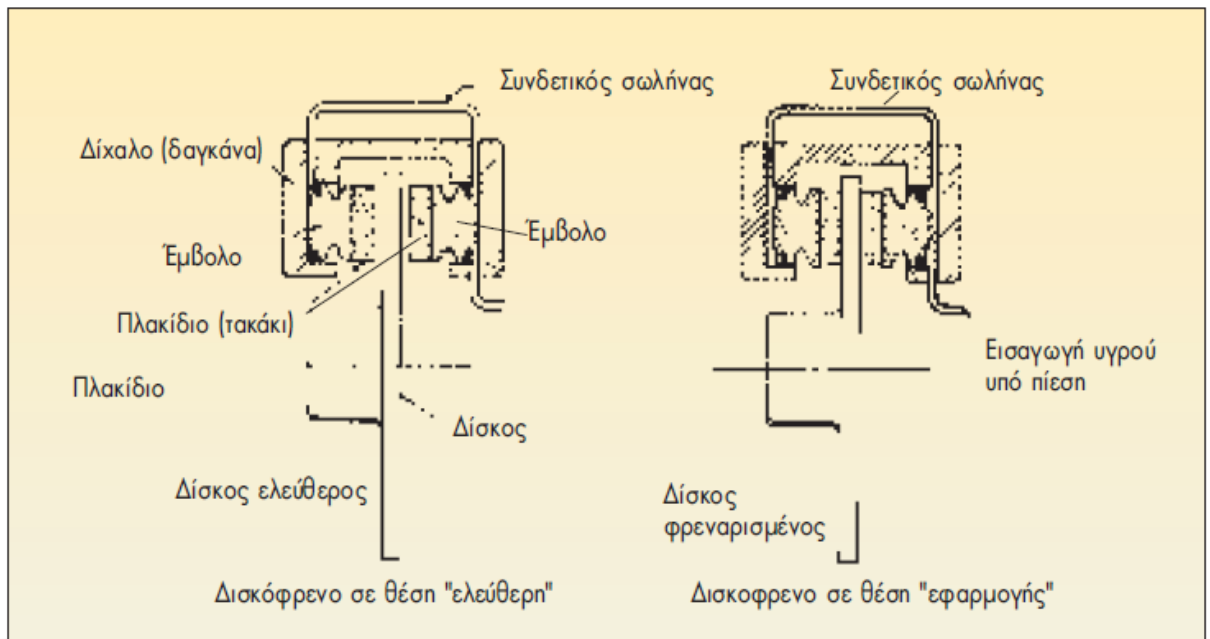
### 3.9 ΔΙΣΚΟΦΡΕΝΑ

Επειδή τα φρένα τύπου τυμπάνου-σιαγόνων παρουσιάζουν κάποιες αδυναμίες, στα περισσότερα σύγχρονα αυτοκίνητα συναντάμε ένα μεικτό σύστημα φρένων: Τυμπανόφρενα στους πίσω τροχούς και δισκόφρενα στους μπροστινούς (σχήμα 3.13). Αυτός ο συνδυασμός συμβάλλει σημαντικά στη βελτίωση της απόδοσης του συστήματος πέδησης. Η κύρια αδυναμία του συστήματος τυμπάνου-σιαγόνων είναι η έλλειψη επαρκούς αερισμού στα σημεία όπου αναπτύσσεται η τριβή, με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση τυμπάνου και σιαγόνων, ειδικά σε περιπτώσεις εντατικής χρησιμοποίησης.

Έτσι, στα σύγχρονα επιβατηγά οχήματα είναι πολύ διαδεδομένη η χρήση δίσκων και πλακιδίων (τακάκια). Στο σύστημα πέδησης με δίσκους και πλακίδια, ο τροχός αντί για το τύμπανο έχει ένα δίσκο που κινείται ανάμεσα στα σκέλη ενός σταθερού δίχαλου το οποίο καλύπτει ένα μικρό τομέα του δίσκου.



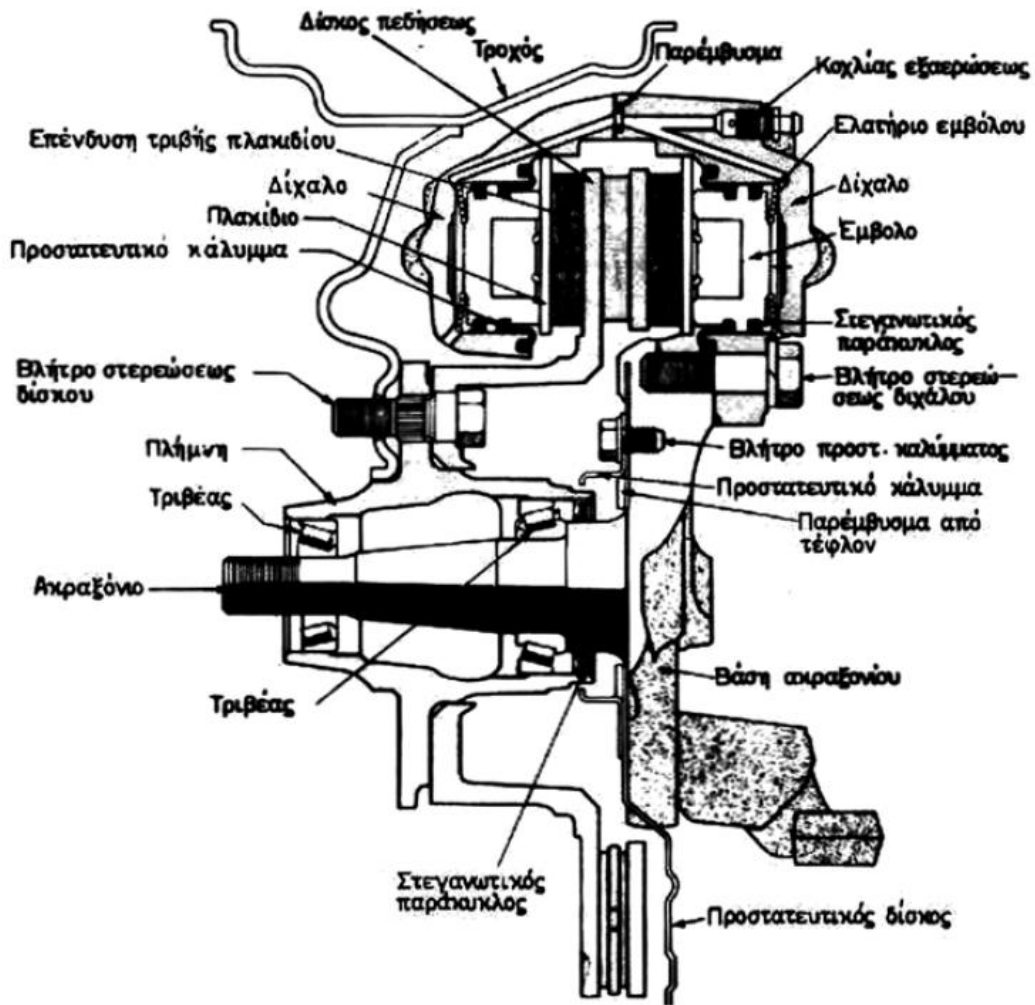
Σχήμα 3.13 Σχηματική απεικόνιση του μεικτού συστήματος πέδησης με τυμπανόφρενα στους πίσω τροχούς και δισκόφρενα στους μπροστινούς τροχούς [8].



Σχήμα 3.14 Αρχή λειτουργίας του συστήματος πέδησης με δίσκους τριβής [2].

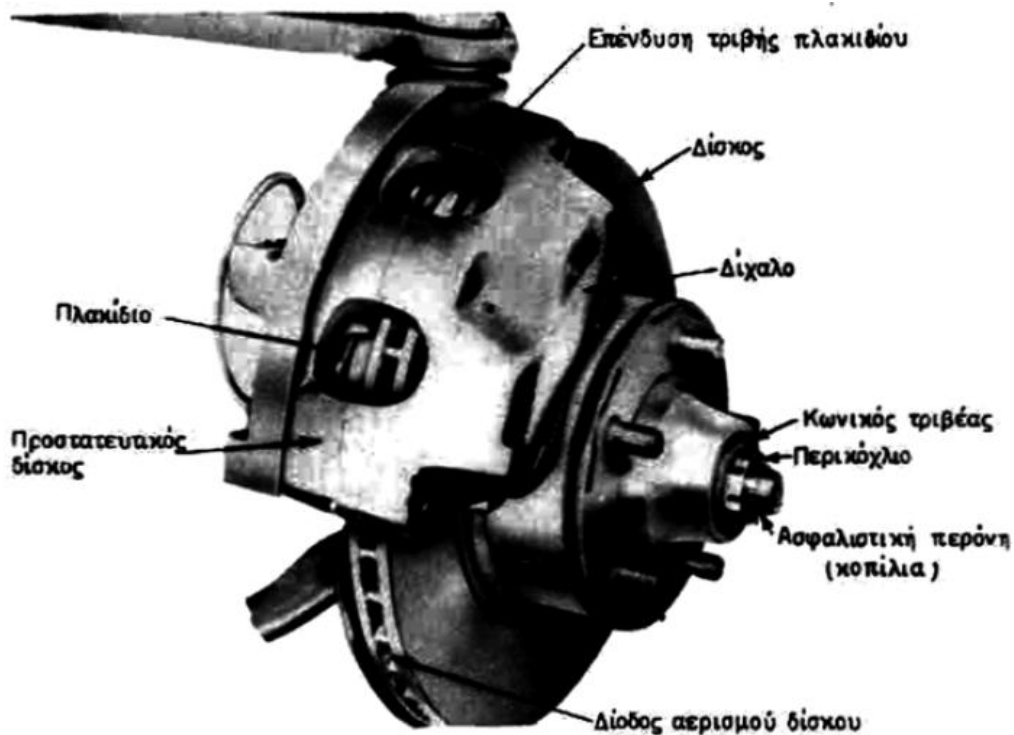
Κάθε σκέλος του δίχαλου αυτού έχει έναν ή δύο κυλίνδρους με έμβολα που καταλήγουν σε χαλύβδινο πλακίδιο. Επάνω στο πλακίδιο είναι κολλημένη επένδυση από υλικό που αυξάνει την τριβή (πλακίδιο τριβής ή τακάκι τριβής). Έτσι ο δίσκος κινείται ανάμεσα στα πλακίδια τριβής.

Όταν ο οδηγός πιέσει το πεντάλ του φρένου, το υγρό έρχεται με πίεση πίσω από τα έμβολα που βρίσκονται μέσα στους δύο κυλίνδρους του δίχαλου και τα αναγκάζει να σφίξουν το δίσκο ανάμεσά τους και να τον ακινητοποιήσουν. Είναι φανερό ότι η ψύξη του δίσκου είναι πολύ καλύτερη από την ψύξη του τυμπάνου επιτρέποντας έτσι μεγαλύτερες δυνάμεις πέδησης και συνεπώς ακινητοποίηση του αυτοκινήτου σε μικρότερο χρόνο χωρίς τον κίνδυνο υπερθέρμανσης του συστήματος πέδησης.



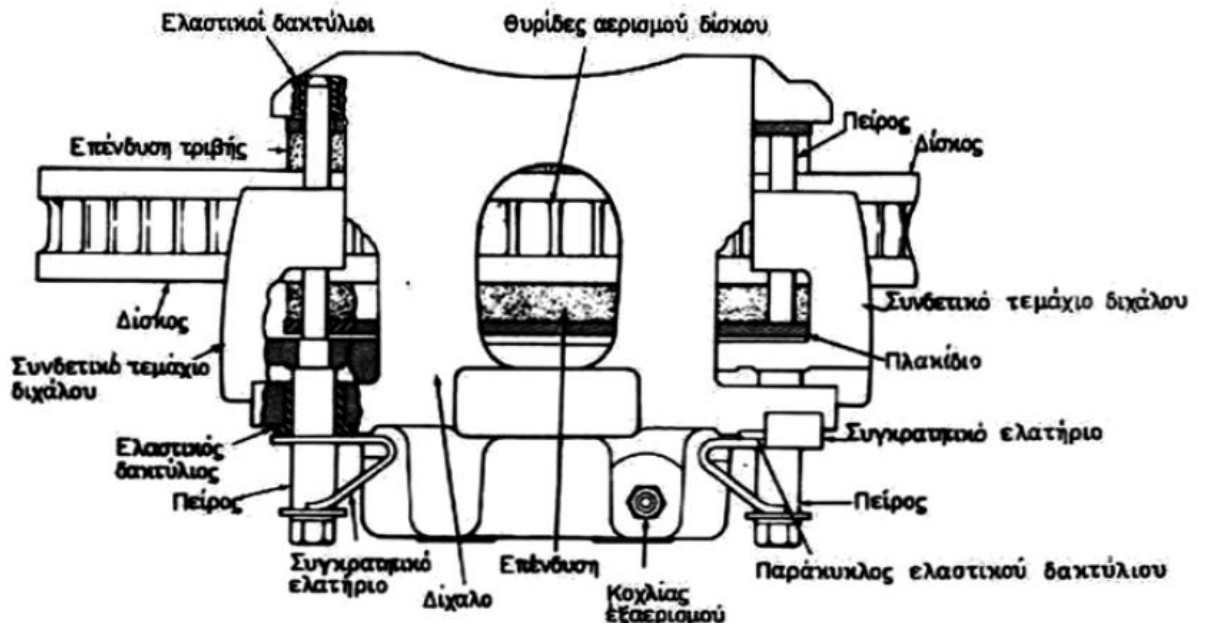
Σχήμα 3.15 Δισκόφρενο (δισκοπέδη) [8].

Για ακόμη καλύτερη ψύξη υπάρχουν και δίσκοι με μορφή πτερωτής φυγοκεντρικής αντλίας (σχήμα 3.16). Αυτοί οι δίσκοι, στο μέρος που εφαρμόζεται η πίεση του πλακιδίου έχουν δύο επιφάνειες, ανάμεσα στις οποίες σχηματίζονται δίοδοι αέρα. Κατά την περιστροφή του δίσκου, ρεύμα αέρα περνά με μεγάλη ταχύτητα λόγω της φυγοκεντρικής δύναμης από τις διόδους του δίσκου και τον ψύχει πολύ αποτελεσματικά.

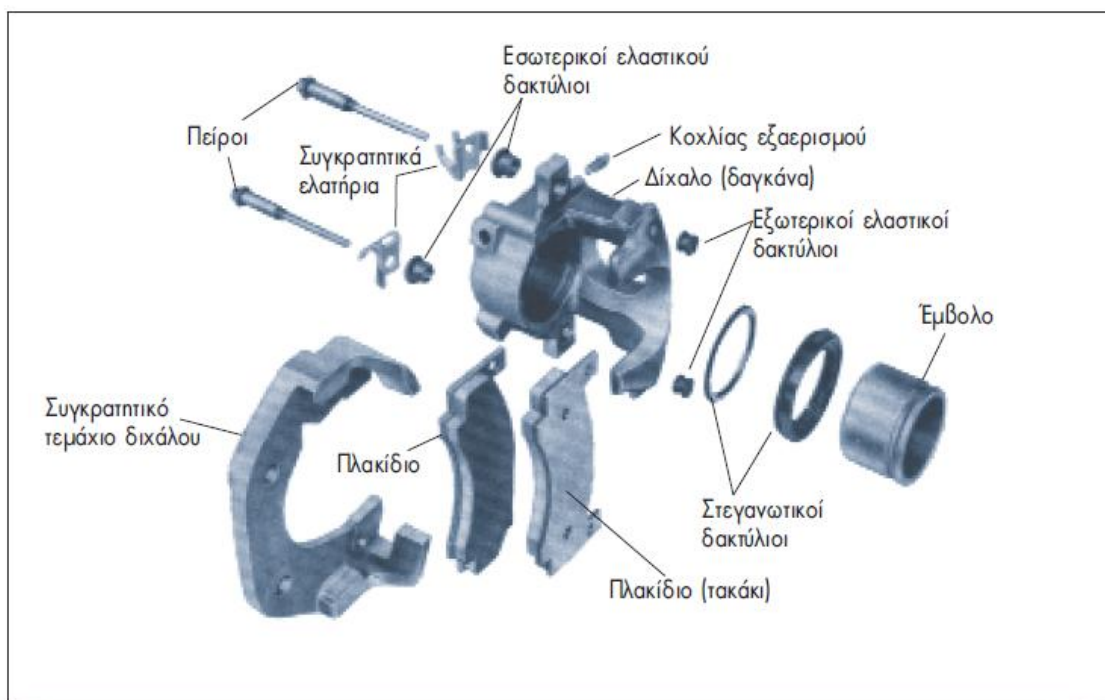


Σχήμα 3.16 Σύστημα δισκόφρενου με δίοδο αέρα για αποτελεσματικότερη ψύξη (αεριζόμενος δίσκος) [8].

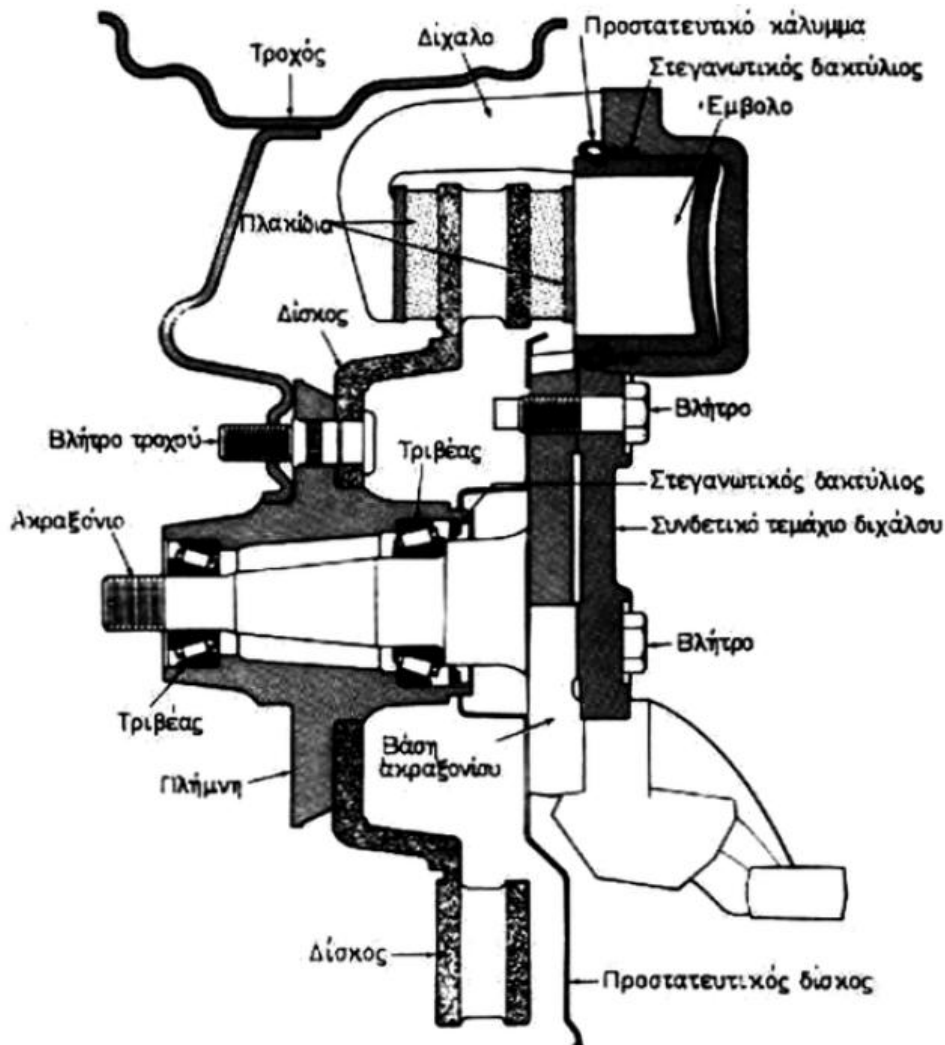
Σε μερικά συστήματα το δίχαλο έχει έμβολο ή έμβολα μόνο στο ένα σκέλος του και πλακίδια τριβής και στα δύο σκέλη. Στην περίπτωση αυτή (σχήμα 3.17) το δίχαλο δεν στερεώνεται κατευθείαν στη βάση του ακραζόνιου, αλλά με ειδικό συνδετικό τεμάχιο. Στο τεμάχιο αυτό το δίχαλο στηρίζεται με δύο πείρους με ελαστικά δακτυλίδια, έτσι ώστε να επιτρέπει μικρή μετακίνηση κάθετα προς το δίσκο. Τη στιγμή λοιπόν του φρεναρίσματος υποχωρεί λίγο το δίχαλο και προσαρμόζεται στο δίσκο ομοιόμορφα και στις δύο πλευρές του.



Σχήμα 3.17 Σύστημα πέδησης με δίσκο με έμβολα μόνο στο ένα μέρος του δικάλου [8].



Σχήμα 3.18 Τα εξαρτήματα που αποτελούν το σύστημα του σχήματος 3.17 [2].



Σχήμα 3.19 Τομή συστήματος πέδησης του σχήματος 3.17 [8].

Σε άλλα οχήματα οι δίσκοι έχουν αντικαταστήσει τα τύμπανα και στους τέσσερις τροχούς ενώ σε άλλα μόνο στους δύο μπροστινούς (σχήμα 3.13).

Σε σχέση με το σύστημα τυμπάνου-σιαγόνων τα δισκόφρενα παρουσιάζουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα [1,7]:

### Πλεονεκτήματα

- Τα δισκόφρενα προσφέρουν αυξημένη ένταση δύναμης ανά μονάδα μάζας
- Προσφέρουν ομοιόμορφη και ομαλή δύναμη πέδης με οποιαδήποτε αρχική ταχύτητα του οχήματος

- Οι τριβόμενες επιφάνειες τους απάγουν καλύτερα την θερμότητα (αυτό οφείλεται στο ότι τα πέλματα του δισκόφρενου έχουν μικρό μήκος και η επιφάνεια τους καλύπτει περίπου 12-16% της επιφάνειας του δίσκου)
- Συντηρούνται εύκολα
- Είναι ελαφριά
- Έχουν μικρό μέγεθος

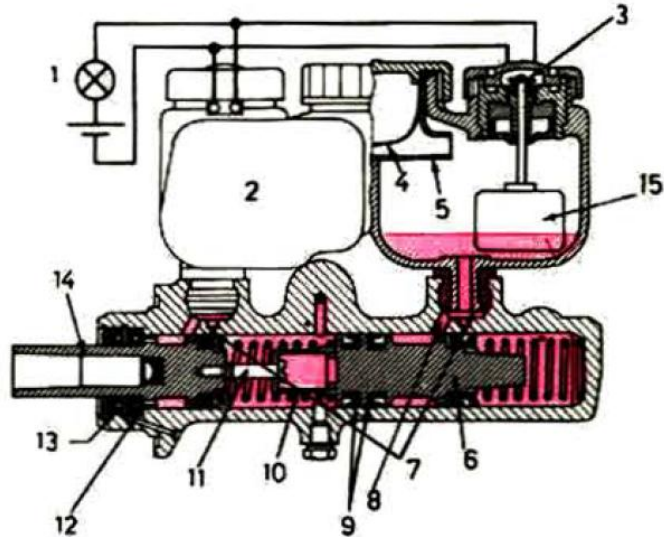
### **Μειονεκτήματα**

- Φθείρονται γρήγορα οι επενδύσεις
- Χρησιμοποιούνται δύσκολα ως πέδη στάθμευσης
- Επειδή οι επιφάνειες τους είναι ακάλυπτες και λερώνονται εύκολα μειώνεται η ικανότητα πέδησης τους
- Απαιτούν μεγαλύτερη δύναμη από τον οδηγό
- Υψηλό κόστος συντήρησης

### **3.10 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕ ΔΙΠΛΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ**

Το υδραυλικό σύστημα πέδησης είναι πολύ αποτελεσματικό αλλά έχει το μειονέκτημα ότι αν συμβεί κάποια διαρροή του υγρού φρένων εξουδετερώνεται ολόκληρο το σύστημα και το όχημα δεν έχει φρένα. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος χρησιμοποιείται δίδυμος κεντρικός κύλινδρος και το σύστημα των σωληνώσεων χωρίζεται σε δύο κυκλώματα.

Ο κύλινδρος αυτός (σχήμα 3.20) έχει δύο χώρους κατάθλιψης και δύο έμβολα. Κάθε χώρος κατάθλιψης τροφοδοτεί ένα ανεξάρτητο κύκλωμα σωληνώσεων και τροφοδοτείται από διαφορετική δεξαμενή υγρού φρένων. Ο χώρος κατάθλιψης που βρίσκεται πριν από το πρωτεύον έμβολο δίνει υγρό στο οπίσθιο κύκλωμα πέδησης και αυτός που είναι πριν από το δευτερεύον έμβολο δίνει υγρό στο εμπρόσθιο κύκλωμα. Το κάθε κύκλωμα λειτουργεί όπως ο απλός κεντρικός κύλινδρος που περιγράφεται στις προηγούμενες ενότητες.



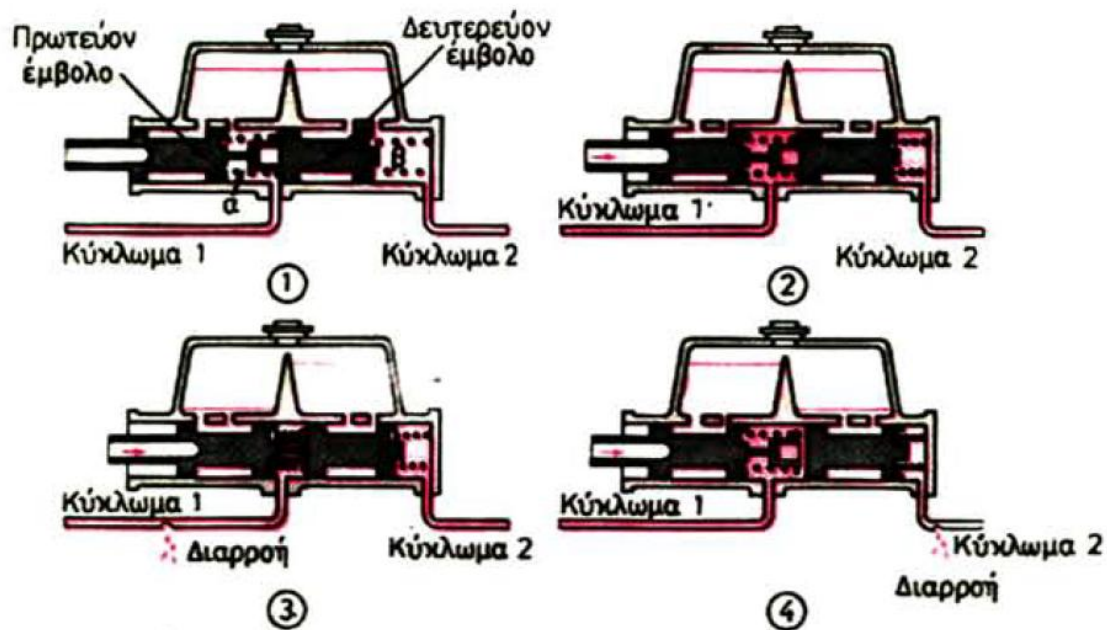
1. Ενδεικτική λυχνία. 2. Δεξαμενή υγρών. 3. Πλάκα βραχυκυκλώσεως επαφών. 4. Κάλυμμα πληρώσεως υγρών. 5. Είσοδος υγρών πλωτήρα. 6. Δευτερεύον έμβολο. 7. Οπή εξισώσεως-επιστροφών. 8. Οπή συγκοινωνίας. 9. Δακτύλιος στεγανότητας. 10. Κυάθιο. 11. Κοχλίας αποστάσεως. 12. Στεγανωτικός δακτύλιος εμβόλου. 13. Στεγανωτικός δακτύλιος υποπίεσεως. 14. Πρωτεύον έμβολο. 15. Πλωτήρας.

Σχήμα 3.20 Δίδυμος κεντρικός κύλινδρος [8].

Η αρχή λειτουργίας φαίνεται στο σχήμα 3.21. Στο (1) το σύστημα είναι απενεργοποιημένο και οι δύο χώροι κατάθλιψης είναι γεμάτοι υγρό. Στο (2) το σύστημα είναι υπό πίεση χωρίς να υπάρχουν διαρροές. Η πίεση μεταδίδεται ομοιόμορφα από το χώρο α του πρωτεύοντος εμβόλου, μέσω των υγρών που υπάρχουν εκεί, στο δευτερεύον έμβολο και από αυτό στο χώρο β. Στο (3) λόγω διαρροής στο οπίσθιο κύκλωμα, η αντίστοιχη δεξαμενή υγρών αδειάζει. Το πρωτεύον έμβολο έρχεται σε επαφή με το δευτερεύον έμβολο και έτσι ο χώρος β είναι υπό πίεση και ενεργοποιείται το εμπρόσθιο κύκλωμα πέδησης. Στο (4) λόγω διαρροής στο εμπρόσθιο σύστημα αδειάζει ο χώρος β και η αντίστοιχη δεξαμενή υγρών. Το εμπρόσθιο σύστημα παύει να λειτουργεί, όμως το οπίσθιο σύστημα παραμένει σε λειτουργία.

Με το διπλό κύκλωμα εξασφαλίζεται ότι τουλάχιστον το μισό σύστημα πέδησης θα είναι πάντα σε λειτουργία έστω και αν υπάρχει διαρροή στο άλλο μισό. Είναι επίσης σημαντικό ότι στην περίπτωση διαρροής, η διαδρομή του πεντάλ είναι μεγαλύτερη. Αυτό πρέπει να κάνει τον οδηγό να υποψιαστεί πιθανή διαρροή.





Σχήμα 3.21 Αρχή λειτουργίας του δίδυμου κεντρικού κυλίνδρου [8].

Ο πλωτήρας που φαίνεται στο σχήμα 3.20 χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της στάθμης των υγρών φρένων στη δεξαμενή ή δεξαμενές υγρών. Αν η στάθμη πέσει κάτω από προκαθορισμένο ύψος, κλείνει ηλεκτρικό κύκλωμα και ανάβει προειδοποιητική λυχνία στον πίνακα των οργάνων του οχήματος.

## **4. ΑΕΡΟΦΡΕΝΑ**

### **4.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Στα πολύ βαριά οχήματα όπως φορτηγά, λεωφορεία κ.τ.λ. η δύναμη που ασκεί ο οδηγός στο πεντάλ δεν είναι αρκετή για να έχουμε ικανοποιητική πέδηση. Σε αυτά τα οχήματα, το υδραυλικό σύστημα πέδησης δεν μπορεί να ανταποκριθεί ικανοποιητικά και χρησιμοποιούνται γενικά φρένα με πεπιεσμένο αέρα. Στα αερόφρενα το υγρό των φρένων έχει αντικατασταθεί με πεπιεσμένο αέρα. Το μεγάλο πλεονέκτημα των πνευματικών συστημάτων είναι ότι μπορούν να ασκήσουν πολύ μεγάλες δυνάμεις πέδησης χωρίς να απαιτείται από τον οδηγό να ασκήσει μεγάλη πίεση στο πεντάλ του φρένου.

### **4.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΕΔΗΣΗΣ ΜΕ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟ ΑΕΡΑ**

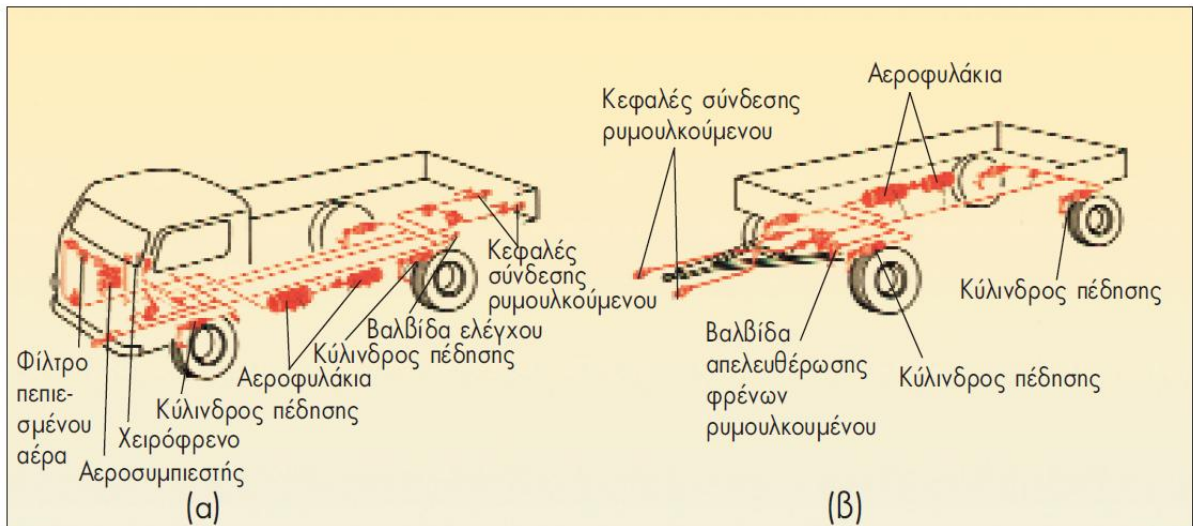
Στο σχήμα 4.1 φαίνεται μία τυπική διάταξη αερόφρενων σε ένα φορτηγό (ρυμουλκό όχημα) με ένα ρυμουλκούμενο με σύστημα πέδησης με πεπιεσμένο αέρα.

Το σύστημα πέδησης με πεπιεσμένο αέρα περιλαμβάνει τα εξής συστήματα:

- Πέδη πορείας με προοδευτική επίδραση
- Πέδη ανάγκης
- Πέδη στάθμευσης

Η πέδη πορείας με προοδευτική επίδραση δρα σε όλους τους τροχούς του οχήματος. Συνήθως η δράση αυτή πραγματοποιείται με

δύο ανεξάρτητα κυκλώματα, ένα για τον πρόσθιο και ένα για τον οπίσθιο άξονα. Υπάρχουν όμως και άλλοι τρόποι σύνδεσης (π.χ. διαγώνια σύνδεση). Καθένα από τα δύο κυκλώματα τροφοδοτούνται από διαφορετικό αεροφυλάκιο. Στην περίπτωση ύπαρξης ρυμουλκούμενου αυτό τροφοδοτείται από ένα τρίτο αεροφυλάκιο.



Σχήμα 4.1 (α) ρυμουλκό όχημα και (β) ρυμουλκούμενο με αερόφρενα [2].

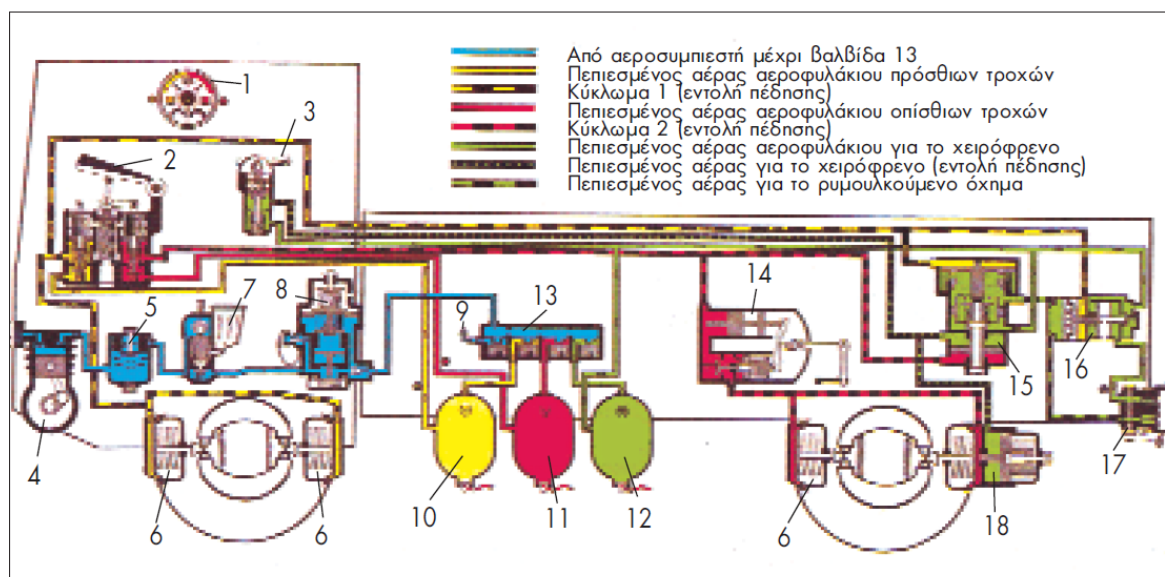
Η ενεργοποίηση γίνεται με το πεντάλ του φρένου. Ο όρος «προοδευτική επίδραση» προέρχεται από το γεγονός ότι καθώς ο οδηγός ασκεί μεγαλύτερη πίεση στο πεντάλ του φρένου, αυξάνεται προοδευτικά και η δύναμη τριβής που ασκείται στους τροχούς.

Η πέδη ανάγκης ενεργοποιείται σε περίπτωση βλάβης της πέδης πορείας. Όπως και η πέδη πορείας δρα προοδευτικά. Ενεργοποιείται είτε με το πεντάλ του φρένου είτε με το μοχλό του χειροφρένου. Εξασφαλίζει την επιβράδυνση του οχήματος με σταθερό και ασφαλή τρόπο έως την ακινητοποίησή του.

Η πέδη στάθμευσης (χειρόφρενο) είναι μηχανικής φύσης, χρησιμοποιεί ελατήρια και εξασφαλίζει την ακινησία του οχήματος ακόμα και στην περίπτωση δρόμων με μεγάλη κλίση.

## 4.3 ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ

Τα βασικά εξαρτήματα που περιλαμβάνει το σύστημα πέδησης με αερόφρενα φαίνονται στο σχήμα 4.2. Στη συνέχεια θα δοθεί μία σύντομη περιγραφή κάθε εξαρτήματος.

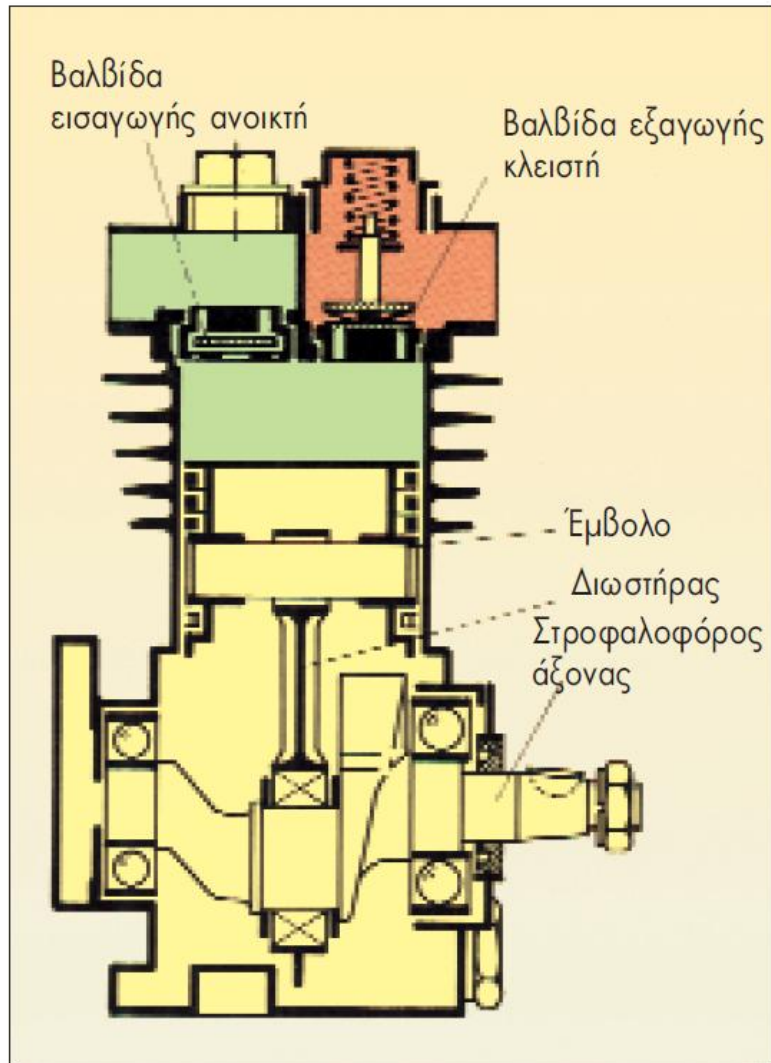


1. Διπλό μανόμετρο 2. Ποδοκίνητη βαλβίδα ρύθμισης πέδησης (παντόφλα) 3. Χειρόφρενο 4. Αεροσυμπιεστής 5. Φίλτρο σωληνώσεων 6. Απλός κύλινδρος πέδησης (φυσούνα) 7. Αντλία έκχυσης αντιπηκτικού 8. Ρυθμιστής πίεσης 9. Προς δεξαμενή βοηθητικών λειτουργιών 10. Προς τα πρόσθια φρένα 11. Προς τα οπίσθια φρένα 12. Προς το χειρόφρενο 13. Προστατευτική βαλβίδα πολλαπλών κυκλωμάτων 14. Αυτόματος ρυθμιστής δύναμης πέδησης 15. Οδηγός βαλβίδα του ρυμουλκούμενου 16. Δίοδος βαλβίδα 17. Σταθερή κεφαλή σύνδεσης ρυμουλκού - ρυμουλκούμενου 18. Σύνθετος κύλινδρος πέδησης (φυσούνα διπλής ενέργειας)

Σχήμα 4.2 Σχηματική απεικόνιση της διάταξης των αερόφρενων [2].

Ο αεροσυμπιεστής (σχήμα 4.3) παίρνει κίνηση είτε απευθείας από τον κινητήρα μέσω μαντοκίνησης είτε από τον εκκεντροφόρο άξονα μέσω οδοντωτών τροχών. Μπορεί να έχει έναν ή δύο κυλίνδρους και συνήθως ψύχεται με ρεύμα αέρα. Τυπικές τιμές για την περίπτωση αεροφυλακίου 40 λίτρων είναι όγκος κυλίνδρου  $150 \text{ cm}^3$  και μέγιστη παροχή αέρα  $118 \text{ L/min}$  σε ταχύτητα  $1400 \text{ rpm}$ .

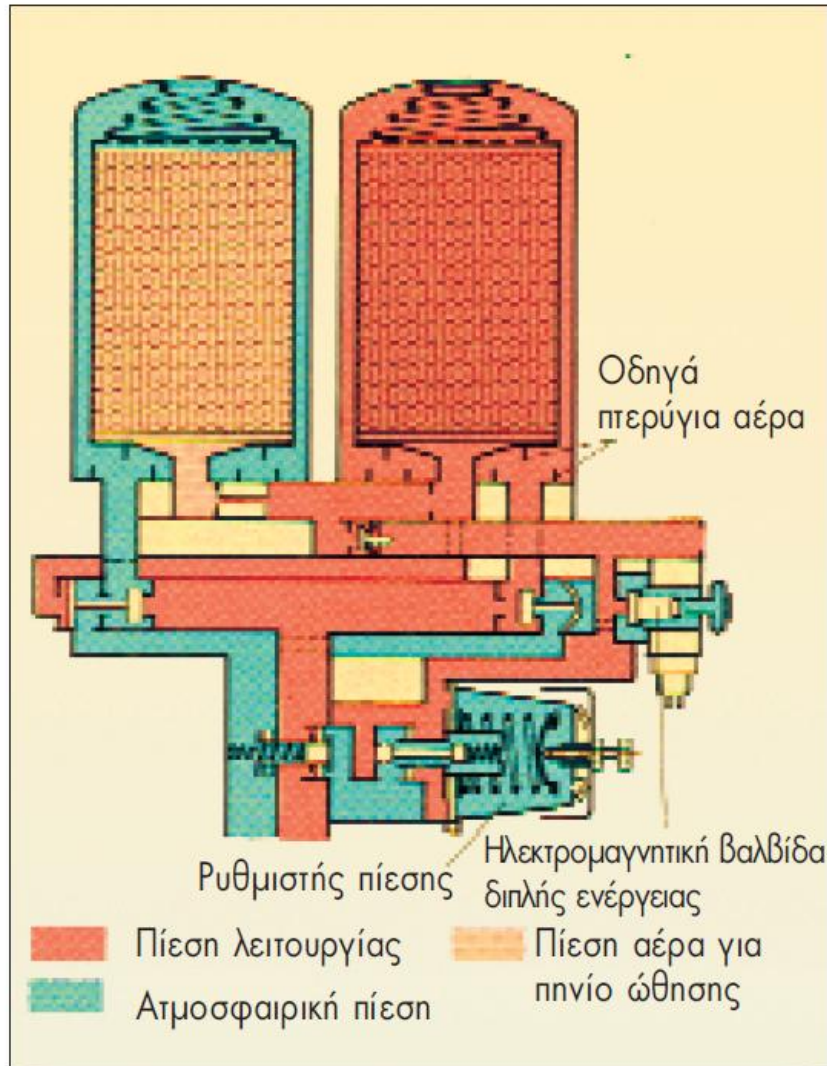
Οι σωληνώσεις του πεπιεσμένου αέρα είναι σε ένα μεγάλο μέρος χαλύβδινες και στο υπόλοιπο ελαστικές. Αν υπάρχει ρυμουλκούμενο, οι σωληνώσεις που το συνδέουν με το ρυμουλκό είναι ελαστικές για να επιτρέπουν τους ελιγμούς.



Σχήμα 4.3 Αεροσυμπιεστής αεροφρένων ενός κυλίνδρου [2].

Το φίλτρο πεπιεσμένου αέρα τοποθετείται ανάμεσα στον αεροσυμπιεστή και τα αεροφυλάκια. Αποστολή του είναι η συγκράτηση των σταγόνων νερού και λαδιών. Το φίλτρο πρέπει να καθαρίζεται συχνά ξεβιδώνοντας το πώμα του φίλτρου, οπότε ο αέρας διώχνει τις σταγόνες. Σε κάποια συστήματα φίλτρων η διαδικασία αυτή γίνεται και με αυτόματο τρόπο.

Ο ρυθμιστής πίεσης παροχής αέρα είναι μία ρυθμιστική βαλβίδα η οποία επιτρέπει την παροχή αέρα από τον αεροσυμπιεστή προς τα αεροφυλάκια όταν η πίεση είναι χαμηλότερη από μία καθορισμένη τιμή (περίπου 6,5 bar). Όταν η πίεση υπερβεί μία τιμή γύρω στα 7,3 bar, ο ρυθμιστής σταματά την παροχή.



Σχήμα 4.4 Φίλτρο αέρα [2].

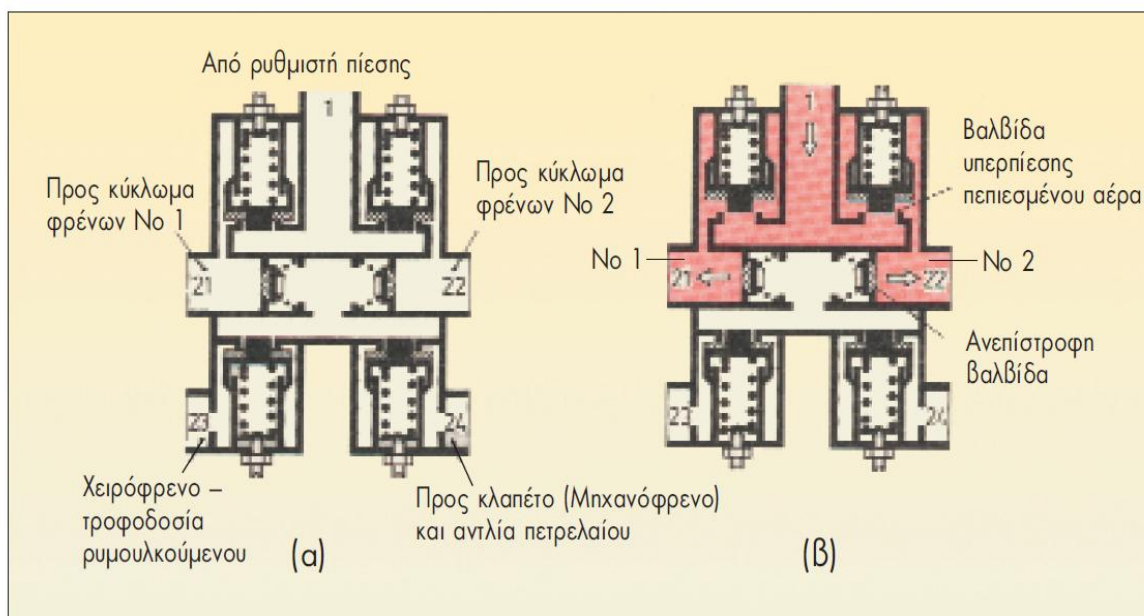
Η αντλία έγχυσης αντιπηκτικού υγρού συνδέεται στον αγωγό πεπιεσμένου αέρα ακριβώς πριν τη ρυθμιστική βαλβίδα πίεσης και είναι απαραίτητη στις περιπτώσεις λειτουργίας σε χαμηλές θερμοκρασίες. Το αντιπηκτικό υγρό (οινόπνευμα ή γλυκόλη) ρέει στο σύστημα και δεν επιτρέπει να παγώνουν τα διάφορα εξαρτήματα του συστήματος πέδησης.

Τα αερόφρενα δεν λειτουργούν σε πολύ χαμηλές πιέσεις αέρα (κάτω από 4 bar περίπου). Γι αυτό το λόγο είναι απαραίτητη η μέτρηση της πίεσης και η προειδοποίηση του οδηγού αν η πίεση μειωθεί επικίνδυνα. Έτσι σε κάθε σύστημα πέδησης πεπιεσμένου αέρα υπάρχουν δύο διπλά μανόμετρα όπου ο ένας δείκτης μετρά την πίεση του αεροφυλακίου και ο άλλος δείχνει την πίεση του αέρα στους θαλάμους

των φρένων. Επίσης, υπάρχουν ενδεικτικές λυχνίες και μία σειρήνα που προειδοποιούν όταν η πίεση πέσει κάτω από μία καθορισμένη τιμή.

Η βαλβίδα ασφαλείας ή πολλαπλή βαλβίδα (ή αλλιώς εγκέφαλος) διανέμει τον πεπιεσμένο αέρα στα τέσσερα κυκλώματα (σχήμα 4.5):

1. Δύο κυκλώματα των φρένων πορείας.
2. Στο χειρόφρενο και το ρυμουλκούμενο
3. Στο μηχανόφρενο (κλαπέτο) και την αντλία έγχυσης πετρελαίου/

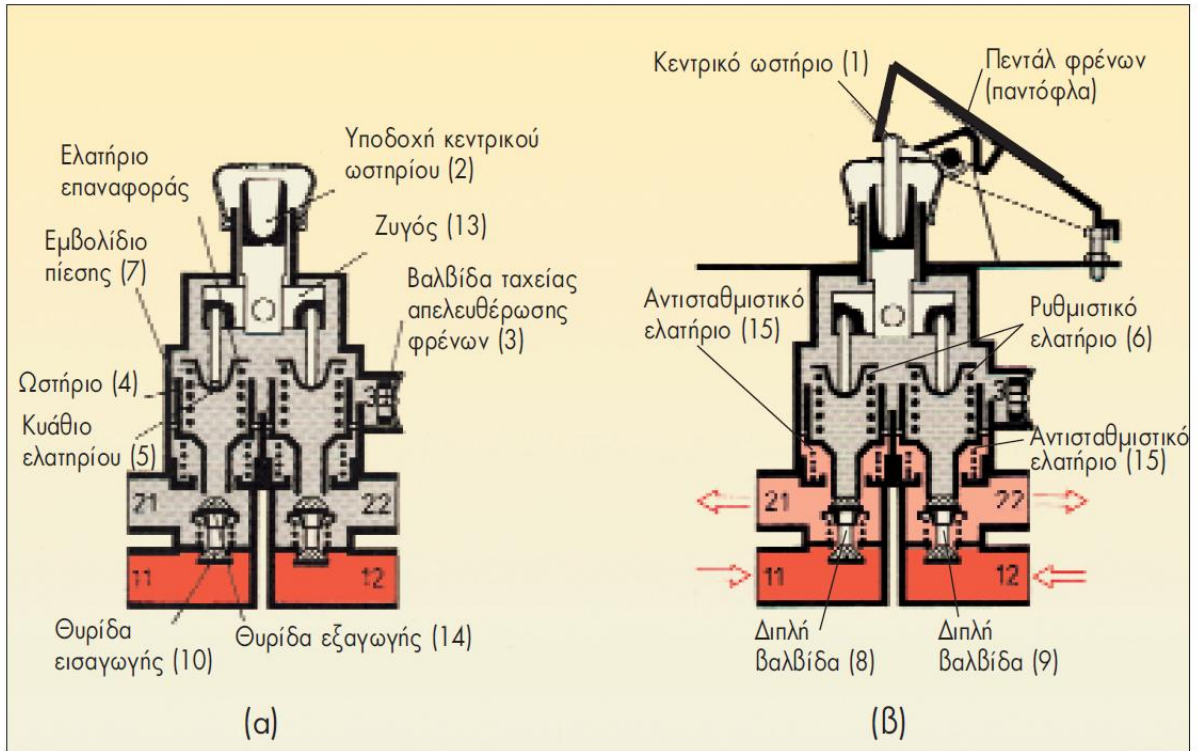


Σχήμα 4.5 Βαλβίδα ασφαλείας (α) χωρίς πίεση, (β) λειτουργία των κυκλωμάτων No1 και No2 [2].

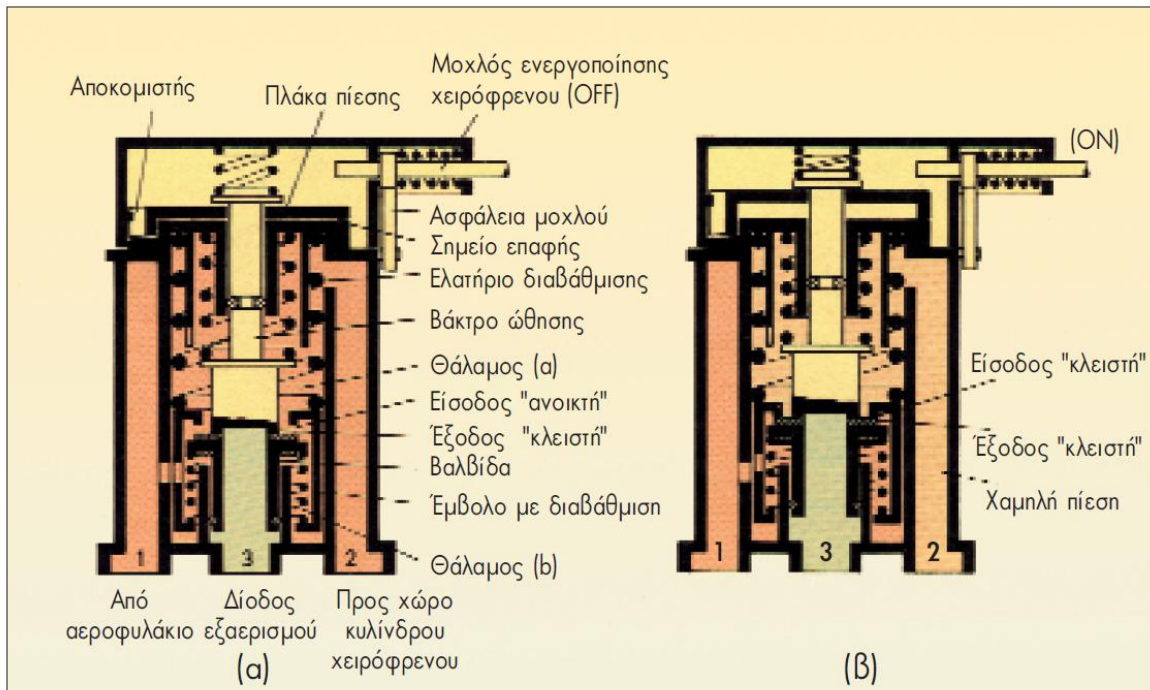
Τα αεροφυλάκια (καζανάκια) έχουν ασφαλιστική βαλβίδα για την αποφυγή υπερπίεσεων και μηχανισμούς αποβολής σταγονιδίων νερού και λαδιών.

Η κεντρική βαλβίδα των φρένων (σχήμα 4.6) ενεργοποιείται με την άσκηση πίεσης στο πεντάλ του φρένου από τον οδηγό.

Η βαλβίδα στάθμευσης είναι βασικό εξάρτημα της πέδης στάθμευσης και ενεργοποιείται χειροκίνητα από τον οδηγό. Όταν η βαλβίδα στάθμευσης είναι στη θέση OFF, ο πεπιεσμένος αέρας φτάνει στις φυσούνες των πίσω τροχών, συμπιέζει τα ελατήρια και οι τροχοί ελευθερώνονται. Όταν είναι στη θέση ON, ο αέρας της φυσούνας φεύγει στην ατμόσφαιρα, τα ελατήρια ανοίγουν τις σιαγόνες και οι τροχοί ακινητοποιούνται (σχήμα 4.7).



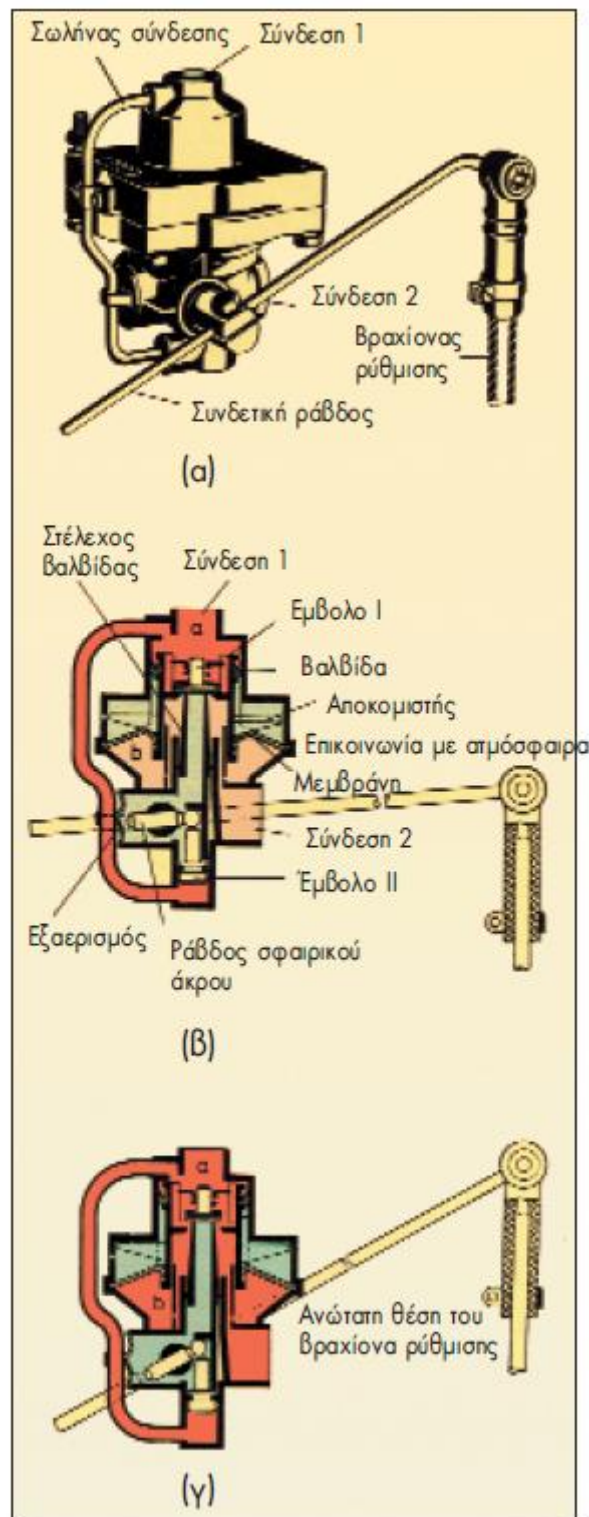
Σχήμα 4.6 Κεντρική βαλβίδα φρένων εκτός λειτουργίας (α) και όταν λειτουργούν τα κυκλώματα Νο1 και Νο2 (β) [2].



Σχήμα 4.7 Βαλβίδα στάθμευσης (α) θέση OFF, (β) θέση ON [2].

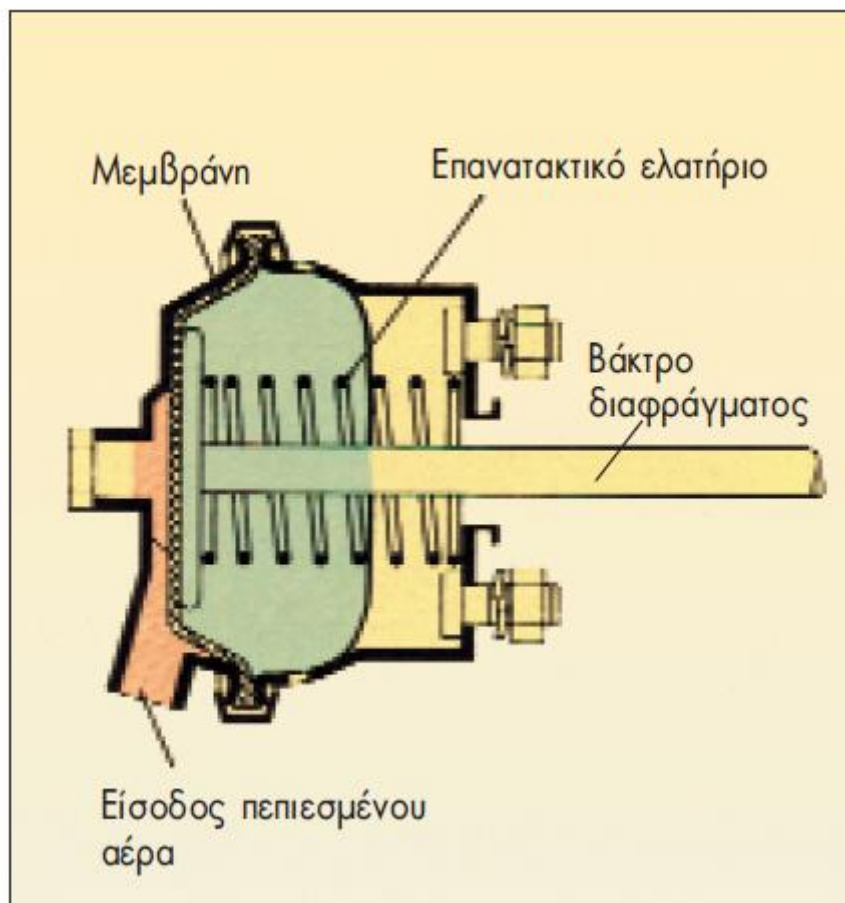


Ο αυτόματος ρυθμιστής δύναμης πέδησης συνδέεται με τον άξονα των πίσω τροχών και ρυθμίζει την πίεση που ασκείται στις φυσούνες.



Σχήμα 4.8 Αυτόματος ρυθμιστής δύναμης πέδησης (α) εξωτερική όψη, (β) και (γ) σε φάση μερικής και πλήρους φόρτισης αντίστοιχα [2].

Ο κύλινδρος πέδησης (φυσούνα) είναι το ενεργό στοιχείο σε κάθε τροχό. Στο σχήμα 4.9 φαίνεται ένας απλός τέτοιος κύλινδρος με διάφραγμα (μεμβράνη). Ο πεπιεσμένος αέρας πιέζει το διάφραγμα προς τα δεξιά. Το βάκτρο του διαφράγματος συνδέεται με ένα εκκέντρο που βρίσκεται ανάμεσα στις σιαγόνες των φρένων. Ο άξονας του εκκέντρου στρέφεται με αποτέλεσμα να ανοίξουν οι σιαγόνες και να φρενάρουν το όχημα. Αντί του διαφράγματος μπορεί να υπάρχει σύστημα εμβόλου-κυλίνδρου. Επίσης, υπάρχουν σύνθετοι κύλινδροι πέδησης (φυσούνες διπλής ενέργειας) οι οποίοι υλοποιούν, εκτός της πέδης πορείας όπως παραπάνω, και την πέδη στάθμευσης.



Σχήμα 4.9 Κύλινδρος πέδησης με μεμβράνη [2].

Για την προστασία των σύνθετων κυλίνδρων πέδησης χρησιμοποιούνται ειδικές βαλβίδες για την αποφυγή καταπόνησης του

συστήματος όταν είναι ενεργοποιημένες ταυτόχρονα και η πέδη στάθμευσης και η πέδη πορείας.

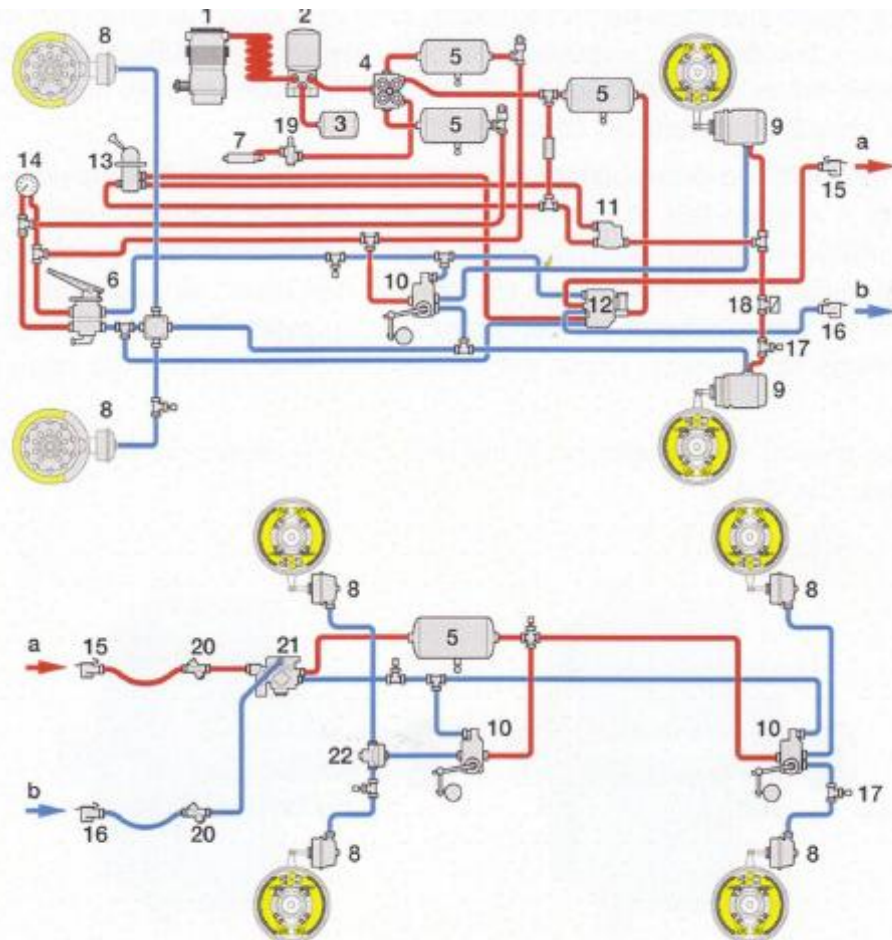
Το συγκρότημα φρένων τροχού περιλαμβάνει σιαγόνες και τύμπανα όπως και στα επιβατηγά αυτοκίνητα. Επειδή όμως οι δυνάμεις πέδησης στα βαρέα οχήματα είναι πιο ισχυρές τα εξαρτήματα αυτά πρέπει να είναι υψηλής αντοχής.

#### **4.4 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

Ο πεπιεσμένος αέρας παράγεται από τον αεροσυμπιεστή και αποθηκεύεται στα αεροφυλάκια. Ο αεροσυμπιεστής λαμβάνει αέρα από την ατμόσφαιρα. Η πίεση στα αεροφυλάκια ελέγχεται με το ρυθμιστή πίεσης. Όταν ο οδηγός πατήσει το πεντάλ του φρένου, η βαλβίδα ασφαλείας διανέμει τον αέρα στα κυκλώματα. Μέσω των σωληνώσεων, ο πεπιεσμένος αέρας φτάνει στις φυσούνες. Η πίεση που ασκεί ο αέρας στις φυσούνες μετατρέπεται σε μηχανική δύναμη στη μεμβράνη. Η κίνηση του διαφράγματος μέσω των εκκέντων αναγκάζει τις σιαγόνες να ανοίξουν προκαλώντας την πέδηση.

Όταν ο οδηγός αφήσει το πεντάλ, διακόπτεται η παροχή αέρα προς τις φυσούνες και ο αέρας ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Κάθε φορά που ο οδηγός αφήνει το πεντάλ του φρένου ακούγεται ένας χαρακτηριστικός ήχος που παράγεται από την εξαγωγή πεπιεσμένου αέρα.

Στο σχήμα 4.10 απεικονίζεται σχηματικά το συνολικό πνευματικό σύστημα πέδησης με όλα τα εξαρτήματά του για σύστημα ρυμουλκού και ρυμουλκούμενου.



### Ρυμουλκό

1. Συμπιεστής
2. Ξηραντήρας αέρος με ρυθμιστή πίεσης
3. Δοχείο αναγέννησης ξηραντήρα
4. Ποδηλατή (τετράοδη) βαλβίδα
5. Αεροφυλάκιο (καζανάκι)
6. Βαλβίδα πεδήσεως (ποδόφρενο)
7. Κύλινδρος μόνιμης πέδησης
8. Κύλινδρος πέδησης
9. Κύλινδρος πέδησης τύπου μεμβράνης
10. Ρυθμιστής φόρτισης (ALB)
11. Βαλβίδα προστασίας υπερφόρτισης
12. Βαλβίδα ελέγχου ρυμουλκούμενου
13. Βαλβίδα χειρόφρενου
14. Μανόμετρο
15. Κεφαλή σύζευξης υψηλής πίεσης
16. Κεφαλή σύζευξης χαμηλής πίεσης
17. Μαστός ελέγχου
18. Προειδοποιητικός διακόπτης
19. Βαλβίδα απαέρωσης

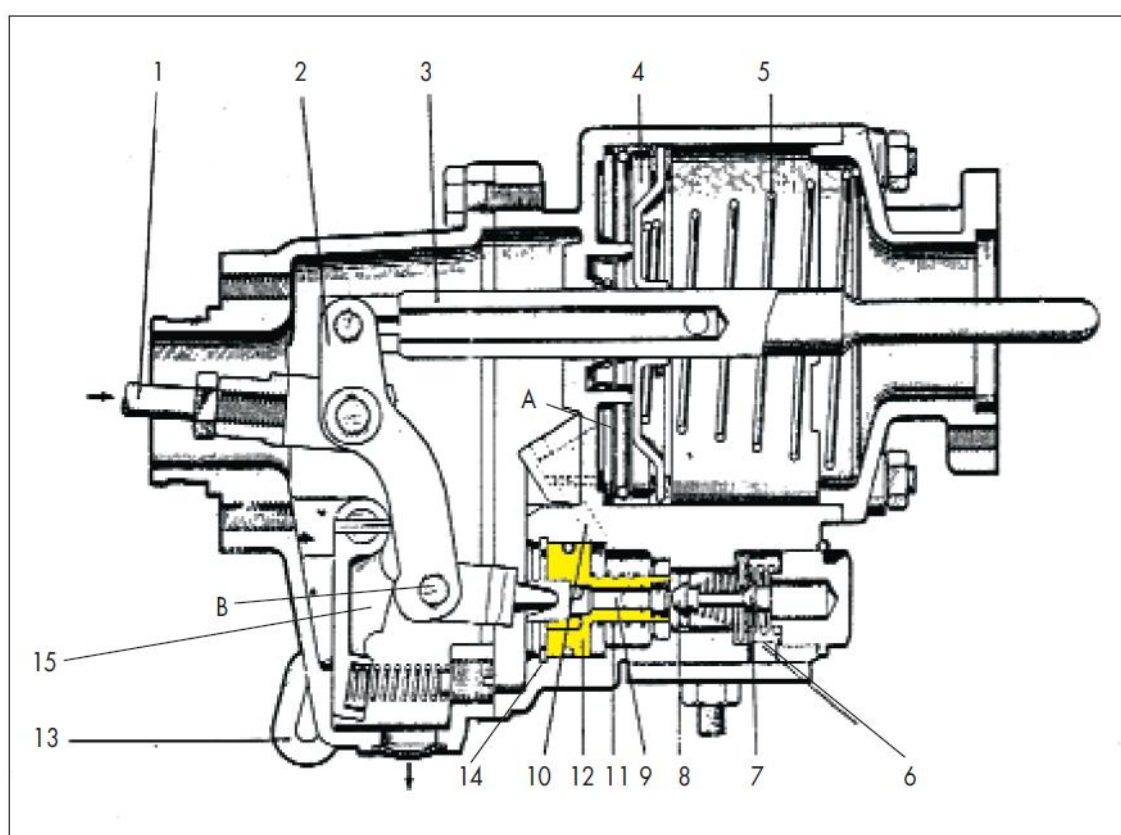
### Ρυμουλκούμενο

5. Αεροφυλάκιο
8. Κύλινδρος πέδησης
10. Ρυθμιστής φόρτιου (ALB)
15. Κεφαλή σύζευξης υψηλής πίεσης
16. Κεφαλή σύζευξης χαμηλής πίεσης
17. Μαστός ελέγχου
20. Φίλτρο σωλήνων
21. Βαλβίδα πέδησης ρυμουλκούμενο
22. Βαλβίδα ανακούφισης

Σχήμα 4.10 Σχηματική απεικόνιση του πνευματικού συστήματος πέδησης ρυμουλκού και ρυμουλκούμενου [7].

## 4.5 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΕΔΗΣΗΣ ΜΕ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟ ΑΕΡΑ

Σε πολλά φορτηγά μεσαίου μεγέθους το βασικό σύστημα πέδησης είναι υδραυλικό αλλά η δύναμη του ποδιού του οδηγού στο πεντάλ του φρένου πολλαπλασιάζεται με τη χρήση πεπιεσμένου αέρα. Ο πολλαπλασιαστής αυτός ενεργεί και στην έλξη του μοχλού του χειροφρένου από τον οδηγό. Η αρχή λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος φαίνεται στο σχήμα 4.11.



1. Ράβδος ώθησης πεντάλ φρένων. 2. Μοχλός. 3. Ράβδος εμβόλου. 4. Μεγάλο έμβολο ενισχυτή. 5. Ελατήριο. 6. Χώρος επικοινωνίας με αεροφυλάκιο πεπιεσμένου αέρα. 7. Βαλβίδα προσαγωγής πεπιεσμένου αέρα. 8. Βαλβίδα επικοινωνίας με ατμοσφαιρικό αέρα. 9. Πείρος. 10. Ενδιάμεση διάφραγμα. 11. Ελατήριο κλιμακωτού εμβόλου. 12. Κλιμακωτό έμβολο. 13. Μοχλός χειρόφρενου. 14. Τερματικός δακτύλιος ασφάλειας. 15. Δάκτυλος χειρόφρενου.

Σχήμα 4.11 Ενισχυτής υδραυλικού συστήματος πέδησης με πεπιεσμένο αέρα [2].

Με την πίεση του πεντάλ του φρένου, η βαλβίδα (8) διακόπτει την επικοινωνία του χώρου Α με την ατμόσφαιρα ενώ ταυτόχρονα η βαλβίδα προσαγωγής (7) συνδέει το χώρο Α με το αεροφυλάκιο. Η πίεση του αέρα πάνω στο μεγάλο έμβολο (4) δίνει μία επιπρόσθετη, αυτής του ποδιού του οδηγού, δύναμη, η οποία μεταβιβάζεται στον κεντρικό κύλινδρο των φρένων μέσω της ράβδου του εμβόλου (3).

## **5. ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΕΔΗΣΗΣ**

### **5.1 ΓΕΝΙΚΑ**

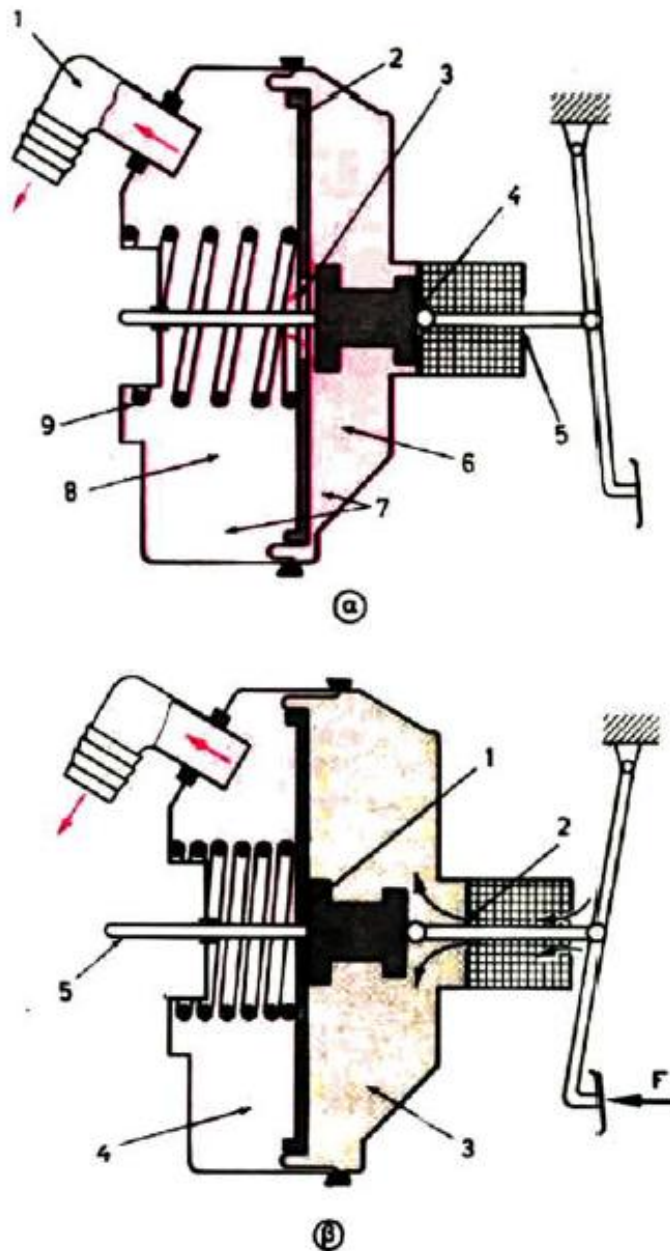
Τα βοηθητικά συστήματα πέδησης έχουν ως αποστολή την ενίσχυση της πίεσης που ασκεί ο οδηγός στο πεντάλ του φρένου. Έτσι, η χρήση των βοηθητικών συστημάτων μειώνει τη δύναμη που χρειάζεται να καταβάλλει ο οδηγός στο πεντάλ. Το βοηθητικό σύστημα αυξάνει την πίεση που ασκείται στο υδραυλικό σύστημα και η πέδηση γίνεται καλύτερη.

### **5.2 ΣΕΡΒΟΦΡΕΝΑ**

Στο σερβόφρενο η δύναμη που καταβάλλει ο οδηγός του αυτοκινήτου ενισχύεται από το κενό της αναρρόφησης κατά τη φάση εισαγωγής του κινητήρα. Η υποπίεση αυτή οδηγείται σε ένα σύστημα εμβόλου-κυλίνδρου. Στη μία πλευρά του εμβόλου επικρατεί ατμοσφαιρική πίεση και στην άλλη υπάρχει υποπίεση και το έμβολο κινείται λόγω της διαφοράς πίεσης προς την πλευρά της υποπίεσης. Το έμβολο του σερβομηχανισμού συνδέεται με το έμβολο του κεντρικού κυλίνδρου του υδραυλικού συστήματος πέδησης και έτσι η δύναμη του συστήματος κυλίνδρου-εμβόλου προστίθεται στη δύναμη που καταβάλλει ο οδηγός. Η σύνδεση των δύο εμβόλων μπορεί να είναι άμεση ή έμμεση.

Στο σχήμα 5.1 φαίνεται σχηματικά η αρχή λειτουργίας του σερβόφρενου που λειτουργεί με το κενό αναρρόφησης του κινητήρα σε άμεση σύνδεση. Στο σχήμα 5.1α φαίνεται ο μηχανισμός σε ηρεμία

(απενεργοποιημένη θέση) και στο σχήμα 5.1β φαίνεται ο μηχανισμός σε λειτουργία, δηλαδή όταν ο οδηγός πιέζει το πεντάλ του φρένου.



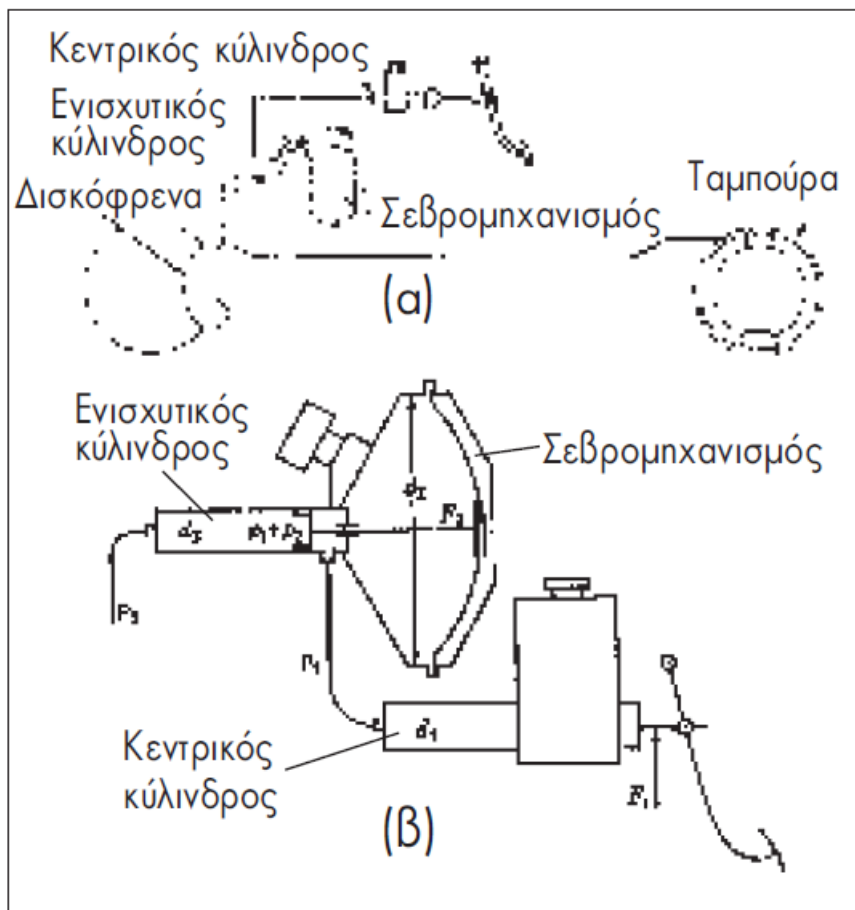
- Λειτουργία συστήματος σερβομηχανισμού (σερβοφρένου).**
- α) Θέση ηρεμίας. 1. Ακροσωλήνιο συνδεδεμένο με πολλαπλή εισαγωγή. 2. Έμβολο. 3. Βαλβίδα υποπίεσεως (ανοικτή). 4. Βαλβίδα ατμοσφαιρικής πίεσεως (κλειστή). 5. Είσοδος ατμοσφαιρικής πίεσεως. 6. Θάλαμος υπερπίεσεως. 7. Υποπίεση. 8. Θάλαμος υποπίεσεως. 9. Ελατήριο.
- β) Θέση λειτουργίας. 1. Βαλβίδα υποπίεσεως (κλειστή). 2. Βαλβίδα ατμοσφαιρικής πίεσεως (ανοικτή). 3. Ατμοσφαιρική πίεση. 4. Υποπίεση. 5. Βάκτρο εμβόλου αντλίας πεδήσεως.

Σχήμα 5.1 Αρχή λειτουργίας σερβοφρένου [8].



Όταν λειτουργεί ο κινητήρας και το σύστημα είναι απενεργοποιημένο, και στις δύο πλευρές του εμβόλου του σερβομηχανισμού επικρατεί υποπίεση. Αυτό συμβαίνει γιατί η ελεγκτική βαλβίδα (10) κλείνει τη δίοδο (4) και έτσι δεν εισέρχεται ατμοσφαιρικός αέρας στα δεξιά του εμβόλου (6).

Όταν ο οδηγός ασκεί δύναμη στο πεντάλ του φρένου, τότε το βάκτρο (5) αναγκάζει το έμβολο-διάφραγμα να υποχωρήσει. Η ελεγκτική βαλβίδα κλείνει τη δίοδο (1) της υποπίεσης και ανοίγει τη δίοδο (2) του ατμοσφαιρικού αέρα. Στη συνέχεια το διάφραγμα λόγω διαφοράς πίεσης κινείται προς τα αριστερά και πιέζει το έμβολο του κεντρικού κυλίνδρου με το βάκτρο (5) ενισχύοντας τη δύναμη του οδηγού.

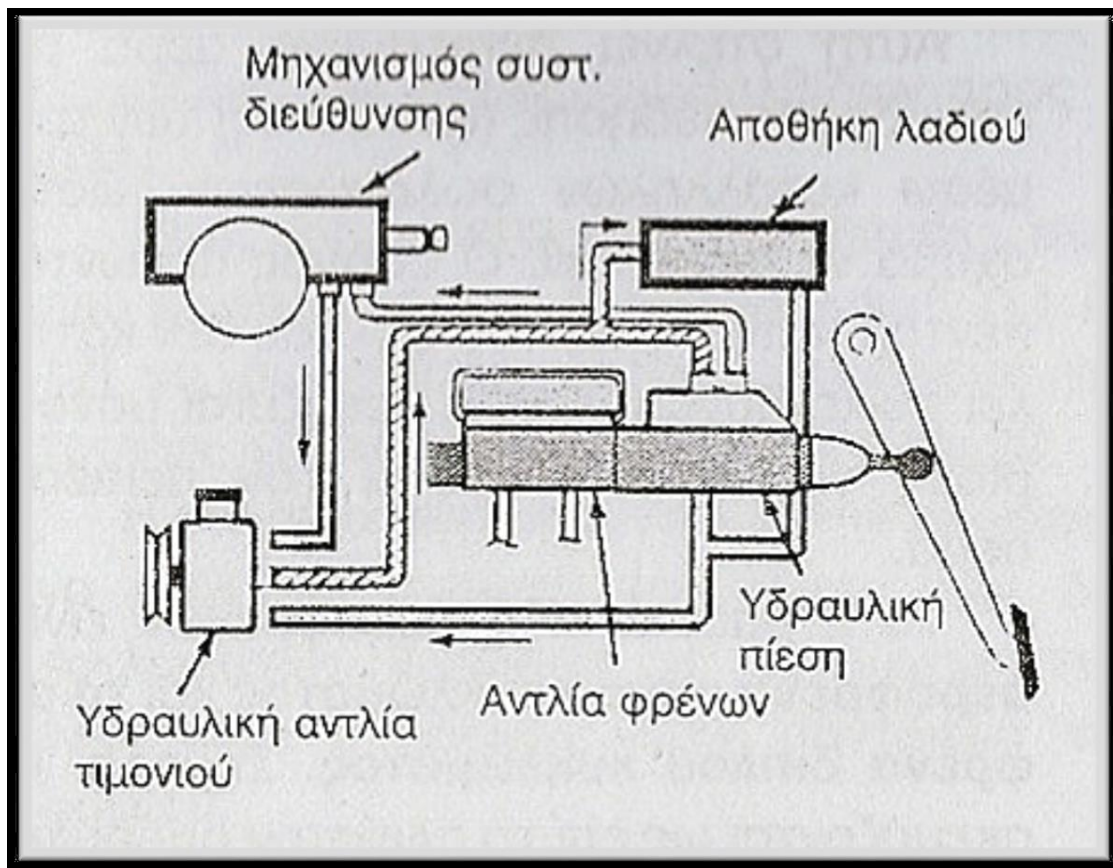


Σχήμα 5.2 Αρχή λειτουργίας του σερβόφρενου κενού σε έμμεση σύνδεση [2].

Στην έμμεση σύνδεση (σχήμα 5.2) το υγρό φρένων από τον κεντρικό κύλινδρο κατευθύνεται σε ένα βοηθητικό κύλινδρο διαφορετικής διαμέτρου και από εκεί στους κυλίνδρους των τροχών. Η συνολική πίεση είναι το άθροισμα των πιέσεων του κεντρικού και του βοηθητικού κυλίνδρου.

Τα σερβόφρενα σταθερής πίεσης χρησιμοποιούνται σε πετρελαιοκινητήρες. Ο πετρελαιοκινητήρας δεν δημιουργεί υποπίεση, οπότε σε αυτά τα σερβόφρενα η υποπίεση δημιουργείται από μία αντλία κενού που παίρνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο ή από τον εκκεντροφόρο άξονα.

Τα υδραυλικά σερβόφρενα χρησιμοποιούνται σε οχήματα με υδραυλικό σύστημα διεύθυνσης. Όταν ο οδηγός ασκήσει δύναμη στο πεντάλ του φρένου, η αντλία λαδιού παρέχει υπό πίεση λάδι στον κύλινδρο του σερβόφρενου και το έμβολο του σερβόφρενου κινείται ενισχύοντας τη δύναμη που καταβάλλει ο οδηγός.



Σχήμα 5.3 Αρχή λειτουργίας του υδραυλικού σερβόφρενου [11].

Τα υδραυλικά σερβόφρενα έναντι των σερβόφρενων υποπίεσης παρουσιάζουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα [11]:

1. παρέχουν μεγαλύτερη ασφάλεια αφού όταν σταματήσει ο κινητήρας, υπάρχουν αποθέματα λαδιού για 10-12 φρεναρίσματα.
2. Ο χρόνος απόκρισης είναι μικρότερος.
3. Απαιτούν μικρότερο χώρο.
4. Η επενέργεια τους δεν εξαρτάται από την κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα.

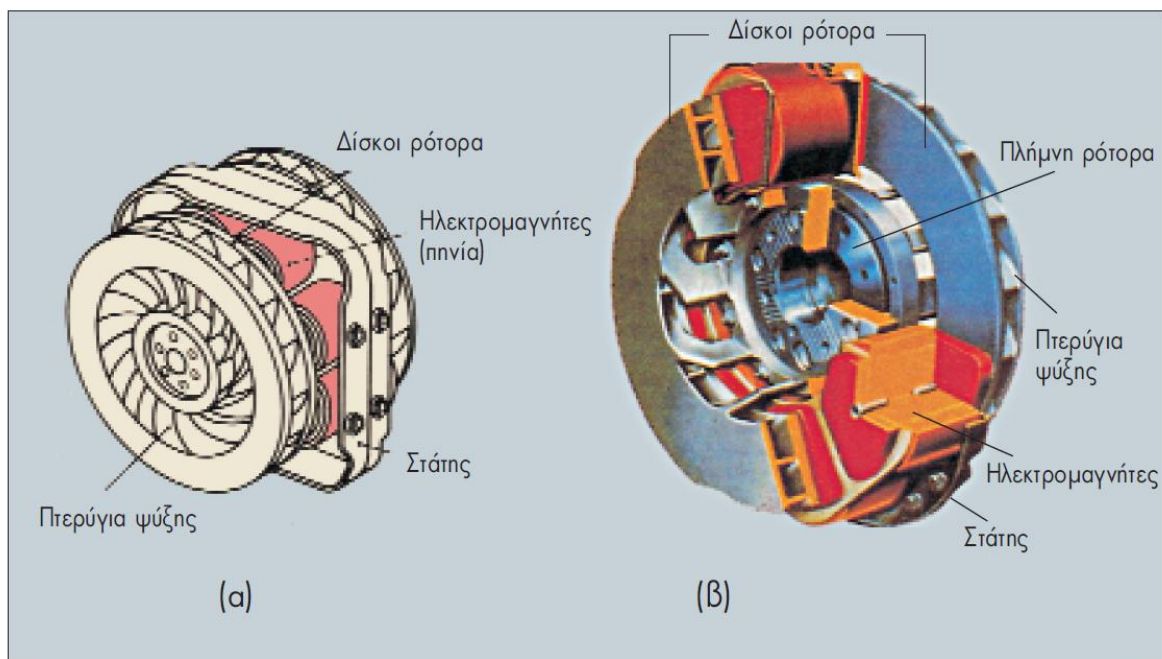
Το μειονέκτημα τους όμως είναι το υψηλό τους κόστος, γι' αυτό χρησιμοποιούνται μόνο σε αυτοκίνητα με υδραυλικό σύστημα διεύθυνσης.

Τέλος, σε οχήματα με μεικτό σύστημα πέδησης, δηλαδή υδραυλικό σύστημα για το ποδόφρενο και αερόφρενο για το χειρόφρενο, χρησιμοποιούνται σερβόφρενα πεπιεσμένου αέρα. Σε αυτά τα συστήματα το έμβολο του σερβομηχανισμού ωθείται από τον πεπιεσμένο αέρα που βγαίνει από την έξοδο του αεροσυμπιεστή.

### **5.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΠΕΔΗ**

Η ηλεκτρική πέδη ονομάζεται επίσης και ηλεκτρόφρενο ή ηλεκτρομαγνητικός επιβραδυντής και χρησιμοποιείται σε βαρά φορτηγά και λεωφορεία. Ο οδηγός κάνει χρήση του ηλεκτρόφρενου στους κατηφορικούς δρόμους όπου είναι απαραίτητο να πατάει συνεχώς το φρένο. Η χρήση του ηλεκτρόφρενου εκτός της ασφάλειας, προσφέρει την αποφυγή υπερβολικής φθοράς των τριβόμενων επιφανειών. Το ηλεκτρόφρενο τοποθετείται ή αμέσως μετά το κιβώτιο ταχυτήτων ή στον άξονα μετάδοσης της κίνησης ή πριν από το διαφορικό και επενεργεί μόνο στους πίσω τροχούς.

Ο στάτης του ηλεκτρόφρενου εγκαθίσταται στο πλαίσιο του οχήματος. Ο ρότορας αποτελείται από έναν άξονα και δύο δίσκους σφηνωμένους πάνω του.



Σχήμα 5.4 Ηλεκτρόφρενο [2].

Η μπαταρία του οχήματος τροφοδοτεί με ηλεκτρικό ρεύμα τα πηνία του στάτη. Το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται, ασκεί δυνάμεις στους δίσκους του ρότορα. Η ροπή των δυνάμεων αυτών τείνει να επιβραδύνει την περιστροφική κίνηση του άξονα του ρότορα.

Οι δίσκοι διαθέτουν πτερύγια έτσι ώστε κατά την περιστροφή τους να λειτουργούν ως ανεμιστήρες και να προκαλούν ψύξη του συστήματος. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η υπερθέρμανση στην περίπτωση που το ηλεκτρόφρενο χρησιμοποιείται για μεγάλο χρονικό διάστημα.

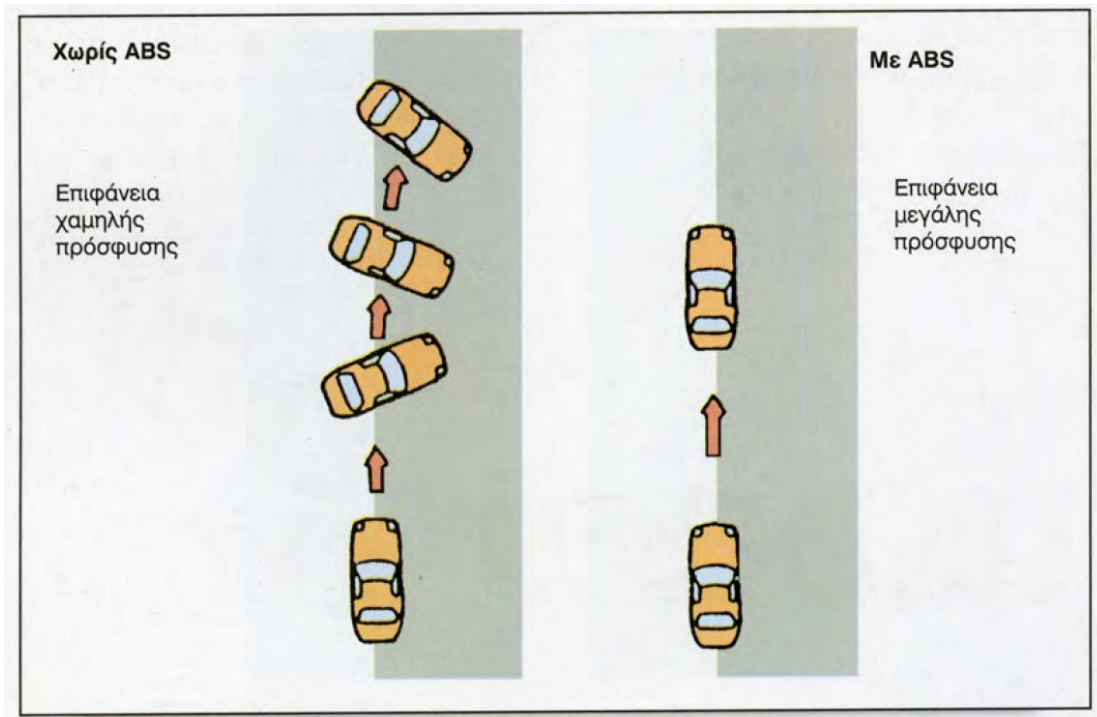
## **6. ΑΝΤΙΜΠΛΟΚΑΡΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΔΗΣΗΣ**

### **6.1 ΓΕΝΙΚΑ**

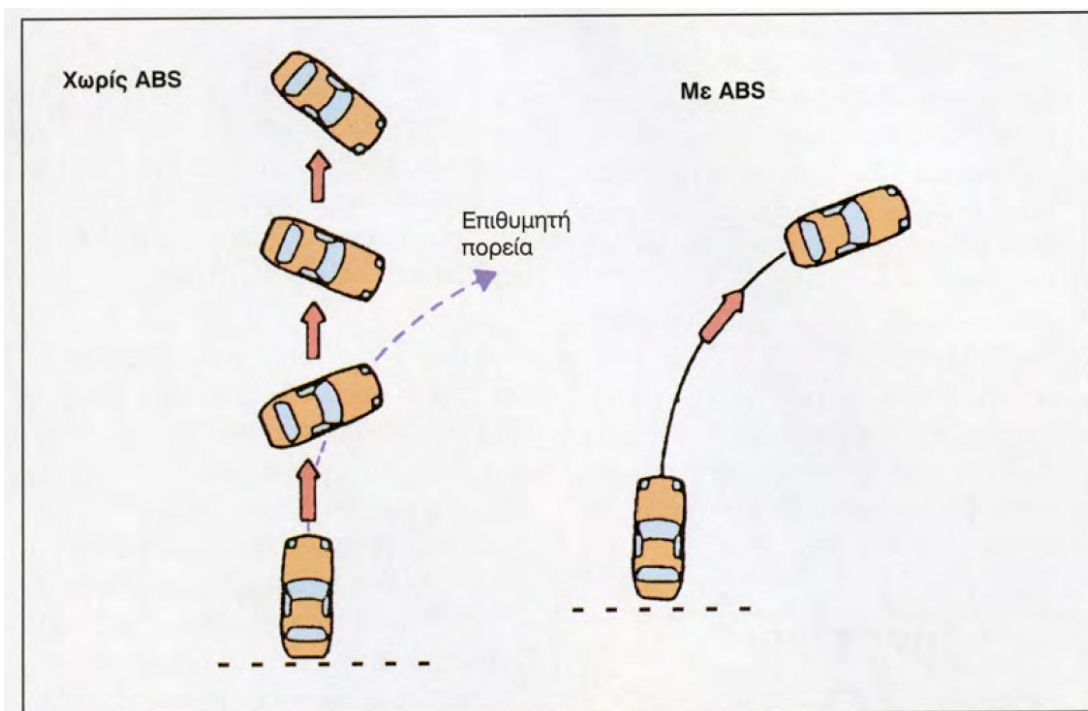
Το αντιμπλοκαριστικό σύστημα πέδησης (Antilock Breaking System, ABS) ανήκει και αυτό στα βοηθητικά συστήματα πέδησης και χρησιμοποιείται στα σύγχρονα αυτοκίνητα για την αποφυγή ολίσθησης και κλειδώματος κατά την πέδηση. Με το ABS αποφεύγεται το μπλοκάρισμα των τροχών σε απότομα φρεναρίσματα και σε ολισθηρό δρόμο κρατώντας το όχημα σταθερό στην πορεία του. Με το ABS ο οδηγός μπορεί να διατηρήσει τον έλεγχο του οχήματος συμβάλλοντας σημαντικά στην ενίσχυση της ενεργητικής ασφάλειας.

Το ABS γενικά προσφέρει προηγμένο έλεγχο του οχήματος και ελαχιστοποιεί την απόσταση πέδησης σε ολισθηρή και ξηρή επιφάνεια. Αντίθετα, σε επιφάνειες όπως το χαλίκι ή το βρεγμένο ή χιονισμένο οδόστρωμα, το ABS μπορεί να αυξήσει σημαντικά την απόσταση πέδησης, αν και εξακολουθεί να βελτιώνει τον έλεγχο του οχήματος.

Αν σε περίπτωση ανάγκης ασκηθεί από τον οδηγό πολύ μεγάλη πίεση στο πεντάλ του φρένου, οι τροχοί μπλοκάρουν με αποτέλεσμα την απώλεια ελέγχου του οχήματος από τον οδηγό. Σε τέτοιου είδους περιπτώσεις επεμβαίνει το ABS το οποίο ελέγχει την πίεση των υγρών στους κυλίνδρους των τροχών εξασφαλίζοντας ότι οι τροχοί δεν θα μπλοκάρουν. Με αυτόν τον τρόπο προσφέρει τη διατήρηση του ελέγχου από τον οδηγό και την ευστάθεια πορείας αποφεύγοντας την περιστροφή του οχήματος. Στα σχήματα 6.1 και 6.2 φαίνεται η πορεία που θα ακολουθήσει το αυτοκίνητο με και χωρίς ABS σε απότομο φρενάρισμα στην ευθεία και σε στροφή αντίστοιχα.



Σχήμα 6.1 φρενάρισμα οχήματος σε ευθεία με και χωρίς ABS [3].



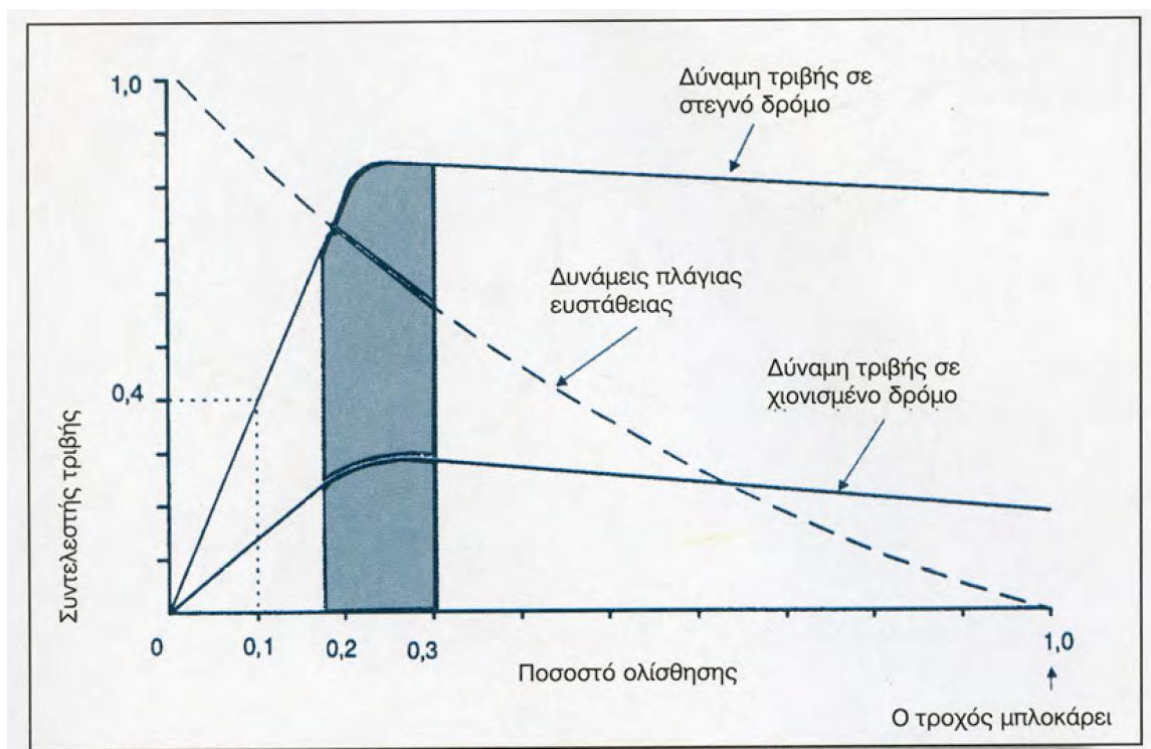
Σχήμα 6.1 φρενάρισμα οχήματος σε στροφή με και χωρίς ABS [3].

Γενικά, εκτός αυτών που ήδη αναφέρθηκαν, η χρήση του ABS προσφέρει στους παρακάτω τομείς [3]:

- Η δύναμη πέδησης κατανέμεται με τέτοιο τρόπο στους τροχούς ώστε να μην μπλοκάρουν οι πίσω τροχοί πολύ νωρίς.
- Επιτυγχάνεται η βέλτιστη απόσταση πέδησης.
- Το ABS επιτυγχάνει την ιδανική πέδηση λαμβανομένων υπόψη των περιορισμών που τίθενται από τις φυσικές ιδιότητες των ελαστικών και του δρόμου.

## 6.2 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

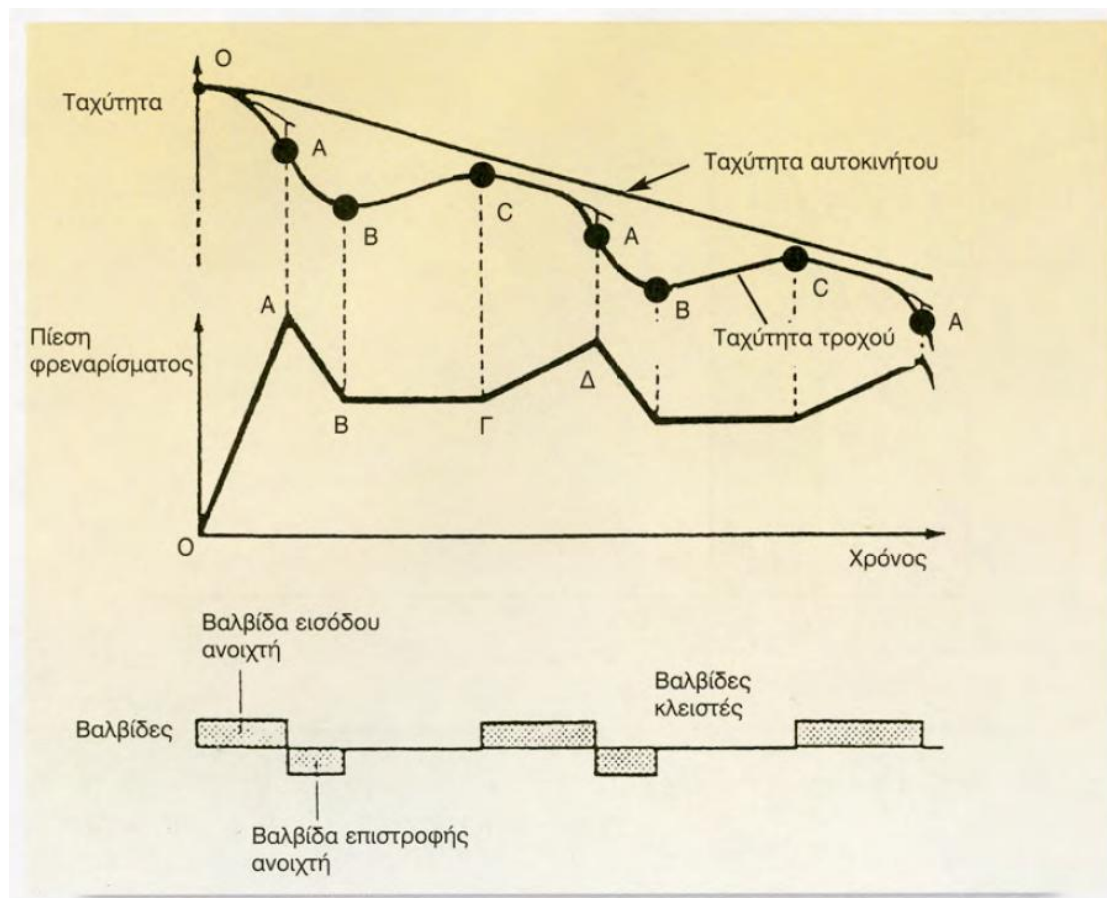
Η απόδοση ενός συστήματος πέδησης εξαρτάται βασικά από την τιμή του συντελεστή τριβής ανάμεσα στο τύμπανο και τις σιαγόνες ή ανάμεσα στους δίσκους και τα τακάκια και από την τιμή του συντελεστή τριβής ανάμεσα στα ελαστικά και το οδόστρωμα.



Σχήμα 6.3 Οι δυνάμεις τριβής και πλάγιας ευστάθειας συναρτήσει του ποσοστού ολίσθησης του τροχού [3].

Κατά την πέδηση εκτός της δύναμης τριβής ανάμεσα στα ελαστικά και το οδόστρωμα αναπτύσσεται και μια ολίσθηση του ελαστικού πάνω στην επιφάνεια του δρόμου. Η πέδηση είναι τόσο πιο αποτελεσματική όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη τριβής και αντίστοιχα όσο μικρότερη είναι η ολίσθηση. Όπως βλέπουμε στο διάγραμμα 6.3 όσο μεγαλώνει το ποσοστό ολίσθησης πάνω από κάποιο όριο, η δύναμη τριβής μειώνεται. Το ABS δημιουργεί τις συνθήκες ώστε η κατάσταση πέδησης να παραμείνει μέσα στο γραμμοσκιασμένο χωρίο του σχήματος 6.3, όπου η δύναμη τριβής είναι η μέγιστη και επίσης η δύναμη πλάγιας ευστάθειας διατηρεί μια αρκετά σημαντική τιμή εξασφαλίζοντας τη δυνατότητα εκτέλεσης ελιγμών.

Όπως αναφέρθηκε ήδη, η λειτουργία του ABS βασίζεται στον έλεγχο της πίεσης των υγρών στους κυλίνδρους των τροχών. Η αρχή λειτουργίας του φαίνεται στο σχήμα 6.4. Στο διάγραμμα απεικονίζονται οι ταχύτητες αυτοκινήτου και τροχού καθώς και η πίεση φρεναρίσματος συναρτήσει του χρόνου από την έναρξη της πέδησης.



Σχήμα 6.4 Αρχή λειτουργίας του ABS [3].

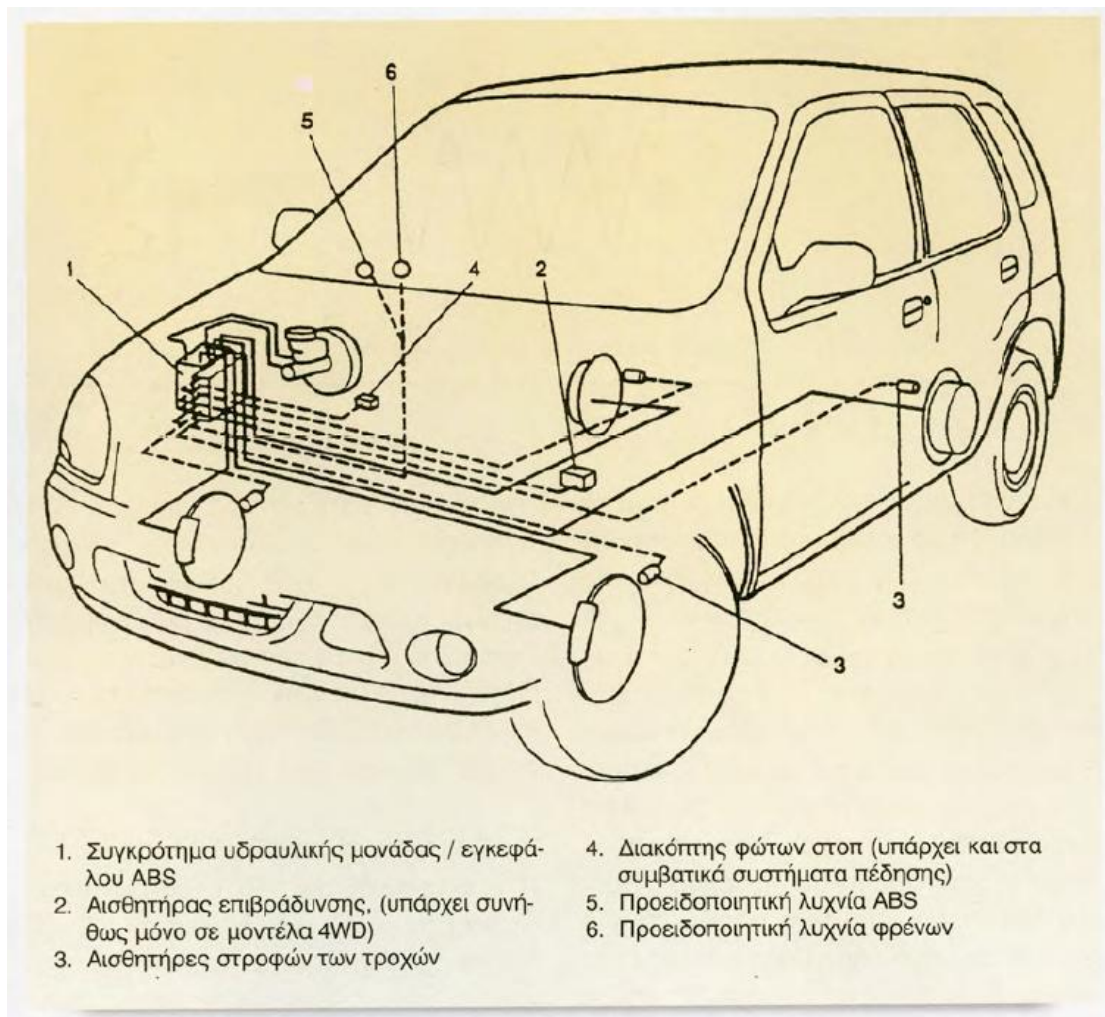


Στο σχήμα 6.4 βλέπουμε ότι η ταχύτητα του αυτοκινήτου μειώνεται με σταθερό ρυθμό. Δεν συμβαίνει όμως το ίδιο και με την γωνιακή ταχύτητα των τροχών. Στο τμήμα ΟΑ λόγω της απότομης αύξησης της πίεσης παρατηρείται και απότομη μείωση της ταχύτητας των τροχών. Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του ABS λαμβάνει αυτήν την πληροφορία από τους αισθητήρες στροφών του συστήματος και ενεργοποιεί την ηλεκτροϋδραυλική μονάδα η οποία με τη σειρά της μειώνει την πίεση στα φρένα. Έτσι στο τμήμα ΑΒ η πίεση μειώνεται και μαζί της μειώνεται και η επιβράδυνση των τροχών. Στο τμήμα ΒΓ η πίεση κρατιέται σταθερή από το σύστημα και η ταχύτητα των τροχών αυξάνεται ελαφρά ώστε να είναι σε αρμονία με την ταχύτητα του οχήματος, Στο τμήμα ΓΔ η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα αυξάνει ξανά την πίεση ώστε να συνεχίσει να επιβραδύνεται το όχημα. Ο κύκλος που μόλις περιγράψαμε επαναλαμβάνεται πολλές φορές σε ένα δευτερόλεπτο. Με τη χρήση του κύκλου αυτού, το ABS εξασφαλίζει την αρμονική επιβράδυνση αυτοκινήτου και τροχών.

### **6.3 ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ABS**

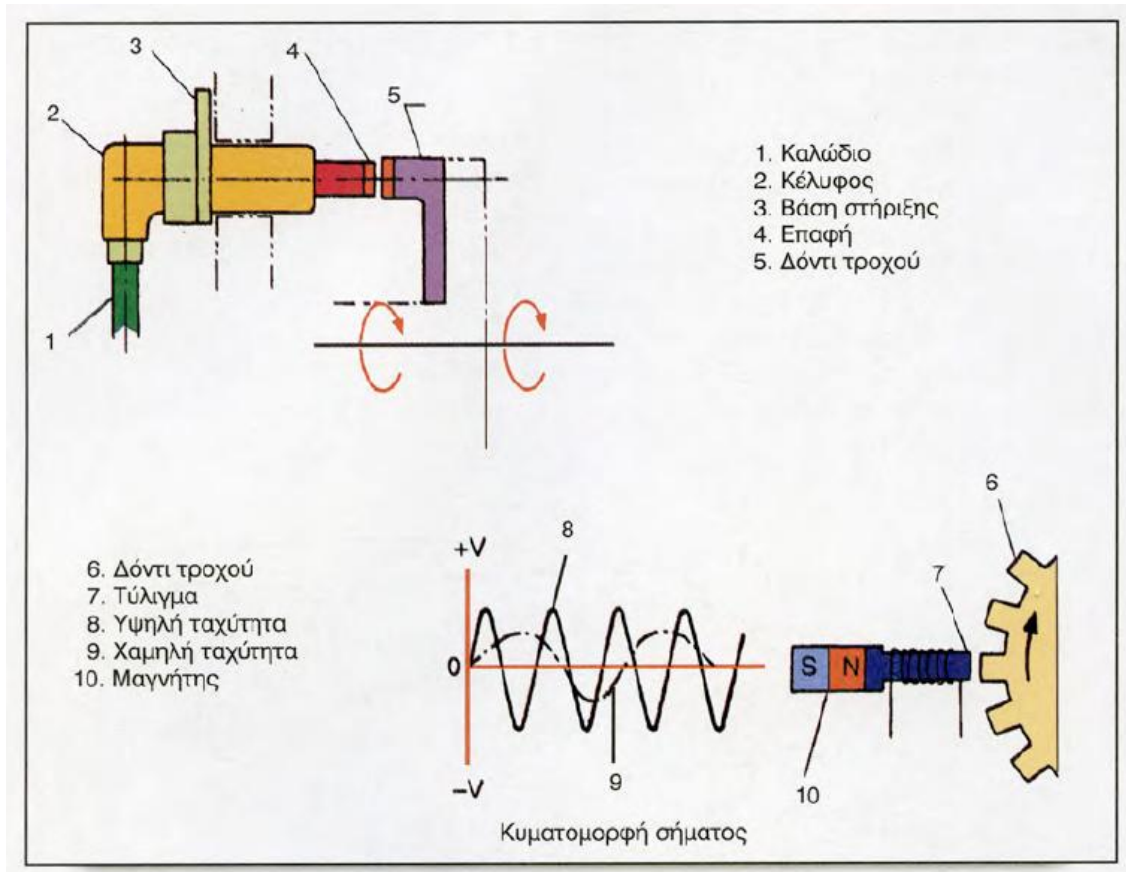
Τα κύρια εξαρτήματα του ABS είναι οι αισθητήρες στροφών, η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου και η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα.

Οι αισθητήρες στροφών είναι επαγωγικοί, προσαρμόζονται στους τροχούς, μετρούν την γωνιακή ταχύτητα των τροχών και στέλνουν σήμα στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου για την ολίσθηση ή όχι των τροχών. Αποτελούνται από ένα πηνίο που είναι τυλιγμένο γύρω από ένα μαγνήτη και έναν οδοντωτό τροχό που τοποθετείται στο ημιαξόνιο του τροχού ή στον κεντρικό άξονα και περιστρέφεται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα με τον τροχό του αυτοκινήτου (σχήμα 6.6). Η περιστροφή του οδοντωτού τροχού επάγει μία εναλλασσόμενη τάση, η συχνότητα της οποίας είναι ανάλογη της γωνιακής ταχύτητας περιστροφής του οδοντωτού τροχού. Η εναλλασσόμενη τάση στέλνεται στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, η οποία βάσει της συχνότητας της τάσης πληροφορείται για την τιμή της γωνιακής ταχύτητας του τροχού.



Σχήμα 6.5 Οι θέσεις των διαφόρων εξαρτημάτων του ABS στο αυτοκίνητο [3].

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, η οποία ονομάζεται και εγκεφάλος, λαμβάνει τα σήματα από τους αισθητήρες στροφών και υπολογίζει την επιβράδυνση των τροχών. Αν είναι απαραίτητο ενεργοποιεί την ηλεκτροϋδραυλική μονάδα δίνοντας εντολή για μείωση ή συγκράτηση ή αύξηση της πίεσης στους κυλίνδρους των τροχών. Επιπλέον, η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου περιέχει ένα σύστημα αυτοδιάγνωσης το οποίο ελέγχει αν λειτουργεί σωστά το σύστημα ABS. Αν ανιχνευθεί κάποια δυσλειτουργία, τότε ανάβει μια ενδεικτική λυχνία στο ταμπλό των οργάνων και διακόπτεται η ηλεκτρική τροφοδοσία της ηλεκτροϋδραυλικής μονάδας. Αν συμβεί αυτό το σύστημα ABS ουσιαστικά απενεργοποιείται και το αυτοκίνητο μένει μόνο με το συμβατικό σύστημα πέδησης.



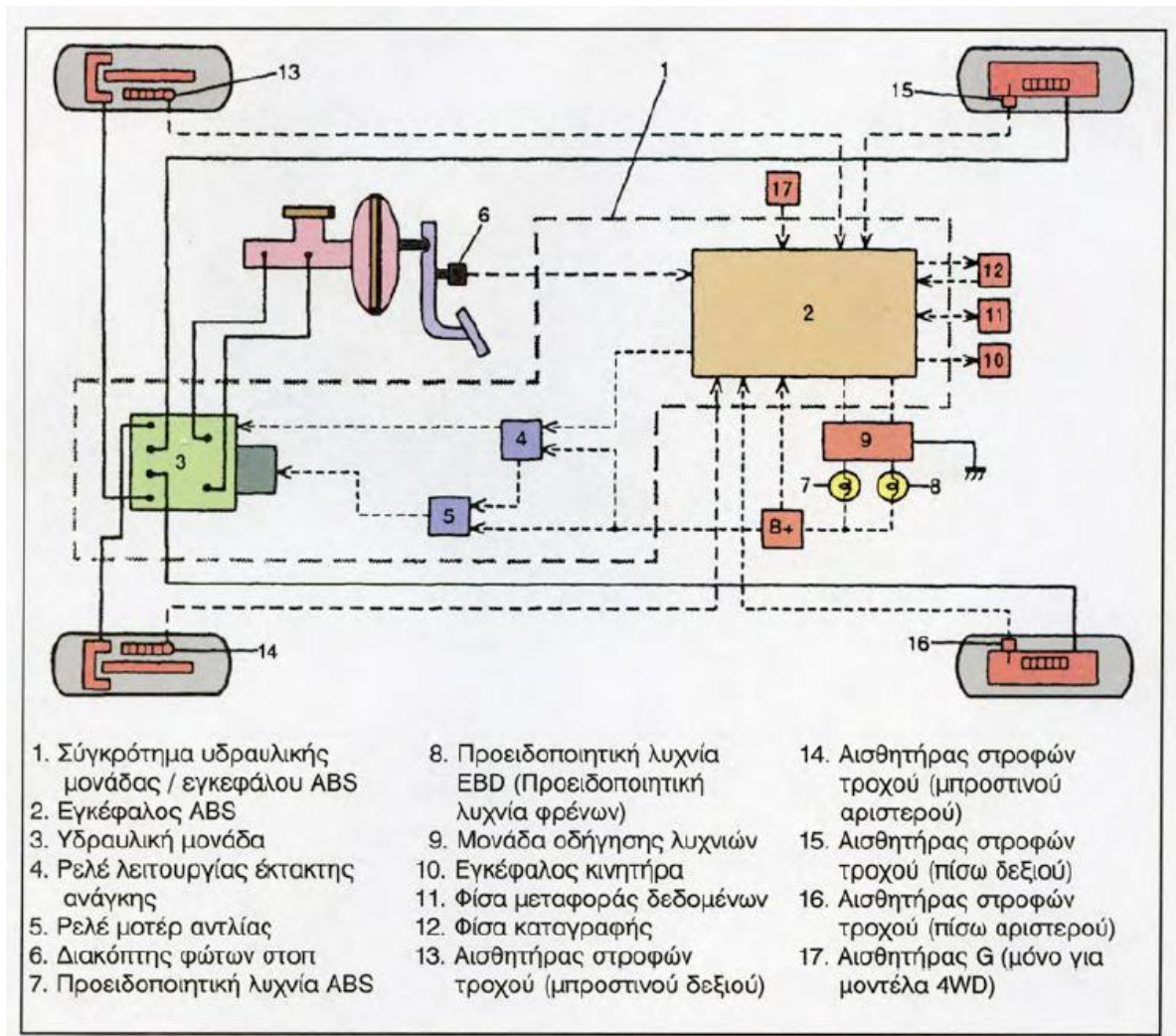
Σχήμα 6.6 Σχηματική αναπαράσταση ενός αισθητήρα στροφών [3].



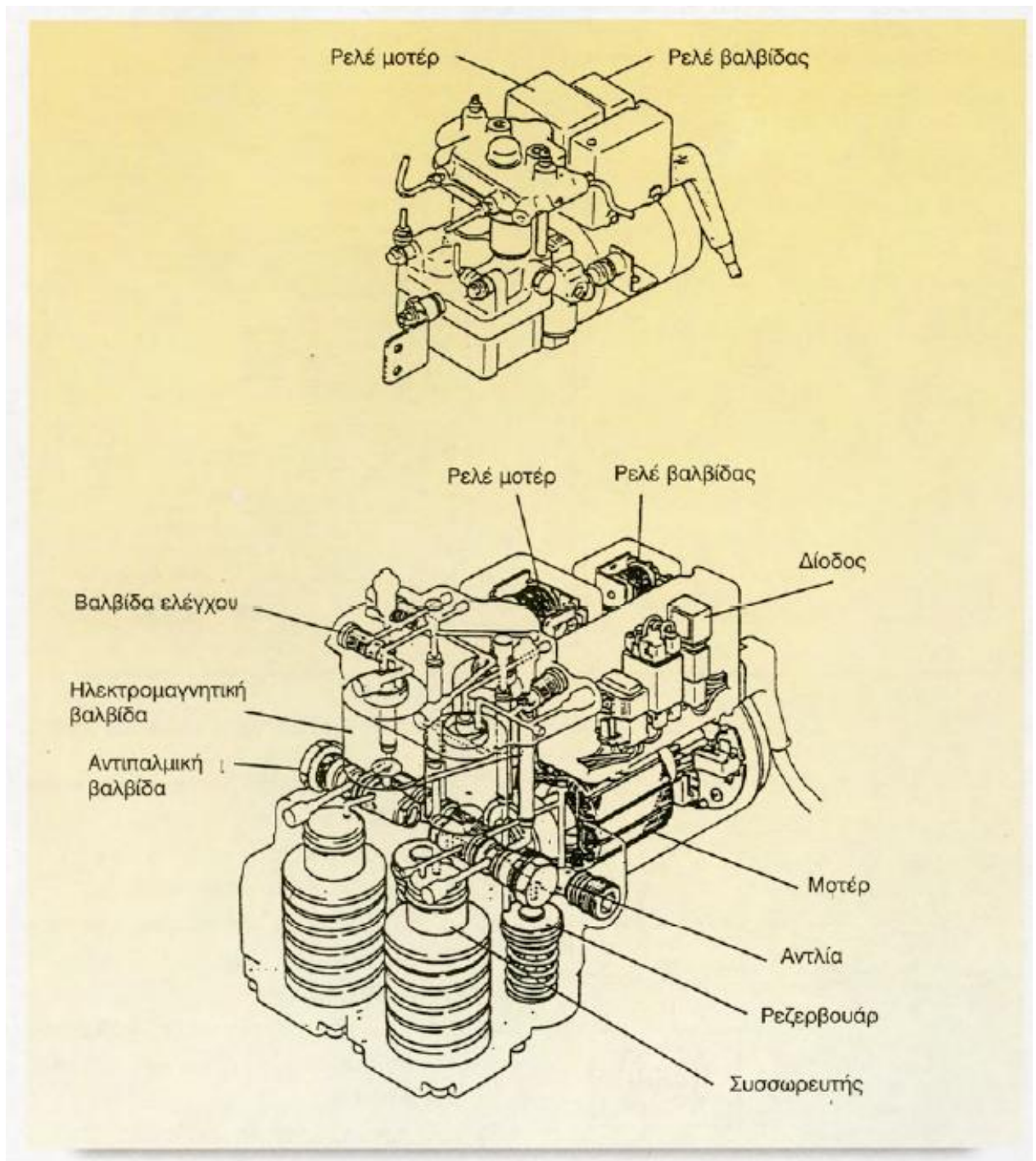
Σχήμα 6.7 Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου [12].

Η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα (σχήμα 6.9) εκτελεί τις εντολές της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου και ελέγχει την πίεση στους κυλίνδρους των τροχών. Αποτελείται από:

- Τον ηλεκτροκινητήρα και την αντλία που φροντίζουν για την επιστροφή των υγρών φρένων, που αφαιρέθηκαν κατά τη διαδικασία μείωσης της πίεσης, πάλι πίσω στο κύκλωμα.
- Τον συσσωρευτή πίεσης που διατηρεί την πίεση.
- Τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες που ρυθμίζουν την πίεση.
- Τον αποσβεστήρα παλμών που φροντίζουν για την απόσβεση των παλμικών δονήσεων που δημιουργούνται κατά τη λειτουργία των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων.
- Διάφορα ρελέ.



Σχήμα 6.8 Η δομή ενός τυπικού συστήματος ABS [3].



Σχήμα 6.9 Η δομή της ηλεκτροϋδραυλικής μονάδας του ABS [3].

## **7. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΤΡΟΧΩΝ**

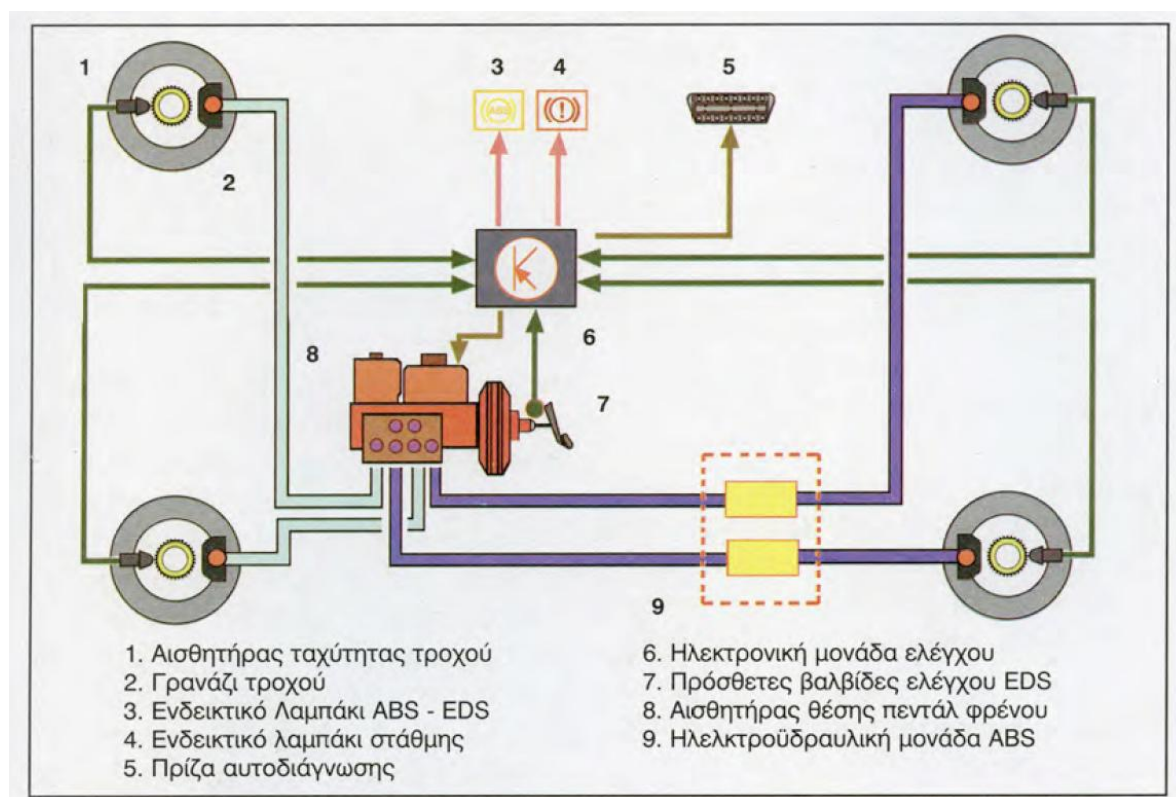
### **7.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορα συστήματα ελέγχου της ολίσθησης των τροχών τα οποία ανήκουν στα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας. Πρόκειται για ηλεκτρονικά συστήματα τα οποία χρησιμοποιούν και το συμβατικό σύστημα πέδησης και το ABS του αυτοκινήτου για να αυξήσουν ή να μειώσουν το φρενάρισμα σε έναν ή δύο τροχούς του ίδιου ή διαφορετικού άξονα. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η ολίσθηση του οχήματος λόγω σπινιαρίσματος ή υποστροφής ή υπερστροφής. Κάποια από αυτά τα συστήματα εκμεταλλεύονται και τον ηλεκτρονικό έλεγχο του κινητήρα για να επιβάλλουν την ιδανική κατά περίπτωση ροπή που θα εξασφαλίσει τον έλεγχο του οχήματος κατά το φρενάρισμα. Στη συνέχεια περιγράφονται τα σημαντικότερα από τα συστήματα ελέγχου ολίσθησης.

### **7.2 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΥ**

Το σύστημα ηλεκτρονικού ελέγχου (Electronic differential lock, EDL, αναφέρεται και ως EDS από τα αρχικά των Γερμανικών λέξεων) συλλέγει πληροφορίες από τους αισθητήρες του ABS σχετικά με τη γωνιακή ταχύτητα των κινητήριων τροχών. Αν οι γωνιακές τους ταχύτητες δεν είναι ίσες (διαφέρουν κατά πάνω από 100rpm) τότε το σύστημα EDL επιβραδύνει τον τροχό που κινείται ταχύτερα και μεταφέρει τη ροπή στον άλλο τροχό. Ουσιαστικά κάνει την ίδια δουλειά με το μηχανικό μπλοκέ διαφορικό αλλά παρουσιάζει σε σχέση με αυτό

πολλά πλεονεκτήματα όπως η συμβατότητα με το ABS και η δυνατότητα εφαρμογής στους μπροστινούς τροχούς.



Σχήμα 7.1 Σχηματική απεικόνιση της συνεργασίας του ABS με το EDS (EDL) [3].

Για την εγκατάσταση του EDL σε ένα αυτοκίνητο απαιτείται η αναβάθμιση του λογισμικού της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου του ABS και η τοποθέτηση λίγων επιπλέον εξαρτημάτων. Τα εξαρτήματα αυτά είναι τα εξής:

- Ένας διακόπτης πίεσης στην ηλεκτροϋδραυλική μονάδα του ABS που ανιχνεύει την ενεργοποίηση του φρένου από τον οδηγό.
- Ένα ρελέ που ενεργοποιεί την αντλία κατά τη λειτουργία του EDL με σκοπό τη μείωση της πίεσης φρεναρίσματος.
- Δύο ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες οι οποίες ελέγχουν την πίεση στους οπίσθιους τροχούς. Η αποστολή τους είναι να εξασφαλίζουν ότι δεν θα δημιουργηθεί πίεση φρεναρίσματος στους οπίσθιους τροχούς όταν λειτουργεί το EDL.

Η ηλεκτρονική μονάδα μετράει το χρόνο λειτουργίας του EDL και αν είναι απαραίτητο θέτει το σύστημα εκτός λειτουργίας για να αποφευχθεί υπερθέρμανση του συστήματος πέδησης. Το σύστημα EDL στα περισσότερα αυτοκίνητα λειτουργεί για ταχύτητες μέχρι περίπου 40km/h. Σε πολύ εξελιγμένα μοντέλα αναφέρεται ότι λειτουργεί μέχρι και τα 80km/h.

### **7.3 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ**

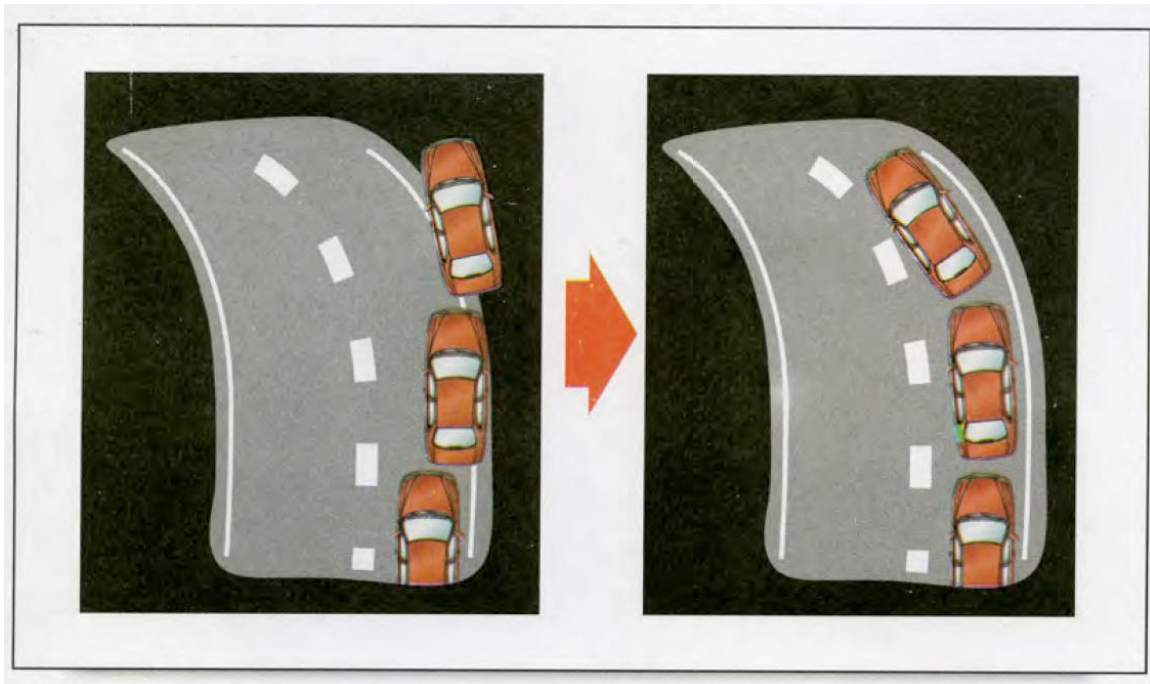
Το ηλεκτρονικό σταθεροποιητικό σύστημα δυναμικής κίνησης (Electronic stability brake system, ESBS ή ESP από τις αντίστοιχες Γερμανικές λέξεις) έχει σαν αποστολή την διατήρηση της ευστάθειας του οχήματος καθώς αυτό επιβραδύνει για να πάρει μία στροφή. Θεωρείται η σημαντικότερη εφεύρεση για τη βελτίωση της ενεργητικής ασφάλειας μετά το ABS.

Όταν ένας τροχός στρέφεται με μεγάλη γωνιακή ταχύτητα σε σχέση με την ταχύτητα του οχήματος, τότε χάνει την πρόσφυση με το οδόστρωμα. Σε αυτήν την περίπτωση ο οδηγός δεν μπορεί να ελέγξει την πορεία του οχήματος. Το ESP επεμβαίνει σε αυτές τις περιπτώσεις, σε κλάσματα του δευτερολέπτου, ρυθμίζοντας την πίεση των φρένων ξεχωριστά σε κάθε τροχό. Το ESP συγκρίνει τη θεωρητική πορεία κίνησης του οχήματος όπως καθορίζεται από τον οδηγό με την πραγματική. Όταν υπάρχει απόκλιση, φρενάρει μεμονωμένα τους κατάλληλους τροχούς ώστε ο οδηγός να ανακτήσει τον έλεγχο. Το ESP λειτουργεί μόνο στην προς τα εμπρός κίνηση και στις περιπτώσεις υποστροφής ή υπερστροφής του οχήματος.

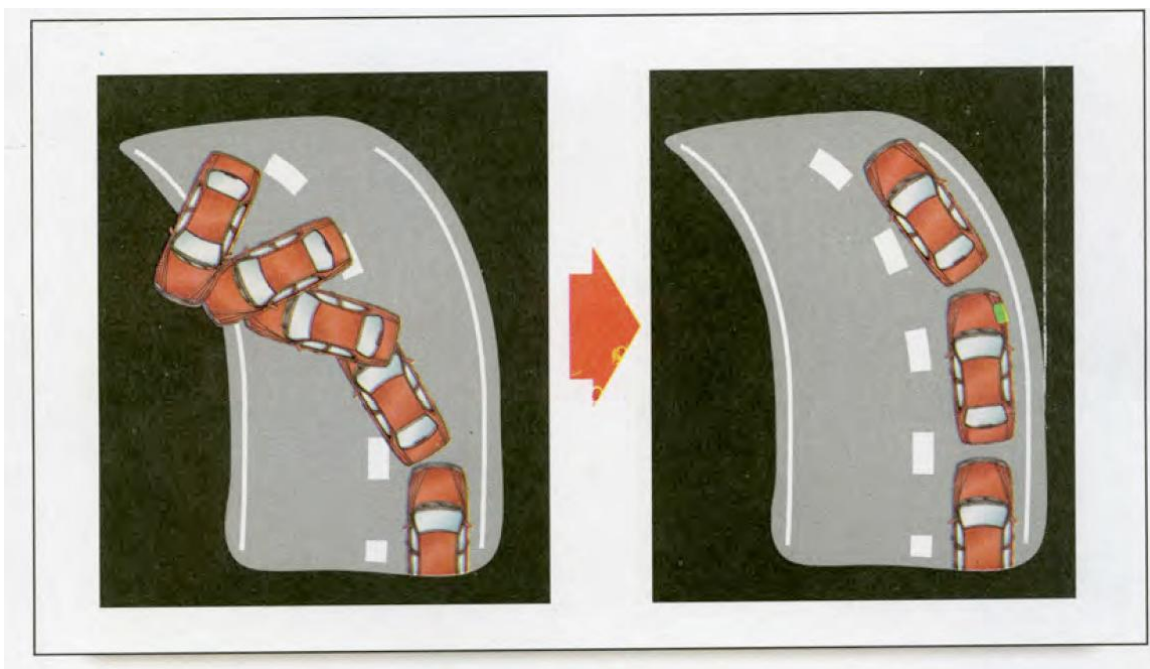
Στην υποστροφή το μπροστινό τμήμα του αυτοκινήτου αποκλίνει από τη θεωρητική πορεία και το ESP φρενάρει περισσότερο τον εσωτερικό πίσω τροχό. Η ροπή εκτροπής που προκαλείται από αυτή την επέμβαση επαναφέρει το όχημα στη θεωρητική πορεία.

Στην υπερστροφή είναι το πίσω μέρος του οχήματος που αποκλίνει από τη θεωρητική πορεία. Το ESP φρενάρει περισσότερο τον εξωτερικό μπροστινό τροχό για να πετύχει τη σύγκλιση της πραγματικής με τη θεωρητική πορεία.





Σχήμα 7.2 Η λειτουργία του ESP κατά την υποστροφή του οχήματος [3].



Σχήμα 7.3 Η λειτουργία του ESP κατά την υπερστροφή του οχήματος [3].

Το ESP εκμεταλλεύεται τους αισθητήρες του ABS και επιπλέον χρησιμοποιεί και τους παρακάτω:

- Αισθητήρας γωνίας περιστροφής του τιμονιού.
- Αισθητήρας πλευρικής επιτάχυνσης των τροχών.
- Αισθητήρας διαμήκους επιτάχυνσης του αυτοκινήτου (υπάρχει μόνο στα αυτοκίνητα με κίνηση και στους τέσσερις τροχούς).
- Αισθητήρας ροπής εκτροπής.

Υπολογίζεται ότι από το 1995 που εμφανίστηκαν τα πρώτα συστήματα ευστάθειας αποφεύχθηκαν 200.000 ατυχήματα στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση από το 2014 είναι υποχρεωτική η τοποθέτηση ESP σε κάθε νέο όχημα. Η ρύθμιση αυτή είχε ήδη εφαρμοστεί στις Η.Π.Α. και στον Καναδά από το 2011.

#### **7.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΡΟΠΗΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ**

Το σύστημα ηλεκτρονικού ελέγχου της ροπής του κινητήρα (Engine braking control, EBC, ή MSR από τις Γερμανικές λέξεις) έχει ως αποστολή την αποφυγή μπλοκαρίσματος των τροχών μέσω του ελέγχου της ροπής του κινητήρα.

Στις περιπτώσεις που οι αισθητήρες του ABS αντιληφθούν απότομη μείωση των στροφών του κινητήρα, το EBC επεμβαίνει και αυξάνει ελεγχόμενα τη ροπή. Η ηλεκτρονική μονάδα του ABS δίνει την εντολή να ανοίξει η πεταλούδα του γκαζιού και αυξάνονται οι στροφές του κινητήρα. Έτσι, ο τροχός αρχίζει πάλι να περιστρέφεται. Όλη η διαδικασία είναι ελεγχόμενη ώστε να εξασφαλίζεται η ευστάθεια της κίνησης του οχήματος.

#### **7.5 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΚΑΤΑΝΕΜΗΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΦΡΕΝΩΝ**

Ο ηλεκτρονικός κατανεμητής πίεσης φρένων (Electronic brake pressure distribution, EBD ή EBV από τις Γερμανικές λέξεις) ελέγχει την

πίεση των υγρών φρένων στους οπίσθιους τροχούς αντικαθιστώντας τον μηχανικό καταναεμητή πίεσης.

Σκοπός του συστήματος είναι η εξάλειψη τυχόν διαφορών στις στροφές των μπροστινών και των οπίσθιων τροχών. Αν οι αισθητήρες του ABS αντιληφθούν σημαντικά μειωμένες στροφές στους οπίσθιους τροχούς σε σχέση με τους μπροστινούς, μειώνεται η πίεση στους οπίσθιους τροχούς. Με αυτόν τον τρόπο εξαλείφεται η διαφορά στροφών και το όχημα παραμένει σταθερό στην πορεία του.

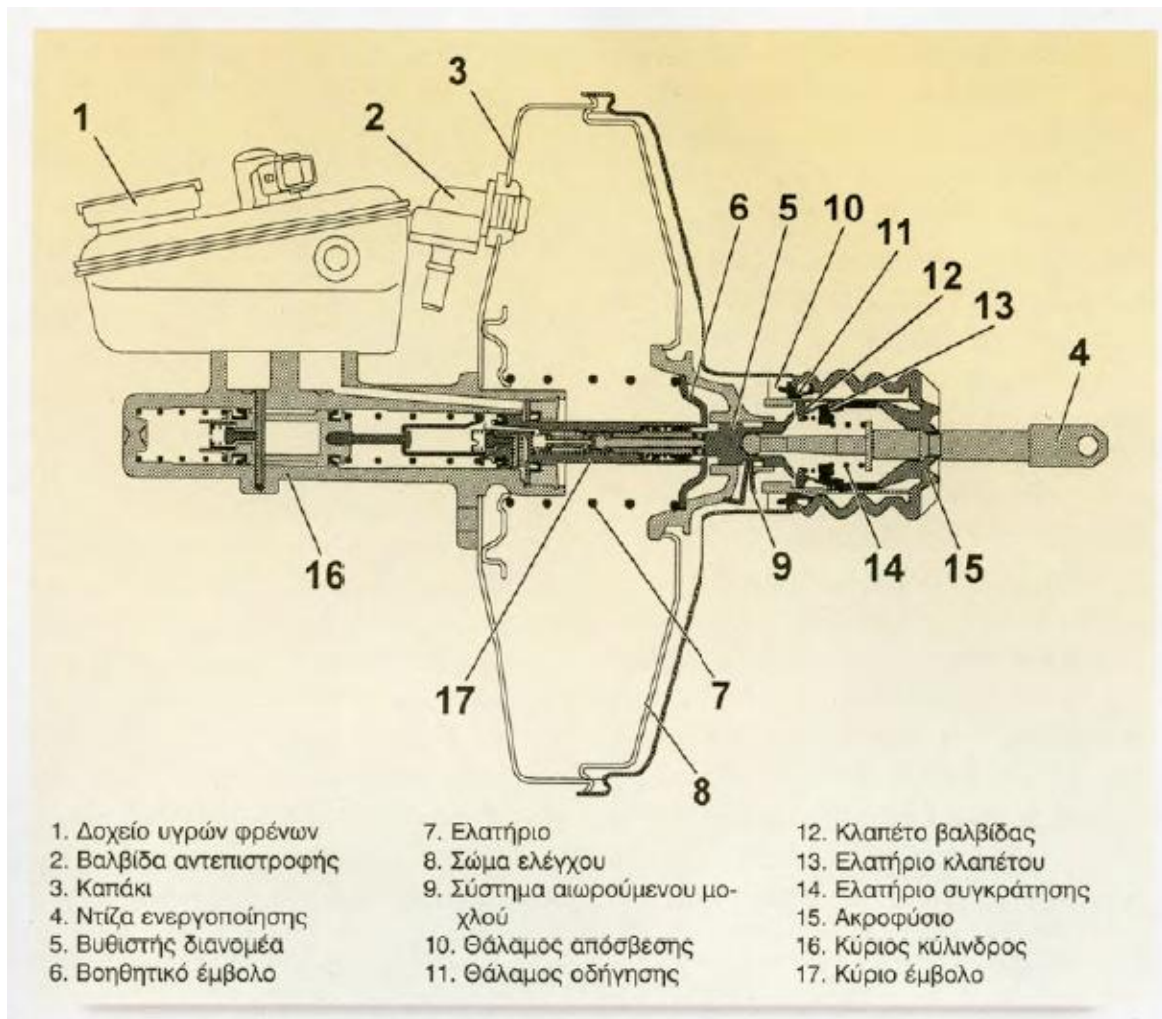
## **7.6 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΜΕΣΗΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΡΕΝΩΝ**

Το ηλεκτρονικό σύστημα άμεσης ενεργοποίησης φρεναρίσματος (Brake assist system, BAS) έχει σαν σκοπό τη μείωση του «νεκρού χρόνου» που μεσολαβεί από τη στιγμή που θα ακουμπήσει ο οδηγός το πεντάλ του φρένου έως να ασκήσει πλήρη πίεση. Αυτός ο χρόνος μπορεί να οφείλεται είτε σε αργά αντανακλαστικά είτε σε δισταγμό του οδηγού να πιέσει επαρκώς το πεντάλ του φρένου σε μία επικίνδυνη κατάσταση. Η μελέτη των ατυχημάτων έδειξε ότι μεγάλο ποσοστό των οδηγών αν και έχουν καλά αντανακλαστικά διστάζουν να φρενάρουν με πλήρη ισχύ για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τα συστήματα υποβοήθησης φρένων κατασκευάστηκαν ακριβώς για να βοηθήσουν στην επίλυση αυτού του προβλήματος.

Το σύστημα υποβοήθησης φρένων με τη βοήθεια κάποιων αισθητήρων μετράει την ταχύτητα με την οποία ο οδηγός αφήνει το γκάζι για να πατήσει το φρένο. Από την ταχύτητα αυτή συμπεραίνει αν πρόκειται για φρενάρισμα πανικού. Αν όντως είναι φρενάρισμα πανικού, το BAS ενεργοποιεί σε κλάσματα του δευτερολέπτου το σερβόφρενο προκαλώντας πέδηση σε πλήρη ισχύ. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται σημαντικά η απόσταση πέδησης.

Το πρώτο σύστημα υποβοήθησης φρένων κατασκευάστηκε από τη Mercedes-Benz και ακολούθησαν οι άλλοι κατασκευαστές. Στο σύστημα EVA (Emergency valve assistant) της Bosch (σχήμα 7.4), η αύξηση της δύναμης πέδησης του οδηγού επιτυγχάνεται με την ενεργοποίηση του σερβόφρενου με ένα μηχανικό σύστημα στην περίπτωση που οι

αισθητήρες αντιληφθούν ότι ο οδηγός πατά το πεντάλ του φρένου γρήγορα αλλά όχι επαρκώς δυνατά.

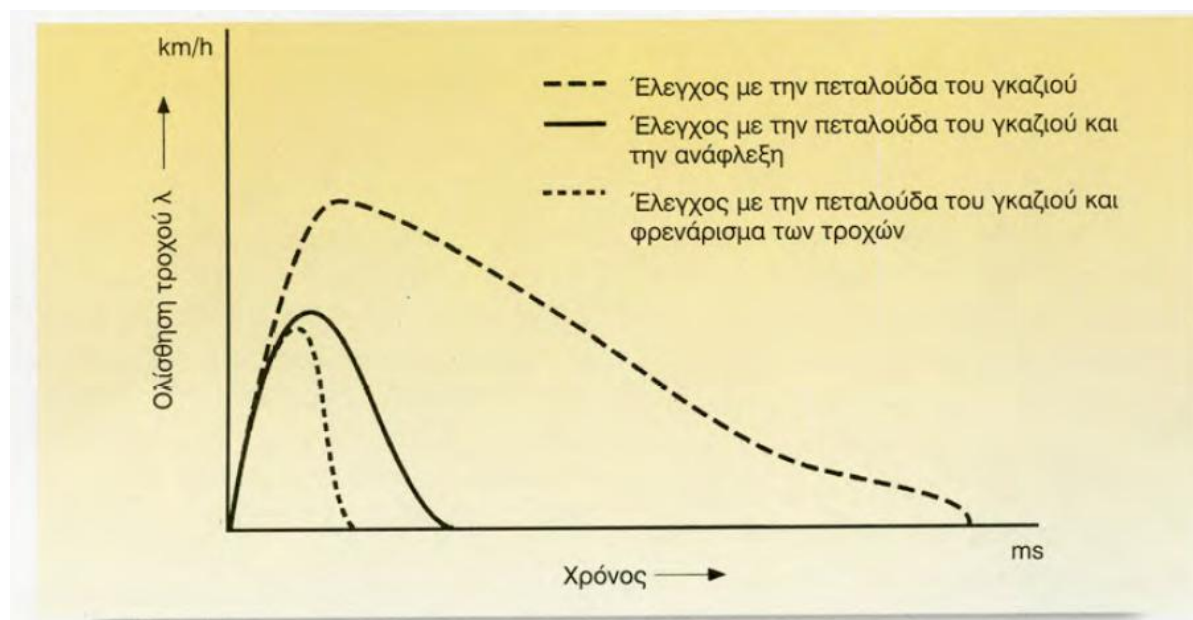


#### 7.4 Το σύστημα υποβοήθησης φρένων EVA της Bosch [3].

Αν και το BAS επιβάλλει πέδηση με πλήρη δύναμη, η ταυτόχρονη παρουσία του ABS, που ρυθμίζει με ακρίβεια τη δύναμη πέδησης, αποτρέπει το μπλοκάρισμα των τροχών. Όταν ο οδηγός αφήσει το πεντάλ του φρένου κλείνει μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα και το σερβόφρενο απενεργοποιείται.

## 7.7 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΡΟΣΦΥΣΗΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΚΙΝΗΣΗ

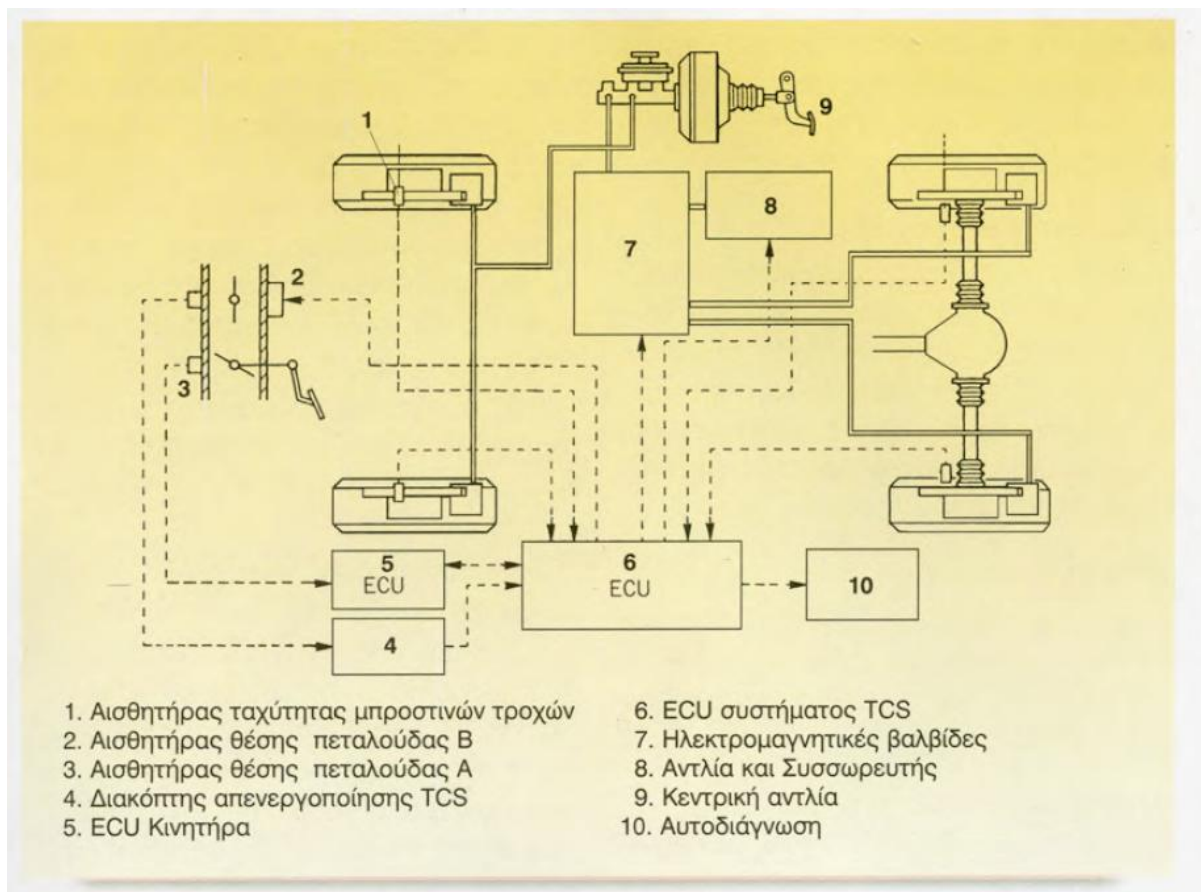
Το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης των τροχών στην εκκίνηση (Traction control system, TCS ή Acceleration skid control, ASC ή ASR από τις Γερμανικές λέξεις) μειώνει επιλεκτικά τις στροφές ενός ή περισσότερων τροχών με σκοπό τη μείωση της ολίσθησης και συνεπώς την αύξηση της πρόσφυσης. Στην καθομιλουμένη λέγεται και «αντισπίν» αφού σκοπός του είναι η μείωση του σπινάρισματος σε συνθήκες κακής πρόσφυσης (π.χ. κίνηση σε χαλίκι ή πάγο). Το σύστημα δρα είτε περιορίζοντας τη ροπή του κινητήρα είτε φρενάροντας τον τροχό ή τους τροχούς που σπινάρουν είτε και τα δύο.



Σχήμα 7.5 Ταχύτητα μείωσης της ολίσθησης ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας του TCS [3].

Στην πρώτη περίπτωση, το σύστημα παίρνει τον έλεγχο της πεταλούδας του γκαζιού και μειώνει με ομαλό τρόπο τις στροφές του κινητήρα και συνεπώς τη ροπή που μεταφέρεται στους τροχούς. Αν χρειαστεί, το TCS έχει τη δυνατότητα να επέμβει και στην αλλαγή προπορείας λειτουργίας του κινητήρα. Η μείωση της ροπής εξασφαλίζει ότι οι κινητήριοι τροχοί δεν θα ολισθήσουν κατά την επιτάχυνση σε οποιοσδήποτε συνθήκες. Επίσης, όπως ήδη αναφέρθηκε, το TCS έχει τη δυνατότητα της επιλεκτικής μείωσης των στροφών ενός ή περισσότερων

τροχών ώστε να αποκτήσουν πρόσφυση και να εξασφαλιστεί η ευστάθεια του οχήματος. Η πληροφορία σχετικά με το αν σπινάρει ή όχι ένας τροχός αντλείται από τους αισθητήρες του ABS. Στα αυτοκίνητα υπάρχει η δυνατότητα απενεργοποίησης του TCS με το πάτημα ενός κουμπιού. Αυτό γίνεται σε πολύ ειδικές συνθήκες όπως κίνηση με εφεδρικό τροχό, κίνηση με αντιολισθητικές αλυσίδες κ.ά. όπου η ολίσθηση επιτρέπεται.



Σχήμα 7.6 Σχηματική αναπαράσταση του συστήματος TCS [3].

## 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το σύστημα πέδησης είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την ασφάλεια του οχήματος, του οδηγού και των επιβατών. Κύριος στόχος του είναι η έγκαιρη μείωση της ταχύτητας του οχήματος για την αποφυγή ατυχήματος (ενεργητική ασφάλεια οχήματος). Η αποτελεσματικότητά του καθορίζεται από το μέγεθος της δύναμης πέδησης, από την ομοιόμορφη κατανομή της στους τροχούς του ίδιου άξονα και από τη σωστή κατανομή της στους άξονες.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας ο κλασσικός ορισμός της ενεργητικής ασφάλειας έγινε πιο πολύπλοκος, αφού πλέον τα αντίστοιχα συστήματα έχουν τη δυνατότητα ουσιαστικά να «αντιλαμβάνονται» και να «αξιολογούν» από μόνα τους την κατάσταση, στην οποία βρίσκεται το όχημα. Σκοπός είναι βασικά η αποφυγή του ατυχήματος, αλλά και η ελαχιστοποίηση της ζημιάς που θα προκληθεί αν η σύγκρουση δεν είναι δυνατόν να αποφευχθεί. Έτσι, εμπλέκονται και στην παθητική ασφάλεια του οχήματος βοηθώντας τον οδηγό να ελέγξει αποτελεσματικότερα το όχημα.

Στην εργασία αυτή περιγράφηκαν αναλυτικά τα κύρια και βοηθητικά συστήματα πέδησης των σύγχρονων οχημάτων. Επίσης περιγράφηκε η λειτουργία όλων των σύγχρονων ηλεκτρονικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται για την αποφυγή του μπλοκαρίσματος των τροχών και της διατήρηση της ευστάθειας της πορείας του οχήματος.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- 1] Χόνδρος Θ., Δυναμική Ανάλυση Οχημάτων, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών 2007.
- 2] Ανδρινός Ν., Παναγιωτίδης Π. και Παπαδόπουλος Ν., Συστήματα Αυτοκινήτου Ι, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο 2001.
- 3] Αλεξάνδρου Δ., Γιάννος Γ. και Καπετανάκης Γ., Συστήματα Αυτοκινήτου ΙΙ, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος» 2009.
- 4] Heisler H., Advanced Vehicle Technology, Butterworth-Heinemann 2002.
- 5] Βάος Ε., Αυτοκίνητο, Ευγενίδειο Ίδρυμα 1998.
- 6] Jitesh S., Antilock Braking System (ABS), Int. J. Mech. Eng. & Rob. Res. **3**, 253-259 (2014).
- 7] Κασίμη Σ., Συστήματα Πέδησης Βαρέων Οχημάτων, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ 2014.
- 8] Κουζέλης Θ. και Παναγιωτίδης Π., Αυτοκίνητα και Μηχανήματα Τεχνικών Έργων, Ευγενίδειο Ίδρυμα 1997.
- 9] Reif K., Fundamentals of Automotive and Engine Technology, Springer 2014.
- 10] Μάστορας Σ. και Γιαννίκος Ν., Πρότυπα και Δοκιμαστικές Διατάξεις για Συστήματα Πέδησης Δίσκου, Πτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.
- 11] Μπάρμπας Ν. και Ριζόπουλος Χ., Σύστημα Υδραυλικών Φρένων Αυτοκινήτου, Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης 2014.
- 12] Ξηροσαββίδης Κ., Η Νέα Τεχνολογία στην Ενεργητική Ασφάλεια του Αυτοκινήτου, Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Καβάλας 2009.