

**Α.Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ:**

***ΟΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ABS ΚΑΙ ESP ΣΕ ΕΠΙΒΑΤΙΚΟ  
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ.***



**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:**  
**ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Ι. ΜΠΑΚΟΣ**  
Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ:**  
**ΑΠΟΣΤΟΛΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ**  
**ΡΟΥΦΑ ΙΩΑΝΝΑ**

**ΠΑΤΡΑ 2003**

ΑΡΙΘΜΟΣ	7070
ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα καλά της αυτοκίνησης είναι πολλά και δεν χρειάζεται κανείς να τα αναφέρει. Φυσικό όμως είναι, σε κάθε καλό να υπάρχουν και κάποιες παρενέργειες. Ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιείται το αυτοκίνητο έχει προσαρμοστεί στον πολιτισμό του κάθε τόπου. Από αρκετούς το αυτοκίνητο, ή πιο σωστά η χρήση του, θεωρείται πηγή πολλών δεινών. Το σημαντικότερο απ' όλα είναι τα τροχαία ατυχήματα. Αλλά και το κυκλοφοριακό πρόβλημα είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την δημιουργία άγχους στον σύγχρονο άνθρωπο.

Οι σύγχρονοι κατασκευαστές αυτοκινήτων, όπως είναι αυτονόητο, σχεδιάζουν τα αυτοκίνητα με βάση τις απαιτήσεις των καταναλωτών. Σήμερα ο τρόπος ζωής έχει επιβάλλει γρήγορους ρυθμούς με αποτέλεσμα, οι καταναλωτές να αναζητούν αυτοκίνητα που αναπτύσσουν μεγάλες ταχύτητες. Κατ' επέκταση οι κατασκευαστές πρέπει να μπορούν να τους παρέχουν γρήγορα αυτοκίνητα σκεπτόμενοι όμως και την ασφάλεια των επιβατών.

Είναι γνωστό ότι τα σημερινά αυτοκίνητα είναι πολύ πιο γρήγορα σε σχέση με παλιότερα, το οποίο σημαίνει ότι η κατασκευή τους γίνεται από υλικά με μικρότερο βάρος, με αποτέλεσμα, ο συνδυασμός της μεγάλης ταχύτητας και του μικρού βάρους του οχήματος, να επιφέρει εύκολα εκτροπή του οχήματος από την πορεία του για έναν μέσο οδηγό. Όλα αυτά οδήγησαν τους κατασκευαστές στην έρευνα για συστήματα που θα παρέχουν βοήθεια στους οδηγούς όποτε τη χρειαστούν.

Μια σκέψη των κατασκευαστών αναφερόταν στις αναρτήσεις του οχήματος, οι οποίες παίζουν ρόλο σε ότι αφορά την πρόσφυση του ελαστικού στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Μετά από παρατηρήσεις κατέληξαν ότι όταν το ελατήριο της ανάρτησης είναι μακρύτερο, το όχημα διατηρεί την πρόσφυσή του για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Αυτό όμως δεν σημαίνει απαραίτητα ότι ο οδηγός έχει ακόμα τον έλεγχο του αυτοκινήτου. Η έρευνα αυτή τελικά δεν είχε τα επιθυμητά αποτελέσματα και οι κατασκευαστές έπρεπε να στραφούν στη δημιουργία ειδικών συστημάτων ασφαλείας.

Ακόμη έπρεπε να λάβουν υπόψη τους τις καινούριες τεχνολογίες σχετικά με την κατασκευή των ελαστικών και με τα υλικά ασφαλτόστρωσης.

Όλα αυτά οδήγησαν τους κατασκευαστές αυτοκινήτων στην εφεύρεση των γνωστών πλέον συστημάτων ασφαλείας που βασίζονται σε ηλεκτρονικό έλεγχο και αυτόνομη παρέμβαση στο σύστημα πέδησης.

Η μελέτη που ακολουθεί είναι βασισμένη σε στοιχεία της τελευταίας δεκαετίας που συλλέξαμε από βιβλία που αναφέρονται στα σύγχρονα συστήματα ασφαλείας, από περιοδικά σχετικά με το αυτοκίνητο και τις ανάγκες του, καθώς και από ιστοσελίδες του διαδικτύου. Παρατηρήσαμε ότι τα ελληνικά συγγράμματα σε σχέση με τα σύγχρονα συστήματα ασφαλείας είναι ελάχιστα και αυτό πρέπει να οφείλεται στην έλλειψη γνώσεων και εμπειρίας των τεχνικών σε ότι αφορά την εξέλιξη του αυτοκινήτου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου των φρένων μπορούν να αποτρέπουν το μπλοκάρισμα των τροχών στο φρενάρισμα (ABS), το σπινάρισμα των κινητήριων τροχών (TCS) ή την υποστροφή και την υπερστροφή (ESP).

Τα συστήματα ABS μειώνουν την πίεση στο φρένο του τροχού που τείνει να μπλοκάρει, με τη βοήθεια ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων. Στην κατάσταση συμβατικής λειτουργίας των φρένων η βαλβίδα τροφοδοσίας είναι ανοιχτή και η βαλβίδα επιστροφής κλειστή. Όταν η ολίσθηση κάποιου ελεγχόμενου τροχού ξεπεράσει το 30% (ο έλεγχος αυτός γίνεται με τη βοήθεια αισθητήρων), τότε αρχίζει η λειτουργία του ABS. Σε πρώτη φάση κλείνει η βαλβίδα τροφοδοσίας και σταθεροποιείται η πίεση του υγρού στο κυλινδράκι του αντίστοιχου φρένου. Σε δεύτερη φάση, αν η ολίσθηση συνεχίσει να αυξάνει και ο τροχός μπλοκάρει, ανοίγει η βαλβίδα επιστροφής. Τέλος, σε τρίτη φάση, όταν ο τροχός ελευθερωθεί και μειωθεί πολύ η ολίσθηση, κλείνει πάλι η βαλβίδα επιστροφής και ανοίγει η βαλβίδα τροφοδοσίας. Ταυτόχρονα λειτουργεί η ηλεκτρική αντλία του ABS, η οποία συνήθως είναι ενσωματωμένη στη μονάδα υδραυλικού ελέγχου, στέλνοντας το υγρό που είναι αποθηκευμένο στον υδραυλικό συσσωρευτή πίσω στο σωληνάκι τροφοδοσίας μέσα από δύο ανεπίστροφες βαλβίδες. Έτσι αυξάνεται ξανά η πίεση στο φρένο του τροχού. Ο κύκλος αυτός επαναλαμβάνεται πολλές φορές το δευτερόλεπτο. Επειδή η αντλία του πεντάλ των φρένων συνδέεται απευθείας στο σωληνάκι τροφοδοσίας, ο οδηγός αντιλαμβάνεται την επαναλαμβανόμενη διακοπή της τροφοδοσίας και τη λειτουργία της αντλίας του ABS με κραδασμούς στο πεντάλ.

Τα συστήματα ελέγχου της πρόσφυσης εμφανίστηκαν τα τελευταία χρόνια, ουσιαστικά σαν εξέλιξη των συστημάτων αντιμπλοκαρίσματος των τροχών, ABS, χρησιμοποιώντας παράλληλα αρκετά από τα εξαρτήματά τους. Με την λειτουργία των συστημάτων αυτών μειώνεται η ολίσθηση του τροχού που βρίσκεται πάνω από επιφάνεια χαμηλής πρόσφυσης, οπότε αυξάνεται η τιμή του συντελεστή τριβής και ακόλουθα η δύναμη πρόσφυσης.

Η συλλογιστική τους είναι απλή: η κεντρική ηλεκτρονική μονάδα παρακολουθεί μέσω των σχετικών αισθητήρων τις ταχύτητες περιστροφής των κινητήριων τροχών και τις συγκρίνει με μια ορισμένη τιμή αναφοράς, την οποία υπολογίζει με βάση τις ταχύτητες όλων των τροχών. Όταν η ταχύτητα κάποιου τροχού την ξεπεράσει, επεμβαίνει το σύστημα ελέγχου το οποίο προσπαθεί να την μειώσει.

Για να επιτευχθεί αυτό υπάρχουν δύο τρόποι. Ο ένας είναι να ενεργοποιηθεί το σύστημα πέδησης και να φρενάρει τον τροχό που σπινάρει, οπότε το διαφορικό μεταφέρει αυτόματα μεγάλο μέρος της κινητήριας ροπής στον άλλο. Ο δεύτερος είναι η μείωση της διαθέσιμης ισχύος. Εδώ η κεντρική ηλεκτρονική μονάδα ελαττώνει την παροχή αέρα, μειώνοντας το άνοιγμα της πεταλούδας του γκαζιού ή διακόπτει την παροχή καυσίμου σε μεμονωμένους κυλίνδρους ή ακόμα καθυστερεί τον χρονισμό της ανάφλεξης. Σε ορισμένες περιπτώσεις γίνονται και τα δύο.

Το τυπικό κύκλωμα του συστήματος χρησιμοποιεί τους αισθητήρες, το ρυθμιστή και την κεντρική μονάδα του ABS, ενώ για τον έλεγχο της λειτουργίας του κινητήρα τα πράγματα γίνονται πιο πολύπλοκα. Εδώ ουσιαστικά έχουμε ηλεκτρονικό έλεγχο του κινητήρα ο οποίος παρεμβαίνει στον τρόπο οδήγησης του χρήστη του αυτοκινήτου.

Το πιο δύσκολο πρόβλημα που έχουν να αντιμετωπίσουν οι μηχανικοί είναι ο έλεγχος της πεταλούδας του γκαζιού. Τα κλασικά μηχανικά συστήματα σύνδεσής της με το πεντάλ δεν επιτρέπουν τον ακριβή έλεγχο της, γι' αυτό οι περισσότεροι καταφεύγουν σε ηλεκτρονικά συστήματα σύνδεσης με την ονομασία «drive by wire».

Μια ακόμα επέκταση των δυνατοτήτων του συστήματος ABS είναι το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου της ευστάθειας ESP. Με την προσθήκη ακόμα δύο ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων – επιπλέον αυτών του TCS – και κατάλληλο προγραμματισμό της ηλεκτρονικής

μονάδας ελέγχου του ABS, το σύστημα αποκτά τη δυνατότητα να ελέγχει τον κάθε τροχό ανεξάρτητα από τους άλλους τρεις. Έτσι μπορεί να εξουδετερώνει σε πολύ πρόωρο στάδιο την υποστροφή ή την υπερστροφή. Στην περίπτωση υποστροφής το σύστημα τροφοδοτεί με πίεση το φρένο του πίσω εσωτερικού τροχού οπότε το αυτοκίνητο κλείνει την τροχιά του. Στην περίπτωση υπερστροφής τροφοδοτείται με πίεση το φρένο του εμπρός εξωτερικού τροχού. Ποτέ άλλοτε δεν είχε τοποθετηθεί σε αυτοκίνητο ένα σύστημα που να επεμβαίνει τόσο ενεργά στον τρόπο που οδηγούμε.

Παρόλο που τα συστήματα αυτά παρέχουν μεγάλα πλεονεκτήματα στην οδήγηση, υπάρχουν δεδομένα για παράπονα καταναλωτών για σφάλματα στην κατασκευή και τη λειτουργία τους.

# Κεφάλαιο 1 : Εισαγωγή

## 1.1 Εισαγωγή

Η ικανότητα ενός αυτοκινήτου να κινείται κάτω από όλες τις δυνατές οδηγικές συνθήκες, κατά τρόπο τέτοιο ώστε όλοι οι παράγοντες που θα μπορούσαν να το οδηγήσουν σε ατύχημα να παραμένουν σε χαμηλά πιθανολογικά σημεία εμφάνισής τους, καλείται Ενεργητική Ασφάλεια. Πιο αναλυτικά ο τρόπος με τον οποίο ανταποκρίνεται ο κινητήρας του αυτοκινήτου σε μια δύσκολη προσπέραση, ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί το σύστημα πέδησής του, η ικανότητα του συστήματος διεύθυνσής του, η αποτελεσματικότητα του συστήματος ανάρτησής του είναι μερικοί μόνο από τους πολλούς παράγοντες οι οποίοι μεμονωμένα αλλά κυρίως συνδυαστικά μπορούν να οδηγήσουν το κάθε αυτοκίνητο σε καταστάσεις Ενεργητικής Ασφάλειας.

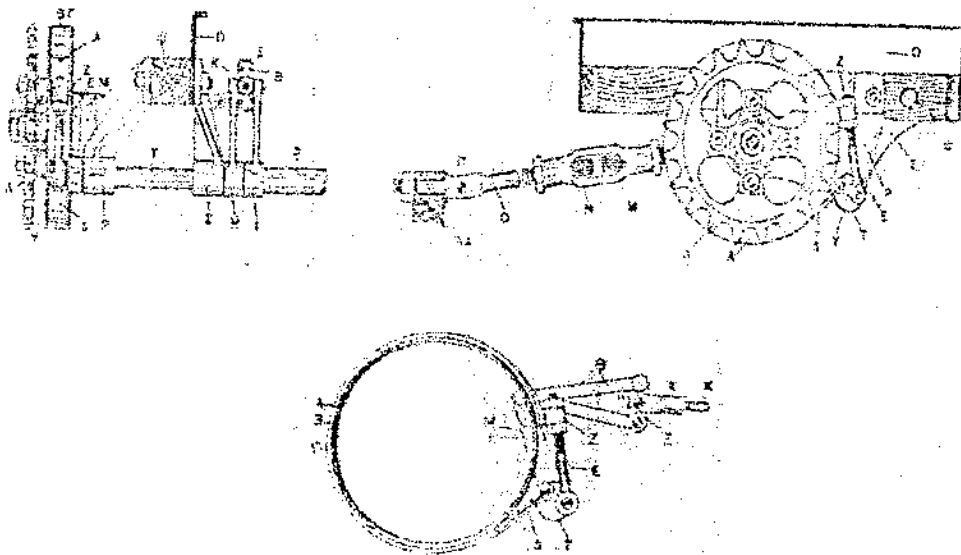
Αντίθετα, η ασφάλεια που παρέχει η όλη κατασκευή του αυτοκινήτου στους επιβάτες κατά τη διάρκεια αλλά και μετά από τη σύγκρουση, καλείται Παθητική Ασφάλεια. Κατά την παθητική ασφάλεια ο τρόπος κατασκευής του πλαισίου, η γεωμετρία του αυτοκινήτου, τα υλικά κατασκευής του καθώς και ο τρόπος κατασκευής τους, η διάταξη όλου του συστήματος αποθήκευσης και διανομής καυσίμου καθώς και η χρησιμοποίηση ειδικών βοηθητικών συστημάτων ασφαλείας, είναι στοιχεία πρωταρχικής σημασίας για την τύχη των επιβατών στην περίπτωση που εμπλακούν σε τροχαίο ατύχημα.

Το σημείο που έχει ιδιαίτερη σημασία, είναι η συνολική αντιμετώπιση που θα πρέπει κανείς να έχει όταν εξετάζει το αυτοκίνητο και γενικότερα το οποιοδήποτε όχημα, ως προς τους παράγοντες ασφαλείας του. Η αποτελεσματικότητα του κάθε επιμέρους συστήματος δεν σημαίνει αποκλειστικά και την επιτυχημένη, από άποψη ασφαλείας τουλάχιστον, κατασκευή. Ειδικότερα, η άριστη συνεργασία των διαφόρων συστημάτων του οχήματος σε συνδυασμό με τη σωστή λειτουργία του κάθε συστήματος μπορούν να εγγυηθούν για την ασφάλεια που μπορεί να παρέχει η όλη κατασκευή. Έτσι, ακόμα και να έχουμε ένα σύστημα ανάρτησης το οποίο δεν μπορεί να συνεργαστεί ικανοποιητικά με το σύστημα πέδησης και με το σύστημα διεύθυνσης ή με τον άριστο κατά τα άλλα τύπο ελαστικών που διαθέτει το όχημα, ή με έναν άριστα σχεδιασμένο κινητήρα ο οποίος όμως δεν μπορεί να κινήσει ικανοποιητικά το συγκεκριμένο όχημα και να συνεργαστεί κατάλληλα με το σύστημα πέδησης κ.λ.π. το αποτέλεσμα μπορεί να ξεπεράσει τη μετριότητα, ακόμα και αν το κάθε επιμέρους σύστημα είναι τελικά καλής ποιότητας. Αντίθετα, ο σχεδιασμός θα πρέπει να γίνεται συνολικά και πάντα να προσαρμόζεται στο συγκεκριμένο όχημα και αποκλειστικά σε αυτό. Φυσικά η χρησιμοποίηση υπαρχόντων και δοκιμασμένων λύσεων κάθε άλλο παρά αποθαρρύνεται. Απαιτείται όμως ειδική μελέτη για την προσαρμογή του κάθε συστήματος στο συγκεκριμένο όχημα γιατί ακόμα και η παραμικρή λεπτομέρεια που θα αφηθεί στην τύχη, μπορεί με τη σειρά της να αφήσει στην τύχη τη ζωή των επιβαινόντων. Σήμερα πάντως οι περισσότεροι κατασκευαστές έχουν τα δικά τους κέντρα ερευνών και εξέλιξης σχετικά με θέματα Ασφάλειας. Κάποιες εταιρίες μάλιστα δαπανούν υπέρογκα ποσά ετησίως προκειμένου να εξελίξουν συστήματα ασφαλείας αλλά και προκειμένου να ελέγξουν και να βελτιώσουν υπάρχουσες κατασκευές, πριν την οριστική αποστολή τους στη μαζική παραγωγή.

Παρακάτω θα ασχοληθούμε με το σύστημα πέδησης, ένα από τα πιο βασικά συστήματα σε ένα όχημα, αφού αυτό καλείται κάθε φορά να φέρει το κινητό στην ελάχιστη ενεργειακή του κατάσταση, την ηρεμία, και μάλιστα με ρυθμό που θα απαιτηθεί είτε από τον χειριστή είτε από τις συνθήκες κίνησης γενικότερα. Τα συστήματα πέδησης γνώρισαν μεγάλη εξέλιξη, εξέλιξη που ακόμα συνεχίζεται, για να καταλήξουν στην σημερινή γνωστή μορφή του υδραυλικού κυκλώματος με τελικούς αποδέκτες σύστημα ταμπούρων ή δισκοφρενων. Το ιδιαίτερο σημείο της πέδησης είναι το γεγονός ότι το τελικό αποτέλεσμα δεν εξαρτάται μόνο από το σύστημα αυτό καθαυτό αλλά από ένα

πλήθος άλλων καθοριστικών παραμέτρων που πρέπει να δράσουν συνδυαστικά για να επιτευχθεί το επιθυμητό. Έτσι η ποιότητα και η κατάσταση των ελαστικών, η ποιότητα και η κατάσταση του οδοστρώματος, η λειτουργία του συστήματος ανάρτησης, η ικανότητα του χειριστή, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο έχει κατανεμηθεί το φορτίο στο όχημα, είναι μερικοί καθοριστικοί παράγοντες πέδησης. Ιδιαίτερα ως προς την αποτελεσματικότητα του συστήματος πέδησης βασικό ρόλο διαδραματίζουν το συνολικό υδραυλικό κύκλωμα, η κατάσταση των υλικών τριβής και η κατάσταση των δίσκων ή των ταμπόρων.

Τα μηχανικά φρένα έχουν περάσει πια στην ιστορία. Μόνο ο μηχανισμός του χειροφρένου έχει μηχανική λειτουργία. Το μεγάλο πλεονέκτημα ενός υδραυλικού κυκλώματος είναι ότι, βασιζόμενοι στην αρχή του Pascal, αν σε σύστημα συγκοινωνούντων δοχείων προκαλέσουμε σε ένα μια πίεση, αυτή μεταδίδεται ακαριαία και αυτούσια σε όλα τα υπόλοιπα. Σε ένα σύγχρονο σύστημα πέδησης, ο χειριστής ασκεί μια υδραυλική πίεση, η οποία μεταδίδεται ακαριαία σε ένα σύστημα που πιέζει κάποια χαλύβδινα στοιχεία, τα οποία με τη σειρά τους ενεργούν πάνω σε ειδικά στοιχεία τριβής. Τα τελευταία επιδρούν προκαλώντας μεγάλες δυνάμεις τριβής πάνω σε επιφάνειες που έχουν ιδιαίτερη σύσταση και ιδιαίτερη επιφανειακή κατεργασία, και είναι σταθερά συνδεδεμένες με τους τροχούς ή με τους άξονες κίνησης.



**Σχήμα 1.1: Ταινιοπέδη, ενεργοποιούμενη με το πόδι, που έπιανε στον οδοντωτό τροχό της αλυσίδας. Όμοια άλλα μεγαλύτερα φρένα ενεργοποιούμενα με το χέρι έπιαναν κατευθείαν στους τροχούς. Αυτοκίνητο Daimler του 1904 (βλέπε και σχήμα 1.2).**

- |                               |                                     |                               |
|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| A. Τύμπανο.                   | K. Ελκυστήρας προς το πεντάλ.       | T. Δεξιός άξονας φρένου.      |
| B. Ταινία από μαλακό σίδηρο.  | Λ. Οδοντωτός τροχός αλυσίδας.       | Y. Ζύγωμα.                    |
| Γ. Ταινία από ελατήριο.       | M. Αντηρίδα τροχού-Βραχύ τμήμα.     | Φ. Αριστερός σωλήνας φρένου.  |
| Δ. Άκρα ταινίας.              | N. Ρυθμιστικό περικόχλιο αντηρίδας. | Χ. Δίχαλο ελκυστήρα φρένου.   |
| Ε. Ρυθμιστικός σύνδεσμος.     | Ξ. Εξισωτικό ζύγωθρο.               | Ψ. Ευλινό τμήμα πλαισίου.     |
| Z. Μάτι στο άκρο της ταινίας. | Ο. Αντηρίδα τροχού-Μακρό τμήμα.     | Ω. Ενισχυτική πλάκα πλαισίου. |
| H. Μοχλός δεξιάς πέδης.       | Π. Κύκλιο για την αντηρίδα.         | ΑΑ. Οπίσθιος άξονας.          |
| Θ. Σύνδεσμοι.                 | P. Στήριγμα οδοντωτού τροχού.       |                               |
| I. Μοχλός αριστερής πέδης.    | Σ. Στήριγμα άξονα πέδης.            |                               |

[Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.]

## 1.2 Ανασκόπηση συστημάτων πέδησης.

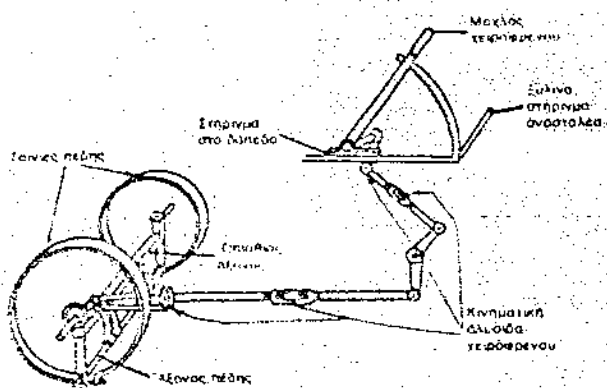
### 1.2.1 Περίοδος από την πρώτη εμφάνιση του αυτοκινήτου μέχρι τον Α' Παγκόσμιο πόλεμο.

Τα φρένα στα πρώτα αυτοκίνητα ήταν ίδια με τα ποδήλατα και τα αμάξια της εποχής τους. Τα φρένα στο πρώτο αυτοκίνητο που κατασκεύασε ο Benz με κινητήρα εσωτερικής καύσης, ήταν ένας ξύλινος τάκος που πιεζόταν σε έναν άξονα. Κατόπιν καθώς το αυτοκίνητο γινόταν βαρύτερο και ταχύτερο άρχισαν να δημιουργούνται συστήματα φρένων ειδικά για αυτό. Δεν υπήρχε μια συγκεκριμένη λύση που να δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα κι έτσι δοκιμάστηκαν πολλά συστήματα και μερικά απ' αυτά που είχαν κάποια επιτυχία, όπως των Panhard - Levassor του 1891, αντιγράφηκαν αμέσως από τους άλλους κατασκευαστές, τουλάχιστον στην έκταση που τους επέτρεπε το σύστημα ευρεσιτεχνιών που ίσχυε τότε.

Το σύστημα Panhard - Levassor είχε μια ταινιοπέδη στην πλήμνη του τροχού, ενεργοποιούμενη με έναν χειρομοχλό και ένα φρένο με το πόδι που ενεργούσε στον άξονα της αλυσίδας. Πολλές φορές το φρένο ήταν ένας ξύλινος τάκος που ενεργούσε κατευθείαν πάνω στο μεταλλικό ή ξύλινο πίσωτρο του τροχού, αλλά το σύστημα αυτό ούτε αποτελεσματικό ήταν, ιδίως σε βροχερό καιρό, αλλά και φθορές δημιουργούσε στο πίσωτρο κι έτσι δεν χρησιμοποιήθηκε μετά το 1900.

Περίπου την ίδια εποχή διαδόθηκε γενικά σχεδόν το σύστημα της ταινιοπέδης που δρούσε εξωτερικά σ' ένα τύμπανο που ήταν στερεωμένο στον ενδιάμεσο οδοντωτό τροχό της αλυσίδας που κινούσε τους οπίσθιους τροχούς, σχήματα 1.1, 1.2, 1.3.

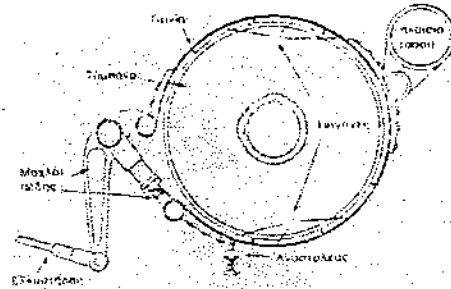
Στην αρχή οι ταινιοπέδες ήταν αποτελεσματικές μόνο όταν το αυτοκίνητο κινούνταν προς τα εμπρός. Για την ασφάλειά τους όταν ανέβαιναν ανήφορο και για οποιοδήποτε λόγο κινδύνευαν να σταματήσουν και να κυλήσουν προς τα πίσω, είχαν μια ακτηρίδα, ένα δοκάρι δηλαδή, με μια μύτη στην άκρη που ήταν αρθρωμένο στην άλλη άκρη του στο πλαίσιο του αυτοκινήτου και κρατιόταν μ' ένα σχοινί για να μη σέρνεται στο έδαφος. Στον ανήφορο ο οδηγός ελευθέρωνε την ακτηρίδα της οποίας το μυτερό άκρο σερνόταν στο έδαφος. Αν το αυτοκίνητο έκανε πίσω η ακτηρίδα μηγόταν στο έδαφος και το σταματούσε. Όταν βγήκαν ταινιοπέδες που έπιαναν και προς τα εμπρός και προς τα πίσω, η ακτηρίδα δεν ήταν πια απαραίτητη αλλά η χρήση της εξακολούθησε για πολύ ακόμα. Για πολύ καιρό δεν είχε γίνει αντιληπτό πως ο κινητήρας βοηθάει στο σταμάτημα του αυτοκινήτου και γι' αυτό, όταν λειτουργούσε το φρένο, αποσυμπλεκόταν ο κινητήρας.



Σχήμα 1.2: Γενική διάταξη χειροφρένου αυτοκινήτου Daimler 1904.

[Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.]



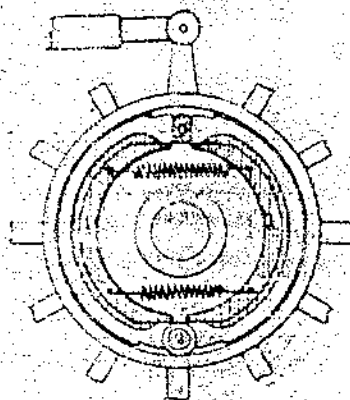


**Σχήμα 1.3: Ταινιοπέδη στον άξονα μετάδοσης της κίνησης σε αυτοκίνητο Benz 50 ίππων. Το φρένο αυτό δρούσε και στις δύο διευθύνσεις.**  
 [Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.]

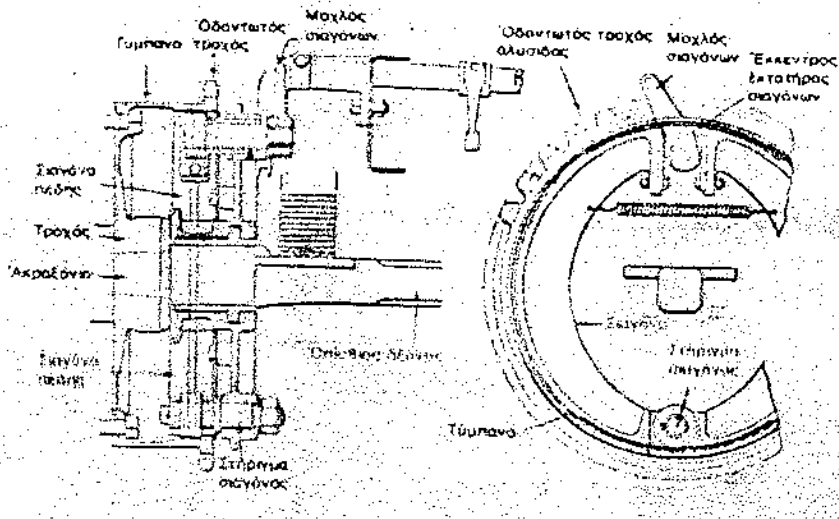
Ο Lanchester το 1900 συνδύασε τον κωνικό συμπλέκτη και το φρένο στο πρώτο αγγλικό αυτοκίνητο. Το κινητό μέρος του συμπλέκτη όταν απελευθεωνόταν απ' τον κινητήρα ξεπερνούσε το νεκρό σημείο και εφάρμοζε σ' ένα σταθερό χυτοσίδηρο δαχτυλίδι και φρενάριζε το αυτοκίνητο. Ο Daimler το 1900 χρησιμοποίησε ένα φρένο με ταινία στην άτρακτο, στον άξονα δηλαδή μετάδοσης της κίνησης, μετά το κιβώτιο ταχυτήτων σε συνδυασμό με φρένα με ταινίες σε καθέναν από τους πίσω τροχούς. Το φρένο στην άτρακτο ήταν με το πόδι, και τα φρένα στους τροχούς ήταν με το χέρι ενώ είχαν ένα ζύγωθρο για την εξίσωση της έλξης προς τους δύο τροχούς.

Τον επόμενο χρόνο η Mercedes εισήγαγε σιαγώνες που λειτουργούσαν προς τα έξω. Δύο σιαγώνες με επένδυση τριβής ανοίγανε προς τα έξω και πιάνανε στην εσωτερική επιφάνεια ενός κυλινδρικού τυμπάνου και καθώς το σύστημα ήταν κλειστό δεν επηρεαζόταν άμεσα από το νερό και τις σκόνες. Γρήγορα το σύστημα αυτό εφάρμοσαν και άλλοι κατασκευαστές, σχήμα 1.4.

Το 1905 γενικεύτηκε η χρήση της μετάδοσης της κίνησης στους τροχούς με άξονα, με άτρακτο, και καταργήθηκαν οι αλυσίδες και οι ιμάντες, και τα περισσότερα αυτοκίνητα είχαν ένα φρένο στην άτρακτο που λειτουργούσε με το πόδι και από ένα φρένο στον κάθε οπίσθιο τροχό που λειτουργούσε με το χέρι. Τα φρένα με ταινία αντικαταστάθηκαν σιγά σιγά με φρένα με σιαγώνες, σχήματα 1.5 και 1.6. Το 1903 η Mercedes χρησιμοποιούσε δύο ανεξάρτητα φρένα στην άτρακτο που λειτουργούσαν με ξεχωριστά πεντάλ και χρησιμοποιούνταν διαδοχικά για να μην υπερθερμαίνονται. Ήταν μια συνηθισμένη πρακτική της εποχής εκείνης. Τα τύμπανα της Mercedes είχαν επιπλέον είχαν ένα σύστημα που έσταζε νερό πάνω τους για να ψύχονται καλύτερα. Το 1912 η γαλλική Hispano-Suiza έφτασε στο σημείο να έχει μια σωλήνωση νερού ψύξης μέσα στα τύμπανα των φρένων, που ήταν από αλουμίνιο, συνδεδεμένη με το ψυγείο, για την καλύτερη ψύξη τους.



**Σχήμα 1.4: Φρένο με σιαγώνες Renault (1903).**  
 [Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.]

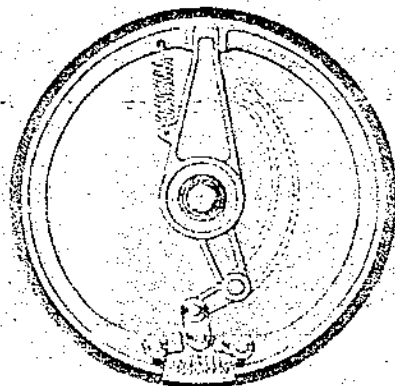


**Σχήμα 1.5 Φρένο με τύμπανο. Αυτοκίνητο Clement (1907).**  
 [Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.]

Το 1905, περίπου εκατό κατασκευαστές κατασκεύαζαν αυτοκίνητα στην Ευρώπη και την Αμερική και μερικοί από αυτούς χρησιμοποιούσαν τελείως ανορθόδοξα συστήματα πέδησης. Το 1904 η εταιρία Hutton χρησιμοποιούσε ένα υδραυλικό σύστημα με πίεση με μια αντλία που κινούνταν απ' τον κινητήρα και έδινε υγρό και τροφοδοτούσε τα φρένα των πίσω τροχών με πίεση που κανόνιζε ο οδηγός. Ένα ανάλογο σύστημα χρησιμοποιούνταν το 1920 και σε μια βελτιωμένη μορφή χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα σε μερικά αυτοκίνητα Citroën και στα αυτοκίνητα Rolls Royce. Επίσης το 1904 η Rover εισήγαγε ένα σύστημα με το οποίο η πίεση του πεντάλ του φρένου μετακινούσε τον εκκεντροφόρο άξονα και μετέτρεπε τον κινητήρα σε αεροσυμπιεστή και φρενάριζε το αυτοκίνητο. Η Rover βρήκε το σύστημα αυτό τόσο πετυχημένο ώστε το εφάρμοζε και σε μεγαλύτερα αυτοκίνητα τα επόμενα χρόνια. Η Lanchester το 1906 χρησιμοποίησε ένα σύστημα φρένου με πολλούς δίσκους, μέσα σε λάδι. Σε μερικά αυτοκίνητα τύπου Brotherhood της ίδιας εποχής, ο συμπλέκτης και το φρένο λειτουργούσαν με το ίδιο πεντάλ.

Επειδή στους εμπρός τροχούς υπήρχε το σύστημα διεύθυνσης και θα έπρεπε τα φρένα να είναι πολύ πολύπλοκα για να μην επηρεάζουν ή επηρεάζονται από το σύστημα διεύθυνσης, για πολλά χρόνια τα αυτοκίνητα είχαν φρένα μόνο στους πίσω τροχούς, είτε κατευθείαν στους τροχούς, είτε στην άτρακτο.

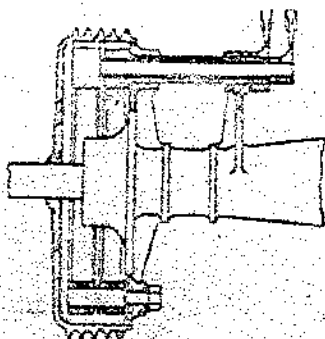
Η νομοθεσία έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των φρένων. Το 1904 ένας νόμος στην Αγγλία επέβαλλε σε κάθε αυτοκίνητο να υπάρχουν δύο ανεξάρτητα συστήματα φρένων που να είναι σε θέση να ακινητοποιούν τους τροχούς ενός άξονα.



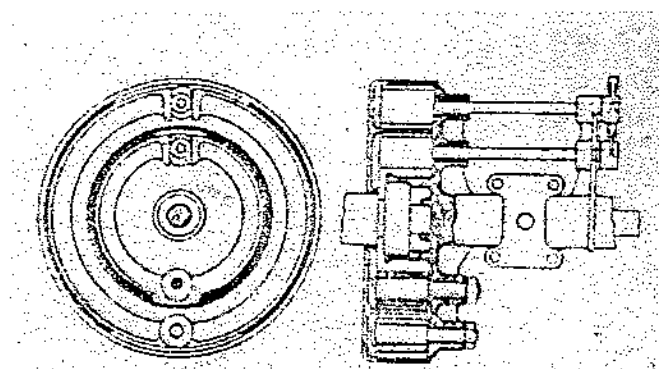
**Σχήμα 1.6: Φρένο με τύμπανο και σιαγώνες (περίπου 1910).**  
 [Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.]

Ο νόμος δεν όριζε να ο ένας ή και οι δύο άξονες θα είχαν φρένα, ούτε αν το χειρόφρενο και το ποδόφρενο θα πάνον στον ίδιο ή σε διαφορετικούς άξονες.

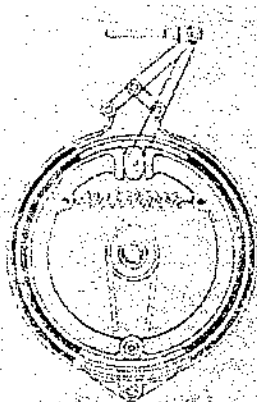
Χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι τύποι φρένων. Σε μια περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν δύο ανεξάρτητες ομάδες σιαγώνων σε ξεχωριστά τύμπανα πάνω στον ίδιο τον άξονα. Σε άλλη περίπτωση, δύο ανεξάρτητες ομάδες σιαγώνων χρησιμοποιήθηκαν πλάι πλάι μέσα στο ίδιο το τύμπανο, σχήμα 1.7, ή σε ένα τύμπανο αλλά με δύο συγκεντρικά στεφάνια, σχήμα 1.8. Αλλού υπήρχε μια εξωτερική ταινία από έξω κι ένα ζεύγος σιαγόνες από μέσα από το ίδιο το τύμπανο, σχήμα 1.9.



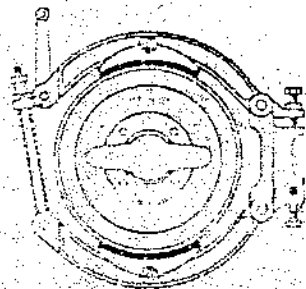
**Σχήμα 1.7:** Δύο ζεύγη σιαγόνες στο ίδιο τύμπανο πλάι πλάι.  
[Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.]



**Σχήμα 1.8:** Δύο ζεύγη σιαγόνες στο ίδιο τύμπανο με δύο στεφάνια συγκεντρικά.  
[Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.]



**Σχήμα 1.9:** Ταινία και σιαγόνες στο ίδιο τύμπανο.  
[Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979]

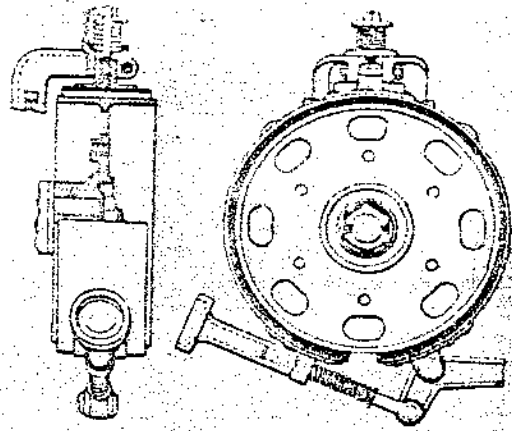


**Σχήμα 1.10: Φρένο τύπου σιδηροδρομικής μηχανής πάνω στην άτρακτο.**

*Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.*

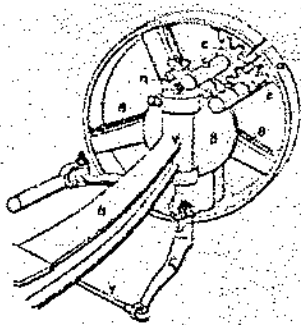
Ένας άλλος πολύ συνηθισμένος συνδυασμός ήταν δύο φρένα στους πίσω τροχούς κι ένα τρίτο στην άτρακτο. Σε μερικές περιπτώσεις το φρένο στην άτρακτο ήταν τύπου σιδηροδρομικής μηχανής με δύο ισχυρές σιαγώνες που έπιαναν στην εξωτερική επιφάνεια ενός τυμπάνου, σχήμα 1.10. Στα επόμενα χρόνια τα φρένα στην άτρακτο είχαν ταινία που δρούσε εξωτερικά απ' το τύμπανο, σχήμα 1.11. Καθένα από αυτά τα συστήματα είχε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του. Ο απλός αναδιπλασιασμός των φρένων ήταν και δαπανηρός και έπιανε πολύ χώρο. Η χρήση του ίδιου τυμπάνου για δύο ανεξάρτητες ομάδες σιαγώνων είχε το μειονέκτημα ότι αν η μια ομάδα σιαγώνων αστοχούσε από υπερθέρμανση, η άλλη έπρεπε να εργαστεί σε υπέρθερμο ήδη τύμπανο και υπήρχε μεγάλη πιθανότητα να αστοχήσει και αυτή. Αν οι σιαγώνες ήταν πλάι πλάι η εσωτερική ήταν δύσκολη στην επιθεώρηση και στη συντήρηση. Φρένα μέσα και έξω στο ίδιο τύμπανο υπερθερμαίνονταν εύκολα, γιατί η εξωτερική ταινία ήταν άριστο μονωτικό. Το φρένο πάνω στην άτρακτο είχε και αυτό τα μειονεκτήματά του. Η ροπή πέδησης έφτανε ή και ξεπερνούσε το διπλάσιο της ροπής επιτάχυνσης και καταπονούσε ισχυρά όλο το σύστημα μετάδοσης της κίνησης από τους τροχούς μέχρι το σημείο που ήταν το φρένο. Οι ταινιοπέδες από τη φύση τους πιάνουν πολύ ισχυρά και αρπάζουν απότομα και επειδή είναι ισχυρές, υπάρχει η τάση να γίνονται μικρές και πολλές φορές υπερθερμαίνονται.

Οποιαδήποτε συστήματα κι αν εφαρμόζονταν, το ένα λειτουργούσε με το χέρι και το άλλο με το πόδι, αλλά για πολλά χρόνια δεν υπήρχε συμφωνία ποιο θα ήταν το βασικό φρένο του αυτοκινήτου, το χειρόφρενο ή το ποδόφρενο. Μερικοί κατασκευαστές υποστήριζαν ότι το ισχυρότερο φρένο, π.χ. το εξωτερικό από δύο συγκεντρικά, πρέπει να είναι το φρένο ανάγκης γιατί, στην ανάγκη, ο οδηγός χρειάζεται τη μεγαλύτερη επιβράδυνση. Άλλοι υποστήριζαν ότι το βασικό φρένο πρέπει να είναι το χειρόφρενο για να μπορεί ο οδηγός να το σταθεροποιεί με τον αναστολέα του όταν κατεβαίνει ένα μακρύ κατήφορο. Το φρένο πάνω στην άτρακτο (στον άξονα μετάδοσης της κίνησης) κατά γενικό σχεδόν κανόνα ενεργοποιούνταν με το πόδι και επειδή καταπονούσε πολύ όλο το σύστημα, συχνά οι κατασκευαστές συνιστούσαν να χρησιμοποιείται μαλακά μόνο στην κατάβαση και μέσα στην κυκλοφορία να χρησιμοποιείται το χειρόφρενο, το οποίο ενεργοποιούσε τα φρένα των τροχών, αν και κατά την ίδια ώρα ο οδηγός έπρεπε να χειρίζεται το τιμόνι και τον μοχλό του επιταχυντή (του γκαζιού) που ήταν και αυτός με το χέρι. Οπωσδήποτε πίστευαν ότι το χειρόφρενο πρέπει να είναι το φρένο ανάγκης γιατί λειτουργούσε κατευθείαν στους τροχούς και μπορούσε να του έχει κανείς περισσότερη εμπιστοσύνη από το ποδόφρενο που δρούσε στην άτρακτο. Προφανώς ο οδηγός χρησιμοποιούσε κάθε φορά εκείνο που ταίριαζε καλύτερα σε κάθε περίπτωση, στο αυτοκίνητο και στον εαυτό του.



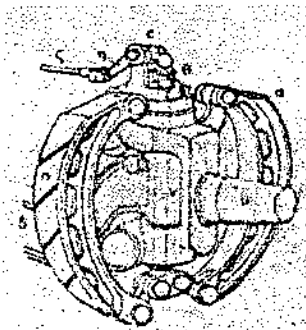
**Σχήμα 1.11: Φρένο με ταινία για την άτρακτο.**  
 [Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.]

Γύρω από το 1910 τα φρένα των περισσότερων αμερικάνικων αυτοκινήτων λειτουργούσαν στους οπίσθιους τροχούς και γενικά το ποδόφρενο ενεργοποιούσε μια ταινία που δρούσε εξωτερικά και το χειρόφρενο σιαγώνες που δρούσαν εσωτερικά στο ίδιο τύμπανο. Οι ταινίες είχαν επένδυση τριβής από αμιάντο, όπως ο τύπος Raybestos. Η σημασία της πρόσφυσης του επίσωτρου πάνω στο δρόμο, η συμπεριφορά του ακινητοποιημένου τροχού, η μεταφορά του βάρους από πίσω προς τα εμπρός και η διαφορά των αποτελεσμάτων της ολίσθησης των εμπρός και των πίσω τροχών, είχαν γίνει καλά αντιληπτά από τα πρώτα χρόνια του αιώνα. Στην πραγματικότητα τα προβλήματα της πρόσφυσης του επίσωτρου και η σημασία τους στους σιδηροδρομικούς τροχούς είχαν διερευνηθεί από τον Galton από το 1870. Γρήγορα αντιλήφθηκαν ότι πέδηση μόνο στους πίσω τροχούς μπορούσε να προκαλέσει ολίσθηση και η ολίσθηση έκανε το όχημα ακυβέρνητο και ότι για μια θετική πέδηση χρειαζόταν πέδηση και στους τέσσερις τροχούς με κατάλληλα κατανομημένη μεταξύ των εμπρός και των πίσω τροχών την προσπάθεια πέδησης του αυτοκινήτου.



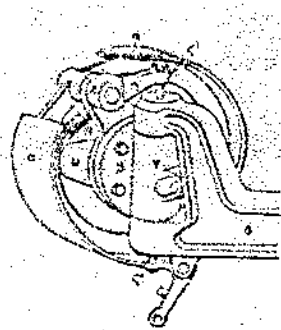
**ΦΡΕΝΟ ARROL-HOHNSTON**

α σιαγώνα, β φορέας πέδης, γ κεφαλή εμπρόσθιου άξονα, δ εμπρόσθιος άξονας, εε οδοντωτοί τομείς, ζ μοχλός φρένου, ζ' ελκυστήρας φρένου, θθ επανατακτικά ελατήρια, η πείρος.



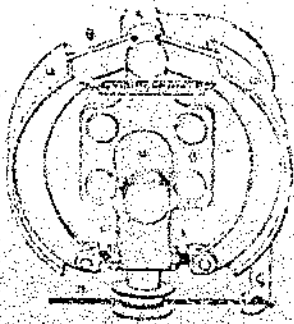
**ΦΡΕΝΟ CROSSLEY**

αα σιαγώνες, γ κεφαλή εμπρόσθιου άξονα, ε μοχλός φρένου, η μοχλός φρένου, θ επανατακτικό ελατήριο, μ ακραζόνιο, δ σιαγώνα, ζ ελκυστήρας χειροφρένου.



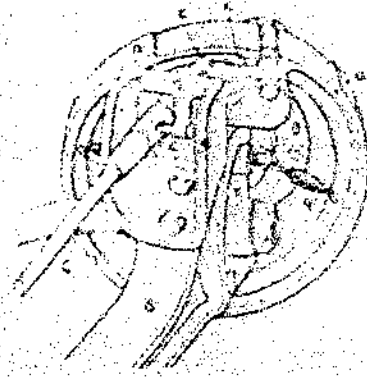
**ΦΡΕΝΟ SPYKER**

αα σιαγώνες, β φορέας φρένου, μ ακραζόνιο, ε μοχλός φρένου, θ επανατακτικό ελατήριο, ζζ' ράβδοι λειτουργίας φρένου, ζ μοχλός φρένου πάνω στον οποίο πάνει ο ελκυστήρας.



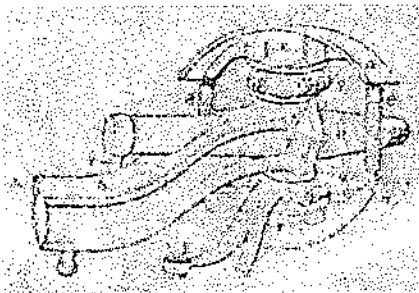
#### ΦΡΕΝΟ THAMES

αα σιαγώνες, β φορέας φρένου, μ ακραζόνιο  
 ιι ρυθμιστικά περικόγλια, ζ μοχλός εκκέντρου,  
 η ελκυστήρας, η' τροχαλία ελκυστήρα.



#### ΦΡΕΝΟ SIMPLEX

αα σιαγώνες, β φορέας φρένου, γ άρθρωση διεύ-  
 θυνσης, εε μοχλοί φρένου.



#### ΦΡΕΝΟ NEWTON-BENNETT

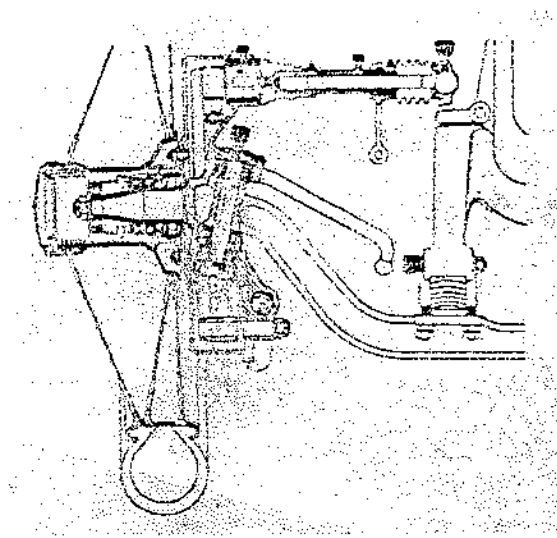
Ο οριζόντιος άξονας ζ περνά από την κεφαλή του εμπρόσθιου άξονα και καταλήγει σε δύο εκκεντρα, που όταν ο άξονας στραφεί, αθούν προς τα έξω τους μοχλούς λ και αυτοί πέλουν τις σιαγώνες α α προς το τύμπανο.

Σχήμα 1.12: Πρώτες προσπάθειες γύρω στα 1909  
 για φρένα στους εμπρόσθιους τροχούς.

[Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.]

Με πέδηση και στους τέσσερις τροχούς, το αυτοκίνητο σταματούσε στη μισή απόσταση, σχετικά, χωρίς κίνδυνο ολίσθησης. Χρειάστηκε πολύς καιρός για να εφαρμοστεί η πέδηση και στους τέσσερις τροχούς. Όπως είπαμε παραπάνω η δυσκολία ήταν να βρεθεί ένα σύστημα φρένων που να μην ενοχλεί το σύστημα διεύθυνσης (το τιμόνι) και να μην ενοχλείται από αυτό. Αυτό σήμαινε ότι η σχεδίαση του φρένου έπρεπε να συνδυαστεί με τη σχεδίαση του συστήματος της διεύθυνσης. Εκτός απ' αυτό έπρεπε ο εμπρός άξονας και η ανάρτησή του να γίνουν αρκετά ισχυροί για να κρατήσουν τη ροπή πέδησης, και αυτό ήταν μια πρόσθετη δαπάνη. Είναι χαρακτηριστικό ότι, όταν γενικεύτηκε η χρήση φρένων στους εμπρόσθιους τροχούς και αυξήθηκε το βάρος του εμπρόσθιου άξονα, δημιουργήθηκαν προβλήματα ανάρτησης και ταλαντώσεων που κατέληξαν στη δημιουργία των ανεξάρτητων αναρτήσεων του εμπρόσθιου συστήματος.

Πολλές προσπάθειες εισαγωγής φρένων και στους τέσσερις τροχούς έγιναν πριν από τον Α' παγκόσμιο πόλεμο. Το 1903 το τρίτροχο Phoenix είχε φρένο και στον εμπρόσθιο τροχό του. Το 1904 ο P.L.Repouf πήρε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για ένα σύστημα εμπρόσθιου φρένου αλλά πολύ λίγοι ενδιαφέρθηκαν γι' αυτό. Το 1909 τουλάχιστον έξι κατασκευαστές κατασκεύαζαν αυτοκίνητα με φρένα και στους τέσσερις τροχούς, σχήμα 1.12. Το σύστημα Allen Liversidge είχε εφαρμοστεί στα αυτοκίνητα Atol-Johnston, Crossley και σε μερικά άλλα. Σ' αυτό η ενεργοποίηση του φρένου γινόταν με μια ράβδο που περνούσε μέσα απ' τον πείρο του ακραζονίου και σε μερικές περιπτώσεις η ροπή πέδησης μάγκωνε το σύστημα διεύθυνσης.



**Σχήμα 1.13: Το φρένο εμπρόσθιου τροχού τύπου Perrot σε αυτοκίνητο Delage.**  
[Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.]

Το σύστημα πέδησης των αυτοκινήτων Argyll είχε σχεδιαστεί από τον Henri Perrot, σχήμα 1.13, που εργαζόταν πρώτα με τους Georges Richard – Brasier. Το σύστημα είχε πιο μεγάλη επιτυχία από την εταιρία που το εφάρμοζε, η οποία χρεοκόπησε το 1914.

Στην Ιταλία η εταιρία Issota-Franschini το 1911 κατασκεύαζε αυτοκίνητα που είχαν φρένα στους εμπρόσθιους τροχούς σαν προαιρετικό εξάρτημα. Η Peugeot χρησιμοποίησε το σύστημα της Issota-Franschini και η Delage χρησιμοποίησε το σύστημα Perrot στους αγώνες Grand Prix της Γαλλίας του 1914. Στους αγώνες αυτούς νίκησε η Mercedes αλλά τα αυτοκίνητα Peugeot και Delage είχαν τόσο καλύτερη λειτουργία φρένων ώστε έκαναν σημαντική εντύπωση.

## 1.2.2 Περίοδος ανάμεσα στους δύο πολέμους.

Με τα χρόνια οι αξιώσεις από τα φρένα άλλαζαν λίγο. Πριν από τον Α' παγκόσμιο πόλεμο οι ταχύτητες ήταν μικρές και η κυκλοφορία περιορισμένη και ο κυριότερος προορισμός των φρένων ήταν να εξασφαλίζουν τον έλεγχο του αυτοκινήτου στον κατήφορο. Έτσι ο οδηγός είχε περισσότερο ανάγκη από ένα χειρόφρενο με αναστολέα για τη συνεχή πέδηση του αυτοκινήτου του. Σ' ένα ιδιαίτερα μακρύ κατήφορο έκανε διαδοχικά χρήση τότε του χειρόφρενου και τότε του ποδόφρενου για να προλαβαίνει την υπερθέρμανση του ενός από τα δύο. Με τα φρένα μόνο στους πίσω τροχούς έπρεπε να ήταν πάντα προσεχτικός να μην φρενάρει πολύ ισχυρά γιατί πάντα υπήρχε ο κίνδυνος να σταματήσουν (να μπλοκάρουν) οι πίσω τροχοί και να γλιστρήσει πλευρικά (να ντελαπάρει) το αυτοκίνητό του.

Μετά τον πόλεμο, με την αύξηση της ταχύτητας των αυτοκινήτων, με την πύκνωση της κυκλοφορίας και γενικά με τη βελτίωση της λειτουργίας του αυτοκινήτου, η ανάγκη για ένα ισχυρό σύστημα πέδησης χωρίς κίνδυνο ολίσθησης, έγινε επιτακτική. Η ανάγκη ενός ποδόφρενου που να επιτρέπει στον οδηγό να επιβραδύνει θετικά το αυτοκίνητό του, για τις στροφές και την αποφυγή ατυχημάτων απ' την κυκλοφορία και συγχρόνως να έχει τα χέρια του ελεύθερα για την οδήγηση, ήταν προφανής. Τα χειρόφρενο έμενε για έναν κατήφορο και για τη στάθμευση. Αργότερα, με την εισαγωγή των συγχρονισμένων κιβωτίων ταχυτήτων, που επιτρέπουν στον οδηγό εύκολη αλλαγή ταχύτητας στον κατήφορο, η συχνή αλλαγή ταχύτητας περιορίσε τη χρήση των φρένων για τον κατήφορο και έτσι το χειρόφρενο περιορίστηκε μόνο στη στάθμευση και σαν βοηθητικό φρένο μόνο, αν το κύριο σύστημα πέδησης, που είναι το ποδόφρενο, αστοχούσε στον προορισμό του.

Επειδή οι οδηγοί ήθελαν πάντοτε ισχυρά φρένα, και ισχυρά φρένα στους πίσω τροχούς σημαίνουν κίνδυνο πλευρικής ολίσθησης, υπήρχε ισχυρή πίεση να αναπτυχθούν

τα φρένα στους εμπρός τροχούς. Έτσι μετά τον Α' παγκόσμιο πόλεμο η χρήση φρένων και στους τέσσερις τροχούς γενικεύτηκε. Φρένα στους εμπρός τροχούς εμφανίστηκαν αμέσως μετά τον πόλεμο στα πολυτελή και μεγάλα αυτοκίνητα, όπως η Hispano-Suiza των 37.2 ίππων και η Hotchkiss 18/22 του 1919 και σιγά σιγά η εφαρμογή τους επεκτάθηκε και στους φτηνότερους τύπους. Υπήρχαν βέβαια και εξαιρέσεις στον κανόνα. Το Austin 7 είχε το 1922 φρένα και στους τέσσερις τροχούς, αλλά η Rolls Royce εξακολουθούσε μέχρι το 1924 να έχει φρένα μόνο στους πίσω τροχούς. Σε πολλές περιπτώσεις τα φρένα στους εμπρόσθιους τροχούς ήταν προαιρετικά. Η αλλαγή πάντως ήταν γρήγορη και έτσι ενώ το 1923 το 70% όλων των αγγλικών αυτοκινήτων είχαν φρένα μόνο στους οπίσθιους τροχούς, το 1929 όλοι οι τύποι πλην ενός, του Tgojan, είχαν φρένα και στους τέσσερις τροχούς. Στην Ευρώπη η παραδοχή φρένων στους τέσσερις τροχούς ήταν ακόμη ταχύτερη. Η Αμερική όμως έμενε πίσω και από την Ευρώπη και από την Αγγλία.

Στα πρώτα χρόνια της δεκαετίας του '20, δοκιμάστηκαν διάφορα συστήματα φρένων για τους εμπρόσθιους τροχούς και μερικά απ' αυτά ήταν τόσο πολύπλοκα που φαίνονταν ότι δεν θα επικρατήσουν ποτέ. Πάντως γύρω από το μέσο της δεκαετίας αυτής, η κατάσταση ξεκαθάρισε και λίγα, σχετικά, συστήματα βρήκαν γενική εφαρμογή. Από όλα αυτά ο πιο διαδεδομένο ήταν το σύστημα Perrot. Το σύστημα Rubery είχε και αυτό τους οπαδούς του. Συστήματα με κοίλους πείρους του ακραζονίου και με συρματόσχοινα και τροχαλίες, χρησιμοποιήθηκαν μερικές φορές και για πρώτη φορά κάνανε τη σοβαρή εμφάνισή τους τα υδραυλικά φρένα.

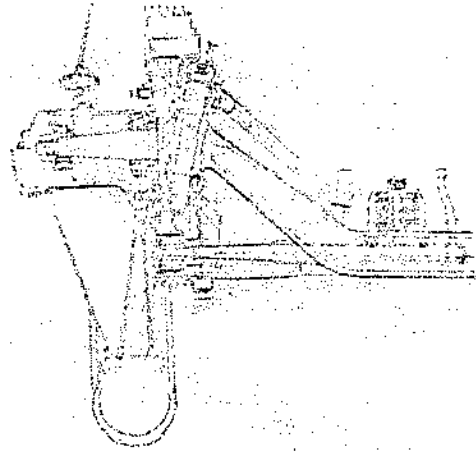
Στο σύστημα Perrot, σχήμα 1.13, τα φρένα λειτουργούν με ένα έκκεντρο, ο άξονας του οποίου συνδεόταν με τον υπόλοιπο μηχανισμό με εύκαμπτους συνδέσμους. Έτσι τα φρένα μπορούσαν να λειτουργήσουν σε οποιαδήποτε θέση κι αν βρίσκονταν οι τροχοί. Ο άξονας του έκκεντρου ήταν τηλεσκοπικός και είχε δύο εύκαμπτους συνδέσμους. Έτσι μπορούσε να μικραίνει και να μεγαλώνει ανάλογα με την κάμψη των ελατηρίων της ανάρτησης (σούστες) χωρίς να εμποδίζεται η περιστροφή του. Ο άξονας του έκκεντρου βρισκόταν πάνω απ' το κέντρο του τροχού. Οι σύνδεσμοι έπρεπε να προστατεύονται με ελαστικά καλύμματα για να μην παθαίνουν ζημιές απ' την σκόνη και τις βρωμιές του δρόμου.

Το σύστημα Rubery, σχήμα 1.14, ήταν σε πολλά το ίδιο με το προηγούμενο, μόνο που ο άξονας του έκκεντρου ήταν κάτω από τον άξονα του τροχού και έτσι χρειαζόταν ένας σύνδεσμος λιγότερο. Η σύνδεση μεταξύ πεντάλ και φρένου ήταν με βραχίονες.

Ένας άλλος συνδυασμός χρησιμοποιούσε ένα κοίλο πείρο, μέσα απ' τον οποίο περνούσε ο άξονας του έκκεντρου. Το άνω άκρο αυτού του άξονα έπιανε στο έκκεντρο μεταξύ των σιαγώνων, ενώ το κάτω άκρο του συνδεόταν με ένα έκκεντρο σε ένα σταθερό άξονα, στηριγμένο πάνω στον άξονα των τροχών. Η αλλαγή της διεύθυνσης των τροχών έστρεφε μόνο τον κάθετο άξονα γύρω από το κάτω έκκεντρο. Όταν ο οριζόντιος άξονας έστριβε, ανασήκωνε τον άξονα που ήταν μέσα στον κοίλο πείρο του ακραζονίου και ενεργοποιούσε το φρένο.

Μερικοί κατασκευαστές, συνήθως αυτοκινήτων σπορ, χρησιμοποιούσαν απλά ένα συρματόσχοινο με τροχαλία που συνέδεε το πεντάλ με το έκκεντρο των σιαγώνων. Μεγάλη απλοποίηση στα φρένα των εμπρόσθιων τροχών έφερε το υδραυλικό σύστημα. Πιέζοντας το πεντάλ του φρένου, έφενυγε υγρό με πίεση από τον κεντρικό κύλινδρο και με σταθερούς και εύκαμπτους σωλήνες ερχόταν στους κυλίνδρους των τροχών και ενεργοποιούσε τις σιαγώνες. Επειδή οι σωλήνες που καταλήγανε στους τροχούς ήταν εύκαμπτοι, δεν εμποδίζαν καθόλου την κίνηση των τροχών, αλλά ούτε και τα φρένα εμποδίζονταν απ' αυτήν. Παρόλα αυτά όμως για πολλά χρόνια τα περισσότερα συστήματα φρένων και για τους τέσσερις τροχούς ήταν μηχανικά.

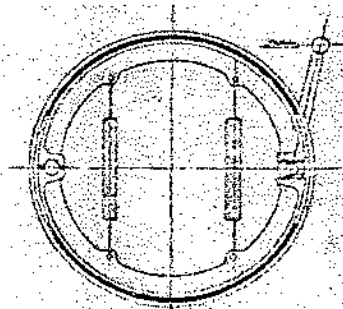




**Σχήμα 1.14: Το σύστημα φρένων Rubery με τον άξονα του εκκέντρου κάτω από τον άξονα του τροχού.**

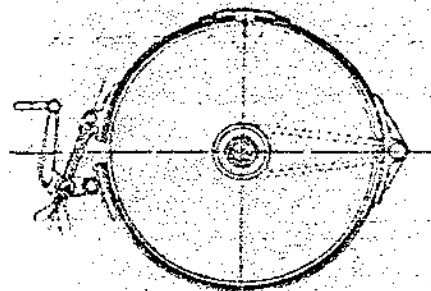
[Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.]

Τυπικές περιπτώσεις φρένων για οπίσθιους τροχούς και για την άτρακτο φαίνονται στα σχήματα 1.15 και 1.16. Η σκέψη στην αρχή, ήταν ότι τα φρένα στους εμπρόσθιους και στους οπίσθιους τροχούς θα έπρεπε να ήταν ανεξάρτητα, δηλαδή το ένα σύστημα των εμπρόσθιων να λειτουργεί με το χειρόφρενο και το άλλο, των οπίσθιων τροχών, με το ποδόφρενο κι αυτό γιατί φοβούνταν το γλίστρημα των εμπρόσθιων τροχών περισσότερο από το γλίστρημα των οπίσθιων και νόμιζαν πως ο οδηγός θα μπορούσε να ρυθμίζει με το χειρόφρενο καλύτερα την πέδηση του αυτοκινήτου του, ανάλογα με τις περιστάσεις. Η ίδια κατάσταση ισχύει για τις μοτοσυκλέτες ακόμη και σήμερα. Πάντως, από το 1923 πολύ λίγοι τύποι αυτοκινήτων είχαν ανεξάρτητα φρένα εμπρός και πίσω.



**Σχήμα 1.15: Φρένο οπίσθιου τροχού (αρχές 1920).**

[Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.]



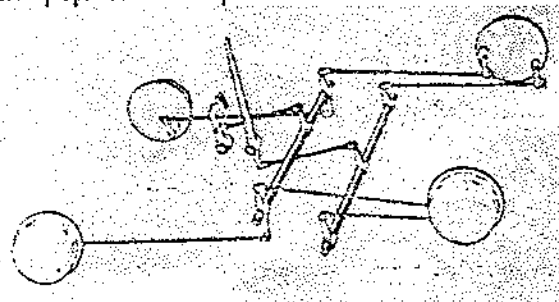
**Σχήμα 1.16: Φρένο στην άτρακτο (αρχές 1920).**

[Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.]

Κατά τον ίδιο χρόνο, λιγότερα απ' τα μισά αυτοκίνητα με φρένα και στους τέσσερις τροχούς, είχαν το σύστημα που εφαρμόζεται σήμερα, δηλαδή ποδόφρενο για τους τέσσερις τροχούς και χειρόφρενο που να δρα στο ίδιο σύστημα στους πίσω τροχούς. Σε μερικά αυτοκίνητα χρησιμοποιούσαν ακόμη φρένο που δρούσε στην άτρακτο με το χειρόφρενο, ενώ το ποδόφρενο δρούσε στους τέσσερις τροχούς. Ακόμα υπήρχαν αυτοκίνητα που το ποδόφρενο δρούσε στους εμπρόσθιους τροχούς και στην άτρακτο ενώ το χειρόφρενο δρούσε στους πίσω τροχούς.

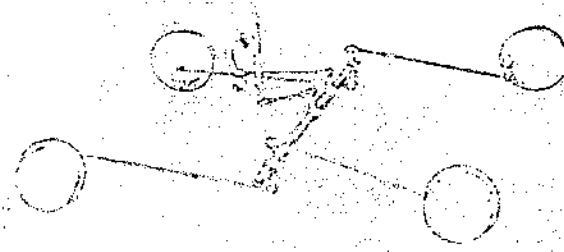
Το 1929, περίπου το 40% των αυτοκινήτων είχαν ποδόφρενο για τους τέσσερις τροχούς και χειρόφρενο με ανεξάρτητες σιαγώνες στους οπίσθιους τροχούς. Σε 20% περίπου των αυτοκινήτων το χειρόφρενο δρούσε πάνω στην άτρακτο και στα υπόλοιπα δρούσε στις ίδιες σιαγώνες με το ποδόφρενο στους πίσω τροχούς.

Η μετάδοση της κίνησης από το ποδόπληκτρο (πεντάλ) και το χειρομοχλό γινόταν με ελκυστήρες (ντίτζες) μέχρι τους ενδιάμεσους άξονες κι απ' αυτούς μέχρι τις σιαγώνες, πάλι με ελκυστήρες ή με συρματόσχοινα. Δύο προβλήματα απασχολούσαν πολύ τους μελετητές των φρένων. Το ένα ήταν η απώλεια της διαδρομής λόγω της ελαστικότητας στην κάμψη και στον εφελκυσμό των μοχλών και των ελκυστήρων, η οποία έπρεπε, αλλά πολλές φορές δεν μπορούσε, να περιοριστεί στο ελάχιστο γιατί η κινηματική αλυσίδα ήταν αρκετά πολύπλοκη, με πολλούς μοχλούς και ελκυστήρες. Το δεύτερο πρόβλημα ήταν αν θα έπρεπε τα φρένα να έχουν σύστημα που να αντιμετωπίζει την άνιση φθορά των σιαγώνων. Χωρίς ένα τέτοιο σύστημα, το φρένο του ενός τροχού μπορούσε να πιάσει πριν από το φρένο του άλλου και να δημιουργηθεί έτσι κίνδυνος για την ευστάθεια του αυτοκινήτου. Μερικοί κατασκευαστές αντιμετώπιζαν την εξίσωση των φρένων μεταξύ δεξιών και αριστερών τροχών του κάθε άξονα, άλλοι μεταξύ εμπρόσθιων και οπίσθιων τροχών και άλλοι κάνανε πλήρη εξίσωση για όλους τους τροχούς. Ένα μειονέκτημα κάθε συστήματος εξίσωσης ήταν ότι αν ένα εξάρτημα, ένας ελκυστήρας ή ένας μοχλός αστοχούσε, όλο το εξισωμένο σύστημα αχρηστευόταν. Άλλο μειονέκτημα ήταν ότι το σύστημα γινόταν πολύπλοκο και μειωνόταν η εμπιστοσύνη σε αυτό.

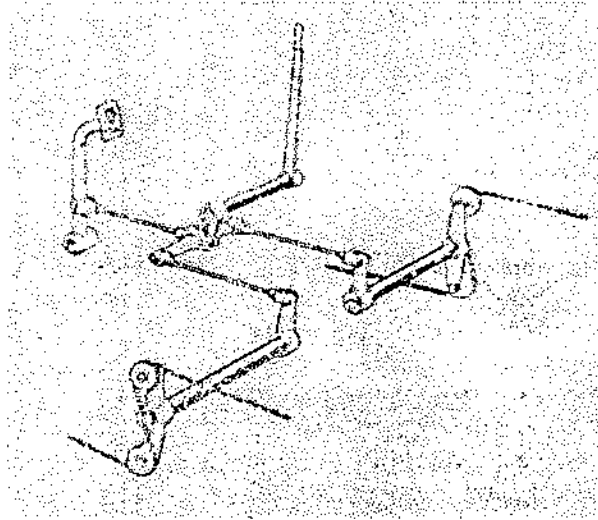


**Σχήμα 1.17: Τυπικό σύστημα φρένων στους τέσσερις τροχούς (τέλη της δεκαετίας του 1920).**  
[Πηγή: *Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου*, Arthur W. Judge, 1979]

Έτσι η πλήρης εξίσωση γρήγορα εγκαταλείφθηκε. Πολύ βοήθησε σε αυτό και η ελαστικότητα της κινηματικής αλυσίδας και του πλαισίου που έκανε αυτόματα κάποια εξίσωση. Με τον καιρό η προσθήκη ενδιάμεσων αξόνων, εξισωτών κ.λ.π. έκανε το σύστημα πολύπλοκο. Κάθε πείρος και κάθε σύνδεσμος ακόμα και αν λιπαινόταν κανονικά, αύξανε τις τριβές και την ελαστικότητα του συστήματος και μείωνε την ωφέλιμη διαδρομή χειρομοχλού ή του πεντάλ. Πολλά συστήματα έγιναν έτσι πολύ λίγο αποτελεσματικά. Το σχήμα 1.17 δείχνει ένα απλό σύστημα πέδησης για τους τέσσερις τροχούς. Μια αρκετά περίεργη διάταξη φαίνεται στο σχήμα 1.18. Ο χειρομοχλός και το πεντάλ δρουν στον ίδιο ενδιάμεσο άξονα και για να μην παρασύρει το πεντάλ το χειρομοχλό, ο σύνδεσμος του τελευταίου έχει μια τομή. Το σχήμα 1.19 δείχνει ένα ακόμα πιο περίεργο και πιο επικίνδυνο σύστημα.



**Σχήμα 1.18: Σύστημα φρένων και για τους τέσσερις τροχούς. Χειρόφρενο και ποδόφρενο δρουν στον ίδιο ενδιάμεσο άξονα.**  
 [Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.]



**Σχήμα 1.19: Σύστημα πέδησης με ολική εξίσωση.**  
 [Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.]

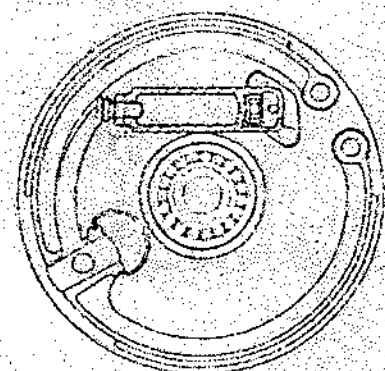
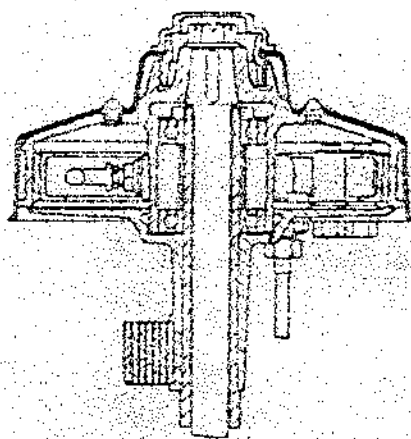
Τα φρένα των αμερικάνικων αυτοκινήτων, στη δεκαετία του 1920, με την εξαίρεση μερικών μόνο περιπτώσεων, ήταν πολύ μέτρια. Αυτό ίσως οφειλόταν στις μικρές ταχύτητες που είχαν τα αυτοκίνητά τους λόγω των κακών δρόμων και των μικρών κινητήρων.

Τις περισσότερες φορές τα φρένα ήταν εξωτερικές ταινιοπέδες εκτεθειμένες στον καιρό και στις βρωμιές του δρόμου. Η χρήση τους ήταν σκληρή, γιατί τα φρένα πάνω στην άτρακτο χρησιμοποιούνταν σπάνια και το ποδόφρενο και το χειρόφρενο δρούσαν συνήθως στις ίδιες σιαγώνες. Ο κατήφορος ήταν πάντα ένα πρόβλημα. Οι κατασκευαστές ήταν στην αρχή πολύ διστακτικοί για την εισαγωγή φρένων στους εμπρόσθιους τροχούς γιατί δεν θέλανε να αντιμετωπίσουν τα έξοδα μελέτης και κατασκευής των καινούριων συστημάτων. Σιγά σιγά όμως συμμορφώθηκαν και το 1927 τα περισσότερα αμερικάνικα αυτοκίνητα είχαν φρένα και στους τέσσερις τροχούς.

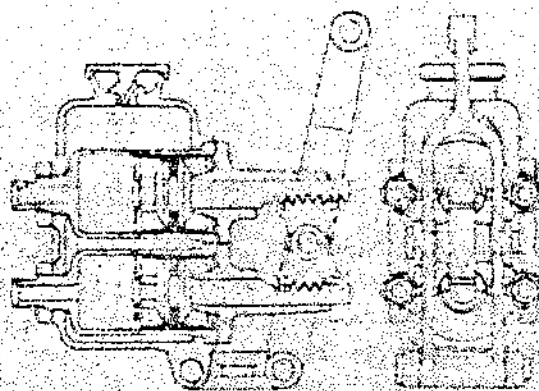
Τα πλεονεκτήματα των υδραυλικών φρένων εκτιμήθηκαν από πολύ νωρίς. Οι εμπρόσθιοι τροχοί μπορούσαν να αποκτήσουν φρένα χωρίς πολυσύνθετα συστήματα. Η εξίσωση ήταν αυτόματη. Η μετάδοση της κίνησης γινόταν εύκολα και χωρίς τριβές. Έτσι τέτοια συστήματα άρχισαν να εμφανίζονται πριν από τον πόλεμο. Ήδη από το 1911, σε μια έκθεση έδειξαν ένα αυτοκίνητο που είχε υδραυλικά φρένα και στους τέσσερις τροχούς και το υδραυλικό του σύστημα ήταν χωρισμένο σε δύο κυκλώματα με ανεξάρτητους κεντρικούς κυλίνδρους, σχήματα 1.20 και 1.21. Το κάθε κύκλωμα δρούσε σε έναν εμπρόσθιο και έναν οπίσθιο τροχό διαγώνια. Αμφιβολίες γεννήθηκαν αμέσως για την ασφάλεια λειτουργίας του συστήματος και οι εύκαμπτοι σωλήνες του αποδείχτηκαν ελαττωματικοί και έτσι τα υδραυλικά φρένα έμειναν ένας αξιοπερίεργος νεωτερισμός.

Το 1917 ένας Σκοτσέζος ονομαζόμενος Loughhead ενώ έψαχνε για χρυσάφι στην Καλιφόρνια, εφεύρε ένα πρακτικό σύστημα υδραυλικών φρένων και πήρε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας (πατέντα). Άλλαξε το όνομά του για να γίνει πιο αγγλικό και έτσι γεννήθηκαν τα φρένα Lockheed.

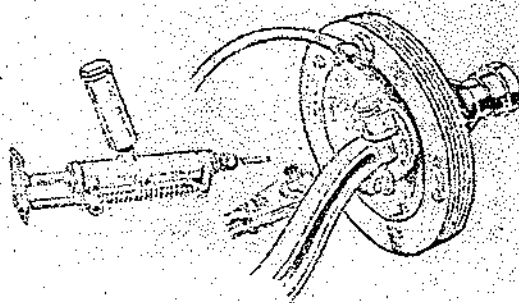
Το 1921 η Bugatti 8 είχε υδραυλικά φρένα και στους τέσσερις τροχούς, σχήμα 1.22. Την ίδια εποχή τα αμερικάνικα αυτοκίνητα Duesenberg χρησιμοποιούσαν υδραυλικά φρένα και στους τέσσερις τροχούς, τα οποία λειτουργούσαν με μοχλούς



Σχήμα 1.20: Υδραυλικό φρένο τύπου Weight, γύρω στα 1911.



Σχήμα 1.21: Ο δίδυμος κύλινδρος στο σύστημα Weight. Οι τροχοί ήταν συνδεδεμένοι διαγώνια.



Σχήμα 1.22: Ο κεντρικός κύλινδρος και ο εμπρός τροχός με υδραυλικό φρένο σε αυτοκίνητο Bugatti του 1922.

[Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.]

που τους κινούσαν οι κύλινδροι των τροχών, σχήμα 1.23. Η πίεση λειτουργίας των φρένων ήταν της τάξης των  $28 \text{ Kg/cm}^2$  και υπήρχαν συστήματα για το γέμισμα του κεντρικού κυλίνδρου και την απομόνωση κάθε κυλίνδρου τροχού που δεν λειτουργούσε κανονικά. Στην Αγγλία τα υδραυλικά φρένα Lockheed εισήχθησαν για πρώτη φορά το 1924 στο αυτοκίνητο Blip των 12 ίππων. Ο κεντρικός κύλινδρος είχε διάμετρο 38 mm, οι σωληνώσεις εσωτερική διάμετρο 9.52 mm και το υγρό ήταν μίγμα καστορέλαιου και οινόπνευματος. Το αυτοκίνητο Triumph 13/35 ίππων του 1924, είχε υδραυλικά φρένα στους εμπρόσθιους τροχούς και μηχανικά στους οπίσθιους και αυτή η διάταξη διατηρήθηκε μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1950.

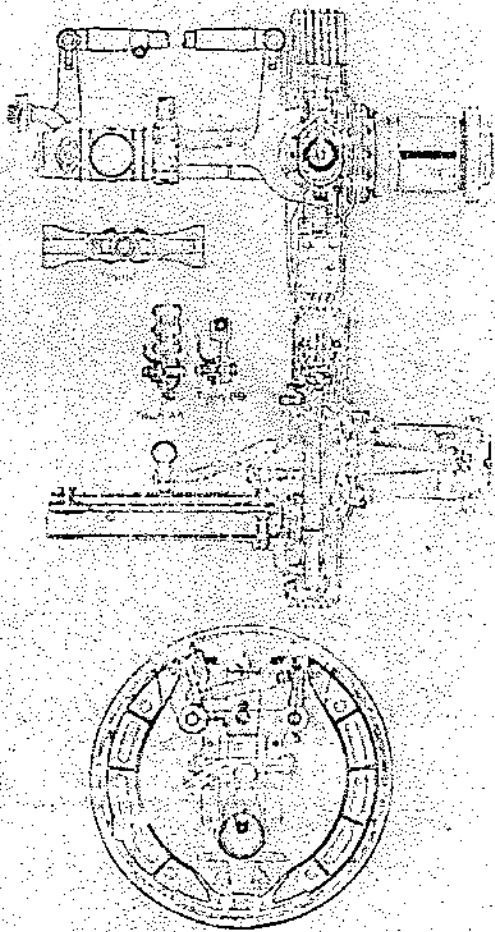
Η εταιρία Automotive Products Ltd, άρχισε να εισάγει στην Αγγλία προϊόντα της Lockheed από το 1927 και άρχισε από το 1929 να τα κατασκευάζει η ίδια.

Τα υδραυλικά φρένα ήταν στην αρχή αρκετά δαπανηρά αλλά σιγά σιγά άρχισαν πολλοί κατασκευαστές να κατασκευάζουν τέτοια φρένα και γύρω από το 1934 υπήρχαν τόσοι κατασκευαστές υδραυλικών φρένων όσοι και μηχανικών. Μόνο όμως από το 1949

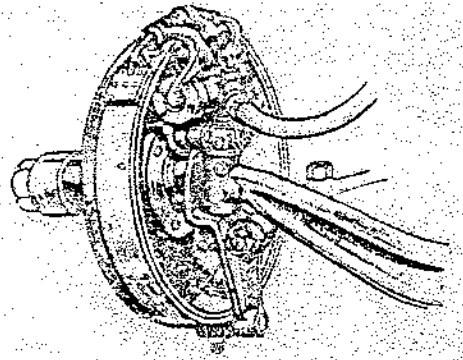
εκτοπίστηκαν τελείως τα μηχανικά φρένα απ' τους εμπρόσθιους τροχούς και απ' το 1952 και από τους πίσω τροχούς. Στις Η.Π.Α. τα μηχανικά φρένα εξαφανίστηκαν από το 1939.

Το βοηθητικό σύστημα φρένων ήταν πάντα μηχανικό και δρούσε στους πίσω τροχούς για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περίπτωση αστοχίας των υδραυλικών.

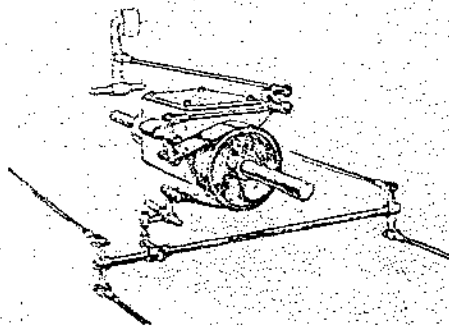
Για να σταματήσει ένα βαρύ αυτοκίνητο με φρένα και στους τέσσερις τροχούς χρειάζεται πολύ σημαντική δύναμη. Έτσι από νωρίς άρχισαν να εισάγονται εξωτερικοί σερβομηχανισμοί για να βοηθούν τον οδηγό στην προσπάθειά του για την πέδηση του αυτοκινήτου του. Πρωτοπόρος ήταν πάλι η Hispano-Suiza η οποία εγκατέστησε σερβομηχανισμό τύπου Birkiigt στα αυτοκίνητά της του 1919. Σε τέσσερα-πέντε χρόνια οι σερβομηχανισμοί πολλαπλασιάστηκαν. Στην αρχή ήταν μηχανικοί σαν και αυτόν που δείχνει το σχήμα 1.25.



Σχήμα 1.23: Υδραυλικά φρένα εμπρόσθιου άξονα σε αυτοκίνητο Duesenberg.



Σχήμα 1.24: Υδραυλικό φρένο σε αυτοκίνητο Triumph του 1924. Η εξωτερική ταινιοπέδη ενεργοποιούνταν με τον υδραυλικό κύλινδρο.



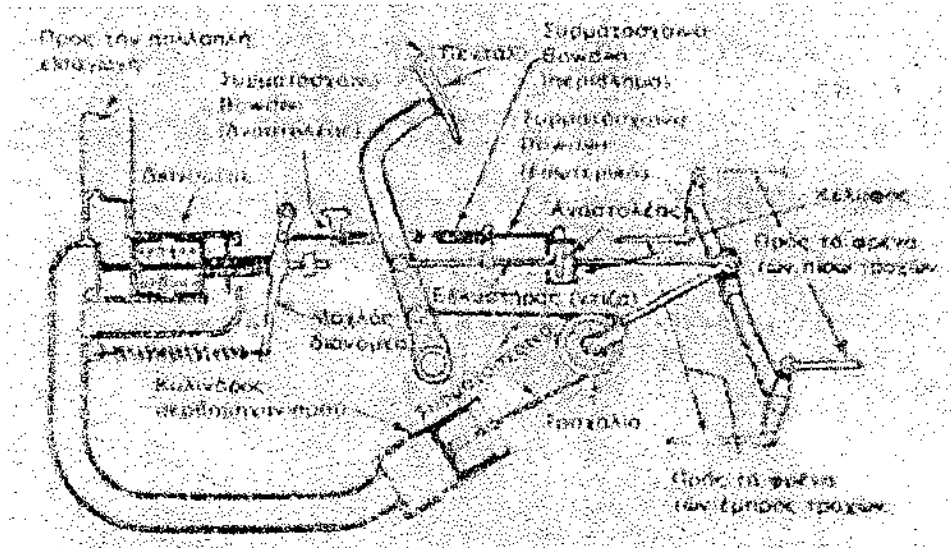
Σχήμα 1.25: Ένας μηχανικός σερβομηχανισμός για την αύξηση της δύναμης πέδησης.

[Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.]

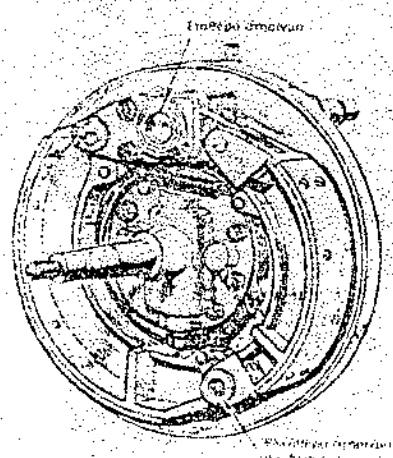
Η πίεση του πεντάλ του ποδόφρενου ενεργοποιούσε μια ταινία που έπιανε πάνω σε ένα τύμπανο που έπαιρνε κίνηση απ' το κιβώτιο ταχυτήτων και η δύναμη απ' την τριβή της ταινίας μεταδιδόταν στην κινηματική αλυσίδα του φρένου. Τελικά οι περισσότεροι μηχανικοί σερβομηχανισμοί ήταν με συμπλέκτη με πλάκα. Ο συμπλέκτης εκκινείτο από το κιβώτιο ταχυτήτων και η δύναμη της τριβής του μεταδιδόταν στο φρένο. Ένα πολυσύνθετο σύστημα μοχλών εξασφάλιζε την καλή λειτουργία του συμπλέκτη και κατά την οπισθοπορεία του αυτοκινήτου.

Το 1924 η εταιρία Dewandre κατασκεύασε ένα σερβομηχανισμό, σχήμα 1.26, που λειτουργούσε με το κενό της αναρρόφησης μέσα στην πολλαπλή εισαγωγή. Όταν το

ποδόπληκτρο (πεντάλ) του φρένου πιεζόταν άνοιγε ένας αγωγός και αναρροφούσε τον αέρα απ' την μια πλευρά ενός εμβόλου που ήταν μέσα σε ένα κύλινδρο. Η ατμοσφαιρική πίεση απ' την άλλη πλευρά πίεζε το έμβολο και η δύναμη αυτή μεταδιδόταν στο φρένο. Οι σερβομηχανισμοί με κενό εκτόπισαν γρήγορα τους μηχανικούς, αλλά η Rolls Royce είχε μηχανικούς σερβομηχανισμούς μέχρι το 1960. Μέσα σε λίγα χρόνια οι εξωτερικοί σερβομηχανισμοί περιορίστηκαν στα βαριά μόνο αυτοκίνητα γιατί ο Perrot κατασκεύαζε, στις αρχές της δεκαετίας του 1920, το φρένο με συνδυασμένες σιαγώνες το οποίο έχει τόσο μεγάλο βαθμό αυτοσφήνωσης ώστε δεν χρειάζεται σερβομηχανισμό, κι έτσι μόνο μετά τριάντα χρόνια ξαναχρησιμοποιήθηκαν σερβομηχανισμοί στα αυτοκίνητα μέσου μεγέθους για να βοηθούν τα δισκόφρενα.



**Σχήμα 1.26: Ο σερβομηχανισμός Dewandre με το κενό της εισαγωγής.**  
 [Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.]



**Σχήμα 1.27: Φρένο Perrot με συνδυασμένες σιαγώνες.**  
 Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.

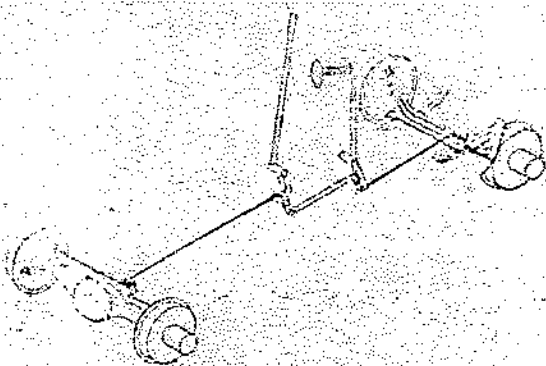
Στα φρένα Perrot (που στην αρχή ονομάζονταν Perrot-Farman) οι δύο σιαγώνες είναι συνδεδεμένες μαζί και μοιάζουν με μια ταινιοπέδη που αντί να κλείνει προς τα μέσα, ανοίγει προς τα έξω, σχήμα 1.27. Η δευτερεύουσα σιαγώνα ήταν περασμένη σε πείρο και έτσι το φρένο δεν ήταν αποτελεσματικό στην οπισθοπορεία. Ο V.Bendix το 1924 και το 1927 βελτίωσε το σύστημα Perrot και το έκανε να είναι εξίσου αποτελεσματικό και προς τα εμπρός και προς τα πίσω. Στην αρχή τα άνω άκρα των σιαγώνων στο σύστημα Bendix

είχαν εγκοπές και ήταν περασμένα ελεύθερα από δύο πείρους στερεωμένους στην πλάκα του φρένου ενώ τα κάτω άκρα τους ήταν ενωμένα μ' ένα σύνδεσμο. Υπήρχαν δύο επανατακτικά ελατήρια που κρατούσαν τις σιαγώνες μακριά απ' το τύμπανο. Το φρένο ενεργοποιούνταν με τη πίεση των άνω άκρων των σιαγώνων προς το τύμπανο με ένα ελεύθερο μοχλό. Η εμπρόσθια σιαγόνα ερχόταν σε επαφή με το τύμπανο και η δύναμη τριβής έτεινε να τη γυρίσει και έτσι η δεύτερη σιαγόνα αναγκαζόταν να έρθει και αυτή σε επαφή με το τύμπανο γιατί στηριζόταν και στον σταθερό πείρο της πλάκας. Η φθορά εξισωνόταν με το ρυθμιστήρα που ήταν στο σύνδεσμο μεταξύ των δύο σιαγώνων.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1930 καταργήθηκαν οι δύο πείροι και χρησιμοποιήθηκε ένας και οι σιαγώνες άνοιγαν με έναν εξωτερικό μοχλό που τον τραβούσαν με ένα συρματόσχοινο αντί για ελκυστήρες και μοχλούς.

Η ταινιοπέδη καταργήθηκε τελείως στην Αγγλία στο τέλος της δεκαετίας του 1920, στην Αμερική όμως αυτό το είδος φρένου ήταν πολύ διαδεδομένο.

Στην δεκαετία του 1930 εμφανίστηκαν οι ειδικευμένοι κατασκευαστές φρένων. Η Bendix και η Girling ασχολούνταν περισσότερο με τα μηχανικά φρένα ενώ η Lockheed με τα υδραυλικά. Στα χρόνια αυτά, τα μηχανικά φρένα έγιναν πιο απλά και πιο αποτελεσματικά για να μπορούν να συναγωνιστούν τα υδραυλικά. Ο μόνος ενδιάμεσος άξονας επικράτησε γενικά και το συρματόσχοινο εκτόπισε τις ράβδους. Η εξίσωση μεταξύ εμπρόσθιων και οπίσθιων τροχών καταργήθηκε. Το σύστημα Perrot-Rubegy χρησιμοποιούνταν πολύ για τα εμπρόσθια φρένα και τουλάχιστον εξωτερικά το σύστημα ήταν απλό και ξεκάθαρο. Συρματόσχοινα επίσης χρησιμοποιούνταν και για τους εμπρόσθιους τροχούς. Σ' ένα καλομελετημένο σύστημα πέδησης οι μοχλοί ήταν εγκατεστημένοι σε τέτοιες θέσεις ώστε η κατακόρυφη κίνηση των τροχών να μην επηρεάζει την πέδηση και οι ελαστικές παραμορφώσεις του πλαισίου να μην κάνουν τους ενδιάμεσους άξονες να μαγκώνουν. Παρόλα αυτά όμως η ύπαρξη τόσο πολλών πείρων και τριβέων προκαλούσε απώλειες στην κίνηση του πεντάλ κι έτσι επηρέαζε άσχημα την πέδηση.



**Σχήμα 1.28: Το μηχανικό σύστημα πέδησης του A.H. Girling.**

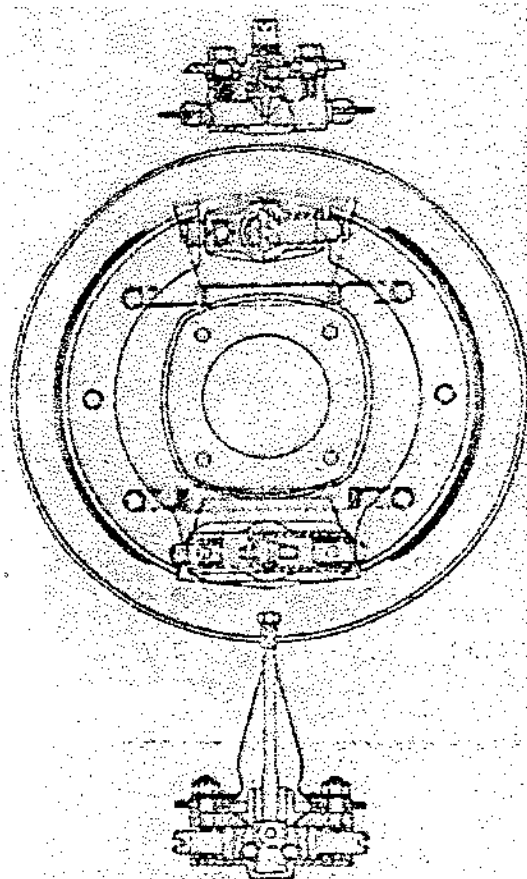
[Πηγή: *Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.*]

Στα τέλη της δεκαετίας του 1920 ο A.H. Girling μελέτησε από την αρχή το θέμα της πέδησης και κατέληξε σε ένα σύστημα, σχήμα 1.28, που ήταν πιο απλό αλλά και πιο αποτελεσματικό απ' τα περισσότερα από τα προηγούμενα. Κατάργησε τους ενδιάμεσους άξονες και μείωσε δραστικά τους ελκυστήρες, άφησε μόνο έναν για κάθε άξονα, που δρούσε μέσω ενός εξισωτή στον τροχό. Στους ελκυστήρες υπήρχε μια μικρή προέκταση και έτσι εξουδετέρωνε την απώλεια της κίνησης. Το πεντάλ του ποδόφρενου ενεργοποιούσε τα φρένα και των τεσσάρων τροχών και είχε έναν ασφαλή εξισωτή μεταξύ εμπρόσθιων και οπίσθιων τροχών, έτσι ώστε αν ο ελκυστήρας του ενός άξονα πάθαινε ζημιά, ο άλλος εξακολουθούσε να εργάζεται. Το άνοιγμα των σιαγώνων γινόταν με έναν κώνο από σκληρό χάλυβα που τον τραβούσε προς τα έξω ο ελκυστήρας, σχήμα 1.29. Ο κώνος δρούσε σε ωστήρια με λοξές επιφάνειες ολίσθησης και τα ωστήρια πιέζανε τις σιαγώνες. Μεταξύ ωστηρίων και κώνου υπήρχαν κύλινδροι για τη μείωση των τριβών. Τα

άλλα άκρα των σιαγώνων ακουμπούσαν πάλι με ωστήρια σε έναν άλλο κώνο ο οποίος με ένα κοχλιωτό στέλεχος εξίσωνε τις φθορές της επένδυσης. Ο κώνος αυτός ήταν στερεωμένος έτσι ώστε να αποκλείεται η χαλάρωσή του και η αλλαγή της θέσης των σιαγώνων. Γυρίζοντας με ένα κλειδί τον κώνο έφερναν σε επαφή τις σιαγώνες με το τύμπανο και ύστερα το γύριζαν πίσω ώσπου να ελευθερωθεί ο τροχός. Φυσικά ο τροχός ήταν ανασηκωμένος στο γρύλο όσο γινόταν η εργασία αυτή.

Τα δικαιώματα του Girling αγοράστηκαν από τους Pratt και Manley οι οποίοι, σε συνδυασμό με την εταιρία New Hudson Ltd. του Birmingham, κατασκεύαζαν τα φρένα του, τα οποία το 1933 τοποθετούνταν σε αυτοκίνητα Rover και Lagonda. Τα φρένα Girling με μικρές τροποποιήσεις και βελτιώσεις κατασκευάζονταν για πολλά χρόνια και το 1939 τοποθετούνταν σε μεγάλο αριθμό αγγλικών αυτοκινήτων. Το 1943 ο οργανισμός Joseph Lucas αγόρασε την εταιρία New Hudson και τη συνδύασε με τη δική του βιομηχανία κατασκευής πλαισίων αυτοκινήτων και συστημάτων πέδησης Bendix και σχηματίστηκε η Girling Ltd.

Για να γίνουν τα φρένα όσο γίνεται πιο αποτελεσματικά χρειάστηκε πολύ δουλειά. Για παράδειγμα αναφέρεται το σύστημα της Bendix, Auto Control, στο οποίο η δύναμη που μεταβιβαζόταν στους οπίσθιους τροχούς περιοριζόταν, όταν έφτανε σε ένα ορισμένο σημείο, από ένα ελατήριο που πίεζε μια σφήνα ανάμεσα σε δύο σφαίρες και μάγκωνε τον πίσω ελκυστήρα. Έτσι η παραπάνω δύναμη περνούσε στους εμπρόσθιους τροχούς και γινόταν αυτόματα η κατανομή της προσπάθειας πέδησης του αυτοκινήτου, ανάλογα με τη μεταφορά φορτίου από τους οπίσθιους τροχούς στους εμπρόσθιους από την πέδηση.



**Σχήμα 1.29: Το μηχανικό φρένο Girling.**

[Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, 1979.]



Η Girling το 1938 έφτασε στο ίδιο αποτέλεσμα τροποποιώντας τη γεωμετρική θέση των μοχλών έτσι ώστε να αλλάζει η σχέση μετάδοσης της δύναμης, ανάλογα με την ελαστική παραμόρφωσή τους. Πάνω στις ίδιες περίπου γραμμές κατασκευάστηκε ένα σύστημα προοδευτικής εφαρμογής του χειροφρένου. Μια αλυσίδα ή ένα συρματόσχοινο τυλιγόταν πάνω σε ένα έκκεντρο του οποίου η ακτίνα μικραίνει προοδευτικά. Έτσι η ελεύθερη κίνηση γινόταν γρήγορα, όταν όμως οι σιαγώνες έρχονταν σε επαφή με το τύμπανο, η σχέση μετάδοσης ήταν μεγάλη. Επειδή το χειρόφρενο ήταν πολύ λίγο παραπάνω από ένα φρένο στάθμευσης, έπρεπε να ελευθερώνεται κατά τον ταχύτερο τρόπο. Έτσι έγινε δεκτή η λαβή σαν πιστόλι, που ήταν τοποθετημένη κάτω από τον πίνακα οργάνων του αυτοκινήτου. Η χρήση ιδιαίτερων σιαγώνων για το χειρόφρενο καταργήθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1930, αλλά το φρένο στην άτρακτο υπήρχε ακόμα σε μερικές κατασκευές.

Στην ίδια δεκαετία τα υδραυλικά φρένα εκτόπισαν τα μηχανικά. Όλα τα αυτοκίνητα Morris εκτός από τα Minor, είχαν το 1931 υδραυλικά φρένα και όλα τα αμερικάνικα αυτοκίνητα είχαν τέτοια φρένα το 1936. Πολύ βοήθησε στην εκτόπιση των μηχανικών φρένων η εισαγωγή της ανεξάρτητης εμπρόσθιας ανάρτησης, η οποία δημιούργησε πολλές δυσκολίες σε όλα τα μηχανικά συστήματα.

Το 1935 μερικά αγγλικά αυτοκίνητα είχαν διπλούς κυλίνδρους και διπλά συστήματα σωληνώσεων. Ο ένας κύλινδρος με ανεξάρτητο κύκλωμα σωληνώσεων ενεργοποιούσε τα φρένα των εμπρόσθιων τροχών και ο άλλος πάλι με ανεξάρτητο κύκλωμα ενεργοποιούσε τα φρένα των οπίσθιων τροχών. Η Fiat είχε χρησιμοποιήσει ανεξάρτητα κυκλώματα ακόμη νωρίτερα. Διαφορικοί κύλινδροι χρησιμοποιήθηκαν για να δίνουν μεγαλύτερη πίεση στην μια σιαγόνα απ' ό,τι στην άλλη, είτε για να κάνουν τη φθορά των σιαγώνων ίση μεταξύ τους είτε για να κάνουν τα φρένα πιο ισχυρά χωρίς να γίνονται και πιο πολύπλοκα. Χρησιμοποιήθηκαν μερικά περίεργα συστήματα, π.χ. μια βαλβίδα συνέδεε το συμπλέκτη με το φρένο έτσι ώστε όταν πεζόταν ο συμπλέκτης τη στιγμή που ήταν πατημένο το φρένο, το φρένο δε μπορούσε να ελευθερωθεί όσο ο συμπλέκτης ήταν πιεσμένος, κι αυτό για να μην μπορεί να κυλήσει προς τα πίσω το αυτοκίνητο αν ήταν σταματημένο σε έναν ανήφορο.

Μέχρι την εποχή αυτή η Lockheed χρησιμοποιούσε κυλίνδρους τροχών τοποθετημένους μέσα στο τύμπανο, αλλά το 1937 έβαλε σε εφαρμογή έναν εκτατήρα Bisector, ο οποίος παίρνοντας κίνηση από έναν εξωτερικό κύλινδρο τροχού, άνοιγε δύο τομείς οι οποίοι με τη σειρά τους ανοίγανε, μέσω ωστηρίων, τις σιαγώνες.

Ο Β' παγκόσμιος πόλεμος συγκράτησε μερικές ενδιαφέρουσες εξελίξεις, όπως π.χ. μια βαλβίδα η οποία απομόνωνε τη σωλήνωση προς τους οπίσθιους τροχούς, όταν η επιβράδυνση ξεπερνούσε κάποιο καθορισμένο όριο. Η βαλβίδα είχε ένα ραβδωτό έμβολο μέσα σε ένα γυρτό κύλινδρο. Όταν η επιβράδυνση ξεπερνούσε το όριο που προσδιόριζε η κλίση του κυλίνδρου, το έμβολο ανέβαινε και έκλεινε την παροχή υγρού προς τους οπίσθιους τροχούς.

Μετά το 1930 η γενική διάταξη των φρένων δεν άλλαξε για πολλά χρόνια. Πρακτικά όλοι οι τροχοί είχαν φρένα Perrot ή Bendix-Perrot και καθώς όλα αυτά είχαν συνδυασμένες σιαγώνες, η πέδηση ήταν αρκετή και η χρήση των σερβομηχανισμών ήταν περιορισμένη μόνο στα βαριά αυτοκίνητα. Το σύστημα Girling του 1933 δεν άλλαξε πολύ μέχρι το 1948 που αντικαταστάθηκε από το υδραυλικό σύστημα Girling.

Το σύστημα με τις συνδυασμένες σιαγώνες ήταν πολλές φορές πολύ τραχύ και πολύ ευαίσθητο στη φθορά και στο νερό. Σύστημα με δύο πρωτεύουσες σιαγώνες είναι λιγότερο ισχυρό αλλά περισσότερο σταθερό. Επειδή όμως, στην οπισθοπορεία και οι δύο σιαγώνες γίνονται δευτερεύουσες, χρησιμοποιείται μόνο σε αυτοκίνητα αγώνων. Η Bendix το 1938 εισήγαγε έναν τρόπο που έκανε το σύστημα των δύο πρωτεύουσών σιαγώνων εξίσου αποτελεσματικό και προς τα εμπρός και προς τα πίσω. Δεν έγινε βέβαια γενικά δεκτό στα επιβατηγά αυτοκίνητα, αλλά χρησιμοποιείται και σήμερα σε φρένα Girling φορτηγών και λεωφορείων. Ακριβώς πριν τον πόλεμο η Bendix κατασκεύασε ένα σύστημα φρένου με

ελεύθερο έκκεντρο κι έτσι ξεπεράστηκε το πρόβλημα της φθοράς του έκκεντρου και βελτιώθηκε η απόδοση των φρένων.

Η Lockheed έκανε το 1938 μια αισθητή πρόοδο όταν κατασκεύασε για πρώτη φορά φρένα με ελεύθερες σιαγώνες. Στην αρχή υπήρχε ένας μόνο πείρος με μια τετράγωνη ροδέλα και η σιαγώνα είχε μια τομή για να περνάει η ροδέλα και έτσι είχε τη δυνατότητα να κινεί ελαφρά τη ροδέλα άνω και κάτω. Έτσι η σιαγώνα μπορούσε να έχει καλή πρόσφυση στο τύμπανο χωρίς φόβο να αρπάξει απότομα ή να τριβεται συνέχεια στο τύμπανο.

Τα αυτόματα συστήματα ρύθμισης της φθοράς, της επένδυσης των σιαγόνων, πρωτοεμφανίστηκαν το 1935. Στην αρχή τα συστήματα αυτά λειτουργούσαν όχι μόνο όταν η διαδρομή της σιαγώνας ήταν πέρα από κάποιο όριο, λόγω φθοράς, αλλά και όταν η διαδρομή αυτή μεγάλωνε, λόγω της διαστολής του τυμπάνου από την θερμότητα. Ένα έξυπνο σύστημα για να ξεπεραστεί το άτοπο αυτό ήταν να λειτουργεί το σύστημα μόνο στην οπισθοπορεία όπου το τύμπανο είναι απίθανο να είναι θερμό. Πάντως τα αυτόματα συστήματα ρύθμισης βρήκαν γενική εφαρμογή μετά το 1960, όταν γενικεύτηκε η χρήση του συνδυασμού: δίσκοι εμπρός και τύμπανα πίσω.

### 1.2.3 Περίοδος μετά το 1945.

Τα μηχανικά συστήματα φρένων δεν είχαν τη δυνατότητα να προσαρμοστούν στην ανεξάρτητη ανάρτηση του εμπρόσθιου συστήματος και γι' αυτό τα πρώτα χρόνια μετά τον πόλεμο η βασιλεία τους έληξε. Απ' τα τελευταία αυτοκίνητα που είχαν μηχανικά φρένα και στους τέσσερις τροχούς ήταν το Hillman Minx του 1948, το Austin 10 ίππων του 49 και το Daimler DB 18 δύο λίτρων επίσης του 49. Ο συνδυασμός, υδραυλικά εμπρός και μηχανικά πίσω, κράτησε λίγο περισσότερο, π.χ. στα Austin A40, A70 και A95 του 1951 και τα Riley 1.5 και 2.5 λίτρων μέχρι και το 1952. Μια ενδιαφέρουσα διάταξη ήταν να εισαχθεί ένας κεντρικός κύλινδρος έλξης στην κινηματική αλυσίδα των οπίσθιων τροχών, αν το υδραυλικό σύστημα αστοχούσε, το έμβολο του κεντρικού κυλίνδρου έφτανε στο τέρμα της διαδρομής του και μετά τραβούσε τον κύλινδρο και ενεργοποιούσε τα πίσω φρένα. Για το χειρόφρενο υπήρχε ένας μηχανισμός με εγκοπή που επέτρεπε στο χειρόφρενο να εργάζεται ανεξάρτητα από το ποδόφρενο.

Το 1948 η Girling παρουσίασε το πρώτο της υδραυλικό σύστημα για αυτοκίνητα. Στο σύστημα αυτό που ονομαζόταν Hydrostatic, δεν υπήρχε διάκενο μεταξύ σιαγώνας και τυμπάνου και υπήρχαν ελατήρια που κρατούσαν την επαφή και εμπόδιζαν το θόρυβο. Έτσι, για τη λειτουργία του φρένου, χρειαζόταν πολύ μικρότερη μετακίνηση υγρού. Σε βελτιώσεις που έγιναν σε επόμενους τύπους, μέρος από την πρωτεύουσα σιαγώνα ήταν ανασηκωμένο για να μην υπάρχει κίνδυνος αρπάγματος. Η Girling κατασκεύαζε και μια σειρά από πιο συμβατικά συστήματα φρένων.

Το 1950 τα φρένα όλων των αγγλικών αυτοκινήτων με μόνη εξαίρεση τη Vauxhall, είχαν φρένα είτε της Girling είτε της Lockheed, ακόμα και η Vauxhall χρησιμοποιούσε εξαρτήματα της Lockheed για τα φρένα της.

Το 1950 ο γενικός κανόνας ήταν να τοποθετούν στους εμπρόσθιους τροχούς φρένα με μια πρωτεύουσα και μια δευτερεύουσα σιαγώνα, μερικές εξαιρέσεις σαν την Jaguar MK VII και τις Rover 90, 105 και 105 E, χρησιμοποιούσαν φρένα με δύο δευτερεύουσες σιαγώνες για μεγαλύτερη σταθερότητα και ένα σερβομηχανισμό για να συμπληρώνει το χαμηλό βαθμό πρόσφυσης που έχουν οι δευτερεύουσες σιαγώνες. Το Peugeot 404 χρησιμοποιούσε φρένα με δύο δευτερεύουσες σιαγώνες μέχρι το 1968 που εφαρμόστηκαν τα δισκόφρενα. Οι σιαγώνες ήταν ελεύθερες και η μεν Girling προτιμούσε τα λοξά στηρίγματα, η δε Lockheed τα παράλληλα. Η Lockheed χρησιμοποιούσε ρυθμιστήρες μεταξύ κυλίνδρων και σιαγόνων και έκανε αυλακίες στην επιφάνεια τριβής των σιαγόνων για να περιορίσει το σφύριγμα. Επενδύσεις κολλημένες, αντί καρφωμένες, ήταν σε γενική

εφαρμογή στις Η.Π.Α., αλλά χρειάστηκε λίγος καιρός για να γενικευτεί η χρήση τους στην Αγγλία.

Στις Η.Π.Α. τα φρένα Bendix με συνδυασμένες σιαγώνες ήταν πολύ διαδεδομένα και γενικά χρησιμοποιούσαν επενδύσεις, σε μια ή και στις δύο σιαγώνες, με πολύ χαμηλό συντελεστή τριβής για να αυξήσουν την σταθερότητα.

Οι σερβομηχανισμοί άρχισαν να ξαναεμφανίζονται στην Αγγλία στα μέσα τα δεκαετίας του 1950, κατά ένα μέρος γιατί τα αυτοκίνητα έγιναν βαρύτερα και ταχύτερα. Η εταιρία Clayton Dewandre κατασκεύαζε σερβομηχανισμούς για πολλά χρόνια και το 1954 η Lockheed και το 1955 η Girling μπήκαν στον συναγωνισμό. Στην αρχή οι σερβομηχανισμοί είχαν αέρα και από τις δύο πλευρές του διαφράγματός τους και έπρεπε την ώρα της λειτουργίας τους να αφαιρεθεί ο αέρας από τη μια πλευρά για να λειτουργήσει ο σερβομηχανισμός. Αργότερα όμως είχαν κενό και από τις δύο πλευρές του διαφράγματος και τη στιγμή της λειτουργίας ερχόταν αέρας από τη μια πλευρά και βοηθούσε στην πίεση του φρένου. Καθώς τα δισκόφρενα όλο και πιο πολύ εκτόπιζαν τα τύμπανα, οι σερβομηχανισμοί έγιναν πιο απαραίτητοι. Από το 1950 τα υδραυλικά συστήματα και τα φρένα με τύμπανα δεν άλλαζαν πολύ. Στην Αμερική το σύστημα με τα δύο κυκλώματα έγινε υποχρεωτικό στα 1960 και πολλά αγγλικά αυτοκίνητα ακολούθησαν εθελοντικά. Βαλβίδες περιορισμού της πίεσης εισήχθησαν στα Minis, και σιγά σιγά γενικεύεται η χρήση συστημάτων που μοιράζουν την προσπάθεια πέδησης μεταξύ των εμπρόσθιων και οπίσθιων τροχών, ανάλογα με την επιβράδυνση και τη μεταφορά του φορτίου από πίσω προς τα εμπρός κατά την πέδηση. Το σύστημα Maxaret και άλλα συστήματα που προλαβαίνουν την ακινητοποίηση (μπλοκάρισμα των τροχών) δοκιμάστηκαν, και το σύστημα Maxaret εφαρμόστηκε στα αυτοκίνητα Jensen. Τα τύμπανα δεν άλλαζαν σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Επειδή όμως στα χρόνια αυτά, τα αυτοκίνητα έγινα βαρύτερα και ταχύτερα, έγινε μεγάλη προσπάθεια για τη βελτίωση των υλικών επένδυσης των σιαγώνων για να μπορούν να αντιμετωπίσουν τα μεγαλύτερα βάρη και τις μεγαλύτερες ταχύτητες.

Στα μέσα όμως της δεκαετίας του 50 έγινε μια μεγάλη αλλαγή στα συστήματα πέδησης. Τα δισκόφρενα άρχισαν να εκτοπίζουν τα τύμπανα.

## 1.2.4 Δισκόφρενα.

Η πρώτη εφαρμογή δισκόφρενων έγινε το 1902 σε αυτοκίνητο Lanchester. Ένα ζευγάρι σιαγώνες με πλινθία τριβής (τακούνια) έπιαναν πάνω σε έναν δίσκο που ήταν καρφωμένος στην πλήμνη του τροχού. Το 1906 πάλι η Lanchester εφάρμοσε ένα σύστημα φρένων με πολλούς δίσκους που εργαζόνταν μέσα στο λάδι για τα αυτοκίνητά της των 20 και 25 ίππων. Τα δισκόφρενα όμως δεν βρήκαν καλή υποδοχή στα αυτοκίνητα παρά το γεγονός ότι το 1920 ένα ελαφρό αυτοκίνητο A.C. είχε δισκόφρενο στην άτρακτο πίσω από το διαφορικό και το γεγονός ότι το 1928 στην Αμερική και για αρκετά χρόνια χρησιμοποιήθηκε το φρένο Ttu-stop στην άτρακτο, το οποίο λειτουργούσε με δίσκο. Το 1931 σε ένα φορτηγό 4 τόνων της Dodge χρησιμοποιήθηκε σαν φρένο της ατράκτου δισκόφρενο με αεριζόμενο δίσκο. Δισκόφρενα επίσης χρησιμοποιούνταν σε τροχιοδρόμους (τραμ), σε βιομηχανικές εφαρμογές και σε αεροπλάνα, π.χ. η εταιρία ελαστικών Dunlop κατασκεύασε το 1935 φρένα για αεροπλάνα με δίσκους και η Lockheed εφάρμοσε δίσκους στο αεροπλάνο Airspeed της Oxfords το 1937. Το πλεονέκτημα των δίσκων στα αεροπλάνα ήταν ότι ένας αριθμός δίσκων με αντίστοιχους δακτυλίους τριβής μπορούσαν να εφαρμοστούν στο ίδιο φρένο και έτσι μειωνόταν σημαντικά το έργο που απορροφούταν ανά μονάδα επιφανείας τριβής και βελτιωνόταν η ψύξη των φρένων. Δισκόφρενα αυτού του τύπου έχουν βελτιωθεί και χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα στα μεγάλα αεροπλάνα.

Ας επανέλθουμε όμως στα αυτοκίνητα. Το 1937 ένα σύστημα δισκόφρενων, κατασκευής Hawley, εφαρμόστηκε στα αυτοκίνητα Crossley και τον ίδιο χρόνο το

αυτοκίνητο Thunderbolt της Eyston, εφοδιασμένο με δισκόφρενο, κέρδισε το παγκόσμιο ρεκόρ ταχύτητας. Κατά τον πόλεμο σε πολλά θωρακισμένα αυτοκίνητα είχαν εφαρμοστεί φρένα με δίσκους.

Η Chrysler των Η.Π.Α. το 1950 χρησιμοποίησε δισκόφρενα στα αυτοκίνητα Crown Imperial σαν προαιρετικά εξαρτήματα, αλλά σε όλη τη δεκαετία του 50 πολύ λίγη πρόοδος σημειώθηκε στην Αμερική πάνω στα δισκόφρενα. Αυτό οφείλεται κατά κάποιο τρόπο στο μεγαλύτερο βάρος των αμερικάνικων αυτοκινήτων που απαιτούσε πολύ μεγάλες πιέσεις υγρού για την καλή πέδηση και ανάλογες βαριές σωληνώσεις, και επειδή δε μπορούσε να αυξήσει το μέγεθος του δίσκου παρουσιαζόταν υπερθέρμανση που μείωνε τη ζωή των πλινθίων. Αν ο σερβομηχανισμός δεν λειτουργούσε, χρειαζόταν πολύ μεγάλη δύναμη στο πεντάλ για να κρατηθεί το αυτοκίνητο. Σε μερικά αυτοκίνητα υψηλής απόδοσης χρησιμοποιούνταν δίσκοι αεριζόμενοι.

Απεναντίας στην Αγγλία σημειώθηκε μεγάλο ενδιαφέρον για τα δισκόφρενα. Στην Jaguar του 1952 εφαρμόστηκαν δισκόφρενα Dunlop με εξαιρετικά αποτελέσματα και σε πολύ λίγο χρόνο όλα τα αυτοκίνητα G.P. είχαν δισκόφρενα. Το 1954 η Jaguar τύπου D και η Austin Healey, είχαν δισκόφρενα Dunlop. Τον επόμενο χρόνο η Citroën DS.19 εμφανίστηκε με δισκόφρενα με ελεύθερο δίχαλο και το 1956 στο Triumph TR 3 και στην Lotus 11 εφαρμόστηκαν δισκόφρενα Girling. Στον ίδιο χρόνο εφαρμόστηκαν δισκόφρενα και στο Jensen 541 καθώς και σε πολλά σπορ αυτοκίνητα. Για τις περισσότερες περιπτώσεις τα τύμπανα ήταν απόλυτα ικανοποιητικά και καθώς τα δισκόφρενα ήταν ακόμα πολύ ακριβά, χρειάστηκαν μερικά χρόνια για να γενικευτεί η χρήση τους.

Αργότερα όλα τα αγγλικά αυτοκίνητα, με εξαίρεση ίσως μερικών ελαφρών και φτηνών τύπων, έχουν δισκόφρενα στους εμπρόσθιους τροχούς τουλάχιστον, λόγω της δυσκολίας που εμφανίζεται στον συνδυασμό του χειροφρένου με δισκόφρενο στους οπίσθιους τροχούς. Το 1962 παρουσιάστηκαν τα δισκόφρενα με ελεύθερο δίχαλο (όπως της Citroën DS.19). Η αρχή λειτουργίας του δισκόφρενου με ελεύθερο δίχαλο είναι ότι το ένα πλινθίο πιέζεται προς το δίσκο με το έμβολο και τον κύλινδρο του, ενώ η αντίδραση του δίσκου κάνει το δίχαλο να μετακινηθεί ή να στρέψει και να φέρει και το άλλο πλινθίο σε επαφή με το δίσκο.

### 1.2.5 Τύμπανα.

Τα πρώτα τριάντα χρόνια της εφαρμογής τους, τα τύμπανα των φρένων, ήταν κατασκευασμένα από χαλυβδόφυλλο διαμορφωμένο με πίεση. Οι ταχύτητες ήταν μικρές και δεν υπήρχε θέμα υπερθέρμανσης του τυμπάνου, οι δε επενδύσεις των σιαγώνων από υφαντό αμίαντο, δεν το έφθειραν ούτε το χάραζαν. Αργότερα μέσα στην επένδυση ενσωματώθηκαν σύρματα μεταλλικά και οι επενδύσεις άρχισαν να φθείρουν και να χαράζουν τα τύμπανα, έτσι χρειάστηκε να αντικατασταθούν από σκληρό χάλυβα στα ταχύτερα και πιο ακριβά αυτοκίνητα. Με την πάροδο όμως του χρόνου οι ταχύτητες των αυτοκινήτων αυξήθηκαν και οι υψηλότερες θερμοκρασίες, που φτάνουν στα τύμπανα, προκαλούσαν αλλοιώσεις στο χάλυβα και το τύμπανο παραμορφωνόταν. Ο φαιός χυτοσίδηρος χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία για πολλά χρόνια για υλικό των τάκων των σιαγώνων σιδηροδρομικών οχημάτων και γύρω στα 1930 άρχισε να χρησιμοποιείται μια υψηλή ποιότητα χυτοσίδηρου που περιείχε μεγάλη ποσότητα γραφίτη και που ονομαζόταν Millenite. Στην Αγγλία από το 1934 χρησιμοποιήθηκε χυτοσίδηρος με χρώμιο ονομαζόμενος Chromidium. Χυτοσιδηρά τύμπανα και δίσκοι χρησιμοποιούνται πολύ σήμερα, αλλά έχουν γίνει πολλές βελτιώσεις για να κάνουν το τύμπανο πιο ανθεκτικό στη θερμότητα.

Γύρω στα 1920 χρησιμοποιήθηκαν διμεταλλικά τύμπανα. Το κυλινδρικό μέρος του τυμπάνου ήταν από συγκεντρικούς δακτυλίους χυτοσίδηρου και αλουμινίου. Ο χυτοσίδηρος έδινε την αντοχή στη φθορά και το αλουμίνιο την καλή θερμική αγωγιμότητα. Τα τύμπανα αυτά ήταν ακριβά και παρουσιαζόταν η δυσκολία να πετύχουν

καλή θερμική αγωγιμότητα στη συναρμογή χυτοσίδηρου αλουμινίου. Η χρήση τους εξακολουθεί ακόμα και σήμερα. Ένας άλλος συνδυασμένος τύπος τυμπάνου ήταν από χάλυβα με δακτύλιο από χυτοσίδηρο.

Τα τύμπανα άλλαξαν μορφή μέσα στα χρόνια. Στην αρχή είχαν μεγάλη διάμετρο και στενή κυλινδρική επιφάνεια. Από το 1920 όμως, όταν άρχισε η χρήση ελαστικών επίσωτρων μεγάλου πλάτους (balloon) και αργότερα όταν η αεροδυναμική κατασκευή των αμαξωμάτων επέβαλε μικρούς τροχούς, η διάμετρος του τυμπάνου ελαττώθηκε και αντίστοιχα μεγάλωσε το πλάτος της κυλινδρικής τους επιφάνειας.

### 1.2.6 Υλικά τριβής.

Στις πρώτες κατασκευές αυτοκινήτων τα υλικά τριβής ήταν ξύλο, δέρμα, ύφασμα, ακόμα και μεταλλικοί τάκοι που έρχονταν σε επαφή με το μεταλλικό ή αργότερα και με το ελαστικό επίσωτρο του τροχού. Αμέσως μετά χρησιμοποιήθηκαν ταινιοπέδες που το υλικό τριβής τους ήταν τάκοι από ξύλο. Πολύ γρήγορα όμως οι ταχύτητες μεγάλωσαν τόσο, ώστε τα οργανικά υλικά τριβής απανθρακώνονταν και φθείρονταν γρήγορα, παρά τις μεθόδους που είχαν βγει για να τα βελτιώσουν, όπως π.χ. το βράσιμο του ξύλου μέσα σε λάδι. Οι μεταλλικοί τάκοι άντεχαν περισσότερο στην θερμοκρασία αλλά ήταν ασταθείς, πολυθόρυβοι και χάραζαν την απέναντι επιφάνεια. Τέτοιοι τάκοι χρησιμοποιούνταν στα σιδηροδρομικά βαγόνια ακόμα και μετά τον Α' παγκόσμιο πόλεμο. Για να δίνουν καλά αποτελέσματα έπρεπε να είναι ακριβώς τορναρισμένοι και εφαρμοσμένοι στο τύμπανο. Το 1890 ο Michelin πριν ασχοληθεί με τα πνευστά (φουσκωτά) ελαστικά, κατασκεύασε τάκους από λάστιχο με ύφασμα μέσα, αλλά ήταν πολύ ακριβοί και φθείρονταν γρήγορα.

Το 1901 ο Herbert Fgood παρουσίασε ένα τάκο κατασκευασμένο από υφαντό υλικό και εμποτισμένο στο λάστιχο, αν θα χρησιμοποιούταν σε επαφή με σίδηρο ή εμποτισμένο σε κερί αν θα χρησιμοποιούταν σε επαφή με λάστιχο. Ύστερα από μερικούς δισταγμούς οι τάκοι του Fgood έγιναν σιγά σιγά δεκτοί από τους κατασκευαστές αμαξών και πήραν το όνομα Ferodo. Το 1904 η εταιρία London General Omnibus τους χρησιμοποίησε για τα λεωφορεία της. Το υλικό αυτό που βασικά αποτελείτο από βαμβακερές κλωστές, πέρασε με επιτυχία τις δοκιμές που επέβαλε η Scotland Yard, δηλαδή να σταματά το όχημα σε απόσταση 5 μέτρων από ταχύτητα 20Km/h που ισοδυναμεί με επιβράδυνση 0.35g. Όσο αύξανε η ταχύτητα τόσο το βαμβάκι είχε την τάση να απανθρακώνεται και έτσι ο Fgood το αντικατέστησε με αμιάντο. Ο αμιάντος υφαινόταν σε ένα χαλαρό ύφασμα και εμβαπτίζονταν σε ρητίνες και βερνίκια υψηλού βαθμού πήξης. Το 1914 η χρήση υλικών τριβής Ferodo ήταν πολύ διαδεδομένη. Το 1920 όλες οι επενδύσεις τριβής ήταν τύπου Ferodo. Η Ferodo και οι άλλες εταιρίες που κατασκεύαζαν υλικά τριβής έπρεπε να βελτιώνουν συνέχεια τα υλικά τους, για να μπορούν να αντιμετωπίζουν τη συνεχώς αυξανόμενη ταχύτητα και το βάρος των αυτοκινήτων. Το 1930 η Ferodo στράφηκε προς τις θερμοπλαστικές ρητίνες και λίγο μετά παρουσίασε χυτές επενδύσεις τριβής, αντί για υφαντές. Οι χυτές επενδύσεις κατασκευάζονταν με ανάμιξη ινών αμιάντου και ρητινών με πολυμερισμό των ρητινών σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση. Διάφορα πρόσθετα, όπως ορυκτά, ή μεταλλικά ρινίσματα, που έδιναν τον επιθυμητό συντελεστή τριβής «μ» και την απαραίτητη αντοχή στη φθορά, προσθέτονταν στο μίγμα, πράγμα αδύνατο με τα υφαντά υλικά. Βέβαια, τα υφαντά υλικά ήταν πιο εύκολα στη χρήση, πιο εύκαμπτα και αρκούσε ένα ρολό στο συνεργείο για να καλύψει όλες τις χρήσεις κόβοντας και τρυπώντας επενδύσεις. Τα υλικά τριβής των πλινθίων των δισκόφρενων έγιναν από το χυτό υλικό των επενδύσεων. Για ειδικές χρήσεις όπως τα φρένα αεροπλάνων χρησιμοποιούνται ειδικά υλικά τριβής όπως πλινθία από συμπιεσμένη σκόνη μετάλλων, κεραμικά υλικά και άλλες ανόργανες ύλες.

## 1.2.7 Περαιτέρω εξελίξεις.

Η ιστορία των φρένων όπως και πολλών άλλων εξαρτημάτων του αυτοκινήτου, ακολουθεί ένα μάλλον συνηθισμένο δρόμο. Μόλις μια νέα εφεύρεση εμφανίζεται και αποδεικνύεται πετυχημένη, αμέσως αντιγράφεται από άλλους και βελτιώνεται. Βέβαια δεν είναι όλοι οι νεωτερισμοί πετυχημένοι, πολλοί μόλις βγαίνουν εξαφανίζονται, αλλά και μερικοί τελικά πετυχαίνουν και επιβάλλονται. Οι καινούριες ιδέες εφαρμόζονται πρώτα στα πολυτελή αυτοκίνητα, γρήγορα όμως εφαρμόζονται μέχρι και στα πιο φθηνά. Ότι σήμερα θεωρείται εξαιρετικό αύριο είναι το συνηθισμένο.

Είναι λοιπόν επιτρεπτό να διακινδυνεύσει κανείς μια πρόβλεψη για το τι αλλαγές θα γίνουν στο εγγύς μέλλον στα φρένα και στα συστήματά τους. Μερικές βελτιώσεις αποκλείονται λόγω κόστους μολονότι ο νόμος επιβάλλει την εισαγωγή τους. Πολλή σκέψη και προσπάθεια καταβάλλεται στις Η.Π.Α. για την ασφάλεια των αυτοκινήτων, σαν αποτέλεσμα του νόμου που επιβάλλει τη βελτίωσή της λειτουργίας και της αξιοπιστίας των φρένων. Οι ευρωπαίοι κατασκευαστές είναι υποχρεωμένοι να δεχτούν τις βελτιώσεις αυτές, αν θέλουν να μπορούν να εξάγουν τα αυτοκίνητά τους στις Η.Π.Α.

Είναι γεγονός ότι η προσπάθεια του οδηγού στο πεντάλ του ποδόφρενου και στο μοχλό του χειρόφρενου, για μια δεδομένη επιτάχυνση, μειώνεται στα ευρωπαϊκά αυτοκίνητα, π.χ. με τη μεγαλύτερη χρήση σερβομηχανισμών και ο έλεγχος του αυτοκινήτου βελτιώνεται από τα συμπεράσματα της εργονομίας, προσαρμόζονται δηλαδή όλα τα συστήματα ελέγχου ανάλογα με τα πόδια και τα χέρια του οδηγού ώστε να μπορεί να πατά το πεντάλ ή να τραβά το μοχλό με την μικρότερη προσπάθεια, τη λιγότερη κούραση και χωρίς πιθανότητα λάθους. Μέτρα λαμβάνονται για την πιο θετική κατανομή του έργου της πέδησης μεταξύ των εμπρόσθιων και των οπίσθιων τροχών και για την πρόληψη της ακινητοποίησης των οπίσθιων τροχών.

Τέτοια συστήματα υπάρχουν πολλά, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν αν το επιβάλλει ο νόμος για να ξεπεραστεί το φράγμα του κόστους τους. Το διπλό κύκλωμα φρένων με διπλό κεντρικό κύλινδρο έχει γενικευτεί. Τα εξαρτήματα βελτιώνονται και γίνονται όσο είναι δυνατό πιο αξιόπιστα. Φώτα τοποθετούνται στον πίνακα οργάνων του οδηγού για να τον ειδοποιούν αν κάποιο εξάρτημα των φρένων του δεν εργάζεται. Φώτα επίσης τον ειδοποιούν για τη φθορά των υλικών τριβής και για τη στάθμη του υγρού στην αποθήκη του κεντρικού κυλίνδρου. Όσον αφορά τα ίδια τα φρένα πάνω στους τροχούς, τα δισκόφρενα επικρατούν και με την προϋπόθεση να βρεθεί ένας ικανοποιητικός τρόπος λύσης του προβλήματος του χειροφρένου, εκτοπίζουν τα τύμπανα και στους οπίσθιους τροχούς. Τα τύμπανα τελικά μένουν για ορισμένους τύπους βαριών αυτοκινήτων που αποκτούν τις απαιτούμενες ικανότητες και ένα αποτελεσματικό σύστημα αυτόματης ρύθμισης της φθοράς τους.

Βελτιώσεις γίνονται και στο υλικό. Οι δίσκοι γίνονται από υλικά που δε χαράζονται και δεν διαβρώνονται. Τα υλικά τριβής αποκτούν μεγαλύτερη αντοχή στη φθορά και μεγαλύτερο συντελεστή τριβής «μ». Το υλικό των στεγανωτικών κυαθίων βελτιώνεται καθώς και το χρησιμοποιούμενο για τα φρένα υγρό και οι σωλήνες των σωληνώσεων γίνονται ανθεκτικότεροι στη διάβρωση. Επικρατεί η τάση να χρησιμοποιούνται δίχαλα με ένα κύλινδρο γιατί είναι φθηνότερα και απλούστερα από τα σταθερά δίχαλα με δύο έμβολα. Έτσι είναι λογικό να υπάρξει περιορισμός στην τάση για σφύριγμα, άρπαγμα και άλλα μικροελαττώματα των φρένων.

Τα φρένα με τριβή θα χρησιμοποιηθούν ακόμα για πολλά χρόνια στα επιβατηγά αυτοκίνητα. Κανένα άλλο είδος φρένων δεν μπορεί να απορροφήσει και να διασκορπίσει την κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου τόσο γρήγορα σε τόσο λίγο χώρο, τόσο απλά και τόσο φθηνά, όσο τα σημερινά φρένα. Τα υδραυλικά συστήματα μετάδοσης της κίνησης μπορούν να διαμορφωθούν έτσι ώστε να αποκτήσουν ικανότητα πέδησης, αλλά χρειάζεται ισχυρή ψύξη του λαδιού τους, η οποία είναι δύσκολο να αποκτηθεί. Φρένα με ικανότητες μετατροπής της κινητικής σε άλλη μορφή ενέργειας, είναι ανεφάρμοστα στο αυτοκίνητο,

εκτός αν γίνουν ηλεκτροκίνητα. Πάντως θα προσθέσουν ένα μεγάλο οικονομικό βάρος στο σύστημα ελέγχου του αυτοκινήτου. Τα αυτοκίνητα αγώνων και άλλα ειδικά οχήματα μπορεί να αποκτήσουν παράξενα συστήματα πέδησης, όπως π.χ. πτερύγια για την αντίσταση του αέρα ή για την αύξηση της πρόσφυσης στο έδαφος, τα οποία είναι ήδη σε χρήση εδώ και αρκετά χρόνια.

Φυσικά πολλά εξαρτώνται από τους μελετητές των φρένων και από το αν θα στραφούν προς νέες ιδέες ή θα ασχοληθούν με τα σημερινά προβλήματα. Θα στραφούν π.χ. στην εφεύρεση ενός φθηνού και αποτελεσματικού χειροφρένου για τα δισκόφρενα των οπίσθιων τροχών ή θα ασχοληθούν με τελείως νέα συστήματα πέδησης. Η νομοθεσία θα παίζει ένα ρόλο στο ζήτημα αυτό και τελικά αν υπάρχει ένα αγοραστικό κοινό καλά πληροφορημένο, ο ρόλος του μελετητή θα γίνει πολύ πιο εύκολος.

## **1.3 Γενική περιγραφή συστημάτων ABS και ελέγχου πρόσφυσης.**

### **1.3.1 Η φυσική εξήγηση του φρεναρίσματος.**

Όταν πατάμε φρένο, μια δύναμη πέδησης αναπτύσσεται ανάμεσα στον τροχό και τον δρόμο. Η δύναμη αυτή εξαρτάται από την κατάσταση των ελαστικών και του δρόμου και είναι ίση με το γινόμενο της κάθετης δύναμης που ασκεί ο τροχός στο δρόμο επί τον συντελεστή πέδησης, που συμβολίζεται με το γράμμα « $\mu$ » και οι τιμές του κυμαίνονται από 0 έως 1.

Ένα μέγεθος με μεγάλη σημασία είναι η ολίσθηση των τροχών, που συμβολίζεται με το γράμμα « $\lambda$ » και μετριέται σε ποσοστό %. Προκύπτει αν αφαιρέσουμε το μήκος της περιφέρειας του τροχού από την απόσταση που πράγματι διανύει ο τροχός σε μια πλήρη περιστροφή του και διαιρέσουμε το αποτέλεσμα με το μήκος της περιφέρειας του τροχού. Έτσι όταν ο τροχός κυλά ελεύθερα, τότε  $\lambda=0$ , ενώ όταν ο τροχός σύρεται ακινητοποιημένος, τότε  $\lambda=100\%$ .

Η τιμή του συντελεστή πέδησης ( $\mu$ ) μεταβάλλεται σε συνάρτηση με την ολίσθηση ( $\lambda$ ) και εξαρτάται από την κατάσταση του δρόμου και των ελαστικών. Όταν  $\lambda=100\%$ , τότε ο συντελεστής πέδησης γίνεται ίσος με το στατικό συντελεστή τριβής ανάμεσα στο ελαστικό και το δρόμο. Θα έλεγε κανείς ότι αυτή είναι και η μεγαλύτερη τιμή που μπορεί να πάρει ο συντελεστής πέδησης. Δεν είναι όμως έτσι.

Όταν κατά το φρενάρισμα η ολίσθηση δεν είναι 100%, τότε η τριβή που επιβραδύνει το αυτοκίνητο αναπτύσσεται όχι μόνο ανάμεσα στα ελαστικά και το δρόμο, αλλά και στα υλικά τριβής των φρένων. Αυτή η συνδυασμένη ανάπτυξη τριβής μας δίνει τελικά έναν μεγαλύτερο συντελεστή πέδησης. Έχει αποδειχτεί ότι ο συντελεστής πέδησης παίρνει τη μέγιστη τιμή του όταν η ολίσθηση βρίσκεται ανάμεσα στο 20% και στο 30%. Πριν από το  $\lambda=20\%$ , όσο αυξάνει η ολίσθηση, αυξάνει και ο συντελεστής πέδησης, έχουμε δηλαδή σταθερότητα στη συμπεριφορά του. Μετά το  $\lambda=30\%$  ο τροχός μπλοκάρει ανεξέλεγκτα και ο συντελεστής πέδησης γίνεται ίσος με το στατικό συντελεστή τριβής, εκτός αν μειώσουμε τη δύναμη στο πεντάλ του φρένου για να την αυξήσουμε αμέσως μετά.

Αυτό ακριβώς αναλαμβάνει να κάνει το σύστημα ABS πιο γρήγορα και με μεγαλύτερη ακρίβεια από εμάς: να διατηρήσει την ολίσθηση μεταξύ 20% και 30% εξασφαλίζοντας τη μέγιστη απόδοση των φρένων.

### **1.3.2 Συστήματα ABS.**

Ο όρος “ABS” προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων “Antilock Braking System” ή “Antiskid Braking System” και ερμηνεύεται ως «αντιολισθητικό σύστημα φρένων».

Πώς όμως ελέγχει την ολίσθηση το ABS και ποιες οι βασικές αρχές λειτουργίας του ; Η βασική επέμβαση γίνεται με ρύθμιση της πίεσης του υγρού στα φρένα των ελεγχόμενων τροχών ανοιγοκλείνοντας ηλεκτρομαγνητικά ενεργοποιούμενες υδραυλικές βαλβίδες.

Οι βαλβίδες αυτές βρίσκονται συγκεντρωμένες σε ένα συμπαγές μεταλλικό κουτί, τη μονάδα υδραυλικού ελέγχου. Εκεί βρίσκονται και όλες οι απαραίτητες επιπλέον σωληνώσεις με τις συνδέσεις τους. Έτσι τελικά στο κυλινδράκι του φρένου του κάθε ελεγχόμενου τροχού καταλήγει μόνο ένα σωληνάκι, όπως και στα απλά συστήματα φρένων. Σε κάθε ελεγχόμενο τροχό αντιστοιχεί ένα ζεύγος απλών βαλβίδων ή μια βαλβίδα τριών θέσεων λειτουργίας. Οι βαλβίδες αυτές συνδέουν το σωληνάκι που καταλήγει στον τροχό σε ένα σωληνάκι τροφοδοσίας με υγρό ή σε ένα σωληνάκι επιστροφής.

Στην κατάσταση συμβατικής λειτουργίας των φρένων η βαλβίδα τροφοδοσίας είναι ανοιχτή και η βαλβίδα επιστροφής κλειστή ή η βαλβίδα τριών θέσεων βρίσκεται στη θέση I : τροφοδοσία. Πατώντας το πεντάλ, υγρό από την αντλία των φρένων καταλήγει στο κυλινδράκι του τροχού μέσα από την βαλβίδα και το σωληνάκι τροφοδοσίας. Αφήνοντας το πεντάλ, το υγρό επιστρέφει από τον ίδιο δρόμο. Οι ανεπίστροφες βαλβίδες εμποδίζουν οποιαδήποτε άλλη κίνηση του υγρού.

Όταν η ολίσθηση κάποιου ελεγχόμενου τροχού ξεπεράσει το 30%, τότε αρχίζει η λειτουργία του ABS. Σε πρώτη φάση κλείνει η βαλβίδα τροφοδοσίας ή μετακινείται η βαλβίδα τριών θέσεων στη θέση III: κλειστή. Τότε η πίεση του υγρού στο κυλινδράκι του αντίστοιχου φρένου σταθεροποιείται.

Σε δεύτερη φάση, αν η ολίσθηση συνεχίζει να αυξάνει και ο τροχός μπλοκάρει, ανοίγει η βαλβίδα επιστροφής ή μετακινείται η βαλβίδα τριών θέσεων στη θέση II : επιστροφή. Το υγρό επιστρέφει από το κυλινδράκι του τροχού και αποθηκεύεται σε έναν υδραυλικό συσσωρευτή. Τέλος, σε τρίτη φάση, όταν ο τροχός ελευθερωθεί και μειωθεί πολύ η ολίσθηση, κλείνει πάλι η βαλβίδα επιστροφής και ανοίγει η βαλβίδα τροφοδοσίας ή επιστρέφει η βαλβίδα τριών θέσεων στη θέση I. ταυτόχρονα λειτουργεί η ηλεκτρική αντλία του ABS, η οποία συνήθως είναι ενσωματωμένη στη μονάδα υδραυλικού ελέγχου, στέλνοντας το υγρό που είναι αποθηκευμένο στον υδραυλικό συσσωρευτή πίσω στο σωληνάκι τροφοδοσίας μέσα από δύο ανεπίστροφες βαλβίδες. Έτσι αυξάνεται ξανά η πίεση στο φρένο του τροχού. Η αντλία του πεντάλ των φρένων απομονώνεται από το κύκλωμα χάρη στην υδραυλική βαλβίδα ρύθμισης που κλείνει με την πίεση της αντλίας του ABS. Όταν σταματήσει η λειτουργία της αντλίας του ABS, η βαλβίδα αυτή επανέρχεται στην αρχική της θέση με τη βοήθεια της πίεσης στο κυλινδράκι του τροχού και ένα ελατήριο.

Ο κύκλος αυτός επαναλαμβάνεται πολλές φορές το δευτερόλεπτο. Επειδή η αντλία του πεντάλ των φρένων συνδέεται απευθείας στο σωληνάκι τροφοδοσίας, ο οδηγός αντιλαμβάνεται την επαναλαμβανόμενη διακοπή της τροφοδοσίας και τη λειτουργία της αντλίας του ABS με κραδασμούς στο πεντάλ. Οι κραδασμοί αυτοί μειώνονται χάρη στην υδραυλική βαλβίδα ρύθμισης.

Βασικό συστατικό ενός συστήματος ABS είναι οι αισθητήρες τροχών. Πρόκειται για επαγωγικούς αισθητήρες που είναι τοποθετημένοι σε σταθερή απόσταση από έναν οδοντωτό ρότορα στην πλήμνη του τροχού. Καθώς τα «δόντια» του ρότορα περνούν μπροστά από τον αισθητήρα μεταβάλλουν το μαγνητικό πεδίο και έτσι ο αισθητήρας παράγει μια εναλλασσόμενη τάση.

Η συχνότητα της τάσης είναι ανάλογη με την ταχύτητα περιστροφής του τροχού. Λαμβάνοντας σήματα από όλους τους αισθητήρες και έχοντας γνωστές τις διαστάσεις των τροχών, η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του ABS μπορεί να υπολογίζει κάθε στιγμή την ταχύτητα του αυτοκινήτου. Αυτή συγκρίνεται με το σήμα καθενός από τους αισθητήρες χωριστά, όταν ο οδηγός πατήσει φρένο. Όταν το σήμα κάποιου αισθητήρα δείξει ολίσθηση του αντίστοιχου τροχού πάνω από τα προβλεπόμενα όρια, τότε αρχίζει ο κύκλος λειτουργίας που περιγράφηκε παραπάνω.



Επίσης βασικό συστατικό του ABS είναι η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Αυτή αποτελείται από δύο όμοιους μικροεπεξεργαστές που ο ένας συνεχώς επαληθεύει τις τιμές των σημάτων εξόδου του άλλου. Αν παρατηρηθεί οποιαδήποτε απόκλιση, το σύστημα τίθεται εκτός λειτουργίας και τα φρένα λειτουργούν συμβατικά. Ο λόγος μιας τόσο προηγμένης διαδικασίας αυτοδιάγνωσης είναι το ότι η εσφαλμένη λειτουργία του ABS θα επηρέαζε σημαντικά την ασφάλεια του αυτοκινήτου.

Όταν λειτουργεί κανονικά, η ηλεκτρονική μονάδα του ABS κάνει τους ακόλουθους ελέγχους :

- α) δέχεται και αξιολογεί τα σήματα από τους αισθητήρες των τροχών,
- β) υπολογίζει την ταχύτητα του αυτοκινήτου,
- γ) αντιλαμβάνεται πότε ο οδηγός πατάει φρένο από το διακόπτη του πεντάλ που ενεργοποιεί και τα φώτα ΣΤΟΠ,
- δ) ανιχνεύει κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος αν η ολίσθηση κάποιου τροχού ξεπερνάει τα προβλεπόμενα όρια και
- ε) ενεργοποιεί τις αντίστοιχες ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες της μονάδας υδραυλικού ελέγχου.

Υπάρχουν συστήματα ABS που ελέγχουν μόνο δύο τροχούς και συστήματα που ελέγχουν και τους τέσσερις τροχούς. Τα συστήματα που ελέγχουν δύο τροχούς τοποθετούνται σε προσθιοκίνητα αυτοκίνητα και ελέγχουν τους μπροστινούς τροχούς. Υπάρχουν λοιπόν δύο αισθητήρες, από ένας σε κάθε εμπρόσθιο τροχό. Ο κάθε τροχός ελέγχεται χωριστά από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου και γ' αυτό λέμε ότι το σύστημα έχει δύο δρόμους ελέγχου.

Ο αριθμός των δρόμων ελέγχου, δηλαδή, δείχνει πόσες ανεξάρτητες διαδικασίες ελέγχου εκτελεί ταυτόχρονα η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου κατά το φρενάρισμα και δεν έχει να κάνει με τον αριθμό κυκλωμάτων φρένων ή το πόσα σωληνάκια βλέπουμε κάτω από το αυτοκίνητο.

Σε ένα σύστημα δύο αισθητήρων και δύο δρόμων η μονάδα έχει τέσσερις απλές ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες (δύο τροφοδοσίας και δύο επιστροφής) ή δύο βαλβίδες τριών θέσεων. Η πίεση στους οπίσθιους τροχούς ελέγχεται από έναν συμβατικό κατανομέα πίεσης.

Πρόκειται για μια βαλβίδα που συνδέεται με ένα μοχλό ανάμεσα στο δάπεδο και τον πίσω άξονα του αυτοκινήτου. Όταν το πίσω μέρος του αυτοκινήτου ανασηκώνεται κατά το φρενάρισμα, η βαλβίδα μειώνει την πίεση στα πίσω φρένα. Μια σωστά ρυθμισμένη τέτοια διάταξη δεν επιτρέπει ποτέ στους οπίσθιους τροχούς να μπλοκάρουν.

Τα συστήματα που ελέγχουν και τους τέσσερις τροχούς χωρίζονται σε συστήματα τεσσάρων αισθητήρων – τριών δρόμων και σε συστήματα τεσσάρων αισθητήρων – τεσσάρων δρόμων. Και στις δύο περιπτώσεις οι αισθητήρες των τροχών είναι τέσσερις, δηλαδή ένας σε κάθε τροχό.

Στα συστήματα τεσσάρων αισθητήρων – τριών δρόμων ο κάθε εμπρόσθιος τροχός ελέγχεται χωριστά από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, ενώ οι δύο οπίσθιοι τροχοί ελέγχονται μαζί. Η ηλεκτρονική μονάδα δηλαδή εκτελεί ταυτόχρονα τρεις ανεξάρτητες διαδικασίες ελέγχου.

Αν το διπλό κύκλωμα φρένων είναι διαγώνιο (δηλαδή ένα κύκλωμα μπροστά αριστερά- πίσω δεξιά και ένα μπροστά δεξιά – πίσω αριστερά), τότε η μονάδα υδραυλικού ελέγχου έχει τέσσερις βαλβίδες τριών θέσεων ή οχτώ απλές: μια βαλβίδα ή ζεύγος βαλβίδων για κάθε εμπρόσθιο τροχό, που ελέγχεται χωριστά και δύο βαλβίδες ή ζεύγη βαλβίδων για τους οπίσθιους τροχούς που ελέγχονται ταυτόχρονα από τον τρίτο δρόμο ελέγχου.

Αν το διπλό κύκλωμα φρένων έχει διάταξη μπροστά – πίσω (δηλαδή ένα κύκλωμα για τους εμπρόσθιους τροχούς και ένα για τους οπίσθιους), τότε η μονάδα υδραυλικού ελέγχου έχει τρεις βαλβίδες τριών θέσεων ή έξι απλές: μια βαλβίδα ή ζεύγος βαλβίδων για

κάθε εμπρόσθιο τροχό, που ελέγχεται χωριστά και μια βαλβίδα ή ζεύγος βαλβίδων για ολόκληρο το κύκλωμα των οπίσθιων τροχών που ελέγχονται από τον τρίτο δρόμο ελέγχου.

Η εντολή για τη λειτουργία του τρίτου δρόμου ελέγχου δίνεται από τον οπίσθιο τροχό που τείνει να μπλοκάρει πρώτος. Τότε μειώνεται η πίεση στα φρένα και των δύο οπίσθιων τροχών. Τα περισσότερα σύγχρονα μοντέλα είναι εφοδιασμένα με σύστημα ABS αυτού του τύπου.

Στα συστήματα τεσσάρων αισθητήρων – τεσσάρων δρόμων, ο κάθε τροχός ελέγχεται χωριστά από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Η μονάδα ηλεκτρονικού ελέγχου έχει τέσσερις βαλβίδες τριών θέσεων ή οχτώ απλές, δηλαδή από μια βαλβίδα η ζεύγος βαλβίδων για κάθε τροχό που ελέγχεται χωριστά από τον κάθε έναν δρόμο ελέγχου. Σε αυτή την περίπτωση η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου εκτελεί ταυτόχρονα τέσσερις ανεξάρτητες διαδικασίες ελέγχου.

### 1.3.3 Συστήματα ελέγχου της πρόσφυσης.

Από τη στιγμή που υπάρχει στο αυτοκίνητο εγκατεστημένο ένα σύστημα που ελέγχει την περιστροφή των τροχών και ρυθμίζει τις πιέσεις στα φρένα τους, γιατί να μην το χρησιμοποιήσουμε και για τον περιορισμό του ανεπιθύμητου σπιναρίσματος; Με αυτή την απλή σκέψη γεννήθηκαν τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου της πρόσφυσης των κινητήριων τροχών, που βασίζουν τη λειτουργία τους στην υποδομή του συστήματος ABS. Το μόνο που χρειαζόταν ήταν η πρόσθεση του προγράμματος ελέγχου πρόσφυσης στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, μιας ακόμα ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας και μιας υδραυλικής βαλβίδας, που λέγονται βαλβίδες απομόνωσης, στο κύκλωμα ABS του κάθε κινητήριου τροχού.

Με ελεύθερο το πεντάλ του φρένου η υδραυλική βαλβίδα απομόνωσης είναι ανοιχτή επιτρέποντας τη ροή του υγρού από την αντλία του πεντάλ των φρένων προς την αντλία του ABS. Μόλις ανιχνευτεί σπινάρισμα του αντίστοιχου τροχού κλείνει η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα απομόνωσης και λειτουργεί η αντλία του ABS υποχρεώνοντας το υγρό από την αντλία των φρένων να κινηθεί μέσω της αντλίας του ABS και της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας του ABS προς τον τροχό. Μόλις ο τροχός σταματήσει να σπινάρει, αλλάζει θέση η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα του ABS, η αντλία του ABS σταματά και το υγρό επιστρέφει στον υδραυλικό συσσωρευτή. Ο κύκλος αυτός επαναλαμβάνεται όσες φορές χρειάζεται. Αν ο οδηγός αφήσει το γκάτσι και πατήσει φρένο, η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα απομόνωσης ανοίγει και η υδραυλική βαλβίδα απομόνωσης ενεργοποιείται από την πίεση που αναπτύσσεται με το πάτημα του πεντάλ και κλείνει, ενώ διακόπτεται και η λειτουργία της αντλίας του ABS. Έτσι αρχίζει κανονικά ο κύκλος λειτουργίας των φρένων.

Όλα τα παραπάνω συμβαίνουν από 0 μέχρι 40Km/h, βοηθώντας ουσιαστικά το αυτοκίνητο στις δύσκολες εκκινήσεις του σε ολισθηρούς και ανηφορικούς δρόμους και σε χαλαρά εδάφη. Πρόκειται ουσιαστικά για ένα ηλεκτρονικό μπλοκέ διαφορικό.

Πάνω από τα 40 Km/h ο έλεγχος πρόσφυσης με τα φρένα διακόπτεται για ευνόητους λόγους. Φανταστείτε τι θα γινόταν αν λειτουργούσε το φρένο του ενός τροχού σε μια κλειστή στροφή με 80Km/h.

Σε αυτές τις περιπτώσεις οι πιο προηγμένες ηλεκτρονικές μονάδες ελέγχου ABS στέλνουν την πληροφορία του σπιναρίσματος στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του κινητήρα, η οποία αντιδρά μειώνοντας την ροπή κλείνοντας λίγο την πεταλούδα με τη βοήθεια ενός βηματικού σερβοκινητήρα και ρυθμίζοντας κατάλληλα το μίγμα και την ανάφλεξη. Τότε λέμε ότι έχουμε ένα πλήρες σύστημα ελέγχου της πρόσφυσης.

### 1.3.4 Συστήματα ελέγχου της ευστάθειας.

Όταν πρόκειται να ξεπεραστούν τα όρια του αυτοκινήτου, το σύστημα δρα σε οποιοδήποτε από τα τέσσερα φρένα κρίνει αναγκαίο, καθώς και στον κινητήρα, διορθώνοντας την πορεία.

Ανάλογα με τον κατασκευαστή, οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη από τον απαραίτητο επεξεργαστή είναι οι αισθητήρες του ABS, οι διαμήκεις και πλευρικές επιταχύνσεις, η θέση και η ταχύτητα περιστροφής του τιμονιού, η θέση και η ταχύτητα μετατόπισης του γκαζιού, η στιγμιαία ροπή του κινητήρα, η πίεση στο κύκλωμα πέδησης, η σχέση στο κιβώτιο ταχυτήτων και η γωνιακή επιτάχυνση γύρω από τον κατακόρυφο άξονα του αυτοκινήτου.

Οι δυνατότητες είναι άπειρες, το ίδιο και τα σενάρια ελέγχου, με πιο χαρακτηριστικά την διόρθωση της κλασσικής υποστροφής και υπερστροφής. Στην πρώτη περίπτωση ενεργοποιείται μονομερώς το φρένο του πίσω αριστερού τροχού (που διατηρεί την πρόσφυσή του). Το ασύμμετρο αυτό φρενάρισμα προκαλεί διορθωτική τάση περιστροφής του αυτοκινήτου κατά τη φορά της στροφής. Αν αντίθετα ανιχνευτεί υπερστροφή, ενεργοποιείται το φρένο του εμπρός εξωτερικού τροχού (που διατηρεί την πρόσφυσή του), ώστε να δημιουργηθεί διορθωτική τάση περιστροφής του αμαξώματος αντίθετη στη φορά της στροφής.

Το σημαντικό είναι ότι όλα γίνονται ταχύτατα και σε εξαιρετικά αρχικό στάδιο, πριν ακόμα ο μέσος οδηγός υποψιαστεί ότι το όχημά του θα ολισθήσει, πριν καν ολοκληρώσει την τιμονιά του, χωρίς στη συνέχεια να απαιτείται ο παραμικρός διορθωτικός χειρισμός από μέρους του.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ABS

### 2.1 Το σύστημα πέδησης.

#### 2.1.1 Η ανάγκη του συστήματος πέδησης.

Αναμφισβήτητα, είναι σπουδαιότερο να μπορεί κανείς να σταματήσει ένα αυτοκίνητο παρά να το ξεκινήσει. Ένα αυτοκίνητο που δεν ξεκινά μπορεί να εκνευρίσει τον οδηγό του, αλλά, αν τα αυτοκίνητα που ακολουθούν έχουν αρκετή προειδοποίηση της παρουσίας του δεν κινδυνεύει η ζωή του οδηγού ή κανενός άλλου. Ένα αυτοκίνητο όμως με ελαττωμένη πέδηση (φρένα) μπορεί να είναι παγίδα θανάτου.

Τα καινούργια αυτοκίνητα έχουν πολύ καλά φρένα, αλλά αν τα φρένα αυτά δεν συντηρούνται κανονικά η αποτελεσματικότητά τους γρήγορα θα αρχίσει να μειώνεται χωρίς πιθανώς ο οδηγός να αντιλαμβάνεται τίποτα το αντικανονικό, μέχρι να αναγκαστεί να κάνει ένα απότομο φρενάρισμα και τότε με έκπληξη του θα διαπιστώσει ότι τα φρένα του δεν έχουν τίποτα από την αποτελεσματικότητα που χρειάζεται. Ακόμα χειρότερα, ένα σωληνάκι ή ένα στεγανοποιητικό δακτυλίδι (κυάθιο) μπορεί να σπάσει στο υδραυλικό σύστημα και να αφήσει τον οδηγό με ένα τελείως άχρηστο ποδόφρενο.

Για να μειωθεί ο κίνδυνος αυτός, το Υπουργείο Περιβάλλοντος στην Αγγλία, απαιτεί μεταξύ των άλλων πραγμάτων και τον έλεγχο των φρένων όλων των αυτοκινήτων πάνω από κάποια ηλικία, που πρέπει να γίνεται κάθε χρόνο. Οι κανονισμοί του Υπουργείου αυτού ορίζουν ότι τα φρένα ενός αυτοκινήτου πρέπει να είναι ικανά να το επιβραδύνουν το λιγότερο κατά 0,5g όταν χρησιμοποιείται ποδόφρενο και το λιγότερο κατά 0,25g όταν χρησιμοποιείται το χειρόφρενο.

Αν η αρχική ταχύτητα ενός αυτοκινήτου και η επιβράδυνσή του είναι γνωστή, είναι απλό πράγμα ο υπολογισμός της ταχύτητάς του σε κάθε στιγμή και ιδιαίτερα ο υπολογισμός της ολικής απόστασης που χρειάζεται για το σταμάτημα. Αυτός είναι ένας από τους λόγους που το Υπουργείο χρησιμοποιεί την επιβράδυνση για να προσδιορίσει την αποτελεσματικότητα των φρένων των αυτοκινήτων, δηλαδή ένας απλός αριθμός μπορεί να συνοψίσει την καλή ή κακή λειτουργία των φρένων. Ο άλλος λόγος είναι ότι είναι ευκολότερο να μετρήσει κανείς ακριβώς την επιβράδυνση παρά την αρχική ταχύτητα και την απόσταση σταματήματος.

Ο παρακάτω πίνακας δίνει αποστάσεις και χρόνους σταματήματος για πέδηση από τρεις διαφορετικές ταχύτητες και επιβραδύνσεις 0,5g και 0,25g.

	Επιβράδυνση g	Αρχική ταχύτητα Km/h			
		40	60	80	100
Απόσταση πέδησης	0,25	25 m	56,5 m	100 m	157 m
Χρόνος πέδησης	0,25	4,5 sec	6,8 sec	9,1 sec	11,3 sec
Απόσταση πέδησης	0,50	12,5 m	28,2 m	50 m	78,5 m
Χρόνος πέδησης	0,50	2,3 sec	3,4 sec	4,5 sec	5,6 sec

Οι αποστάσεις και οι χρόνοι πέδησης για μια δεδομένη δύναμη αυξάνονται βέβαια, αν το αυτοκίνητο κινείται στην κατηφόρα κατά την στιγμή της πέδησης. Όταν αφήσουμε το αυτοκίνητο ελεύθερο να κινηθεί στην κατηφόρα, θα επιταχυνθεί με ρυθμό  $g \cdot \eta\mu\phi$ , όπου  $\phi$  είναι η γωνία που σχηματίζει ο δρόμος με τον ορίζοντα και  $\eta\mu\phi$  η κλίση του δρόμου.

Η κλίση εκφράζεται συνήθως σαν τον λόγο π.χ. 1 προς 4, που σημαίνει πως σε κεκλιμένη απόσταση 4 μέτρων η υψομετρική διαφορά είναι 1 μέτρο. Αν η κλίση του δρόμου είναι 1:4 η επιτάχυνση θα είναι 0,25g. Για να εμποδίσουμε το αυτοκίνητο να

κινείται ανεξέλεγκτα και να το κάνουμε να κατεβαίνει με μια σταθερή ταχύτητα, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τα φρένα, βάζοντας μια τέτοια δύναμη που στον οριζόντιο δρόμο θα επιβράδυνε το όχημα κατά 0,25g. Επομένως, αν τα φρένα εφαρμόζονταν με δύναμη που να δίνει επιβράδυνση 0,5g για το οριζόντιο δρόμο, η επιβράδυνση στην κατηφόρα που έχει κλίση 1 προς 4, θα ήταν μόνο 0,25g και επιπλέον αν η απόσταση πέδησης ήταν 25,0 m στον οριζόντιο δρόμο για αρχική ταχύτητα 40,0 Km/h τώρα στην κατηφόρα θα είναι 50,0 m. Κατά την πέδηση στην ανηφόρα η κλίση βέβαια βοηθά την πέδηση και η επιβράδυνση θα είναι 0,75g στο παράδειγμα που χρησιμοποιήσαμε προηγουμένως.

Χρησιμοποιώντας τον κινητήρα στην κατηφόρα σαν πέδη, αφαιρούμε αρκετό φορτίο από τα φρένα. Η επιβραδυντική ικανότητα του κινητήρα προέρχεται από την τριβή των κινούμενων μερών του (π.χ. τα έμβολα μέσα στους κυλίνδρους) κι έτσι όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα, που προκαλεί η κατηφόρα, τόσο αποτελεσματικότερη είναι η πέδηση που δημιουργεί. Κατά συνέπεια όσο μικρότερη ταχύτητα εμπλέξουμε στο κιβώτιο ταχυτήτων (δηλ. πρώτη ή δεύτερα) για μια δεδομένη ταχύτητα κίνησης πάνω στο δρόμο, τόσο μεγαλύτερη επιβράδυνση θα έχουμε.

Τα φρένα μετατρέπουν την κινητική ενέργεια, δηλαδή την ενέργεια που προέρχεται από την κίνηση του οχήματος, σε θερμότητα και την διασκορπίζουν στον αέρα. Η κινητική ενέργεια είναι το γινόμενο του μισού της μάζας του οχήματος επί το τετράγωνο της ταχύτητάς του. Τέσσερις φορές περισσότερη ενέργεια πρέπει να διασκορπιστεί σε ένα φρενάρισμα από 100 km/h μέχρι τελικής ακινησίας, παρά από 50 km/h. Και αν όλες οι άλλες συνθήκες είναι ίδιες, τα φρένα θα ζεσταθούν τέσσερις φορές περισσότερο. Ένα φρενάρισμα λοιπόν από μεγάλη ταχύτητα ανεβάζει τη θερμοκρασία των φρένων πολύ ψηλά και αν έχουμε συνεχώς τέτοια φρεναρίσματα, χωρίς να δίνεται καιρός στα φρένα να κρυώσουν, η θερμοκρασία μπορεί τελικά να γίνει τόσο μεγάλη ώστε η αποτελεσματικότητα των φρένων να κινδυνέψει, να μειωθεί δηλαδή η επιβραδυντική τους ικανότητα. Ο ρυθμός φθοράς των δίσκων τριβής και της επένδυσης των σιαγώνων θα αυξηθεί κατά πολύ, τα υγρά στο υδραυλικό σύστημα μπορεί να φτάσουν σε σημείο βρασμού και τα ελαστικά κυάθια στεγανότητας να αρχίσουν να καταστρέφονται.

Η θερμοκρασία των φρένων εξαρτάται κυρίως από την ταχύτητα του οχήματος και μόνο κατά ένα μικρό ποσοστό από την επιβράδυνση, η οποία για μια δεδομένη ταχύτητα προσδιορίζει το ρυθμό παραγωγής έργου των φρένων. Η επιβράδυνση αυτή μπορεί να είναι πολύ μεγάλη, π.χ. ένα επιβατικό αυτοκίνητο ισχύος 100 ίππων είναι ικανό να επιταχυνθεί με 0,15g στα 80 Km/h, αλλά τα ίδιο αυτοκίνητο μπορεί να επιβραδυνθεί με 0,8g ή και περισσότερο σε έναν δρόμο με καλό κατάστρωμα. Τα φρένα τότε εργάζονται με ισχύ περισσότερη από 500 ίππους.

Τα φρένα πρέπει επίσης να εκτελέσουν σημαντικό έργο στην κατηφόρα, αν το αυτοκίνητο δεν οδηγείται με εμπλεκόμενη στο κιβώτιο ταχυτήτων την κατάλληλη ταχύτητα. Τα φρένα πρέπει να απορροφούν τη δυναμική ενέργεια του οχήματος, η οποία είναι το γινόμενο του βάρους του επί την κατακόρυφη απόσταση από την αρχή μέχρι το τέλος της διαδρομής του και αυτό το έργο μετατρέπεται πάλι σε θερμότητα και διασκορπίζεται στον αέρα. Η θερμοκρασία αυτή μπορεί να φτάσει σε επικίνδυνα ύψη σ' ένα μακρύ κατήφορο αν ο οδηγός χρησιμοποιεί μόνο τα φρένα του. Γι' αυτό το λόγο είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί η κατάλληλη ταχύτητα στο κιβώτιο ταχυτήτων, έτσι ώστε το αυτοκίνητο να κατεβαίνει τον κατήφορο με μια λογική ταχύτητα χωρίς να χρησιμοποιούνται τα φρένα του συνεχώς.

Η επιβράδυνση συχνά εκφράζεται σαν ποσοστό του g επί τοις εκατό αντί για δεκαδικό αριθμό, δηλαδή λέμε 50%g αντί 0,5g. Αυτή η τακτική είναι πολύ διαδεδομένη αλλά μπορεί να οδηγήσει σε λάθη γιατί μερικοί άνθρωποι λανθασμένα αντιλαμβάνονται ότι το 50% αντιπροσωπεύει το 50% της απόδοσης των φρένων, ενώ δεν σημαίνει τίποτα τέτοιο. Αυτό που τους εξαπατά μέχρι κάποιο σημείο είναι ότι δεν υπάρχουν πολλά αυτοκίνητα που μπορούν να επιβραδύνουν με περισσότερο από 0,8g. Μερικά αυτοκίνητα όμως, όταν τα ελαστικά τους και το οδόστρωμα είναι σε καλή κατάσταση είναι ικανά να

επιβραδύνουν με παραπάνω από 1,0g. Αυτοκίνητα αγώνων μπορούν να επιταχυνθούν με 1,94g η και περισσότερο. Με αρκετά ισχυρά φρένα και κάποια καλή κατανομή των βαρών εμπρός και πίσω πρέπει να είναι ικανά να επιβραδυνθούν και με 1,94g.

Σπάνια οι οδηγοί φρενάρουν με επιβράδυνση περισσότερο από 0,5g αλλά σε μια επείγουσα ανάγκη τα φρένα πρέπει να είναι ικανά να δώσουν όλη την απαιτούμενη επιβράδυνση χωρίς να προκαλέσουν πρόωγη ολίσθηση. Τα φρένα πρέπει να εκπληρώνουν και άλλες απαιτήσεις, δηλαδή η επιβράδυνση πρέπει να είναι πάντα η ίδια, όταν βέβαια και η δύναμη πατήματος του πεντάλ του φρένου είναι ίδια, και να αυξάνεται ομοιόμορφα με την αύξηση της δύναμης στο πετάλι του φρένου. Η απαιτούμενη δύναμη για ένα απότομο σταμάτημα πρέπει να είναι μέσα στις δυνατότητες μιας μικρόσωμης γυναίκας.

Η αποτελεσματικότητα των φρένων δεν πρέπει να μειώνεται όταν η θερμοκρασία τους ανέβει ψηλά. Επίσης δεν πρέπει να επηρεάζονται τα φρένα από το νερό, την άμμο του δρόμου ή τη σκόνη ή από τη φθορά των μερών που τα αποτελούν και πρέπει να εργάζονται καλά κάτω από όλες τις συνθήκες της οδήγησης. Δεν πρέπει να επηρεάζουν το σύστημα οδήγησης ή ανάρτησης και πρέπει να είναι όσο το δυνατό ελαφρότερα, ώστε να μειώνεται το μη αναρτημένο βάρος, το βάρος δηλαδή που είναι κάτω από τα ελατήρια ανάρτησης και πρέπει να θέλουν όσο το δυνατό λιγότερη συντήρηση και ρύθμιση, και τελικά και σπουδαιότερο, πρέπει να είναι τελείως ασφαλή.

Ο μηχανικός που μελετά ένα σύστημα φρένων έχει να κάνει μια δύσκολη δουλειά καθώς προσπαθεί να ανταποκριθεί σε όλες τις παραπάνω απαιτήσεις, αλλά γενικά το κατορθώνει, γιατί με την προϋπόθεση βέβαια ότι τα φρένα συντηρούνται κανονικά, το σύστημα των φρένων των σύγχρονων αυτοκινήτων είναι αποτελεσματικό και ασφαλές.

### **2.1.2 Συστήματα πέδησης.**

Η πέδηση του αυτοκινήτου γίνεται με την μετατροπή της κινητικής ενέργειας, που έχει το όχημα όταν κινείται σε θερμότητα και το διασκορπισμό της στον αέρα. Η μετατροπή αυτή γίνεται με την τριβή ανάμεσα σε δύο επιφάνειες, η μια από τις οποίες γυρίζει μαζί με τον τροχό και η άλλη είναι σταθερή. Όταν ο οδηγός πατήσει το φρένο ή τραβήξει το χειρόφρενο δεν κάνει τίποτε άλλο παρά να αναγκάσει τις δύο επιφάνειες να πιεστούν η μια πάνω στην άλλη για να δημιουργηθεί η απαιτούμενη τριβή.

Οι κινητές επιφάνειες είναι είτε τύμπανα είτε δίσκοι προσαρμοσμένοι γερά πάνω στους τροχούς και κινούμενοι μαζί με αυτούς και οι ακίνητες είναι είτε σιαγόνες που ανοίγουν και σφηνώνουν στην εσωτερική επιφάνειες του τυμπάνου, είτε πλινθία (τακούνια) ανάμεσα στα οποία γυρίζει ο δίσκος και κατά την πέδηση πιέζεται ανάμεσά τους.

### **2.1.3 Φρένα με τύμπανα με μηχανική μετάδοση της δύναμης πέδησης.**

Τα τύμπανα που χρησιμοποιούνται για τα φρένα των τροχών είναι κατασκευασμένα από χάλυβα ή χυτοσίδηρο, ή αλουμίνιο, με επένδυση χάλυβα και έχουν διάμετρο από 25 ως 45 cm. Μέσα στα τύμπανα, αλλά χωρίς να έχουν καμία επαφή με αυτά όταν βρίσκονται σε ηρεμία, είναι δύο σιαγόνες που έχουν σχήμα τόξου περιφέρειας κύκλου. Οι σιαγόνες είναι στερεωμένες στο άκρο τους με μία πλάκα, που είναι ενωμένη με τον ακίνητο άξονα του τροχού και ανάμεσα από τα άλλα άκρα τους, υπάρχει ένα έκκεντρο που είναι και αυτό στερεωμένο στην πλάκα του φρένου και έχει στο ελεύθερο άκρο του άξονά του ένα μοχλό στον οποίο καταλήγει η κινηματική αλυσίδα που μεταφέρει τη δύναμη του οδηγού. Έτσι, όταν ο οδηγός πατήσει το φρένο, ο μοχλός του έκκεντρου αναγκάζεται να στραφεί και το έκκεντρο αναγκάζει τις σιαγόνες να ανοίξουν. Στο άνοιγμά τους όμως βρίσκουν εμπόδιο από το κυλινδρικό μέρος του τυμπάνου και πιέζονται ισχυρά πάνω σ' αυτό δημιουργώντας έτσι την απαιτούμενη για την πέδηση τριβή.

Για να μεγαλώσει η τριβή ανάμεσα στο τύμπανο και τις διαγώνες, οι επιφάνειες των σιαγόνων που έρχονται σε επαφή με το τύμπανο, είναι καλυμμένες με μια επένδυση, που την ονομάζουμε επένδυση τριβής (τακάκι) και η οποία έχει μεγάλο συντελεστή τριβής με το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο το τύμπανο.

Ανάμεσα στις δύο σιαγόνες υπάρχουν ένα ή δύο ελατήρια, που τις κρατούν μακριά από το τύμπανο όταν δεν είναι πατημένο το φρένο. Τα ελατήρια αυτά τα λέμε επανατακτικά γιατί ξαναφέρνουν τις σιαγόνες στη θέση της ηρεμίας τους. Ο απλός αυτός μηχανισμός για την ενεργοποίηση των φρένων είναι αρκετά αποτελεσματικός και χρησιμοποιείται ακόμα σε μικρά ρυμούλκα. Για τα αυτοκίνητα όμως έχει αντικατασταθεί από άλλα πιο αποτελεσματικά συστήματα, όπως είναι οι συνδυασμένες σιαγόνες, δηλαδή οι δύο σιαγόνες είναι ενωμένες μεταξύ τους και στην πλάκα στηρίζονται μόνο τα ελεύθερα άκρα τους, το ένα άμεσα και το άλλο μέσω ενός μοχλού που στρέφεται όταν πιέζεται το πετάλι του φρένου και αναγκάζει τις σιαγόνες να έρθουν σε επαφή με το τύμπανο. Πρώτα έρχεται σε επαφή η μικρή σιαγόνα, η οποία πιεζόμενη από την τριβή ανάμεσα σε αυτήν και το τύμπανο, μεταδίδει τη δύναμη του μοχλού και στη μεγάλη σιαγόνα σημαντικά αυξημένη. Για τα φρένα του τύπου αυτού λέμε πως έχουν ικανότητα αυτοσφήνωσης.

Ανάμεσα στις δύο σιαγόνες υπάρχει ένας σύνδεσμος που αποτελείται από δύο περικόχλια με αντίστροφο βήμα, το ένα από το άλλο, που ανάμεσά τους βρίσκεται ένας διπλός κοχλίας, με αντίστροφο και αυτός βήμα στην κάθε του πλευρά και με έναν οδοντωτό τροχίσκο στη μέση. Όταν ο τροχίσκος αυτός στρέφεται, τα περικόχλια πλησιάζουν ή απομακρύνονται ανάλογα με την φορά περιστροφής του. Έτσι ρυθμίζεται η θέση των σιαγόνων μέσα στο τύμπανο ώστε να είναι πολύ κοντά στην επιφάνεια τριβής του, χωρίς όμως να είναι σε επαφή μαζί του όταν δεν είναι ενεργοποιημένες.

Η ρύθμιση της θέσης των σιαγόνων γίνεται από μια θυρίδα, που έχει η πλάκα στήριξης, με ένα κοχλιοστρόφιο το οποίο εισέρχεται από την θυρίδα και στρέφει τον τροχίσκο. Για την ρύθμιση ανυψώνονται με γρύλλο σε τάκους και οι τέσσερις τροχοί του αυτοκινήτου και ρυθμίζονται με τον κοχλία και ένα παχυμετρικό έλασμα έτσι ώστε οι σιαγόνες να βρίσκονται σε μικρή απόσταση από το τύμπανο, μετά πιέζεται ελαφρά το φρένο μέχρι και ο πιο σφιχτός τροχός να γυρίζει με το χέρι.

Για τη θέση της δευτερεύουσας υπάρχει ένα έκκεντρο με τετράγωνο κεφάλι πίσω από την πλάκα. Με το έκκεντρο αυτό ρυθμίζεται κάθε 25000 Km περίπου, η αρχική θέση της σιαγόνας αυτής, για την εξουδετέρωση της φθοράς της επένδυσης της τριβής.

#### **2.1.4 Τα φρένα Girling.**

Στα φρένα Girling αντί για έκκεντρο ανάμεσα στις σιαγόνες, υπάρχει ένας μηχανισμός που αποτελείται από ένα σύρτη που καταλήγει σε ένα κωνικό άκρο. Ο σύρτης αυτός συνδέεται με το πετάλι του φρένου και όταν αυτό πιέζεται, τραβιέται με έναν ελκυστήρα προς τα έξω. Δεξιά και αριστερά από το κωνικό άκρο του σύρτη υπάρχουν δύο ωστήρια μέσα σε έναν κύλινδρο. Τα ωστήρια αυτά έχουν το άκρο τους, που είναι προς το σύρτη, λοξό και ανάμεσα στο άκρο αυτό και τον κώνο του σύρτη είναι ένας κυλινδρικός. Το άλλο άκρο των ωστηρίων σχηματίζει μια εγκάθιση που πιάνει μέσα στο νεύρο των σιαγόνων. Τα επανατακτικά ελατήρια των σιαγόνων κρατούν όλο το σύστημα σε επαφή. Όταν ο ελκυστήρας τραβήξει προς τα έξω το σύρτη, το κωνικό άκρο του αναγκάζει τα ωστήρια να απομακρυνθούν το ένα από το άλλο, με αποτέλεσμα να πιεστούν οι σιαγόνες πάνω στο τύμπανο.

Ο κύλινδρος μέσα στον οποίο βρίσκονται τα ωστήρια είναι στερεωμένος χαλαρά με την πλάκα του φρένου, με τρόπο ώστε κατά την ενεργοποίηση του φρένου πηγαίνει μόνος του στη σωστή ενδιάμεση θέση.

Για την αντιμετώπιση της φθοράς των επενδύσεων των σιαγόνων από την τριβή τους πάνω στο τύμπανο, υπάρχει ένας ρυθμιστήρας με κώνο και δύο σταθερά ωστήρια που το

τετραγωνικό του κεφάλι βρίσκεται στο πίσω και επάνω μέρος της πλάκας. Το φρένο έχει δύο επανατακτικά ελατήρια για την συγκράτηση των σιαγόνων μακριά από το τύμπανο.

Η δύναμη από το πετάλι του φρένου έρχεται σε έναν ενδιάμεσο άξονα, πάνω στον οποίο δρα και τον στρέφει με έναν μοχλό. Από τον ενδιάμεσο αυτό άξονα με άλλους μοχλούς μεταδίδεται η δύναμη στους σύρτες με τα κωνικά άκρα και τους έλκει προς τα έξω και ενεργοποιούνται τα φρένα.

### **2.1.5. Τα φρένα Bendix -Cowdrey.**

Τα φρένα αυτά που είναι μια βελτιωμένη μορφή της προηγούμενης, λειτουργεί με την δύναμη που δημιουργείται από το τράβηγμα δύο σφαιρών ανάμεσα στις δύο λοξές επιφάνειες των ωστηρίων των σιαγόνων.

### **2.1.6. Ο ρυθμιστήρας Bendix.**

Η Bendix κάποτε κατασκεύασε ένα απλό και έξυπνο σύστημα για τη ρύθμιση της κατανομής της προσπάθειας πέδησης μεταξύ των μπροστινών και των πίσω τροχών. Το σύστημα αυτό παρεμβάλλεται σε κάποιο σημείο του ελκυστήρα που πηγαίνει από τον εγκάρσιο ενδιάμεσο άξονα στα φρένα των πίσω τροχών και αποτελείται από έναν κύλινδρο, σταθερά προσαρμοσμένο στο πλαίσιο, μέσα από τον οποίο περνά ο ελκυστήρας και κόβεται μέσα σ' αυτόν. Το ένα άκρο του κομμένου ελκυστήρα διαμορφώνεται σε ένα μικρότερο κύλινδρο και το άλλο σε ένα κωνικό άκρο που μπαίνει μέσα στον κύλινδρο. Γύρω από το λαιμό που σχηματίζει το κωνικό άκρο, υπάρχει μια σειρά από σφαίρες που προεξέχουν από τομές που υπάρχουν στον κύλινδρο του άλλου άκρου του κομμένου ελκυστήρα. Ανάμεσα στα δύο άκρα υπάρχει ένα ελατήριο που κρατά το σύστημα σε μια εντατική κατάσταση.

Όταν ο εγκάρσιος ενδιάμεσος άξονας τραβήξει τον ελκυστήρα, για να ενεργοποιήσει τα φρένα των πίσω τροχών, όσο η δύναμη έλξης είναι μικρότερη από την δύναμη του ελατηρίου, το σύστημα μεταδίδει την ελκτική δύναμη, σαν να ήταν ένας ολόσωμος ελκτύρας. Όταν όμως η δύναμη έλξης γίνει μεγαλύτερη από τη δύναμη του ελατηρίου, το ελατήριο συσπειρώνεται και η κωνική επιφάνεια του άκρου του κομματιού του ελκυστήρα που πάει στους τροχούς, πιέζει τις σφαίρες και τις σφηνώνει πάνω στην εσωτερική επιφάνεια του κυλίνδρου που είναι προσαρμοσμένος στο πλαίσιο και απαγορεύει τη μετάδοση μεγαλύτερης δύναμης προς τους πίσω τροχούς. Με τον τρόπο αυτό προλαμβάνεται, κατά κάποιο τρόπο, η ακινητοποίησή τους.

### **2.1.7. Συστήματα πέδησης με βάση τα χαρακτηριστικά τους.**

Τα μοντέρνα επιβατικά αυτοκίνητα είναι εξοπλισμένα με αξιόπιστα, υψηλής αποτελεσματικότητας συστήματα φρένων τα οποία προσφέρουν μεγάλες αποδόσεις στο φρενάρισμα σε μεγάλες ταχύτητες. Τα συστήματα φρένων των επιβατικών αυτοκινήτων μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

1. Με βάση τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά, και
2. Με βάση τις αρχές λειτουργίας

#### **2.1.7.1. Με βάση τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά.**

Με βάση τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά και βασισμένοι σε επίσημους κανονισμούς, οι λειτουργίες των εξαρτημάτων αυτόματου φρεναρίσματος μπορούν να χωριστούν σε τρία ξεχωριστά συστήματα φρένων:

1. Λειτουργικό σύστημα φρένων (BBA)
2. Δευτερεύον σύστημα φρένων (HBA)



### 3. Σύστημα φρένων στάθμευσης (FBA)

#### 1. Λειτουργικό σύστημα φρένων.

Το λειτουργικό σύστημα φρένων (ποδόφρενο) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ελάττωση της ταχύτητας του οχήματος, να το διατηρήσει σε ένα επίπεδο ταχύτητας (για παράδειγμα στην κατηφόρα) και να το διατηρήσει προσωρινά σε ακινησία. Αυτό είναι το σύστημα που χρησιμοποιείται σε κανονική πορεία. Παρέχει ακριβής, ελεγχόμενη και ποικίλη ανταπόκριση φρεναρίσματος από τους τέσσερις τροχούς.

#### 2. Δευτερεύον σύστημα φρένων.

Σε περίπτωση που το φρενάρισμα με το λειτουργικό σύστημα αποτύχει, το δευτερεύον σύστημα φρένων πρέπει να είναι ικανό να αναλάβει τις λειτουργίες του, ακόμα κι αν αυτό σημαίνει να ελαττώσει την δύναμη πέδησης. Το δευτερεύον σύστημα φρένων (ή βοηθητικό) δεν είναι απαραίτητο να αποτελεί ένα τρίτο ξεχωριστό σύστημα (όπως το βασικό και το σύστημα φρένων στάθμευσης), με το δικό του μηχανισμό χειρισμού. Μπορεί επίσης να περιέχει μία άθικτη περιοχή σε μια διπλή έξοδο του βασικού συστήματος ή του συστήματος στάθμευσης με προοδευτική αντίδραση.

#### 3. Σύστημα φρένων στάθμευσης.

Σε όλα τα αυτοκίνητα υφίσταται νομική υποχρέωση να είναι εφοδιασμένα με ένα δεύτερο, βοηθητικό σύστημα πέδησης, με ανεξάρτητο σύστημα μετάδοσης.

Το σύστημα φρένων στάθμευσης (χειρόφρενο) περιέχει την τρίτη λειτουργία των φρένων. Πρέπει να είναι ικανό να διατηρεί το όχημα σε ακινησία, σε επικλινές έδαφος ή και κατά την απουσία του οδηγού. Λαμβάνοντας υπ' όψιν την ασφάλεια, επιβάλλεται να έχει σαν χαρακτηριστικό γνώρισμα, το σύστημα αυτό, μια συνεχή μηχανική σύνδεση μεταξύ του μηχανισμού ελέγχου και των φρένων, για παράδειγμα συνδεδεμένες ράβδους ή συρματοσχοινο.

Το φρένο στάθμευσης ενεργοποιείται από την θέση του οδηγού, στις περισσότερες φορές χρησιμοποιώντας έναν μοχλό και σε άλλες με πετάλι. Αυτό το σύστημα είναι σχεδιασμένο ώστε να παρέχει βαθμιαία αντίδραση. Λειτουργεί στους τροχούς που βρίσκονται στον ίδιο άξονα (σε έναν από τους δύο). Στα συστήματα πέδησης με τύμπανα και σιαγόνες, χρησιμοποιεί τις ίδιες σιαγόνες ενώ στα συστήματα με δίσκους υπάρχουν, τις πιο πολλές φορές, ανεξάρτητα τακάκια (πλινθία) που ενεργοποιούνται με αυτό το μηχανικό σύστημα.

Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί ένα ιδιαίτερο δίχαλο το οποίο αντίθετα από το δίχαλο των φρένων του κύριου συστήματος, είναι ανοιχτό στην εξωτερική διάμετρο του δίσκου και τα σκέλη του είναι αρθρωτά. Σχηματίζεται δηλαδή κάτι σαν άνοιγμα μιας μεγάλης λαβίδας μέσα στην οποία κινείται ο δίσκος. Το άνοιγμα και το κλείσιμο των σκελών του δίχαλου αυτού γίνεται με ένα μοχλό που παίρνει κίνηση από την κινηματική αλυσίδα του χειρομοχλού. Στο σημείο που ο μοχλός πιάνει πάνω στο σκέλος του δίχαλου βρίσκεται ένας μηχανισμός, ο οποίος ρυθμίζει αυτόματα το άνοιγμα των σκελών του δίχαλου και εξουδετερώνει τη φθορά των επενδύσεων τριβής των πλινθίων. Ο πείρος που συνδέει τα δύο σκέλη του δίχαλου έξω από το δίσκο, έχει στο άκρο του, που πιάνει στο μοχλό, μια κοιλίωση με ένα ρυθμιστικό περικόχλιο. Όταν η διαδρομή του ελεύθερου άκρου του μοχλού γίνει μεγαλύτερη από ένα ορισμένο όριο, το ρυθμιστικό περικόχλιο στρέφεται με ένα ειδικό σύστημα αναστολέα, κατά ένα μικρό τόξο κύκλου και μικραίνει την απόσταση μεταξύ του δίσκου και των επιφανειών τριβής και έτσι τα διάκενα κρατιούνται πάντοτε μέσα στα επιθυμητά όρια.

### 2.1.7.2. Με βάση τις αρχές λειτουργίας.

Με βάση το αν ένα σύστημα λειτουργεί ολοκληρωτικά, μερικώς ή χωρίς καθόλου μυϊκή δύναμη, γίνεται διαχωρισμός στα παρακάτω:

1. Μυϊκής ενέργειας σύστημα φρένων
2. Σύστημα φρένων βοηθούμενο από ισχύ, και
3. Σύστημα φρένων ισχύος.

#### 1. Μυϊκής ενέργειας σύστημα φρένων.

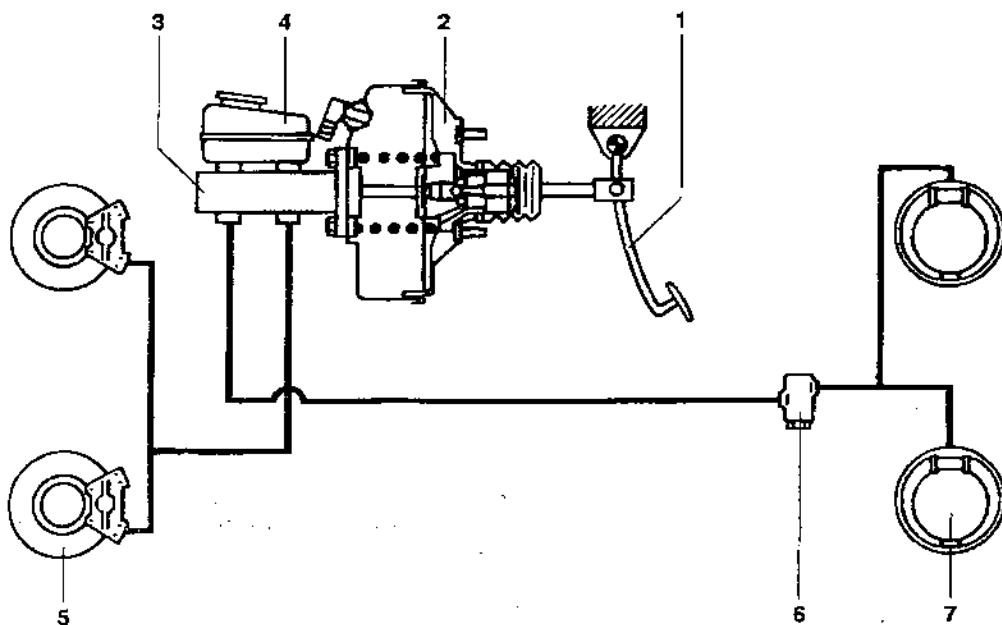
Αυτός ο τύπος συστήματος εγκαθίσταται σε επιβατικά αυτοκίνητα και σε δίτροχα οχήματα. Η μυϊκή δύναμη εφαρμόζεται στο πετάλι ή στο μοχλό, από όπου μεταδίδεται στα φρένα μέσω ενός μηχανικού (συνδεόμενες ράβδους ή συρματοσχοίνο) ή ενός υδραυλικού (κεντρικός κύλινδρος, κύλινδροι τροχών) συστήματος.

#### 2. Σύστημα φρένων βοηθούμενο από ισχύ.

Το σύστημα φρένων βοηθούμενο από ισχύ (ενέργεια) βρέθηκε σε επιβατικά και εμπορικά αυτοκίνητα. Αυτός ο τύπος μονάδας χρησιμοποιεί έναν προωθητήρα φρένων (σερβομονάδα) για να εφοδιάσει μαζί με την μυϊκή δύναμη, με ενέργεια, που γεννιάται από υδραυλική πίεση ή κενού. Το υδραυλικό κομμάτι μετά, μεταδίδει αυτήν την αναβαθμισμένη μυϊκή δύναμη στους κυλίνδρους των τροχών (σχήμα 2.1)

[ Example of a passenger-car power-assisted brake system

- 1 Brake pedal, 2 Vacuum brake booster, 3 Tandem master cylinder, 4 Brake-fluid reservoir,
- 5 Disc brake (front), 6 Braking-force metering device, 7 Drum brake (rear).



UFB0345Y

1 Πετάλι φρένου, 2 Αυξητήρας φρένων κενού, 3 Κύριος κύλινδρος με δύο υποκυλίνδρους, 4 Χώρος αποθήκευσης υγρών φρένων, 5 Δισκόφρενο (μπροστά), 6 Συσκευή μέτρησης της δύναμης πέδησης, 7 Ταμπούρο φρένου (πίσω).  
Σχήμα 2.1: Παράδειγμα επιβατικού αυτοκινήτου με σύστημα φρένων υποβοηθούμενο από ισχύ.

[Brake systems – BOSCH – edition 95/96]

### 3. Σύστημα φρένων ισχύος

Το βασικό πεδίο δράσης αυτού του μη - μυϊκής ενέργειας συστήματος φρένων είναι σε βαριά εμπορικά οχήματα, αλλά και σε μεγάλα επιβατικά αυτοκίνητα με ένα ακέραιο σύστημα αντί-μπλοκαρίσματος τροχών (ABS). Με αυτό το σύστημα, η δύναμη που χρησιμοποιείται για την λειτουργία των φρένων δεν είναι μυϊκή.

Αυτά τα συστήματα εργάζονται με υδραυλική ενέργεια (βασισμένη στην υδραυλική πίεση) και με υδραυλικές συσκευές μετάδοσης. Το ρευστό αποθηκεύεται σε ενεργειακές δεξαμενές (υδραυλικός συσσωρευτής) που περιέχουν αέριο υπό πίεση (συνήθως άζωτο).

Ένα εύκαμπτο διάφραγμα ή μια κύστη, ή, εναλλακτικά, ένα έμβολο σφραγισμένο με λάστιχο (εμβολοσυσσωρευτής) εργάζεται για τον διαχωρισμό του υγρού από το αέριο. Η υδραυλική πίεση, που παραμένει σε μια συνεχή κατάσταση ισορροπίας με την πίεση του αερίου, δημιουργείται από μια υδραυλική αντλία, σε κατάσταση αδράνειας όποτε η πίεση φτάσει το μέγιστο.

Ένα από τα πλεονεκτήματα του υδραυλικού υγρού είναι ότι μπορούμε να το δούμε σαν ασυμπίεστο - αδρανές σε κανονική χρήση - η τιμή του οποίου παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από την πίεση. Αυτό μας δίνει την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε μικρές ποσότητες υγρού για να μεταδώσουμε μεγάλα επίπεδα πίεσης, και ο κύριος κύλινδρος να διατηρεί τις αρχικές του διαστάσεις.

Είναι επίσης δυνατό να εγκαταστήσουμε ABS στο σύστημα χωρίς ουσιαστικά να αυξήσουμε την πολυπλοκότητά του, καθώς η διαδικασία απελευθέρωσης πίεσης στους κυλίνδρους των τροχών μπορεί να επιτευχθεί εκκελώνοντάς τους από το ρευστό και επιστρέφοντας στο χώρο αποθήκευσης (υδραυλικός συσσωρευτής).

Η ευθύνη αυτού του σχεδιασμού έγκειται στο γεγονός ότι οποιαδήποτε διαρροή στο σύστημα οδηγεί σε απώλεια υδραυλικού υγρού, και τελικά καταλήγει σε ολοκληρωτική απώλεια του συστήματος μεταφοράς ενέργειας στο μισό.

#### **2.1.8. Σύγχρονα συστήματα φρένων.**

Τα συστήματα φρένων που χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα αυτοκίνητα, μπορούν να καταταγούν σε μια από τις παρακάτω κατηγορίες:

1. Συστήματα καθαρά μηχανικά
2. Συστήματα υδραυλικά
3. Συστήματα με πεπιεσμένο αέρα
4. Συστήματα με υποπίεση, και
5. Συστήματα ηλεκτρικά.

Σε μερικά αυτοκίνητα το σύστημα φρένων είναι μικτό, ένα μέρος του δηλαδή της μεταφοράς της δύναμης γίνεται με μηχανικό τρόπο και ένα μέρος με υδραυλικό, ή σε ακόμα περισσότερες περιπτώσεις, το σύστημα φρένων είναι υδραυλικό, αλλά έχει συστήματα που λειτουργούν με την υποπίεση του κινητήρα (τους διάφορους σερβομηχανισμούς) που το βοηθούν στη λειτουργία του.

Σε όλα τα επιβατικά αυτοκίνητα η δύναμη του ποδιού του οδηγού, με τη βοήθεια των σερβομηχανισμών που δρουν με την υποπίεση του κινητήρα, είναι αρκετή να συγκρατήσει το αυτοκίνητο μέσα σε ανεκτά όρια επιβράδυνσης. Στα βαριά φορτηγά όμως και τα λεωφορεία, η δύναμη αυτή δεν είναι αρκετή και αντικαθίσταται με τη δύναμη του πεπιεσμένου αέρα. Τότε η δύναμη του οδηγού χρησιμοποιείται μόνο για να ανοίγει και να κλείνει τις σχετικές βαλβίδες.

### 2.1.8.1. Φρένα με δύο πρωτεύουσες σιαγόνες.

Στο σύστημα φρένων με δύο σιαγόνες, οι οποίες στο επάνω μέρος τους έχουν ένα σύστημα έκτασης και στο κάτω ένα σταθερό σύστημα ρύθμισης, όπως τα φρένα Girling και Bendix - Cowdrey, όταν ενεργοποιηθούν μέσα σε ένα τύμπανο που στρέφεται, η σιαγόνα που βρίσκεται στο αριστερό μέρος, παίρνει μεγαλύτερο μέρος στην προσπάθεια πέδησης απ' ότι η δεξιά, γιατί η δύναμη τριβής που δημιουργείται ανάμεσα στις σιαγόνες και το τύμπανο στη μεν αριστερή τείνει να την πιέσει ισχυρότερα πάνω στο τύμπανο κι έτσι αυξάνει την αποτελεσματικότητά της, ενώ η ίδια δύναμη στη δεξιά σιαγόνα τείνει να την απόκολλήσει από το τύμπανο και έτσι μειώνει την αποτελεσματικότητά της. Αυτό είναι ένα μειονέκτημα των φρένων με σιαγόνες που έχουν ένα σταθερό σημείο στήριξης στο ελεύθερο άκρο τους και πολλοί τρόποι έχουν δημιουργηθεί για την εξουδετέρωσή τους.

Ένας από αυτούς είναι η μέθοδος 2SL της Girling. Εδώ η δευτερεύουσα σιαγόνα έχει στα άκρα της δύο γωνιακούς μοχλούς, που με τον ένα βραχίονα τους ακουμπούν στον εκτατήρα και στο σταθερό στήριγμα και ανάμεσα στους δύο ελεύθερους βραχίονες έχουν ένα στυλίσκο, που έχει ρυθμιζόμενο μήκος, και τους κρατά σε επαφή με τον εκτατήρα και το σταθερό στήριγμα. Όταν ο εκτατήρας πιέσει τις δύο σιαγόνες να έρθουν σε επαφή με το τύμπανο, η αριστερή που είναι η πρωτεύουσα σιαγόνα, πιέζεται προς το τύμπανο με δύναμη σημαντικά μεγαλύτερη από αυτήν που ασκεί πάνω της ο εκτατήρας γιατί την υποβοηθά η δύναμη τριβής. Στη δεξιά όμως, που από την φύση της σαν δευτερεύουσα σιαγόνα, έχει την τάση από τη δύναμη τριβής να ξεκολλήσει από το τύμπανο, επεμβαίνει το σύστημα των γωνιακών μοχλών και επειδή δεν έχουν μεταξύ τους καμιά ελεύθερη κίνηση, για να πάρει την κίνηση του εκτατήρα, δημιουργούν μια δύναμη που πιέζει ισχυρά τη σιαγόνα αυτή προς το τύμπανο, και έτσι εξουδετερώνεται η τάση για ξεκόλλημα από το τύμπανο, που δημιουργεί η δύναμη της τριβής και αυξάνεται σημαντικά η αποτελεσματικότητα και αυτής της σιαγόνας, η οποία στην περίπτωση αυτή φέρεται σαν να είναι και αυτή πρωτεύουσα.

Επειδή η έννοια της πρωτεύουσας και δευτερεύουσας σιαγόνας είναι, άμεσα, συνάρτηση της φοράς περιστροφής του τυμπάνου και άμα αλλάξει η φορά αυτή, η πρωτεύουσα γίνεται δευτερεύουσα και η δευτερεύουσα πρωτεύουσα, αν η μια μόνο σιαγόνα είχε γωνιακούς μοχλούς θα υπήρχε άνιση ικανότητα πέδησης προς τα εμπρός και προς τα πίσω. Βέβαια το γεγονός αυτό δεν έχει συνήθως μεγάλη ταχύτητα. Ανεξάρτητα όμως από αυτό εφοδιάζουν και την πρωτεύουσα σιαγόνα με το σύστημα γωνιακών μοχλών και έτσι υπάρχει η ικανότητα πέδησης και προς τα εμπρός και προς τα πίσω.

Η ρύθμιση των φρένων αυτών συνίσταται από τη μία στην εξουδετέρωση της φθοράς των επενδύσεων των σιαγόνων, που γίνεται με ένα έκκεντρο για κάθε σιαγόνα, το οποίο έχει ένα τετραγωνικό κεφάλι που προεξέχει πίσω από την πλάκα και απ' την άλλη στη ρύθμιση του μήκους του στυλίσκου που είναι ανάμεσα στους γωνιακούς μοχλούς, με τρόπο ώστε να μην υπάρχει ελεύθερη κίνηση μεταξύ του εκτατήρα γωνιακών μοχλών, του στυλίσκου και του σταθερού στήριγματος. Η ρύθμιση αυτή γίνεται κάθε φορά που αλλάζουν σιαγόνες.

### 2.1.8.2. Φρένα με υδραυλική μετάδοση της δύναμης.

Το μεγάλο πλεονέκτημα της μετάδοσης της δύναμης του ποδιού του οδηγού από το πετάλι του φρένου στο καθαρό φρενάρισμα με υδραυλικό τρόπο, είναι ότι εξασφαλίζει την ομοιόμορφη κατανομή της δύναμης και στους τέσσερις τροχούς ή σε κάθε ζεύγος τροχών. Το ίδιο πλεονέκτημα έχει και το σύστημα με πεπιεσμένο αέρα, γιατί λόγω της αρχής των συγκοινωνούντων δοχείων, σε όλα τα σημεία του υδραυλικού συστήματος ή του συστήματος με πεπιεσμένο αέρα, η πίεση είναι η ίδια.

Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα της αύξησης της προσπάθειας πέδησης και η απλότητα του υδραυλικού συστήματος, το οποίο δεν χρειάζεται τις πολύπλοκες κινηματικές αλυσίδες που χρειάζονται τα μηχανικά συστήματα για την μετάδοση της δύναμης.

Πρέπει πάντως να έχουμε υπ' όψιν ότι σε όλα τα υδραυλικά συστήματα φρένων το φρενάρισμα με το χέρι γίνεται με μηχανικό σύστημα μετάδοσης.

Η αρχή λειτουργίας του υδραυλικού συστήματος είναι η ίδια με την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων, που λέει ότι σε κάθε σύστημα δοχείων γεμάτων με υγρό, που συγκοινωνούν μεταξύ τους με ένα σύστημα σωληνώσεων, η πίεση που δημιουργείται μέσα σε ένα από αυτά, μεταδίδεται ακαριαία και στα άλλα. Έτσι, αν όλα τα φρένα των τροχών αποκτήσουν από έναν εκτατήρα, που να βρίσκεται μέσα σε έναν κύλινδρο με δύο έμβολα, και το πόδι του οδηγού δράσει πάνω σε μια αντλία που είναι συνδεδεμένη με όλους τους κυλίνδρους των τροχών με σωλήνες γεμάτους υγρό, μερικοί από τους οποίους μπορεί να είναι εύκαμπτοι, όπως π.χ. στους μπροστινούς τροχούς για να έχουν τη δυνατότητα να στρίβουν ελεύθερα και με την προϋπόθεση βέβαια ότι όλο το σύστημα είναι καλά γεμάτο με υγρό, τότε κάθε πίεση που δημιουργεί το πόδι του οδηγού στην αντλία, μεταδίδεται ακαριαία στους κυλίνδρους των τροχών και αναγκάζει τα δύο έμβολα που είναι μέσα σ' αυτούς τους κυλίνδρους να κινηθούν προς τα έξω και να πιέσουν τις σιαγόνες πάνω στο τύμπανο.

### 2.1.8.3. Κεντρικοί κύλινδροι διπλής ενέργειας.

Το μεγάλο μειονέκτημα των υδραυλικών συστημάτων είναι ότι όταν σε ένα οποιοδήποτε σημείο του συστήματος δημιουργηθεί μια διαρροή, αχρηστεύεται ολόκληρο το σύστημα. Για την μείωση των κακών αποτελεσμάτων της αδυναμίας αυτής των υδραυλικών συστημάτων, οι κατασκευαστές σε πολλές περιπτώσεις μοιράζουν τους τέσσερις τροχούς σε δύο κυκλώματα.

### 2.1.8.4. Ηλεκτρικά φρένα.

Στο παρελθόν μερικοί κατασκευαστές χρησιμοποιούσαν φρένα που οι σιαγόνες του ενεργοποιούνταν με ένα σύστημα μοχλών, που έμπαιναν σε κίνηση από ηλεκτρομαγνήτες που βρίσκονταν μέσα στο τύμπανο του φρένου. Η δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη ρυθμιζόταν με την αυξομείωση της έντασης του ρεύματος που τον διέρρευε και αυτή πάλι ρυθμιζόταν με μια μεταβλητή αντίσταση, συνδεδεμένη με το πετάλι του φρένου. Φυσικά η τροφοδοσία του ηλεκτρικού ρεύματος για την διέγερση του ηλεκτρομαγνήτη γινόταν από τον συσσωρευτή.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου πέδησης είναι τα παρακάτω:

- Δεν υπάρχουν μηχανισμοί υδραυλικοί ή μηχανικοί ανάμεσα στο πετάλι ή το μοχλό και τα φρένα.
- Ο έλεγχος της πέδησης μπορεί να γίνει με μεγάλη ακρίβεια.
- Η ανταπόκριση του φρένου στις εντολές του πεταλιού είναι ταχύτερη.
- Η επιφάνεια τριβής μεταξύ των σιαγόνων και τυμπάνου είναι μεγαλύτερη από ό,τι είναι στα συνηθισμένα φρένα με δύο σιαγόνες.
- Το σύστημα αυτό είναι πολύ εύκολο να εφαρμοστεί σε ρυμουλκούμενα γιατί αυτά που χρειάζονται για την μετάδοση της δύναμης πέδησης είναι μόνο οι δύο αγωγοί του ρεύματος και δεν υπάρχει καθυστέρηση στην ενεργοποίηση του φρένου.

### **2.1.8.5. Σύστημα φρένων με πεπιεσμένο αέρα.**

Το σύστημα φρένων με πεπιεσμένο αέρα εφαρμόζεται γενικά στα βαριά οχήματα, όπου η δύναμη του οδηγού έστω και με την βοήθεια του σερβομηχανισμού δεν είναι αρκετή να «κρατήσει» το αυτοκίνητο. Στα επιβατικά όμως οχήματα δεν είχε ποτέ μεγάλη διάδοση γιατί τα υδραυλικά συστήματα με σερβομηχανισμούς είναι αρκετά να «κρατήσουν» καλά το αυτοκίνητο και συγχρόνως είναι και απλούστερα και οικονομικότερα από τα συστήματα με πεπιεσμένο αέρα.

Η αρχή λειτουργίας των συστημάτων με πεπιεσμένο αέρα είναι να υπάρχει ένας, διβάθμιος συνήθως, αεροσυμπιεστής που παίρνει κίνηση από τον κινητήρα και ο οποίος συμπιέζει αέρα σε ένα δοχείο πεπιεσμένου αέρα. Από το δοχείο αυτό, ο πεπιεσμένος αέρας οδηγείται με ένα σύστημα αγωγών και βαλβίδων σε ένα θάλαμο με διάφραγμα (φούσκα) που υπάρχει δίπλα σε κάθε τροχό. Το διάφραγμα συνδέεται με ένα στέλεχος το οποίο καταλήγει στο μοχλό που στρέφει το έκκεντρο που είναι ανάμεσα στις σιαγόνες κάθε φρένου.

Ο οδηγός με το πετάλι του φρένου δρα πάνω σε μια βαλβίδα η οποία ανοίγει και κλείνει την παροχή του πεπιεσμένου αέρα προς τους θαλάμους των διαφραγμάτων που συνδέονται με τα έκκεντρα. Έτσι, άμα ο οδηγός πιάσει το φρένο, μια ποσότητα αέρα πηγαίνει στα διαφράγματα και τα πιέζει προς τα έξω, με αποτέλεσμα να στραφούν τα έκκεντρα και να πραγματοποιηθεί το φρενάρισμα. Η ποσότητα του αέρα που θα πάει στα διαφράγματα ρυθμίζεται από την πίεση που ασκεί ο οδηγός στο πετάλι του φρένου, από το άνοιγμα δηλαδή της βαλβίδας πέδησης που κανονίζει την ποσότητα του αέρα που θα πάει στους θαλάμους των διαφραγμάτων.

Με την καλή μελέτη και κατασκευή του συστήματος μπορεί να πετύχει κανείς μια πολύ ομαλή πέδηση και μια πλήρη ανταπόκριση μεταξύ δύναμης του οδηγού πάνω στο πετάλι και αποτελεσματικότητας πέδησης.

Όπως και σε όλα τα συστήματα πέδησης το φρένο στάθμευσης είναι με μηχανική μετάδοση.

Πολλές φορές από το δοχείο πεπιεσμένου αέρα μπορεί να πάρει κανείς αέρα υπό πίεση για την πλήρωση των ελαστικών.

### **2.1.9. Περιγραφή συστημάτων φρένων.**

Με στόχο τον σχεδιασμό προσανατολισμού του οχήματος, το κέντρο βάρους του οχήματος και η προβλεπόμενη διανομή των δυνάμεων πέδησης μεταξύ του μπροστινού και του πίσω άξονα, ορίζουν το ποσό της δύναμης πέδησης που μπορεί να προσφερθεί, πριν το μπλοκάρισμα των τροχών να επιτρέψει οποιοδήποτε γλίστρημα του ελαστικού.

Ο σχεδιασμού του συστήματος προσανατολισμού επικεντρώνεται στις διαστάσεις των φρένων στους τροχούς και στις συσκευές ελέγχου. Οι κανονισμοί, η στρεπτική δύναμη της μηχανής κατά το φρενάρισμα, τα φορτία κ.τ.λ., είναι τα στοιχεία που ορίζουν το σχέδιο, που προσδιορίζει τον τύπο που θα χρησιμοποιηθεί σε κάθε ειδική περίπτωση οχήματος.

Ο σχεδιασμός του συστήματος είναι βασισμένος σε κριτήρια όπως ο τύπος των φρένων (δίσκος ή τύμπανο), η ανθεκτικότητα (φθορά, αντίσταση σε φορτίο), διαθέσιμος χώρος για εγκατάσταση, κ.τ.λ.

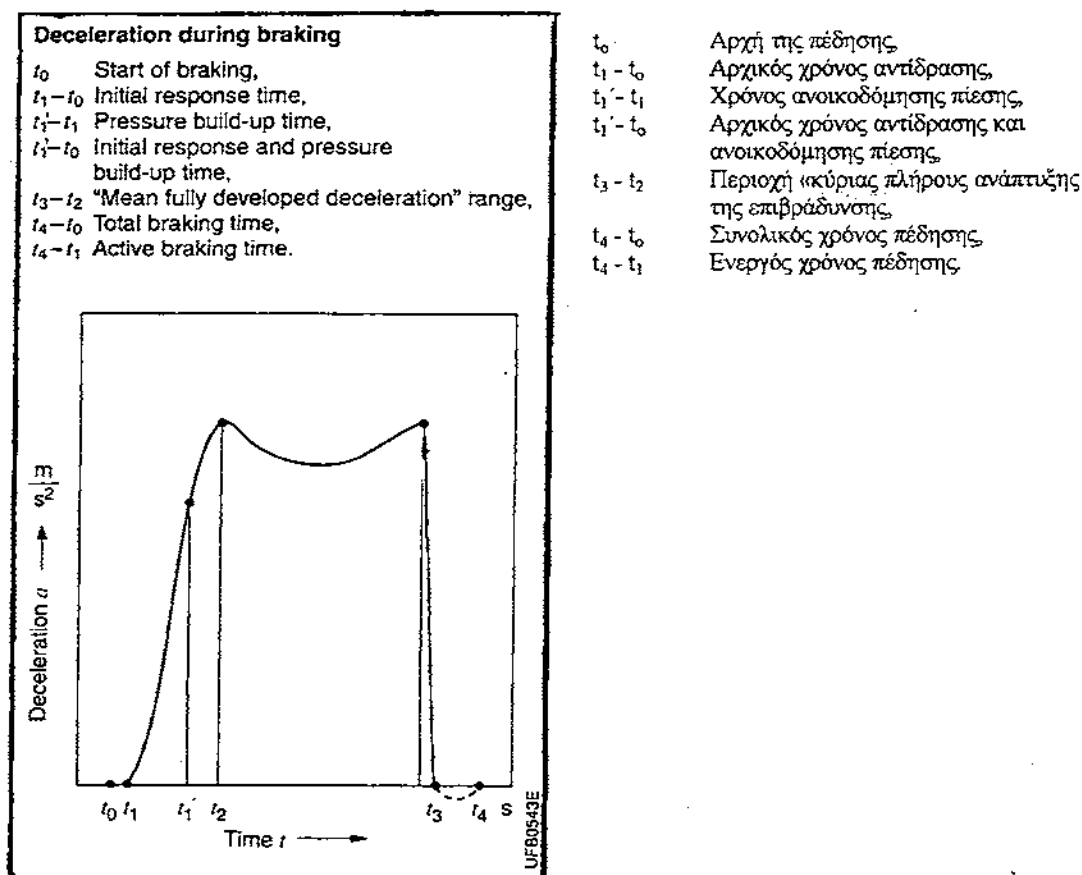
### **2.1.10. Σχεδιασμός συστημάτων φρένων.**

Το σύστημα φρένων έχει σχεδιαστεί με συνδυασμό των απαιτήσεων του οχήματος και τις πραγματικές επιτακτικές ανάγκες του ίδιου του συστήματος. Τα φρένα θα πρέπει να είναι σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να μην εμποδίζουν τον έλεγχο διεύθυνσης του οχήματος και ταυτόχρονα να μπορούν να λειτουργούν με ασφάλεια. Έτσι ο σχεδιασμός

τους βασίστηκε στα σταθερά και κινούμενα μέρη του οχήματος κατά την κίνησή του. Τοποθετήθηκαν δίσκοι ή ταμπόρα, ανάλογα με το όχημα, τα οποία περιστρέφονται μαζί με τον τροχό και σιαγόνες οι οποίες είναι σταθερές και συγκρατούνται στο σημείο που καταλήγουν και τα αμορτισέρ. Το σύστημα μετάδοσης της δύναμης πέδησης σχεδιάστηκε έτσι ώστε να έχουμε τα ταχύτερα αποτελέσματα με τις λιγότερες απώλειες δύναμης.

### 2.1.11. Μηχανισμός φρένων.

Το πρότυπο καθορίζει τους μηχανισμούς φρεναρίσματος σαν όλες τις διαδικασίες που συμβαίνουν μεταξύ της αρχικής παρακίνησης του μηχανισμού ελέγχου και της ολοκλήρωσης του φρεναρίσματος (σχήμα 2.2)



**Σχήμα 2.2: Επιβράδυνση κατά την πέδηση.**  
*[Brake systems – BOSCH – edition 95/96]*

- Αρχή του φρεναρίσματος: Το σημείο όπου η δύναμη αρχίζει να λαμβάνει μέρος στο μηχανισμό ελέγχου (πεντάλ) τη χρονική στιγμή  $t_0$ .
- Διάρκεια ενεργοποίησης: Το διάστημα  $t_1 - t_0$ , η χρονική περίοδος που περνάει μεταξύ του σημείου όπου η δύναμη αρχίζει να ασκείται στο μηχανισμό ελέγχου και το σημείο στο οποίο παρέχεται ενεργή δύναμη πέδησης.
- Χρόνος αρχής δράσης: Ο χρόνος  $t_1' - t_1$ , η χρονική περίοδος που περνάει μεταξύ της αρχικής παροχής δύναμης πέδησης και του σημείου στο οποίο ένα ορισμένο επίπεδο δύναμης επιτυγχάνεται (που αντιπροσωπεύει το 75% της ολικής πίεσης πέδησης).
- Διάρκεια φρεναρίσματος: Ο χρόνος  $t_4 - t_0$ , που εκτείνεται από το σημείο στο οποίο αρχίζει να λαμβάνει χώρα η δύναμη στο μηχανισμό ελέγχου μέχρι το σημείο στο οποίο η δύναμη πέδησης σταματάει. Αν το όχημα ακινητοποιηθεί πριν να

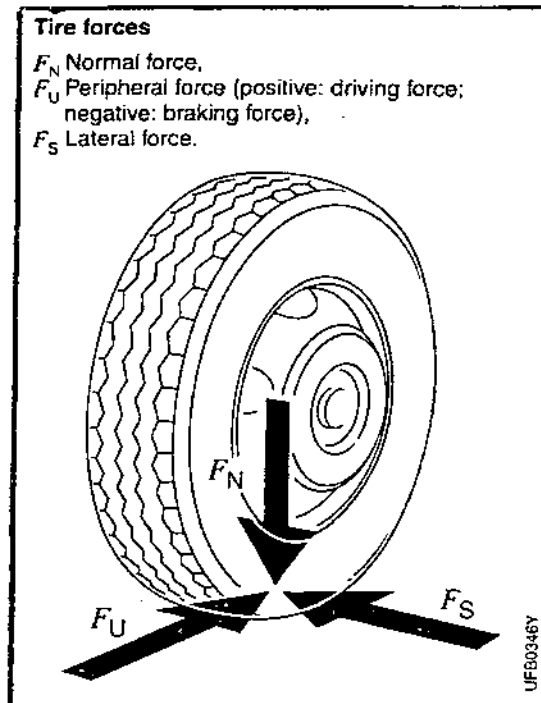
σταματήσει η δύναμη πέδησης, τότε ο ολικός χρόνος πέδησης ορίζεται σαν να τελειώσει στο σημείο που το όχημα σταμάτησε.

➤ Διάρκεια επίδρασης φρεναρίσματος: Ο χρόνος  $t_4 - t_1$ , που εκτείνεται από την αρχική παροχή αποτελεσματικής δύναμης πέδησης μέχρι το σημείο που αυτή σταματάει. Αν το όχημα ακινητοποιηθεί πριν σταματήσει η δύναμη πέδησης, τότε ο ενεργός χρόνος πέδησης ορίζεται να τελειώνει στο σημείο όπου το όχημα σταματάει.

➤ Μέσος όρος επιβράδυνσης: Η μέση τιμή που περιγράφει την ακτίνα επιβράδυνσης σε ένα τμήμα της καμπύλης της ανταπόκρισης της πέδησης όπου η καθυστέρηση είναι πλήρως αποτελεσματική ( $t_3 - t_2$ ).

### 2.1.12. Βασικές φυσικές συνέπειες.

Όλα τα ακίνητα μέρη τείνουν να παραμείνουν στην ακινησία, όλα τα κινούμενα μέρη τείνουν να διατηρήσουν την πορεία και την ταχύτητά τους. Πρέπει να παραχθεί δύναμη και/ή να εφαρμοστεί για να ξεπεραστεί η παρούσα κατάσταση. Ένα παράδειγμα μπορεί να δοθεί από μια προσπάθεια για φρενάρισμα οχήματος κατά την διάρκεια στροφής σε μαύρο πάγο. Το όχημα συνεχίζει να γλιστρά κατά μήκος της αρχικής του τροχιάς χωρίς να σταματάει σταδιακά, ούτε να ανταποκρίνεται στις προσπάθειες διόρθωσης πορείας.



$F_N$  Κάθετη δύναμη,  
 $F_U$  Περιφερική δύναμη (θετική: δύναμη κίνησης, αρνητική: δύναμη πέδησης),  
 $F_S$  Πλάγια δύναμη.

**Σχήμα 2.3: Δυνάμεις ελαστικών.**

[Brake systems – BOSCH – edition 95/96]

#### 1. Δυνάμεις ελαστικών:

Οι παρακάτω δυνάμεις είναι αυτές που επηρεάζουν την κίνηση του οχήματος στο δρόμο:

- Η βαρύτητα
- Η αντίσταση του αέρα, και
- Οι δυνάμεις στα ελαστικά (τριβή)



Οι δυνάμεις τώρα των ελαστικών αντιπροσωπεύουν τα μόνα μέσα, τα οποία παρέχουν την κίνηση και την αλλαγή πορείας του οχήματος. Οι δυνάμεις των ελαστικών αποτελούνται από τις παρακάτω συνιστώσες (σχήμα 2.3):

- Περιφερική δύναμη  $F_U$ , από τις δυνάμεις κίνησης: Η περιφερική δύναμη  $F_U$  είναι αποτελεσματική σε ότι αφορά το οδόστρωμα. Επιτρέπει στον οδηγό να επιταχύνει ή να μειώσει ταχύτητα.
- Πλάγια δύναμη  $F_S$ , από την διεύθυνση και
- Την κανονική δύναμη  $F_N$ , που δημιουργείται από το βάρος του οχήματος. Είναι η συνισταμένη του βάρους που ενεργεί σε ένα οριζόντιο επίπεδο παράλληλο με το έδαφος.

Η έκταση στην οποία αυτές οι δυνάμεις μπορούν πραγματικά να επηρεάσουν το όχημα εξαρτάται από:

- Την κατάσταση της επιφάνειας του δρόμου,
- Την κατάσταση των ελαστικών, και
- Τον καιρό.

Η ικανότητα με την οποία οι δυνάμεις μεταφέρονται στο δρόμο εξαρτάται από τον συντελεστή τριβής μεταξύ ελαστικού και επιφάνειας. Το ABS (σύστημα αντί - μπλοκαρίσματος τροχών) και το TCS (σύστημα ελέγχου πρόσφυσης) τινάζουν αυτή τη διαθέσιμη τριβή στο μέγιστο βαθμό.

## 2. Δυνάμεις τριβής:

Η δύναμη τριβής  $F_R$  είναι ανάλογη της κάθετης δύναμης  $F_N$ :

$$F_R = \mu_{HF} \cdot F_N$$

Ο παράγοντας  $\mu_{HF}$  είναι ο συντελεστής της δύναμης πέδησης (ή της τριβής ή της θετικής προσκόλλησης). Προσδιορίζεται από τις ιδιότητες των εμπλεκόμενων ζευγών υλικών, όπως ελαστικά - οδόστρωμα, καθώς επίσης και από τις επιδράσεις στις οποίες είναι εκτεθειμένα τα παραβρισκόμενα ζεύγη υλικών. Ο συντελεστής τριβής εξυπηρετεί το σκοπό ενός δείκτη για το ποσό της δύναμης πέδησης που μπορεί να εφαρμοστεί. Ο μεγαλύτερος συντελεστής τριβής για ελαστικά αυτοκινήτου υπάρχει σε στεγνή, καθαρή επιφάνεια δρόμου. Ο ελάχιστος υπάρχει πάνω σε πάγο. Ενδιάμεσες καταστάσεις δημιουργούνται από άλλες ουσίες, όπως το νερό και η λάσπη, οι οποίες μειώνουν τον συντελεστή τριβής (σχήμα 2.4).

Παράδειγμα:

Κατάσταση επιφάνειας δρόμου	Συντελεστής δύναμης πέδησης $\mu_{HF}$
Στεγνός	0,8...1
Βρεγμένος	0,2...0,65
Παγωμένος	0,05...0,1

Η ταχύτητα είναι πάντα ένας σημαντικός παράγοντας για τον συντελεστή της δύναμης πέδησης, αλλά ο ρόλος του είναι κυριολεκτικά δραματικός σε βρεγμένο οδόστρωμα.

Το αρχικό φρενάρισμα σε υψηλές ταχύτητες σε λιγότερο ιδανικές συνθήκες από τις επιφάνειες των δρόμων των εθνικών οδών, μπορούν να οδηγήσουν σε μπλοκάρισμα τροχών οποτεδήποτε ο συντελεστής της δύναμης πέδησης είναι πολύ χαμηλός ώστε να εξασφαλίσει το ότι οι τροχοί του οχήματος θα παραμείνουν σε προσκόλληση με την επιφάνεια του δρόμου. Από την στιγμή που ένας τροχός μπλοκαριστεί, χάνει την ικανότητα να μεταφέρει πλάγιες δυνάμεις, και το όχημα σταματάει να υπακούει σε εντολές από το τιμόνι. Στο σχήμα 2.6 διευκρινίζεται η συχνότητα διανομής των συντελεστών δύναμης πέδησης για έναν μπλοκαρισμένο τροχό για διάφορες ταχύτητες σε βρεγμένο δρόμο.

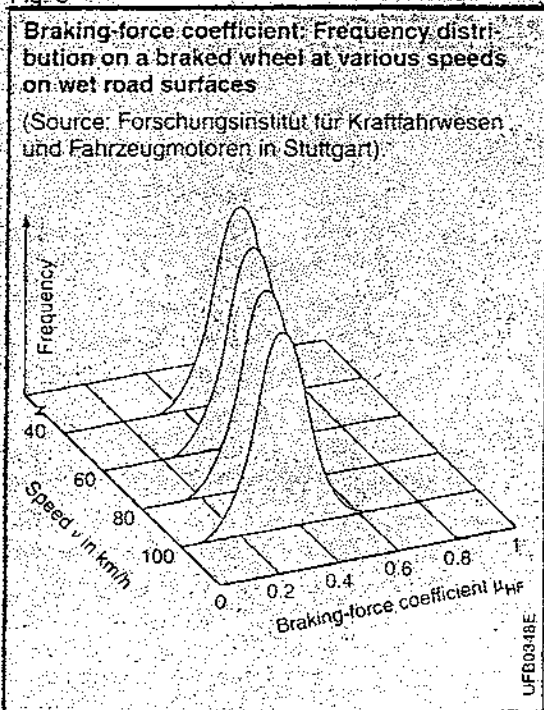
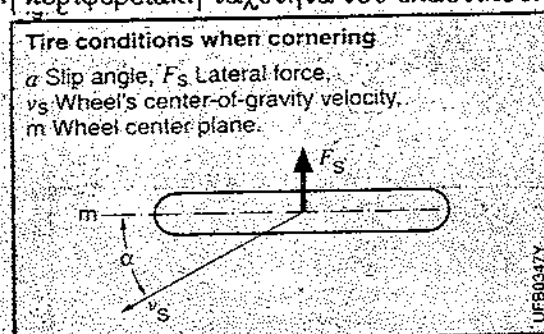
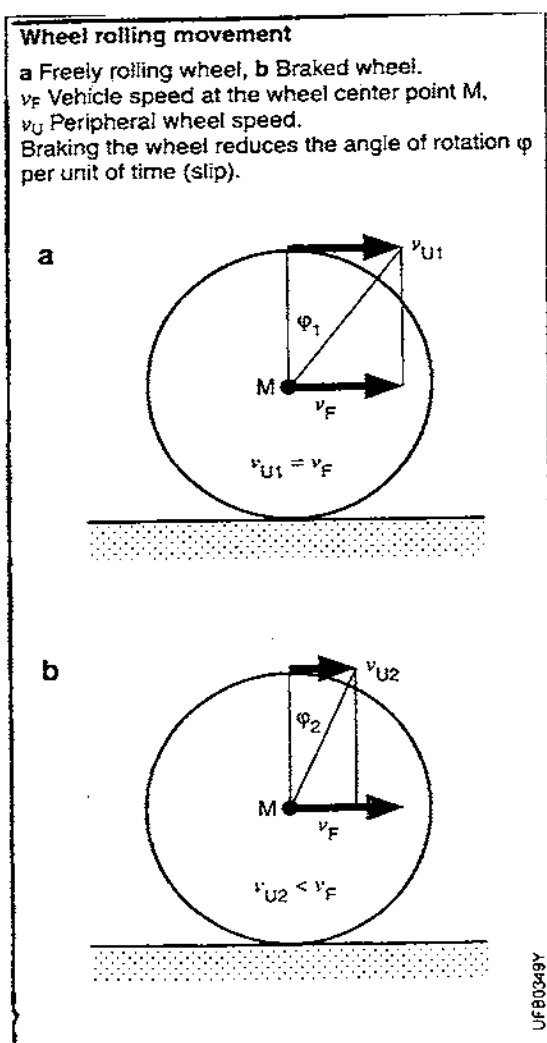
Οι διαδικασίες τριβής χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες: στατικής τριβής και τριβής ολίσθησης. Το συμπέρασμα είναι ότι υπάρχουν συνθήκες στις οποίες ένα ελαστικό θα δημιουργήσει μεγαλύτερο συντελεστή τριβής όταν δεν είναι μπλοκαρισμένος. Την ίδια στιγμή η διαδικασία ολίσθησης συμβαίνει καθώς το ελαστικό περιστρέφεται κατά την κανονική διαδικασία. Αυτή η κατάσταση ονομάζεται «ολίσθηση».

### 3. Ολίσθηση:

Καθώς ο τροχός περιστρέφεται σε δυνάμεις επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης, η κίνησή του συνοδεύεται από πολύπλοκες φυσικές διαδικασίες στο σημείο επαφής του ελαστικού. Τα ελαστικά υλικά είναι υποκείμενα σε ένταση και στρέβλωση, καθώς μερική ολίσθηση συμβαίνει κάτω από την αρχή του μπλοκαρίσματος των τροχών:

$$\lambda = (v_F - v_U) / v_F$$

όπου  $v_F$  είναι η ταχύτητα του οχήματος και  $v_U$  η περιφερειακή ταχύτητα του ελαστικού.



**Σχήμα 2.4 (αριστερά): Κίνηση περιστροφής τροχού.**

**a** Ελεύθερα περιστρεφόμενος τροχός, **b** Φρεναρισμένος τροχός,  $v_F$  Ταχύτητα οχήματος στο κέντρο του τροχού, σημείο M,  $v_U$  Περιφερειακή ταχύτητα τροχού.

Φρενάροντας τον τροχό μειώνεται η γωνία περιστροφής  $\phi$  ανά μονάδα χρόνου (ολίσθηση).

**Σχήμα 2.5 (πάνω δεξιά): Συνθήκες που επικρατούν στο ελαστικό κατά την στροφή.**

**a** Γωνία ολίσθησης,  $F_S$  Πλάγια δύναμη,  $v_S$  Ταχύτητα του κέντρου βάρους του τροχού,  $m$  Κεντρικό επίπεδο του τροχού.

**Σχήμα 2.6 (κάτω δεξιά): Συντελεστής δύναμης πέδησης: Η συνεισφορά της συχνότητας σε έναν τροχό που φρενάρει από διάφορες ταχύτητες σε επιφάνειες δρόμων με γρασιά.**

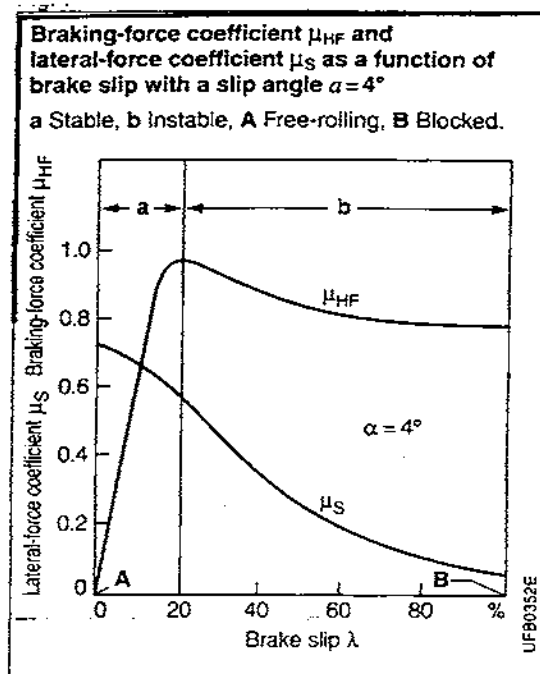
[Brake systems – BOSCH – edition 95/96]

Όπως προκύπτει από την εξίσωση, η ολίσθηση συμβαίνει όσο πιο γρήγορα επιβραδυνθεί ο τροχός, κάτω από την κανονική αντίδραση του οχήματος αν σε αυτό δινόταν ταχύτητα. Αυτή είναι η μόνη κατάσταση στην οποία οι δυνάμεις πέδησης μπορούν να ενεργοποιηθούν (μια ανάλογη περίπτωση είναι να συμπλακεί κατά τη διάρκεια επιτάχυνσης). Οι συντελεστές τριβής – συνήθως συναντώνται σαν συντελεστές τριβής ολίσθησης – μπορεί να ποικίλουν ανάλογα με τις συνθήκες του δρόμου που επικρατούν στην επιφάνειά του. Όταν τα φρένα ενεργοποιηθούν κατά την διάρκεια γραμμικής λειτουργίας, δε δημιουργείται καμία πλάγια δύναμη, οπότε ολόκληρη η πρόσφυση που παρέχεται στο σημείο επαφής του ελαστικού και του δρόμου είναι διαθέσιμη για φρενάρισμα. Από μια αρχική μηδενική ολίσθηση, ο συντελεστής δύναμης πέδησης  $\mu_{HF}$  αυξάνεται ταχύτατα σε ένα μέγιστο ποσοστό που κυμαίνεται μεταξύ 10% και 40% (η ακριβής τιμή εξαρτάται από τις συνθήκες στο ελαστικό και τον δρόμο) πριν αρχίσει να μειώνεται.

Τα σημεία αύξησης στις καμπύλες ονομάζονται σταθερή περιοχή (μερική ακτίνα πέδησης), και τα σημεία πτώσης είναι η μη σταθερή περιοχή (σχήμα 2.7). Κατά την διάρκεια γραμμικού φρεναρίσματος, το ABS προφυλάσσει το όχημα να μπει σε αυτή την μη σταθερή περιοχή.

Για να εξασφαλίσουμε ότι το όχημα θα παραμείνει στο δρόμο κατά την διάρκεια στροφής, οι πλάγιες δυνάμεις θα πρέπει να εμφανίζονται στο ελαστικό ώστε να αντενεργούν στη φυγόκεντρο, καθώς αυτή τείνει να βγάλει το όχημα εκτός δρόμου μετατοπίζοντας το κέντρο βάρους του.

Μια προκατάσταση της εμφάνισης πλάγιων δυνάμεων είναι μια πλάγια παραμόρφωση του ελαστικού. Σε αυτή την κατάσταση, η ταχύτητα που επενεργεί στο κέντρο του τροχού  $v_s$  παρεκκλίνει από το επίπεδο  $m$  κατά μια γωνία ολίσθησης (σχήμα 2.5).



a Σταθερή περιοχή, b Ασταθής περιοχή, A Ελεύθερης περιστροφής, B Μπλοκαρισμένος.

Σχήμα 2.7: Ο συντελεστής δύναμης πέδησης  $\mu_{HF}$  και ο συντελεστής της πλάγιας δύναμης σαν λειτουργία της ολίσθησης φρεναρίσματος με γωνία ολίσθησης  $\alpha = 4^\circ$ .

Brake systems – BOSCH – edition 95/96

Στο σχήμα 2.7 εικονίζονται οι συντελεστές δύναμης πέδησης και πλάγιας δύναμης κατά την λειτουργία σε ολίσθηση, με γωνία ολίσθησης  $4^\circ$ . Ο συντελεστής της πλάγιας δύναμης αυξάνεται μέχρι το μέγιστο, όταν η ολίσθηση είναι μηδενική. Τότε αντιδρά, με

αύξηση του επιπέδου ολίσθησης και μείωση του συντελεστή, αργά στην αρχή και μετά πιο γρήγορα. Το κατώτερο μέρος της καμπύλης εμφανίζεται με το μπλοκάρισμα των τροχών. Αυτή η ελάχιστη τιμή οφείλεται στη γωνία ολίσθησης του μπλοκαρισμένου τροχού και στο γεγονός ότι αυτός ο τροχός δεν μπορεί πια να δημιουργήσει πλάγια αντίσταση.

### 2.1.13. Συνθετικά μέρη του συστήματος φρένων.

Η πέδηση συνδυάζει την διεύθυνση και τους μοχλούς ταχυτήτων σε ένα, στις περισσότερες εκτελούμενες οδηγικές περιπτώσεις. Αναλόγως, τα συνθετικά μέρη του συστήματος φρένων πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένα ώστε να εξάγουν την μέγιστη χρήση από την εφαρμοζόμενη πίεση του ποδιού και/ ή να συντηρούν την ανταποκρινόμενη πίεση στο χαμηλότερο δυνατό επίπεδο.

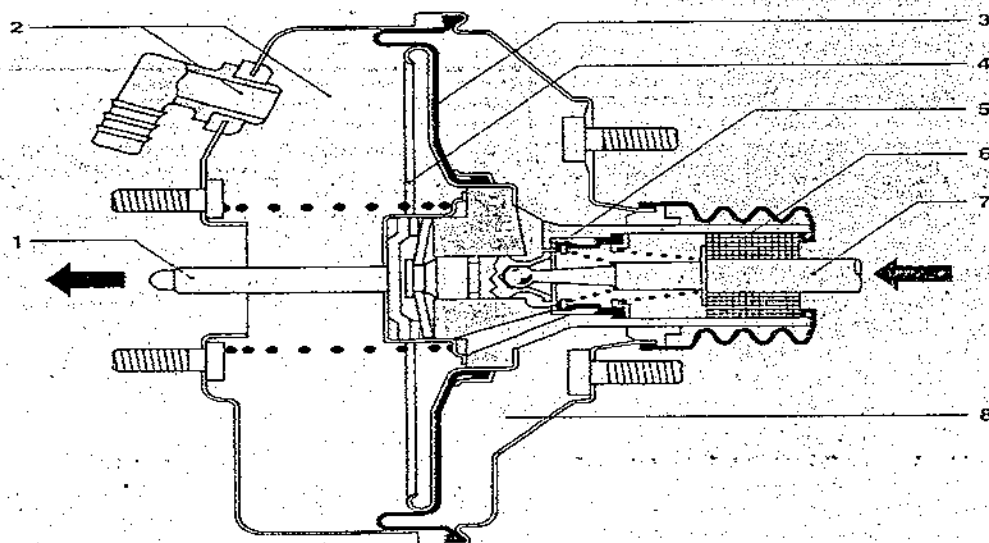
#### 2.1.13.1. Αυξητήρας (σερβομηχανισμός) φρένων.

Ο αυξητήρας φρένων ευρύνει την πίεση του ποδιού που εφαρμόζεται όταν ενεργοποιούνται τα φρένα και με αυτό τον τρόπο ελαττώνεται η χειροκίνητη προσπάθεια που απαιτείται για να λειτουργήσουν. Στα περισσότερα αυτοματοποιημένα συστήματα φρένων ο αυξητήρας πέδησης βρέθηκε συνδυασμένος με τον κεντρικό κύλινδρο. Είναι αναγκαίο ο αυξητήρας φρένων να μην ελαττώνει την ευαισθησία του ελέγχου της δύναμης πέδησης. Δύο τύποι αυξητήρων φρένων είναι σε γενική χρήση. Τόσο ο αυξητήρας κενού όσο και ο υδραυλικός ενεργούν με το να εκμεταλλεύονται μια ενεργειακή πηγή η οποία είναι ήδη διαθέσιμη στο όχημα.

1. Αυξητήρας φρένων κενού: Η πλειοψηφία των επιβατικών αυτοκινήτων είναι εξοπλισμένη με αυξητήρα κενού (σχήμα 2.8). Ο αυξητήρας κενού χρησιμοποιεί την αρνητική πίεση που δημιουργείται στον SI αεραγωγό της μηχανής - ή της δύναμης που παράγεται από την αντλία κενού σε αυτοκίνητα με μηχανές diesel (0,5...0,9 bar) - για να ευρύνει την δύναμη που παράγεται στο πετάλι.

#### Vacuum brake booster

- 1 Push rod (output force to tandem master cylinder), 2 Vacuum chamber with vacuum connection,
- 3 Diaphragm, 4 Working piston, 5 Double valve, 6 Air filter, 7 Piston rod (pedal force), 8 Working chamber,



- 1 Ράβδος ώθησης (έξοδος της δύναμης στον κύριο κύλινδρο διπλής ενέργειας), 2 Θάλαμος κενού με σύνδεσμο κενού,
- 3 Διάφραγμα, 4 Λειτουργιών έμβολο, 5 Διπλή βαλβίδα, 6 Φίλτρο αέρα, 7 Ράβδος εμβόλου (δύναμη πεταλιού),
- 8 Λειτουργιών θάλαμος.

Σχήμα 2.8: Προωθητήρας φρένου κενού.

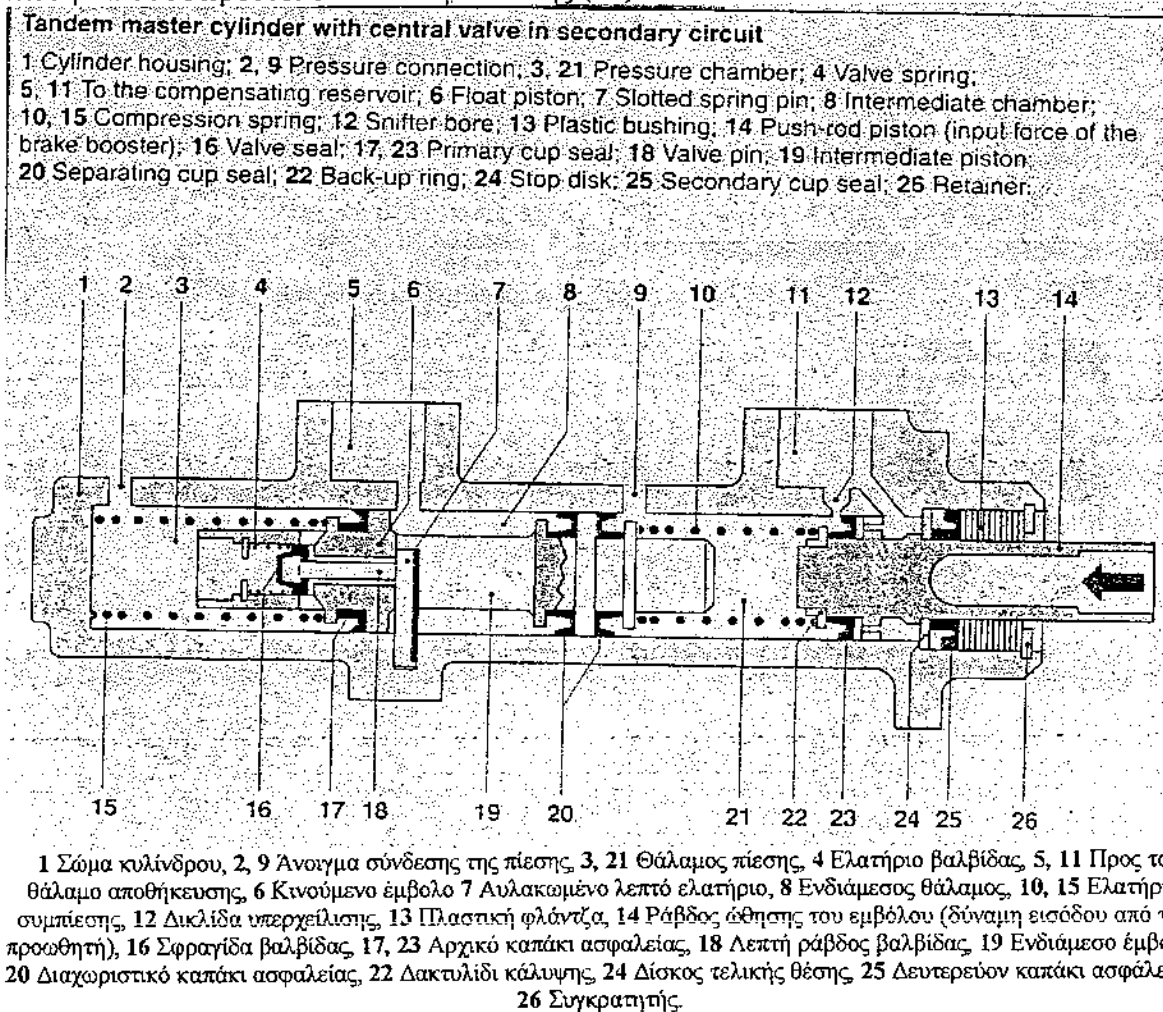
[Brake systems – BOSCH – edition 95/96]

Όταν τα φρένα χρησιμοποιούνται, αυτή η συμπληρωματική δύναμη αυξάνει, σαν απ' ευθείας λειτουργία, τη δύναμη που ασκείται στο πεντάλ και συνεχίζει να αυξάνεται μέχρι να φτάσει στην πίεση «κύκλος». Αυτό το σημείο, που βρίσκεται στο οριακό σημείο πριν το μπλοκάρισμα των μπροστινών τροχών, είναι μεταξύ 60 και 100 bar, και εξαρτάται από το ίδιο το όχημα. Δεν υπάρχουν περαιτέρω αυξήσεις της πίεσης πέρα από αυτό το σημείο.

2. Υδραυλικός αυξητήρας φρένων: Αυτός ο τύπος αυξητήρα μπορεί να εγκατασταθεί σε οχήματα που παράγουν μικρά κενά στους αεραγωγούς (π.χ. Diesel και turbo-μηχανές) και στα οποία υπάρχει ήδη υδραυλική πηγή ενέργειας (π.χ. για το υδραυλικό σύστημα διεύθυνσης). Ο υδραυλικός αυξητήρας φρένων είναι πολύ πιο πολύπλοκος και με μεγαλύτερο κύκλο πίεσεων (της τάξης των 160 bar) από τον αυξητήρα κενού. Ένα πλεονέκτημα είναι η γενικά «σπογγώδης» συμπεριφορά του πεντάλ.

### 2.1.13.2. Κεντρικός (κύριος) κύλινδρος.

Η διαδικασία φρεναρίσματος ξεκινάει και ελέγχεται μέσω του κεντρικού κυλίνδρου. Οι επίσημοι κανονισμοί συμφωνούν στο ότι τα επιβατικά αυτοκίνητα θα πρέπει να είναι εφοδιασμένα με δύο ξεχωριστά κυκλώματα φρένων. Αυτή η απαίτηση ικανοποιείται χρησιμοποιώντας έναν κεντρικό κύλινδρο σχεδιασμένο με τις μονάδες να ακολουθούν η μια την άλλη (σχήμα 2.9). Το ελεύθερο έμβολο (6) ανταποκρίνεται σε διαρροή στο δεύτερο ή αλλιώς «ελεύθερο» κύκλωμα με την βοήθεια του αναστολέα, επιτρέποντας στην πίεση να συσσωρευτεί στον θάλαμο πίεσης (21).



Σχήμα 2.9: Διπλός κύριος κύλινδρος με μια κεντρική βαλβίδα στο δευτερεύον κύκλωμα.

[Brake systems – BOSCH – edition 95/96]

Αν η διαρροή συμβεί στον βασικό θάλαμο, το κύριο έμβολο (14) μετακινείται κόντρα στο ελεύθερο έμβολο (6), σπρώχνοντάς το αριστερά για να επιτρέψει την συσσώρευση της πίεσης. Όταν ενεργοποιηθούν τα φρένα, η παρατεινόμενη μετακίνηση και η αυξημένη δύναμη που απαιτείται στο πεντάλ του φρένου, θα ειδοποιήσουν τον οδηγό ότι ένα από τα δύο κυκλώματα έχει πρόβλημα. Ο κεντρικός κύλινδρος που περιγράφεται εδώ είναι επίσης εφοδιασμένος με μια κεντρική βαλβίδα στο δευτερεύον κύκλωμα, έτσι ώστε όταν η πίεση απελευθερώνεται, το υγρό φρένων να περνάει μέσα από το άνοιγμα της λεπτής αυτής βαλβίδας (18). Ένα άλλο πέρασμα εξυπηρετεί την μόνιμη σύνδεση μεταξύ του μεσαιού θαλάμου και της δεξαμενής τροφοδοσίας. Ένα πλεονέκτημα στη χρήση της κεντρικής βαλβίδας είναι ότι λειτουργεί σαν δικλείδα υπερχειλίσσης. Σε οχήματα ABS, υπάρχει το ρίσκο να καταστραφεί το κύριο καπάκι σφραγίσματος (τσιμούχα) (23) όταν το έμβολο περνάει πάνω από την δικλείδα υπερχειλίσσης (12) με μεγάλη πίεση (οδηγώντας σε αποτυχία του κυκλώματος φρένων). Για αυτό το λόγο οι κεντρικοί κύλινδροι στα περισσότερα οχήματα με ABS έχουν δύο κεντρικές βαλβίδες.

**Λειτουργία:** Η δύναμη που ασκείται στο πεντάλ του φρένου ενεργεί κατευθείαν πάνω στο έμβολο ώθησης (14), το οποίο αντιδρά με το να κινηθεί προς τα αριστερά. Καθώς κινείται, περνάει πάνω από την δικλείδα υπερχειλίσσης (12) και το ρευστό που εγκλωβίζεται στο θάλαμο πίεσης (21) μπορεί να πιέσει το ελεύθερο έμβολο (6) προς τα αριστερά επίσης.

Η λεπτή βαλβίδα (18) σταματάει να είναι κόντρα στο αυλακωμένο λεπτό ελατήριο (7) όσο πιο γρήγορα το δευτερεύον έμβολο μετακινηθεί γύρω στο 1 mm προς τα αριστερά. Το καπάκι σφραγίσματος (τσιμούχα) της βαλβίδας (16) πιέζεται κόντρα στο ελεύθερο έμβολο (6) ώστε να σφραγίσει και να απομονώσει τον θάλαμο πίεσης (3) από τον ενδιάμεσο θάλαμο (8).

Η πίεση και στους δύο θαλάμους (3 και 12) δε θα αυξηθεί σαν αντίδραση οποιασδήποτε επιπρόσθετης δύναμης στο πεντάλ. Την ίδια στιγμή, και τα δύο έμβολα (6 και 14) θα αντιδράσουν σε οποιαδήποτε μείωση της πίεσης του ποδιού, μετακινούμενα προς τα δεξιά μέχρι να εκτεθεί η δικλείδα υπερχειλίσσης (12) ή μέχρι η λεπτή βαλβίδα (18) έρθει πάλι σε επαφή με το ελατήριο (7) και σηκώσει την βαλβίδα στεγανοποίησης (16) από το ελεύθερο έμβολο (6). Αυτό επιτρέπει στο υγρό φρένων να επιστρέψει στη δεξαμενή τροφοδοσίας, απελευθερώνοντας το σύστημα από την πίεση.

### 2.1.13.3. Ρυθμιστικές βαλβίδες πίεσης πέδησης.

Οφειλόμενες στην μετακίνηση των δυναμικών (στατικών) δυνάμεων από πίσω προς τα εμπρός, που συνοδεύουν το φρενάρισμα του οχήματος, οι δυνάμεις πέδησης που εμφανίζονται στους μπροστινούς τροχούς πρέπει να είναι μεγαλύτερες από αυτές στους πίσω. Παρ' όλα αυτά, αυτή η μεταφορά – από πίσω προς τα εμπρός – βάρους δεν είναι γραμμική διαδικασία. Το μέγεθός της αυξάνεται σαν συνέπεια της επιβράδυνσης. Γι' αυτό η ανάγκη για πρόσθετους μηχανισμούς μείωσης της πίεσης πέδησης στους πίσω τροχούς σχετίζεται με αυτούς των μπροστινών. Αυτή η λειτουργία επιτυγχάνεται με την βαλβίδα ρύθμισης πίεσης. Εξαρτώμενη από τον τύπο του οχήματος και τα συστήματα που περιέχονται από τον συγκεκριμένο κατασκευαστή, αυτή η βαλβίδα ρύθμισης πίεσης θα συμμορφώνεται με ένα από τα παρακάτω είδη:

➤ Φορτίο – ευαισθησία πίεσης – ρυθμιστική βαλβίδα: Οι βαλβίδες αυτές απαιτούνται σε οχήματα (όπως τα station wagons) στα οποία οι παράγοντες των μεγάλων φορτίων οδηγούν σε ιδιόζουσες μεταφορές δυνάμεων στο εσωτερικό των αξόνων κατά την διάρκεια του φρεναρίσματος (σχήματα 2.10 και 2.11). Ο ρυθμιστής πίεσης είναι ενωμένος με το σώμα του οχήματος και συνδεδεμένος επίσης με την πίσω ανάρτηση μέσω μηχανικού συνδέσμου. Η σύνδεση μετατόπισης της ανάρτησης και του σώματος γίνεται με ένα έμβολο που εντοπίζεται μέσα στο σκέπασμα της

Fig. 3

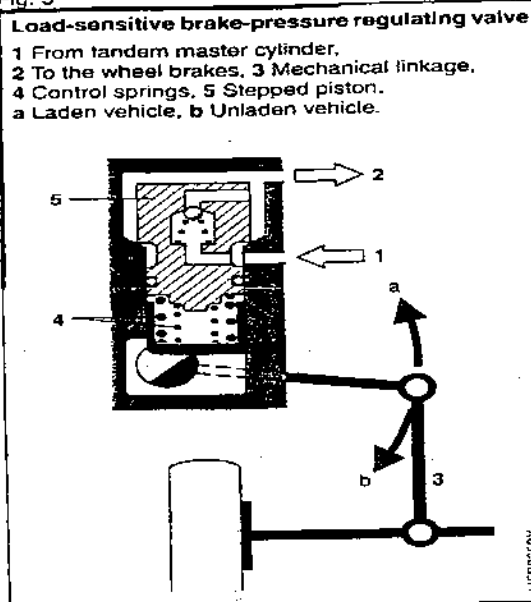


Fig. 4

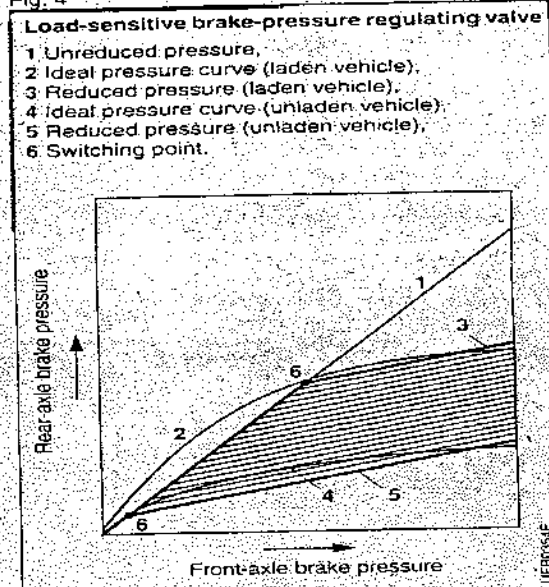


Fig. 5

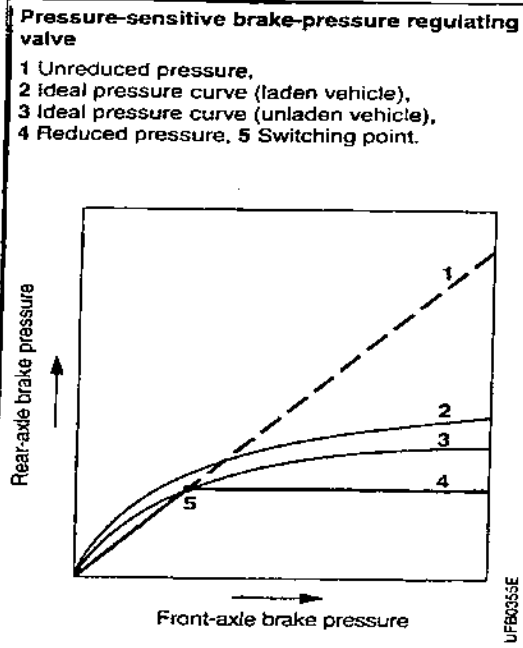
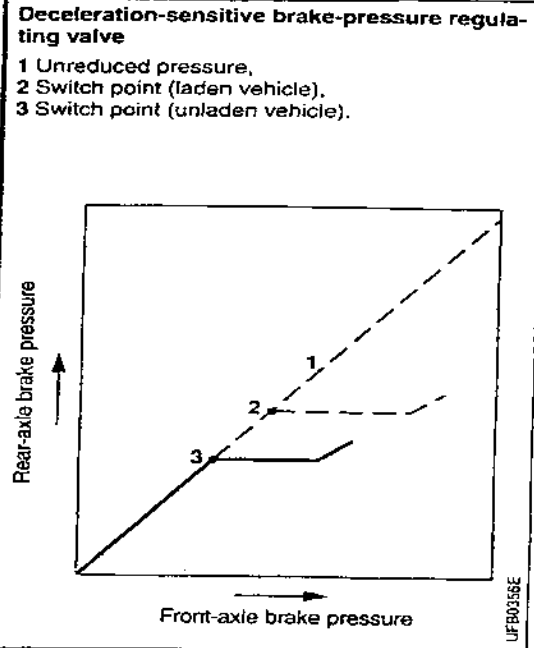


Fig. 6



**Σχήμα 2.10 (επάνω αριστερά): Βαλβίδα ρύθμισης ευαισθησίας φορτίου της πίεσης πέδησης.**

1 Από τον διπλής ενέργειας κύριο κύλινδρο, 2 Προς τα φρένα τροχών, 3 Μηχανικός σύνδεσμος, 4 Ελατήρια ελέγχου, 5 Βηματικό έμβολο.

a Φορτωμένο όχημα, b Όχημα χωρίς φορτίο.

**Σχήμα 2.11 (επάνω δεξιά): Βαλβίδα ρύθμισης ευαισθησίας φορτίου της πίεσης πέδησης.**

1 Μη μειωμένη πίεση, 2 Ιδανική καμπύλη πίεσης (φορτωμένο όχημα), 3 Μειωμένη πίεση (φορτωμένο όχημα), 4 Ιδανική καμπύλη πίεσης (όχημα χωρίς φορτίο), 5 Μειωμένη πίεση (όχημα χωρίς φορτίο), 6 Σημείο αλλαγής.

**Σχήμα 2.12 (κάτω αριστερά): Βαλβίδα ρύθμισης ευαισθησίας φορτίου της πίεσης πέδησης.**

1 Μη μειωμένη πίεση, 2 Ιδανική καμπύλη πίεσης (φορτωμένο όχημα), 3 Ιδανική καμπύλη πίεσης (όχημα χωρίς φορτίο), 4 Μειωμένη πίεση, 5 Σημείο αλλαγής.

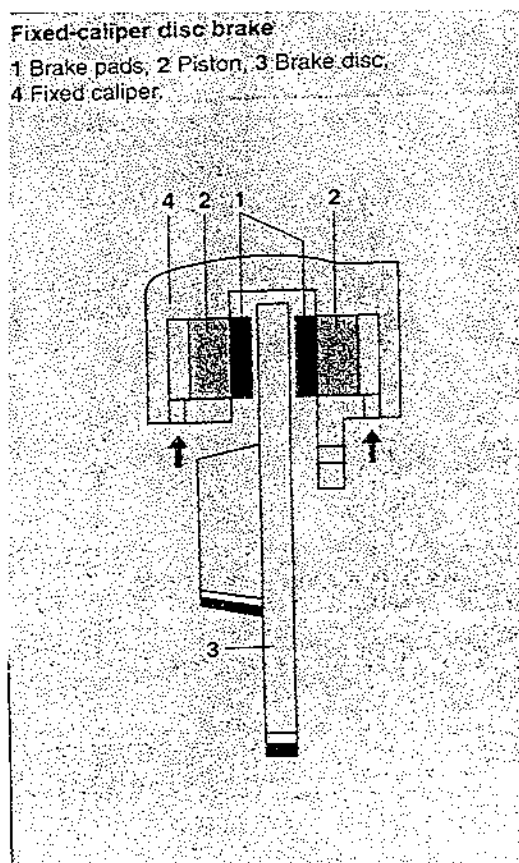
**Σχήμα 2.13 (κάτω δεξιά): Βαλβίδα ευαισθησίας επιβράδυνσης της πίεσης πέδησης.**

1 Αμείωτη πίεση, 2 Σημείο αλλαγής (όχημα με φορτίο), 3 Σημείο αλλαγής (όχημα χωρίς φορτίο).

ρυθμιστικής βαλβίδας. Αυτό το έμβολο αντιδρά σε κραδασμούς που συμβαίνουν στην περιοχή συμπίεσης της ανάρτησης, με το να συστέλλει ένα ελατήριο που τροποποιεί το σημείο επαναφοράς. Αυτό το σύστημα υιοθετεί την πίεση στα πίσω φρένα ώστε να αντισταθμίζει τους κραδασμούς σε συνθήκες φορτίου.

➤ Πίεση – ευαισθησία πίεσης – ρυθμιστική βαλβίδα: Η βαλβίδα αυτή, γνωστή και ως περιορισμένης πίεσης (σχήμα 2.12), εργάζεται σε οχήματα όπου η πιθανή μετατόπιση εσωτερικά στα φορτία των αξόνων είναι ελάχιστη από περιορισμένο φορτίο και χαμηλό κέντρο βάρους (για παράδειγμα τα αγωνιστικά αυτοκίνητα).

➤ Επιβράδυνση – ευαισθησία πίεσης – ρυθμιστική βαλβίδα: Οι βαλβίδες αυτές (σχήμα 2.13) χρησιμοποιούνται σε πολλές περιπτώσεις. Το σημείο επαναφοράς σε αυτές τις συσκευές καθορίζεται από το πεδίο επιβράδυνσης του οχήματος που είναι γενικά  $0,3g$  (όπου  $g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας). Αφού η πίεση πέδησης που απαιτείται για να διατηρηθεί η δοσμένη περιοχή επιβράδυνσης θα εξαρτάται από το φορτίο του οχήματος, η βαλβίδα αυτή παρέχει λειτουργία ευαισθησίας φορτίου. Ένα μειονέκτημα αυτού του σχεδιασμού εντοπίζεται στην πιθανή ανωμαλία λειτουργίας κάτω από διάφορα είδη φρεναρίσματος.



**Σχήμα 2.14: Σταθερά φρένα με δίσκο.**

- 1 Τακάκια φρένων,
- 2 Έμβολο,
- 3 Δίσκος φρένου,
- 4 Δαγκάνα.

[Brake systems – BOSCH – edition 95/96]

#### 2.1.13.4. Φρένα τροχών.

Η λειτουργική διάκριση μεταξύ των φρένων στους τροχούς είναι τα φρένα με δίσκους και τα φρένα με τύμπανα. Κατ' ουσίαν όλα τα φρένα των μπροστινών τροχών είναι με δίσκο, και ο σκοπός είναι να τοποθετηθούν δισκόφρενα και στους πίσω τροχούς. Είναι φρένα τριβής στα οποία η ενέργεια πέδησης που μεταφέρεται από το σύστημα λειτουργεί σαν συμπιεστική δύναμη που πιέζει τα τακάκια στο δίσκο (ή το τύμπανο).

Τα φρένα των τροχών πρέπει να ικανοποιούν τις παρακάτω αυστηρές προϋποθέσεις:

- Μικρή απόσταση σταματήματος,
- Ελάχιστη καθυστέρηση αντίδρασης, και



- Μικρούς χρόνους αύξησης μέχρι να επιτευχθεί η μέγιστη αποτελεσματικότητα.

Αυτές οι απαιτήσεις ικανοποιούνται τόσο από τα δισκόφρενα όσο και από τα φρένα με τύμπανο. Σε οχήματα που έχουν και στους τέσσερις τροχούς δισκόφρενα, ένα επιπλέον φρένο με τύμπανο τοποθετείται στους πίσω τροχούς για το χειρόφρενο.

Καθώς οι διαθέσιμες περιοχές επιβράδυνσης θα πρέπει να πραγματοποιούνται κάτω από συνεχή κατάσταση φρεναρίσματος και επαναλαμβανόμενα σταματήματα από μεγάλες ταχύτητες, τα φρένα των τροχών θα πρέπει να καλύπτουν τρεις απαιτήσεις:

- Επαρκή θερμική απορρόφηση και αποβολή,
- Επαρκή ροή αέρα ανάμεσα στα φρένα για αποβολή της θερμότητας που δημιουργείται κατά το φρενάρισμα, και
- Τα τακάκια θα πρέπει να παρέχουν τις ικανότητές τους σε τριβή, για μεγάλες θερμοκρασίες.

Τα δισκόφρενα είναι πολύ καλύτερα και στις τρεις απαιτήσεις και γι' αυτό είναι συνήθως και η επιλογή σε πολλές αιτήσεις.

1. Δισκόφρενα: Οι δυνάμεις πέδησης στα δισκόφρενα δημιουργούνται στην επιφάνεια ενός δίσκου (ή ρότορα) ο οποίος περιστρέφεται μαζί με τον τροχό του οχήματος, καθώς ο δακτυλιοειδής σχηματισμός U (δαγκάνα) υποστηρίζεται από σταθερά μέρη του οχήματος.

➤ Σταθερό δισκόφρενο: Σε κάθε μισό κομμάτι από το δακτυλιοειδές (σχήμα 2.14) υπάρχει ένα έμβολο στο οποίο ασκείται η υδραυλική πίεση κατά την διάρκεια του φρεναρίσματος. Καθένα από τα έμβολα πιέζει και από ένα τακάκι πάνω στην αντίστοιχη μεριά του δίσκου.

Όταν τα φρένα ελευθερώνονται, ειδικού σχήματος έμβολα ασφαλείας, με προγραμματισμένες εντολές, επαναφέρουν τα έμβολα στην αρχική τους θέση (περίπου 0,2 mm). Γι' αυτό καμία διόρθωση δεν απαιτείται με τα δισκόφρενα.

Οφειλόμενος στα μεγάλα επίπεδα φυσικής αντοχής, τα φρένα σταθερού δακτυλιοειδούς συνήθως τοποθετούνται σε επιβατικά οχήματα με μεγάλες οδηγικές απαιτήσεις. Οι δυνατότητες αυτού του σχεδίου εμπεριέχουν την θερμική ευαισθησία τους κάτω από παρατεταμένη χρήση, καθώς αποτυχία του συστήματος από υπερθέρμανση των υγρών φρένων είναι πολύ πιο συνηθισμένο φαινόμενο στα φρένα σταθερού δακτυλιοειδούς απ' ό,τι στα φρένα ελεύθερου δακτυλιοειδούς.

➤ Φρένα ελεύθερου δακτυλιοειδούς: Τα φρένα ελεύθερου δακτυλιοειδούς (σχήμα 2.15) χρησιμοποιούν μόνο ένα έμβολο που πιέζει το τακάκι στο δίσκο. Η δύναμη αντίδρασης μετακινεί το τακάκι του ελεύθερου δακτυλιοειδούς, το οποίο στην συνέχεια πιέζει και το άλλο τακάκι επάνω στο δίσκο από την άλλη μεριά. Οφειλόμενο στις κόσμιες διαστάσεις εγκατάστασης, αυτά τα φρένα απαιτούνται σε οχήματα με περιορισμένο χώρο. Αυτό το σχέδιο είναι επίσης λιγότερο ευαίσθητο σε θερμικά φορτία, όπως επίσης και η παρουσία σχηματισμών φυσαλίδων στο υγρό φρένων, με αποτέλεσμα την αποτυχία του συστήματος, είναι πολύ σπάνιο. Η αντικατάσταση στα τακάκια είναι επίσης πρότυπο απλότητας: αφού πρώτα ελευθερώσουμε την τοποθετημένη σφήνα, κάποιος μπορεί να σηκώσει το δακτυλιοειδές και να αφαιρέσει τα τακάκια. Αυτά τα φρένα προσαρμόζονται επίσης μόνα τους με τρόπο παρόμοιο με αυτόν, των φρένων σταθερού δακτυλιοειδούς.

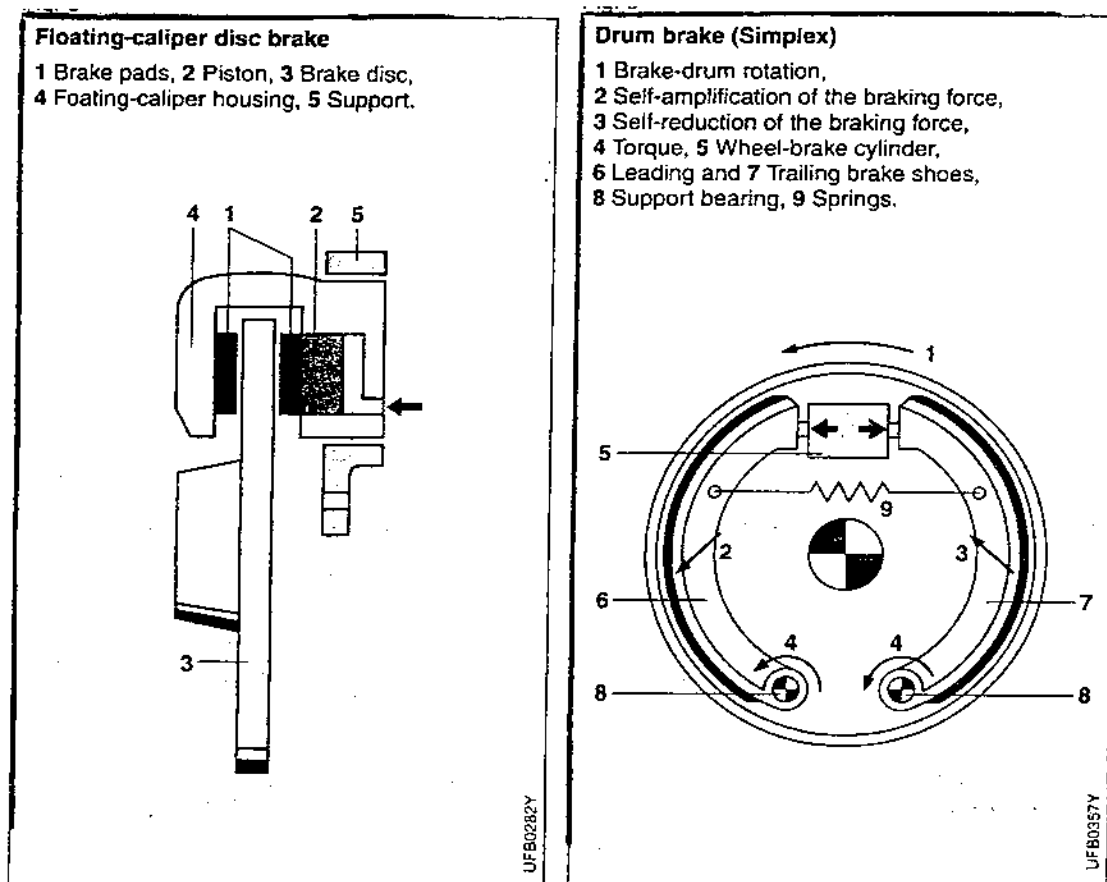
Το υγρό στο θάλαμο πίεσης αντιδρά στην ενεργοποίηση του πεταλιού με το να μετακινήσει το έμβολο (2) προς τα αριστερά. Το έμβολο αντιδρά προς το εσωτερικό τακάκι (1, δεξιά) και το πιέζει προς τα αριστερά, πάνω στο δίσκο (3). Το καπάκι του δακτυλιοειδούς (4), το οποίο είναι σχεδιασμένο να γλιστράει πάνω στους οδηγούς (5), αντιδρά μετακινούμενο προς τα δεξιά και σπρώχνει το εξωτερικό τακάκι (1, αριστερά) επάνω στην άλλη μεριά του δίσκου. Περαιτέρω

αύξηση της πίεσης θα κάνει τα τακάκια να αντιδράσουν με πίεση πάνω στο δίσκο ομοιόμορφα.

2. Φρένα με τύμπανα (ταμπούρο): Τα φρένα με τύμπανο σε επιβατικά αυτοκίνητα δημιουργούν δυνάμεις πέδησης στην εσωτερική πλευρά του τυμπάνου. Όπως αναφέρθηκε ήδη, οι γνωστές απαιτήσεις των επιβατικών αυτοκινήτων περιορίζονται στους πίσω τροχούς. Πλήθος από εκδόσεις τυμπάνων υπάρχουν ενώ το φρένο «σύμπλεξης» (σχήμα 2.16) είναι η έκδοση που χρησιμοποιείται περισσότερο στα επιβατικά αυτοκίνητα.

Τα φρένα με τύμπανα χρειάζονται περιοδικά προσαρμοσείς, το οποίο μπορεί να γίνει χειροκίνητα/ μηχανοκίνητα ή αυτόματα. Η μεγάλη έκταση λειτουργικών απαιτήσεων της ποικιλίας των σχεδίων των τυμπάνων αντανακλά σε ένα μεγάλο αριθμό διευθετήσεων των προσαρμογών. Η λειτουργία του φρένου σύμπλεξης ελέγχεται από μια δίπλευρη ασκούμενη πίεση από έναν κύλινδρο (κύλινδρος σιαγόνας) (5) κόντρα στον οδηγό (6) και τη συρόμενη σιαγόνα (7) αντίθετα με την φορά.

Στην αντίθετη πλευρά από τον κύλινδρο, τα φρένα είναι τοποθετημένα με υποστηρίγματα (8) συνδεδεμένα με τις προεξοχές του φρένου. Το αποτέλεσμα του φρεναρίσματος είναι περίπου του ίδιο και από τις δύο διευθύνσεις. Είναι απλή υπόθεση να εφοδιάσουμε το φρένο σύμπλεξης με ελεγχόμενο μηχανισμό φρένου στάθμευσης. Τα ελατήρια (9) χρησιμοποιούνται για να επαναφέρουν τις σιαγόνες.



**Σχήμα 2.15 (αριστερά): Κινούμενα φρένα με δίσκο**

1 Τακάκια φρένων, 2 Έμβολο, 3 Δίσκος φρένων, 4 Δαγκάνια κινούμενη, 5 Υποστήριξη.

**Σχήμα 2.16 (δεξιά): Φρένα με ταμπούρο (σύμπλεγμα).**

1 Περιστροφή τυμπάνου, 2 Αυτό-επαύξηση δύναμης πέδησης, 3 Αυτό-μείωση δύναμης πέδησης, 4 Στρεπτική δύναμη, 5 κύλινδρος του φρένου τροχού, 6 Οδηγός και 7 τακάκια, 8 Υποστήριγμα, 9 Ελατήριο.

[Brake systems – BOSCH – edition 95/96]

Ένα αυτόματο κύκλωμα προσαρμογής προσαρμόζει το σωστό κενό ανάμεσα στη σιαγόνα και το τύμπανο όταν το φρένο ελευθερώνεται.

### 2.1.13.5. Τακάκια και δίσκοι (τύμπανα) φρένων.

Η δύναμη πέδησης (ή τριβής) που είναι απαραίτητη για το φρενάρισμα του οχήματος, δημιουργείται από τους τριβείς των φρένων, τα τακάκια και τους δίσκους (ή ρότορες). Ο συντελεστής τριβής μεταξύ του δίσκου (τυμπάνου) με το τακάκι παίζει αποφασιστικό ρόλο στο να προσδιορίσουμε το ποσοστό δύναμης στο πεντάλ για να επιτύχει την απαιτούμενη επιβράδυνση. Ο παράγοντας αυτός επίσης είναι μέγιστης σημασίας στο σχεδιασμό των φρένων για την λειτουργική ισορροπία, και για την σταθερότητα του οχήματος κατά το φρενάρισμα.

Η ακριβής σύνθεση για τα τακάκια (κατά προτίμηση καθαρό από αμιάντο) και ο συντελεστής τριβής που παράγουν διαφέρουν κατά πολύ από όχημα σε όχημα. Οι κατασκευαστές οχημάτων αφιέρωσαν πολλές πληροφορίες και μελέτη για να καταλήξουν στην καλύτερη σύνθεση για κάθε απαίτηση. Τα σημαντικά χαρακτηριστικά των δίσκων αλλά και αυτά στο τακάκι πρέπει να παραμένουν σχετικά ανεπηρέαστα από την θερμοκρασία πάνω από 700°C καθώς και στην επίδραση ξένων στοιχείων όπως το νερό κ.τ.λ.

Το δισκόφρενο μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες: συμπαγές και πλήρως αεριζόμενο (σχήμα 2.17). Οφειλόμενο στην μεγαλύτερη μάζα του, το τελευταίο, μπορεί να απορροφήσει μεγαλύτερα ποσά θερμότητας, και την ίδια ώρα, ο αέρας που ρέει ανάμεσα στα εσωτερικά κανάλια αερισμού παράγει ταχεία ψύξη. Αυτός είναι ο λόγος που οι πλήρως αεριζόμενοι δίσκοι είναι η καλύτερη λύση στους μπροστινούς τροχούς.

### 2.1.13.6. Υγρά φρένων.

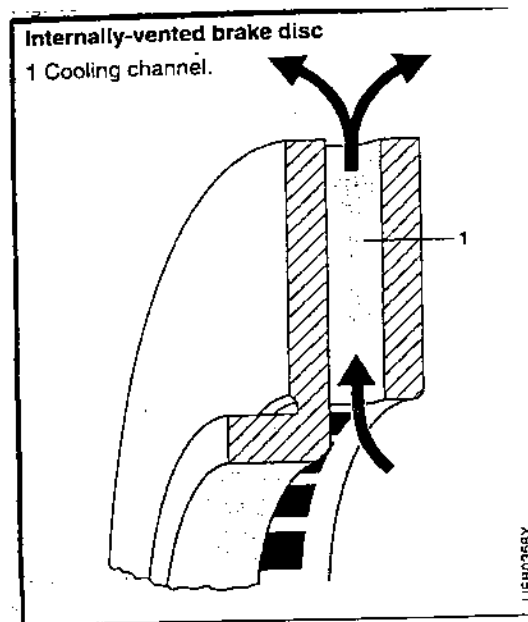
Το υγρό φρένων είναι το υδραυλικό μέσο που εργάζεται για να μεταδοθεί η δύναμη μέσα στο σύστημα φρένων. Παραχώρηση στις αυστηρές απαιτήσεις είναι αναγκαία για να μπορέσουμε να εγγυηθούμε ένα αξιόπιστο σύστημα φρένων. Αυτές οι απαιτήσεις ορίζονται από ένα πλήθος δεδομένων από παρόμοια περιεχόμενα (SAE J 1703, FMVSS 116, ISO 4925, βλέπε τον παρακάτω πίνακα):

Αναφορές στα στάνταρ των τεστ	FMVSS 116			SAE J1703
Απαιτήσεις / Ημερομηνία	DOT3	DOT4	DOT5	11,83
Σημείο βρασμού (ξηρό) σε °C	205	230	260	205
Σημείο βρασμού (υγρό) σε °C	140	155	180	140
Κρύα πυκνότητα στους -40°C mm <sup>2</sup> /s	1500	1800	900	1800

Οι απαιτήσεις που δίνονται για τα υγρά φρένων είναι:

➤ Ισορροπία του σημείου βρασμού: Η ισορροπία του σημείου βρασμού παρέχει έναν δείκτη για την αντίσταση του υγρού φρένων σε θερμικό στρες. Η θερμότητα που παράγεται στους κυλίνδρους των φρένων (όπου αναπτύσσονται και οι υψηλότερες θερμοκρασίες στο σύστημα) μπορεί να είναι ιδιαίτερα κρίσιμες. Φυσαλίδες ατμού σε θερμοκρασίες του στιγμιαίου σημείου βρασμού θα έχει σαν αποτέλεσμα την αποτυχία του φρεναρίσματος (FMVSS: ομοσπονδιακά στάνταρ για την ασφάλεια της μηχανής, DOT: τμήμα μεταφορών).

➤ Υγρό σημείο βρασμού: Το υγρό σημείο βρασμού είναι το σημείο ισορροπίας βρασμού του υγρού αφού έχει απορροφήσει υγρασία κάτω από ειδικές συνθήκες. Τα υγροσκοπικά (με βάση τη γλυκόζη) υγρά είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα, αντιδρώντας με μια απότομη πτώση του σημείου βρασμού.



**Σχήμα 2.17: Αεριζόμενος Δίσκος φρένων.**  
1 Κανάλι ψύξης.

[Brake systems – BOSCH – edition 95/96]

Δοκιμάζοντας το υγρό σημείο βρασμού κατευθυνθήκαμε προς την οριστικοποίηση των χαρακτηριστικών που περιμένουμε από ένα υγρό υπό χρήση. Το υγρό φρένων μπορεί να απορροφήσει υγρασία μέσω των σωλήνων του συστήματος, περισσότερο από διάχυση.

Αυτός είναι ο κύριος λόγος γιατί τα υγρά φρένων πρέπει να αντικαθίσταται κάθε 1 με 2 χρόνια. Αυτή η αλλαγή των υγρών φρένων είναι ζωτικής σημασίας για την διατήρηση του ασφαλούς φρεναρίσματος. Κατά την διάρκεια αυτής της αλλαγής, πρακτική σημασία πρέπει να δίνεται στη αφαίρεση οποιουδήποτε αέρα παγιδευμένου μέσα στο σύστημα.

➤ Πυκνότητα: Η αντίδραση της πυκνότητας στην θερμοκρασιακή διακύμανση θα πρέπει να είναι ελάχιστη, καθώς το σύστημα φρένων πρέπει να παρέχει αξιόπιστη λειτουργία σε περιοχές θερμοκρασιών από  $-40^{\circ}\text{C}$ ...  $+100^{\circ}\text{C}$ . Οι πυκνότητες σε χαμηλές θερμοκρασίες έχουν μεγάλη σημασία στα συστήματα ABS.

➤ Συμπιεστότητα: Το υγρό πρέπει να έχει μικρή συμπιεστότητα και ελάχιστη θερμοκρασιακή ευαισθησία.

➤ Προστασία από διάβρωση: Ο κωδικός FMVSS 116 συμφωνεί με το ότι τα υγρά φρένων δεν θα ασκήσουν διάβρωση στα μέταλλα, από τα οποία είναι γενικά κατασκευασμένα τα συστήματα των φρένων. Η απαιτούμενη προστασία από διάβρωση μπορεί μόνο να επιτευχθεί με την χρήση πρόσθετων.

➤ Διόγκωση ελαστομερών: Τα ελαστομερή στο σύστημα φρένων θα πρέπει να είναι ικανά να υιοθετηθούν από τον τύπο υγρών φρένων που χρησιμοποιείται. Παρ' όλο που ένα μικρό ποσοστό διόγκωσης είναι επιθυμητό, είναι απαραίτητο να μην ξεπερνάει το 16%. Πάνω από αυτό το ποσοστό, το υγρό φρένων τείνει να αδυνατίσει τα ελαστομερή συστατικά. Ακόμα και ένα μικρό επίπεδο συνδυασμού νερού και λαδιού σε υγρά φρένων με βάση τη γλυκόζη μπορούν να οδηγήσουν σε καταστροφή των ελαστικών μερών (όπως τσιμούχες), με αποτέλεσμα την αποτυχία του συστήματος φρένων.

Ειδικές χημικές κατασκευές μπορούν να κατασκευαστούν για να βελτιώσουν τις παραπάνω απαιτήσεις. Παρ' όλα αυτά, μετατροπές στο ένα χαρακτηριστικό τείνει να συνοδεύεται από ανεπιθύμητες μεταβολές σε κάποιο άλλο.

## 2.2 Εισαγωγή στο σύστημα ABS.

Η κορυφαία στιγμή στη ιστορία των συστημάτων πέδησης ήταν η παρουσίαση των δισκόφρενων. Με αυτά καλύφθηκε η βασική απαίτηση, που ήταν η δυνατότητα ικανοποιητικής επιβράδυνσης του τροχού και από εκεί το πρόβλημα μεταφέρθηκε στην βελτίωση χρήσης τους. Η επόμενη επανάσταση ήταν η παρουσίαση του ABS, το οποίο επεμβαίνει στην διαδικασία φρεναρίσματος έτσι ώστε να μην μπλοκάρουν οι τροχοί στα δυνατά φρεναρίσματα. Το κέρδος είναι διπλό: Από τη μία μειώνεται η απόσταση φρεναρίσματος, μιας και οι μπλοκαρισμένοι τροχοί απαιτούν μεγαλύτερη απόσταση, ενώ το πιο σημαντικό είναι ότι ο οδηγός διατηρεί τον έλεγχο του συστήματος διεύθυνσης και μπορεί να κατευθύνει το αυτοκίνητο, αποφεύγοντας το εμπόδιο.

Με την εξέλιξη των ηλεκτρονικών συστημάτων το ABS έχει περάσει σήμερα ακόμα και στα φθηνότερα αυτοκίνητα, μάλιστα στις Η.Π.Α. είναι τοποθετημένο σε 1 στα 8 αυτοκίνητα που κυκλοφορούν. Στην Ευρώπη, από το 1996 αποτελεί υποχρεωτικό εξοπλισμό στα φορτηγά με βάρος πάνω από 3,5 τόνους. Αλλά ας τα πάρουμε από την αρχή. Τα αντιμπλοκαριστικά συστήματα φρένων χρησιμοποιήθηκαν αρχικά σε B-47 αεριωθούμενα βομβαρδιστικά αεροσκάφη το 1947 για να παρέχουν ευθύτερο, ασφαλέστερο φρενάρισμα και πιο σύντομες αποστάσεις προσγείωσης σε λείους διαδρόμους. Τα περισσότερα μεγάλα επιβατικά και στρατιωτικά αεροσκάφη, από τα B-47 τεράστια αεριωθούμενα αεροπλάνα μέχρι τα F-16 μαχητικά αεροπλάνα, έχουν συστήματα αντιμπλοκαρίσματος φρένων.

Τα αντιμπλοκαριστικά συστήματα φρένων ήταν εγκατεστημένα και αναγκαία στα ημιρυμουλκούμενα φορτηγά οχήματα στα μέσα της δεκαετίας του '70, αλλά αφαιρέθηκαν τελικά από την αγορά λόγω τεχνικών προβλημάτων.

Η συνεχής ανάπτυξη στα συστήματα φρένων των επιβατικών αυτοκινήτων είχε σαν αποτέλεσμα τα δυναμικά και αξιόπιστα συστήματα ικανά να επιβραδύνουν το όχημα με τον καλύτερο δυνατό τρόπο όταν αυτό κινείται σε υψηλές ταχύτητες. Κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας, αυτά τα συστήματα μπορούν να δώσουν γρήγορο και αποτελεσματικό φρενάρισμα για το όχημα. Το φρενάρισμα κάτω από πιο κρίσιμες συνθήκες, όπως οι παρακάτω:

- Βρεγμένη ή λεία επιφάνεια δρόμου,
- Αντίδραση πανικού από τον οδηγό, και
- Λάθη από οδηγούς ή πεζούς

μπορούν να οδηγήσουν σε μπλοκάρισμα των τροχών κατά το φρενάρισμα. Το αποτέλεσμα: να χαθεί η δυνατότητα ελέγχου του αυτοκινήτου καθώς αυτό χάνει και την πρόσφυσή του και αρχίζει να γλιστρά στο δρόμο.

Σκοπός του συστήματος είναι να ρυθμίζει τη δύναμη πέδησης κάθε τροχού, βάσει της πρόσφυσής τους στο οδόστρωμα, για να απομακρύνεται ο κίνδυνος μπλοκαρίσματος των τροχών, διότι μόνο οι κυλιόμενοι τροχοί ελέγχονται (με το τιμόνι), επειδή σε έναν κυλιόμενο τροχό μεταφέρονται πλευρικές δυνάμεις, οι οποίες συμβάλλουν τόσο στη διατήρηση της ευστάθειας του αυτοκινήτου, όσο και στη μείωση της ολίσθησης.

Όταν ο οδηγός γρήγορα και σταθερά εφαρμόζει τα φρένα και κρατά το πεντάλ κάτω, τα φρένα ενός οχήματος που δεν είναι εξοπλισμένο με ABS σχεδόν αμέσως κλειδώνουν τις ρόδες. Το όχημα γλιστρά παρά κυλά σε μια στάση. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου ο οδηγός έχει επίσης μια πολύ δύσκολη στιγμή στην οποία θα πρέπει να κρατά το όχημα σε ευθεία ενώ οι ολισθήσεις του οχήματος το θέτουν εκτός ελέγχου. Η ολίσθηση και η έλλειψη ελέγχου προκαλούνται από το κλείδωμα των τροχών. Εάν ο οδηγός μπορούσε να απελευθερώσει το πεντάλ του φρένου αμέσως πριν κλειδώσουν οι τροχοί και έπειτα ξαναπατούσε φρένο, η ολίσθηση θα μπορούσε να αποφευχθεί.

Κατά την διάρκεια της διαδικασίας του φρεναρίσματος ένας εκ των τροχών τείνει να μπλοκάρει γρηγορότερα από τους άλλους, γιατί ο συντελεστής τριβής, μεταξύ των τροχών

και της επιφάνειας του οδοστρώματος, μεταβάλλεται συνεχώς, εξ' αιτίας διαφόρων παραγόντων, όπως οι καιρικές συνθήκες, η κατάσταση του οδοστρώματος και των ελαστικών των τροχών. Επίσης κατά την διάρκεια πέδησης η ταχύτητα περιστροφής των τροχών μικραίνει και γίνεται μικρότερη από την ταχύτητα του αυτοκινήτου. Αυτή η διαφορά των ταχυτήτων ονομάζεται ολίσθηση και εκφράζεται σε ποσοστά %. Ένας μπλοκαρισμένος τροχός σημαίνει ολίσθηση 100%.

Οι δοκιμές και οι έρευνες, γύρω από το θέμα, έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι οι καλύτερες δυνάμεις πέδησης μπορεί να επιτευχθούν μεταξύ ενός εύρους ολίσθησης 8% έως 35% και ότι μέσα σε αυτή την περιοχή πρέπει να δρα και το σύστημα ABS.

Η αποτελεσματικότητα της δύναμης πέδησης εξαρτάται από την ποιότητα πρόσφυσης που δημιουργεί η κατάσταση των ελαστικών και του οδοστρώματος. Αν ο οδηγός πατήσει απότομα φρένο και οι τροχοί ακινητοποιηθούν, συμβαίνουν τα εξής:

- Χάνεται η σταθερότητα της οδήγησης και το όχημα ολισθαίνει.
- Το όχημα δεν μπορεί να κυβερνηθεί.
- Αυξάνεται η απόσταση φρεναρίσματος.
- Αυξάνει ο κίνδυνος ατυχήματος.

Η πίεση πέδησης των ηλεκτρονικά ελεγχόμενων τροχών ρυθμίζεται από ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, οι οποίες ενεργοποιούνται από την ξεχωριστή ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, την οποία διαθέτει το ABS, ανάλογα με τις πληροφορίες (σήματα), που δέχεται από τους επαγωγικούς αισθητήρες ταχύτητας των τεσσάρων τροχών. Το μέγεθος της δύναμης πέδησης προσαρμόζεται (από το ABS) κάθε φορά στις απαιτήσεις της πρόσφυσης. Αν η δύναμη πάνω στο πεντάλ είναι μεγαλύτερη από αυτήν που χρειάζεται η πρόσφυση, τότε το αυτοκίνητο χάνει την ευστάθειά του στην περίπτωση, που έχουμε μπλοκάρισμα ενός τροχού είτε μπροστινού είτε πίσω τροχού.

Συγκεκριμένα, αν μπλοκάρει ένας μπροστινός τροχός, τότε το αυτοκίνητο «υποστρέφει» και ο οδηγός χάνει τον έλεγχο διεύθυνσης, γιατί το μπροστινό μέρος εκτρέπεται. Στην περίπτωση που μπλοκάρει ένας πίσω τροχός, τότε πάλι ο οδηγός χάνει την διεύθυνση του οχήματος, γιατί εκτρέπεται το πίσω μέρος του αυτοκινήτου. Με το ABS απομακρύνονται οι προαναφερθέντες κίνδυνοι και μειώνονται οι αποστάσεις ακινητοποίησης του αυτοκινήτου κατά την πέδηση, αρκεί ο οδηγός να πατά συνεχώς το πεντάλ του φρένου (να μην το αφήνει) κατά την πέδηση, παρά το ψυχολογικά ενοχλητικό ανεβοκατέβασμα του ποδόπληκτρου, όταν λειτουργεί το ABS.

Σε καταστάσεις συμβατικής πέδησης το σύστημα ABS δεν ενεργοποιείται και το αυτοκίνητο συμπεριφέρεται σαν συμβατικό.

### **2.2.1. Απαιτήσεις από το ABS.**

Το ABS πρέπει να ικανοποιεί μια μεγάλη περιοχή απαιτήσεων, με πρακτική έμφαση στην ασφάλεια όσον αφορά το δυναμικό φρενάρισμα και την τεχνολογία των φρένων:

1. Το σύστημα ελέγχου φρένων κλειστού βρόγχου πρέπει να είναι ικανό να διατηρεί την ανταπόκριση της διεύθυνσης που δίνεται από το τιμόνι και την ευστάθεια του οχήματος πάντα, ανεξάρτητα από τις συνθήκες του οδοστρώματος (από στεγνές, μεγάλης πρόσφυσης, επιφάνειες μέχρι τον μαύρο πάγο).

2. Το ABS πρέπει να είναι ικανό να τινάζει την τριβή (το συντελεστή της) μεταξύ ελαστικών και δρόμου σε μέγιστο βαθμό, με την επιφύλαξη ότι η σταθερότητα του οχήματος και η διατήρηση του ελέγχου διεύθυνσης θα προέχουν σε σχέση με την μείωση της απόστασης φρεναρίσματος. Αυτές οι απαιτήσεις πρέπει να εκπληρώνονται αποτελεσματικά ακόμα και όταν ο οδηγός ενεργεί με μεγάλη δύναμη αμέσως, ή σταδιακά αν αυξήσει την πίεση στο πεντάλ μέχρι το σημείο μπλοκαρίσματος.

3. Το σύστημα ελέγχου φρένων θα πρέπει να διατηρεί την λειτουργικότητά του σε όλη την περιοχή ταχυτήτων. Πρέπει να είναι

αποτελεσματικό σε μικρές ταχύτητες (μετά από τις οποίες το μπλοκάρισμα των τροχών δεν είναι πια κρίσιμος παράγοντας στην τελική απόσταση μέχρι να ακινητοποιηθεί το όχημα).

4. Το σύστημα ελέγχου θα πρέπει να είναι ικανό να προσαρμόζεται στις αλλαγές της πρόσφυσης. Για παράδειγμα, σε στεγνούς δρόμους με περιστασιακά σημεία πάγο, οποιοδήποτε μπλοκάρισμα πρέπει να είναι απαγορευτικό σε τόσο σύντομο χρονικό διάστημα ώστε ο έλεγχος διεύθυνσης και η ευστάθεια του οχήματος να μην επηρεαστούν. Η πρόσφυση στο στεγνό κομμάτι του δρόμου πρέπει ταυτόχρονα να εκτιναχθεί στο μέγιστο για μέγιστη αποτελεσματικότητα.

5. Όταν τα φρένα ενεργούν ενώ το όχημα είναι σε δρόμο όπου η επιφάνειά του έχει διάφορα επίπεδα πρόσφυσης από τις δύο πλευρές του οχήματος (π.χ. δεξιό ελαστικό σε πάγο, αριστερό ελαστικό σε στεγνή άσφαλτο, αναφέρεται και ως «μ – χώρισμα»), η αναπόφευκτη εκτροπή (οι περιστροφικές δυνάμεις κεντράρονται στον κεντρικό άξονα του οχήματος τείνοντας το όχημα να περιστραφεί γύρω από τον κάθετο άξονά του) θα πρέπει να μειωθεί σε βαθμό όπου ακόμα και ένας μέσος οδηγός να μπορέσει να αντεπεξέλθει ικανοποιητικά σε οδήγηση με «ανάποδα τιμόνια».

6. Κατά την διάρκεια στροφής, το όχημα θα πρέπει να διατηρεί την ευστάθειά του και την ανταπόκρισή του στο τιμόνι, καθώς επίσης να μπορεί να φρενάρει σε όσο το δυνατόν μικρότερη απόσταση, με επιφύλαξη εδώ, ότι η ταχύτητα του οχήματος είναι κάτω από το επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας της στροφής (το όριο ταχύτητας σε μια στροφή είναι η ανώτερη ταχύτητα με την οποία το όχημα μπορεί να πετύχει μια καμπύλη τροχιά με συγκεκριμένη ακτίνα χωρίς να μπει προς τα μέσα και να μην φύγει από το ορισμένο τόξο).

7. Οι απαιτήσεις της ευστάθειας του οχήματος, της ανταπόκρισης στο τιμόνι και του καλύτερου δυνατού φρεναρίσματος υπάρχουν επίσης και σε έναν ανώμαλο δρόμο εξαιτίας της απρόσεκτης δύναμης φρεναρίσματος.

8. Το σύστημα φρένων κλειστού βρόγχου πρέπει να είναι ικανό να αναγνωρίζει και να ανταποκρίνεται σε περιπτώσεις οδήγησης σε μεγάλη ποσότητα νερού (όπου τα ελαστικά και την επιφάνεια του δρόμου τα χωρίζει ένα στρώμα νερού). Η ευστάθεια του οχήματος και η πορεία του πρέπει να διατηρούνται.

9. Επιχειρήσεις που υιοθετούνται σε υποθετικό φρενάρισμα (συνεχές φρενάρισμα όταν το φρένο στον τροχό έχει απελευθερωθεί) και τις επιρροές της μηχανής (φρενάρισμα με σφιχτή λειτουργία) πρέπει να ολοκληρώνονται όσο πιο γρήγορα γίνεται.

10. Το όχημα δεν πρέπει να ανταποκρίνεται σε ταλαντώσεις με το να αρχίσει να βάλλεται.

11. Ένα κύκλωμα θα πρέπει να παρέχεται για τη συνεχή παρακολούθηση των δεδομένων λειτουργίας του ABS. Όταν το σύστημα αναγνωρίζει κάποια δυσλειτουργία που θα μπορούσε να δημιουργήσει πρόβλημα στην λειτουργία των φρένων, αντιδρά με το να βγάζει εκτός λειτουργίας το ABS. Μια ενδεικτική λυχνία ειδοποιεί τον οδηγό για το γεγονός ότι μόνο το συμβατικό σύστημα φρένων – χωρίς ABS – παραμένει διαθέσιμο.

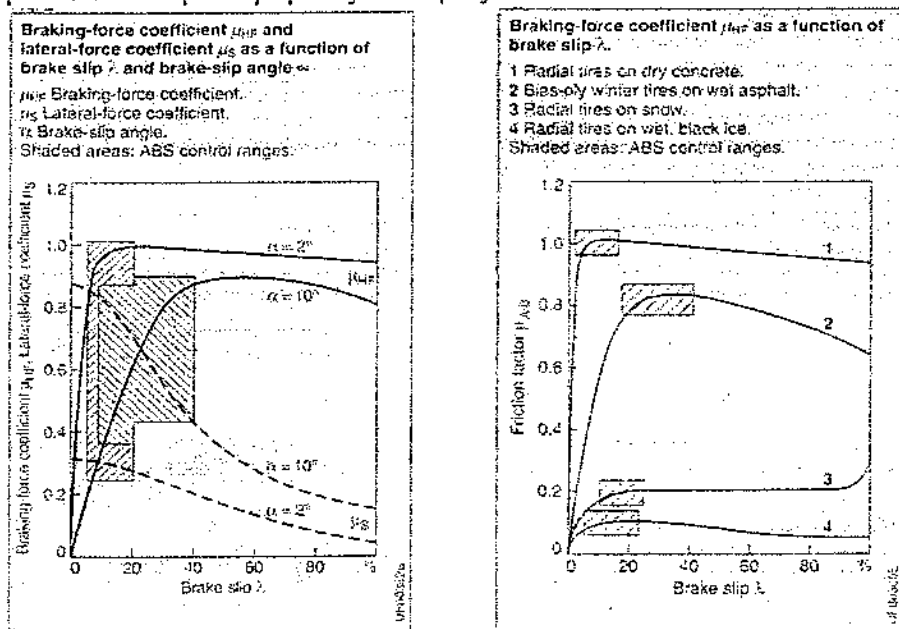
### 2.2.2. Δυναμική στους τροχούς κατά την διάρκεια φρεναρίσματος.

Τα σχήματα 2.18 και 2.19 παρουσιάζουν τις φυσικές σχέσεις που ορίζουν την οδήγηση φρεναρίσματος με ABS, μαζί με τις περιοχές στις οποίες το ABS λειτουργεί σαν κλειστός βρόγχος για τις λειτουργίες ελέγχου που φαίνονται με σκιαγράφιση. Οι καμπύλες (σχήμα 2.18) 1 (στεγνό), 2 (βρεγμένο) και 4(με πάγο) κάνουν ξεκάθαρο το ότι μικρότερες αποστάσεις φρεναρίσματος πετυχαίνονται με το ABS παρά κάτω από πανικό

και φρενάρισμα με μπλοκαρισμένους τροχούς. Στην καμπύλη 3 (χιόνι), μια σφήνα χιονιού αυξάνει την αποτελεσματικότητα του φρεναρίσματος σε μπλοκαρισμένους τροχούς. Γι' αυτό μερικοί κατασκευαστές αυτοκινήτων προσφέρουν έναν διακόπτη ON/OFF στα εξοπλισμένα με ABS οχήματά τους για την απενεργοποίηση του συστήματος κατά την οδήγηση στο χιόνι. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, το κύριο πλεονέκτημα του ABS είναι στις περιοχές της ευστάθειας του οχήματος και της διατήρησης του ελέγχου διεύθυνσης.

Όπως παρουσιάζονται οι καμπύλες των συντελεστών της δύναμης πέδησης  $\mu_{HF}$  και των πλάγιων δυνάμεων  $\mu_S$  στο διάγραμμα του σχήματος 2.19, η περιοχή ελέγχου του ABS πρέπει να επεκτείνεται πέρα από αυτή την ολίσθηση φρεναρίσματος γωνίας  $\alpha = 2^\circ$ , τη στιγμή που συναντάται η μεγαλύτερη γωνία ολίσθησης  $\alpha = 10^\circ$  (αυτό συμβαίνει με τις μεγάλες πλάγιες δυνάμεις οφειλόμενες στη μεγάλη περιοχή πλάγιας επιτάχυνσης). Όταν ζητάται μέγιστη δύναμη στο φρενάρισμα καθώς το όχημα στρίβει σε περιοχές μεγάλης πλάγιας επιτάχυνσης, το ABS αντιδρά με το να συνδυάζει αστραπιαία την ενεργή αντίδραση με (για παράδειγμα) μια αρχική ολίσθηση φρεναρίσματος της τάξης του 10%. Με  $\alpha=10^\circ$ , ο αρχικός συντελεστής της δύναμης πέδησης περιορίζεται στο  $\mu_{HF}=0,35$ , καθώς ο συντελεστής της πλάγιας δύναμης με  $\mu_S=0,80$  παραμένει κοντά στην μέγιστη τιμή του.

Καθώς το όχημα συνεχίζει να φρενάρει στην καμπύλη, οι περιοχές που επιτρέπεται η ολίσθηση από το ABS αυξάνεται αντιστρόφως ανάλογα με την ταχύτητα στροφής και την πλάγια επιτάχυνση. Οι μικρότεροι συντελεστές πλάγιας δύναμης που απορρέουν σαν αποτέλεσμα από την μείωση της πλάγιας επιτάχυνσης συνοδεύονται από μεγαλύτερα επίπεδα επιβράδυνσης. Έτσι, όποτε χρησιμοποιηθούν τα φρένα κατά την διάρκεια στροφής, οι δυνάμεις πέδησης αυξάνονται τόσο απότομα που η συνολική απόσταση φρεναρίσματος είναι ελάχιστα μεγαλύτερη από αυτή που μπορεί να επιτευχθεί κάτω από φρενάρισμα σε ευθεία με παρόμοιες συνθήκες.



**Σχήμα 2.18 (αριστερά):** Συντελεστής δύναμης πέδησης  $\mu_{HF}$  σαν λειτουργία της ολίσθησης  $\lambda$ .

1 Ακτινωτά ελαστικά σε ξηρό έδαφος, 2 Ελαστικά χειμώνα με διαγώνια γραμμή σε βρεγμένη άσφαλτο, 3 Ακτινωτά ελαστικά σε χιόνι, 4 ακτινωτά ελαστικά σε βρεγμένο μαύρο πάγο.

Σκιασμένες περιοχές: Περιοχές ελέγχου ABS.

**Σχήμα 2.19 (δεξιά):** Συντελεστής δύναμης πέδησης  $\mu_{HF}$  και συντελεστής  $\mu_S$  πλάγιας δύναμης σαν λειτουργία της ολίσθησης  $\lambda$  και της γωνίας ολίσθησης  $\alpha$ .

$\mu_{HF}$  Συντελεστής δύναμης πέδησης,  $\mu_S$  Συντελεστής πλάγιας δύναμης,  $\alpha$  Γωνία ολίσθησης πέδησης.

Σκιασμένες περιοχές: Περιοχές ελέγχου ABS.

[Brake systems – BOSCH – edition 95/96]



**ΠΡΟΣΟΧΗ:** ενώ τα εξοπλισμένα με ABS οχήματα μπορούν να σταματήσουν ελαφρώς σε πιο σύντομες αποστάσεις από τα παρόμοια μη εξοπλισμένα οχήματα, οι οδηγοί δεν πρέπει να αναπτύξουν μια ψεύτικη αίσθηση ασφάλειας για τα εξοπλισμένα με ABS οχήματα. Τα αντιμπλοκαριστικά συστήματα φρένων δεν θα παράσχουν επαρκή προστασία για οδήγηση πολύ γρήγορη για όλες αυτές τις συνθήκες και δεν θα αποτρέψουν ένα αυτοκίνητο από τη μετάβαση σε ολίσθηση που δεν έχει προκληθεί από τα φρένα. Γι' αυτό τα αντιμπλοκαριστικά συστήματα φρένων δεν αναφέρονται πλέον ως τα "αντιολισθητικά" φρένα.

## 2.3 Το σύστημα - συστατικά του συστήματος

Ένα χαρακτηριστικό αντιμπλοκαριστικό σύστημα φρένων αποτελείται από ένα συμβατικό υδραυλικό σύστημα φρένων (το βασικό σύστημα) συν διάφορα αντιμπλοκαριστικά συστατικά. Το βασικό σύστημα φρένων αποτελείται από μια κενή αντλία ισχύος, έναν κύριο κύλινδρο, τα μπροστινά δισκόφρενα, τα οπίσθια ταμπούρα ή δισκόφρενα, τις διάφορες σωληνώσεις και βαλβίδες σύνδεσης των διαφόρων μελών του μεταξύ τους, έναν αισθητήρα χαμηλής ρευστότητας, και μια κόκκινη προειδοποιητική λυχνία του συστήματος φρένων. Τα αντιμπλοκαριστικά συστατικά, προστίθενται σε αυτό το βασικό σύστημα για να παρέχουν την δυνατότητα αντιμπλοκαριστικού φρεναρίσματος. Εάν το ABS είναι σύστημα τριών ή τεσσάρων καναλιών, ή ελέγχει και τα τέσσερα φρένα χωριστά, υπάρχουν κοινά ή παρόμοια συστατικά σε κάθε σύστημα.

Για αρχή θα πρέπει να τονίσουμε ότι το πεντάλ φρένου σε ένα όχημα που εξοπλίζεται με ABS έχει μια διαφορετική αίσθηση από αυτό ενός συμβατικού συστήματος φρένων. Όταν το ABS ενεργοποιείται, μια μικρή πρόσκρουση που ακολουθείται από γρήγορους παλμούς του πεντάλ θα συνεχιστεί έως ότου το όχημα σταματήσει ή το ABS απενεργοποιηθεί. Αυτοί οι παλμοί είναι το αποτέλεσμα της διαμόρφωσης πίεσης στα φρένα. Αυτοί οι παλμοί γίνονται αισθητοί περισσότερο σε μερικά συστήματα απ' ό,τι σε άλλα. Αυτό οφείλεται στη χρήση των βαλβίδων απόσβεσης σε μερικές μονάδες διαμόρφωσης. Εάν η αίσθηση του πεντάλ είναι ανήσυχη κατά τη διάρκεια της διάγνωσης ενός προβλήματος φρένων, συγκρίνετε την αίσθηση του πεντάλ φρένου με αυτή ενός παρόμοιου οχήματος με ένα αντιμπλοκαριστικό σύστημα φρένων που λειτουργεί κανονικά.

Τη μονάδα ABS συγκρατούν δύο βασικές συσκευές με τα απαραίτητα κυκλώματα και εξαρτήματά τους:

- Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, και
- Η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα

Τα εξαρτήματα και οι συσκευές που πλαισιώνουν τις δύο κύριες μονάδες του ABS είναι:

1. Δύο μικροεπεξεργαστές της μονάδας ελέγχου.
2. Ηλεκτροϋδραυλική μονάδα ελέγχου.
3. Αισθητήρες ταχύτητας για τους πίσω και μπροστινούς τροχούς.
4. Ρυθμιστής υδραυλικής πίεσης.
5. Αντλία επιστροφής ή ανακυκλοφορίας του υγρού φρένων
6. Ηλεκτροβαλβίδες.
7. Συσσωρευτής υγρού φρένων.
8. Θάλαμος αποθήκευσης.
9. Ηλεκτρικό κύκλωμα.
10. Διακόπτης ελέγχου αντλίας.
11. Ρελέ ασφαλείας (ηλεκτρονόμοι).
12. Προειδοποιητική λυχνία του συστήματος ABS.

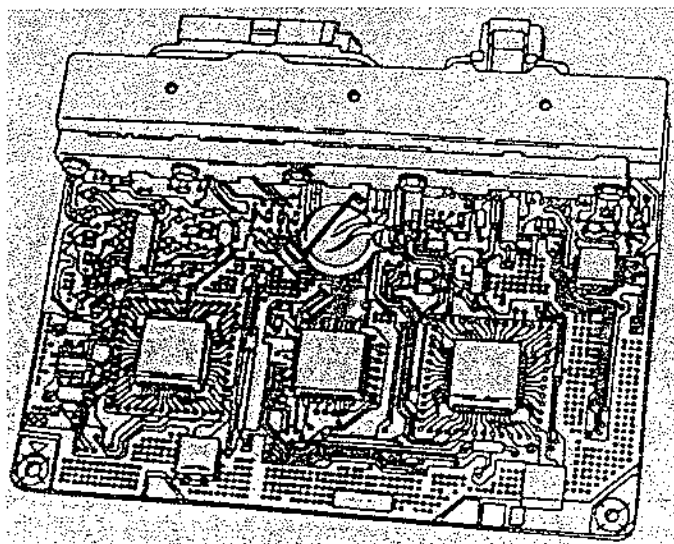
### 2.3.1. Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ABS.

Ο λόγος που ένα ABS μπορεί να αντιδράσει τόσο γρήγορα είναι ότι ελέγχεται ηλεκτρονικά. Ένα ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου ABS χρησιμοποιεί συσκευές εισόδου πληροφοριών όπως οι αισθητήρες ταχύτητας τροχών και οι διακόπτες αισθητήρων του πεντάλ φρένου για να παρέχουν στοιχεία λειτουργίας σε μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Ο ελεγκτής (σχήμα 2.20) είναι ένας μικροεπεξεργαστής που συγκρίνει αυτά τα δεδομένα εισόδου με στοιχεία που καταχωρούνται στη μνήμη της μονάδας ελέγχου. Βασισμένη σε αυτές τις συγκρίσεις, η μονάδα ελέγχου ενεργοποιεί ορισμένες συσκευές εξόδου στο σύστημα, όπως οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ή οι προειδοποιητικοί φωτεινοί διακόπτες. Τα στοιχεία παραλαμβάνονται από τον ελεγκτή υπό μορφή χαμηλής τάσης σημάτων από τους αισθητήρες εισόδου. Ο ελεγκτής ενεργοποιεί τις συσκευές εξόδου του συστήματος με την αποστολή των σημάτων τάσης στις συσκευές εξόδου.

Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες μπορούν να αποκριθούν στις εντολές του ελεγκτή μέσα σε πέντε χιλιοστά του δευτερολέπτου. Με την ανακύκλωση των σημάτων τάσης (on και off) στις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, η υδραυλική πίεση στις υδραυλικές μονάδες μπορεί να πάλλεται μέχρι 15 φορές ανά δευτερόλεπτο. Τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου προσφέρουν ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα – αυτοδιαγνωστική ικανότητα. Ο ελεγκτής ελέγχει την κατάσταση ABS πάντα και καταγράφει οποιαδήποτε κατάσταση που είναι έξω από το συνηθισμένο. Αυτές καταχωρούνται ως ψηφιακοί κώδικες προβλήματος στη μνήμη του ελεγκτή και μπορούν να προσεγγιστούν από τον τεχνικό για να ανιχνεύσουν λάθη το σύστημα.

Αν παρουσιαστεί βλάβη στο ABS τότε η μονάδα ελέγχου διακόπτει τη λειτουργία της και το σύστημα πέδησης επανέρχεται στο συμβατικό, ενώ ταυτόχρονα ανάβει η ενδεικτική λυχνία στο ταμπλό, για να ενημερωθεί ο οδηγός. Κατά την ομαλή λειτουργία του συστήματος ABS, η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, που είναι μόνο για το σύστημα, πραγματοποιεί τους παρακάτω ελέγχους:

- Συλλέγει και αξιολογεί τις πληροφορίες που παίρνει από τους αισθητήρες ταχύτητας των τροχών.



Σχήμα 2.20: Πλακέτα ηλεκτρονικού ελεγκτήρα αντιμπλοκαρίσματος φρένων (Κατασκευή της General Motors Corporation).

*[Today's technician classroom Manual for automotive brake systems]*

- Ενεργοποιεί τις αντίστοιχες ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες της μονάδας υδραυλικού ελέγχου.
- Υπολογίζει την ταχύτητα του αυτοκινήτου.
- Ανιχνεύει, κατά την διάρκεια του φρεναρίσματος, την τυχόν υπέρβαση του προβλεπόμενου ορίου ολίσθησης κάποιου τροχού.

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (εγκέφαλος ή ECU) είναι ένας μικρός ηλεκτρονικός υπολογιστής πολλών καναλιών. Εκεί λαμβάνονται τα ηλεκτρικά σήματα των αισθητήρων στροφών, τα οποία είναι μεγέθη ανάλογα προς την ταχύτητα των τροχών, και αναφέρονται στην επιτάχυνση, την επιβράδυνση και την ολίσθηση.

Με λογικό συνδυασμό αυτών των μεγεθών προκύπτουν αντίστοιχες εντολές ελέγχου για τις ηλεκτρομαγνητικά ενεργοποιούμενες βαλβίδες, μέσα στο υδραυλικό συγκρότημα, και κατ' επέκταση η ρύθμιση της πίεσης των υγρών φρένων στα αντίστοιχα κυκλώματα.

Η επεξεργασία των σημάτων μέσα στον υπολογιστή, προσδιορίζει τη χαρακτηριστική ρύθμιση του συστήματος. Χάρη στην ψηφιακή τεχνολογία με ολοκληρωμένα κυκλώματα επιτυγχάνεται η προσδοκούμενη υψηλή αξιοπιστία.

Για την κάλυψη των αυξημένων αναγκών σε ασφάλεια, η ECU περιλαμβάνει ηλεκτρονικά κυκλώματα παρακολούθησης, τα οποία ελέγχουν συνεχώς κατά την πορεία, την ικανότητα λειτουργίας (ετοιμότητας) πριν από κάθε νέα κίνηση του οχήματος, την κατάσταση της πλεξούδας καλωδίωσης του συστήματος ABS με τα εξαρτήματά του. Αν διαπιστωθεί από τη ρυθμιστική διάταξη κάποια ανωμαλία στην πλεξούδα καλωδίωσης ή στο ηλεκτρικό μέρος των συγκροτημάτων, τότε το κύκλωμα παρακολούθησης, διακόπτει την λειτουργία του συστήματος ABS και επιβεβαιώνει ότι διατηρείται η κανονική λειτουργία του συστήματος φρένων.

Η ECU συνήθως τοποθετείται στο θάλαμο επιβατών για να αποφεύγονται οι υψηλές θερμοκρασίες του κινητήρα, και οι καιρικές επιδράσεις. Όταν η ECU τοποθετείται στο χώρο του κινητήρα αυτή είναι ειδικών προδιαγραφών.

### 2.3.2. Ηλεκτροϋδραυλική μονάδα ελέγχου.

Η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα ελέγχου συνδέεται υδραυλικά με την κύρια αντλία φρένων του αυτοκινήτου και των υδραυλικών κυκλωμάτων τεσσάρων τροχών. Η υδραυλική μονάδα ρυθμίζει την πίεση του φρεναρίσματος του κάθε τροχού, ανάλογα με τα σήματα που στέλνουν οι αισθητήρες των τροχών στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου και αυτή στη συνέχεια διαβιβάζει τις ανάλογες εντολές στις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες.

Η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα αποτελείται από τα παρακάτω εξαρτήματα:

- Από τις οκτώ ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ρύθμισης της πίεσης στα φρένα,
- Από την ηλεκτροκίνητη αντλία επιστροφής των υγρών φρένων,
- Από τους συσσωρευτές αποθήκευσης υγρού, και
- Το ηλεκτρικό κύκλωμα.

### 2.3.3. Αισθητήρες ταχύτητας τροχών.

Η ECU χρησιμοποιεί τα σήματα που παρέχονται από τους αισθητήρες τροχών σαν την βάση για την απόφαση των περιστροφικών ταχυτήτων των τροχών.

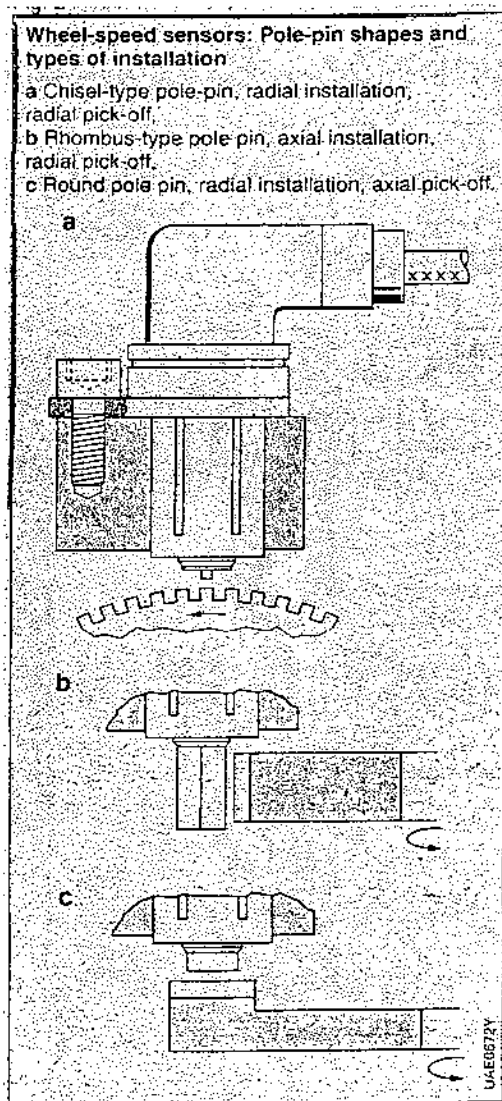
Οι αισθητήρες ταχύτητας τροχών αποτελούνται από ένα πηνίο με μόνιμο μαγνήτη και είναι τοποθετημένοι πάνω στο ακραξόνιο ή στο μουαγιέ του τροχού ή στο διαφορικό, στον κεντρικό άξονα. Απέναντι από κάθε αισθητήρα ταχύτητας τροχών περιστρέφεται ένα οδοντωτό γρανάζι που περνά εμπρός απ' την διαρκώς μαγνητισμένη άκρη του αισθητήρα.

Όταν το οδοντωτό γρανάζι περιστρέφεται, ο μαγνητικός πόλος διαδοχικά τίθεται είτε απέναντι σε ένα δόντι του γραναζιού είτε απέναντι σε ένα διάκενο. Αυτή η κίνηση προκαλεί μεταβολή της μαγνητικής ροής από τον πόλο προς το γρανάζι και έτσι

δημιουργείται μια ηλεκτρική τάση στα άκρα του τυλίγματος. Η συχνότητα αυτής της τάσης μετράει την ταχύτητα περιστροφής του τροχού.

Υπάρχουν διάφορες μορφές του μαγνητικού πόλου, ανάλογα με τις δυνατότητες εγκατάστασης του αισθητήρα κοντά στο γρανάζι (σχήμα 2.21).

Ο πόλος τύπου κοπιδίου έχει σχεδιαστεί για κάθετη εγκατάσταση ως προς το γρανάζι του αισθητήρα και είναι η πιο κοινή θέση. Ο πόλος τύπου ρόμβου, για αξονικές εγκαταστάσεις τοποθετείται σε ακτινωτή γωνία πάνω από το γρανάζι. Και στα δύο αυτά σχέδια είναι αναγκαίο ο πόλος (σχήματος ακίδας) να είναι τοποθετημένος με ακρίβεια σε σχέση με το γρανάζι. Από την άλλη πλευρά δεν χρειάζονται ιδιαίτερες ευθυγραμμίσεις για τον πόλο κυκλικού τύπου.



**Σχήμα 2.21: Αισθητήρες ταχύτητας τροχών: Σχήματα των πόλων των ακίδων και τύποι εγκατάστασης.**

- a Σκαλιστού τύπου πόλος ακίδας, ακτινωτή εγκατάσταση, ακτινική τροφοδοσία πληροφορίας,
- b Τύπος ρόμβου πόλος ακίδας, αξονική εγκατάσταση, ακτινική τροφοδοσία πληροφορίας,
- c Κυκλικός πόλος ακίδας, ακτινική εγκατάσταση, αξονική τροφοδοσία πληροφορίας.

[Brake systems – BOSCH – edition 95/96]

Το οδοντωτό γρανάζι πρέπει να έχει μια σχετικά μεγάλη διάμετρο για να υπάρχει ακρίβεια στην μέτρηση της ταχύτητας του τροχού, επίσης το διάκενο μεταξύ των δοντιών του πόλου και γραναζιού δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 1 mm.

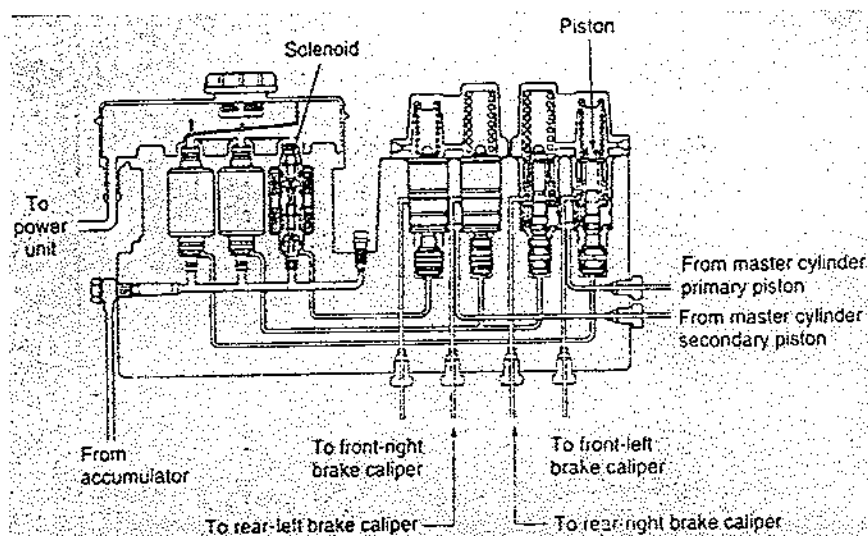
Οι αισθητήρες ταχύτητας πρέπει να γρασσώνονται όταν τοποθετούνται γιατί είναι εκτεθειμένοι στη σκόνη και στα νερά των δρόμων.

Τα συστήματα τριών καναλιών διαθέτουν για τον πίσω άξονα έναν αισθητήρα ταχύτητας τροχών είναι τοποθετημένος στο διαφορικό.

Αισθητήρας ταχύτητας τροχού DF2: Ο αισθητήρας τροχού DF2 αποτελείται από ανεξάρτητα ημιαθροίσματα (ρυθμιστές) σχεδιασμένα να επιτρέπουν ανεξάρτητα

τεστάρισμα. Αυτός ο αισθητήρας είναι κλεισμένος μέσα σε έναν σωλήνα από ανοξείδωτο χάλυβα. Η προεξοχή της μονάδας είναι ψεκασμένη με πλαστικό και η φλάντζα απομονώνει αυτό και τις ενώσεις του από τον θάλαμο.

Αισθητήρας ταχύτητας τροχού DF3: Ο αισθητήρας ταχύτητας DF3 είναι μια απλοποιημένη έκδοση του DF2, με τον οποίο μοιράζεται και την εσωτερική κατασκευή και την αρχή της επαγωγικής λειτουργίας. Το στοιχείο του αισθητήρα μέσα στον πλαστικό θάλαμο είναι τελείως εσώκλειστο σε ρητίνη για προστασία ενάντια σε εξωτερικούς επηρεασμούς. Η μονάδα είναι αναβαθμισμένη χρησιμοποιώντας ένα σωλήνα από ορείχαλκο εσωτερικά του θαλάμου.



**Σχήμα 2.22:** Σχήμα ενός τυπικού συμπλέγματος ρυθμιστή που δείχνει το ρυθμιστικό έμβολο και τις μονάδες των σωληνοειδών βαλβίδων (courtesy of Honda Motor Co Ltd.).  
[Today's technician classroom Manual for automotive brake systems.]

#### 2.3.4. Σύμπλεγμα υδραυλικού ελέγχου με βαλβίδες (ρυθμιστής υδραυλικής πίεσης).

Η μονάδα βαλβίδων υδραυλικού ελέγχου περιέχει τα ηλεκτρικά και μηχανικά συστατικά που απαιτούνται για να διαμορφώσουν την πίεση υγρού σε κάθε υδραυλικό κύκλωμα φρένων που ελέγχεται από το σύστημα. Αυτά τα συστατικά περιλαμβάνουν τις βαλβίδες, τα σωληνοειδή, τα έμβολα, και τους διάφορους θαλάμους και περάσματα (σχήμα 2.22). Κατά τη διάρκεια κανονικής οδήγησης, τα υδραυτικά κυκλώματα ABS στον υδραυλικό ρυθμιστή παρακάμπτονται και το βασικό σύστημα φρένων ελέγχει το όχημα. Κατά τη διάρκεια σκληρού φρεναρίσματος, τα υδραυτικά κυκλώματα ABS και τα συστατικά τους τοποθετούνται υπό τον έλεγχο του ελεγκτή. Αυτή η μονάδα ελέγχει την απελευθέρωση και την εφαρμογή της πίεσης του συστήματος φρένων στις μονάδες φρένων των τροχών. Μερικά συστήματα χρησιμοποιούν μια ενσωματωμένου τύπου μονάδα βαλβίδων ελέγχου (σχήμα 2.23), εννοώντας με αυτόν τον όρο ότι αυτή η μονάδα είναι μέρος μιας ενιαίας μονάδας που περιέχει επίσης την αντλία ισχύος και τον κύριο κύλινδρο. Μια μη-ενσωματωμένου τύπου μονάδα βαλβίδων ελέγχου (σχήμα 2.24) είναι τοποθετημένη εξωτερικά από τον κύριο κύλινδρο / την μονάδα αντλίας ισχύος και βρίσκεται μεταξύ του κύριου κυλίνδρου και των μονάδων φρένων των τροχών. Και οι δύο τύποι περιέχουν τυπικά τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες που ελέγχουν την απελευθέρωση, τη συγκράτηση, και την εφαρμογή της πίεσης του συστήματος φρένων.

### 2.3.5. Αντλία επιστροφής.

Επειδή το αντιμπλοκαριστικό σύστημα φρένων δουλεύει ανεξάρτητα από το βασικό σύστημα φρένων, αυτό χρειάζεται τη δικιά του πηγή υδραυλικής πίεσης. Αυτή η πηγή είναι κανονικά μια ηλεκτρική αντλία. Η αντλία αποτελείται χαρακτηριστικά από ένα ηλεκτρικό μοτέρ, ένα φίλτρο, έναν οδηγό, μια ράβδο εμβόλων, και το σώμα κυλίνδρων. Επειδή ο οδηγός δεν είναι τοποθετημένος στο κέντρο του άξονα κίνησης της μηχανής, η περιστροφή του άξονα και του σώματος κυλίνδρων αναγκάζει τη ράβδο εμβόλων να κινηθεί πάνω-κάτω. Αυτή η παλινδρομική κίνηση πρεσάρει το υγρό φρένων. Το πρεσαρισμένο υγρό φρένων έπειτα τροφοδοτείται στην βαλβίδα ανακούφισης, στο συσσωρευτή, και στον υδραυλικό ρυθμιστή. Οι πιέσεις που παράγονται από την αντλία μπορούν να είναι τόσο υψηλές όσο 2.800 PSI.

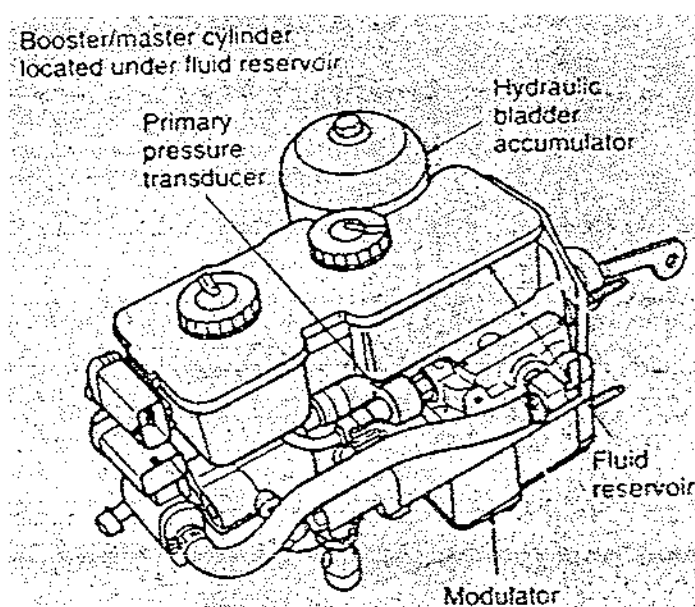
Καθώς η πίεση απελευθερώνεται από τους κυλίνδρους των τροχών, η αντλία επιστροφής μεταφέρει το υγρό φρένων που χρησιμοποιήθηκε μέσω του συσσωρευτή πίσω στον κεντρικό κύλινδρο φρένων.

### 2.3.6. Ηλεκτροβαλβίδες.

Κάθε τροχός έχει δύο βαλβίδες (εισαγωγής και εξαγωγής) και όλο το σύστημα, το οποίο αποτελείται από 8 βαλβίδες, μαζί με την αντλία επιστροφής υγρού ελέγχονται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του ABS, βάσει των σημάτων που στέλνουν οι αισθητήρες ταχύτητας των τεσσάρων τροχών.

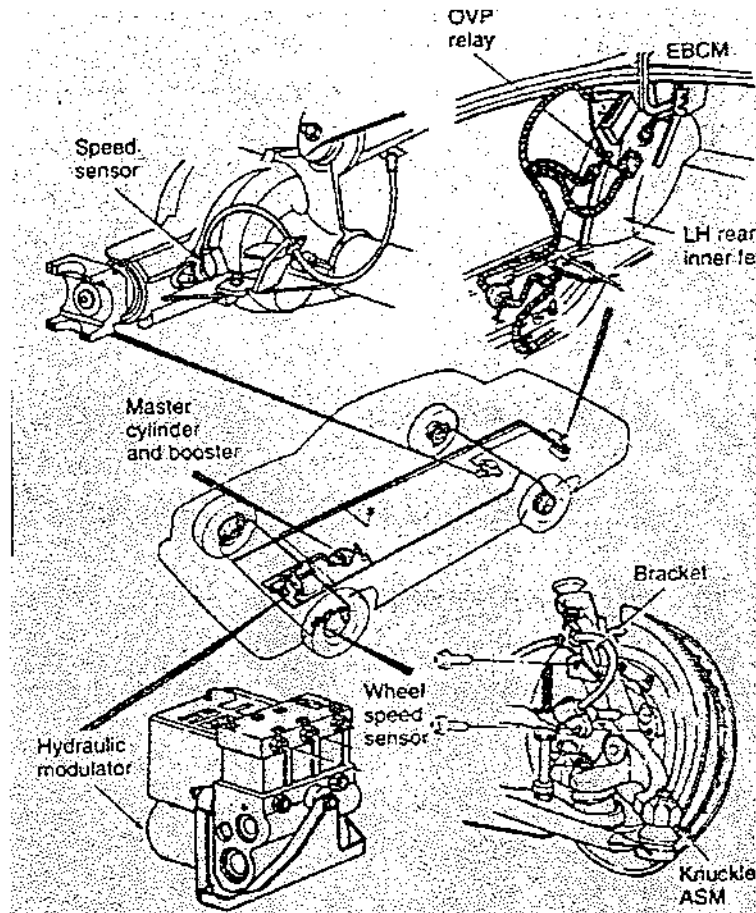
### 2.3.7. Συσσωρευτής υγρών φρένων.

Οι συσσωρευτές βρίσκονται ενσωματωμένοι σε πολλά αντιμπλοκαριστικά συστήματα φρένων. Ο συσσωρευτής καταχωρεί το ιδιαίτερα πρεσαρισμένο υγρό φρένων από την αντλία (σχήμα 2.25). Όταν το αντιμπλοκαριστικό σύστημα φρένων ενεργοποιείται, ο συσσωρευτής βοηθάει την παροχή του ιδιαίτερα πρεσαρισμένου υγρού φρένων της αντλίας στον υδραυλικό ρυθμιστή. Για να διατηρήσει τις υψηλές υδραυλικές πιέσεις μέσα στο συσσωρευτή, ο συσσωρευτή γεμίζει με μια ποσότητα από το ιδιαίτερα πρεσαρισμένο αέριο αζώτου.



Σχήμα 2.23: Ολοκληρωτικό σύμπλεγμα υδραυλικής βαλβίδας ελέγχου φρένων (Courtesy of Chrysler Motor Corporation).

[Today's technician classroom Manual for automotive brake systems.]

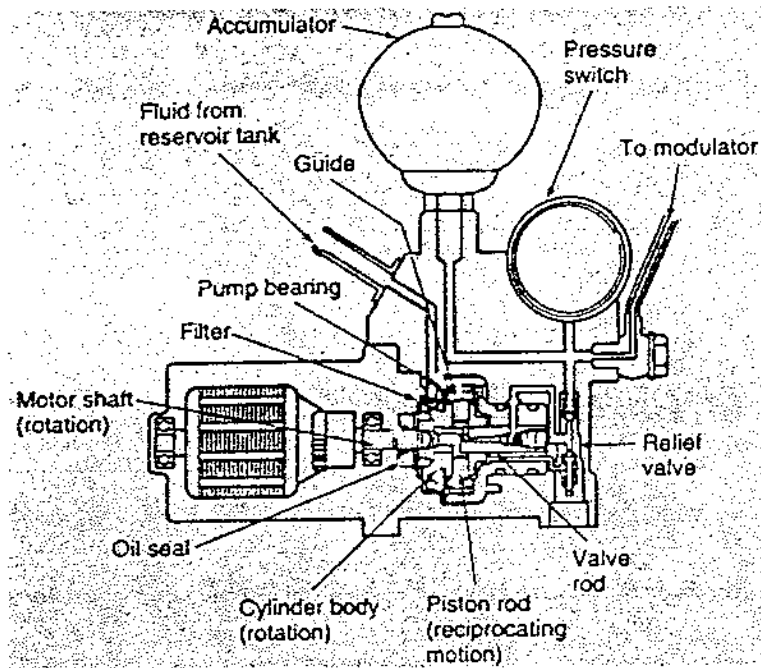


Σχήμα 2.24: Μη ολοκληρωτικό σύμπλεγμα υδραυλικής βαλβίδας ελέγχου φρένων (Courtesy of General Motors Corporation).

[Today's technician classroom Manual for automotive brake systems.]

Ο συσσωρευτής με λίγα λόγια απορροφά προσωρινά την διόγκωση του ρευστού που εμφανίζεται καθώς το υγρό φρένων αποφορτίζεται κατά τη διάρκεια της φάσης απελευθέρωσης της πίεσης.

**ΠΡΟΣΟΧΗ!** Μερικά πρόσθετα συστήματα, όπως το Delco Moraine ABS-VI, δεν χρησιμοποιούν έναν ενιαίο συσσωρευτή αντλιών ή υψηλής πίεσης για να δημιουργήσουν τις υδραυλικές πιέσεις που απαιτούνται για να ενεργοποιήσουν το σύστημα ABS. Αντί αυτού, αυτό το σύστημα ABS αυξάνει και μειώνει τη πίεση υγρού μέσω της χρήσης μικρών ηλεκτρικών μοτέρ ελικοειδούς κίνησης σε κάθε κύκλωμα τροχών. Όταν μια από αυτές τις μηχανές ενεργοποιείται, η βίδα κίνησης ωθεί ένα μικρό έμβολο να πρεσάρει το υδραυλικό υγρό μπροστά από το έμβολο. Για να απελευθερώσει την υδραυλική πίεση σε μια μονάδα φρένων, η μηχανή αντιστρέφεται και η βίδα κίνησης αποσύρεται. Για να παρέχει ακριβή έλεγχο, ένα ηλεκτρομαγνητικό φρένο χρησιμοποιείται για να βοηθήσει τη μηχανή να σταματήσει γρήγορα. Το σύνολο της μηχανής και οι μονάδες φρένων βρίσκονται στον υδραυλικό ρυθμιστή του συστήματος. Το ABS-VI σύστημα λειτουργεί σε πιέσεις κοντινές σε αυτές που συναντάμε σε ένα βασικό σύστημα φρένων.



**Σχήμα 2.25: Στοιχεία από τα οποία αποτελείται η μονάδα αντλίας / γεννήτριας ( Courtesy if Honda Motor Co Ltd.)**  
*[Today's technician classroom Manual for automotive brake systems.]*

### 2.3.8. Θάλαμος αποθήκευσης (ρεζερβουάρ).

Το υδραυλικό ρευστό που χρησιμοποιείται για τα περισσότερα αντιμπλοκαριστικά συστήματα φρένων προέρχεται από τη δεξαμενή του κύριου κυλίνδρου. Η δεξαμενή φρένων είναι χαρακτηριστικά πολύ μεγαλύτερη από αυτή που χρησιμοποιείται στα οχήματα χωρίς ABS. Εντούτοις, μερικά συστήματα χρησιμοποιούν μια δεύτερη δεξαμενή. Αυτή η μικρότερη δεξαμενή συλλέγει το πρεσαρισμένο ρευστό καθώς επιστρέφει από τις μονάδες φρένων. Αυτή η δεξαμενή είναι μια δεξαμενή συγκράτησης μόνο και βρίσκεται πριν από την αντλία στο υδραυλικό κύκλωμα. Δεν είναι υπό πίεση όπως ένας συσσωρευτής.

### 2.3.9. Ηλεκτρικά κυκλώματα.

Το σχήμα 2.26 δείχνει ένα διάγραμμα κυκλώματος για μονάδα ABS 2S με τέσσερα κανάλια, εξοπλισμένη με τέσσερις αισθητήρες ταχύτητας τροχών και τέσσερις σωληνοειδής βαλβίδες. Οι ηλεκτρικές ενώσεις που συνδέονται με τα ποικίλα μέρη που ελέγχονται ηλεκτρικά, συγκεντρώνονται σε ένα σύμπλεγμα καλωδίων. Και το σύμπλεγμα καλωδίων και τα μέρη τα ίδια πρέπει να είναι εγκατεστημένα σε προστατευμένα σημεία για να αποφευχθεί ζημιά από νερό. Ένας άλλος κίνδυνος που πρέπει να αποφευχθεί είναι η διάβρωση, της οποίας τα αποτελέσματα σε υψηλά επίπεδα στις αντιστάσεις των συνδέσεων και των δύσκολων σημείων κατά την λειτουργία, οδηγεί ολοκληρωτικά στην αποτυχία του συστήματος.

Για να εξασφαλίσουμε ότι το σύστημα λειτουργεί με μέγιστη αποτελεσματικότητα, η διαδικασία σχεδίασης για κάθε κομμάτι συμπεριλαμβάνει υπολογισμούς καλωδίων για εκτίμηση των απωλειών στις γραμμές στις κρίσιμες συνδέσεις. Υπερβολική πτώση της τάσης (συνδεόμενη με την μονάδα ελέγχου ECU) θα μπορούσε να οδηγήσει σε πρόωρο κλείσιμο του συστήματος. Οι απώλειες στις γραμμές μπορούν επίσης να επηρεάσουν την λειτουργία των σωληνοειδών βαλβίδων και της αντλίας επιστροφής, με καθυστερήσεις μεταβολών και ελαττωμένη αντλιτική αποτελεσματικότητα σαν αποτέλεσμα.

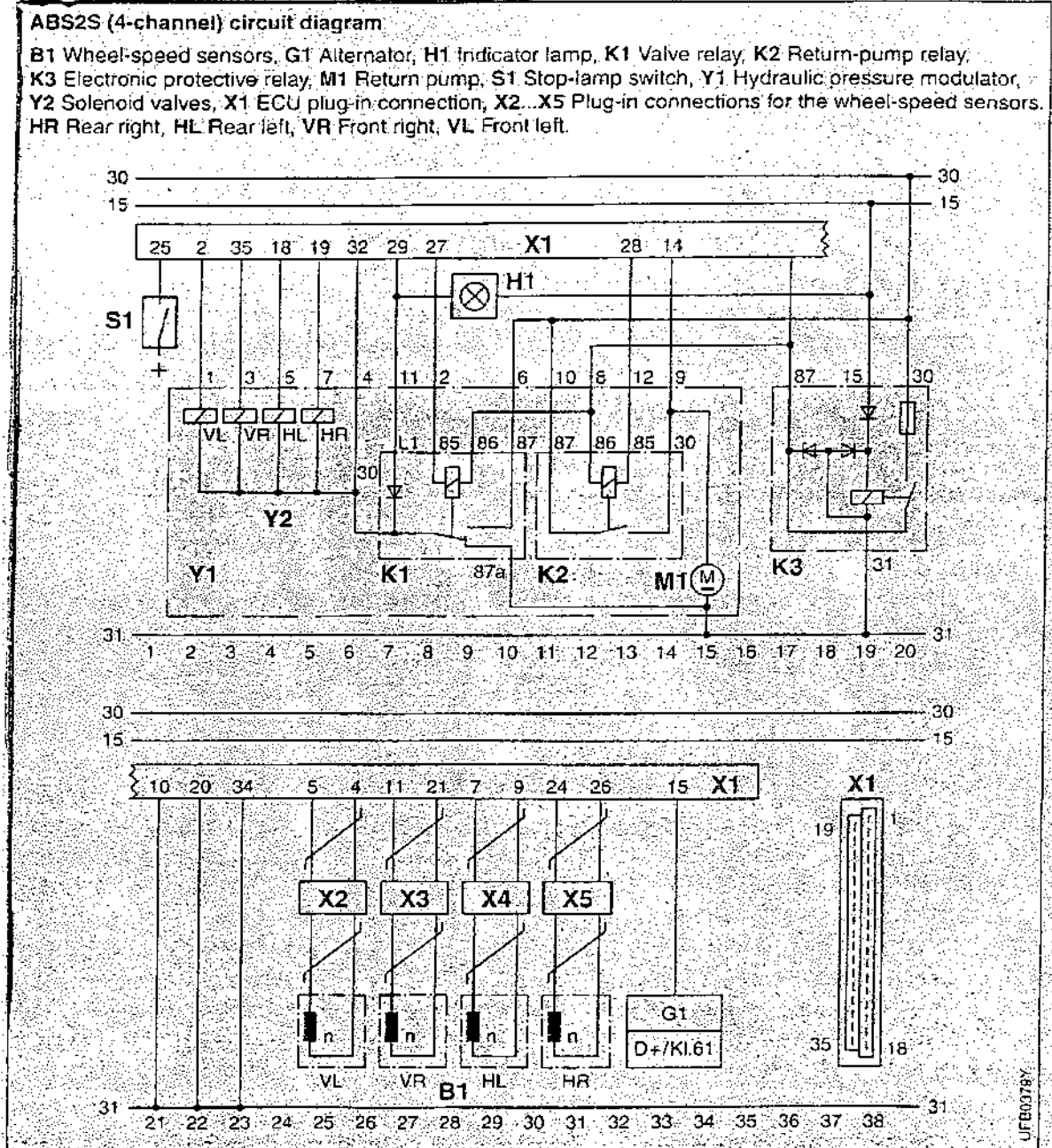


### 2.3.10. Διακόπτης ελέγχου αντλίας.

Σε όλα τα συστήματα με μια αντλία, υπάρχει ένας διακόπτης για να θέτει την αντλία στη θέση on και στη θέση off. Σε μερικά συστήματα, ένας διακόπτης πίεσης ελέγχει το επίπεδο πίεσης στο συσσωρευτή. Η αντλία ανοίγει όταν η πίεση πέφτει κάτω από ένα συγκεκριμένο επίπεδο. Ο διακόπτης είναι ευαίσθητος στην πίεση. Όταν η πίεση είναι σε ή επάνω από το προσδιορισμένο ποσό, ο διακόπτης είναι κλειστός. Όταν η πίεση πέφτει κάτω από εκείνο το ποσό, ο διακόπτης ανοίγει. Όταν ο διακόπτης είναι ανοικτός, το ρελέ του μοτέρ της αντλίας ενεργοποιεί την αντλία για να αυξήσει την πίεση στο σύστημα. Εάν η πίεση δεν φθάνει στο ορισμένο επίπεδο, η προειδοποιητική λυχνία του ABS θα ανάψει στο ταμπλό. Σε άλλα συστήματα, συμπεριλαμβανομένων πολλών οχημάτων Ford, ένας αντιμπλοκαριστικός διακόπτης πεντάλ φρένου χρησιμοποιείται για να ελέγξει την πορεία του πεντάλ του φρένου. Αυτός ο διακόπτης στέλνει τις πληροφορίες στην αντιμπλοκαριστική μονάδα ελέγχου φρένων. Ο αντιμπλοκαριστικός διακόπτης πεντάλ φρένου τοποθετείται στο βραχίονα υποστήριξης του πεντάλ φρένου και σε μια ακίδα επάνω στο βραχίονα της βαλβίδας προσαρμογής της αποθηκευμένης ταχύτητας ελέγχου.

Ο διακόπτης είναι κανονικά κλειστός. Όταν η διαδρομή του πεντάλ φρένου υπερβαίνει τη ρύθμιση του αντιμπλοκαριστικού διακόπτη του πεντάλ φρένου κατά τη διάρκεια μιας αντιμπλοκαριστικής στάσης, ο διακόπτης ανοίγει και η ρύθμιση ελέγχου στηρίζει το πηνίο του ηλεκτρονόμου για το μοτέρ της αντλίας. Αυτό θέτει την αντλία στη θέση on. Όταν το μοτέρ της αντλίας δουλεύει, η δεξαμενή υδραυλικού υγρού γεμίζει με υψηλής πίεσης υγρό φρένων, και το πεντάλ φρένου ωθείται επάνω έως ότου κλείσει πάλι ο αντιμπλοκαριστικός διακόπτης πεντάλ φρένου. Όταν ο αντιμπλοκαριστικός διακόπτης πεντάλ φρένου κλείσει, το μοτέρ της αντλίας κλείνει και το πεντάλ φρένου πέφτει λίγο με κάθε κύκλο ελέγχου ABS έως ότου ανοίγει πάλι ο αντιμπλοκαριστικός διακόπτης πεντάλ φρένου και το μοτέρ της αντλίας ανοίγει. Αυτή η ανακύκλωση της αντλίας ελαχιστοποιεί τους παλμούς του πεντάλ κατά τη διάρκεια της λειτουργίας ABS.

Fig. 12



**Σχήμα 2.26: Διάγραμμα του κυκλώματος του ABS2S (4-канάλια).**

**B1** Αισθητήρες ταχύτητας τροχών, **G1** Μετασχηματιστής, **H1** Λαμπτήρας υπόδειξης, **K1** Ρελέ βαλβίδας, **K2** Ρελέ αντλίας επιστροφής, **K3** Ρελέ ηλεκτρονικής προστασίας, **M1** Αντλία επιστροφής, **S1** Διακόπτης λαμπτήρα τερματισμού, **Y1** Ρυθμιστής υδραυλικής πίεσης, **Y2** Σωληνοειδής βαλβίδες, **X1** Σύνδεση φιο του ελεγκτή ECU, **X2...X5** συνδέσεις φιο για τους αισθητήρες ταχύτητας τροχών, **HR** Πίσω δεξιά, **HL** Πίσω αριστερά, **VR** Μπροστά δεξιά, **VL** Μπροστά αριστερά.

[Brake systems – BOSCH – edition 95/96]

Μερικά πρόωρα συστήματα ABS χρησιμοποίησαν έναν πλευρικό διακόπτη επιτάχυνσης, ο οποίος μετρούσε την πλευρική μετακίνηση. Αυτός ο διακόπτης είναι σχεδιασμένος για να ενημερώνει τον ρυθμιστή ελέγχου εάν το όχημα στρίβει ή πηγαίνει γύρω από μια καμπύλη. Ο ρυθμιστής ελέγχου είναι προγραμματισμένος να αντιδρά διαφορετικά εάν το αυτοκίνητο φρενάρει την ώρα που στρίβει απότομα ή πηγαίνει γύρω από μια καμπύλη με μέτριες έως υψηλές ταχύτητες.

### 2.3.11. Ρελέ ασφαλείας (ηλεκτρονόμοι).

Ένα διάγραμμα καλωδίωσης (σχήμα 2.26) εμφανίζεται για ένα τυπικό αντιμπλοκαριστικό σύστημα φρένων. Όπως μπορείτε να δείτε, οι διάφοροι ηλεκτρικοί ηλεκτρονόμοι χρησιμοποιούνται για να ελέγξουν το μοτέρ της αντλίας ή / και να ενεργήσουν ως ηλεκτρονόμοι ασφαλείας. Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ABS ελέγχει τη λειτουργία των ηλεκτρονόμων ισχύος ABS και των ηλεκτρονόμων αντλιών / μηχανών στηρίζοντας το κύκλωμα του πηνίου του ηλεκτρονόμου.

### 2.3.12. Προειδοποιητική λυχνία του συστήματος ABS.

Εκτός από την κόκκινη προειδοποιητική λυχνία του συστήματος φρένων που εξυπηρετεί το βασικό σύστημα φρένων, τα περισσότερα αντιμπλοκαριστικά συστήματα φρένων είναι εξοπλισμένα με μια πρόσθετη προειδοποιητική κίτρινη λυχνία, η οποία χρησιμοποιείται για να δείξει μια δυσλειτουργία μέσα στο σύστημα ή και για να χρησιμεύσει ως μια διαγνωστική ενίσχυση για το σύστημα.

Αυτή η λυχνία βρίσκεται στο ταμπλό των οργάνων ελέγχου και ανάβει όταν παρουσιαστεί κάποια βλάβη ή ανωμαλία στο σύστημα.

## 2.4 Λειτουργία του συστήματος ABS

Σ' ένα ηλεκτρονικά ελεγχόμενο σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών, η πίεση πέδησης, που ασκείται στο πεντάλ των φρένων, διαμορφώνεται κατά τέτοιο μέγεθος, ώστε να απομακρύνεται ο κίνδυνος του μπλοκαρίσματος τροχών, πράγμα που δεν συμβαίνει στα αυτοκίνητα που δεν διαθέτουν σύστημα ABS.

Ανεξάρτητα από τον τύπο συστήματος, θα υπάρχουν πάντα ορισμένα γενικά λειτουργικά χαρακτηριστικά και χαρακτηριστικά συστημάτων που ένας τεχνικός πρέπει να γνωρίζει:

- Το ABS δεν έχει επιπτώσεις στην κανονική συντήρηση των μονάδων φρένων των τροχών (μαξιλάρια δίσκων, τακάκια, τύμπανα, στροφείς, κύλινδροι σιαγόνων / τροχών), των καλωδίων χειρόφρενου, ή των γραμμών / σωληνώσεων των φρένων.

- Τα υδραυλικά συστήματα μπορούν "να χωριστούν" όπως σε συστήματα χωρίς ABS: διπλό-διαγώνιο, μπροστινό οπίσθιο, και τα λοιπά.

- Η αφαίρεση του αέρα από ένα ABS μπορεί να αποδειχθεί δυσκολότερη από ότι στα πρότυπα συστήματα φρένων. Οι διαδικασίες είναι πολύ πιο επίπονες και πρέπει να ακολουθηθούν αυστηρά.

- Σε μερικά συστήματα, οι μονάδες κύριου κυλίνδρου και αντλίας ισχύος είναι μεταβλητές, με διαφορετικά χαρακτηριστικά ελέγχου φρένων από τα πρότυπα φρένα.

- Με το ABS, τα οπίσθια φρένα μπορούν να είναι είτε τύμπανα είτε δίσκοι.

- Με το ABS τα οπίσθια φρένα μπορούν να ελεγχθούν χωριστά ή μαζί διαδοχικά. Εάν τα μπροστινά φρένα ελέγχονται, ελέγχονται πάντα χωριστά.

- Οι αισθητήρες ταχύτητας τροχών δεν πρέπει να μετακινηθούν ή να αφαιρεθούν όταν εργαζόμαστε στα φρένα. Το κενό αέρα μεταξύ του αισθητήρα και του οδοντωτού δακτυλίου του αισθητήρα είναι κρίσιμο για την κατάλληλη λειτουργία του ABS. Η δρομολόγηση των καλωδίων των αισθητήρων είναι επίσης κρίσιμη για τη λειτουργία του ABS.

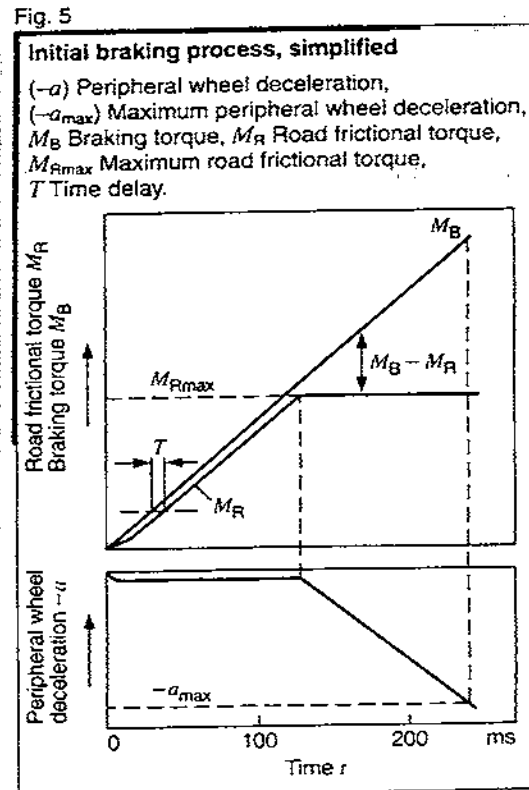
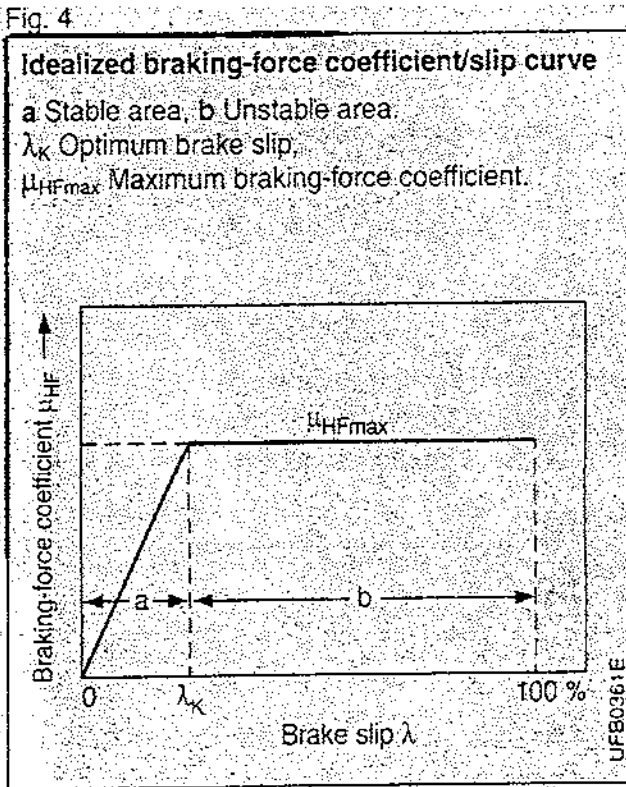
- Εάν ένας οδοντωτός τροχός αισθητήρα είναι ένα μέρος του τύμπανου ή του στροφέα, το τύμπανο ή ο στροφέας αντικατάστασης πρέπει επίσης να περιλάβει έναν οδοντωτό τροχό αισθητήρα.

- Τα περισσότερα συστατικά του ABS δεν μπορούν να επισκευαστούν. Αντικαθίστανται ως πλήρεις μονάδες.

➤ Μερικά συστήματα ABS παρέχουν την ανατροφοδότηση του πεντάλ του φρένου (παλμοί) στον οδηγό/ τεχνικό όταν ενεργοποιείται το σύστημα κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος. Το πεντάλ δεν θα πάλλεται υπό κανονικές συνθήκες φρεναρίσματος

➤ Η απαραίτητη πίεση πεντάλ φρένου για να ενεργοποιηθεί το ABS ποικίλλει με τις συνθήκες επιφάνειας του οδοστρώματος. Όσο τραχύτερη (ανώμαλο, αμμοχάλικο, λακκούβες, και τα λουπά) ή λεία / υγρή είναι η επιφάνεια, τόσο λιγότερη πίεση πεντάλ απαιτείται για να ενεργοποιηθεί το σύστημα.

Θα πρέπει να δούμε πρώτα τι είναι αυτό που ελέγχει το σύστημα ABS και πως λειτουργεί, και στη συνέχεια ποια είναι τα αποτελέσματα πάνω στα συνθετικά μέρη που ρυθμίζει.



Σχήμα 2.27 (αριστερά): Ιδανική καμπύλη συντελεστή δύναμης πέδησης/ολίσθησης.

- a Σταθερή περιοχή, b Ασταθής περιοχή.
- $\lambda_K$  Βέλτιστη ολίσθηση πέδησης,
- $\mu_{HFmax}$  Μέγιστος συντελεστής δύναμης πέδησης.

Σχήμα 2.28 (δεξιά): Ιδανική διαδικασία, απλοποιημένη.

- (-a) Περιφερειακή επιβράδυνση τροχού,
- (- $a_{max}$ ) Μέγιστη περιφερειακή επιβράδυνση τροχού,
- $M_B$  Στρεπτική δύναμη πέδησης,
- $M_R$  Στρεπτική δύναμη τριβής δρόμου,
- $M_{Rmax}$  Μέγιστη στρεπτική δύναμη τριβής δρόμου,
- T Χρονική καθυστέρηση.

[Brake systems – BOSCH – edition 95/96]

### 2.4.1. Ελεγχόμενο σύστημα.

Η επεξεργασία των πληροφοριών μέσα στην μονάδα ελέγχου του ABS βασίζεται στο απλοποιημένο ελεγχόμενο σύστημα: Ένας μη κινητήριος τροχός, που του αντιστοιχεί το ένα τέταρτο της ολικής μάζας του οχήματος, το φρένο και αντιπροσωπεύοντας την

τριβή μεταξύ του ελαστικού και του οδοστρώματος, μια θεωρητική καμπύλη για τον συντελεστή τριβής όπως η απόσταση ολίσθησης (σχήμα 2.27). Αυτή η καμπύλη χωρίζεται σε μια σταθερή περιοχή, που χαρακτηρίζεται από ανάλογη αύξηση των δύο τιμών, και μια ασταθή περιοχή με μια σταθερή τιμή του συντελεστή  $\mu_{Hfmax}$ . Ακόμα άλλη μια απλοποιημένη διαδικασία είναι η πορεία φρεναρίσματος κάτω από γραμμική (για ευθεία πορεία) επιχείρηση, που αντιπροσωπεύει το φρενάρισμα πανικού.

Το σχήμα 2.28 παρουσιάζει την σχέση μεταξύ της στρεπτικής δύναμης του φρεναρίσματος  $M_B$  (την δύναμη που μπορεί το φρένο να δώσει μέσω του ελαστικού), ή της στρεπτικής δύναμης της τριβής του οδοστρώματος  $M_R$  (η δύναμη που επιστρέφει στον τροχό από την τριβή μεταξύ του ελαστικού και του οδοστρώματος), και του χρόνου  $t$ . Επίσης δείχνει την σχέση μεταξύ της περιφερειακής επιβράδυνσης του τροχού ( $-a$ ) και του χρόνου  $t$ . Η στρεπτική δύναμη του φρεναρίσματος εμφανίζεται σαν γραμμική αύξηση σε σχέση με τον χρόνο. Η στρεπτική δύναμη της τριβής, μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος, ακολουθεί την πορεία της στρεπτικής δύναμης της πέδησης με μια μικρή καθυστέρηση  $T$  για όσο η διαδικασία φρεναρίσματος παραμένει μέσα στη σταθερή περιοχή της καμπύλης του συντελεστή δύναμης πέδησης / ολίσθησης. Η καμπύλη φτάνει στο μέγιστο βαθμό ( $\mu_{Hfmax}$ ) μετά από, κατά προσέγγιση, 130 ms. Σε αυτό το σημείο εισέρχεται στην ασταθή περιοχή της καμπύλης του συντελεστή δύναμης πέδησης / ολίσθησης.

Η στρεπτική δύναμη της πέδησης  $M_B$  συνεχίζει να αυξάνεται, καθώς η στρεπτική δύναμη της τριβής  $M_R$  δεν μπορεί να αυξηθεί παραπάνω αλλά παραμένει σταθερή, όπως φαίνεται από το διάγραμμα για την δύναμη πέδησης συντελεστής προς ολίσθηση. Στην περίοδο μεταξύ 130 και 240 ms (στην οποία οι τροχοί μπλοκάρονται), η διαφορά  $M_B - M_R$ , που παραμένει σταθερή στην σταθερή περιοχή, γρήγορα παίρνει μεγάλες τιμές. Αυτή η διαφορά στρεπτικής δύναμης παρέχει μια ακριβή ένδειξη για την περιφερειακή επιβράδυνση του τροχού ( $-a$ ) στο τροχό που φρενάρει (σχήμα 2.28 κάτω). Η περιφερειακή επιβράδυνση, περιορισμένη σε χαμηλά επίπεδα στην σταθερή περιοχή, αυξάνεται απότομα μετά το πέρασμα στην ασταθή περιοχή. Το αποτέλεσμα είναι μια αντιστροφή στο υπόδειγμα αντίδρασης για την σταθερή και ασταθή περιοχή στο διάγραμμα της δύναμης πέδησης συντελεστής / ολίσθησης. Το ABS αποτρέπει αυτήν την αντιστροφή.

## 2.4.2. Μεταβλητές ελέγχου.

Η επιλογή των κατάλληλων μεταβλητών ελέγχου είναι ένας βασικός παράγοντας στο να προσδιοριστεί η ικανότητα ελέγχου του ABS. Η βάση παρέχεται από τα σήματα από τους αισθητήρες ταχύτητας των τροχών, όπου η μονάδα ελέγχου (ECU) εργάζεται ώστε να υπολογίζει την περιστροφική επιβράδυνση ή επιτάχυνση των τροχών, την ολίσθηση των φρένων, την αναφορική ταχύτητα και την επιβράδυνση του οχήματος. Από μόνα τους, είτε η περιφερειακή επιβράδυνση των τροχών (επιτάχυνση) είτε η ολίσθηση του φρεναρίσματος είναι κατάλληλα για χρήση σαν μεταβλητές ελέγχου, καθώς η αντίδραση ενός κινητήριου τροχού που έχει στο φρενάρισμα, θα διαφέρει εντελώς από αυτήν ενός μη κινητήριου τροχού. Παρόλα αυτά αυτές οι μεταβλητές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επιτευχθούν ικανοποιητικά αποτελέσματα σε συνδυασμό με καθορισμένες λογικές σχέσεις. Η ολίσθηση φρεναρίσματος δεν μπορεί να μετρηθεί απ' ευθείας. Η ECU γι' αυτό το λόγο υπολογίζει μια αντιπροσωπευτική τιμή. Αυτό βασίζεται στην αναφορική ταχύτητα η οποία αντιπροσωπεύει την χαρακτηριστική ταχύτητα των καλύτερων συνθηκών φρεναρίσματος (θετική ολίσθηση φρένου). Το ECU το εξουδετερώνει αυτό βασισμένο στην συνεχή ροή των σημάτων από την ταχύτητα του τροχού, τα οποία λαμβάνει από τους αισθητήρες της ταχύτητας τροχού. Επιλέγει μια διαγώνιο (για παράδειγμα, δεξιός μπροστινός τροχός με αριστερό πίσω τροχό) και την χρησιμοποιεί αυτή σαν βάση για την αναφορική ταχύτητα. Κάτω από μέτριο φρενάρισμα, η αναφορική ταχύτητα συνήθως θα βασίζεται στη διαγώνιο τροχών που γυρίζει πιο γρήγορα. Κατά την διάρκεια

σταματήματος πανικού με ενεργό το ABS, οι ταχύτητες του τροχού αποκλίνουν από την ταχύτητα του οχήματος, και εκτός από την περίπτωση που χρησιμοποιείται ο παράγοντας διόρθωσης, είναι ακατάλληλοι για να υπολογίσουν την σχετική ταχύτητα. Η μονάδα επεξεργάζεται τα λογικά σήματα και εκτιμά σχέσεις για να υπολογίσει την ακριβή γωνία κλίσης του επικλινούς.

Ο ιδανικός κλειστός βρόγχος ελέγχου της διαδικασίας φρεναρίσματος είναι διαθέσιμος όταν οι πληροφορίες για την ολίσθηση του φρεναρίσματος και των τιμών της επιτάχυνσης / επιβράδυνσης στην περιφέρεια του τροχού συμπληρώνονται με δευτερεύουσες πληροφορίες για την επιβράδυνση του οχήματος, που μπορούν να εργασθούν για να προσαρμόσουν τις λογικές διαδικασίες στο ECU. Αυτή η αντίληψη είναι το εργαλείο στο σύστημα αντιμπλοκαρίσματος φρένων της Bosch (ABS).

- Ελεγχόμενες μεταβλητές για τους μη κινητήριους τροχούς: Οι τιμές της επιτάχυνση και της επιβράδυνσης στην περιφέρεια του τροχού μπορούν γενικά να εξυπηρετήσουν σαν αξιόπιστες ελεγχόμενες μεταβλητές για τους μη κινητήριους τροχούς, καθώς επίσης και για τους κινητήριους τροχούς με την προϋπόθεση ότι ο οδηγός έχει απαλλάξει την δύναμη ελέγχου κατά το φρενάρισμα. Ο λόγος έχει να κάνει με τα υποδείγματα αντιτιθόμενης αντίδρασης από το σύστημα που ελέγχεται σε σταθερές και μη σταθερές τιμές του συντελεστή δύναμης φρεναρίσματος / καμπύλη ολίσθησης:

Η τιμή για διαθέσιμη περιφερειακή επιβράδυνση σε μια σταθερή περιοχή είναι περιορισμένη- με άλλα λόγια όταν ο οδηγός βάζει μεγαλύτερη δύναμη στο πεντάλ του φρένου, το όχημα ανταποκρίνεται με αυξημένη επιβράδυνση, χωρίς να μπλοκάρουν οι τροχοί.

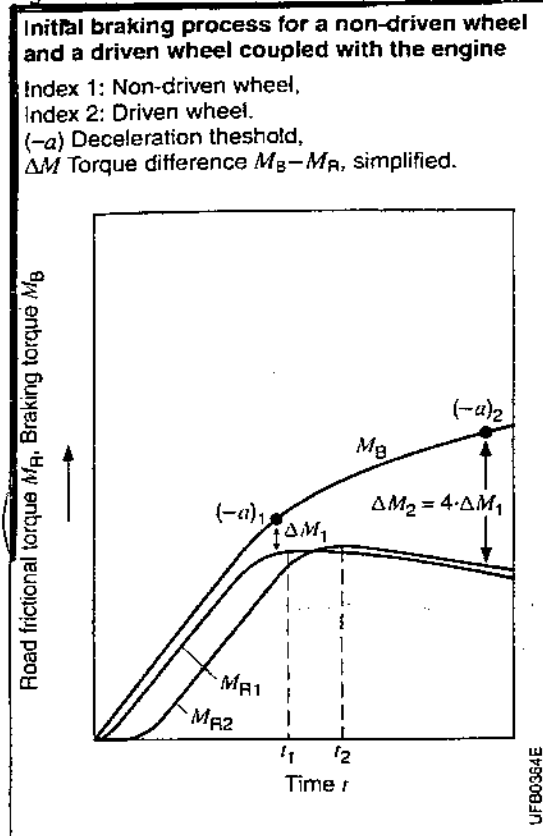
Η ασταθής περιοχή εκθέτει ένα διαφορετικό υπόδειγμα. Εδώ, μια μικρή αύξηση στην πίεση του πεντάλ θα είναι αρκετή να προτρέψει σε άμεσο μπλοκάρισμα του τροχού. Αυτό το υπόδειγμα αντίδρασης μπορεί συχνά να εργασθεί χρησιμοποιώντας τις τιμές της περιφερειακής επιτάχυνσης και επιβράδυνσης του τροχού για να εξουδετερώσει την τιμή ολίσθησης, που ανταποκρίνεται σε ιδανικό φρενάρισμα.

Οποιοδήποτε φτιαγμένο όριο που προσδιορίζει την περιφερειακή επιβράδυνση πέρα από την οποία το ABS αναλαμβάνει τον ενεργό έλεγχο δε θα πρέπει να ξεπερνάει την μέγιστη πιθανή επιβράδυνση του οχήματος με οποιοδήποτε μερτήσιμο ποσό. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό όταν οι μικρές αιτήσεις του πεντάλ του φρένου ακολουθούνται από αύξηση υγρού φρεναρίσματος. Ένα εξαιρετικά υψηλό όριο θα επέτρεπε στους τροχούς να εισαχθούν για τα καλά μέσα στην ασταθή περιοχή της καμπύλης συντελεστή δύναμης φρεναρίσματος/ ολίσθηση πριν το ABS ανταποκριθεί στην επερχόμενη αστάθεια.

Όταν ένας τροχός πρώτα φτάσει στο φτιαγμένο όριο για την περιφερειακή επιβράδυνση κατά την διάρκεια φρεναρίσματος πανικού, το σύστημα δεν θα ανταποκριθεί με το να ελαττώσει αυτόματα την πίεση του φρένου σε αυτόν τον τροχό. Αν τα μοντέρνα ελαστικά έχουν χρησιμοποιηθεί σε επιφάνεια με μεγάλη πρόσφυση, αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε θυσία της πολύτιμης απόστασης φρεναρίσματος. Αυτός ο παράγοντας είναι πρακτικής σημασίας για φρενάρισμα που πραγματοποιείται σε μεγάλες ταχύτητες.

- Μεταβλητές ελέγχου για τους κινητήριους τροχούς: Αν το όχημα φρενάρει με πρώτη ή δεύτερη σκάλα στις ταχύτητες, η μηχανή θα ενεργήσει πάνω στους κινητήριους τροχούς. Αυτό θα αντανάκλασει σε μια ουσιαστική αύξηση στη στιγμιαία μάζα αδράνειας του τροχού  $\Theta_R$  - Οι τροχοί θα αντιδράσουν σαν να ήταν πολύ πιο βαριοί απ' ό,τι είναι πραγματικά.

Fig. 6



**Σχήμα 2.29: Ιδανική διαδικασία πέδησης για μη κινητήριους και κινητήριους τροχούς που συνδέονται με την μηχανή.**

Υπόδειξη 1: Για μη κινητήριους τροχούς,  
 Υπόδειξη 2: Για κινητήριους τροχούς,  
 (-a) Οριακό σημείο επιβράδυνσης,  
 $\Delta M$  Διαφορά  $M_B - M_R$ , απλοποιημένα.

[Brake systems – BOSCH – edition 95/96]

Το απόλυτο αποτέλεσμα θα είναι μια σχετική απώλεια στον βαθμό, στον οποίο αντιδρούν οι τιμές της περιφερειακής επιβράδυνσης του τροχού στις μεταβλητές της στρεπτικής δύναμης του φρεναρίσματος μέσα στην ασταθή περιοχή στην καμπύλη συντελεστής δύναμης φρεναρίσματος / ολίσθησης.

Οι μη κινητήριοι τροχοί εκθέτουν αμέσως υποδείγματα αντιτιθώμενης αντίδρασης που εξαρτάται από το αν είναι στην σταθερή ή την ασταθή περιοχή της καμπύλης του συντελεστή δύναμης φρεναρίσματος / ολίσθησης φρεναρίσματος. Το αποτέλεσμα που περιγράφεται παραπάνω αρνείται αυτές τις διαφορές σε τέτοιο βαθμό που η περιφερειακή επιβράδυνση του τροχού (σαν ελεγχόμενη μεταβλητή) συχνά σταματάει να εφοδιάζει επαρκώς τον δείκτη, για την εξουδετέρωση της ολίσθησης με την μεγαλύτερη δυνατή τριβή. Γίνεται απαραίτητο να συμβουλευτούμε μια συμπληρωματική μεταβλητή, παρόμοια με την ολίσθηση του φρεναρίσματος. Αυτό μπορεί να γίνει σε συνδυασμό με την τιμή της περιφερειακής επιβράδυνσης.

Το σχήμα 2.29 συγκρίνει μια διαδικασία φρεναρίσματος για φρεναρισμένους μη κινητήριους τροχούς και για φρεναρισμένους κινητήριους τροχούς που παραμένουν συνδεδεμένοι με την μηχανή. Σε αυτό το παράδειγμα η αδράνεια της μηχανής τετραπλασιάζει την αποτελεσματική στιγμιαία μάζα αδράνειας του τροχού. Ο μη κινητήριος τροχός υπερβαίνει ένα ορισμένο όριο περιφερειακής επιβράδυνσης  $(-a)_1$  πολύ γρήγορα από την στιγμή που θα αφήσει την σταθερή περιοχή στην καμπύλη του συντελεστή δύναμης πέδησης/ ολίσθησης πέδησης. Επειδή η στιγμή της

αδράνειας στον κινητήριο τροχό πολλαπλασιάζεται με έναν παράγοντα 4, τέσσερις φορές η διαφορική στην στιγμιαία αδράνεια

$$\Delta M_2 = 4 \cdot \Delta M_1$$

πρέπει να επιτευχθεί πριν το όριο  $(-a)_2$  ξεπεραστεί. Σε αυτό το σημείο ο κινητήριος τροχός θα μπορούσε να είναι για τα καλά μέσα στην ασταθή περιοχή της καμπύλης συντελεστής δύναμης πέδησης/ ολίσθησης πέδησης, με ανάλογες θυσίες στην σταθερότητα του οχήματος επίσης.

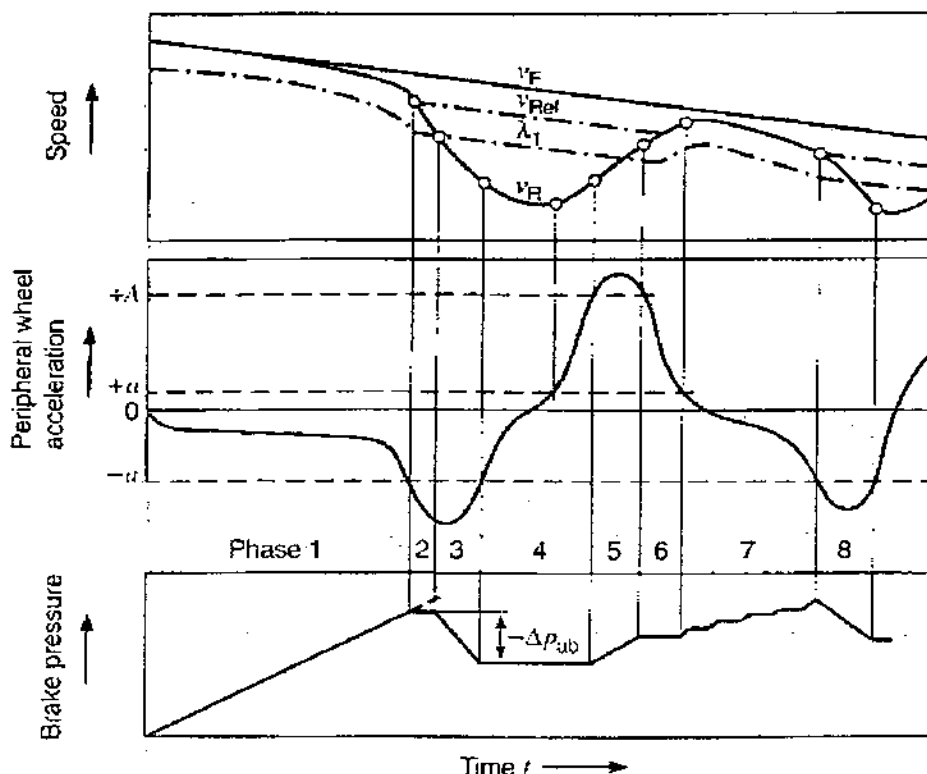
### 2.4.3. Τυπικοί κύκλοι ελέγχου.

#### 2.4.3.1. Κλειστός βρόγχος ελέγχου πέδησης σε επιφάνειες υψηλής πρόσφυσης (υψηλός συντελεστής δύναμης πέδησης).

Όταν το κλειστό κύκλωμα ελέγχου του ABS της διαδικασίας φρεναρίσματος δοκιμάζεται σε επιφάνεια δρόμου με μεγάλη πρόσφυση (επιφάνεια με μεγάλο συντελεστή τριβής), με σκοπό να αποφύγουμε τις αντηχήσεις στην διαθεσιμότητα και την οδηγική εκπαίδευση, η ακόλουθη αύξηση πίεσης πρέπει να είναι παρατεινόμενη (με καθυστέρηση της τάξης του 5... 10) συγκρινόμενη με την φάση της αδράνειας της πέδησης. Οι καμπύλες στο σχήμα 2.30 παρουσιάζουν αυτήν την κατάσταση στην οποία ο έλεγχος πέδησης λειτουργεί κάτω από συνθήκες μεγάλου συντελεστή δύναμης πέδησης.

#### Braking control for high braking-force coefficients

$v_F$  Vehicle speed,  $v_{Ref}$  Reference speed,  $v_R$  Peripheral wheel speed,  $\lambda_1$  Slip switching threshold,  $+A, +a$  Thresholds of peripheral wheel acceleration,  $-a$  Threshold of peripheral wheel deceleration,  $-\Delta p_{ab}$  Brake-pressure decrease.



Σχήμα 2.30: Έλεγχος φρένων για υψηλούς συντελεστές δύναμης πέδησης.

$v_F$  Ταχύτητα οχήματος,  $v_{Ref}$  Αναφορική ταχύτητα,  $v_R$  Περιφερειακή ταχύτητα τροχού,  $\lambda_1$  Οριακή γραμμή ολίσθησης,  $+A, +a$  Οριακές τιμές για την περιφερειακή επιτάχυνση του τροχού,  $-a$  Οριακή τιμή για την περιφερειακή επιβράδυνση του τροχού,  $-\Delta p_{ab}$  μείωση πίεσης των φρένων.



Η περιφερειακή επιβράδυνση του τροχού κινείται πέρα από το ορισμένο όριο (-α) στο τέλος της φάσης 1, και η σωληνοειδής βαλβίδα μετακινείται στην θέση της «διατηρούμενης πίεσης». Είναι ακόμα πολύ εύκολο να αρχίσουμε να μειώνουμε την πίεση πέδησης, καθώς το όριο (-α) θα μπορούσε να ξεπεραστεί και μέσα στην σταθερή περιοχή της καμπύλης της δύναμης πέδησης/ ολίσθησης πέδησης, και η πολύτιμη απόσταση πέδησης θα «θυσιάζοταν». Η αναφορική ταχύτητα  $v_{Ref}$  μειώνεται την ίδια στιγμή σε συμφωνία με την ορισμένη επικλινή καμπύλη. Η αναφορική ταχύτητα εξυπηρετεί σαν την βάση για να οριστεί το σημείο που ορίζεται από την ολίσθηση  $\lambda_1$ . Στο τέλος της φάσης 2, η περιφερειακή ταχύτητα του τροχού  $v_R$  πέφτει κάτω από το σημείο  $\lambda_1$ . Η σωληνοειδής βαλβίδα αντιδρά με το να μετακινηθεί στην θέση ελευθέρωσης πίεσης. Η πίεση πέδησης τότε συνεχίζει να πέφτει μέχρι η περιφερειακή επιβράδυνση του τροχού να ξεπεράσει το σημείο (-α) και πάλι. Στο τέλος της τρίτης φάσης πέφτει πίσω και πιο κάτω από το σημείο (-α). Αυτό ακολουθείται από μια φάση σταθεροποίησης της πίεσης για μετρήσιμη διάρκεια. Κατά την διάρκεια αυτής της φάσης, η περιφερειακή επιτάχυνση του τροχού έχει αυξηθεί αρκετά ώστε να ξεπεράσει το όριο (+α). Η πίεση παραμένει σταθερή.

Στο τέλος της φάσης 4 η περιφερειακή επιτάχυνση του τροχού ξεπερνάει το, λόγω συγγένεια προφερόμενο, σημείο (+A). Η πίεση πέδησης τότε συνεχίζει να αυξάνεται για όσο η επιτάχυνση παραμένει πάνω από το όριο (+A).

Στην φάση 6 πραγματοποιείται σταθερότητα πίεσης σαν αποτέλεσμα του γεγονότος ότι το σημείο (+α) έχει ξεπεραστεί. Αυτή η κατάσταση υποδεικνύει ότι ο τροχός έχει μπει στην σταθερή περιοχή της καμπύλης του συντελεστή δύναμης πέδησης/ ολίσθησης, και ελάχιστα υποκόπτεται.

Η πίεση πέδησης είναι τώρα κατασκευασμένη σε επίπεδα (φάση 7) σε μια διαδικασία που συνεχίζει μέχρι η περιφερειακή επιβράδυνση του τροχού να ξεπεράσει και πάλι το σημείο (-α) (τέλος της φάσης 7). Αυτή τη φορά η πίεση πέδησης μειώνεται αμέσως, χωρίς την παραγωγή σήματος  $\lambda_1$ .

#### **2.4.3.2. Κλειστός βρόγχος ελέγχου πέδησης σε ολισθηρή επιφάνεια δρόμου (χαμηλοί συντελεστές δύναμης πέδησης).**

Σε αντίθεση με την συμπεριφορά των υποδειγμάτων, σε επιφάνειες με μεγάλη τριβή, σε δρόμους που γλιστράνε ακόμα και η μικρή πίεση στο πεντάλ του φρένου επαρκεί για να μπλοκάρουν οι τροχοί. Οι τροχοί επίσης χρειάζονται ουσιαστικά μεγαλύτερο χρόνο να κινηθούν απ' ό,τι στην περίοδο με μεγάλη τριβή και να επιταχύνουν και πάλι.

Τα λογικά κυκλώματα στο ECU αναγνωρίζουν τις τρέχουσες συνθήκες του δρόμου και προσαρμόζουν τα χαρακτηριστικά αντίδρασης του ABS σύμφωνα με τα δεδομένα. Το σχήμα 2.31 παρουσιάζει ένα τυπικό υπόδειγμα ελέγχου πέδησης για χαμηλούς συντελεστές δύναμης πέδησης.

Στην φάση 1 και 2 η διαδικασία ελέγχου πέδησης είναι η ίδια με αυτήν της επιφάνειας με υψηλή πρόσφυση.

Η φάση 3 αρχίζει με μια σύντομη περίοδο κρατήματος πίεσης, που ακολουθείται από μια στιγμιαία σύγκριση της ταχύτητας του τροχού και του σημείου (ορίου) αρχής της ολίσθησης  $\lambda_1$ . Η περιφερειακή ταχύτητα του τροχού είναι μικρότερη από την τιμή του σημείου που αρχίζει η ολίσθηση, γι' αυτό η πίεση πέδησης μειώνεται για μικρή αλλά ορισμένη περίοδο.

Το επόμενο βήμα είναι μια δεύτερη φάση μικρής περιόδου κρατήματος της πίεσης. Το σύστημα τότε ξανασυγκρίνει την περιφερειακή ταχύτητα με το όριο αρχής της ολίσθησης  $\lambda_1$ , που έχει σαν αποτέλεσμα την απελευθέρωση της πίεσης για μικρή ορισμένη περίοδο. Στην ακόλουθη φάση κρατήματος της πίεσης, ο τροχός επιταχύνεται ξανά μέχρι το σημείο όπου η περιφερειακή του επιτάχυνση ξεπεράσει το όριο (+α). Αυτό ξεκινά μια καινούργια περίοδο κρατήματος της πίεσης, που κρατάει μέχρι η περιφερειακή ταχύτητα πέσει πάλι κάτω από το όριο (+α) (τέλος της φάσης 4). Η φάση 5 χαρακτηρίζεται από την

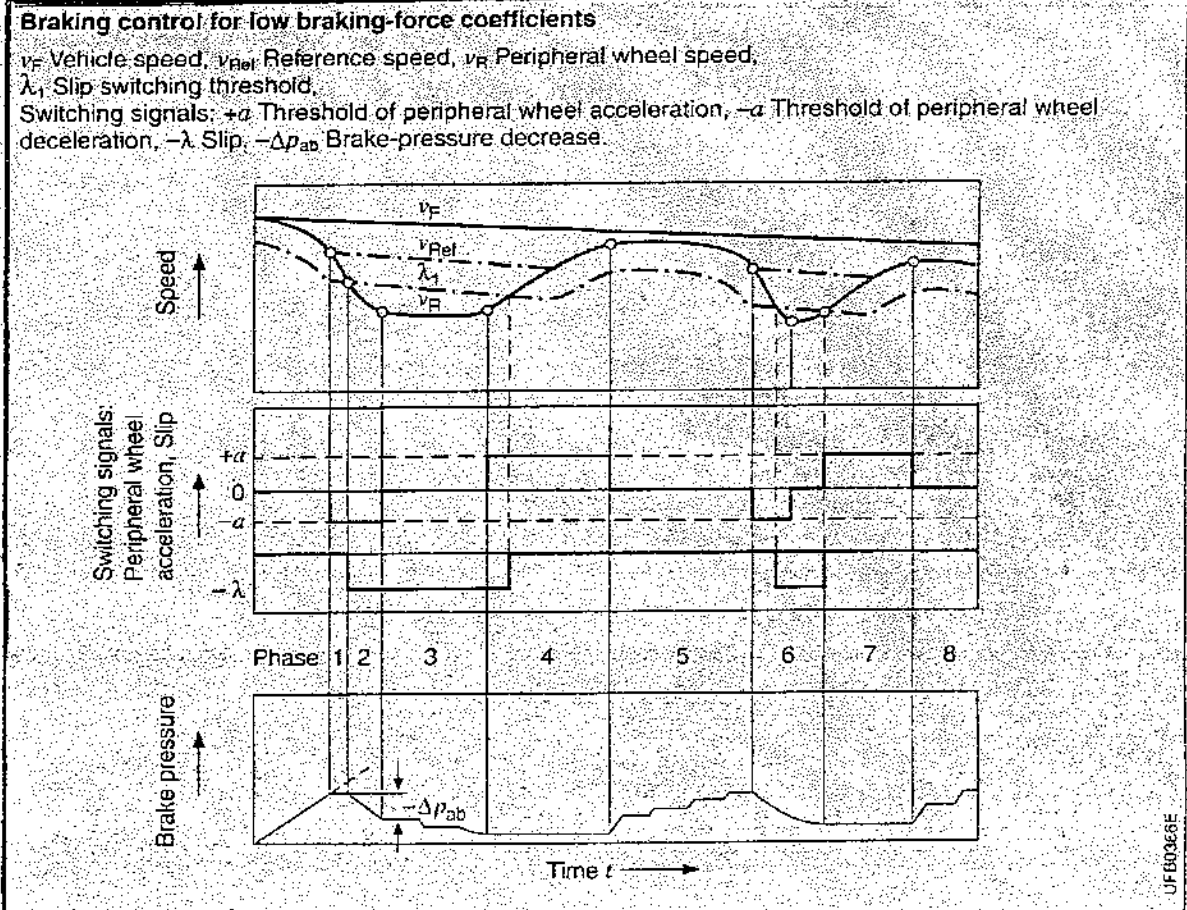
προοδευτική αύξηση της πίεσης γνωστή από την προηγούμενη ενότητα. Τέλος στην φάση 6, η πίεση αφήνεται να αρχίσει έναν νέο κύκλο ελέγχου.

Στον κύκλο που περιγράφηκε παραπάνω, ο λογικός έλεγχος αναγνωρίζει ότι δύο συμπληρωματικές επιχειρήσεις μείωσης της πίεσης απαιτούνται ώστε να μπορέσει να επαναεπιταχύνει ο τροχός ακολουθώντας την μείωση της πίεσης που ορίζει με το σήμα (-a). Ο τροχός παραμένει στην περιοχή μεγάλης ολίσθησης για μια σχετικά εκτεταμένη περίοδο, με αρνητικά αποτελέσματα για την σταθερότητα και τον έλεγχο διεύθυνσης του οχήματος.

Για να βελτιώσουμε και τους δύο αυτούς παράγοντες, το σύστημα συνεχώς συμβουλεύει και συγκρίνει την περιφερειακή ταχύτητα του τροχού με το σημείο αρχής της ολίσθησης  $\lambda_1$  μέσα σ' αυτόν και τον επόμενο κύκλο ελέγχου.

Κατά συνέπεια, η φάση 6 χαρακτηρίζεται από συνεχείς μειώσεις της πίεσης του φρένου, οι οποίες παραμένουν μέχρι η περιφερειακή ταχύτητα του τροχού να ξεπεράσει το σημείο (+a) στην φάση 7. Εξαιτίας των συνεχόμενων μειώσεων της πίεσης, ο τροχός καταναλώνει μόνο ένα ελάχιστο ποσό χρόνου στη περιοχή της υψηλής ολίσθησης. Το βασικό αποτέλεσμα είναι η διατήρηση της σταθερότητας και η ανταπόκριση στην αλλαγή διεύθυνσης που σχετίζεται με αυτές που επικρατούν στον πρώτο κύκλο ελέγχου.

Fig. 8



Σχήμα 2.31: Έλεγχος πέδησης για χαμηλούς συντελεστές δύναμης πέδησης.

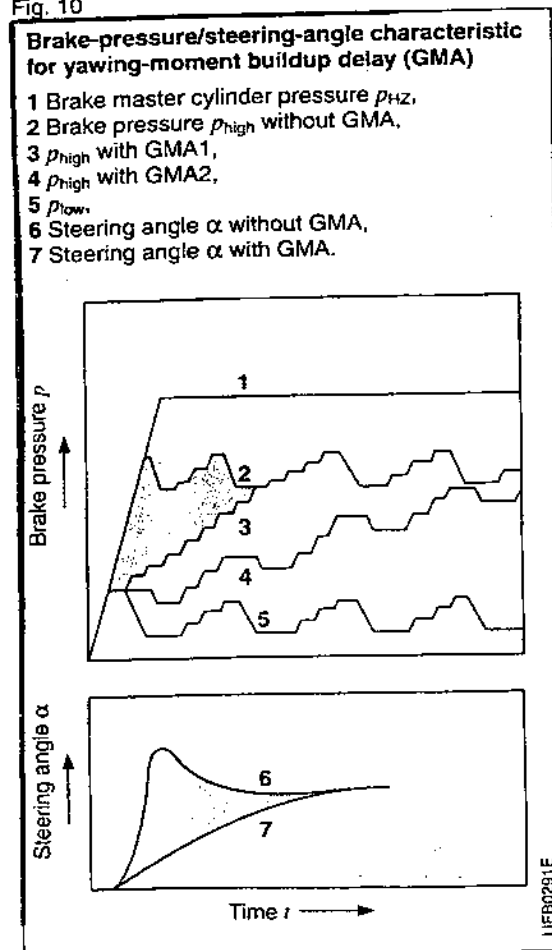
$v_F$  Ταχύτητα οχήματος,  $v_{Ref}$  Αναφορική ταχύτητα,  $v_R$  Περιφερειακή ταχύτητα τροχού,  $\lambda_1$  Οριακή γραμμική ολίσθησης.  
 Αλλαγές συμβόλων: +a Οριακές τιμές για την περιφερειακή επιτάχυνση του τροχού, -a Οριακή τιμή για την περιφερειακή επιβράδυνση του τροχού, - $\lambda$  Ολίσθηση,  $-\Delta p_{ab}$  μείωση πίεσης των φρένων.

### 2.4.3.3. Κλειστός βρόγχος ελέγχου πέδησης με βαθμιαία καθυστέρηση ανοικοδόμησης ροπής εκτροπής.

Όταν τα φρένα ενεργούν και οι συνθήκες του οδοστρώματος είναι διάφορες στο κέντρο της πορείας και στα πλάγια - για παράδειγμα, με τους αριστερούς τροχούς πάνω σε στεγνή άσφαλτο και τα δεξιά ελαστικά να τρέχουν πάνω σε πάγο - το αποτέλεσμα που παίρνουμε έχει μια αισθητή διαφορά στις δυνάμεις πέδησης στους μπροστινούς τροχούς. Αυτό προτρέπει σε μια δύναμη περιστροφής γύρω από τον κάθετο άξονα του οχήματος - την ροπή εκτροπής.

Βαρύτερα επιβατικά αυτοκίνητα με εκτεταμένη βάση τροχού αποτρέπουν μια σχετικά υψηλή ροπή αδράνειας του οχήματος γύρω από τον κάθετο άξονα. Σε αυτά τα οχήματα, η μετάβαση σε εκτροπή είναι σχετικά αργή, και ο οδηγός έχει αρκετό χρόνο να ξεκινήσει αποτελεσματικές διορθώσεις πορείας κατά την διάρκεια του φρεναρίσματος με

Fig. 10



Σχήμα 2.32: Χαρακτηριστικά της πίεσης φρεναρίσματος και της γωνίας τιμονιού για την καθυστέρηση ανάπτυξης της στιγμής εκτροπής.

- 1 Πίεσης του κεντρικού κυλίνδρου φρένων  $p_{HZ}$ ,
- 2 Πίεσης φρένου  $p_{high}$  χωρίς το GMA,
- 3  $p_{high}$  με το GMA1,
- 4  $p_{high}$  με το GMA2,
- 5  $p_{low}$ ,
- 6 Γωνία τιμονιού  $\alpha$  χωρίς το GMA,
- 7 Γωνία τιμονιού  $\alpha$  με το GMA.

[Brake systems – BOSCH – edition 95/96]

ABS.

Μικρότερα αυτοκίνητα με μικρή βάση τροχού και χαμηλή ροπή αδράνειας παρουσιάζουν μια διαφορετική εικόνα. Εδώ το ABS πρέπει να εφοδιαστεί με το σύστημα καθυστέρησης ανοικοδόμησης ροπής εκτροπής (GMA) για να εξασφαλίσει ότι αυτά τα οχήματα θα παραμείνουν σε ευστάθεια και σε ανταπόκριση με τις εντολές του οδηγού κάτω από φρενάρισμα πανικού κατά την πορεία πάνω σε διαφορετικά επίπεδα πρόσφυσης στο κέντρο και στην άκρη. Αυτή η καθυστέρηση ανοικοδόμησης ροπής εκτροπής μειώνει την πίεση ανοικοδόμησης στον κύλινδρο του φρένου του τροχού στον μπροστινό τροχό που εκθέτει τον μεγαλύτερο συντελεστή δύναμης πέδησης (τριβής) (ο «υψηλός» τροχός).

Το σχήμα 2.32 παρουσιάζει την γενική ιδέα πίσω από το σύστημα καθυστέρησης ανοικοδόμησης ροπής εκτροπής.

Η καμπύλη 1 δείχνει την πίεση του κεντρικού κυλίνδρου φρένων  $p_{Hz}$ . Χωρίς το GMA, ο τροχός που είναι στην άσφαλο φτάνει στην πίεση  $p_{high}$  (καμπύλη 2), και ο τροχός που είναι πάνω στον πάγο την πίεση  $p_{low}$  (καμπύλη 5) μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα, για να εξασφαλίσει κάθε φρένο τροχού την μέγιστη διαθέσιμη επιβράδυνση (ξεχωριστός έλεγχος).

### GMA 1

Το σύστημα GMA 1 εργάζεται σε οχήματα με σχετικά μη κρίσιμα υποδείγματα αντίδρασης. Στην αρχική φάση φρεναρίσματος, αυτό το σύστημα αυξάνει την πίεση πέδησης στον «υψηλό» τροχό (καμπύλη 3) μέσα σε συγκεκριμένες τιμές αύξησης, όσο γρήγορα η πίεση απελευθερώνεται στον «χαμηλό» τροχό για πρώτη φορά σαν αποτέλεσμα τον εναρκτικού μπλοκαρίσματος. Από την στιγμή που ο «υψηλός» τροχός φτάσει την πίεση πέδησης που ανταποκρίνεται στο επίπεδο μπλοκαρίσματος του, τα σήματα από τον «χαμηλό» τροχό σταματάνε να είναι σχετικά και είναι ελεγχόμενα ατομικά έτσι ώστε μπορεί να παρέχει μέγιστη αποτελεσματικότητα πέδησης. Αυτή η διαδικασία εξασφαλίζει ότι αυτού του τύπου τα οχήματα διατηρούν ικανοποιητικά χαρακτηριστικά ανταπόκρισης διεύθυνσης κατά την διάρκεια φρεναρίσματος πανικού σε ετερογενή επιφάνειες δρόμου. Επειδή η μέγιστη πίεση ενεργεί πάνω στον «υψηλό» τροχό με μόνο ένα λεπτό καθυστέρησης (750 ms), η αύξηση στην απόσταση φρεναρίσματος, που έχει σαν αποτέλεσμα, που σχετίζεται με αυτή ενός οχήματος χωρίς GMA είναι ελάχιστη.

### GMA 2

Το GMA 2 τοποθετείται σε αυτοκίνητα με περισσότερα χαρακτηριστικά κρίσιμης ανταπόκρισης. Όσο πιο γρήγορα η πίεση φρένων απελευθερωθεί στον «χαμηλό» τροχό, το σύστημα διατάσει την σωληνοειδή βαλβίδα του ABS στον «υψηλό» τροχό να αρχίσει ορισμένο κράτημα πίεσης και μειωμένους κύκλους (σχήμα 2.32, καμπύλη 4). Η, από νέου, αύξηση πίεσης στον «χαμηλό» τροχό εκτοξεύει μια διπλωματική αύξηση πίεσης στον «υψηλό» τροχό, όπου οι χρόνοι στον συσσωρευτή πίεσης, στην υψηλή πλευρά είναι μεγαλύτεροι, από έναν συγκεκριμένο παράγοντα, από ότι αυτούς στον «χαμηλό» τροχό. Αυτή η διαδικασία μέτρησης πίεσης δεν είναι αυστηρή στον αρχικό κύκλο ελέγχου. Αντ' αυτού, συντηρείται για την διάρκεια της αίτησης για φρένο. Τα αποτελέσματα της εκτροπής, στην ανταπόκριση της διεύθυνσης του τιμονιού, γίνονται πιο κρίσιμα όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του οχήματος κατά την στιγμή που αρχίζει το φρενάρισμα. Το GMA 2 ορίζει την ταχύτητα του οχήματος χωρίζοντάς την σε τέσσερις κατηγορίες, με διαφορετικά επίπεδα της καθυστέρησης οικοδόμησης της στιγμής εκτροπής, για την κάθε μία. Οι περιοχές μεγάλης ταχύτητας χαρακτηρίζονται από προοδευτικά μικρότερες περιόδους συσώρευσης πίεσης στον «υψηλό» τροχό, καθώς αυτή η περίοδος αυξάνεται συνεχώς στον «χαμηλό» τροχό. Αυτό γίνεται για να μειωθεί η οικοδόμηση της στιγμής εκτροπής ειδικά σε μεγάλες ταχύτητες του οχήματος. Το χαμηλότερο τμήμα στο σχήμα

2.32 παρουσιάζει δύο στροφές σε γωνία, σε εξέλιξη, κάτω από φρενάρισμα, χωρίς το GMA (καμπύλη 6) και με αυτό (καμπύλη 7).

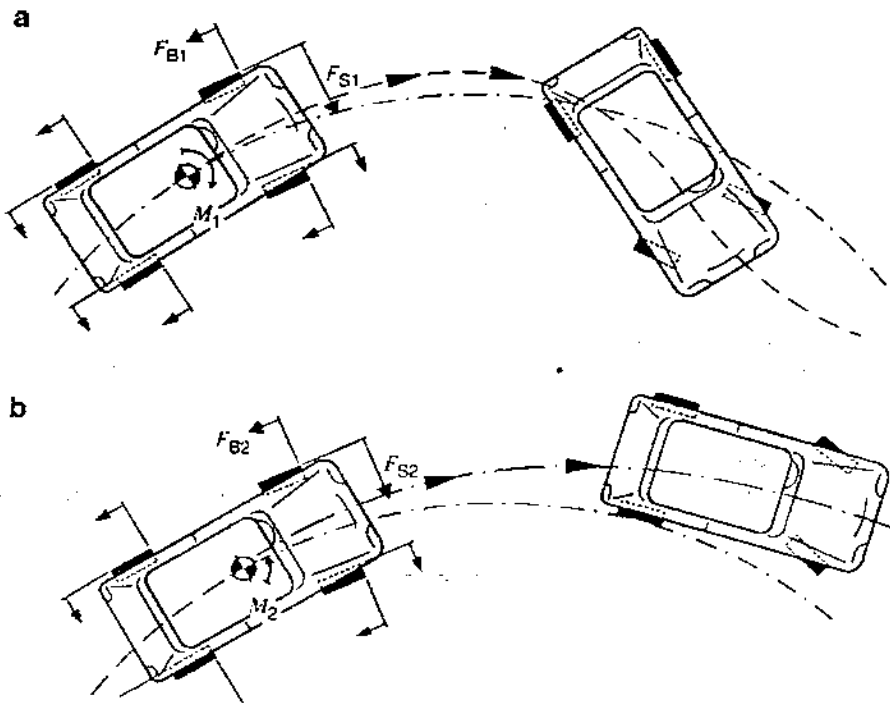
Ένα ιδανικό σύστημα για αναχαίτιση εκτροπής είναι ο συμβιβασμός μεταξύ του ελέγχου διεύθυνσης που αποκτά μικρές αποστάσεις πέδησης. Η Bosch σχεδιάζει το σύστημα για κάθε ένα όχημα ξεχωριστά σε συνεργασία και συμβουλή με έναν αξιολογητή κατασκευαστή.

Άλλη μια σημαντική πλευρά του GMA είναι η συμπεριφορά του οχήματος όταν φρενάρει κατά την διάρκεια στροφής. Το GMA αντιδρά στο φρενάρισμα με μεγάλη ταχύτητα πάνω σε στροφή με το να αυξάνει τα δυναμικά φορτία στην μπροστινή ανάρτηση ενώ τα μειώνει στο πίσω. Το αποτέλεσμα είναι μεγαλύτερα επίπεδα πλάγιας δύναμης στους μπροστινούς τροχούς που συνοδεύονται από μείωσή τους στους πίσω. Οι στρεπτικές δυνάμεις κατευθύνονται έτσι κατευθείαν στο εσωτερικό της στροφής, το όχημα αρχίζει να γλιστράει προς το εσωτερικό, και διορθώσεις στην διεύθυνση είναι δύσκολο να γίνουν (εικόνα 2.33, επάνω).

Για να αποφευχθεί αυτή η κατάσταση από το να εξελιχθεί, το GMA είναι επίσης εφοδιασμένο με έναν συμπληρωματικό διακόπτη πλάγιας επιτάχυνσης σχεδιασμένο να απενεργοποιεί αυτές τις λειτουργίες σε περιοχές πλάγιας επιτάχυνσης που ξεπερνά το 0,4g. Σαν αποτέλεσμα, το φρενάρισμα συνοδεύεται από μια υψηλού επιπέδου δύναμη πέδησης στον εξωτερικό μπροστινό τροχό, που παράγει στρέψη, που κατευθύνεται στο εξωτερικό μέρος της καμπύλης. Αυτή η περιστροφική δύναμη αντισταθμίζει την εσωτερική στρεπτική δύναμη που παράγεται από τις πλάγιες δυνάμεις, το όχημα υποθέτει μια μέση συμπεριφορά αντικατεύθυνσης για να παρέχει στον οδηγό καλό έλεγχο (εικόνα 2.33, κάτω).

**Curve braking behavior at critical speeds with/without GMA**

- a GMA switched on (no individual control), vehicle oversteers.
- b GMA switched off (individual control), vehicle understeers slightly.
- $F_B$  Braking force,  $F_S$  Lateral force,  $M$  Torque.



**Σχήμα 2.33: Συμπεριφορά σε καμπύλη τροχιά σε κρίσιμη ταχύτητα χωρίς και με GMA.**

- a Το GMA ενεργοποιημένο (χωρίς χειροκίνητο έλεγχο), το όχημα είναι σε υπερστροφή,
- b Το GMA απενεργοποιημένο (με χειροκίνητο έλεγχο), το όχημα είναι σε υπερστροφή ελάχιστα.
- $F_B$  Δύναμη πέδησης,  $F_S$  Πλάγια δύναμη,  $M$  Στρέψη.

Το GMA 1 είναι συνεργάσιμο χρησιμοποιώντας ένα κύκλωμα ECU αναβαθμισμένο και με χαρακτηριστική μεγάλη σκάλα. Το GMA 2 λειτουργεί με δύο επιπλέον μικροεπεξεργαστές σχεδιασμένους για παράλληλη εργασία με αμοιβαία παρακολούθηση.

#### 2.4.4. Γενική λειτουργία του συστήματος.

Ο ρυθμιστής ελέγχου λαμβάνει τους παλμούς τάσης από τους αισθητήρες των τροχών ως ένα σήμα συχνότητας από κάθε τροχό. Όταν ένας τροχός αρχίζει να κλειδώνει, η συχνότητα μειώνεται πολύ γρήγορα για εκείνον τον τροχό. Ο ρυθμιστής ελέγχου αναγνωρίζει αυτήν την γρήγορη πτώση στη συχνότητα ως την έναρξη του κλειδώματος του τροχού. Ο ρυθμιστής ελέγχου κρατά προς στιγμήν ή σταματά την υδραυλική πίεση από το να φτάσει σε εκείνη τη μονάδα φρένου των τροχών. Εάν η συχνότητα της ρόδας συνεχίζει να μειώνεται γρήγορα, η πίεση των φρένων τότε απελευθερώνεται από τον ρυθμιστή ελέγχου. Αυτό επιτρέπει στη ρόδα να αρχίσει να σπινάρει ελεύθερα πάλι. Κατόπιν η υδραυλική πίεση εφαρμόζεται πάλι στο φρένο της ρόδας για να προσπαθήσει να σταματήσει το όχημα. Εάν η συχνότητα ροδών μειώνεται γρήγορα πάλι, ο κύκλος επαναλαμβάνεται μέχρι να σταματήσει το όχημα ή ο οδηγός να απελευθερώσει το πεντάλ φρένου.

Τα περισσότερα συστήματα χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ελέγχου για να ελέγχουν τη συγκράτηση και την απελευθέρωση της υδραυλικής πίεσης φρένων. Μερικά συστήματα χρησιμοποιούν μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα συγκράτησης (ή ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εισαγωγής) για τον έλεγχο της ροής του υγρού φρένων στη μονάδα φρένων του τροχού και μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα απελευθέρωσης (ή ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εξόδου) για να αποβάλλουν υγρό φρένων από τη μονάδα φρένου του τροχού πίσω στη δεξαμενή υγρού φρένων. Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα συγκράτησης είναι κανονικά ανοικτή έτσι ώστε να γίνεται κανονική ροή ρευστού φρένων από τον κύριο κύλινδρο στη μονάδα φρένων των τροχών. Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα απελευθέρωσης είναι κανονικά κλειστή, σταματώντας το υγρό φρένων από το να αποβληθεί πίσω στη δεξαμενή υγρού. Μερικά συστήματα χρησιμοποιούν μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα τριών θέσεων, η οποία συνδυάζει τις λειτουργίες συγκράτησης, απελευθέρωσης, και τροφοδότησης μέσα σε μια μονάδα αντί δύο.

Στα πλαίσια φυσιολογικού φρεναρίσματος, τα σωληνοειδή του συστήματος δεν ενεργοποιούνται και γίνεται κανονική ροή υγρού φρένων. Όταν τα φρένα εφαρμόζονται και ο ρυθμιστής ελέγχου αισθάνεται έναν τροχό έτοιμο να κλειδώσει, ο ρυθμιστής ελέγχου πηγαίνει στο πρώτο από τα δύο στάδια. Σε αυτό το πρώτο στάδιο, ο ρυθμιστής ελέγχου ενεργοποιεί τη ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα συγκράτησης για εκείνο τον τροχό για να αποτρέψει περαιτέρω αυξήσεις πίεσης φρένων ακόμα κι αν ο οδηγός αυξάνει την πίεση στο πεντάλ φρένων. Εάν δεν εμφανιστεί καμιά περαιτέρω ένδειξη κλειδώματος τροχών, καμιά περαιτέρω ενέργεια δεν γίνεται από τον ρυθμιστή ελέγχου.

Εντούτοις, εάν υπάρχει περαιτέρω ένδειξη ότι ο τροχός είναι έτοιμος να κλειδώσει, η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα απελευθέρωσης ενεργοποιείται για να επιτρέψει στην πίεση του υγρού φρένων να αποβληθεί πίσω στη δεξαμενή. Κατά τη διάρκεια αυτού του δεύτερου σταδίου λειτουργίας, η ταχύτητα του τροχού πρέπει πάλι να αυξηθεί. Και τα δύο σωληνοειδή απενεργοποιούνται για να επιτρέψουν να εφαρμοστεί η κανονική πίεση υγρού φρένων - για επαναεφαρμογή στα φρένα. Αυτό συνεχίζει να επαναλαμβάνεται τουλάχιστον 15 φορές ανά δευτερόλεπτο μέχρι το όχημα να σταματήσει.

.... ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ: Πιθανή μεταβολή στα μεγέθη τροχών ή ελαστικών που είναι σημαντικά διαφορετικά από τα μεγέθη OEM τροχών ή ελαστικών μπορεί να προκαλέσει ακατάλληλη λειτουργία ABS. Ο ρυθμιστής ελέγχου θα εξετάσει τους αισθητήρες ταχύτητας των τροχών και θα αναμείνει να δει ένα συγκεκριμένο ποσοστό επιβράδυνσης τροχών όταν σταματάει κανονικά. Ένα ελαστικό χαμηλότερου προφίλ θα γυρίζει με μια υψηλότερη ταχύτητα και θα έχει ένα υψηλότερο ποσοστό επιβράδυνσης

κατά το φρενάρισμα. Αυτό μπορεί να προκαλέσει τη ενεργοποίηση του αντιμπλοκαριστικού συστήματος φρένων σε λανθασμένο χρόνο. Μπορεί επίσης να αναγκάσει την προειδοποιητική λυχνία ABS να ανάψει και να καταχωρήσει έναν κώδικα βλάβης αισθητήρων ταχύτητας τροχών. Τα ελαστικά μεγαλύτερου προφίλ μπορούν να προκαλέσουν έναν μεγαλύτερο χρόνο απόκρισης για να ενεργοποιηθεί το ABS. Εάν τα μεγέθη ελαστικών ή τροχών αλλάξουν, ο ρυθμιστής ελέγχου ή / και άλλα συστατικά ABS απαιτείται επίσης να αλλάξουν. Να ελέγξετε σίγουρα μαζί με τον κατασκευαστή του οχήματος για το κατάλληλο ταίριασμα των συστατικών.

#### **2.4.5. Λειτουργικά στάδια ABS.**

Το σύστημα ABS λειτουργεί σε τέσσερις μορφές:

1. Συμβατική λειτουργία (χωρίς ABS).
2. Λειτουργία με διατήρηση (σταθερή) της πίεσης πέδησης.
3. Μείωση της πίεσης πέδησης.
4. Αύξηση της πίεσης πέδησης.

##### **2.4.5.1. Συμβατική λειτουργία πέδησης.**

Στην περίπτωση αυτή το σύστημα ABS δεν είναι ενεργοποιημένο και με το πάτημα του πεντάλ του φρένου, το υγρό μέσω της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας φτάνει στα φρένα των τροχών και δημιουργεί την πίεση πέδησης.

##### **2.4.5.2. Λειτουργία του ABS στη φάση «διατήρηση της πίεσης».**

Όταν κατά την πέδηση ο αισθητήρας τροχού προειδοποιεί την ηλεκτρονική μονάδα δίνει εντολή στην ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα της ηλεκτροϋδραυλικής μονάδας, που αντιστοιχεί σε αυτόν τον τροχό, να κινηθεί προς την θέση «διατήρηση της πίεσης», ώστε να θεωρείται αδύνατη η περαιτέρω αύξηση της πίεσης πέδησης (κλείνει την οδό του υγρού προς το κυλινδράκι). Η εντολή έχει τη μορφή διακεκομμένου ρεύματος.

##### **2.4.5.3. Λειτουργία του ABS κατά την φάση «μείωση της πίεσης».**

Εάν, παρά την πρώτη ρύθμιση της πίεσης πέδησης, η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του ABS διαπιστώσει τάσεις μπλοκαρίσματος, τότε αλλάζει την προηγούμενη εντολή και περνάει στην φάση «μείωση της πίεσης», με ένα πιο ισχυρό σήμα προς την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα, την οποία αναγκάζει να κινηθεί προς τα πάνω, για να αποκαλυφθεί ο διάυλος επιστροφής του υγρού προς τον συσσωρευτή χαμηλής πίεσης. Εκεί αποθηκεύεται μια μικρή ποσότητα υγρού, πράγμα που δημιουργεί μικρή μείωση της πίεσης πέδησης, η οποία γίνεται αντιληπτή από τον οδηγό, λόγω των μικρών αλλά οχληρών ταλαντώσεων του πεντάλ. Την ίδια στιγμή η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου δίνει εντολή να ενεργοποιηθεί και η αντλία επιστροφής, η οποία αναρροφά το υγρό από τον διάυλο επιστροφής (που επικοινωνεί με το φρένο του τροχού) και το διοχετεύει προς το υδραυλικό κύκλωμα της κύριας αντλίας πέδησης. Στην φάση αυτή οι παλινδρομήσεις του πεντάλ φρένων γίνονται πιο έντονες.

Η συχνότητα των συνεχών ρυθμίσεων του ABS, με την αύξηση και μείωση της πίεσης κυμαίνεται από 4 έως 10 ανά δευτερόλεπτο ανάλογα με το μέγεθος της πρόσφυσης του τροχού.

#### 2.4.5.4. Λειτουργία του ABS κατά την φάση «αύξηση πίεσης».

Με την μείωση της πίεσης (στην προηγούμενη φάση) ο τροχός επιταχύνεται πολύ γρήγορα και ο αισθητήρας ταχύτητας τροχού επιβεβαιώνει αυτό το γεγονός προς την ηλεκτρονική μονάδα με την αποστολή του ανάλογου σήματος. Η ηλεκτρονική μονάδα διακόπτει το ηλεκτρικό ρεύμα προς τις αντίστοιχες ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, πράγμα που αναγκάζει το εμβολάκι της βαλβίδας να κατέβει στο κατώτατο σημείο. Έτσι η πίεση του φρένου, που συνεχιζόταν και στις προηγούμενες φάσεις, αναγκάζει το υγρό της κύριας αντλίας πέδησης να ενεργήσει απ' ευθείας πάνω στα φρένα του τροχού, ώστε να επιβραδύνει ο τροχός και να σταθεροποιηθεί η πίεση στο αρχικό επίπεδο, πριν αρχίσει ο κύκλος ρυθμίσεων του ABS.

Εάν το ABS πρόκειται να λειτουργήσει ως συσκευή ασφάλειας, πρέπει επίσης να έχει προγραμματισμένα μερικά μέτρα προστασίας μέσα στον ρυθμιστή ελέγχου σε περίπτωση δυσλειτουργίας συστημάτων ή συστατικών. Εάν ένας αισθητήρας τροχού στέλνει λανθασμένες πληροφορίες στον ρυθμιστή ελέγχου, ένας τροχός θα μπορούσε να κλειδώσει σε λανθασμένο χρόνο. Αυτό θα προκαλούσε τον ασταθή χειρισμό, με πιθανό αποτέλεσμα τραυματισμό ή θάνατο. Ο ρυθμιστής ελέγχου έχει μια εσωτερική διαγνωστική ρουτίνα που εξετάζει όλα τα ηλεκτρικά συστατικά του συστήματος. Αυτή η δοκιμή αρχίζει μόλις το όχημα ξεκινήσει και δεν ολοκληρώνεται έως ότου το όχημα έχει φθάσει σε μια ταχύτητα 4 έως 10 mph. Εάν ανιχνευτεί μια δυσλειτουργία, ο ρυθμιστής ελέγχου κλείνει το ABS και ανοίγει την κίτρινη λυχνία στο ταμπλό. Τα φρένα του οχήματος θα λειτουργήσουν τώρα ως κανονικά φρένα ισχύος χωρίς ικανότητα ABS

#### 2.4.6. Λειτουργία ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας.

Μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα είναι μια ηλεκτρομαγνητική συσκευή εξόδου που χρησιμοποιείται για να ελέγξει τη ροή του υδραυλικού υγρού. Όταν ο ελεγκτής θέλει να σταματήσει την υδραυλική ροή σε ένα συγκεκριμένο υδραυλικό κύκλωμα, στέλνει ένα σήμα τάσης σε μια κανονικά ανοικτή (NO: normal open) ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα στη γραμμή. Όταν η τάση ενεργοποιεί την ηλεκτρομαγνητική (NO) βαλβίδα, δημιουργεί αμέσως ένα μαγνητικό πεδίο που κλείνει τη βαλβίδα και σταματά τη ροή του υγρού. Όταν ο ελεγκτής σταματά την τάση στη ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα, η βαλβίδα επιστρέφει στην ανοικτή θέση της. Το υδραυλικό ρευστό ρέει πάλι στο κύκλωμα.

Με μια κανονικά κλειστή (NC: normal close) ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα, η κατάσταση αντιστρέφεται. Η βαλβίδα μένει κλειστή έως ότου την αναγκάζει ο ελεγκτής να ανοίξει. Όταν οι παρούσες ροές μέσω των περιελίξεων του σωληνοειδούς, η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ανοίγει. Με τη βαλβίδα ανοικτή, το ρευστό μπορεί να διατρέξει δια μέσου του κυκλώματος. Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα που εμφανίζεται είναι μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα τριών θέσεων. Ο ελεγκτής επιτρέπει σε τρία διαφορετικά ποσά (0 αμπέρ, 2 αμπέρ, και 5 αμπέρ) ρεύματος να διατρέξουν το κύκλωμα σωληνοειδών. Η αλλαγή στο ρεύμα αλλάζει τη δύναμη του μαγνητικού πεδίου γύρω από τις περιελίξεις σωληνοειδών. Όπως φαίνεται, η αλλαγή στη μαγνητική δύναμη αναγκάζει τη βαλβίδα τριών θέσεων να κινηθεί προς τα πάνω ή προς τα κάτω, η οποία με τη σειρά της ανοίγει ή κλείνει τις θύρες A και B της βαλβίδας.

Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες μπορούν να αποκριθούν στις εντολές του ελεγκτή μέσα σε πέντε χιλιοστά του δευτερολέπτου. Με την ανακύκλωση των σημάτων τάσης (on και off) στις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, η υδραυλική πίεση στις υδραυλικές μονάδες μπορεί να πάλλεται μέχρι 15 φορές ανά δευτερόλεπτο. Τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου προσφέρουν ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα – αυτοδιαγνωστική ικανότητα. Ο ελεγκτής ελέγχει την κατάσταση ABS, πάντα και καταγράφει οποιαδήποτε κατάσταση που είναι έξω από το συνηθισμένο. Αυτές καταχωρούνται ως ψηφιακοί κώδικες προβλήματος



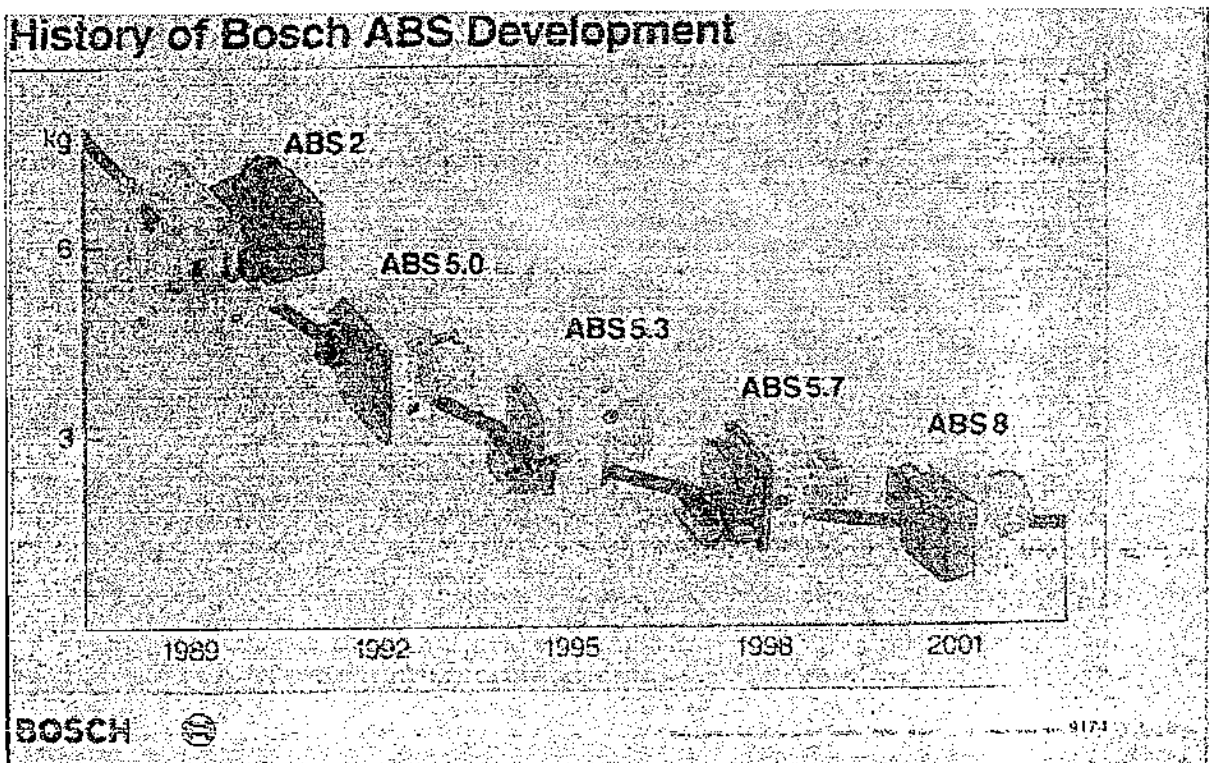
στη μνήμη του ελεγκτή και μπορούν να προσεγγιστούν από τον τεχνικό για να ανιχνεύσουν λάθη το σύστημα.

## 2.5 Τύποι του συστήματος ABS και των συστατικών του.

Κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας, όλα τα αντιμπλοκαριστικά συστήματα φρένων λειτουργούν όπως ένα συμβατικό μηχανοκίνητα βοηθούμενο σύστημα φρένων. Κατά τη διάρκεια δυνατού φρεναρίσματος, εντούτοις, το ABS διαμορφώνει την υδραυλική πίεση σε κάθε τροχή σύμφωνα με την ταχύτητα του τροχού.

Όλα τα αντιμπλοκαριστικά συστήματα φρένων που βρίσκονται στα σημερινά οχήματα κατασκευάζονται από μια από τις ακόλουθες επιχειρήσεις: Bendix, Bosch, Delco Moraine, IIT Teves, Kelsey-Hayes, ή Lucas Girling. Κάθε κατασκευαστής έχει έναν μοναδικό τρόπο να ολοκληρώνει το ίδιο πράγμα – καμία ολίσθηση κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος. Όταν δουλεύεις με τα ABS, είναι σημαντικό να προσδιορίζεις το ακριβές σύστημα που εργάζεσαι και να ακολουθείς τις συγκεκριμένες διαδικασίες υπηρεσιών για αυτό το σύστημα.

Ο ακριβής τρόπος με τον οποίο η υδραυλική πίεση ελέγχεται εξαρτάται από το σχεδιασμό του ABS. Η μεγάλη πλειοψηφία των αντιμπλοκαριστικών συστημάτων φρένων είναι ενσωματωμένα συστήματα. Συνδυάζουν τον κύριο κύλινδρο, τον υδραυλικό ενισχυτή, και τα υδραυλικά στοιχεία κυκλώματος ABS σε μια ενιαία υδραυλική μονάδα. Άλλα αντιμπλοκαριστικά συστήματα φρένων δεν είναι ενσωματωμένα. Χρησιμοποιούν έναν συμβατικό βοηθό κενού ενισχυτή και τον κύριο κύλινδρο. Η υδραυλική μονάδα ελέγχου του συστήματος είναι ένας χωριστός μηχανισμός. Εκτός του ότι ταξινομούνται ως ενσωματωμένα και μη ενσωματωμένα ABS, τα συστήματα μπορούν να αναλυθούν στο επίπεδο ελέγχου που παρέχουν. Τα αντιμπλοκαριστικά συστήματα φρένων μπορούν να είναι ενός, δύο, τριών, ή τεσσάρων καναλιών δίτροχα ή τετράτροχα συστήματα.



Σχήμα 2.34: Η ιστορία της εξέλιξης της μονάδας ABS Bosch.  
[Διαδίκτιο - [www.lucos.com](http://www.lucos.com)]

Εκτός από τον διαχωρισμό που γίνεται με βάση το είδος ελέγχου που γίνεται στους τροχούς έχουμε και τον διαχωρισμό με βάση την πλήρη κατασκευή του ABS. Έτσι έχουμε:

- Το ενσωματωμένο ή ολόκληρο σύστημα ABS, και
- Το μη ολοκληρωμένο σύστημα ABS.

Τέλος ο διαχωρισμός γίνεται με βάση την επονομασία που δίνουν οι εταιρείες στους διάφορους τύπους ABS που παράγουν.

Στους διάφορους τύπου ABS που θα αναφερθούν παρακάτω, μπορέσαμε και συλλέξαμε αρκετές πληροφορίες για τα συστήματα ABS της Bosch και γι' αυτό το λόγο η αναφορά μας σε αυτά θα είναι πιο εκτενής. Στο σχήμα 2.34 φαίνεται η εξέλιξη των συστημάτων ABS της Bosch. Τα μοντέλα ABS 2 και ABS 5.0 τοποθετήθηκαν σε αυτοκίνητα πολυτελείας, ενώ είχαν μεγάλο όγκο και βάρος. Σήμερα σχεδόν σε όλα τα αυτοκίνητα μεσαίας κατηγορίας τοποθετούνται συστήματα ABS που έχουν μικρό βάρος και όγκο. Οι μηχανισμοί που φαίνονται είναι οι ηλεκτροϋδραυλικές μονάδες. Ο κυλινδρικός όγκος είναι ένα μοτέρ ενώ στο άλλο μέρος είναι οι ηλεκτροϋδραυλικές βαλβίδες.

Από τα μοντέλα που παρουσιάζονται στο σχήμα 2.34 έχουμε πληροφορίες μόνο για τα τρία παλαιότερα μοντέλα, δηλαδή τα 2, 5.0, 5.3. Το μοντέλο της Bosch ABS – 3 δεν αναφέρεται εκτενώς λόγω έλλειψης στοιχείων.

### 2.5.1 Σύστημα δύο τροχών.

Αυτά τα βασικά συστήματα προσφέρουν αντιμπλοκαριστική απόδοση φρένων στους πίσω τροχούς μόνο. Δεν παρέχουν αντιμπλοκαριστική απόδοση στους τροχούς της κίνησης. Τα συστήματα δύο τροχών συχνότερα βρίσκονται στα ελαφριά φορτηγά και σε μερικά οχήματα αθλητικής χρήσης. Αυτά τα συστήματα μπορούν να είναι είτε ενός είτε δύο καναλιών, συστήματα. Στα συστήματα ενός καναλιού, τα πίσω φρένα και στις δύο πλευρές του οχήματος είναι ρυθμισμένα συγχρόνως για να ελέγξουν την ολίσθηση. Αυτά τα συστήματα στηρίζονται στην συνεισφορά από έναν κεντρικά τοποθετημένο αισθητήρα ταχύτητας. Ο αισθητήρας ταχύτητας είναι κανονικά τοποθετημένος στο δακτύλιο ταχυτήτων στη διαφορική μονάδα, τη μετάδοση, ή σε κάποιες περιπτώσεις σε οποιοδήποτε ενδιάμεσο σημείο μεταφοράς της κίνησης. Το σύστημα ενός καναλιού της Ford για τους πίσω τροχούς ονομάζεται RABS, πίσω ABS. Η Chrysler και η GM (General Motors) ονομάζουν τα ενός – καναλιού, αντιμπλοκαριστικά συστήματα φρένων δύο τροχών (RWAL). Τα δύο καναλιών συστήματα δύο τροχών ρυθμίζουν την πίεση σε κάθε έναν από τους πίσω τροχούς ανεξάρτητα τον ένα από τον άλλο. Η διαμόρφωση ελέγχεται από τις διαφορές ταχύτητας που καταγράφονται από τους αισθητήρες ταχύτητας που βρίσκονται σε κάθε τροχό.

### 2.5.2 Συστήματα διαγώνιου διαχωρισμού.

Αυτός ο τύπος συστήματος χρησιμοποιεί δύο αισθητήρες ταχύτητας για να παρέχει στοιχεία ταχύτητας τροχών για την ρύθμιση και των τεσσάρων τροχών. Ένας αισθητήρας εισάγει στοιχεία που ελέγχουν το δεξιό μπροστινό τροχό, ο άλλος αισθητήρας κάνει το ίδιο για τον αριστερό μπροστινό τροχό. Η υδραυλική πίεση φρένων στον αντίθετο πίσω τροχό ελέγχεται ταυτόχρονα με τον διαγώνια τοποθετημένο μπροστινό τροχό του. Παραδείγματος χάριν, ο δεξιός πίσω τροχός λαμβάνει τις ίδιες οδηγίες άντλησης με τον αριστερό μπροστινό τροχό. Αυτό το σύστημα είναι μια αναβάθμιση από το σύστημα δύο τροχών δεδομένου ότι παρέχει τον έλεγχο οδήγησης. Εντούτοις μπορεί να έχει ανεπάρκειες κάτω από ορισμένες συνθήκες λειτουργίας.

### 2.5.3. Σύστημα διαχωρισμού σε πίσω και μπροστινό μέρος.

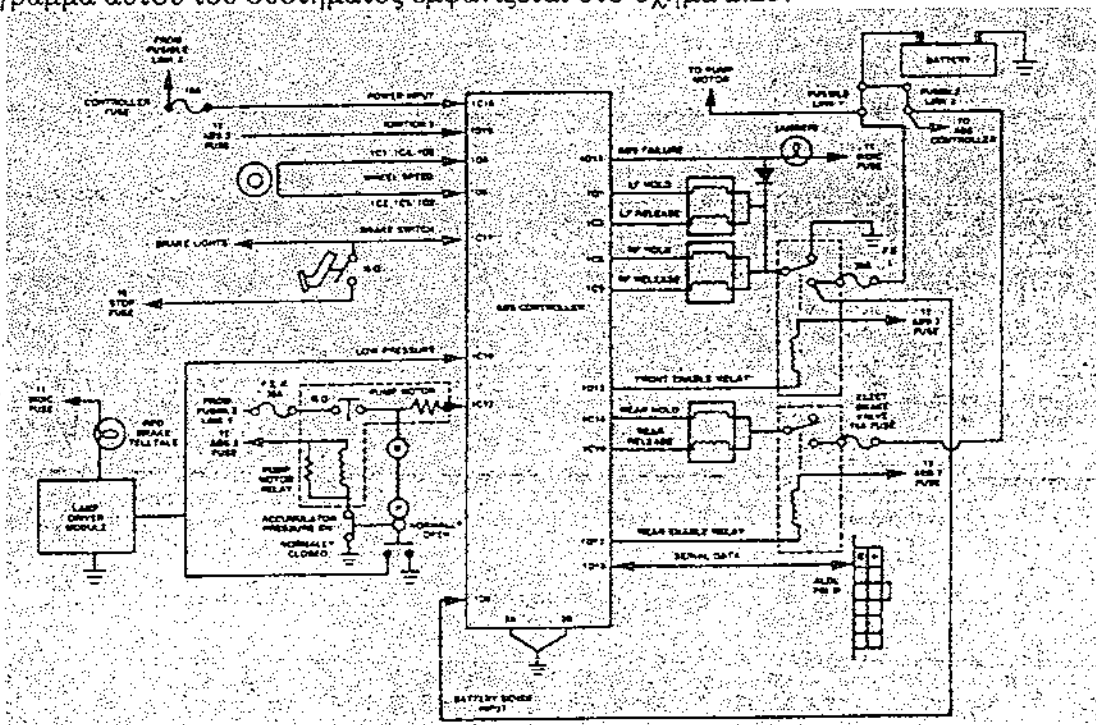
Αυτά τα συστήματα έχουν ανεξάρτητα υδραυλικά κυκλώματα σε κάθε έναν από τους δύο μπροστινούς τροχούς και ένα ενιαίο κύκλωμα στους δύο πίσω τροχούς. Αυτό είναι ένα κύκλωμα τριών καναλιών. Το σύστημα 4WAL της GM (αντιμπλοκαριστικό τεσσάρων τροχών) είναι ένα παράδειγμα αυτού του τύπου συστήματος.

### 2.5.4. Πλήρες (τεσσάρων τροχών) σύστημα.

Αυτό το είναι το πιο αποτελεσματικό σύστημα ABS που υπάρχει. Αυτό είναι ένα σύστημα τεσσάρων καναλιών, στο οποίο οι αισθητήρες ελέγχουν κάθε έναν από τους τέσσερις τροχούς. Με αυτές τις συνεχείς πληροφορίες, ο ηλεκτρονικός ρυθμιστής ελέγχου του ABS εξασφαλίζει ότι κάθε τροχός λαμβάνει την ακριβή δύναμη φρεναρίσματος που χρειάζεται για να διατηρήσει τον έλεγχο αντιμπλοκαρίσματος και διεύθυνσης.

### 2.5.5. Σύστημα Delco Moraine ABS III.

Το σύστημα Delco Moraine ABS III είναι ένα ενσωματωμένο σύστημα τεσσάρων τροχών που αποτελείται από ένα βασικό σύστημα φρένων, ένας ελεγκτής αντιμπλοκαριστικών φρένων, αισθητήρες ταχύτητας τροχών σε κάθε τροχό, δύο λυχνίες δεικτών, και έναν μπροστινό και έναν οπίσθιο εν δυνάμει ηλεκτρονόμο. Χρησιμοποιείται μια μονάδα αντλίας Powermaster-III και κύριου κυλίνδρου. Αυτή η μονάδα περιέχει έναν υδραυλικό συσσωρευτή, ένα ηλεκτρικό μοτέρ και αντλία, τρία σωληνοειδή, έναν διακόπτη πίεσης, και μια δεξαμενή υγρού. Οι αισθητήρες τροχών στέλνουν συνεχώς πληροφορίες της ταχύτητας των τροχών στον ελεγκτή. Όταν οι αισθητήρες στέλνουν ένα σήμα που δείχνει ότι οι τροχοί είναι έτοιμοι να μπλοκάρουν, ο ελεγκτής αποκρίνεται με την ενεργοποίηση του κατάλληλου σωληνοειδούς. Αυτό το σωληνοειδές πάλλεται από τον ελεγκτή. Αυτή η ενέργεια διαμορφώνει το φρένο και αποτρέπει το μπλοκάρισμα. Ο ελεγκτής ενεργοποιεί τα σωληνοειδή με τον έλεγχο μιας επαφής. Ένα ηλεκτρικό διάγραμμα αυτού του συστήματος εμφανίζεται στο σχήμα 2.25.



Σχήμα 2.35: Ηλεκτρονικός σχηματισμός του DM ABS III  
(Courtesy of General Motors Corporation).

[Today's technician classroom Manual for Automotive brake systems.]

Τα οχήματα που εξοπλίζονται με αυτό το σύστημα έχουν ένα κέντρο ισχύος ABS. Αυτή η μονάδα περιέχει δύο ασφάλειες, τον μπροστινό και τον οπίσθιο εν δυνάμει ηλεκτρονόμο (ρελέ), και δύο εϋτηκτες συνδέσεις. Όλη η ηλεκτρική δύναμη για το ABS καθοδηγείται από αυτό το κέντρο. Τα οχήματα είναι επίσης εξοπλισμένα με μία επαφή ενός σημείου. Αυτή η επαφή βρίσκεται σε ένα στήριγμα κοντά στη βάση της μπαταρίας. Με τη χρησιμοποίηση μιας επαφής ενός σημείου, η δυνατότητα της ηλεκτρικής παρέμβασης μειώνεται. Ο ελεγκτής ενεργοποιεί το αντιμπλοκαριστικό σύστημα με ταχύτητες 2 mph ή περισσότερο. Σχεδιάστηκε επίσης για να επικοινωνεί με τα συστήματα GM CAMS και τα συστήματα TECH-1 για να επιτρέψει στον τεχνικό να έχει ευρείες διαγνωστικές ικανότητες. Με αυτές τις ικανότητες, ο τεχνικός θα είναι σε θέση να:

- παρουσιάζει παραμέτρους διαγνωστικών στοιχείων του συστήματος ABS.
- παρουσιάζει και τους νέους και τους παλιούς κώδικες βλαβών.
- καταγράφει στοιχεία που έχουν ληφθεί πριν και μετά από μια διακοπτόμενη κατάσταση βλάβης.
- λειτουργεί και εκτελεί ειδικούς ελέγχους σε συγκεκριμένα τμήματα του ABS για να ελέγξει και να εξασφαλίσει κατάλληλη λειτουργία πριν και μετά από την επισκευή.

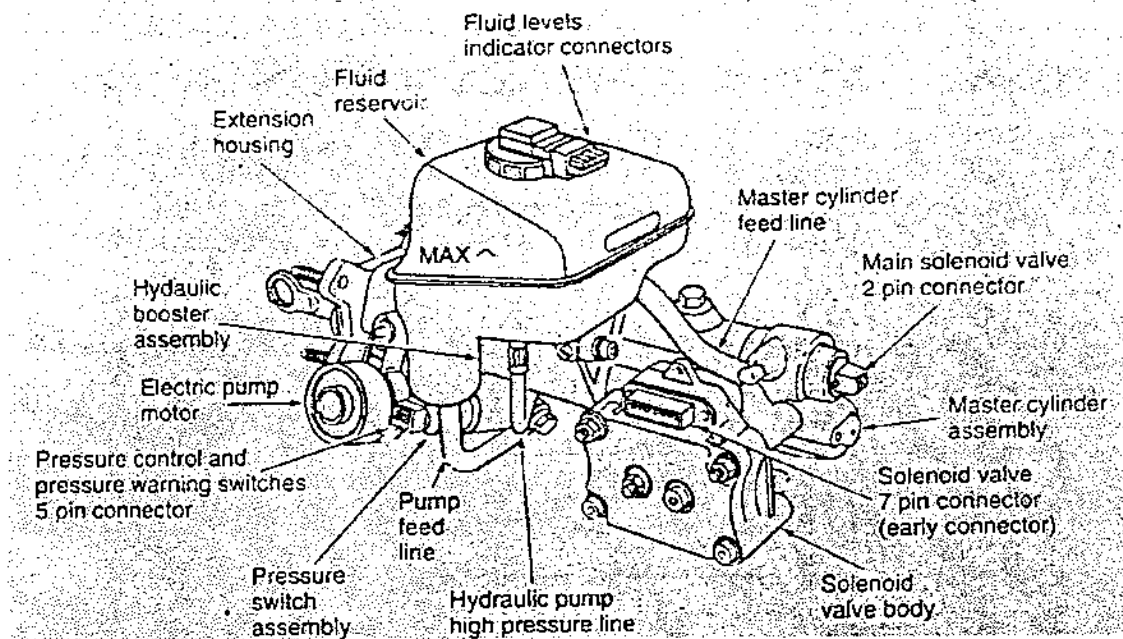
Ο ελεγκτής ξέρει ότι τα φρένα έχουν εφαρμοστεί μέσω της εισόδου από το διακόπτη φρένων. Αυτός ο διακόπτης βρίσκεται στο πεντάλ φρένων. Η μονάδα Powermaster-III είναι μια ενιαία μονάδα που περιέχει έναν κύριο κύλινδρο διπλών εμβόλων, μια αντλία φρένων ισχύος, μια ηλεκτρική αντλία και έναν συσσωρευτή. Περιέχει επίσης μια βαλβίδα αφαιμάξης, μια ανακουφιστική βαλβίδα πίεσης, έναν διακόπτη πίεσης, και τρία σωληνοειδή. Η μονάδα εφαρμόζει την υδραυλική πίεση φρένων μέσω του συσσωρευτή όταν πέζεται το πεντάλ φρένων. Το φρενάρισμα βοηθητικής ισχύος παρέχεται από την αντλία φρένων ισχύος. Εντούτοις, η βοήθεια οπίσθιας ισχύος και η υδραυλική πίεση για το οπίσθιο φρενάρισμα παράγεται από την ηλεκτρική αντλία. Η υδραυλική πίεση για τα μπροστινά φρένα προέρχεται από τον κύριο κύλινδρο. Το πρωτεύον έμβολο ενεργοποιεί τη δεξιά μπροστινή σιαγόνα, ενώ το δευτερεύον έμβολο ενεργοποιεί την αριστερή μπροστινή σιαγόνα.

Η αντλία παρέχει στο συσσωρευτή το πρεσαρισμένο υγρό για το οπίσθιο φρενάρισμα. Ο συσσωρευτής αποθηκεύει το πρεσαρισμένο υγρό έτσι ώστε η αντλία να μην χρειάζεται να λειτουργεί συνεχώς. Ένα λαστιχένιο διάφραγμα στο συσσωρευτή χρησιμοποιείται για να διαχωρίζει το υγρό φρένων από το αέριο αζώτου που πρεσάρει το υγρό. Μια ανακουφιστική βαλβίδα πίεσης αποτρέπει την υπερβολική πίεση. Εάν η πίεση υπερβαίνει τα 3.400 PSI, η βαλβίδα ανοίγει.

Τα σωληνοειδή χρησιμοποιούνται για να διαμορφώσουν την πίεση φρένων κατά τη διάρκεια καταστάσεων μπλοκαρίσματος. Αυτά χειρίζονται από τον ελεγκτή. Υπάρχουν τρία ζευγάρια σωληνοειδών που λειτουργούν διαδοχικά. Ένα σωληνοειδές χρησιμοποιείται για να συγκρατεί την υδραυλική πίεση και ένα για να την απελευθερώνει. Τα σωληνοειδή βρίσκονται κάτω από τη δεξαμενή υγρού. Η δεξαμενή υγρού περιέχει έναν διακόπτη επιπέδου υγρού που θα ανάψει μια κόκκινη προειδοποιητική λυχνία εάν το υγρό πέσει πολύ χαμηλά. Αυτή η λυχνία θα ανάψει επίσης εάν το χειρόφρενο είναι δεσμευμένο. Η δεύτερη προειδοποιητική λυχνία, μια κίτρινη, θα ανάψει όποτε ο ελεγκτής ανιχνεύσει ένα πρόβλημα με το ABS. Όταν αυτή η λυχνία είναι ανοικτή, το σύστημα είναι μερικώς ή συνολικά εκτός λειτουργίας.

## 2.5.6. Σύστημα αντιμπλοκαρίσματος Tevew Mark II.

Το σύστημα Teves Mark II χρησιμοποιεί μια ακέραια μονάδα βαλβίδων ελέγχου αντλίας / κύριου κυλίνδρου / σωληνοειδούς, και αποτελείται από τρία χωριστά υδραυλικά κύκλωμα-δύο μεμονωμένα κυκλώματα μπροστινών φρένων και ένα συνδυασμένο κύκλωμα οπίσθιων φρένων. Η μονάδα κύριου κυλίνδρου και υδραυλικής αντλίας φρένων



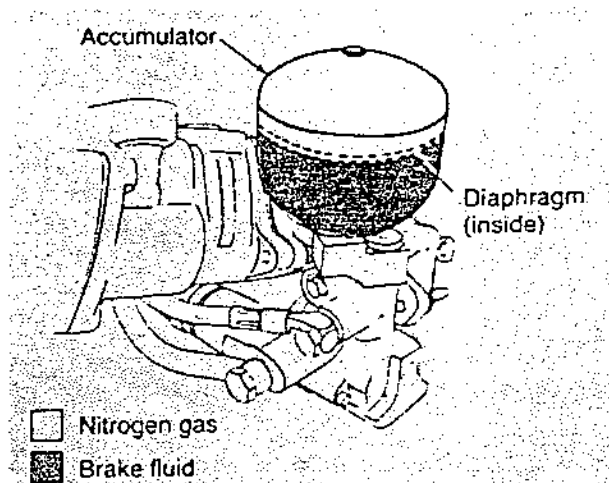
**Σχήμα 2.36: Μονάδα κυλίνδρου και υδραυλικής αντλίας του Teves.**  
*[Today's technician classroom Manual for Automotive Brake Systems]*

είναι προγραμματισμένη έτσι ώστε η αντλία ισχύος να είναι τοποθετημένη πίσω από τον κύριο κύλινδρο όπως φαίνεται στο σχήμα 2.36. Η ράβδος ώθησης του πεντάλ φρένων ενεργεί στην αντλία ισχύος, η οποία στη συνέχεια ενεργεί στον κύριο κύλινδρο. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιεί μια αποκλειστικά ηλεκτρική υδραυλική αντλία για να παρέχει υψηλής πίεσης υγρό φρένων για τη λειτουργία του ABS (σχήμα 2.37). Αυτό το υγρό αποθηκεύεται υπό υψηλή πίεση στη μονάδα του συσσωρευτή, μια δεξαμενή πίεσης με πλήρωση αέρα. Όταν η πίεση του συστήματος πέσει κάτω από 2,230psi, η αντλία ενεργοποιείται και μένει ανοιχτή μέχρι η πίεση να ανέβει στα 2,610psi.

Η διαφανής μονάδα δεξαμενής υγρού έχει δύο βασικούς θαλάμους, δύο διακόπτες επιπέδου υγρού (που είναι μέρος της μονάδας καλύμματος), και δύο σωλήνες επιστροφής χαμηλής πίεσης (έναν από την αντλία και μια από τον κύριο κύλινδρο). Η δεξαμενή είναι τοποθετημένη στην κορυφή της υδραυλικής μονάδας αντλίας και έχει σωλήνες εξόδου πεπιεσμένου υγρού που στηρίζονται σε μια μονάδα ενισχυμένων δακτυλίων που βρίσκεται πάνω σε εκείνη την μονάδα ώθησης. Το σώμα της μονάδας ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων ABS κανονικά τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά της μονάδας κύριου κυλίνδρου και περιέχει τρία ζευγάρια ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων (σχήμα 2.38). Υπάρχει ένα ζευγάρι βαλβίδων για κάθε μπροστινό τροχό και ένα ζευγάρι για τους συνδεδεμένους οπίσθιους τροχούς. Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εισαγωγής είναι κανονικά μια ανοικτή βαλβίδα και η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εξαγωγής είναι κανονικά μια κλειστή βαλβίδα.

Οι μονάδες αισθητήρων τροχών χρησιμοποιούν ένα μεταβλητό σχέδιο μαγνήτη με έναν οδοντωτό αισθητήρα 104 δοντιών που τοποθετείται σε κάθε μονάδα τροχού. Οι αισθητήρες μπροστινών τροχών τοποθετούνται συνήθως στους μπροστινούς άξονες και αισθάνονται τον δακτύλιο αισθητήρα που τοποθετείται στο εσωτερικό της μονάδας του στροφέα. Οι οπίσθιοι αισθητήρες είναι βιδωμένοι στους δίσκους προσαρμογής οπίσθιων φρένων που είναι βιδωμένοι στη μονάδα του άξονα. Οι οπίσθιοι δακτύλιοι αισθητήρων πατιούνται γενικά επάνω στον άξονα, στο εσωτερικό της φλάντζας του τροχού του άξονα.

Η ηλεκτρονική μονάδα ελεγκτών χρησιμοποιεί δύο όμοια προγραμματισμένους μικροεπεξεργαστές με τα συνοδευτικά στοιχεία κυκλώματος με σκοπό την επεξεργασία των περιττών στοιχείων και τον έλεγχο αληθοφάνειας των κριτηρίων για να εξασφαλίσει πλήρεις εφεδρικές λειτουργικές ικανότητες. Αυτοί οι επεξεργαστές ελέγχουν τη λειτουργία του συστήματος συνεχώς και υπό όλες τις συνθήκες.



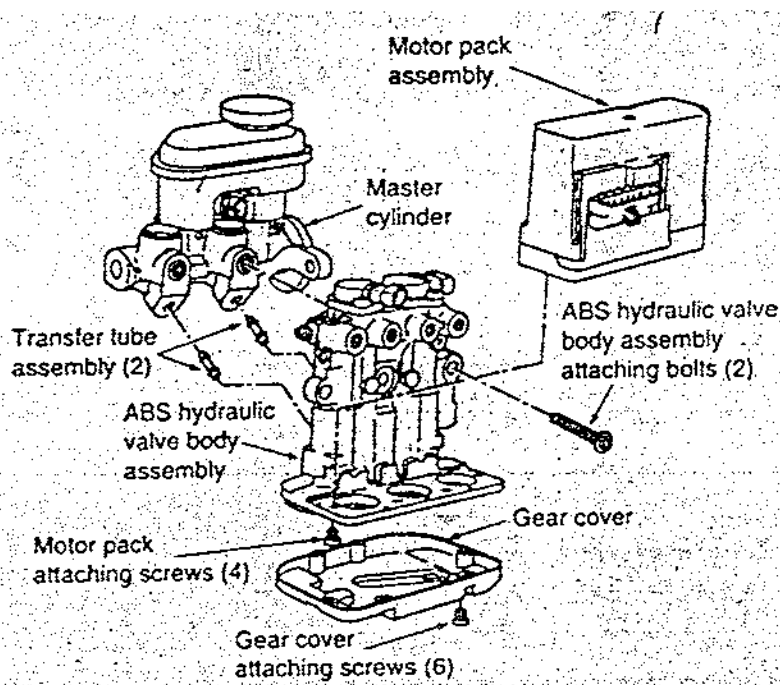
**Σχήμα 2.37: Σώμα της αντλίας και του συσσωρευτή.**  
*[Today's technician classroom Manual for Automotive Brake Systems]*

Κατά τη διάρκεια κανονικών χειρισμών οδήγησης, οι επεξεργαστές στέλνουν τα σήματα δοκιμής στα σωληνοειδή για να ασκήσουν τα ηλεκτρικά κυκλώματα χωρίς παραγωγή οποιωνδήποτε μηχανικών αντιδράσεων. Εάν εμφανιστεί μια συνθήκη κλειδώματος τροχού, οι κατάλληλες ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες των τροχών ενεργοποιούνται για να διαμορφώσουν την πίεση εκείνου του τροχού. Αυτή η ενέργεια ελέγχου καταλήγει στον οδηγό που αισθάνεται το πεντάλ φρένων να πάλλεται και που επίσης παρατηρεί μια πιθανή αλλαγή στο ύψος του πεντάλ φρένων. Υπό κανονικό φρενάρισμα, δεν πρέπει να εμφανιστεί παλμός του πεντάλ φρένων ή αλλαγή ύψους.

Η προειδοποιητική λυχνία ABS είναι κίτρινη. Θα ανάψει όταν μια ηλεκτρική / ηλεκτρονική δυσλειτουργία εμφανιστεί στο αντιμπλοκαριστικό σύστημα φρένων. Όταν η λυχνία είναι ανοικτή, ο ελεγκτής θέτει εκτός λειτουργίας το ABS. Η προειδοποιητική λυχνία των φρένων είναι κόκκινη και χρησιμοποιείται για να ενημερώσει τον οδηγό ότι υπάρχει μια υδραυλική βλάβη στο σύστημα φρένων που εξασθενεί την ασφαλή λειτουργία φρεναρίσματος. Αυτή η λυχνία θα ανάψει επίσης εάν το χειρόφρενο είναι δεσμευμένο. Ο ελεγκτής χρησιμοποιεί τρία στάδια για να ελέγξει το μπλοκάρισμα των τροχών: διατηρεί σταθερή την πίεση φρένων, απελευθερώνει / μειώνει την πίεση φρένων, και εφαρμόζει / αυξάνει την πίεση φρένων.

Όταν ένας αισθητήρας ταχύτητας τροχού δείχνει ότι ένας τροχός έχει υψηλό ρυθμό επιβράδυνσης και είναι έτοιμος να κλειδώσει, η διαμόρφωση ελέγχου ανοίγει τη ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εισαγωγής (συγκράτηση) για να κρατήσει σταθερή την πίεση που εφαρμόζεται στα φρένα. Εάν συνεχίσει ο τροχός να επιβραδύνεται, η διαμόρφωση ελέγχου θα ανοίξει τη ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα εξόδου (απόρριψη) για να χαλαρώσει την πίεση φρένων στον τροχό και με αυτόν τον τρόπο να μειώσει την ενέργεια φρεναρίσματος.

Με αυτήν την μειωμένη πίεση φρεναρίσματος, ο τροχός πρέπει να αρχίσει να επιταχύνει. Όταν η διαμόρφωση ελέγχου βλέπει αυτήν την πραγματοποίηση ταχύτητας, θα κλείσει τις βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής, οι οποίες θα επιτρέψουν να πραγματοποιηθεί κανονική ενέργεια φρεναρίσματος. Εάν εκείνος ο τροχός αρχίσει να επιβραδύνεται γρήγορα πάλι, η διαδικασία ελέγχου αρχίζει ξανά. Ανάλογα με τις οδικές συνθήκες, μπορούν να υπάρξουν 4 έως 15 κύκλοι ελέγχου που πραγματοποιούνται κάθε δευτερόλεπτο που το σύστημα ABS είναι σε λειτουργία.



**Σχήμα 2.38: Ο υδραυλικός ρυθμιστής είναι ένα συστατικό που μπορεί να προστεθεί στον συμβατικό κεντρικό κύλινδρο. Οι ηλεκτρικές αντλίες μπορούν να αντικατασταθούν ξεχωριστά, όπως μπορούν και οι σωληνοειδής βαλβίδες.**  
*[Today's technician classroom Manual for Automotive Brake Systems]*

Κατά τη διάρκεια κανονικού φρεναρίσματος, ο οδηγός ωθεί το πεντάλ φρένων, το οποίο ενεργοποιεί μια ράβδο ώθησης. Η ράβδος ώθησης ενεργεί σε έναν πτυσσόμενο μοχλό που χειρίζεται τη βαλβίδα ελέγχου της αντλίας. Η βαλβίδα ελέγχου αντλίας ρυθμίζει το ποσό πίεσης και υγρού που μπαίνει στο θάλαμο της αντλίας, βασισμένο στη δύναμη του πεντάλ φρένων. Αυτό επιτρέπει στον οδηγό να έχει μια αίσθηση "να νιώθει" όταν φρενάρει. Το πεντάλ φρένων και η πίεση της υδραυλικής αντλίας ενεργούν άμεσα στο έμβολο της αντλίας για να ενεργοποιήσουν τα έμβολα κύριων κυλίνδρων. Τα οπίσθια φρένα εφαρμόζονται άμεσα από την πίεση υδραυλικής αντλίας κατά τη διάρκεια και της μη-αντιμπλοκαριστικής και της αντιμπλοκαριστικής λειτουργίας. Τα μπροστινά φρένα εφαρμόζονται μέσω της δημιουργίας κανονικής πίεσης κύριων κυλίνδρων (κατά τη διάρκεια του μη-αντιμπλοκαριστικού φρεναρίσματος) ή από τη βασική πίεση αντλίας (κατά τη διάρκεια του αντιμπλοκαριστικού φρεναρίσματος).

Τα οπίσθια φρένα που φαίνονται είναι ακόμα υπό κανονική κατάσταση φρεναρίσματος, όντας σε θέση να λάβουν την πρόσθετη πίεση του συστήματος φρένων για να σταματήσουν περαιτέρω αυτούς τους τροχούς. Το δεξί μπροστινό φρένο είναι σε μια αντιμπλοκαριστική κατάσταση ελέγχου με την πίεση να διατηρείται σε μια κατάσταση συγκράτησης. Το αριστερό μπροστινό φρένο είναι σε μια αντιμπλοκαριστική κατάσταση ελέγχου με την πίεση να μειώνεται οδηγώντας την πίεση πίσω στη δεξαμενή. Ο οδηγός θα αισθανθεί την άνοδο του πεντάλ και τον παλμό καθώς οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες λειτουργούν. Ο οδηγός μπορεί επίσης να ανιχνεύσει θορύβους κρότου από τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες καθώς το πεντάλ πάλλεται.

### 2.5.7. Σύστημα Bendix ABS 10.

Αυτό το σύστημα Bendix είναι ένα σύστημα 4 τροχών που αποτελείται από ένα κύριο σύστημα φρένων, μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, έναν ενσωματωμένο κύριο κύλινδρο / μονάδα αντλίας ισχύος, έναν διαμορφωτή πίεσης, διακόπτες πίεσης, ηλεκτρική αντλία ώθησης, δύο συσσωρευτές, αισθητήρες τροχού σε κάθε τροχό, και δύο προειδοποιητικές λυχνίες. Οι προειδοποιητικές λυχνίες λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο

όπως σε άλλα συστήματα ABS, με μια κόκκινη και μια κίτρινη λυχνία. Η κίτρινη λυχνία ελέγχεται από τον ελεγκτή. Αυτή ανάβει όταν ο ελεγκτής ανιχνεύει μια ή περισσότερες από τις 14 βλάβες που μπορεί να αναγνωρίσει.

Η μονάδα κύριου κυλίνδρου / αντλίας ισχύος έχει προσαρμοσμένη τη δεξαμενή υγρού. Η δεξαμενή διαιρείται σε τρία τμήματα: κύριο υγρό, υγρό συσσωρευτών, και υγρό συσσωρευτών συμπληρωματικών αντλιών. Ο κύριος κύλινδρος είναι ο χαρακτηριστικός τύπος διαχωριζόμενου συστήματος. Αυτός παρέχει το υγρό για το φρενάρισμα καθώς επίσης και για το διαμορφωτή κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του ABS. Η αντλία ισχύος ενεργοποιείται από το πεντάλ φρένων και τροφοδοτείται με υψηλής πίεσης υγρό από μια ηλεκτρική αντλία ώθησης.

Ένα χαρακτηριστικό αυτού του συστήματος είναι η χρήση δύο συσσωρευτών. Ο ένας βρίσκεται μέσα στη συμπληρωματική αντλία και ο άλλος βρίσκεται δίπλα στη μονάδα κύριων κυλίνδρων. Και οι δύο συσσωρευτές αποθηκεύουν το πρεσαρισμένο υγρό (1.700-2.000 PSI) για τη λειτουργία των φρένων ισχύος. Επίσης, και οι δύο συσσωρευτές είναι γεμάτοι άζωτο. Ο συσσωρευτής της αντλίας φορτίζεται με 450 PSI, ενώ άλλος φορτίζεται με 1.000 PSI. Ο διαμορφωτής πίεσης είναι μια ηλεκτροϋδραυλική μονάδα και συνδέεται με τον κύριο κύλινδρο / αντλία ισχύος. Αυτός ελέγχει την πίεση σε τρία κανάλια: ένα και για τα δύο οπίσθια φρένα, ένα για το δεξί μπροστινό, και ένα άλλο για το αριστερό μπροστινό. Κάθε κανάλι ελέγχεται από τρεις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες: μια για την πίεση συγκράτησης, μια για την χαλάρωση της πίεσης, και μια για την αύξηση της πίεσης.

### **2.5.8. Σύστημα Bendix Antilock – 6.**

Το σύστημα Antilock-6 είναι ένα βασικό σύστημα φρένων διαγώνιου χωρισμού με επιπρόσθετα τα μέρη του ABS. Το σύστημα περιέχει ένα ρυθμιστικό μέρος, τέσσερις αισθητήρες τροχών, και ένα μηχανήμα ελέγχου αντιμπλοκαρίσματος. Το σώμα ελέγχου αποτελείται από μια υδραυλική αντλία, δύο συσσωρευτές, μια διαφορική βαλβίδα πίεσης και έξι σωληνοειδείς βαλβίδες ελέγχου.

Σε αυτό το σύστημα, το υγρό φρένων από τα φρένα των τροχών πάει σε μια δεξαμενή μέσα στο σώμα ελέγχου, αντί για να πάει στο θάλαμο των υγρών φρένων, όταν η πίεση ελαττώνεται. Καθώς το υγρό γεμίζει την δεξαμενή, η αντλία κινεί το υγρό μέσα στους συσσωρευτές. Αυτό το υγρό υψηλής πίεσης αποθηκεύεται μέσα στους συσσωρευτές μέχρι να χρειαστεί αύξηση στην πίεση.

Ο ελεγκτής (CAB) ελέγχει όλες τις λειτουργίες του ABS. Ο CAB βλέπει συνεχώς την ταχύτητα του κάθε τροχού για να αποφασίσει αν κάποιος από τους τροχούς έχει αρχίσει να μπλοκάρει. Όταν κάποιος τροχός τείνει να μπλοκάρει, ο CAB απομονώνει τον κεντρικό κύλινδρο από το φρένο των τροχών. Αυτό γίνεται με την ενεργοποίηση των σωληνοειδών βαλβίδων απομόνωσης. Ο CAB τότε ελέγχει την φθίνουσα πορεία και τις σωληνοειδείς βαλβίδες σχεδίασης για να ελέγχει την πίεση των υγρών φρένων σε αυτόν τον τροχό μέχρι να μην εντόπίζεται πια μπλοκάρισμα αυτού.

### **2.5.9. Σύστημα Delco Moraine ABS VI.**

Αρχίζοντας από το 1991, η General Motors άρχισε να εξοπλίζει συγκεκριμένα οχήματα μικρό και μεσαίου μεγέθους με σύστημα αντιμπλοκαρίσματος φρένων ονομαζόμενο Delco ABS-VI. Αυτό το σύστημα είναι ένα επιπρόσθετο σύστημα που χρησιμοποιεί έναν κοινό προωθητήρα και κεντρικό κύλινδρο πέδησης. Δεν χρησιμοποιεί γρήγορης επενέργειας σωληνοειδείς βαλβίδες για να ελέγχει την υδραυλική πίεση. Αντί αυτών, χρησιμοποιεί έναν υδραυλικό ρυθμιστή που λειτουργεί χρησιμοποιώντας μια αρχή της GM που λέγεται ηλεκτρομαγνητική πέδηση.



Όπως στα ολοκληρωμένα συστήματα, η ταχύτητα των τροχών λαμβάνεται χρησιμοποιώντας ανεξάρτητους αισθητήρες ταχύτητας. Όταν ένας τροχός αρχίζει να επιβραδύνεται πιο γρήγορα από τους άλλους κατά το φρενάρισμα, ο ελεγκτής ρυθμίζει τα σήματα στον υδραυλικό ρυθμιστή για να μειώσει την πίεση στον συγκεκριμένο τροχό.

Ο ρυθμιστής ABS-VI περιέχει τρία μικρά κοχλιοειδή έμβολα – ένα για κάθε κύκλωμα μπροστινής πέδησης και ένα για το πίσω κύκλωμα. Αυτά τα έμβολα οδηγούνται από ηλεκτρικούς κινητήρες. Στο πάνω μέρος κάθε κυκλώματος του εμβόλου είναι μια μικρή μπίλια ελέγχου που ελέγχει την υδραυλική πίεση μέσα στο κύκλωμα του φρένου.

Αυτός ο υδραυλικός ρυθμιστής και το κουτί του κινητήρα επικάθεται στον κεντρικό κύλινδρο. Το υδραυλικό σύστημα φρένων για κάθε έναν από τους μπροστινούς τροχούς ελέγχεται από έναν κινητήρα, έναν οδοντωτή οδήγησης κοχλία, ένα σωληνοειδές, ένα έμβολο και μια βαλβίδα ελέγχου. Το κύκλωμα των πίσω τροχών ελέγχεται από μπίλιες ελέγχου και έναν κινητήρα, γι' αυτό τα πίσω φρένα ρυθμίζονται μαζί.

Οι κινητήρες είναι πολύτροφοι διπλής κατεύθυνσης ώστε γρήγορα και με ακρίβεια να προσδιορίζουν την θέση που πρέπει να έχουν οι κοχλιοειδείς μπίλιες. Κάθε κινητήρας έχει ένα φρένο, που επιτρέπει στις μπίλιες να διατηρούν την θέση τους κόντρα στις υδραυλικές πιέσεις. Οι μπροστινοί κινητήρες έχουν ένα ηλεκτρομαγνητικό φρένο (EMB) και ο πίσω κινητήρας χρησιμοποιεί μια επέκταση του φρένου με ντίζα (συρματόσχοινο) (ESB).

Κατά την διάρκεια κανονικών συνθηκών φρεναρίσματος, κάθε έμβολο είναι στο επάνω μέρος. Η μπίλια ελέγχου στο πάνω μέρος δεν εφάπτεται και το περιφερειακό σωληνοειδές είναι ανοιχτό φυσιολογικά. Αυτό επιτρέπει στην πίεση πέδησης από τον κεντρικό κύλινδρο και τον προωθητήρα ενέργειας κενού να ενεργήσει στα φρένα κατά την διάρκεια κανονικού φρεναρίσματος.

Κατά την διάρκεια φρεναρίσματος πανικού, το σύστημα είναι σε λειτουργία ABS. Σε αυτήν την κατάσταση, η πίεση πέδησης πρέπει να μειωθεί για να αποφευχθεί μπλοκάρισμα τροχού. Αυτό γίνεται με το να κλείσει το, κανονικά, ανοιχτό σωληνοειδές για να απομονώσει το κύκλωμα και μετά αρχίζει να στρέφεται το έμβολο προς τα κάτω για να μειωθεί η δύναμη πέδησης. Καθώς το έμβολο στρέφεται προς τα κάτω, αυξάνει η τιμή μέσα στο κύκλωμα των φρένων. Αυτό προκαλεί μια πτώση της πίεσης που κρατάει τον τροχό ώστε να μην μπλοκάρει. Το ποσό της πίεσης που προσφέρεται είναι ελεγχόμενο με την μετακίνηση του εμβόλου πάνω κάτω ανάλογα με τις απαιτήσεις. Για περαιτέρω πτώση της πίεσης, το έμβολο πάει προς τα κάτω. Για επανατροφοδότηση πίεσης το έμβολο κινείται προς τα πάνω.

Το σύστημα μπορεί να κάνει επτά φορές το δευτερόλεπτο τον κύκλο. Επειδή το σύστημα δεν έχει αντλία υψηλής πίεσης και συσσωρευτή, δεν μπορεί να αυξήσει την πίεση πέδησης πάνω από αυτήν που παρέχεται από τον κεντρικό κύλινδρο και τον προωθητή βοήθειας κενού.

Ο ρυθμιστής ελέγχου του ABS-VI (EBCM) έχει πέντε ξεχωριστά διαγνωστικά μοντέλα. Οι διαθέσιμες πληροφορίες για εντοπισμό προβλήματος περιλαμβάνει την ανάγνωση των αισθητήρων της ταχύτητας τροχού, την ταχύτητα του οχήματος, την τάση της μπαταρίας, την εντολή κατάστασης του κινητήρα και των σωληνοειδών, την κατάσταση της προειδοποιητικής λυχνίας και την κατάσταση της λυχνίας των φρένων. Πολυάριθμοι κωδικοί προβλημάτων έχουν προγραμματιστεί στον εγκέφαλο για να βοηθήσουν στην εντοπίσει των προβλημάτων. Άλλα διαγνωστικά μοντέλα αποθηκεύουν παλιούς κωδικούς προβλημάτων. Αυτή η πληροφορία μπορεί να βοηθήσει τους τεχνικούς να αποφασίσουν αν ένας νεώτερος κωδικός, όπως ένας διαλείπων αισθητήρας ταχύτητας τροχού, συνδέεται με το παρόν πρόβλημα, όπως ένας αισθητήρας που έχει αποτύχει πλήρως. Ένα άλλο μοντέλο βοηθάει τη δοκιμή για ανεξάρτητα μεταξύ τους μέρη του συστήματος.

Η λειτουργία του ABS-VI διαφέρει στη λειτουργία από τα περισσότερα συστήματα. Κάθε τροχός από τους μπροστινούς έχει το δικό του σύστημα σωληνοειδούς και ρυθμιστή

οδηγικού κινητήρα. Αν ένας από τους μπροστινούς τροχούς πλησιάσει σε κατάσταση μπλοκαρίσματος, ο εγκέφαλος ενεργοποιεί το σωληνοειδές εκείνου του τροχού απομονώνοντας τον κεντρικό κύλινδρο από το κομμάτι του φρένου του τροχού. Η πίεση στις υδραυλικές γραμμές αυτού του τροχού κρατάται. Καθώς ο κινητήρας κινείται αντίστροφα, το έμβολο ακολουθεί το παξιμάδι προς το κάτω, επιτρέποντας στη βαλβίδα ελέγχου να καθίσει. Η πίεση του υγρού είναι τώρα μια λειτουργία με ελεγχόμενη τιμή στο θάλαμο του εμβόλου. Για ελάττωση της πίεσης πέδησης, το έμβολο οδηγείται προς τα κάτω. Για αύξηση της πίεσης πέδησης, το έμβολο οδηγείται προς τα πάνω. Η ολική πίεση πέδησης κατά την διάρκεια λειτουργίας του ABS είναι περιορισμένη, οποιαδήποτε κι αν είναι η παρούσα πίεση πέδησης, όταν το ABS ήταν ενεργοποιημένο. Αν η πίεση πέδησης στον τροχό πάει να υπερβεί την πίεση του κεντρικού κυλίνδρου, η βαλβίδα ελέγχου ανοίγει και αφήνει να επιστρέψει υγρό στον κεντρικό κύλινδρο. Γι' αυτό, το σύστημα δεν μπορεί να παράγει μια τέτοια πίεση πέδησης που να επιτρέπει στο ABS να αυτοτροφοδοτεί τα φρένα. Όταν η λειτουργία του ABS δεν χρειάζεται, το σωληνοειδές απενεργοποιείται για να παρέχει μια δεύτερη δίοδο για τα υγρά φρένων προς την μονάδα των φρένων των τροχών.

Η λειτουργία του πίσω ABS είναι παρόμοια με αυτή των μπροστινών τροχών, μόνο που δεν χρησιμοποιείται σωληνοειδές και ο έλεγχος και των δύο τροχών γίνεται από τον ίδιο κινητήρα. Η πίεση πέδησης στους πίσω τροχούς είναι περίπου η ίδια. Κάτω από φυσιολογικό φρενάρισμα, τα έμβολα οδηγούνται στο ανώτερο σημείο, όπου η βαλβίδα ελέγχου μένει ανοιχτή. Αυτό επιτρέπει κανονική ροή υγρών φρένων σε καθέναν από του πίσω τροχούς. Όταν ενεργοποιείται το πίσω ABS, τα έμβολα οδηγούνται προς τα κάτω, το οποίο επιτρέπει στις βαλβίδες να καθίσουν και να παγιδέψουν υγρό και πίεση φρένων στις πίσω γραμμές και κομμάτια φρένων. Αν χρειάζεται κι άλλη μείωση πίεσης τα έμβολα κατεβαίνουν κι άλλο. Αν χρειάζεται αύξηση της πίεσης, τα έμβολα ανεβαίνουν. Ο κύκλος αυτός λειτουργίας του ABS συνεχίζει μέχρι να μην χρειάζεται πια.

### **2.5.10. Σύστημα Kelsey - Hayes RWAL / RABS / 4WAL.**

Το πίσω αντιμπλοκάρισμα του τροχού (RWAL) και τα πίσω συστήματα αντιμπλοκαρίσματος φρένων, και οι πολλές τους παραλλαγές χρησιμοποιούνται για να εμποδίζουν το μπλοκάρισμα των πίσω τροχών σε φορτηγάκια, ειδικά κάτω από σχετικά ελαφρύ φορτίο. Αυτά τα συστήματα αποτελούνται από ένα στάνταρ δυναμικό σύστημα φρένων, μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (ρυθμιστικός έλεγχος), και μια μονάδα βαλβίδας μονωτική / αντλία. Η μονάδα της βαλβίδας είναι ενωμένη με τον κεντρικό κύλινδρο στην γραμμή των πίσω φρένων. Και οι δύο μονάδες των πίσω φρένων ελέγχονται από την μονάδα της βαλβίδας κάτω από συνθήκες ABS.

Κάτω από κανονικό φρενάρισμα, η πίεση περνάει μέσα από την μονάδα της βαλβίδας. Ο ρυθμιστής ελέγχου λαμβάνει ένα σήμα από τον διακόπτη των φρένων μόλις τα φρένα αρχίσουν να πιάνουν και αρχίζει να επεξεργάζεται τα σήματα VSS σε ταχύτητα μεγαλύτερη από 5mph. Αν ο ρυθμιστής ελέγχου εντοπίσει μια ακτίνα επιτάχυνσης από τα VSS τέτοια που να υποδεικνύει πιθανό μπλοκάρισμα στον πίσω τροχό, ενεργοποιεί την μονωτική βαλβίδα, η οποία σταματάει την αύξηση της πίεσης στα πίσω φρένα. Αν συμβεί περαιτέρω επιβράδυνση, που υποδεικνύει μπλοκάρισμα, ο ρυθμιστής ελέγχου αστραπαία ενεργοποιεί την βαλβίδα αντλίας με παλμικό ρυθμό για να απελευθερωθεί πίεση πέδησης μέσα στον συσσωρευτή. Όταν η ταχύτητα του τροχού επανέλθει, ο ρυθμιστής ελέγχου απενεργοποιεί την μονωτική βαλβίδα, επιτρέποντας το υγρό μέσα στον συσσωρευτή να επανέλθει στον κεντρικό κύλινδρο και να συνεχιστεί το φρενάρισμα υπό κανονικές συνθήκες.

Αυτό το σύστημα είναι μη χρησιμοποιήσιμο σε τετρακίνητο όχημα αφού σε κάθε τροχό θα πρέπει να γίνει ξεχωριστή επιχείρηση. Από την στιγμή που θα μπει και πάλι η κίνηση σε δύο τροχού στο ABS θα μπορεί να ξαναμπει σε λειτουργία.

Το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος για τετρακίνηση (4WAL) έχει έναν τυπικό κεντρικό κύλινδρο με προωθητήρα και ξεχωριστή ρυθμιστική βαλβίδα υδραυλικής πίεσης πέδησης (BPMV) και ηλεκτρονικό ρυθμιστή ελέγχου φρένων (EBCM). (κάποια από τα εγχειρίδια επισκευής των κατασκευαστών αναφέρουν την υδροηλεκτρική μονάδα ελέγχου [EHCU]). Ανάλογα με τον κατασκευαστή και τις απαιτήσεις του οχήματος, το σύστημα είναι με έξοδο τριών καναλιών με τους μπροστινούς τροχούς να ελέγχονται ανεξάρτητα, ενώ οι πίσω τροχοί είναι συνδυασμένοι. Η είσοδος (ο αισθητήρας του τροχού) είναι είτε τεσσάρων καναλιών χαμηλής επιλογής ή ένα απλό τριών καναλιών.

Τα βασικά συστατικά αυτού του συστήματος είναι η μονάδα της ρυθμιστικής βαλβίδας πίεσης φρένων (η οποία αποτελείται από το σώμα της υδραυλικής βαλβίδας και τον ηλεκτρονικό ρυθμιστή ελέγχου φρένων), τους αισθητήρες ταχύτητας των τροχών, έναν αισθητήρα ταχύτητας οχήματος (VSS), έναν προσκρουστήρα VSS (γνωστός ακόμα και σαν DRA, DRAB DRAC), και έναν λαμπτήρα αντίστασης σαν ένδειξη του ABS.

Τα πρώτα συστήματα χρησιμοποιούν αισθητήρες τεσσάρων τροχών και ονομάζονται χαμηλής επιλογής συστήματα, αφού το EBCM μαζεύει το σήμα του πίσω τροχού, με την μικρότερη ταχύτητα, κατά την διάρκεια του φρεναρίσματος με ABS ενώ ταυτόχρονα θα πρέπει να γίνει έλεγχος και για τους δύο τροχούς. Οι νεώτερες εκδόσεις αυτού του συστήματος χρησιμοποιούν το σήμα του αισθητήρα για την ταχύτητα του οχήματος (VSS) αντί για δύο διαφορετικούς αισθητήρες για τους πίσω τροχούς για να ελέγχουν την διαδικασία φρεναρίσματος των πίσω τροχών.

Η μονάδα BPMV / EBCM δεν παίρνει επιδιόρθωση αλλά αντικαθίσταται σαν μονάδα. Το EBCM πάει μέσα από έναν αρχικό έλεγχο όταν το όχημα φτάσει για πρώτη φορά τα 8 mph.

Το σύστημα χρησιμοποιεί τρεις μονωτικές βαλβίδες (ISO), τρεις παλμικού εύρους ρυθμιστικές βαλβίδες (PWM), έναν συσσωρευτή υψηλής πίεσης (HPA) για τα μπροστινά φρένα και έναν για τα πίσω, και έναν συσσωρευτή χαμηλής πίεσης (LPA) για μπροστά και έναν για πίσω. Σε μια λειτουργία του ABS σε διαδικασία σταματήματος, ο ελεγκτής ενεργοποιεί την κατάλληλη μονωτική βαλβίδα για τον τροχό που πρόκειται να μπλοκάρει. Αν απαιτείται μεγαλύτερη πράξη για να μειωθεί η πίεση στα φρένα, τη βαλβίδα PWM ενεργοποιείται για να απελευθερώσει πίεση μέσα στον συσσωρευτή χαμηλής πίεσης, ο οποίος επιτρέπει στον τροχό να αποκτήσει μεγαλύτερη ταχύτητα. Καθώς ο τροχό αποκτά ταχύτητα, ο ελεγκτής επιτρέπει στον συσσωρευτή υψηλής πίεσης να αυξήσει την πίεση στην γραμμή φρένου. Αν η πίεση HPA δεν είναι αρκετά υψηλή, ο ελεγκτής θα ενεργοποιήσει παλμικά την βαλβίδα ISO για να επιτρέψει στη πίεση του κεντρικού κυλίνδρου να σταματήσει τον τροχό. Αυτός ο κύκλος μπορεί να συμβεί από μία έως δέκα φορές το δευτερόλεπτο.

### **2.5.11. Σύστημα Teves Mark IV.**

Το Mark IV σύστημα είναι παρόμοιο σε λειτουργία με το Teves Mark II σύστημα. Παρ' όλα αυτά, αυτό το σύστημα χρησιμοποιεί μια συμβατική μονάδα κεντρικού κυλίνδρου με προωθητήρα ενέργειας και μια ξεχωριστή μονάδα σωληνοειδούς αντλίας ABS για να ελέγχει την υδραυλική λειτουργία του ABS. Όπως και το Mark II, αυτό το σύστημα χρησιμοποιεί είσοδο τεσσάρων καναλιών και έξοδο τριών.

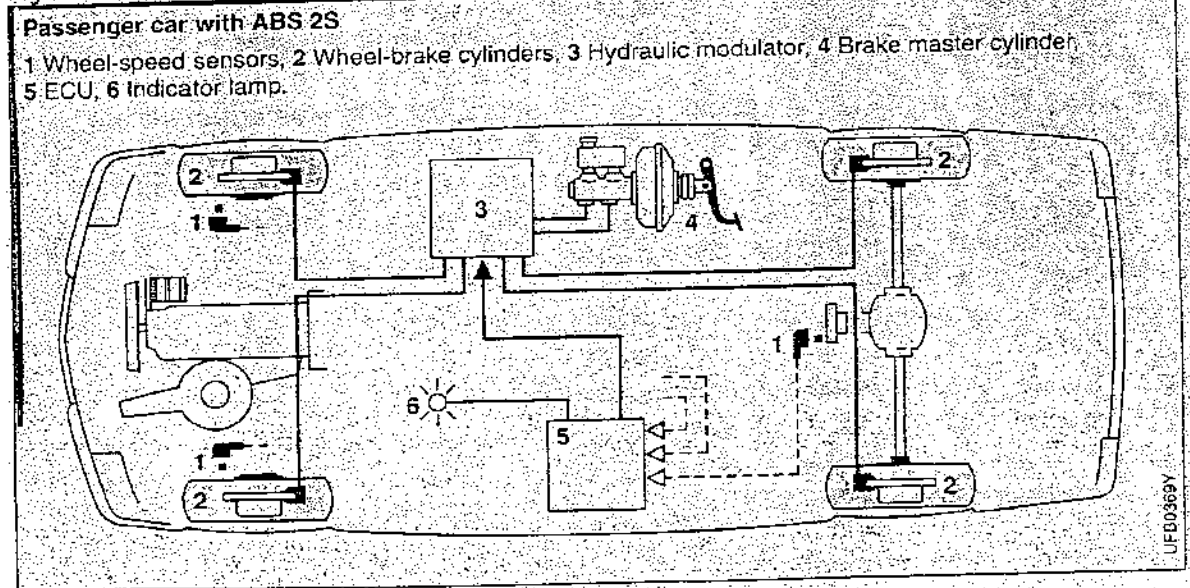
### **2.5.12. Σύστημα Bosch ABS-2S.**

Το πρώτο σύστημα αντιμπλοκαρίσματος φρένων, ABS-2S (σχήμα 2.39), εισήγαγε την παραγωγή σειράς το 1978, όταν τα ηλεκτρονικά δυαδικά συστήματα είχαν αναβαθμιστεί μέχρι ένα σημείο, στο οποίο ήταν δυνατή η παρακολούθηση πολύπλοκης διαδικασίας πέδησης και η αντίδραση σε κλάσματα δευτερολέπτου. Αυτό το ιδιαίτερα

ευέλικτο σύστημα μπορεί να αναβαθμιστεί μέσα στο συμβατικό σύστημα φρένων χωρίς ιδιαίτερες μετατροπές. Η λειτουργία του περιγράφεται παρακάτω:

Κατά την λειτουργία του οχήματος, οι αισθητήρες του συστήματος καταγράφουν την ταχύτητα των τροχών και στους δύο μπροστινούς τροχούς, και είτε την μέση ταχύτητα των πίσω τροχών είτε ξεχωριστά. Όταν, βασισμένο στα σήματα των αισθητήρων, ο ελεγκτής ECU αναγνωρίζει τάση για μπλοκάρισμα, αντιδρά με ενεργοποίηση των σωληνοειδών βαλβίδων για τους επηρεαζόμενους τροχούς του υδραυλικού ρυθμιστή. Οι ανεξάρτητες σωληνοειδής βαλβίδες, ορισμένες για κάθε μπροστινό τροχό, ελέγχουν την αντίδραση των τροχών για να σιγουρέψουν ότι κάθε ελαστικό κάνει την μέγιστη δυνατή συνεισφορά σε αποτελεσματικό φρενάρισμα – ανεξάρτητα από τις συνθήκες στους άλλους τροχούς (ανεξάρτητος έλεγχος κλειστού βρόγχου). Στον πίσω άξονα, ο τροχός με τον μικρότερο συντελεστή δύναμης πέδησης (τριβής), καθορίζει πού πρέπει να δοθεί και στα δύο φρένα αυτών των τροχών (αρχή επιλογής «χαμηλού» τροχού). Όταν χρησιμοποιείται ο συντελεστής μπροστινού τροχού / πίσω τροχού, μια μονή σωληνοειδής βαλβίδα ελέγχει τους πίσω τροχούς. Όταν χρησιμοποιείται ο συντελεστής της διαγωνίου, δύο σωληνοειδής βαλβίδες απαιτούνται γι' αυτόν το σκοπό. Υπάρχει μια μικρή αύξηση στις αποστάσεις πέδησης, με αυτήν την αρχή ελέγχου, αλλά αυτή είναι περισσότερο ανεξάρτητη από το βάρος λόγω της εξαιρετικής ευστάθειας που παρέχει. Η μονάδα ελέγχου ECU μετατοπίζει τις σωληνοειδής βαλβίδες μεταξύ των τριών θέσεων.

Fig. 13



**Σχήμα 2.39: Επιβατικό αυτοκίνητο με ABS 2S.**

1 Αισθητήρες ταχύτητας τροχών, 2 Κύλινδροι φρένων τροχών, 3 Υδραυλικός ρυθμιστής, 4 Κύριος κύλινδρος φρένων, 5 Ελεγκτής ECU, 6 Λαμπτήρας ένδειξης

[Brake systems – BOSCH – edition 95/96]

Εξαρτώμενος από τις συνθήκες του οδοστρώματος, ο αριθμός κύκλων ελέγχου ανά δευτερόλεπτο κυμαίνεται μεταξύ 4 και 10. Το ABS πετυχαίνει αυτόν τον στιγμιαίο έλεγχο με μέσα όπως οι διαδικασίες ηλεκτρονικών σημάτων και οι γρήγοροι χρόνοι αντίδρασης.

Κάθε φορά που το όχημα παίρνει μπρος, και στο τέλος κάθε ταξιδιού, η μονάδα ελέγχου πραγματοποιεί έναν κύκλο ελέγχου για να εξακριβώσει την κατάσταση του ελεγκτή, του κυκλώματος ασφαλείας και όλων των περιφερειακών συστημάτων.

Αυτός ο κύκλος ελέγχου κάνει ικανό το τσεκάρισμα της κατάστασης των κυκλωμάτων που παραμένουν αδρανή όταν ο έλεγχος ABS λειτουργεί, που όμως θα επηρέαζαν στην διαδικασία ελέγχου φρένων σε μια έκτακτη ανάγκη.

Ένα σημαντικό κομμάτι μέσα σ' αυτόν τον κύκλο ελέγχου είναι ο αυτοέλεγχος του κυκλώματος παρακολούθησης. Αυτή η διαδικασία προσποιείται λάθη με σκοπό να αναλύσει την αντίδραση των κυκλωμάτων, συμπεριλαμβανομένου και του αγωγού απενεργοποίησης. Αυτός ο έλεγχος αποτρέπει «αδρανή» λάθη στα κυκλώματα παρακολούθησης. Το σύστημα αντιδρά σε ένα αναγνωρισμένο σφάλμα με το να απενεργοποιήσει το ABS, μια διαδικασία που συνοδεύεται με το άναμμα της ενδεικτικής λυχνίας για να ενημερώσει τον οδηγό το γεγονός, ότι μόνο το συμβατικό σύστημα φρένων είναι ακόμα διαθέσιμο. Αυτό το κύκλωμα ασφαλείας ολοκληρώνεται με έναν προσομοιωτή λαθών του ηλεκτρονικού ελεγκτή, εγγυημένο ότι τα υψηλά στάνταρ ασφαλείας παραμένουν.

### Μονάδα ελέγχου για το ABS 2S:

Η μονάδα ελέγχου ECU είναι ένα εξαιρετικά συμπαγές πακέτο. Οι ανεξάρτητες λειτουργίες ρύθμισης είναι υψηλά ολοκληρωμένες υβριδικές συσκευές, σχεδιασμένες ειδικά για ανεξάρτητες απαιτήσεις από το όχημα. Ο υπολογιστής αποτελείται από 2 ψηφιακά κυκλώματα LSI. Αυτά τα κυκλώματα έχουν σαν χαρακτηριστικό τα ξεχωριστά στοιχεία ημιαγωγών για φιλτράρισμα, για ρύθμιση της δύναμης του σήματος, για παραγωγή του αναφορικού παλμού και για καταστολή της παρέμβασης, καθώς επίσης για συγχώνευση των μετασχηματιστών ενέργειας που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των σωληνοειδών βαλβίδων.

Η προτεινόμενη θέση εγκατάστασης για την μονάδα ελέγχου ECU είναι στον θάλαμο των επιβατών.

Το σύστημα ABS-3 περιλαμβάνει τέσσερις αισθητήρες τροχών, μια μονάδα υδραυλικού διαμορφωτή, μια ηλεκτρική αντλία, και έναν ελεγκτή, τη διαμόρφωση ελέγχου αντιμπλοκαριστικού φρένου (ABCM). Αυτό το σύστημα λειτουργεί με τον ίδιο σχεδόν τρόπο με άλλα ενσωματωμένα συστήματα.

Ο υδραυλικός διαμορφωτής αποτελείται από μια μονάδα αντλίας φρένων ισχύος / κύριου κυλίνδρου, έναν συσσωρευτή, δύο βαλβίδες καθορισμού διαστάσεων, και διάφορους αισθητήρες και διακόπτες. Ο συσσωρευτής προφορτίζεται με 800 PSI. Το πρεσαρισμένο υγρό από την αντλία και το συσσωρευτή χρησιμοποιείται για κανονικό φρενάρισμα, καθώς επίσης και τη λειτουργία του ABS. Όταν το σύστημα είναι στο ABS, η αντλία αυξάνει την πίεση πάνω από 2.100 PSI. Στο κατώτατο σημείο της μονάδας αντλίας ισχύος / κύριου κυλίνδρου υπάρχουν τέσσερις, ξεχωριστού τροχού, ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες 3 θέσεων. Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ενεργοποιούνται από τον ελεγκτή όταν ανιχνεύεται μπλοκάρισμα. Η μονάδα εγκαθίσταται επίσης με μια βαλβίδα ξαναγεμίματος, η οποία επαναπροσανατολίζει τη πίεση του υγρού από την αντλία στον κύριο κύλινδρο κατά τη διάρκεια σκληρού φρεναρίσματος. Αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα διατηρεί το ύψος του πεντάλ φρένων κατά τη διάρκεια της λειτουργίας.

### Κύκλωμα εισόδου:

Το κύκλωμα εισόδου αποτελείται από ένα φίλτρο χαμηλής διάβασης και έναν ενισχυτή εισόδου. Αυτό το κύκλωμα καταστέλλει την ανάμιξη όταν την ίδια στιγμή ενισχύει όλα τα σήματα που λαμβάνονται από τους αισθητήρες ταχύτητας τροχών (κανάλι 1...4). Το κύκλωμα εισόδου επίσης μετατρέπει την σύνθετη τάση AC από τους αισθητήρες ταχύτητας τροχών σε τετραγωνικού κύματος σήμα εξόδου χρησιμοποιώντας αυτά τα επεξεργασμένα σήματα για να ελέγξει και τα δύο ψηφιακά κυκλώματα ελέγχου LSI

## Ψηφιακός ελεγκτής:

Ο ψηφιακός ελεγκτής αποτελείται από δύο πανομοιότυπα αλλά ξεχωριστά κυκλώματα LSI. Αυτά τα κυκλώματα λειτουργού παράλληλα, και καθένα επεξεργάζεται πληροφορία από τους δύο τροχούς (κανάλια 1 και 2, και 3 και 4) και φέρνει σε πέρας τις ανταποκρινόμενες λογικές διαδικασίες.

Αυτό το σχέδιο περιέχει ξεχωριστά κανάλια για να αποφεύγει την πιθανότητα κεντρικού λάθους σε αυτόν τον τομέα του κυκλώματος. Επίσης ελαττώνει την καθυστέρηση αντίδρασης (νεκρός χρόνος) στην επεξεργασία του σήματος στο απόλυτα ελάχιστο μαζί με τις ακόλουθες θετικές συνέπειες για την διαδικασία ελέγχου.

Τα αναλογικά σήματα τετραγωνικού κύματος που παρουσιάζουν την συχνότητα του τροχού μετατρέπονται σε 10 bit words στους τομείς εισόδου των δύο κυκλωμάτων LSI. Εδώ είναι όπου η παρέμβαση από παράγοντες όπως η διαθεσιμότητα ταλαντώσεων και η πρόσκρουση και προβολή επιφάνειας δρόμου δείχνονται προς τα έξω.

Πιο βαθιά στο κύκλωμα είναι ένας επεξεργαστής διαδοχικής αριθμητικής λογικής. Αυτή η συσκευή χρησιμοποιεί την επεξεργασμένη ταχύτητα τροχού (συχνότητα τροχού) σαν τη βάση για να υπολογίσει τις ελεγχόμενες μεταβλητές «ολίσθησης» και «επιβράδυνσης» (ή «επιτάχυνσης») για τους τροχούς. Ένας πολύπλοκος ελεγκτής με χαρακτηριστικό γνώρισμα το λογισμικό προσαρμοζόμενης ανταπόκρισης για ποικίλες συχνότητες (π.χ. η μονάδα αυτόματα προσαρμόζεται σε εναλλασσόμενες συνθήκες μέσα στο σύστημα του ελεγκτή) μετατρέπει αυτά τα σήματα ελέγχου σε εντολές θέσης για τις σωληνοειδής βαλβίδες. Οι επικοινωνίες μεταξύ των δύο κυκλωμάτων LSI παραμένουν μέσα σε ένα συριακό εσωτερικό σώμα το οποίο ενώνεται στο επίπεδο εισόδου, στον αριθμητικό επεξεργαστή και στον ελεγκτή λογικού με κρίκους δεδομένων.

Ακόμα άλλη μια ρύθμιση λειτουργίας αποτελεί το κύκλωμα ρύθμισης που χρησιμοποιείται για αναγνώριση σφάλματος και εκτίμησης. Επειδή το ABS ασκεί απ' ευθείας έλεγχο πάνω στη λειτουργία της υπηρεσίας των φρένων. Είναι επιτακτική ανάγκη ότι τα κύκλωμα διατηρεί ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα εφαρμογής στην περιοχή της ασφάλεια, της ακεραιότητας του συστήματος και της ανάγνωσης σφαλμάτων.

Το κύκλωμα παρακολούθησης ανταποκρίνεται σε σφάλματα στον ψηφιακό ελεγκτή με το να σημαδεύει ένα σήμα λάθους και να κλείνει την σταθεροποιημένη τάση στο ρελέ ασφαλείας ώστε να απενεργοποιήσει το σύστημα. Το σήμα αυτό λάθους επίσης αποθηκεύεται στη μνήμη σφαλμάτων.

Εν τω μεταξύ, μια λυχνία προειδοποίησης ενημερώνει τον λειτουργό του οχήματος για το γεγονός ότι η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου – και κατά συνέπεια το ABS – είναι εκτός λειτουργίας. Βέβαια, κλείνοντας το ABS δεν ελαττώνεται η ικανότητα του συμβατικού συστήματος φρένων σε καμία περίπτωση.

Τα κυκλώματα παρακολούθησης λειτουργού ξεχωριστά σε καθένα από τα κυκλώματα LSI. Οι λειτουργίες τους αποτελούν ευρέως, ευλογοφανώς, ελέγχους, σχεδιασμένους να επιβεβαιώσουν ότι τα σήματα και οι συνδυασμοί τους είναι λογικά σωστά και ότι η διάρκεια των σημάτων είναι φυσικώς πιθανά.

Οι λειτουργίες παρακολούθησης επίσης επεκτείνονται για να συμπεριλάβουν τα περιφερειακά συστήματα όπως τους αισθητήρες ταχύτητας τροχού, τα ρελέ και τις καλωδιώσεις, όπως επίσης και τα ηλεκτρικά μέρη στον υδραυλικό εξοπλισμό. Το κύκλωμα εκτίμησης σφάλματος αποφασίζει πότε το σύστημα μπορεί να συνεχίσει να λειτουργεί, ή πότε ανεξάρτητα κανάλια, ή ολόκληρο το σύστημα πρέπει να κλείσει.

## Κυκλώματα εξόδου:

Τα δύο υβριδικά κυκλώματα εξόδου λειτουργούν σε ενεργειακούς διαβιβαστές. Ενεργούν σαν ρυθμιστές ρεύματος για τα κανάλια 1+2 και 3+4 ενεργοποιώντας τις

σωληνοειδής βαλβίδες σαν ανταπόκριση των εντολών ελέγχου που λαμβάνουν από τα κυκλώματα LSI. Το ρυθμιζόμενο ρεύμα κάνει δυνατή τη διατήρηση της κλειστής ανοχής των δυνάμεων των σωληνοειδών και αλλάζει τους χρόνους σε ολόκληρη την κλίμακα της τάσης και της θερμοκρασίας.

#### Επίπεδο οδήγησης (ενισχυτές εξόδου):

Επιρροές από τους ρυθμιστές ρευμάτων στα δύο κυκλώματα εξόδου στο επίπεδο οδήγησης είναι η παραγωγή των απαιτούμενων ρευμάτων για ενεργοποίηση των σωληνοειδών.

#### Σταθεροποιητής τάσης, μνήμη σφαλμάτων:

Αυτός ο ρυθμιστής μονάδας ελέγχου ECU σταθεροποιεί την τροφοδοσία της τάσης, ενώ την παρακολουθεί την ίδια ώρα για να εξασφαλίσει ότι παραμένει μέσα σε συγκεκριμένες ανοχές. Επίσης συσσωματώνει μια χαμηλής τάσης λειτουργία αναγνώρισης για να κλείσει το σύστημα στην περίπτωση ανεπάρκειας τροφοδοσίας ενέργειας του οχήματος, μνήμης σφάλματος, όπως επίσης και έναν ρελέ και ένα κύκλωμα να αναλάβει τη λειτουργία του προειδοποιητικού λαμπτήρα.

#### Ρυθμιστής υδραυλικής πίεσης για το ABS 2S:

Ο ρυθμιστής υδραυλικής πίεσης του ABS 2S περιέχει την αντλία επιστροφής, έναν θάλαμο συσσώρευσης για κάθε κύκλωμα φρένων και τις σωληνοειδής βαλβίδες:

#### Αντλία επιστροφής:

Καθώς η πίεση απελευθερώνεται από τους κυλίνδρους των φρένων των τροχών, η αντλία επιστροφής μεταφέρει το υγρό φρένων που χρησιμοποιήθηκε μέσω του συσσωρευτή και πίσω στον κεντρικό κύλινδρο φρένων.

#### Συσσωρευτής:

Ο συσσωρευτής προσωρινά απορροφά την διόγκωση του ρευστού που εμφανίζεται καθώς το υγρό φρένων αποφορτίζεται κατά την διάρκεια την φάσης απελευθέρωσης της πίεσης.

#### 3/3 σωληνοειδής βαλβίδες:

Ο 3/3 σωληνοειδής βαλβίδες ελέγχουν τις διαδικασίες ρύθμισης της πίεσης στους κυλίνδρους των φρένων των τροχών κατά την διάρκεια ενεργής παρέμβασης του ABS. Κάθε τροχός (έκδοση τεσσάρων καναλιών) – ή κάθε μπροστινός τροχός και οι δύο πίσω τροχοί μαζί (έκδοση τριών καναλιών) – ορίζει τις δικές του 3/3 σωληνοειδής βαλβίδες. Αυτή είναι μια σωληνοειδής-παρακινούμενη οδήγησης-ελέγχου, βαλβίδα με τρία υδραυλικά στηρίγματα και τρεις λειτουργικές θέσεις. Αυτό το σχέδιο κάνει δυνατό τον έλεγχο των ενώσεων μεταξύ του κεντρικού κυλίνδρου φρένων, των κυλίνδρων φρένων των τροχών και του κυκλώματος επιστροφής για ρύθμιση της αύξησης της πίεσης, της στασιμότητας της πίεσης και της μείωσης της πίεσης.

### 2.5.13 Σύστημα Bosch ABS 5.0.

Το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος ABS 5,0 είναι μια πιο εξελιγμένη έκδοση από το ABS 2S. Οι διαδικασίες FMEA (Failure Mode Effects Analysis: Πρόγραμμα αποτυχίας και ανάλυσης συνεπειών) εργάζονται για να εξασφαλίσουν περιεκτική ακεραιότητα συστήματος. Το ABS 5.0 διακρίνεται από τα παρακάτω προεξέχοντα χαρακτηριστικά:

- Ρυθμιζόμενη κατασκευή για ευκαμψία στην εφαρμογή
- Αξίωμα επιστροφής με κλειστά κυκλώματα φρένων, και
- Με πλεόνασμα σε υπολογιστή (αξίωμα διπλής επεξεργασίας) με περιεκτικό λογισμικό παρακολούθησης.

Η κύρια υπεροχή απέναντι στο ABS 2S παρουσιάζεται από τις σωληνοειδείς βαλβίδες στην υδραυλική ρυθμιστική μονάδα. Το ABS 2S λειτουργεί με 3/3 σωληνοειδείς βαλβίδες, ενώ το ABS 5.0 είναι εξοπλισμένο με 2/2 σωληνοειδείς βαλβίδες.

Οι μέθοδοι διανομής της δύναμης πέδησης που χρησιμοποιούνται στο ABS 5,0 είναι οι ίδιες με αυτές του ABS 2S:

Για την παράλληλη μέθοδο (διαγώνια διανομή δύναμης πέδησης: Κάθε κύκλωμα φρενάρει έναν τροχό από τον μπροστινό άξονα, και τον διαγώνιο απέναντι τροχό στον πίσω άξονα), είναι διαθέσιμη η έκδοση με 4 κανάλια (σχήμα 2.40).

#### Διαδικασία ελέγχου κλειστού βρόγχου.

Τα σήματα που μεταδίδονται από τους αισθητήρες της ταχύτητας τροχού από τους ανεξάρτητους τροχούς χρησιμοποιούνται από κάθε μικροελεγκτή σαν την βάση για τον υπολογισμό όλων των δεδομένων ελέγχου.

Οι υπολογισμένες ταχύτητες τροχών εργάζονται για να παράγουν ένα «ημί – ανάλογο» ορισμό της ολίσθησης του τροχού σαν λειτουργία της αναφορικής ταχύτητας του οχήματος. Κάτω από ιδανικές συνθήκες η αναφορική ταχύτητα θα βρεθεί κοντά στην περιοχή της ολίσθησης με μεγάλη τριβή. Σε κανονική λειτουργία η ταχύτητα του πιο γρήγορου ελαστικού γενικά, θα επιλεγεί για να παρέχει βοηθητική αναφορική ταχύτητα. Αυτή η πληροφορία, φιλτραρισμένη για να αντισταθμιστεί από τους παράγοντες του χρόνου, παρέχει έναν δείκτη για την ακτίνα επιβράδυνσης του οχήματος.

#### Λειτουργίες παρακολούθησης και καταγραφής.

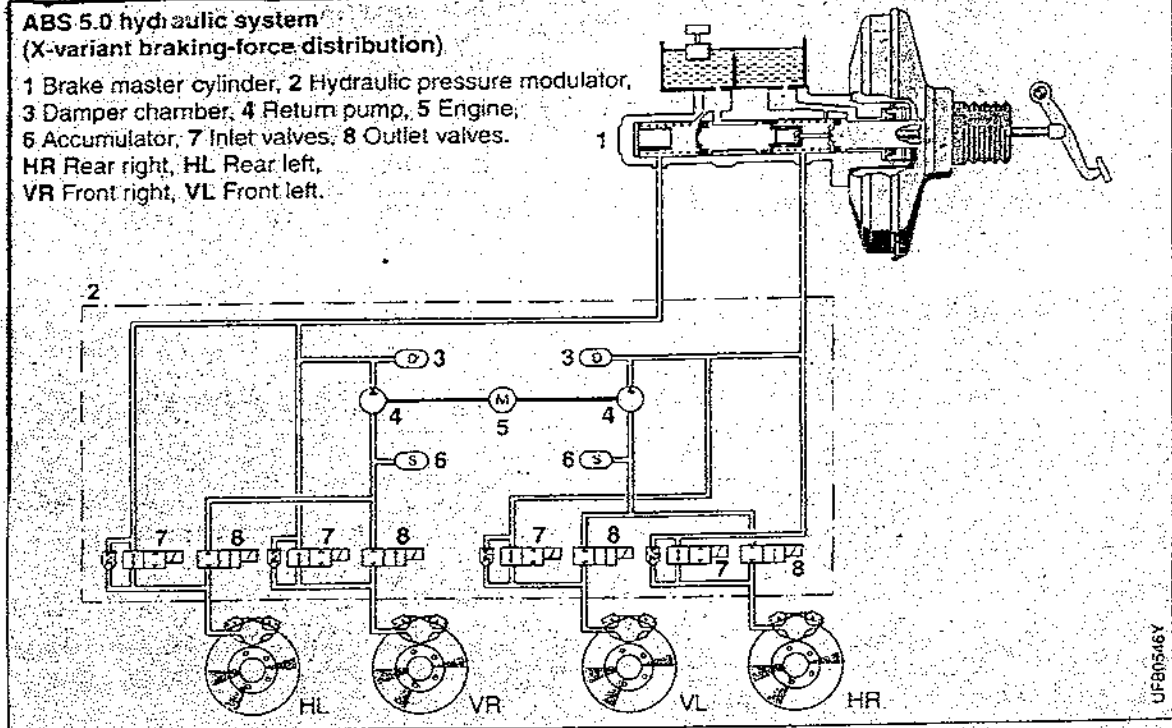
Η μονάδα ελέγχου ECU λειτουργεί δύο επιπλέον (παράλληλα με αμοιβαίους ελέγχους) μικροελεγκτές για να καταγράψουν τις καταστάσεις όλων των συνόλων των ηλεκτρονικών διαδικασιών σημάτων, των λογισμικών κυκλωμάτων και των πληροφοριών που παρακολουθούνται. Δύο μικροελεγκτές θα πρέπει να ανταποκρίνονται σε πανομοιότυπα σήματα εξόδου. Το ABS ανταποκρίνεται σε παρατεταμένες λογικές παραλλαγές μεταξύ του σήματος ελέγχου και της περιστροφής με λάθος αναγνώριση που ακολουθείται από το κλείσιμο του συστήματος. Αυτή η μέθοδος εγγυάται το 100% παρακολούθησης της διαδικασίας σημάτων και των λογικών λειτουργιών.

Όλες οι γραμμές στις παρακάτω περιφερειακές συνθέσεις παρακολουθούνται συνεχώς:

- Αισθητήρες,
- Σωληνοειδείς βαλβίδες, και
- Διακόπτης φρένου – λαμπτήρα.



Fig. 16



**Σχήμα 2.40: Υδραυλικό σύστημα ABS 5.0 (με διαγώνια μεταφορά της δύναμης πέδησης).**

- 1 Κύριος κύλινδρος φρένων, 2 Ρυθμιστής υδραυλικής πίεσης, 3 Θάλαμος ρύθμισης ποσότητας,  
4 Αντλία επιστροφής, 5 Μηχανή, 6 Συσσωρευτής, 7 Βαλβίδες εισόδου, 8 Βαλβίδες εξόδου.  
HR Πίσω δεξιά, HL Πίσω αριστερά, VR Μπροστά δεξιά, VL Μπροστά αριστερά.

[Brake systems - BOSCH - edition 95/96]

Η μονάδα ελέγχου ECU επίσης παρακολουθεί:

- Την κατάσταση λειτουργίας της αντλίας επιστροφής,
- Την περιστροφή αδράνειας του κινητήρα της αντλίας στην αντλία επιστροφής, βασισμένη στις μετρήσεις τάσης,
- Το επίπεδο τάσης ώστε να εντοπιστούν ανοιχτά κυκλώματα,
- Και τις δύο ταχύτητες, την αναφορική και του τροχού κατά την διάρκεια της αρχικής επιτάχυνσης,
- Την στατική ολίσθηση κατά την διάρκεια κανονικής λειτουργίας του οχήματος (π.χ. κατά την παραλλαγή της διαμέτρου των τροχών),
- Την δυναμική περιστροφική ταχύτητα σε μεγάλες ταχύτητες (για να ερευνησει για ανοιχτές γραμμές),
- Την τακτοποίηση των χρόνων για τις σωληνοειδής βαλβίδες, και
- Τα λάθη παρακολούθησης ανταλλάξιμα στην επέμβαση από ξένες λάθος πηγές.

Κάθε φορά που το όχημα ξεκινάει, σύντομα ηλεκτρικά ρεύματα μεταδίδονται στις σωληνοειδής βαλβίδες και στον κινητήρα της αντλίας, όσο γρήγορα όσο το όχημα να ξεπεράσει την ταχύτητα των 6 Km/h. Το σύστημα μετά εξετάζει τα δεδομένα από το σημείο εξόδου. Θα πρέπει ένα λάθος να αναγνωρίζεται κατά την διάρκεια σε οποιαδήποτε λειτουργία παρακολούθησης που αναφέρθηκαν παραπάνω. Τότε το ABS κλείνει και το λαμπάκι του ABS ανάβει.

Το ABS μπορεί να ανταποκριθεί σε μια θετική διάγνωση λάθους με το σύστημα κλειστό, είτε αμέσως ή πάνω από την λήξη της κυκλοφορίας του ενεργού ελέγχου φρένων. Το λάθος επίσης αποθηκεύεται στην μνήμη σφαλμάτων πριν το κλείσιμο. Η πρόσβαση στα δεδομένα λάθους για τα συνεργεία είναι μεταξύ των χαρακτηριστικών που παρέχονται από τα διαγνωστικά μηχανήματα (ISO / DIS Standard 9141).

## 2.5.14 Σύστημα Bosch ABS 5.3.

Το ABS 5.3 σχεδιάστηκε για οχήματα με μικρότερα συστήματα φρένων. Παρέχει την ίδια ακτίνα λειτουργιών όπως το ABS 5.0, αλλά σε πολύ πιο συμπαγές πακέτο. Οι διαφορές στα σχετικά βάρη και τις τιμές των δύο συστημάτων είναι ουσιώδη. Η ελάττωση του μεγέθους εγκατάστασης – ένας σημαντικός παράγοντας – και στο βάρος, πετυχαίνονται με ένα πιο σύνθετο συνθετικό αποτέλεσμα.

Οι σωληνοειδής βαλβίδες είναι σχεδιασμένες διαχωρισμένες, τα υδραυλικά συνθετικά εντοπίζονται στον ρυθμιστή υδραυλικής πίεσης, και τα ηλεκτρικά συνθετικά (πηνία) στην ένωση του ρυθμιστή μονάδας ελέγχου ECU.

Η μονάδα ελέγχου ECU μπορεί να είναι στην μορφή ενός ρυθμιστή εγκατάστασης για απ' ευθείας επέμβαση στον υδραυλικό ρυθμιστή (με εσοχή για ρεύμα), ή μπορεί να είναι ξεχωριστή μονάδα με σύνθεση με καλώδιο. Τα ηλεκτρικά κομμάτια στην πλακέτα της μονάδας ελέγχου ECU είναι υβριδικού σχεδιασμού. Οι αντικαταστάσεις επισκευής μπορούν να επιτευχθούν με ελάχιστη προσπάθεια.

### Μονάδα ελέγχου του ABS 5.0:

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (ECU) είναι διαθέσιμη σε εκδόσεις για ξεχωριστή εγκατάσταση όπως επίσης και για ολοκλήρωση σε ένα πακέτο, με τον ρυθμιστή υδραυλικής πίεσης. Στην καρδιά της μονάδας ελέγχου ECU υπάρχουν 2 μικροελεγκτές (MC). Αυτοί χρησιμοποιούν ένα μοναδικό πρόγραμμα για ανεξάρτητη επεξεργασία δεδομένων και κοινές λειτουργίες παρακολούθησης. Όταν ένα λάθος εντοπίζεται, τα αντιπροσωπευτικό δεδομένο αποθηκεύεται σε μια ευσταθή συσκευή αποθήκευσης δεδομένων, το EEPROM. Το ABS κλείνει από μόνο του και ενεργοποιεί την προειδοποιητική λυχνία του ABS.

Ένας από τους δύο μικροελεγκτές είναι επίσης εξοπλισμένος με μια συσκευή EEPROM σχεδιασμένη ώστε να κρατά τη μνήμη δεδομένων της αν το ρεύμα από την μπαταρία διακοπεί.

Αυτή η συσκευή EEPROM είναι φτιαγμένη ώστε να αποθηκεύει λάθος κωδικούς τους οποίους οι τεχνικοί επισκευής μπορούν να διαβάσουν και να κάνουν διάγνωση. Ένας ανεξάρτητος ρυθμιστής αναλαμβάνει την ευθύνη για έλεγχο των ρελέ των σωληνοειδών και του κινητήρα της αντλίας επιστροφής. Αυτό το τσιπάκι παρέχει την σταθεροποιημένη τάση, παρακολουθεί την λειτουργία των μικροελεγκτών (λειτουργία φύλακα) και ενεργοποιεί την λυχνία που υποδεικνύει το ABS σαν απάντηση της δυσλειτουργίας του συστήματος. Αυτό το ολοκληρωμένο κύκλωμα (IC) επίσης αποθηκεύει σφάλματα για όσο η τάση λειτουργίας παραμένει παρούσα.

### Ρυθμιστής υδραυλικής πίεσης για το ABS 5.0:

Αυτό είναι ένα ρυθμιζόμενο σύστημα ρύθμισης υδραυλικής πίεσης. Το βασικό του σχέδιο το βοηθάει να συνδυάζεται και με μια επικολλούμενη μονάδα ελέγχου ECU.

### Αντλία επιστροφής:

Τα στοιχεία της αντλίας εγκαθίστανται στο κέντρο του ρυθμιστή υδραυλικής πίεσης. Ο ηλεκτροκινητήρας για την αντλία επιστροφής εντοπίζεται στην πλευρά αντίθετα από τις σωληνοειδής βαλβίδες. Αυτή η αντλία επιστροφής μεταφέρει το υγρό φρένων που αναδύεται από το κύλινδρο φρένων τροχών κατά την φάση μείωσης πίεσης μέσω των συσσωρευτών και των θαλάμων απόσβεσης στο δρόμο προς την επιστροφή του στον κεντρικό κύλινδρο φρένων. Βοηθάει όπως η πηγή ενέργειας για ενεργή παρέμβαση πέδησης.

## Συσσωρευτές και θάλαμοι απόσβεσης:

Οι συσσωρευτές και οι θάλαμοι απόσβεσης εντοπίζονται στον χαμηλότερο τομέα του ρυθμιστή υδραυλικής πίεσης. Οι συσσωρευτές απορροφούν το περίσσειμα σε υγρό φρένων που συνοδεύει τη διαδικασία μείωσης πίεσης. Οι θάλαμοι απόσβεσης καταστέλλουν τις ταλαντώσεις της πίεσης μέσα στο υδραυλικό σύστημα, αποτρέποντας να μεταδοθούν αυτές οι ταλαντώσεις πίσω στο πεντάλ του φρένου. Επίσης μειώνουν τα επίπεδα θορύβου.

## 2/2 Σωληνοειδής βαλβίδες:

Είτε τρία ή τέσσερα ζευγάρια (εισόδου και εξόδου) από αυτές τις βαλβίδες εντοπίζονται στον ανώτερο τομέα του υδραυλικού ρυθμιστή – ο ακριβής αριθμός εξαρτάται από το αν ο ρυθμιστής είναι εγκατεστημένος σε ένα ABS με τρία ή τέσσερα κανάλια. Η λειτουργική διάκριση είναι μεταξύ σε: τριών και τεσσάρων καναλιών έκδοση για χρήση σε παράλληλου τύπου κύκλωμα φρένων, και μια έκδοση τεσσάρων καναλιών για διαγώνιου τύπου κυκλώματα.

Οι σωληνοειδής βαλβίδες είναι υπεύθυνες για τη ρύθμιση της πίεσης στους κυλίνδρους φρένων τροχού κατά τον ενεργό έλεγχο του ABS.

## **2.5.15. Αυτόματο διαφορικό μπλοκάρισμα πέδησης ABS / ABD 5.**

Το ABS / ABD 5 αυτόματο διαφορικό μπλοκάρισμα δυναμικής πέδησης είναι μια επέκταση των ABS 5.0 και ABS 5.3. Αυτό το σύστημα συμπληρώνει τις κανονικές λειτουργίες του ABS με το να εφοδιάζει ενεργή παρέμβαση πέδησης για την βελτίωση της ευστάθειας, της κατευθυντικότητας και της πρόσφυσης κατά την διάρκεια της αρχικής επιτάχυνσης σε επιφάνειες δρόμου που χαρακτηρίζονται από ποικιλία πρόσφυσης στην δεξιά και αριστερή πλευρά. Το ABS / ABD 5 συσσωματώνει τα παρακάτω:

- Το σύμπλεγμα επιστροφής του ABS με τα κλειστά κυκλώματα φρένων,
- Ενεργή αύξηση πίεσης ABD, πετυχημένη με την χρήση της αντλίας απορρόφησης επιστροφής αυτό-εμβάσματος για την εξαγωγή υγρού φρένων από τον κεντρικό κύλινδρο φρένων, και
- Ελάττωση στοιχείων υπολογιστή με χαρακτηριστικό γνώρισμα την περιεκτικότητα των δεδομένων παρακολούθησης.

Με το ABS / ABD 5 θα πρέπει να είναι πάντα δυνατό να ελέγχουμε τα φρένα των κινητήριων τροχών έναν ένα. Γι' αυτό το λόγο, εκτός από τις σωληνοειδής βαλβίδες που παράγουν την πίεση ABD, οι υδραυλικοί ρυθμιστές και στα δύο κυκλώματα συσσωματώνουν οχτώ σωληνοειδής βαλβίδες για ρύθμιση της πίεσης στα φρένα του τροχού.

Το σύστημα ανταποκρίνεται σε ενακτίριο σπινάρισμα σε έναν από του κινητήριους τροχούς με το να παρέχει πίεση στον σχετικό κύλινδρο του φρένου αυτού του τροχού μέσω των σωληνοειδών βαλβίδων του ABS, και ενεργοποιώντας μια βαλβίδα εναλλαγής για να απομονώσει τον κύλινδρο του φρένου του τροχού από τον κεντρικό κύλινδρο φρένων. Η αντλία απορρόφησης επιστροφής αυτό-εμβάσματος εξάγει υγρό φρένων από τον κεντρικό κύλινδρο μέσω της ανοιχτής βαλβίδας απορρόφησης και το αντλεί στον κύλινδρο του φρένου του τροχού όπου απαιτείται.

Η μονάδα ελέγχου ECU προσαρμόζει την κλειστού βρόγχου διαδικασία ελέγχου ABD όποτε ένας κινητήριος τροχός αρχίζει να επιδεικνύει υπερβολική ολίσθηση κατά τη διάρκεια της επιτάχυνσης του οχήματος:

Δύναμη πέδησης παρέχεται μόνο στον έναν τροχό – σ' αυτόν με την μεγαλύτερη προδιάθεση να σπινάρει. Αυτό αποφασίζεται από την σύγκριση των ταχυτήτων των δύο

κινητήριων τροχών. Όταν βγει μια ορισμένη διαφορά ταχύτητας, τα φρένα ενεργοποιούνται στον τροχό με την μεγαλύτερη περιστροφή. Η ουσιαστική διαφορική ταχύτητα που εργάστηκε ορίζεται με αναφορά στον τύπο του οχήματος και το σύστημα οδήγησης (προσεγγιστικά 8...32 Km/h). Το διαφορικό (προσεγγιστικά 6 Km/h) είναι χαμηλότερο σε οχήματα με μεγαλύτερες ταχύτητες, φέρνοντάς το μέσα σε μια ακτίνα ιδανικής ολίσθησης.

#### Υδραυλική μονάδα για ABS/ABD 5:

Οι υδραυλικοί ρυθμιστές για τα συστήματα ABS/ABD 5, και παράλληλης έκδοσης διανομής δύναμης πέδησης, περιλαμβάνουν τα παρακάτω επιπλέον κομμάτια:

- Μια βαλβίδα πιλότος (USV) για επιστροφή από φρενάρισμα για λειτουργία του ABD, με χαρακτηριστικό, μια ολοκληρωτική βαλβίδα ανακούφισης πίεσης για περιορισμό της πίεσης του συστήματος ABD.
- Μια βαλβίδα απορρόφησης (ASV) για άνοιγμα της δίοδου μεταξύ της αντλίας επιστροφής και του ανοίγματος του κεντρικού κυλίνδρου φρένων κατά την λειτουργία του ABD, και
- Μια τροποποιημένη αντλία επιστροφής με ένα κύκλωμα αυτό-εναύσματος.

Για διαγώνιας έκδοσης διανομή δύναμης πέδησης, το σύστημα επεκτείνεται για να συμπεριλάβει τα παρακάτω:

- Δύο βαλβίδες πιλότους (USV) για επιστροφή από φρενάρισμα με λειτουργία ABD, με χαρακτηριστικό δύο ακέραιες βαλβίδες ανακούφισης πίεσης (DBV) για περιορισμό της πίεσης του συστήματος ABD
- Δύο βαλβίδες απορρόφησης (AVS) για να ανοίξουν τη δίοδο μεταξύ της αντλίας επιστροφής αυτό-εναύσματος και το άνοιγμα του κεντρικού κυλίνδρου φρένων κατά την διάρκεια λειτουργίας του ABD, και
- Μια αντλία επιστροφής (τροποποιημένη από τον ρυθμιστή υδραυλικής πίεσης του ABS) με δύο κυκλώματα αυτοεναύσματος.

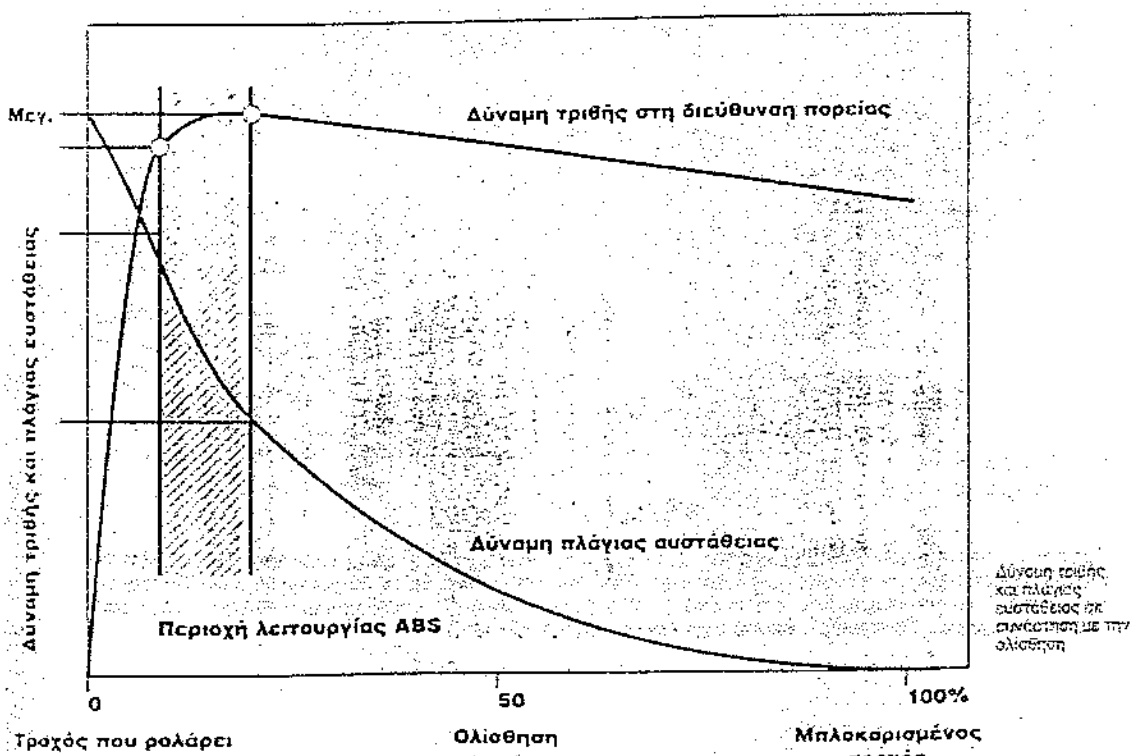
## **2.6 Χρήση του ABS – Αποτελέσματα – Συντήρηση.**

### **2.6.1 Συμπεριφορά του ABS κατά τη διαδικασία πέδησης.**

Βασικό στοιχείο της πέδησης είναι η τριβή ανάμεσα στα τακάκια και το δίσκο καθώς επίσης και στα ελαστικά και την επιφάνεια του οδοστρώματος. Για το φρενάρισμα, πρέπει να μεταδώσει το ελαστικό μια δύναμη τριβής στο οδόστρωμα. Ταυτόχρονα δημιουργείται μια ολίσθηση ανάμεσα στο ελαστικό και την επιφάνεια του οδοστρώματος, δηλαδή η περιφερειακή ταχύτητα του τροχού καθυστερεί πάντοτε χρονικά από την ταχύτητα του αυτοκινήτου.

Το σχήμα 2.41 δείχνει τη συνάρτηση μεταξύ της δύναμης τριβής και της ολίσθησης για μια τυπική περίπτωση σε στεγνό οδόστρωμα. Μέσα στο γραμμοσκιασμένο πεδίο η δύναμη φρεναρίσματος που μπορεί να μεταδοθεί φτάνει τη μέγιστη τιμή της. Αυτό είναι επίσης το πεδίο, μέσα στο οποίο λειτουργεί ρυθμιστικά το σύστημα ABS. Όταν μπλοκάρει ένας τροχός, επομένως έχει ολίσθηση 100%, η δύναμη τριβής είναι κατά κανόνα μικρότερη από εκείνη που εμφανίζεται σε τροχό που κυλάει ακόμα. Το σύστημα ABS δημιουργεί ακριβώς τέτοιες συνθήκες δυνάμεων μέσα στο κυλινδράκι του τροχού, ώστε η ολίσθηση να παραμένει μέσα στο γραμμοσκιασμένο πεδίο, επειδή εκεί εξασφαλίζεται η μέγιστη δύναμη τριβής.

Ταυτόχρονα απομένει μια αρκετά μεγάλη πλάγια ευστάθεια για την ικανότητα εκτέλεσης ελιγμών και την ευστάθεια πορείας.



**Σχήμα 2.41: Συνάρτηση δύναμης τριβής και ολίσθησης σε στεγνό οδόστρωμα.**  
 [Πηγή: Συστήματα φρένων – ABS, Κουντουράς Λίνος – Μανατάκης Γιώργος, Ινστιτούτο Διαρκούς Επιμόρφωσης Επιχειρήσεων Αυτοκινήτου.]

Το μέγεθος της ολίσθησης και το μέγεθος της δύναμης τριβής εξαρτώνται από τα ελαστικά (είδος, προφίλ, μίγμα ελαστικού), το οδόστρωμα (υλικό, επιφάνεια, υγρασία, παγετός), με δευτερεύοντες παράγοντες την ταχύτητα πορείας και την κλίση του άξονα κίνησης των τροχών. Το σύστημα ABS ανιχνεύει έμμεσα συνθήκες τριβής ανάμεσα σε ελαστικά και οδόστρωμα και ρυθμίζει αυτόματα τις δυνάμεις ώστε να υπάρχει πάντα ο μέγιστος συντελεστής τριβής.

Το ABS βοηθά να διατηρηθεί η ευστάθεια του αυτοκινήτου και η κατεύθυνσή του ακόμα και στις πλέον αντίξοες συνθήκες. Τέτοιες είναι π.χ. το απότομο φρενάρισμα ανάγκης επάνω σε στροφή και σε βρεγμένο ολισθηρό δρόμο ή το έντονο φρενάρισμα όταν οι δεξιές ρόδες του οχήματος βρίσκονται σε διαφορετικό, σε ολισθηρότητα, κατάστρωμα του δρόμου απ' ότι οι αριστερές.

Σε περιπτώσεις όπως οι ανωτέρω, στο όχημα επιδρούν δυνάμεις που δεν είναι συμμετρικές και οι οποίες οδηγούν σε περιστροφή γύρω από τον κάθετο άξονά του. Η κατευθυντικότητα χάνεται με αποτέλεσμα ο οδηγός να μπορεί πολύ δύσκολα να ελέγξει το αυτοκίνητο. Για να διατηρηθεί όμως ο έλεγχος του αυτοκινήτου στις ακραίες αυτές περιστάσεις είναι αναγκαίο να διατηρήσουν οι τροχοί και των δύο πλευρών του οχήματος ίσες δυνάμεις πέδησης. Έτσι χάνεται όμως ένα μέρος της δύναμης επιβράδυνσης, συγκεκριμένα το επιπλέον ποσοστό που θα είχε κάποιος τροχός μιας πλευράς του οχήματος που θα βρισκόταν σε οδόστρωμα καλής πρόσφυσης. Η ευστάθεια όμως πληρώνεται με μειωμένες συνολικά δυνάμεις επιβράδυνσης, δηλαδή με αύξηση της απόστασης πέδησης.

Επιβάλλεται πάντως σε περιπτώσεις ανάγκης και με συνθήκες ολισθηρότητας να πατά ο οδηγός το πεντάλ του φρένου μέχρι των ορίων, ώστε να ενεργοποιηθεί εντελώς το σύστημα ABS. Εάν ελαττώσει λόγω άγνοιας ή φόβου ο οδηγός τη δύναμη στο πεντάλ του φρένου η αποτελεσματικότητα της πέδησης μπορεί να μειωθεί μέχρι και 30%.

## 2.6.2 Αποτελέσματα από τη χρήση του ABS.

Σκοπός του συστήματος ABS είναι να μην επιτρέπει την ακινητοποίηση των τροχών σε σχεδόν οποιοδήποτε είδος οδοστρώματος, υπό συνθήκες έντονου φρεναρίσματος. Το αποτελεσματικότερο φρενάρισμα πραγματοποιείται όταν οι τροχοί εξακολουθούν να περιστρέφονται. Αν ο οδηγός πατήσει απότομα φρένο και οι τροχοί ακινητοποιηθούν, συμβαίνουν τα εξής:

1. Χάνεται η σταθερότητα της οδήγησης και το όχημα ολισθαίνει,
2. Το όχημα δε μπορεί να κυβερνηθεί,
3. Αυξάνει η απόσταση φρεναρίσματος,
4. Αυξάνει ο κίνδυνος ατυχήματος.

Το σύστημα ABS ικανοποιεί ειδικές απαιτήσεις κατά το φρενάρισμα ενός αυτοκινήτου που είναι εφοδιασμένο με το σύστημα, ώστε να εξασφαλίζεται σταθερότητα και ασφάλεια κατά την οδήγηση υπό οποιοδήποτε συνθήκες:

- Το σύστημα ABS εγγυάται σταθερότητα και διευθυντικότητα κατά την πορεία του αυτοκινήτου σε όποια κατάσταση και αν βρίσκεται το οδόστρωμα, από στεγνό μέχρι παγωμένο.
- Το σύστημα ABS εξασφαλίζει την μέγιστη απόδοση της επιβράδυνσης των τροχών στο δρόμο, έχοντας ελάχιστη απόσταση φρεναρίσματος, χωρίς απώλεια της διευθυντικότητας του οχήματος, ανεξάρτητα με το αν ο οδηγός ενεργεί απότομα και με δύναμη ή σταδιακά και απαλά στο πεντάλ του φρένου.
- Το σύστημα ABS επεμβαίνει σε ολόκληρο το φάσμα των ταχυτήτων με τις οποίες μπορεί να κινείται το όχημα. Στις πολύ μικρές ταχύτητες γύρω στα 5Km/h μπορεί να μην επενεργεί εφόσον γι' αυτές το μπλοκάρισμα ενός ή περισσότερων τροχών δεν επηρεάζει τη σταθερότητα του οχήματος ούτε την τελική ακινητοποίησή του.
- Το σύστημα ABS ανταποκρίνεται άμεσα στις αλλαγές της κατάστασης την οποία βρίσκεται το οδόστρωμα. Εάν π.χ. σε ένα στεγνό οδόστρωμα υπάρχουν σημεία με πάγο, η πιθανότητα μπλοκαρίσματος των τροχών περιορίζεται σε τόσο μικρά διαστήματα, ώστε να μην επηρεάζονται η σταθερότητα και η διευθυντικότητα της πορείας του οχήματος. Ταυτόχρονα το σύστημα εκμεταλλεύεται τη δυνατότητα επιβράδυνσης που δίνει το στεγνό οδόστρωμα, όταν οι τροχοί του είναι σε επαφή με αυτό.
- Όταν γίνεται φρενάρισμα σε ένα ανομοιογενές οδόστρωμα π.χ. οι δεξιοί τροχοί είναι πάνω σε πάγο, ενώ οι αριστεροί σε στεγνή άσφαλτο, οι διάφορες ανεπιθύμητες δυνάμεις και ροπές αλλαγής της διεύθυνσης πορείας που αναπτύσσονται, λόγω των διαφορετικών συντελεστών τριβής πέλματος ελαστικού και οδοστρώματος, εξασκούνται απαλά ώστε ο οδηγός να μπορεί από το σύστημα διεύθυνσης του οχήματος να διατηρεί σταθερή πορεία κίνησης.
- Σε μια στροφή το όχημα διατηρεί τη σταθερότητα και διευθυντικότητα της πορείας του κατά τη διάρκεια φρεναρίσματος και έχει την ελάχιστη δυνατή απόσταση πέδησης για όσο χρόνο η ταχύτητα του οχήματος βρίσκεται κάτω από το όριο ταχύτητας που επιτρέπει αυτή η στροφή, ώστε το όχημα να μην ξεφύγει από το δρόμο.
- Η διατήρηση της σταθερότητας και διευθυντικότητας της πορείας του οχήματος κατά το φρενάρισμα ισχύει και όταν το όχημα χοροπηδά στο δρόμο λόγω ακατάλληλου οδοστρώματος ανεξάρτητα με το πόσο «σκληρά» ή «μαλακά» φρενάρει ο οδηγός.
- Το σύστημα ελέγχου του ABS αναγνωρίζει την περίπτωση κατά την οποία υπάρχει υδρολίσθηση, όταν το οδόστρωμα είναι καλυμμένο με νερά, και επενεργεί σωστά, ώστε και σε αυτή την περίπτωση να υπάρχει σταθερότητα της πορείας του οχήματος.
- Η υστέρηση πέδησης δηλαδή η πέδηση που ακολουθεί την απελευθέρωση των τροχών μετά από φρενάρισμα, καθώς και επηρεασμοί από τον κινητήρα, όταν φρενάρει με τον κινητήρα, είναι όσο το δυνατόν μικρότερης χρονικής διάρκειας.

- Υπάρχει ένα κύκλωμα παρακολούθησης της σωστής λειτουργίας του συστήματος ABS. Εάν το κύκλωμα αυτό ανιχνεύσει κάποια δυσλειτουργία του συστήματος που μπορεί να επηρεάσει το φρενάρισμα, θέτει αυτόματα το σύστημα ABS εκτός λειτουργίας, και μια ενδεικτική λυχνία στο ταμπλό του οχήματος ειδοποιεί τον οδηγό.

### 2.6.3 Πιθανές βλάβες.

Στο μηχανισμό του ABS δεν μπορούμε να επισκευάσουμε κανένα εξάρτημά του. Η μόνη επέμβαση που μπορούμε να κάνουμε είναι η μέτρηση και η αντικατάσταση κάποιου εξαρτήματος.

Ο μόνος τρόπος για να καταλάβουμε ότι το ABS δεν λειτουργεί είναι το άναμμα της λυχνίας ελέγχου στο ταμπλό των οργάνων. Σε αυτή την περίπτωση μπαίνουμε στο κύκλωμα με μια διαγνωστική μονάδα. Η βλάβη παρουσιάζεται στη διαγνωστική μονάδα υπό μορφή κωδικού βλάβης. Στη συνέχεια αντικαθιστούμε το εξάρτημα και τέλος αποκωδικοποιούμε το σύστημα ABS.

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου και ο υδραυλικός μηχανισμός σπανιότατα παρουσιάζουν βλάβες. Οι πιο συνηθισμένες βλάβες που μπορούν να παρουσιαστούν, καθώς και τα πιθανά αίτιά τους περιγράφονται παρακάτω:

- Η προειδοποιητική λυχνία ABS ανάβει χωρίς λόγο. Αυτό μπορεί να οφείλεται:
  1. σε βραχυκυκλωμένη προειδοποιητική λυχνία και κύκλωμα,
  2. σε ανοιχτό ή βραχυκυκλωμένο κύκλωμα του ρελέ του ηλεκτρομαγνήτη,
  3. σε ανοιχτό ή βραχυκυκλωμένο κύκλωμα του ρελέ του μοτέρ της ηλεκτρικής αντλίας,
  4. σε ανοιχτό ή βραχυκυκλωμένο κύκλωμα του ηλεκτρομαγνήτη του ενεργοποιητή,
  5. σε ελαττωματική λειτουργία του δίσκου και του αισθητήρα ταχύτητας,
  6. σε ελαττωματική λειτουργία, ανοιχτό ή βραχυκυκλωμένο κύκλωμα μπαταρίας και ισχύος,
  7. σε ελαττωματική λειτουργία του αισθητήρα επιβράδυνσης,
  8. σε ελαττωματική λειτουργία της αντλίας του ενεργοποιητή,
  9. σε ελαττωματική λειτουργία της μονάδας ECU.
- Η προειδοποιητική λυχνία ABS δεν ανάβει για 3 δευτερόλεπτα, αφού ο διακόπτης ανάφλεξης ανοίξει (on). Αυτό μπορεί να οφείλεται:
  1. σε βραχυκυκλωμένη προειδοποιητική λυχνία και κύκλωμα,
  2. σε ελαττωματική λειτουργία του ρελέ του ηλεκτρομαγνήτη και του κυκλώματός του.
- Τα φρένα δε λειτουργούν σωστά εμφανίζοντας τα εξής προβλήματα:
  1. τραβάνε προς μια πλευρά,
  2. το φρενάρισμα είναι ανεπαρκές,
  3. το ABS λειτουργεί κατά τη διάρκεια κανονικού φρεναρίσματος,
  4. το ABS λειτουργεί λίγο πριν το σταμάτημα κατά τη διάρκεια κανονικού φρεναρίσματος, και
  5. το πεντάλ του φρένου πάλλεται αφύσικα ενώ το ABS λειτουργεί.

Αυτές οι ανωμαλίες μπορεί να οφείλονται:

1. σε ελαττωματική εγκατάσταση ή συσσώρευση ακαθαρσιών στο δίσκο και τους αισθητήρες ταχύτητας,
2. σε απώλεια δοντιού του δίσκου,
3. σε ελαττωματική λειτουργία του αισθητήρα επιβράδυνσης,
4. σε ελαττωματική λειτουργία του ενεργοποιητή του ABS,
5. σε ελαττωματική λειτουργία της μονάδας ECU.

➤ Το ABS δυσκολεύεται να λειτουργήσει. Πιθανότατα αυτό συμβαίνει λόγω ανοιχτού ή βραχυκυκλωμένου κυκλώματος στον διακόπτη των φώτων στοπ ή στο διακόπτη του χειροφρένου.

Τέλος, μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί:

1. Κατά την αλλαγή υγρών φρένων, ώστε να μην αδειάσει τελείως ο υδραυλικός μηχανισμός. (να ακολουθηθούν σχολαστικά οι οδηγίες του κατασκευαστή)
2. Κατά το πλύσιμο του κινητήρα να μην βραχεί η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου και τα διάφορα ρελέ.
3. Να μην μεταβληθεί η απόσταση των αισθητήρων περιστροφής των τροχών από τα οδοντωτά τύμπανα. (Λόγω λάσπης, γράσου ή ακαθαρσιών).



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ηλεκτρονικό πρόγραμμα ευστάθειας ESP

Αν και η πυκνότητα κυκλοφορίας έχει διπλασιαστεί μέσα στα προηγούμενα 20 έτη, ο αριθμός των ατυχημάτων με συνέπεια τον τραυματισμό έχει μειωθεί πραγματικά. Αυτή η τάση μπορεί άμεσα να αποδοθεί σε συνεχείς τεχνικές προόδου στην αυτοκίνητη εφαρμοσμένη μηχανική.

Με το ηλεκτρονικό πρόγραμμα σταθερότητας ESP – που αναφέρεται επίσης και ως VDC ή Έλεγχος Δυναμικής Οχημάτων – έχουμε πετύχει ένα ακόμα βήμα προς τα εμπρός στην αναζήτησή μας για μεγαλύτερη οδική ασφάλεια. Αυτό το πρόγραμμα ενώνει τις λειτουργίες ABS και TCS σε ένα σύστημα που ελέγχει τα "στοιχεία κίνησης" του οχήματος προκειμένου να το σταθεροποιήσει σε κρίσιμες καταστάσεις παρεμποδίζοντας ανεπιθύμητες αποσπάσεις και ολισθήσεις.

Σ' αυτό το κεφάλαιο περιγράφουμε τους βασικούς φυσικούς νόμους που ισχύουν για τη δυναμική του οχήματος, καθώς και τις επιπτώσεις τους στην απόκριση πέδησης και πραγματοποίησης στροφής. Στη συνέχεια ερευνάμε το σχεδιασμό και τη λειτουργία του ESP, εξοικειώνοντας έτσι τον αναγνώστη με τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που διακρίνουν τους πολυάριθμους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για να ελέγξουν τις τροχαίες κινήσεις. Το κεφάλαιο αυτό παρέχει επίσης μια σε βάθος απεικόνιση του εκτενούς φάσματος των μηχανισμών σύνδεσης, ελέγχου και παρακολούθησης που συνδυάζει και εκτελεί το ηλεκτρονικό πρόγραμμα σταθερότητας ESP.

### 3.1 Το ηλεκτρονικό πρόγραμμα ευστάθειας ESP – Εισαγωγικά.

#### 3.1.1 Ασφάλεια μηχανοκίνητων οχημάτων.

Πολλοί είναι οι παράγοντες που έχουν επιπτώσεις στην ασφάλεια των οχημάτων κατά τη διάρκεια της στερεότυπης λειτουργίας τους. Οι βασικότεροι από αυτούς είναι οι παρακάτω:

- Η κατάσταση του οχήματος (επίπεδο εξοπλισμού, κατάσταση ελαστικών, συστατική ένδυση),
- Οι καιρικές συνθήκες, οι συνθήκες οδοστρώματος και κυκλοφορίας (όπως το υλικό επίστρωσης, τα crosswinds, η πυκνότητα κυκλοφορίας), και
- το επίπεδο προσόντων του οδηγού, που αποτελείται από το μεμονωμένο επίπεδο ικανότητάς του και από τη φυσική και πνευματική του κατάσταση.

Τα συστήματα ενεργητικής και παθητικής ασφάλειας συμβάλουν άμεσα στην ενίσχυση της ασφάλειας των οχημάτων.

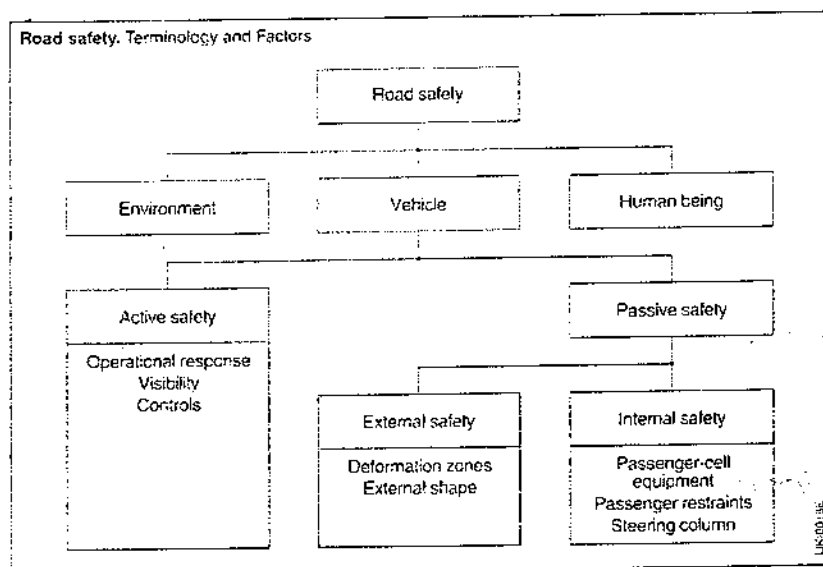
Βοηθώντας τον οδηγό να αποφύγει τα ατυχήματα αρχικά, τα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας συμβάλουν προληπτικά στην οδική ασφάλεια. Παραδείγματα τέτοιων συστημάτων ασφαλείας περιλαμβάνουν

- Το αντιμπλοκαριστικό σύστημα πέδησης ABS,
- Το σύστημα ελέγχου έλξης TCS, και
- Το ηλεκτρονικό πρόγραμμα ευστάθειας ESP.

Αυτά τα συστήματα αυξημένης ασφάλειας διατηρούν τη σταθερότητα των οχημάτων και την διευθυντικότητά τους στις κρίσιμες καταστάσεις.

Τα συστήματα παθητικής ασφάλειας σχεδιάζονται για να προστατεύσουν τους επιβάτες των οχημάτων από σοβαρό τραυματισμό, να μειώσουν τον κίνδυνο τραυματισμού και να ελαττώσουν τη δριμύτητα των συνεπειών ενός ατυχήματος. Ένα

παράδειγμα συσκευής παθητικής ασφάλειας είναι ο αερόσακος, ο οποίος προστατεύει τους επιβάτες των οχημάτων όταν τα ατυχήματα αποδεικνύονται αναπόφευκτα παρά τη βοήθεια που διατίθεται από τα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας (σχήμα 3.1).



**Σχήμα 3.1: Οδική ασφάλεια – Ορολογία και Συντελεστές.**  
 [Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999.]

### 3.1.1.1 Συμπεριφορά οδηγού.

Το πρώτο βήμα στην προσαρμογή της ανταπόκρισης του οχήματος ώστε να απεικονίζει τον οδηγό και τις δυνατότητές του/της είναι να αναλυθεί η συμπεριφορά των οδηγών συνολικά. Η συμπεριφορά των οδηγών χωρίζεται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Καθοδήγηση του οχήματος, και
- Αντίδραση στην αστάθεια του οχήματος.

Το ουσιαστικό χαρακτηριστικό γνώρισμα της πτυχής "καθοδήγηση οχημάτων" είναι η ικανότητα του οδηγού να προβλέπει τις εξελίξεις. Αυτό μεταφράζεται σαν ικανότητα να αναλύσει τις συνθήκες κίνησης και τις σχετικές αλληλεξαρτήσεις προκειμένου να ληφθούν υπόψη παράγοντες όπως:

- Η τιμή της αρχικής εισόδου διεύθυνσης που απαιτείται για να διατηρήσει με συνέπεια τις βέλτιστες καμπύλες όταν στρίβει,
- Τα σημεία στα οποία πρέπει να αρχίσει το φρενάρισμα προκειμένου να σταματήσει το όχημα μέσα στις διαθέσιμες αποστάσεις, και
- Πότε θα πρέπει να αρχίσει η επιτάχυνση προκειμένου να προσπεράσει τα πιο αργά οχήματα χωρίς κίνδυνο.

Η γωνία διεύθυνσης, το φρενάρισμα, η εφαρμογή ρυθμιστικών βαλβίδων, κλπ., είναι ζωτικής σημασίας στοιχεία μέσα στη διαδικασία καθοδήγησης. Η ακρίβεια με την οποία αυτές οι λειτουργίες πραγματοποιούνται εξαρτάται από το επίπεδο εμπειρίας του οδηγού. Σταθεροποιώντας το όχημα (αντίδραση στην αστάθεια του οχήματος), ο οδηγός καθορίζει ότι το πραγματικό μονοπάτι που λαμβάνεται παρεκκλίνει από την πορεία προορισμού (το οδικό μονοπάτι) και ότι οι αρχικά υπολογισμένες εισοδοί ελέγχου (γωνία οδήγησης, πίεση πεντάλ επιτάχυνσης) πρέπει να αναθεωρηθούν για να αποφευχθεί η απώλεια έλξης ή να αποτραπεί η διαφυγή του οχήματος από το δρόμο. Η τιμή της σταθεροποιητικής ανταπόκρισης (διόρθωση) απαραίτητη μετά την έναρξη οποιουδήποτε δεδομένου ελιγμού είναι αντιστρόφως ανάλογη προς τη δυνατότητα του οδηγού να υπολογίσει τις αρχικές εισόδους καθοδήγησης, δηλαδή μεγαλύτερη οδηγική ικανότητα οδηγεί σε μεγαλύτερη σταθερότητα οχημάτων. Σταδιακά υψηλότερα επίπεδα ανταπόκρισης μεταξύ της αρχικής εισόδου ελέγχου (γωνία διεύθυνσης) και της πραγματικής καμπύλης παράγουν σταδιακά

χαμηλότερες απαιτήσεις διόρθωσης. Το όχημα αντιδρά σε αυτές τις ελάχιστες διορθώσεις με "γραμμική" απάντηση (η είσοδος κίνησης μεταφέρεται στην οδική επιφάνεια αναλογικά, χωρίς ουσιαστικές αποκλίσεις).

Οι πεπειραμένοι οδηγοί μπορούν να προβλέψουν με ακρίβεια και το πώς το όχημα θα αντιδράσει στις εισόδους ελέγχου τους και πώς αυτή η κίνηση αντίδρασης θα συνδυαστεί με τους προβλέψιμους εξωτερικούς παράγοντες και τις δυνάμεις (όταν προσεγγίζουν καμπύλες και οδικά έργα κ.λπ.). Οι αρχάριοι όχι μόνο χρειάζονται περισσότερο χρόνο να ολοκληρώσουν αυτήν την διαδικασία προσαρμογής, αλλά τα αποτελέσματά τους κρύβουν μια ακόμα μεγαλύτερη πιθανότητα σφάλματος. Το συμπέρασμα είναι ότι οι άπειροι οδηγοί επικεντρώνουν την περισσότερη προσοχή τους στην σταθεροποιητική πτυχή της οδήγησης.

Όταν προκύπτει μια απρόβλεπτη εξέλιξη (όπως μια απροσδόκητα αιχμηρή καμπύλη σε συνδυασμό με περιορισμένη ορατότητα, κ.λπ.), ο οδηγός μπορεί να αντιδράσει λανθασμένα, και το όχημα μπορεί να ανταποκριθεί ολισθαίνοντας. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, το όχημα αποκρίνεται μη-γραμμικά και παραβιάζει τα φυσικά όρια σταθερότητάς του, έτσι ώστε ο οδηγός να μην μπορεί πλέον να προβλέψει την πορεία που θα ακολουθήσει τελικά. Σε τέτοιες περιπτώσεις, είναι αδύνατο είτε για τον αρχάριο είτε για τον πεπειραμένο οδηγό να διατηρήσει τον έλεγχο του οχήματός του/της.

### 3.1.1.2 Αίτια ατυχήματος και πρόληψη τους.

Το ανθρώπινο σφάλμα κρύβεται πίσω από την συντριπτική πλειοψηφία των οδικών ατυχημάτων με συνέπεια τον τραυματισμό, με την ακατάλληλη ταχύτητα να είναι η αρχική αιτία. Άλλες πηγές ατυχήματος είναι:

- Η λανθασμένη χρήση του δρόμου,
- Η αποτυχία να διατηρηθεί το περιθώριο ασφάλειας από το προπορευόμενο όχημα,
- Τα σφάλματα σχετικά με την προτεραιότητα από δεξιά και την προτεραιότητα κυκλοφορίας, και
- Τα σφάλματα που εμφανίζονται κατά το σβήσιμο του κινητήρα.

Η πλειοψηφία αυτών των σφαλμάτων ανήκει στους οδηγούς-επιβάτες των οχημάτων.

Τεχνικές ανεπάρκειες (φωτισμός, ελαστικά, φρένα, κ.λπ...) και ατέλειες που αφορούν το όχημα γενικά αναφέρονται με σχετική σπανιότητα ως πηγές ατυχήματος.

Οι αιτίες ατυχήματος πέρα από τον έλεγχο του οδηγού προέρχονται συχνότερα από άλλους παράγοντες (όπως ο καιρός).

Αυτά τα γεγονότα καταδεικνύουν την επείγουσα ανάγκη των συνεχών προσπαθειών να ενισχυθεί και να επεκταθεί το πεδίο της αυτοκίνητης τεχνολογίας ασφάλειας (με ιδιαίτερη έμφαση στα σχετικά ηλεκτρονικά συστήματα). Βελτιώσεις απαιτούνται για να:

- Παρέχεται τον οδηγό η βέλτιστη υποστήριξη στις κρίσιμες καταστάσεις,
- Αποτρέπονται ατυχήματα αρχικά, και
- Μειωθεί η δριμύτητα των ατυχημάτων όταν αυτά εμφανίζονται.

Η απάντηση του σχεδιαστή στις κρίσιμες συνθήκες οδήγησης πρέπει να είναι τέτοια ώστε να ενθαρρύνει τη "προβλέψιμη" συμπεριφορά του οχήματος κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του στα φυσικά όρια και σε ακραίες καταστάσεις. Μια σειρά παραμέτρων (ταχύτητα τροχών, πλευρική επιτάχυνση, ποσοστό εκτροπής, κ.λπ.) μπορεί να παρατηρηθεί για την επεξεργασία σε μια ή διάφορες ηλεκτρονικές μονάδες ελέγχου (ECU). Αυτή η δυνατότητα διαμορφώνει τη βάση μιας ιδέας για την ουσιαστικά άμεση εφαρμογή των κατάλληλων στρατηγικών ανταπόκρισης που θα ενισχύουν τον έλεγχο κίνησης των κρίσιμων διαδικασιών.

Οι ακόλουθες καταστάσεις και κίνδυνοι παρέχουν παραδείγματα πιθανών "οριακών συνθηκών":

- Αλλαγές στις επικρατούσες συνθήκες των δρόμων ή/και του καιρού,
- "Συγκρούσεις ενδιαφέροντος" με άλλους οδικούς χρήστες,

- Ζώα ή/και εμπόδια στο δρόμο, και
- Μια ξαφνική ατέλεια (κλατάρισμα ελαστικού, κ.λπ....) στο όχημα.

### 3.1.1.3 Κρίσιμες καταστάσεις κυκλοφορίας.

Ο ένας εμφανής παράγοντας που διακρίνει τις κρίσιμες καταστάσεις κυκλοφορίας είναι η απότομη αλλαγή, όπως η ξαφνική εμφάνιση ενός απροσδόκητου εμποδίου ή μια γρήγορη αλλαγή στις συνθήκες της επιφάνειας του δρόμου. Το πρόβλημα γίνεται συχνά σύνθετο από σφάλμα των χειριστών. Εξ' αιτίας της έλλειψης εμπειρίας, ένας οδηγός που ταξιδεύει πολύ γρήγορα ή δεν είναι συγκεντρωμένος στο δρόμο δεν θα είναι σε θέση να αντιδράσει με τη συνετή και λογική αντίδραση που απαιτούν οι περιστάσεις.

Επειδή οι οδηγοί μόνο σπάνια δοκιμάζουν αυτό το είδος κρίσιμης κατάστασης, αποτυγχάνουν συνήθως να αναγνωρίσουν πόσο κοντά στα φυσικά όρια του οχήματος τους έχει φέρει μια αόριστη ενέργεια ή ένας ελιγμός φρεναρίσματος. Δεν καταλαβαίνουν κατά πόσο η αρχική προσκόλληση μεταξύ τροχών και οδικής επιφάνειας "έχει ήδη χρησιμοποιηθεί" και αποτυγχάνουν να αντιληφθούν ότι το όχημα μπορεί να είναι στο όριο ικανότητας διάπραξης ελιγμών ή περίπου έτοιμο να ολισθήσει από το δρόμο. Ο οδηγός δεν είναι προετοιμασμένος για αυτό και αντιδρά είτε λανθασμένα είτε πάρα πολύ απότομα. Τα τελικά αποτελέσματα είναι ατυχήματα και σενάρια που θέτουν απειλές σε άλλους οδικούς χρήστες.

Σ' αυτούς τους παράγοντες προστίθενται και άλλες ακόμα πιθανές πηγές ατυχήματος συμπεριλαμβανομένης της ξεπερασμένης τεχνολογίας και των ανεπαρκειών στην υποδομή (άσχημα σχεδιασμένοι δρόμοι, ξεπερασμένες ιδέες καθοδήγησης της κυκλοφορίας).

Όροι όπως "βελτιώσεις στην ανταπόκριση οχημάτων" και "υποστήριξη του οδηγού σε κρίσιμες καταστάσεις" είναι σημαντικοί μόνο εάν αναφέρονται στους μηχανισμούς που παράγουν γνήσιες μακροπρόθεσμες μειώσεις και στον αριθμό και στη δριμύτητα των ατυχημάτων. Μειώνοντας ή μετατοπίζοντας τον κίνδυνο από αυτές τις κρίσιμες καταστάσεις συνεπάγονται δύσκολοι οδηγικοί ελιγμοί που περιλαμβάνουν:

- Γρήγορες εισόδους οδήγησης σε καμπή στροφής
- Αλλαγές κατευθύνσεων κατά τη διάρκεια φρεναρίσματος πανικού,
- Διατήρηση ακριβούς έλξης κατά την πραγματοποίηση στροφών με υψηλές ταχύτητες και κατά την αντιμετώπιση αλλαγών στην οδική επιφάνεια.

Αυτά τα είδη ελιγμών σχεδόν πάντα προκαλούν μια κρίσιμη αντίδραση από το όχημα, δηλαδή, η έλλειψη έλξης των ελαστικών αποτρέπει το όχημα να αντιδράσει με τρόπο που ο οδηγός θα ανέμενε κανονικά και συνεπώς παρεκκλίνει από την επιθυμητή πορεία.

Λόγω έλλειψης εμπειρίας σε αυτές τις ακραίες καταστάσεις, ο οδηγός είναι συχνά ανίκανος να επανακτήσει τον ενεργό έλεγχο του οχήματος, και συχνά πανικοβάλλεται ή υπερβάλλει. Η αόριστη ενέργεια εξυπηρετεί ως παράδειγμα. Μετά από την εφαρμογή εισόδου υπερβολικής διεύθυνσης τη στιγμή του αρχικού πανικού, ο οδηγός αυτός μεταβάλλει την πορεία του οχήματος με ακόμα μεγαλύτερο ζήλο σε μία προσπάθεια να αντισταθμίσει το αρχικό σφάλμα του. Οι παρατεταμένες συχνότητες διεύθυνσης και οι μεταβολές της πορείας του οχήματος με τις σταδιακά μεγαλύτερες γωνίες εισόδου οδηγούν έπειτα σε μια απώλεια ελέγχου του οχήματος, το οποίο αποκρίνεται με ολίσθηση.

### 3.1.1.4 Μέθοδοι αξιολόγησης.

Η ανταπόκριση χειρισμού και πέδησης σε ένα εν κινήσει όχημα καθορίζονται από μια ποικιλία επιρροών. Αυτές μπορούν να διαιρεθούν κατά προσέγγιση σε τρεις γενικές κατηγορίες:

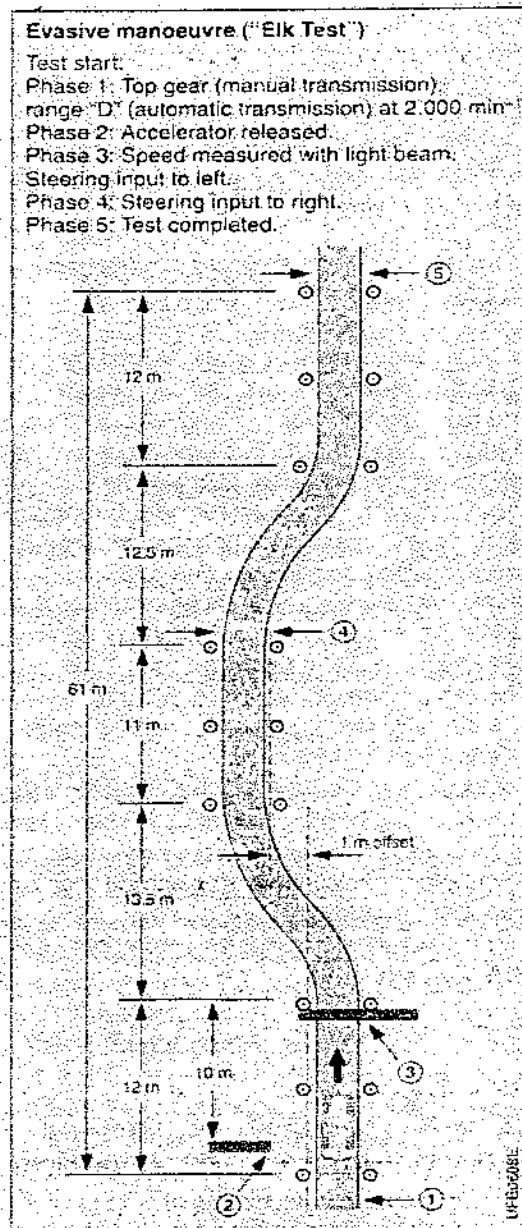
- Χαρακτηριστικά οχημάτων,
- Πρότυπα συμπεριφοράς των οδηγών, ικανότητα και αντανάκλαστικά, και

➤ Περιφερειακές περιστάσεις ή επιρροές από το περιβάλλον ή από έξω.

Ο χειρισμός του οχήματος, το φρενάρισμα και η συνολική δυναμική απόκριση επηρεάζονται από τη δομή και το σχεδιασμό του.

Οι αποκρίσεις χειρισμού και φρεναρίσματος καθορίζουν τις αντιδράσεις του οχήματος στις εισόδους κίνησης (στο τιμόνι, στο πεντάλ επιτάχυνσης, στα φρένα, κ.λ.π.) όπως κάνουν και οι εξωτερικοί παράγοντες παρέμβασης (συνθήκες επιφάνειας οδοστρώματος, αέρας, κ.λ.π.).

➤ Ο καλός χειρισμός χαρακτηρίζεται από τη ικανότητα να ακολουθήσει με ακρίβεια μια δεδομένη πορεία και έτσι να συμμορφωθεί σαν σύνολο με την απαίτηση του οδηγού.



**Σχήμα 3.2: Αόριστος ελιγμός (« Δοκιμή Elk »).**

Έναρξη δοκιμής: **Φάση 1:** Μέγιστη ταχύτητα (χειροκίνητη μετάδοση), πεδίο "D" (αυτόματη μετάδοση) στις 2.000 στροφές. **Φάση 2:** Απελευθέρωση γκαζιού. **Φάση 3:** Η ταχύτητα μετريέται με ακτίνα φωτός. Είσοδος διεύθυνσης προς τα αριστερά. **Φάση 4:** Είσοδος διεύθυνσης προς τα δεξιά. **Φάση 5:** Ολοκλήρωση δοκιμής.

[ Πηγή: *ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction)*, Bosch, 1999.]

Οι ευθύνες του οδηγού περιλαμβάνουν:

- Προσαρμογή του οδηγικού ύφους ώστε να απεικονίζει τις συνθήκες κυκλοφορίας και δρόμων,
- Συμμόρφωση με τους εφαρμόσιμους νόμους και τους κανονισμούς κυκλοφορίας,
- Ακολουθήση της βέλτιστης πορείας όπως καθορίζεται από την οδική γεωμετρία όσο το δυνατόν περισσότερο, και

Καθοδήγηση του οχήματος με πρόβλεψη και προσοχή.

Ο οδηγός ακολουθεί αυτούς τους στόχους προσαρμόζοντας συνεχώς τη θέση και την κίνηση του οχήματος με μια υποκειμενική σύλληψη μιας ιδανικής θέσης. Ο οδηγός στηρίζεται επάνω στην προσωπική του εμπειρία για να προβλέψει εξελίξεις και να προσαρμοστεί στις στιγμιαίες συνθήκες κυκλοφορίας.

### 3.1.1.5 Αξιολόγηση της συμπεριφοράς του οδηγού.

Οι υποκειμενικές αξιολογήσεις που γίνονται από τους πεπειραμένους οδηγούς παραμένουν το πρωταρχικό στοιχείο στις αξιολογήσεις της απόκρισης οχημάτων. Επειδή οι αξιολογήσεις που βασίζονται στις υποκειμενικές αντιλήψεις είναι μόνο σχετικές και μη απόλυτες, δεν μπορούν να αποτελέσουν βάση για τον ορισμό της αντικειμενικής "αλήθειας". Κατά συνέπεια, η υποκειμενική εμπειρία με ένα όχημα μπορεί να εφαρμοστεί σε άλλα οχήματα μόνο σε μια συγκριτική, σχετική βάση.

Οι οδηγοί δοκιμών αξιολογούν την απόκριση οχημάτων χρησιμοποιώντας τις διαδικασίες δοκιμής που συλλέγονται για να απεικονίσουν τις "κανονικές" καταστάσεις κυκλοφορίας. Το συνολικό σύστημα (συμπεριλαμβανομένου του οδηγού) κρίνεται ως κλειστός βρόχος.

Σε αυτήν την διαδικασία, οι πρωταρχικοί παράγοντες όπως η οδική γεωμετρία και οι αναθέσεις που αναλαμβάνονται από τον οδηγό θεωρούνται ζωτικής σημασίας.

Κάθε οδηγός δοκιμών προσπαθεί να συλλέξει εντυπώσεις και εμπειρία κατά τη διάρκεια διαφόρων οριζόμενων ελιγμών οχημάτων. Η επόμενη διαδικασία ανάλυσης μπορεί κάλλιστα να συμπεριλάβει συγκρίσεις εντυπώσεων που καταχωρούνται από διαφορετικούς οδηγούς. Αυτές περιλαμβάνουν συχνά επικίνδυνους οδηγικούς ελιγμούς (σχήμα 3.2: η πρότυπη δοκιμή αόριστης ενέργειας VDA, γνωστή και ως "δοκιμή elk") που εκτελούνται από μια σειρά οδηγών για να παραγάγουν τα στοιχεία που περιγράφουν τη δυναμική ανταπόκριση και τα γενικά χαρακτηριστικά χειρισμού του οχήματος δοκιμής. Τα κριτήρια περιλαμβάνουν:

- Ευστάθεια,
- Κατευθυντικότητα και απόδοση φρένων, και
- Χειρισμός στο όριο.

Οι δοκιμές προορίζονται να περιγράψουν αυτούς τους παράγοντες ως βάση για τις επόμενες βελτιώσεις.

Τα πλεονεκτήματα αυτής της διαδικασίας είναι:

- Επιτρέπει την αξιολόγηση του γενικού, συνολικού συστήματος (οδηγός - όχημα - περιβάλλον), και
- Υποστηρίζει τη ρεαλιστική προσομοίωση των πολυάριθμων καταστάσεων που αντιμετωπίζονται κάτω από τις καθημερινές συνθήκες κυκλοφορίας.

Τα μειονεκτήματα αυτής της διαδικασίας είναι:

- Τα αποτελέσματα επεκτείνονται μέσω μιας ευρείας σειράς διασποράς, όπως οι οδηγοί, ο αέρας, οι οδικές συνθήκες και η αρχική θέση ποικίλλει από τον έναν ελιγμό στον επόμενο.
- Οι υποκειμενικές εντυπώσεις και η εμπειρία χρωματίζονται από το γεωγραφικό πλάτος για μεμονωμένη ερμηνεία.
- Η επιτυχία ή η αποτυχία μιας ολόκληρης σειράς δοκιμών μπορεί τελικά να στηρίζεται πάνω στις δυνατότητες ενός απλού οδηγού.

Ο ακόλουθος πίνακας εμφανίζει τους ουσιαστικούς ελιγμούς οχημάτων για την αξιολόγηση της απόκρισης οχημάτων μέσα σε έναν κλειστό βρόχο ελέγχου.

Assessing operating response					
Vehicle response	Driving manoeuvre (driver demand and current conditions)	Driver makes continuous corrections	Steering wheel firmly positioned	Steering wheel released	Steering-angle input
Linear response	Linear tracking/stay in lane	•	•	•	
	Steering response/sensitivity	•			
	Sudden jerk/release			•	
	Reaction to power transitions	•	•	•	
	Aquaplaning	•	•	•	
	Straight-line braking	•	•	•	
	Crosswind sensitivity	•	•	•	
	High-speed aerodynamic lift		•		
Tire defect	•	•	•		
Transition/input transmission response	Sudden steering-angle change				•
	Single steering and counter-steer inputs				•
	Multiple steering and counter-steer inputs				•
	Simple steering impulse				•
	"Random" steering-angle input	•			•
	Corner entry	•			
	Corner exit	•			
	Self-centering			•	
Cornering	Steady-state skid-pad circulation		•		
	Dynamic skid-pad circulation	•	•		
	Skid-pad load transitions	•	•		
	Steering release			•	
	Braking during cornering	•	•		
	Aquaplaning in curve	•	•		
Alternating directional response	Slalom course around marker cones	•			
	Handling test (test course with extreme corners)	•			
	Steering input/acceleration			•	
Overall characteristics	Tilt resistance	•			•
	Reaction and evasive-action tests	•			

**Πίνακας 1: Προσδιορισμός απόκρισης χειρισμού.**  
 [Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction) .Bosch, 1999.]

### 3.1.2 Βασικές αρχές κινηματικής.

#### 3.1.2.1 Δυνάμεις που ενεργούν πάνω σε ένα όχημα.

Μια ευρεία σειρά ποικίλων δυνάμεων ενεργεί πάντα σε ένα κινούμενο όχημα, ανεξάρτητα από την στιγμιαία κατάσταση κίνησης.

Μια ομάδα δυνάμεων ενεργεί κατά μήκος του διαμήκου άξονα. Αυτή περιλαμβάνει την δύναμη προώθησης, την αεροδυναμική έλξη και την αντίσταση κύλισης. Ένα άλλο σύνολο δυνάμεων ασκείται πλευρικά. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει crosswinds και τις φυγόκεντρες δυνάμεις που παράγονται κατά τη πραγματοποίηση στροφής.

Αυτές οι δυνάμεις μεταφέρονται στα ελαστικά (και, τελικά, στην οδική επιφάνεια) είτε "από πάνω" είτε "από πλάγια". Τα στοιχεία μεταβίβασης είναι

- Το αμάξωμα (π.χ., δύναμη αέρα),
- Το τιμόνι (δύναμη διεύθυνσης),
- Ο κινητήρας,
- Η μετάδοση (δύναμη προώθησης), και
- Το σύστημα φρένων (δύναμη πέδησης).

Και άλλες ακόμα δυνάμεις ενεργούν στο όχημα "από κάτω", δηλ., από την οδική επιφάνεια και μέσω των τροχών.

Εάν το όχημα πρόκειται να κινηθεί, τότε η δύναμη προώθησης που παράγεται από τη μηχανή πρέπει να υπερνικήσει όλη την τρέχουσα αντίσταση (όλες τις διαμήκεις και πλευρικές δυνάμεις) που προέρχεται από την κλίση του δρόμου και από την εγκάρσια κλίση του (crossfall).

Βασική απαίτηση για οποιαδήποτε αξιολόγηση των δυναμικών χαρακτηριστικών απόκρισης και ευστάθους χειρισμού ενός οχήματος είναι η οικειότητα με τις δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ της οδικής επιφάνειας και των τροχών (όπως μεταφέρεται μέσω των επιφανειών επαφής των τροχών).

Δεδομένου ότι οι οδηγοί κερδίζουν πρακτική εμπειρία γίνονται σταδιακά καλύτεροι στο να αντιδρούν σε αυτές τις δυνάμεις, και μαθαίνουν να νιώθουν την επιρροή τους κατά τη διάρκεια της επιτάχυνσης και του φρεναρίσματος /της επιβράδυνσης τόσο στα crosswinds όσο και στο λείο πεζοδρόμιο. Όταν αυτές οι δυνάμεις φθάνουν σε ακραία μεγέθη, γεγονός που συμβαίνει κατά τη διάρκεια σημαντικών μετατοπίσεων στην κατάσταση κίνησης του οχήματος, μπορούν να γίνουν επικίνδυνες (ολίσθηση), και στο ελάχιστο παράγουν αντιληπτά φαινόμενα όπως το στρίγκλισμα των ελαστικών (για παράδειγμα, βάνανση επιτάχυνση από μια εκκίνηση στάσης), τα οποία οδηγούν στην επιταχυνόμενη φθορά των υλικών επένδυσης τους.

#### 3.1.2.2 Το συνολικό σύστημα: Οδηγός – Όχημα – Περιβάλλον.

Τα βασικά κριτήρια που χαρακτηρίζουν τα λειτουργικά πρότυπα απόκρισης καθορίζονται σε σχέση με μια συνολική οντότητα που αποτελείται από τον οδηγό, το όχημα και το περιβάλλον.

Ο πρώτος κρίκος σε αυτήν την αλυσίδα είναι ο οδηγός, ο οποίος αξιολογεί τα πρότυπα απόκρισης του οχήματος που βασίζονται στο σύνθετο σύνολο των πολυάριθμων υποκειμενικών εντυπώσεων.

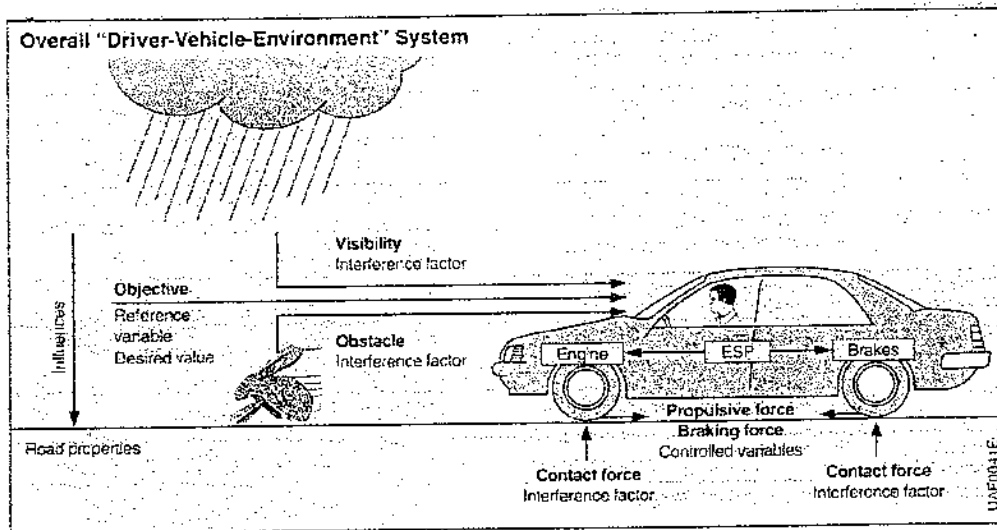
Αντίθετα, ο αντικειμενικός προσδιορισμός χειρισμού και πέδησης του οχήματος στηρίζεται σε στοιχεία που συλλέγονται κατά τη διάρκεια των συγκεκριμένων ελιγμών των οχημάτων με καθορισμένες εισόδους κίνησης (λειτουργία ανοιχτού βρόχου). Ενώ το στοιχείο "οδηγός" δεν μπορεί να προσδιοριστεί απόλυτα, αυτή η διαδικασία παρέχει μια αντικατάσταση τοποθετώντας αντικειμενικούς, ειδικά καθορισμένους παράγοντες παρέμβασης στο σύστημα. Η προκύπτουσα τροχαία αντίδραση έπειτα αναλύεται και αξιολογείται. Οι ακόλουθοι ελιγμοί είτε καθορίζονται στα υπάρχοντα πρότυπα ISO είτε



μεταβαίνουν με τις παρούσες συνθήκες από διαδικασία τυποποίησης. Αυτές οι ασκήσεις στεγνού οδοστρώματος εξυπηρετούν ως αναγνωρισμένες διαδικασίες για την αξιολόγηση της σταθερότητας του οχήματος:

- Περιοχή ασταθούς κυκλοφορίας σταθερής κατάστασης,
- Απόκριση μετάβασης,
- Φρενάρισμα σε στροφή,
- Ευαισθησία σε πλάγιους ανέμους,
- Ιδιότητες ευθείας πορείας (σταθερότητα έλξης), και
- Ενεργοποίηση/απενεργοποίηση περιοχής αστάθειας.

Εξ' αιτίας της υποκειμενικής φύσης της ανθρώπινης συμπεριφοράς, δεν υπάρχουν ακόμα ορισμοί της δυναμικής απόκρισης σε έναν κλειστό βρόχο ελέγχου που είναι και περιεκτικός και αντικειμενικά στηριγμένος (λειτουργία κλειστού βρόγχου, σχήμα 3.3).



**Σχήμα 3.3: Το συνολικό σύστημα: Οδηγός – Όχημα – Περιβάλλον.**  
 [Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]

Αντί αυτού, οι αντικειμενικές οδηγικές δοκιμές επαινούνται από τις διάφορες διαδικασίες δοκιμών ικανές να πληροφορήσουν τους πεπειραμένους οδηγούς για τον ευσταθή χειρισμό ενός οχήματος (παράδειγμα: πορεία slalom).

Η "δοκιμή elk" μμείται ένα ακραίο σενάριο που απεικονίζει την ξαφνική και αόριστη αντίδραση να αποφευχθεί ένα εμπόδιο: ένα όχημα που ταξιδεύει σε ένα κομμάτι δρόμου μεγαλύτερο των 50 μέτρων πρέπει ακίνδυνα να οδηγήσει γύρω από ένα εμπόδιο μήκους 10 μέτρων αποκλίνοντας από την πορεία του από μια απόσταση 4 μέτρων.

### Περιοχή αστάθειας σταθερής κατάστασης.

Η κυκλοφορία σταθερής κατάστασης γύρω από την περιοχή αστάθειας είναι υιοθετημένη για να καθορίσει τη μέγιστη πλευρική επιτάχυνση. Αυτή η διαδικασία παρέχει επίσης πληροφορίες για τις μεταβάσεις όπου ο δυναμικός χειρισμός μεταβάλλεται καθώς οι δυνάμεις στρωφών φθάνουν στο μέγιστό τους. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καθορίσουν τις εγγενείς ιδιότητες χειρισμού (αυτοδιεύθυνση) του οχήματος (υπερστροφή, υποστροφή, ουδέτερη απόκριση στροφής).

### Απόκριση μετάδοσης.

Η απόκριση μετάδοσης προστίθεται στις ιδιότητες σταθερής κατάστασης αυτοδιεύθυνσης (κατά τη διάρκεια της κυκλοφορίας στην περιοχή αστάθειας) ως αρχική παράμετρος αξιολόγησης. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει ελιγμούς όπως η ξαφνική και αόριστη αντίδραση κατά την ευθεία πορεία.

## Φρενάρισμα σε στροφή – Ενεργοποίηση/Απενεργοποίηση απόκρισης.

Μια από τις κρισιμότερες καταστάσεις που αντιμετωπίζονται στην καθημερινή οδήγηση – και έτσι μια από τις πιο ζωτικής σημασίας εκτιμήσεις για το σχεδιασμό οχημάτων – είναι το φρενάρισμα σε στροφή.

Από την πλευρά των φυσικών δυνάμεων που συμμετέχουν, εάν ο οδηγός απλά απελευθερώνει τον επιταχυντή ή πιέζει πραγματικά το πεντάλ φρένων είναι άσχετο, καθώς τα φυσικά αποτελέσματα δεν θα διαφέρουν και πολύ. Η προκύπτουσα μετατόπιση φορτίων από το οπίσθιο τμήμα στο εμπρόσθιο αυξάνει την οπίσθια γωνία ολίσθησης ενώ μειώνει αυτή στο εμπρόσθιο, και από τότε ούτε η δεδομένη ακτίνα στροφής ούτε η ταχύτητα του οχήματος δεν τροποποιεί την πλευρική απαίτηση δύναμης, έτσι το όχημα τείνει να υιοθετήσει μια συμπεριφορά υπερστροφής.

Με την κίνηση των οπίσθιων τροχών, η ολίσθηση των τροχών ασκεί τη λιγότερη επιρροή στην εγγενή απόκριση χειρισμού του οχήματος απ' ότι με την κίνηση των μπροστινών τροχών, πράγμα που σημαίνει ότι τα οχήματα RWD (με πίσω κίνηση) είναι σταθερότερα κάτω από αυτούς τους όρους.

Η αντίδραση των οχημάτων κατά τη διάρκεια αυτού του ελιγμού πρέπει να αντιπροσωπεύσει το βέλτιστο συμβιβασμό μεταξύ κατευθυντικότητας, σταθερότητας και αποδοτικότητας του φρεναρίσματος.

## Παράμετροι.

Οι αρχικές παράμετροι που εφαρμόζονται στην αξιολόγηση της δυναμικής απόκρισης χειρισμού είναι:

- Γωνία διεύθυνσης τροχών,
- Πλευρική επιτάχυνση
- Γραμμική επιτάχυνση/επιβράδυνση,
- Ποσοστό εκτροπής,
- Γωνίες επίπλευσης και κύλισης.

Πρόσθετα στοιχεία επιτρέπουν τον ακριβέστερο καθορισμό των συγκεκριμένων προτύπων χειρισμού καθώς μια βάση για αξιολόγηση άλλης δοκιμής οδηγεί σε:

- Διαμήκη και εγκάρσια ταχύτητα (πλευρική ταχύτητα),
- Γωνίες διεύθυνσης των μπροστινών και οπίσθιων τροχών,
- Γωνίες ολίσθησης σε όλες τις ρόδες,
- Ροπή που εφαρμόζεται στο τιμόνι.

## Χρόνος αντίδρασης.

Μέσα στο γενικό σύστημα "οδηγός – όχημα – περιβάλλον", η φυσική και πνευματική κατάσταση του οδηγού, και έτσι οι χρόνοι αντίδρασής του/της, προστίθενται στις παραμέτρους που περιγράφονται ανωτέρω ως αποφασιστικοί παράγοντες. Αυτή η περίοδος καθυστέρησης είναι ο χρόνος που παρέρχεται μεταξύ της αντίληψης ενός εμποδίου και της αρχικής εφαρμογής πίεσης στο πεντάλ του φρένου. Η απόφαση να ενεργήσει και η μετακίνηση του ποδιού μετρούν ως ενδιάμεσα στάδια σε αυτήν την διαδικασία. Αυτή η χρονική περίοδος δεν είναι πάντα σταθερή. Ανάλογα με τους προσωπικούς παράγοντες και τις εξωτερικές περιστάσεις κυμαίνεται μεταξύ 0,3 και 1,7 δευτερολέπτων. Ειδικές εξετάσεις απαιτούνται για να ποσολογήσουν μεμονωμένα πρότυπα αντίδρασης (όπως διευθύνεται από τα ιατρικά/ψυχολογικά ιδρύματα, πίνακες 2 και 3).

→ Ανπλήρητο αντικείμενο (πχ. Σήμα κυκλοφορίας)	Ψυχολογική αντίδραση				← →	Μυϊκή αντίδραση	→ Αντικείμενο αντίδρασης (πχ. πεντάλ φρένου)
	Αντίληψη	Κατανόηση	Απόφαση	Κινητοποίηση	Κίνηση		
	Οπτική επαφή	Αντίληψη και καταγραφή	Ψυχική επεξεργασία	Μηχανισμός κίνησης	Προσωπική ταχύτητα εφαρμογής		

**Πίνακας 2: Προσωπική αντίδραση – Συντελεστές χρόνου.**

[ Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction) ,Bosch, 1999]

Μείωση έως τα 0.3 δευτερόλεπτα	Παράταση έως τα 1.7 δευτερόλεπτα
<b>Προσωπικοί παράγοντες, οδηγός</b>	
Εκπαιδευμένη αντανακλαστική αντίδραση	Δυσανάλογη αντίδραση
Καλή κατάσταση, βέλτιστη ενδεχόμενη επίδοση	Κακή κατάσταση, πχ. Κόπωση
Υψηλό επίπεδο οδηγικής ικανότητας	Χαμηλό επίπεδο οδηγικής ικανότητας
Νεότητα	Προχωρημένη ηλικία
Προβλεπτική συμπεριφορά	Αφηρημάδα, απροσεξία, περισπασμός
Ψυχική και πνευματική υγεία	Ψυχική ή πνευματική εξασθένηση/βλάβη
	Πανικός, αλκοόλ
<b>Εξωτερικοί παράγοντες</b>	
Απλή, διαφορούμενη, προβλέψιμη και οικεία διαμόρφωση κυκλοφορίας	Περίπλοκες, μη ξεκάθαρες, μη υπολογίσιμες και άγνωστες συνθήκες κυκλοφορίας
Ευδιάκριτο εμπόδιο	Μη ευδιάκριτο εμπόδιο
Εμπόδιο στο πεδίο όρασης	Εμπόδιο στην οπτική περιφέρεια
Λογική και αποτελεσματική ρύθμιση των ελεγκτών στο όχημα	Μη λογική και μη αποτελεσματική ρύθμιση ελέγχου στο όχημα

**Πίνακας 3: Χρόνος αντίδρασης ως συνάρτηση προσωπικών και εξωτερικών παραγόντων.**

[ Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction) ,Bosch, 1999]

### Κίνηση.

Η κίνηση των οχημάτων μπορεί να είναι συνεπής στη φύση (σταθερή ταχύτητα) ή μπορεί να είναι ασυμβίβαστη (κατά τη διάρκεια της επιτάχυνσης από μια έναρξη στάσης ή κύλισης, ή της επιβράδυνσης και του φρεναρίσματος με τη συνοδευτική αλλαγή στην ταχύτητα). Η μηχανή παράγει την κινητική ενέργεια που απαιτείται για να ωθήσει το όχημα.

Οι δυνάμεις που προέρχονται είτε από τις εξωτερικές πηγές είτε από αυτές που ενεργούν μέσω της μηχανής και του συστήματος κίνησης πρέπει πάντα να εφαρμόζονται στο όχημα ως βασικός όρος για αλλαγές στο μέγεθος και την κατεύθυνση της κίνησής του.

### Απόκριση χειρισμού και πέδησης στα εμπορικά οχήματα.

Η αντικειμενική αξιολόγηση της απόκρισης χειρισμού και φρεναρίσματος στα βαριά εμπορικά οχήματα είναι βασισμένη στους διάφορους οδηγικούς ελιγμούς συμπεριλαμβανομένης της στροφής σταθερής κατάστασης skid-pad, της απότομης αλλαγής της γωνίας διεύθυνσης (αντίδραση οχημάτων "στη ρυμούλκηση" του τιμονιού μέσω μιας προσδιορισμένης γωνίας) και του φρεναρίσματος κατά τη διάρκεια στροφής.

Η δυναμική πλευρική απόκριση των συνδυασμών τρακτέρ και ρυμουλκών γενικά, διαφέρει ουσιαστικά από αυτή των ενιαίων οχημάτων. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη φόρτωση τρακτέρ και ρυμουλκών, ενώ άλλοι σημαντικοί παράγοντες περιλαμβάνουν τη διαμόρφωση σχεδίου και τη γεωμετρία των στοιχείων σύνδεσης μέσα στο συνδυασμό.

Το, χειρότερης περίπτωσης, σενάριο αναφέρεται σε ένα κενό φορτηγό που τραβά ένα φορτωμένο ρυμουλκό κεντρικού άξονα. Λειτουργώντας ένα συνδυασμό σε αυτή την κατάσταση απαιτείται υψηλός βαθμός ικανότητας και προσοχής εκ μέρους του οδηγού. Η τοποθέτηση κλίμακας είναι επίσης ένας κίνδυνος όταν οι συνδυασμοί τρακτέρ-ρυμουλκών φρενάρουν σε ακραίες καταστάσεις. Αυτή η διαδικασία χαρακτηρίζεται από απώλεια πλευρικής έλξης στον οπίσθιο άξονα του τρακτέρ, και προκαλείται κατά το υπερφρενάρισμα στις ολισθηρές οδικές επιφάνειες, ή από ακραία ποσοστά εκτροπής στις μη διασπασμένες επιφάνειες (με τους διαφορετικούς συντελεστές τριβής στο κέντρο και στην άκρη της παρόδου). Η τοποθέτηση κλίμακας μπορεί να αποφευχθεί με τη βοήθεια των συστημάτων ABS.

### 3.1.2.3 Ελαστικά.

#### Λειτουργία.

Το ελαστικό είναι το συνδετικό στοιχείο οχήματος και οδικής επιφάνειας. Η περιοχή μετάβασης μεταξύ ελαστικού και δρόμου είναι εκείνη που καθορίζει τελικά την ασφάλεια των οχημάτων. Το ελαστικό μεταφέρει τις δυνάμεις προώθησης, πέδησης και τις πλευρικές δυνάμεις μέσα σε ένα λειτουργικό περιβάλλον στο οποίο τα δυναμικά όρια φορτίων του οχήματος καθορίζονται από τους διάφορους φυσικούς παράγοντες. Τα ζωτικής σημασίας κριτήρια απόδοσης για τα ελαστικά είναι:

- Ιδιότητες ευθείας πορείας,
- Σταθερότητα σε καμπύλες,
- Πρόσφυση σε διαφορετικές οδικές επιφάνειες,
- Πρόσφυση υπό διάφορες καιρικές συνθήκες,
- Κατευθυντική ανταπόκριση,
- Άνεση (συμμόρφωση, θόρυβος κίνησης),
- Διάρκεια, και
- Οικονομική αποδοτικότητα.

#### Κατασκευή.

Διάφορες τεχνολογικές απόψεις και πρόοδοι έχουν σαν αποτέλεσμα πολυάριθμα σχέδια ελαστικών. Η κατασκευή του σχεδίου καθορίζεται από τις διαφορετικές λειτουργικές και επείγουσες ικανότητες κίνησης που αναμένονται από τα συμβατικά ελαστικά οχημάτων. Τα ακτινωτά ελαστικά είναι ένα καλό παράδειγμα. Διακρίνονται από τις χορδές του σκελετού που τοποθετούνται "ακτινωτά" για να διατρέξουν άμεσα από στεφάνι σε στεφάνι. Αυτό έχει προκύψει ως πρότυπο για τα επιβατικά αυτοκίνητα. Ο σχετικά λεπτός και εύκαμπτος σκελετός τυλίγεται από μια ζώνη σταθεροποίησης. Οι επίσημοι κανονισμοί και οι οδηγίες προσδιορίζουν ποια ελαστικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε λειτουργικό περιβάλλον, καθορίζοντας επίσης τις εκτιμήσεις ταχύτητας και τους κώδικες προσδιορισμού.

#### Κανονισμοί.

Για τα μηχανοκίνητα οχήματα και τα ρυμουλκά, η παράγραφος 36 του γερμανικού StVZO (FMVSS/CUR) προσδιορίζει τα ελαστικά πεπιεσμένου αέρα με τα αυλάκια του πέλματος που επεκτείνονται γύρω από ολόκληρη την περιφέρειά τους και κατά πλάτος της επιφάνειας επαφής.

Τα αυλάκια αυτού του πέλματος πρέπει να έχουν βάθος μεγαλύτερο ή ίσο των 1.6 mm.

Τα επιβατικά αυτοκίνητα, τα μηχανοκίνητα οχήματα και τα ρυμουλκά με AGVW  $\leq$  2,8 μετρικούς τόνους που σχεδιάζονται για μέγιστη ταχύτητα πάνω από 40 km/h πρόκειται να εξοπλιστούν αποκλειστικά με σταυρωτά ελαστικά ή με ακτινωτά. Η απαίτηση αποκλειστικότητας ισχύει για κάθε όχημα χωριστά συμπεριλαμβανομένου των συνδυασμών τρακτέρ-ρυμουλκών. Αυτός ο κανόνας δεν ισχύει για τα ρυμουλκά που ρυμουλκούνται από μηχανοκίνητα οχήματα με ταχύτητα μικρότερη ή ίση με 25 km/h.

### Εφαρμογή

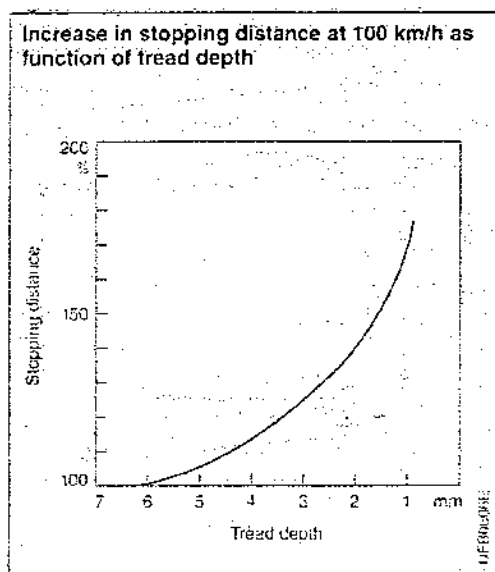
Η επιλογή ελαστικών βασισμένη στις συστάσεις του κατασκευαστή του οχήματος ή του ελαστικού είναι μια ουσιαστική προϋπόθεση για ικανοποιητική απόδοση. Τοποθετώντας ελαστικά ενός ενιαίου σχεδίου σε όλους τους τροχούς εξασφαλίζεται βέλτιστη ανταπόκριση χειρισμού. Προς όφελος της μέγιστης διάρκειας και ασφάλειας, τα ελαστικά πρέπει πάντα να συντηρούνται, να επιδιορθώνονται, να αποθηκεύονται και να τοποθετούνται σύμφωνα με τις οδηγίες που εκδίδονται από τον κατασκευαστή των ελαστικών ή/και έναν καταρτισμένο ειδικό.

Με τα ελαστικά που εγκαθίστανται στο όχημα, πρέπει να ληφθούν υπόψη τα ακόλουθα σημεία:

- Ισορροπία τροχών (για τα βέλτιστα επίπεδα πραγματικής κίνησης),
- Τοποθέτηση του ίδιου τύπου ελαστικών σε όλους τους τροχούς,
- Σωστές πιέσεις ελαστικών,
- Εγκατάσταση ελαστικών που σχεδιάζονται για χρήση στο συγκεκριμένο όχημα.
- Εξασφάλιση ότι τα ελαστικά εγκρίνονται για χρήση στο προοριζόμενο εύρος ταχύτητας, και
- Επαλήθευση του επαρκούς βάθους πέλματος.

Το ανεπαρκές βάθος πέλματος σημαίνει ότι δεν υπάρχει αρκετό υλικό διαθέσιμο για να προστατεύσει τη ζώνη και το σκελετό του ελαστικού.

Επειδή το χαμηλό βάθος πέλματος εξασθενεί την έλξη, το επαρκές βήμα είναι ένας ζωτικής σημασίας παράγοντας ασφάλειας στα επιβατικά αυτοκίνητα και μεγάλα εμπορικά όχημα υψηλής ταχύτητας στους υγρούς δρόμους. Οι αποστάσεις ακινητοποίησης αυξάνουν δυσανάλογα με τη μείωση του βάθους πέλματος (σχήμα 3.4).



**Σχήμα 3.4: Αύξηση της απόστασης ακινητοποίησης στα 100 km/h ως συνάρτηση του βάθους του πέλματος.**

{ Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction) .Bosch, 1999}

## Δυνάμεις ελαστικών.

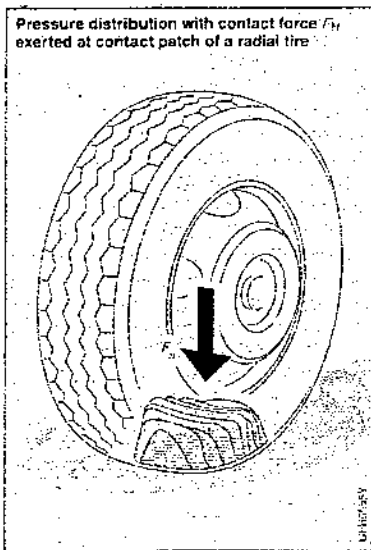
**Κάθετη δύναμη ελαστικού:** Η κάθετη δύναμη ελαστικού είναι η προς τα κάτω δύναμη που ασκείται στην επιφάνεια επαφής μεταξύ ελαστικού και οδικής επιφάνειας (αναφέρεται επίσης ως κανονική δύναμη). Ουσιαστικά είναι η δύναμη που ασκείται από το όχημα λόγω του ίδιου βάρους του και του φορτίου του (όπως διανέμεται μεταξύ των τροχών) και επίσης ποικίλλει σύμφωνα με τη γωνία υποβάθμισης ή αναβάθμισης της επιφάνειας στην οποία το όχημα στέκεται.

Όταν πρόσθετες δυνάμεις (όπως εκείνες που επιβάλλονται από μεγαλύτερες δυνάμεις φορτίου) ενεργούν επάνω στο όχημα, αυξάνουν ή μειώνουν την κάθετη δύναμη ελαστικού. Αυτές οι πρόσθετες δυνάμεις μειώνουν τα φορτία στους τροχούς στο εσωτερικό μιας καμπύλης αυξάνοντας τα φορτία στους εξωτερικούς τροχούς.

Η κάθετη δύναμη ελαστικού αναδιαμορφώνει την επιφάνεια επαφής του ελαστικού ενάντια στην οδική επιφάνεια. Δεδομένου ότι αυτή η παραμόρφωση ενεργεί επίσης και στα πλευρικά τοιχώματα των ελαστικών, αποτρέπει την ομοιόμορφη διανομή της κάθετης δύναμης ελαστικού (σχήμα 3.5) και παράγει ένα τραπεζοειδές πρότυπο πίεσης-διανομής (δύναμη ως συνάρτηση της περιοχής επιφάνειας). Τα πλευρικά τοιχώματα του ελαστικού απορροφούν τις δυνάμεις και το ελαστικό παραμορφώνεται σύμφωνα με τις δυνάμεις που ασκούνται επάνω σε αυτό.

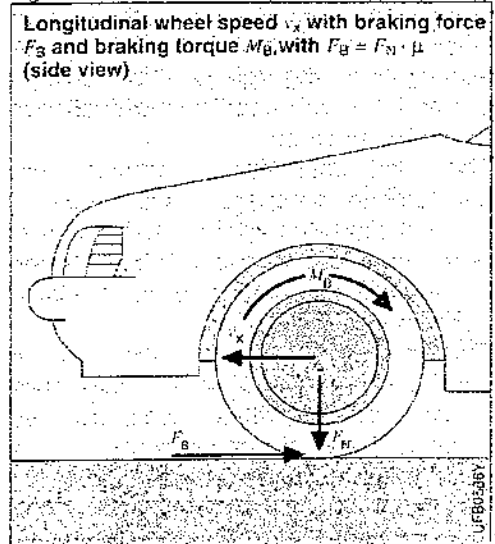
**Διαμήκης δύναμη:** Καθώς ένας τροχός κυλά κατά μήκος ενός δρόμου ή άλλης επιφάνειας (αγνοώντας την αντίσταση κύλισης του ελαστικού προς το παρόν) ο ρυθμός περιστροφής του τροχού είναι ανάλογος προς τη γραμμική ταχύτητα της πλήμνης του τροχού.

Αυτή η σχέση επηρεάζεται από τις εξωτερικές επιρροές που ενεργούν στον τροχό (όπως όταν η δύναμη πέδησης επιβραδύνει τον τροχό). Οι προκύπτουσες αλληλεξαρτήσεις παράγουν ολίσθηση των τροχών (σχήμα 3.6).



**Σχήμα 3.5:** Κατανομή πίεσης λόγω της  $F_N$  δύναμης επαφής που ασκείται στην επιφάνεια επαφής ενός ακτινωτού ελαστικού.

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]



**Σχήμα 3.6:** Διαμήκης ταχύτητα τροχού  $v_x$  με δύναμη πέδησης  $F_B$  και ροπή πέδησης  $M_B$ , με  $F_B = F_N \cdot \mu$  (πλάγια όψη).

### 3.1.2.4 Πρόσφυση οδοστρώματος.

#### Ολίσθηση ελαστικού

##### i. Θεωρητικές εκτιμήσεις.

Η ολίσθηση ελαστικών αντιστοιχεί στη διαφορά μεταξύ των θεωρητικών και πραγματικών αποστάσεων που καλύπτονται από τα ελαστικά. Το ακόλουθο παράδειγμα θα χρησιμεύσει να υπογραμμίσει την αρχή: Η περιφέρεια ενός πρότυπου ελαστικού επιβατικού αυτοκινήτου είναι κατά προσέγγιση 1.5 μέτρο, κατόπιν θα ήταν λογικό να αναμένονται δέκα περιστροφές του ελαστικού να μεταφράζονται σε 15 μέτρα του ταξιδιού του οχήματος. Στην ουσία, η πραγματική απόσταση θα είναι πιο σύντομη εξ αιτίας της ολίσθησης των ελαστικών. Αυτή η ολίσθηση προέρχεται από την έμφυτη ευελιξία του τροχού. Ένας κινούμενος τροχός που κυλά κατά μήκος της οδικής επιφάνειας υπόκειται στην παραμόρφωση ενώ ταυτόχρονα λυγίζει με μια ένταση που ποικίλλει σύμφωνα με τις καιρικές συνθήκες και τις συνθήκες της οδικής επιφάνειας. Αυτό οδηγεί στην κατανάλωση ενέργειας και θερμαίνει το ελαστικό. Επειδή το αρχικό συστατικό του ελαστικού είναι η γόμα, μόνο μια μερίδα αυτής της ενέργειας παραμόρφωσης ανακτάται καθώς το ελαστικό αφήνει τη ζώνη επαφής του (μπάλωμα).

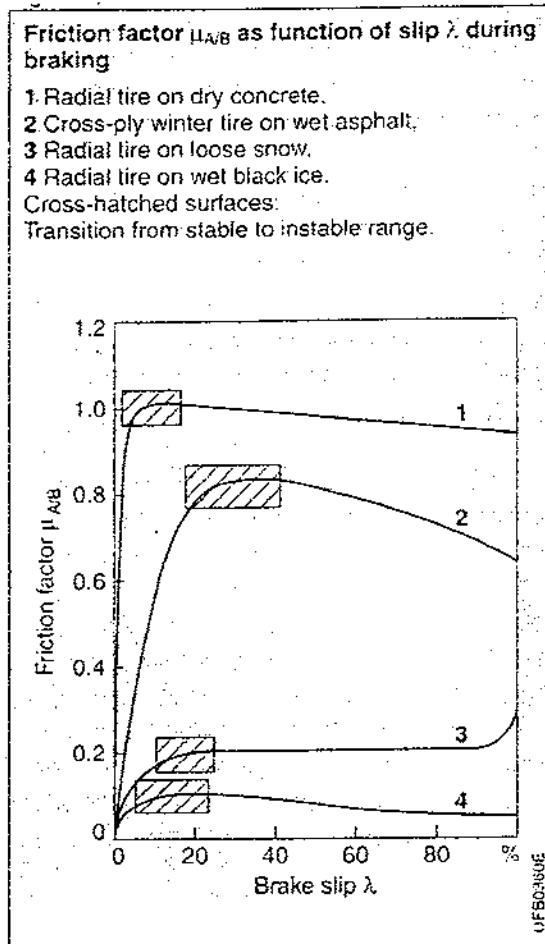
##### ii. Πρακτικές εκτιμήσεις.

Υπό συνθήκες φρεναρίσματος και επιβράδυνσης, καθώς επίσης και κατά τη διάρκεια της επιτάχυνσης – είτε από στάση είτε από εκκίνηση κύλισης – το επίπεδο μεταφοράς δύναμης εξαρτάται από τα ποσοστά ολίσθησης των ελαστικών στην οδική επιφάνεια. Ανεξάρτητα από το εάν το όχημα φρενάρει ή επιταχύνει, η σχέση μεταξύ ολίσθησης και συντελεστή τριβής του ελαστικού είναι βασικά η ίδια.

Η μεγάλη πλειοψηφία των διαδικασιών φρεναρίσματος και επιτάχυνσης πραγματοποιείται στα ελάχιστα ποσοστά ολίσθησης μέσα σε μια σταθερή διακύμανση, εδώ, οι αυξήσεις στην ολίσθηση θα ακολουθηθούν από μια αντίστοιχη άνοδο στη διαθέσιμη προσκόλληση.

Οι καμπύλες της ολίσθησης φρένων συναρτήσεως του συντελεστή τριβής (σχήμα 3.7) αποκρίνονται στα αυξανόμενα ποσοστά ολίσθησης των ελαστικών με μια ριζική άνοδο που ακολουθείται από μια αιχμηρή κάθοδο στην ασταθή περιοχή όταν ξεπερνιούνται οι τιμές ευαισθησιών τους. Κατά γενικό κανόνα οποιεσδήποτε αυξήσεις στην ολίσθηση που παράγεται μέσα σε αυτήν την περιοχή θα οδηγήσουν σε μειώσεις των αποτελεσματικών προσκολλήσεων. Όταν φρενάρει, ένας τροχός θα κλειδώσει μέσα σε μερικά δέκατα του δευτερολέπτου. Κατά τη διάρκεια της επιτάχυνσης, το αυξανόμενο πλεόνασμα της κινητήριας ροπής οδηγεί σε μια γρήγορη άνοδο στην ταχύτητα περιστροφής της μιας ή των δύο τροχών κίνησης, με αποτέλεσμα το σπινάρισμα των τροχών.

Η πρόσθεση άλλων παραγόντων (όπως τα υψηλότερα φορτία ανά τροχό ή οι ακραίες γωνίες) σε έναν τροχό που ολισθαίνει έχει αρνητικά αποτελέσματα στη μεταφορά δύναμης και στο χειρισμό (σχήμα 3.7).



**Σχήμα 3.7: Συντελεστής τριβής  $\mu_{AB}$  ως συνάρτηση της ολίσθησης  $\lambda$  κατά τη διάρκεια φρεναρίσματος.**

- 1 Ακτινωτό ελαστικό σε στεγνό μπετόν, 2 Σταυρωτό χειμερινό ελαστικό σε υγρή άσφαλτο, 3 Ακτινωτό ελαστικό σε χαλαρό χιόνι, 4 Ακτινωτό ελαστικό σε υγρό μαύρο πάγο.

Διαγραμμισμένες επιφάνειες: Μετάβαση από ευстаθή σε ασταθή περιοχή.  
 [Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]

## Τριβή.

- i. Τριβή  $\mu_{AB}$  (γραμμική τριβή).

Η εφαρμογή της ροπής φρεναρίσματος στον τροχό παράγει τη δύναμη πέδησης  $F_B$ , μεταξύ του ελαστικού και της οδικής επιφάνειας. Υπό σταθερή κατάσταση λειτουργίας (καμία επιτάχυνση τροχών) αυτή η δύναμη φρεναρίσματος είναι ανάλογη προς τη ροπή φρεναρίσματος. Η σχέση μεταξύ της κάθετης δύναμης επαφής του ελαστικού και της δύναμης φρεναρίσματος που μπορεί να διαβιβαστεί στο δρόμο καθορίζεται από το συντελεστή της στατικής τριβής  $\mu_{st}$ .

Ο συντελεστής στατικής τριβής (μέγιστος συντελεστής προσκόλλησης) ποικίλλει για να απεικονίσει τις αλλαγές σε παράγοντες όπως η ταχύτητα των οχημάτων, οι συνθήκες των ελαστικών και η οδική επιφάνεια. Οι αριθμοί που αναφέρονται στον πίνακα 4 ισχύουν για το σκυρόδεμα και το ασφαλτικό σκυρόδεμα σε καλές συνθήκες. Ο συντελεστής τριβής ολίσθησης (με κλειδωμένο τροχό) είναι συνήθως χαμηλότερος από το συντελεστή της στατικής τριβής.

Ο συντελεστής στατικής τριβής απεικονίζει τις ιδιότητες που υλοποιεί όταν συναντούνται τα υλικά ελαστικών και επιφάνειας του δρόμου τόσο καλά όσο όλες οι



θυγατρικές επιρροές που ενεργούν σε αυτόν τον συνδυασμό. Έτσι οι πραγματικές τιμές άμεσα επηρεάζονται από τις συνθήκες οδικής επιφάνειας (πίνακας 4).

Ταχύτητα Οχήματος Km/h	Κατάσταση ελαστικού	Στεγνός δρόμος $\mu_{HF}$	Βρεγμένος δρόμος (βάθος ύδατος 0.2mm) $\mu_{HF}$	Δυνατή βροχή (βάθος ύδατος 1mm) $\mu_{HF}$	Λακτούβες με νερό (βάθος ύδατος 2mm) $\mu_{HF}$	Ποιομένη επιφάνεια (μύθος πάχος) $\mu_{HF}$
50	νέο	0.85	0.65	0.55	0.5	0.1 και χαμηλότερα
	φθαρμένο	1	0.5	0.4	0.25	
90	νέο	0.8	0.6	0.3	0.05	
	φθαρμένο	0.95	0.2	0.1	0.0	
130	νέο	0.75	0.55	0.2	0	
	φθαρμένο	0.9	0.2	0.1	0	

**Πίνακας 4: Συντελεστής τριβής  $\mu_{HF}$  ελαστικού και επιφάνειας του οδοστρώματος.**  
[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]

## ii. Υδρολίσηση.

Ο συντελεστής τριβής πλησιάζει προς το μηδέν όταν το όχημα ανυψώνεται από την οδική επιφάνεια αυτή καθ' εαυτή από ένα στρώμα ύδατος βροχής. Αυτό το φαινόμενο καλείται "υδρολίσηση" και το διαφοροποιητικό χαρακτηριστικό του είναι η απώλεια της φυσικής επαφής μεταξύ ελαστικών και δρόμου, που εμφανίζεται όταν σχηματιστεί μια σφήνα ύδατος για να χωρίσει τις δύο επιφάνειες επαφής. Η τάση για υδρολίσηση καθορίζεται από:

- Το βάθος του ύδατος στην οδική επιφάνεια,
- Την ταχύτητα του οχήματος,
- Το σχέδιο και την ένδυση του πέλματος του ελαστικού, και
- Την πίεση φορτίου του ελαστικού ενάντια στο δρόμο.

Τα πλατιά ελαστικά είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην υδρολίσηση. Δεν είναι δυνατό να φρενάρι ή να οδηγηθεί ένα υδρολισθαίνων όχημα, δεδομένου ότι ούτε οι είσοδοι διεύθυνσης ούτε η δύναμη πέδησης μπορούν να μεταφερθούν στο δρόμο.

## Τριβή – Ολίσθηση ελαστικού –Κάθετη δύναμη ελαστικού.

Η τριβή που παράγεται από ένα ελαστικό καθορίζεται πρώτιστα από τη διαμήκη (περιστροφική) ολίσθησή του.

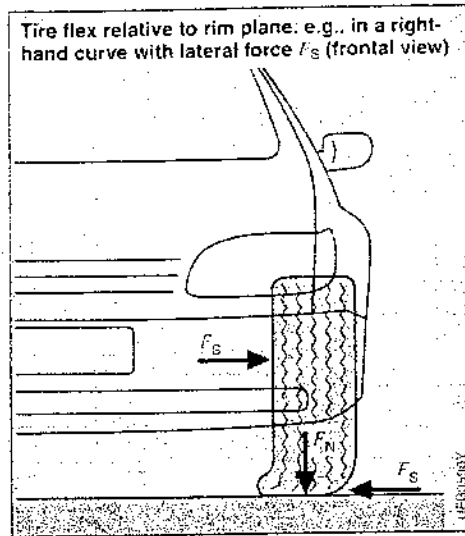
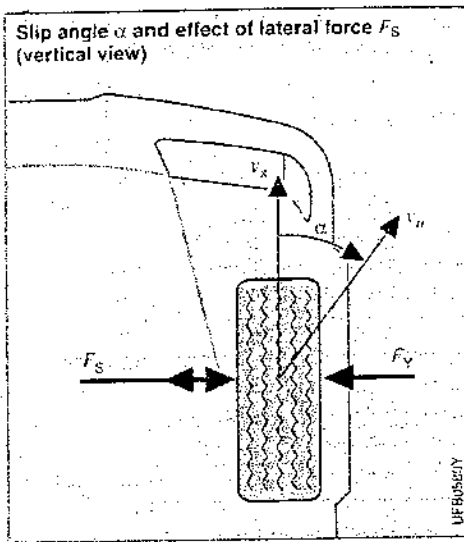
Ενώ η κάθετη δύναμη ελαστικών διαδραματίζει έναν δευτερεύοντα ρόλο, μια κατά προσέγγιση γραμμική σχέση υπάρχει μεταξύ της δύναμης πέδησης και της κάθετης δύναμης ελαστικών κατά τη διάρκεια της σταθερής ολίσθησης ελαστικών.

Ακόμα ένας παράγοντας που καθορίζει την τριβή είναι η γωνία ολίσθησης του τροχού (πλευρική ολίσθηση). Δεδομένου ότι με σταθερή ολίσθηση ελαστικού, η μεταφορά των δυνάμεων πέδησης και των κινητήριων δυνάμεων μειώνεται σαν απάντηση στις υψηλότερες γωνίες ολίσθησης των τροχών, αυξάνει στη γωνία ολίσθησης τροχού με το σταθερό φρενάρισμα και η κινητήρια δύναμη θα οδηγήσει στα υψηλότερα ποσοστά ολίσθησης.

## Πλευρικές δυνάμεις.

Ένας ελεύθερα περιστρεφόμενος τροχός αντιδρά στην εφαρμογή της πλευρικής δύναμης με λοξή μετακίνηση της πλήμνης. Η αναλογία της πλευρικής ταχύτητας στη

διαμήκη ταχύτητα καλείται πλευρική ολίσθηση. Η γωνία που χωρίζει την προκύπτουσα ταχύτητα τροχού και τη διαμήκη ταχύτητα είναι η γωνία ολίσθησης  $\alpha$  (σχήμα 3.8).



Σχήμα 3.8: Γωνία ολίσθησης  $\alpha$  και αποτέλεσμα της πλευρικής δύναμης  $F_s$  (άνοψη).

Σχήμα 3.9: Κάμψη ελαστικού σε σχέση με το επίπεδο της ζάντας π.χ. σε μια δεξιά στροφή με πλευρική δύναμη  $F_s$  (πρόοψη).

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction) ,Bosch, 1999]

Κάτω από σταθερή κατάσταση λειτουργίας (χωρίς επιτάχυνση τροχών) η αξονική δύναμη που εφαρμόζεται στον τροχό μέσω του άξονα σαν πλευρική δύναμη  $F_s$  είναι σε μια κατάσταση ισορροπίας με τις πλευρικές δυνάμεις που ασκούνται στον τροχό μέσω της οδικής επιφάνειας. Η αναλογία της πλευρικής δύναμης που μεταφέρεται μέσω του άξονα και της κάθετης δύναμης ελαστικού  $F_N$  είναι ο συντελεστής πλευρικής δύναμης  $\mu_s$ .

Η σχέση μεταξύ της γωνίας ολίσθησης  $\alpha$  και του συντελεστή πλευρικής δύναμης  $\mu_s$  είναι μη γραμμική και καθορίζεται από την καμπύλη ολίσθησης-γωνίας. Ο συντελεστής πλευρικής δύναμης  $\mu_s$  αντιπαραβάλλει με το συντελεστή στατικής τριβής  $\mu_{HF}$  με την έκθεση της ουσιαστικής ευαισθησίας στην κάθετη δύναμη ελαστικού  $F_N$  κατά τη διάρκεια επιτάχυνσης και πέδησης. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι ειδικού ενδιαφέροντος για τους σχεδιαστές ανάρτησης των κατασκευαστών αυτοκινήτου στις προσπάθειές τους να βελτιώσουν τα χαρακτηριστικά χειρισμού με τη βοήθεια των αντιστρεπτικών ράβδων. Οι πολύ υψηλές πλευρικές δυνάμεις  $F_s$  προκαλούν ουσιαστικές μετατοπίσεις στη θέση της επιφάνειας επαφής σχετικά με το πλαίσιο του τροχού (σχήμα 3.9) και καθυστερούν με αυτό τον τρόπο τη συγκέντρωση των πλευρικών δυνάμεων. Αυτό το φαινόμενο έχει μια ουσιαστική επίδραση στην ανταπόκριση μετάβασης (χειρισμός κατά τη διάρκεια του διακόπτη από μια συνθήκη σε άλλη) που χαρακτηρίζει τα οχήματα όταν αντιδρούν στις εισόδους στο τιμόνι.

### 3.1.2.5 Σχέσεις δυνάμεων.

Όταν η δύναμη φρεναρίσματος που ενεργεί επάνω σε ένα πλαίσιο τροχού ενώνεται με τις πλευρικές δυνάμεις, η οδική επιφάνεια αντιδρά με την άσκηση δύο δυνάμεων ενάντια στο ελαστικό, κατά μήκος των αξόνων φρεναρίσματος και κατά μήκος των πλευρικών αξόνων.

Εφ' όσον παραμένουν οι διαδικασίες κάτω από μια δεδομένη φυσική ευαισθησία, όλες οι δυνάμεις που ενεργούν επάνω στον περιστρεφόμενο τροχό αντισταθμίζονται αποτελεσματικά από τις αντίθετες δυνάμεις ίσου μεγέθους από την οδική επιφάνεια.

Το πέρασμα αυτής της φυσικής ευαισθησίας ανατρέπει αυτήν την κατάσταση ισορροπίας και οδηγεί σε απώλεια σταθερότητας του οχήματος.

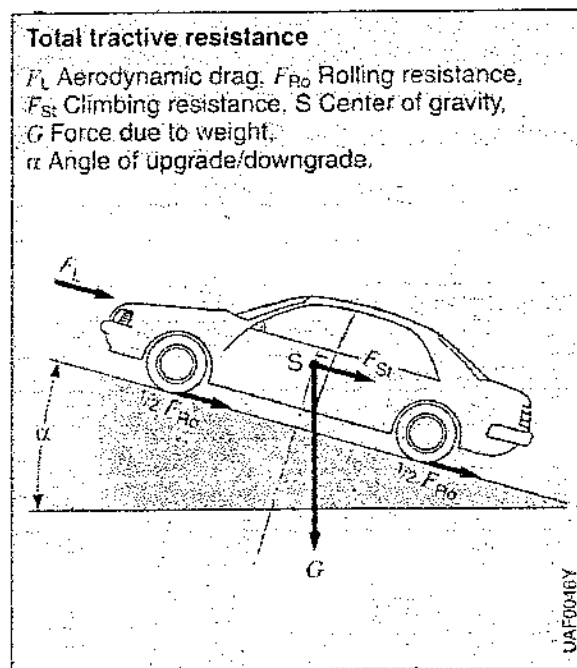
## Συνολική αντίσταση έλξης.

Η συνολική αντίσταση έλξης είναι το συνολικό ποσό των αντιστάσεων κύλισης, αεροδυναμικής και ανάβασης (σχήμα 3.10).

Η υπερνίκηση αυτής της γενικής αντίστασης συνεπάγεται την ικανοποιητική ελκτική δύναμη στους κινητήριους τροχούς. Η ελκτική δύναμη διαθέσιμη στους τροχούς κίνησης αυξάνεται για να απεικονίσει τις αυξήσεις σε παράγοντες όπως διαθέσιμη ροπή κινητήρα και αναλογία μετατροπής της συνοδόντωσης μεταξύ κινητήρα και τροχών. Είναι αντιστρόφως ανάλογη προς τις απώλειες του συστήματος κίνησης (η απόδοση «η» είναι κατά προσέγγιση 0,88 .. 0,92 με τις διαμήκεις εγκαταστάσεις μηχανών, και περίπου 0,91 .. 0,95 με τις εγκάρσιες μηχανές).

Ένα μέρος της ελκτικής δύναμης απαιτείται για να υπερνικήσει τη συνολική ελκτική αντίσταση. Η χαμηλότερη συνοδόντωση τροχών υπό μορφή αριθμητικά υψηλότερων αναλογιών ελάττωσης της μετατροπής υιοθετείται για την κλιμακωτή προσαρμογή στη ριζική άνοδο στην ελκτική αντίσταση που αντιμετωπίζεται στους ανηφορικούς βαθμούς (πολλαπλάσιος-αναλογία μετάδοσης).

Το "πλεόνασμα" με το οποίο η ελκτική δύναμη υπερβαίνει την ελκτική αντίσταση επιταχύνει το όχημα. Εάν η ελκτική αντίσταση είναι υψηλότερη από την ελκτική δύναμη το όχημα θα επιβραδυνθεί.



Σχήμα 3.10: Συνολική αντίσταση έλξης.

$F_L$  Αεροδυναμικό φορτίο,  $F_{Ro}$  Αντίσταση κύλισης,  $F_{St}$  Αντίσταση ανάβασης,  $S$  Κέντρο βάρους,  $G$  Βάρος,  $\alpha$  Γωνία κλίσης του εδάφους.

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction) ,Bosch, 1999]

### i. Αντίσταση κύλισης κατά την κίνηση σε ευθεία.

Η αντίσταση κύλισης προέρχεται από τις διαδικασίες παραμόρφωσης μεταξύ τροχού και οδικής επιφάνειας. Είναι το προϊόν της δύναμης λόγω του βάρους και του συντελεστή της αντίστασης κύλισης. Η αντίσταση κύλισης, στη συνέχεια, είναι αντιστρόφως ανάλογη προς την ακτίνα του ελαστικού και το βαθμό παραμόρφωσής του (επηρεάζεται από παράγοντες όπως η πίεση του ελαστικού). Η αντίσταση κύλισης επίσης αυξάνει σαν απάντηση στα υψηλότερα φορτία και τις οδικές ταχύτητες. Ακόμα ένας παράγοντας είναι

το υλικό επίστρωσης, καθώς ο συντελεστής αντίστασης κύλισης στην άσφαλτο είναι μόνο το 25% περίπου από αυτόν στους «βρώμικους» δρόμους.

ii. Αντίσταση κύλισης σε στροφή.

Κατά τη διάρκεια στροφής, η αντίσταση κύλισης ενώνεται με την αντίσταση καμπυλότητας, ο συντελεστής της οποίας ή το μέγεθος καθορίζεται από παράγοντες όπως η ταχύτητα του οχήματος, η ακτίνα καμπυλότητας, η γεωμετρία της ανάρτησης, ο σχεδιασμός των ελαστικών, οι πιέσεις πλήρωσης των ελαστικών και η ανταπόκριση του οχήματος στη στροφή (πλευρική επιτάχυνση στις διάφορες γωνίες ολίσθησης).

iii. Αεροδυναμική αντίσταση.

Η αεροδυναμική αντίσταση (πίνακες 5 και 6) καθορίζεται με βάση έναν αριθμό διαφορών μεμονωμένων στοιχείων. Αυτά περιλαμβάνουν τη βαρομετρική πίεση, το συντελεστή αεροδυναμικής έλξης του οχήματος (όπως καθορίζεται από τη μορφή του), τη μέγιστη διατομή του οχήματος και την ταχύτητά του λαμβάνοντας υπόψη την ταχύτητα αντίθετων ανέμων.

Ανοιχτό σπορ	$c_w = 0.5 \dots 0.7$
Συμβατικό 3-box	$c_w = 0.5 \dots 0.6$
Γρήγορη όπισθεν	$c_w = 0.4 \dots 0.55$
Σφηνοειδές	$c_w = 0.3 \dots 0.4$
Αεροδυναμικά χωρίσματα	$c_w = 0.2 \dots 0.25$
Σταγονοειδές	$c_w = 0.15 \dots 0.2$

**Πίνακας 5: Δείγμα συντελεστών έλξης  $c_w$  για επιβατικά αυτοκίνητα.**  
[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]

Συνήθη οχήματα τρακτέρ	
- χωρίς αεροδυναμικά βοηθήματα	$c_w \geq 0.64$
- μερικά αεροδυναμικά βοηθήματα	$c_w = 0.54 \dots 0.63$
- πλήρες πακέτο αεροδυναμικών χωρισμάτων	$c_w \leq 0.53$

**Πίνακας 6: Δείγμα συντελεστών έλξης  $c_w$  για φορτηγά.**  
[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]

iv. Αντίσταση ανάβασης.

Η αντίσταση ανάβασης (με θετικό σήμα) και η δύναμη καθόδου (με αρνητικό σήμα) υπολογίζονται από το βάρος του οχήματος και τη γωνία κλίσης.

v. Διαμήκης δυναμική οχημάτων

Λόγω της ζωτικής σημασίας των αποστάσεων ακινητοποίησης για την οδική ασφάλεια, η απόσταση που διανύεται κατά τη διάρκεια της επιβράδυνσης είναι σημαντικότερη από αυτή που διανύεται κατά τη διάρκεια της επιτάχυνσης (πίνακας 7).

Τα επιταχυντικά και επιβραδυντικά μέγιστα λαμβάνονται με τις ελκτικές δυνάμεις ή τις δυνάμεις φρεναρίσματος ενεργώντας στους τροχούς του οχήματος για να τους κρατήσουν ακριβώς κάτω από το όριο έλξης τους (σημείο μέγιστης προσκόλλησης).

Επιβρά- δυνση α σε m/s <sup>2</sup>	Ταχύτητα οχήματος v σε km/h πριν την εφαρμογή των φρένων												
	10	30	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200
	Απόσταση σε νεκρό χρόνο t <sub>z</sub> 1 δευτερολέπτου (χωρίς φρένο) σε m												
	2,8	8,3	14	17	19	22	25	28	33	39	44	50	56
	Απόσταση ακινητοποίησης s <sub>h</sub> σε m												
4.4	3.7	16	36	48	62	78	96	115	160	210	270	335	405
5	3.5	15	33	44	57	71	87	105	145	190	240	300	365
5.8	3.4	14	30	40	52	65	79	94	130	170	215	265	320
7	3.3	13	28	36	46	57	70	83	110	145	185	230	275
8	3.3	13	26	34	43	53	64	76	105	135	170	205	250
9	3.2	12	25	32	40	50	60	71	95	125	155	190	225

**Πίνακας 7: Απόσταση ακινητοποίησης s<sub>h</sub> με νεκρό χρόνο 1 δευτερόλεπτο.**  
[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction) ,Bosch, 1999]

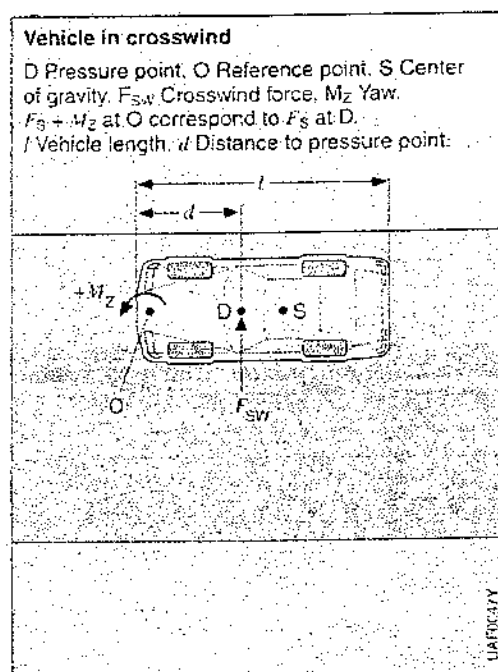
Η πραγματική προσκόλληση είναι χαμηλότερη επειδή όλοι οι τροχοί δεν μπορούν ομοιόμορφα να εκμεταλλευτούν τη μέγιστη προσκόλληση κάτω από κάθε επιταχυντική (επιβραδυντική) διαδικασία. Τα ηλεκτρονικά συστήματα έλξης, φρεναρίσματος και σταθερότητας (TCS, ABS και ESP) στηρίζονται στον έλεγχο κλειστών βρόγχων για να διατηρήσουν τη μεταφορά δύναμης στη μέγιστη τιμή.

### Πλευρική δυναμική οχήματος.

- Απόκριση οχήματος σε (crosswinds: δυνάμεις από ανέμους πλάγιους σε σχέση με την πορεία του οχήματος) δυνάμεις που δρουν στο όχημα υπό ορθή γωνία ως προς την πορεία που διαγράφει..

Έντονες crosswinds μετατοπίζουν τα οχήματα από τα αρχικά μονοπάτια της πορείας τους σε μια διαδικασία που εκδηλώνεται κυρίως στις υψηλότερες ταχύτητες οχημάτων και με δυσμενείς για το όχημα διαστάσεις (Σχήμα 3.11). Στα οχήματα με δυσμενείς διαμορφώσεις, ο ξαφνικός αντίκτυπος αέρα του είδους που αντιμετωπίζεται όταν ένα όχημα ξεπροβάλλει από μια δενδρώδη διαδρομή σε μια ανοικτή μπορεί να προκαλέσει ουσιαστικές πλευρικές μετατοπίσεις και μετατόπιση γωνίας παρεκκλίσεων. Όταν αυτά τα φαινόμενα φανερώνονται προτού ο οδηγός να έχει το χρόνο να αντιδράσει μπορούν να οδηγήσουν σε σφάλμα του οδηγού. Οι ριπές αέρος που ενεργούν στο όχημα υπό γωνία προσθέτουν ένα πλευρικό συστατικό στην αεροδυναμική έλξη. Αυτή η δύναμη, που διανέμεται σε ολόκληρη την περιοχή επιφάνειας του οχήματος, μπορεί να θεωρηθεί ως crosswind δύναμη που εφαρμόζεται στο "σημείο πίεσης D". Η ακριβής θέση αυτού του σημείου πίεσης εξαρτάται από τη μορφή του σώματος και την παρούσα γωνία πρόσπτωσης του αέρα.

Αυτό το σημείο πίεσης βρίσκεται συνήθως στο μπροστινό μισό του οχήματος. Στα οχήματα που χαρακτηρίζονται από μια συμβατική διαμόρφωση σώματος "3 box" αυτό το σημείο εστίασης είναι σχετικά σταθερό, και ακόμα βρίσκεται πιο κοντά στο κέντρο απ' ότι στην πίσω πόρτα, όπου το σημείο πίεσης μπορεί να απομακρυνθεί ως απάντηση στις αλλαγές γωνία πρόσκρουσης της ροής του αέρα. Αφ' ετέρου, το κέντρο βάρους s ποικίλλει ως συνάρτηση του φορτίου του οχήματος. Γενικά εφαρμόσιμες απεικονίσεις των crosswind αποτελεσμάτων (ανεξάρτητα από τη θέση ανάρτησης σχετικά με το αμάξωμα) διευκολύνονται με το να επιλέξουν ένα σημείο αναφοράς 0 στη μέση του μπροστινού τμήματος του οχήματος.



**Σχήμα 3.11: Όχημα σε crosswind.**

$D$  Σημείο πίεσης,  $O$  Σημείο αναφοράς,  $S$  Κέντρο βάρους,  $F_{sw}$  Δύναμη crosswind,  $M_z$  Ροπή,  $F_s + M_z$  στο  $O$  αντιστοιχεί στην  $F_s$  στο  $D$ .

$l$  Μήκος οχήματος,  $d$  Απόσταση από το σημείο πίεσης

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction) ,Bosch, 1999]

Όταν η δύναμη crosswind καθορίζεται χρησιμοποιώντας ένα σημείο αναφοράς διαφορετικό από το σημείο πίεσης, η crosswind δύναμη στο σημείο πίεσης πρέπει να συμπεριληφθεί ως πρόσθετος παράγοντας: αυτό είναι η στιγμή παρεκκλίσεων. Η πλευρική κινητήρια δύναμη των τροχών (δυνάμεις στροφής) ενεργεί ως δύναμη αντίθετη στην crosswind δύναμη. Μαζί με την γωνία ολίσθησης και τον παράγοντα φορτίου, η πλευρική κινητήρια δύναμη που παράγεται από ένα ελαστικό πεπιεσμένου αέρα εξαρτάται από το μέγεθος και τις διαστάσεις του, την πίεση πλήρωσης και τα χαρακτηριστικά τριβής της οδικής επιφάνειας.

Μια θέση σημείου πίεσης στην άμεση εγγύτητα του κέντρου βάρους του οχήματος είναι επιθυμητή εξ αιτίας των θετικών αποτελεσμάτων της στην κατευθυντική σταθερότητα υπό συνθήκες crosswind. Στα οχήματα με μια φυσική τάση υπερστροφής ένα σημείο πίεσης μπροστά από το κέντρο βάρους θα ελαχιστοποιήσει την τάση να απομακρυνθεί από την αρχική πορεία. Στα υποστρεφόμενα οχήματα η βέλτιστη θέση σημείου πίεσης είναι αμέσως στο οπίσθιο τμήμα του κέντρου βάρους.

## ii. Υπερστροφή και υποστροφή.

Ο τροχός με το λαστιχένιο ελαστικό του πρέπει να περιστρέφεται με γωνία σχετική με την επιφάνειά του ως συνθήκη για τις πλευρικές κινητήριες δυνάμεις (δυνάμεις στροφής) μεταξύ τροχού και οδικής επιφάνειας. Αυτό σημαίνει ότι μια γωνία ολίσθησης πρέπει να είναι παρούσα.

Τα οχήματα περιγράφονται να έχουν υποστροφή όταν αυξάνεται η γωνία ολίσθησης του μπροστινού άκρου τους γρηγορότερα από την οπίσθια γωνία ολίσθησης καθώς η πλευρική ταχύτητα αυξάνει. Ο αντίστροφος όρος (υψηλότερη οπίσθια ολίσθηση) αναφέρεται ως υπερστροφή.

Μερικά οχήματα παρουσιάζουν μια εγγενή και αμετάβλητη τάση είτε προς υπερστροφή είτε υποστροφή, σε οποιοσδήποτε συνθήκες. Άλλα υποστρέφουν σε χαμηλά ποσοστά πλευρικής ταχύτητας πριν μεταβούν σε υπερστροφή καθώς η πλευρική ταχύτητα

αυξάνει. Εδώ, πάλι, ένα πρότυπο αντίδρασης είναι επίσης δυνατό (αρχικά υπερστροφή και στη συνέχεια υποστροφή).

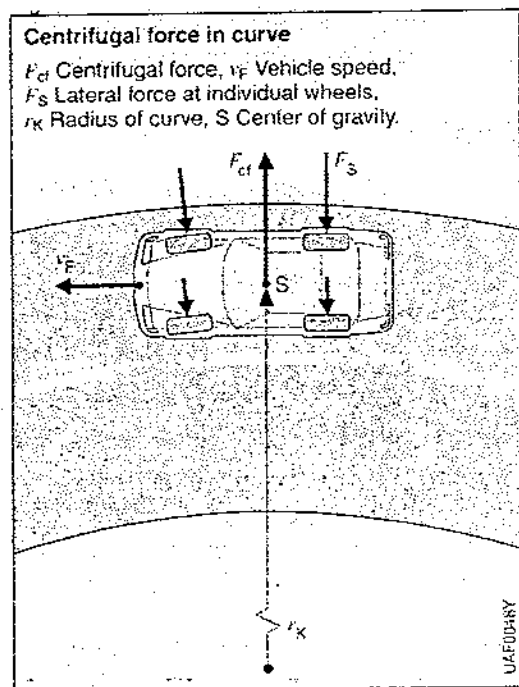
iii. Φυγόκεντρες δυνάμεις κατά τη διάρκεια στροφής.

Το σημείο εστίασης της φυγόκεντρης δύναμης είναι το κέντρο βάρους  $s$  (Σχήμα 3.12). Τα αποτελέσματά της εξαρτώνται από μια σειρά παραγόντων που περιλαμβάνει:

- Ακτίνα στροφής,
- Ταχύτητα οχήματος,
- Ύψος κέντρου βάρους του οχήματος,
- Μάζα του οχήματος,
- Πλάτος έλξης οχήματος,
- Ζεύγος τριβής ελαστικό/επιφάνεια οδοστρώματος (καιρός, πεζοδρόμιο, συνθήκες ελαστικού), και
- Συνεισφορά φορτίου μέσα στο όχημα.

Η στροφή αποκτά μια επικίνδυνη πτυχή όταν η φυγόκεντρη δύναμη απειλεί να ξεπεράσει τις πλευρικές δυνάμεις στους τροχούς, καθιστώντας αδύνατο να διατηρηθεί το όχημα στη σωστή διαδρομή. Οι καταχωρημένες καμπύλες μπορούν να ενεργήσουν ως θετική αντιδραστική επιρροή ενάντια σε αυτές τις δυνάμεις.

Οι τροχοί δεν αρχίζουν όλοι να γλιστρούν αμέσως. Το ESP εκμεταλλεύεται αυτό το γεγονός αντιδρώντας στην αστάθεια του οχήματος και την αρχική περιστροφή γύρω από τον κάθετο άξονα με το κλιμακωτό "ενεργό" φρενάρισμα για να αποκαταστήσει τη σταθερότητα του οχήματος.



Σχήμα 3.12: Φυγόκεντρος δύναμη σε στροφή.

$F_{cf}$  Φυγόκεντρος δύναμη,  $v_F$  Ταχύτητα οχήματος,  $F_s$  Πλευρική δύναμη σε ξεχωριστούς τροχούς,  $r_k$  Ακτίνα στροφής,  $S$  Κέντρο βάρους.

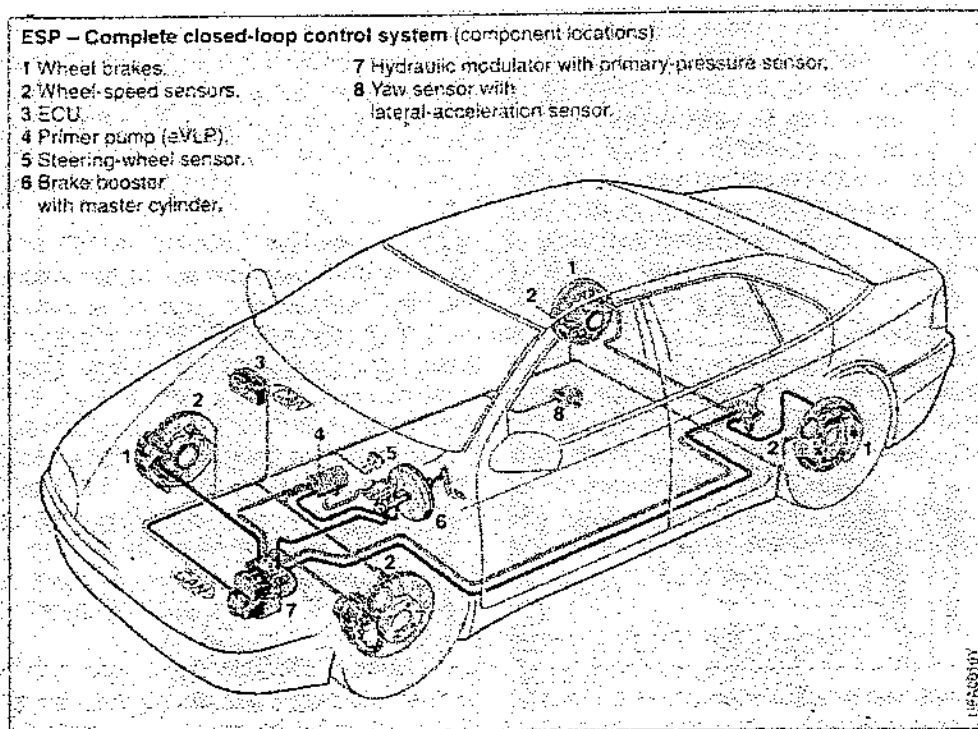
[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]

## 3.2 Περιγραφή του ηλεκτρονικού προγράμματος ευστάθειας ESP – Συστατικά.

Το ηλεκτρονικό πρόγραμμα ευστάθειας ESP αποτελείται από τα παρακάτω συστατικά (σχήμα 3.13):

- Αισθητήρες,
- Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ECU,
- Υδραυλικός διαμορφωτής, και
- Αντλία εγχυτήρων με αισθητήρα αρχικής πίεσης.

Τα τελευταία συστατικά αναβαθμίζονται μερικώς ή εντελώς από τις προηγμένες εκδόσεις. Μια μονάδα πλήρωσης εμβόλου χρησιμοποιήθηκε σε μια αρχική έκδοση. Στη συνέχεια περιγράφουμε κάθε συστατικό από τα παραπάνω ξεχωριστά.



Σχήμα 3.13: ESP–Ολοκληρωμένο σύστημα ελέγχου κλειστού βρόχου (θέσεις συστατικών).

1 Φρένα τροχών, 2 Αισθητήρες ταχύτητας τροχών, 3 ECU, 4 Αντλία εγχυτήρων (eVLP), 5 Αισθητήρας τιμονιού, 6 Αντλία φρένων και κεντρικός κύλινδρος, 7 Υδραυλικός διαμορφωτής με αισθητήρα αρχικής πίεσης, 8 Αισθητήρας ροπής με αισθητήρα πλευρικής επιτάχυνσης.

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction) ,Bosch, 1999]

### 3.2.1 Αισθητήρες.

#### 3.2.1.1 Αναθέσεις και απαιτήσεις.

Ο κύριος σκοπός ενός αισθητήρα είναι να μετατρέπει μια φυσική ποσότητα σε μια αντίστοιχη ηλεκτρική τιμή. Οι ακόλουθες συνθήκες είναι ζωτικής σημασίας για την εξασφάλιση της αποδοτικής και χωρίς προβλήματα λειτουργίας των αισθητήρων, της ECU και των ενεργοποιητών μέσα σε ένα ενιαίο συντονισμένο σύστημα:

- Συνεχής παρακολούθηση με αμοιβαίους εφεδρικούς ελέγχους (πλεονασμός),
- Αντίσταση στους περιβαλλοντικούς και λειτουργικούς παράγοντες παρέμβασης, και
- Διατήρηση της συνεχούς λειτουργικής ακεραιότητας κατά τη διάρκεια εκτεταμένων χρονικών περιόδων.



Με το ηλεκτρονικό πρόγραμμα σταθερότητας, η αξιοπιστία των αισθητήρων αποτελεί ζωτικής σημασίας παράγοντα ασφάλειας και για τους κατόχους οχημάτων και για τους άλλους οδικούς χρήστες. Τα στοιχεία από τις εκτενείς πραγματικές και προσομοιωμένες δοκιμές οχημάτων αξιολογούνται ως βάση για τον προσδιορισμό κριτηρίων απόδοσης για τους αισθητήρες ESP.

Καθ' όλη τη διάρκεια ζωής τους, οι αισθητήρες πρέπει να συνεχίζουν να ελέγχουν τα στοιχεία και να τα διαβιβάζουν στην ECU με έναν υψηλό βαθμό ακρίβειας. Η υπερβολική αξιοπιστία απαιτείται για τη γρήγορη αξιολόγηση και την ακριβή απάντηση υπό όλες τις συνθήκες λειτουργίας.

### 3.2.1.2 Τύποι αισθητήρων.

#### Αισθητήρας τιμονιού LWS.

Το σύστημα στηρίζεται στη γωνία διεύθυνσης των τροχών ως βάση για προηγμένους υπολογισμούς της πορείας που θα διαγράψει το όχημα. Γενικά, οι αισθητήρες ελέγχου γωνίας είναι ταξινομημένοι ως αισθητήρες θέσης και καταγράφουν την πορεία χρησιμοποιώντας ρυθμίσεις ανίχνευσης καθαριστήρα (π.χ., ποτενσιόμετρα) ή μη ανιχνεύσιμες έννοιες προσέγγισης (π.χ., Hall IC), ανάλογα με την προοριζόμενη εφαρμογή. Τα συστήματα ESP μπορούν να ενσωματώσουν οποιονδήποτε από μια σειρά διαφορετικών αισθητήρων σχεδιασμένων να καταγράφουν τη γωνία διεύθυνσης των τροχών ως βάση για τον προσδιορισμό της πορείας που θα διαγράψει το όχημα. Τα σήματά τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ρυθμίσουν τους εναπομείναντες αισθητήρες. Η ακτίνα λειτουργίας του αισθητήρα της γωνίας διεύθυνσης των τροχών είναι  $+720^\circ$ . Το όριο ανοχής είναι  $\pm 5^\circ$  για τη ζωή του αισθητήρα.

#### Αισθητήρας τιμονιού LWS 1.

Ο αισθητήρας τιμονιού LWS 1 λειτουργεί με δεκατέσσερα Hall ICs. Χρησιμοποιεί έναν καθορισμένο ψηφιακό κώδικα για τον κλιμακωτό έλεγχο της απόλυτης γωνίας του τροχού καθώς και του αριθμού περιστροφών του τιμονιού.

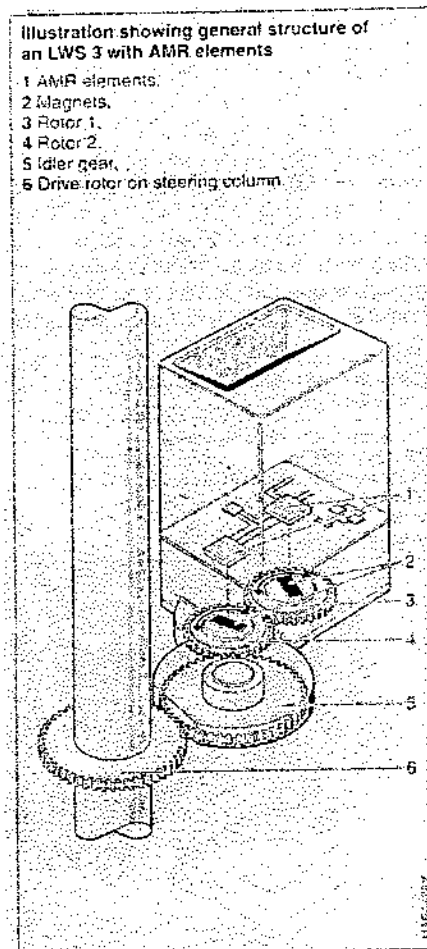
Ο ενσωματωμένος αισθητήρας Hall ελέγχει τη θέση βασισμένος στις διακυμάνσεις του ηλεκτρικού πεδίου ενός μόνιμου μαγνήτη. Ένας περιστρεφόμενος μαλακός μαγνητικός δίσκος με τις κοιλότητες να αντιστοιχούν σε έναν συγκεκριμένο ψηφιακό κώδικα εφοδιάζει ψηφιακά σήματα γωνίας κατάλληλα για την άμεση επεξεργασία μέσα στην ECU.

#### Αισθητήρας τιμονιού LWS 3.

Αυτός ο τύπος αισθητήρα του τιμονιού εκμεταλλεύεται τις ειδικές φυσικές ιδιότητες που βρίσκονται σε κρυστάλλους που περιλαμβάνουν στρώματα λωρίδων με αντιπαγμένους μαγνητικούς προσανατολισμούς (στοιχεία AMR: Ανισοτροπικά Μαγνητικής Αντίστασης). Δύο από αυτά τα στοιχεία AMR καταγράφουν την περιστροφή δύο στροφών, κάθε ένας από τους οποίους έχει επικολλημένο έναν μαγνήτη. Ένα δακτυλιοειδές γρανάζι που περιβάλλει τη στήλη διεύθυνσης περιστρέφεται σύμφωνα με το τιμόνι. Καθώς αυτό το γρανάζι κινείται γυρίζει ένα πιο αδρανές γρανάζι. Αυτό, στη συνέχεια, μεταφέρει την κίνηση στους στροφείς, οι οποίοι παράγουν έπειτα σήματα εξόδου για λήψη σε εξαιρετικά υψηλής ανάλυσης συντελεστές (σχήμα 3.14).

Δεδομένου ότι τα γρανάζια που βρίσκονται κάτω από τα στοιχεία AMR έχουν διαφορετικούς αριθμούς δοντιών, παρέχουν ακόμα ένα ευρετήριο της γωνίας διεύθυνσης τροχών. Αυτή η διαμόρφωση καθιστά πιθανό να αρχίσει η καταγραφή απόλυτης γωνίας διεύθυνσης τροχών (αριθμός περιστροφών τιμονιού) μόλις αρχίζει το ηλεκτρικό ρεύμα να

ρέει στον αισθητήρα. Αυτό καθιστά την καταγραφή μιας αρχικής θέσης αισθητήρων περιττή, και επειδή και τα δύο στοιχεία AMR παρέχουν ένα ευρετήριο της γωνίας διεύθυνσης των τροχών, ο αισθητήρας ενσωματώνει τον εγγενή πλεονασμό (και είναι έτσι αυτοέλεγχος). Η λειτουργική ακεραιότητα του LWS 3 είναι συγκρίσιμη με αυτήν του LWS 1.



**Σχήμα 3.14: Απεικόνιση γενικής δομής ενός LWS 3 με στοιχεία AMR.**

1 Στοιχεία AMR, 2 Μαγνήτες, 3 Ρότορας 1, 4 Ρότορας 2,

5 Αδρανές γρανάζι, 6 Κύριος ρότορας στην στήλη του τιμονιού.

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]

### Αισθητήρας πλευρικής επιτάχυνσης.

Οι μετρήσεις επιτάχυνσης διαχειρίζονται με την εκμετάλλευση των φυσικών δυνάμεων που ενεργούν σε επιταχυνόμενα σώματα. Υποθέτοντας ότι ένα τέτοιο σώμα υποστηρίζεται από έναν εύκαμπτο, σε αντιδιαστολή με έναν άκαμπτο, μηχανισμό ανάρτησης, οι φυσικές δυνάμεις θα αναγκάσουν το σώμα να κινηθεί. Το μέγεθος της αντίστοιχης αδρανούς εκτροπής χρησιμεύει ως ευρετήριο επιτάχυνσης.

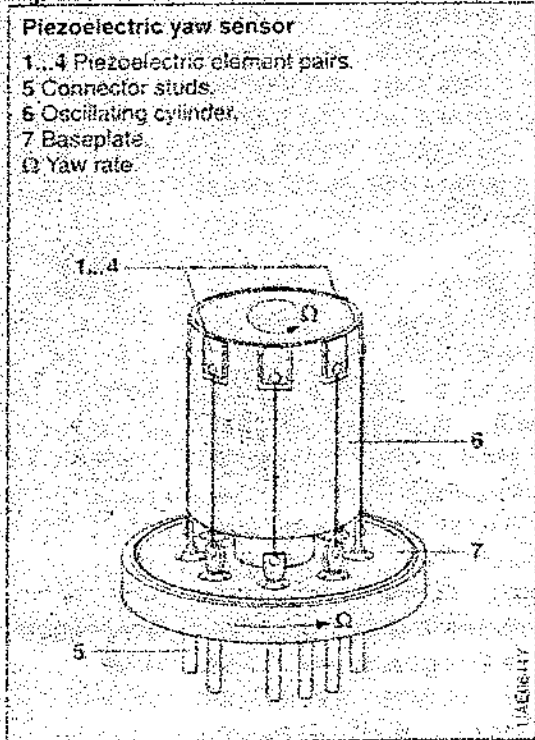
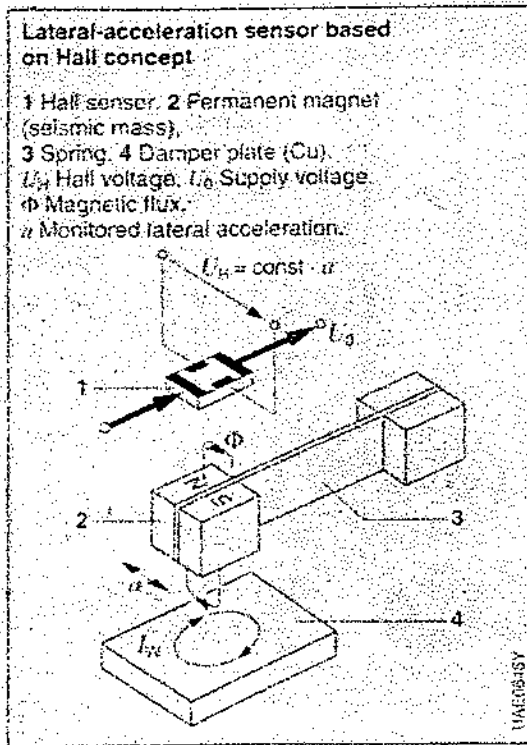
Οι αισθητήρες επιτάχυνσης βασισμένοι στην ιδέα Hall παρέχουν εξαιρετικά αποδοτική μέτρηση πλευρικής επιτάχυνσης (σχήμα 3.15). Το σύστημα έλασμα – μάζα – μαγνήτης της μονάδας αποκρίνεται καλά στην ηλεκτροδυναμική απόσβεση (μείωση εγγύτητας), επιτρέποντας την αποδοτική καταστολή των ανεπιθύμητων αυτεπαγόμενων ταλαντώσεων.

## Αισθητήρας παρεκκλίσεως.

Ο αισθητήρας παρεκκλίσεων παρακολουθεί την περιστροφή του οχήματος γύρω από τον κάθετο άξονά του. Ενώ τα ποσοστά παρεκκλίσεων είναι τελείως φυσιολογικά κατά τη διάρκεια καθημερινών στροφών, η παρεκκλίση μπορεί επίσης να είναι ενδεικτική των ολισθήσεων και της απώλειας έλξης.

Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται για να μετρήσουν τη συχνότητα παρεκκλίσεων (ταχύτητα περιστροφής) είναι γνωστές ως κυκλόμετρα. Οι συμβατικοί αισθητήρες με τις άμεσες στρατηγικές ελέγχου τους είναι ακατάλληλοι για αυτήν την εφαρμογή.

Οι έννοιες ελέγχου παρεκκλίσεων εκμεταλλεύονται τις δευτεροβάθμιες δυνάμεις (Coriolis) που παράγονται μέσα στα κινητά συστήματα. Η περιστροφή του συστήματος συνολικά θα έχει επιπτώσεις στα δυναμικά πρότυπα οποιωνδήποτε ταλαντευόμενων μαζών μέσα σε αυτό το είδος συστήματος. Η δύναμη που ένας μηχανισμός ελέγχου πρέπει έπειτα να ασκήσει για να αποκαταστήσει τη μάζα στο αρχικό πρότυπο ταλάντωσής της εξυπηρετεί σαν ευρητήριο συχνότητας παρεκκλίσεων, απεικονίζοντας το γεγονός ότι η απαραίτητη δύναμη ελέγχου θα αυξηθεί με την αύξηση των ταχυτήτων περιστροφής.



Σχήμα 3.15: Αισθητήρας πλευρικής επιτάχυνσης βασισμένος στην ιδέα Hall.

1 Αισθητήρας Hall, 2 Μόνιμος μαγνήτης, 3 έλασμα, 4 Πλαίσιο ταλαντωτή (Cu).  
 $U_H$  Τάση Hall,  $U_0$  Τάση τροφοδοσίας,  $\Phi$  Μαγνητική ροή,  $a$  ελεγχόμενη πλευρική επιτάχυνση.

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction) ,Bosch, 1999]

Σχήμα 3.16: Πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας ροπής.

1... 4 Ζεύγη πιεζοηλεκτρικών στοιχείων, 5 Σπρίγματα σύνδεσης, 6 Ταλαντευόμενος κύλινδρος, 7 Πέλμα βάσης.  
 $\Omega$  Ροπή.

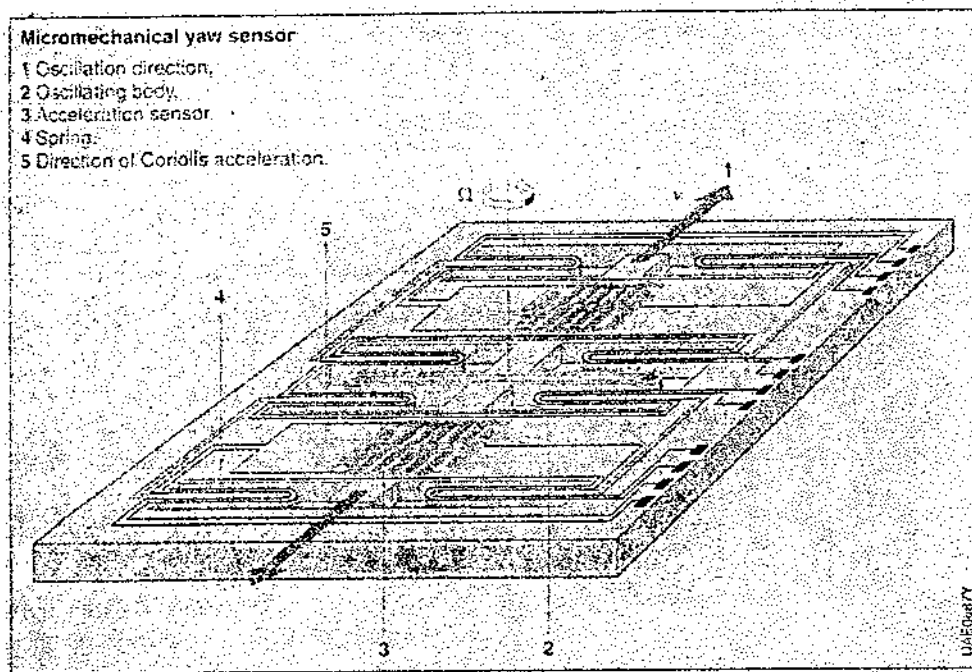
## Αισθητήρας DRSS0/DRS100.

Μια έκδοση του συστήματος ESP χρησιμοποιεί έναν μικρό κοίλο κύλινδρο με πιεζοηλεκτρικά στοιχεία (κυκλόμετρο κυλίνδρων, σχήμα 3.16). Ταλαντώσεις ενός ελεγχόμενου εύρους παράγονται στην περιφέρεια αυτού του κυλίνδρου (παρόμοιες με τις ευδιάκριτες δονήσεις που παράγονται από ένα ποτήρι κρασιού όταν ένα υγρό δάχτυλο

γλιστρά κατά μήκος του πλαισίου του). Ένα σέρβο-κύκλωμα αντιδρά στις μετατοπίσεις στη συχνότητα ταλάντωσης αποκαθιστώντας το αρχικό πρότυπο ταλάντωσης.

### Αισθητήρας DRS-MM1.0

Μια άλλη έκδοση χρησιμοποιεί έναν μικρομηχανικό αισθητήρα που συνδυάζει τον αισθητήρα παρεκκλίσεων και τον αισθητήρα πλευρικής επιτάχυνσης μέσα σε ένα ενιαίο περίβλημα. Αν και αυτός ο αισθητήρας είναι μόνο το ένα τρίτο του κυκλοαισθητήρα DRS50/100, προσφέρει υψηλότερη απόδοση (σχήματα 3.17, 3.18, 3.19).



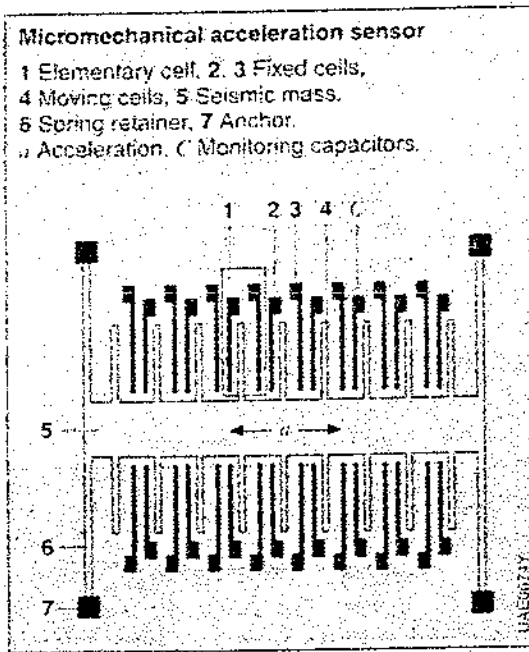
**Σχήμα 3.17: Μικρομηχανικός αισθητήρας ροπής.**

1 Κατεύθυνση ταλάντωσης, 2 Ταλαντευόμενο σώμα, 3 Αισθητήρας επιτάχυνσης, 4 Ελασμα, 5 Κατεύθυνση επιτάχυνσης Coriolis.

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]

Αυτός ο μικρομηχανικός αισθητήρας παρεκκλίσεων λειτουργεί προκαλώντας αμοιβαία αντιταγμένα πρότυπα δόνησης στα δύο ελαστικά επικολλημένα στοιχεία ταλαντωτών. Επικολλημένοι στους ταλαντωτές είναι αισθητήρες επιτάχυνσης σχεδιασμένοι να καταγράφουν κίνηση που είναι κάθετη στο επίπεδο ταλάντωσης. Ολόκληρη η διαδικασία είναι συγκρίσιμη με την αρχή ρύθμιση-διακλάδωση.

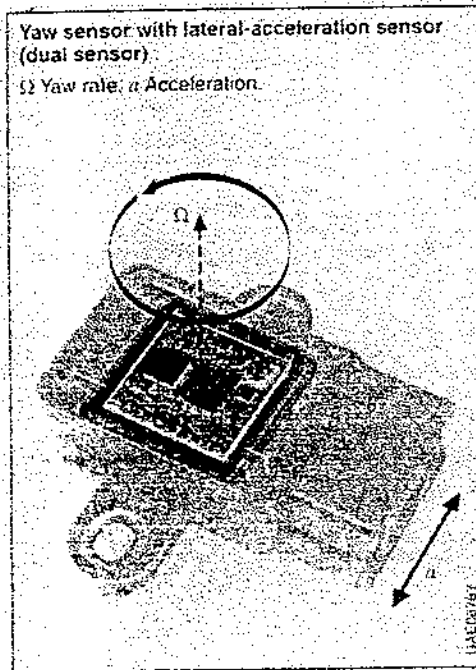
Για να προστατευτεί από περιβαλλοντικές επιρροές ο αισθητήρας είναι εγκατεστημένος σε μια ερμητικά σφραγισμένη μεταλλική θήκη γεμάτη με άζωτο. Η διασύνδεση ECU σε αυτόν τον αισθητήρα είναι ίδια με εκείνες που βρέθηκαν σε άλλους αισθητήρες και συστήματα προκειμένου να εξασφαλιστεί αμοιβαία συμβατότητα. Στη βασική έκδοσή του ο μικρομηχανικός αισθητήρας διαβιβάζει αναλογικά σήματα, αλλά στις επόμενες εκδόσεις τα στοιχεία κυκλώματος αναλογικής εξόδου έχουν δώσει τόπο σε ένα χωριστό CAN chip (DRS-MM1.1). Αυτό, στη συνέχεια αντικαταστάθηκε από ένα ενσωματωμένο CAN chip μέσα στο DRS-MM1.2.



**Σχήμα 3.18: Μικρομηχανικός αισθητήρας επιτάχυνσης.**

1 Στοιχειώδες στοιχείο, 2,3 Έτοιμα στοιχεία, 4 Μετακινούμενα στοιχεία, 5 Σεισμική μάζα, 6 Συγκράτηση ελασματος, 7 Αγκύρωση.  
 $a$  Επιτάχυνση, C Ελεγχόμενοι πυκνωτές.

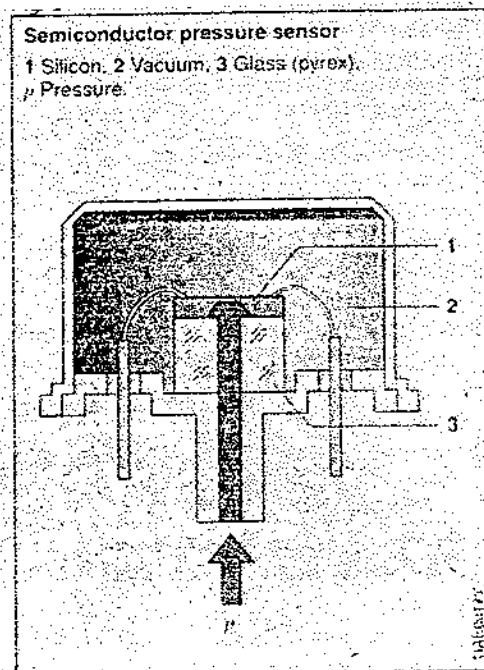
[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]



**Σχήμα 3.19: Αισθητήρας ροπής με αισθητήρα πλευρικής επιτάχυνσης (διπλός)**

$\Omega$  Ροπή,  $a$  Επιτάχυνση.

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]



**Σχήμα 3.20: Αισθητήρας πίεσης ημιαγωγών.**

1 Σιλικόνη, 2 Κενό, 3 Γυαλί (πυρέξ)  
 $p$  Πίεση.

Οι αισθητήρες DRS-MM είναι επίσης "διπλοί αισθητήρες" (σχήμα 3.19), μέσω των οποίων κάθε μονάδα ενώνεται με δύο μεμονωμένους αισθητήρες συνδυάζοντας τον μικρομηχανικό γύρο-αισθητήρα (σχήμα 3.17) και τον μικρομηχανικό αισθητήρα επιτάχυνσης (σχήμα 3.18) μέσα σε μια μονάδα. Αυτή η στρατηγική περικλύβει τον αριθμό μεμονωμένων συστατικών και γραμμών πληροφοριών και επίσης σημαίνει ότι απαιτούνται λιγότερες συναρμολογήσεις και λιγότερος χώρος εγκατάστασης στο όχημα. Η

ενσωματωμένη λειτουργία αυτοελέγχου έχει επεκταθεί επίσης πέρα από τα προηγούμενα επίπεδα (όπως βρίσκεται στο DRS50/DRS100). Μπορεί να διαβιβάσει ένα σήμα "παραβίασης ορίου ακτίνας λειτουργίας" για να υποστηρίξει το ECU στην ανίχνευση των εσωτερικών ατελειών. Για περαιτέρω βελτίωση της αξιοπιστίας λειτουργίας, ο μικρομηχανικός αισθητήρας επιτάχυνσης αυτής της νέας έκδοσης ενσωματώνει επίσης μια αρχική τυπική χαρακτηριστική δοκιμή που ψάχνει συνεχώς για προβλήματα για να παρέχει τη γρηγορότερη αναγνώριση των καταστάσεων σφάλματος.

### Αισθητήρας πίεσης.

Η υπερισχύουσα σχεδιαστική έννοια για τους αισθητήρες πίεσης στηρίζεται στην εκτόνωση της πίεσης που προκαλείται σε ένα διάφραγμα ως βάση για μετρήσεις. Διάφορες μέθοδοι παρακολούθησης των συχνοτήτων εκτόνωσης (μετρητές πίεσης, παραλλαγές στα μαγνητικά πεδία) αποτελούν τη βάση για τη παραγωγή αλλαγών τάσης ή συχνότητας για να απεικονίσουν τα επίπεδα πίεσης.

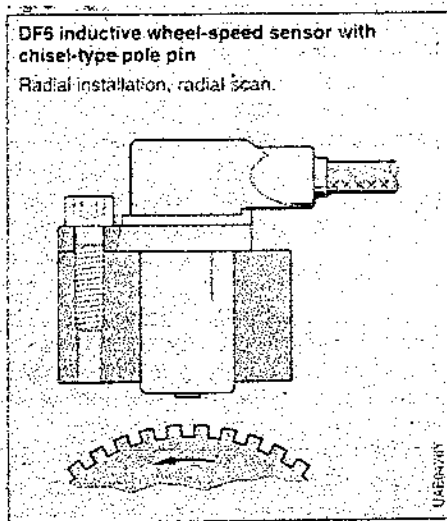
Το ηλεκτρονικό πρόγραμμα σταθερότητας απαιτεί αισθητήρες ικανούς να αντέχουν πιέσεις υδραυλικών συστημάτων μέχρι 350bar από άκρη σ' άκρη ενός εκτεταμένου εύρους θερμοκρασίας (εγκατάσταση στο διαμέρισμα μηχανής). Αυτά τα κριτήρια ικανοποιούνται από τα μικρομηχανικά τσιπ αισθητήρων πυριτίου (αισθητήρες πίεσης ημιαγωγών, σχήμα 3.20) ικανών να επεξεργαστούν σήματα εξόδου στα στοιχεία κυκλώματος PCB ενσωματωμένα μέσα στο περίβλημα αισθητήρων. Ακόμα μια έκδοση (D52) ενώνει έναν μικρότερο αισθητήρα πίεσης με ένα εσωτερικό παρατηρητή που ενσωματώνεται μέσα στο τσιπ ημιαγωγών. Το ECU μπορεί ενεργοποιήσει τη λειτουργία ελέγχου και να ελέγξει την ανατροφοδότηση στοιχείων.

### Αισθητήρας ταχύτητας τροχού.

Από τα σήματα των αισθητήρων ταχύτητας τροχού η ECU παράγει τους ρυθμούς περιστροφής των ροδών. Δύο διαφορετικές έννοιες λειτουργίας είναι σε γενική χρήση.

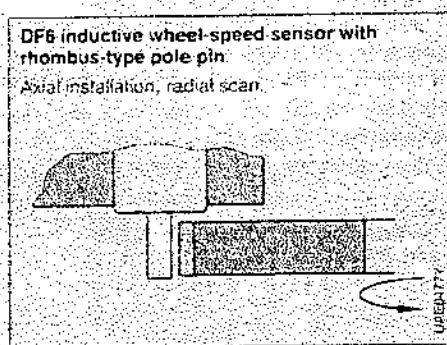
Επαγωγικός αισθητήρας τροχού-ταχύτητας: Ο πόλος του στάτη DF6 του επαγωγικού αισθητήρα ταχύτητας τροχού με το τύλιγμα πηνίων του εγκαθίσταται άμεσα επάνω από ένα δαχτυλίδι μαγνητικής αντίστασης (στροφέας σφυγμού) που συνδέεται με την πλήμνη του τροχού. Αυτός ο πόλος του στάτη συνδέεται με έναν μόνιμο μαγνήτη προβάλλοντας ένα μαγνητικό πεδίο προς και μέσα στο δαχτυλίδι μαγνητικής αντίστασης. Η συνεχώς εναλλασσόμενη ακολουθία δοντιών και κενών που συνοδεύει την περιστροφή του τροχού προκαλεί τις αντίστοιχες διακυμάνσεις στο μαγνητικό πεδίο μέσω του πόλου του στάτη. Αυτές οι ρυθμικές παραλλαγές στο πεδίο μαγνητικής δύναμης επηρεάζουν επίσης το πηνίο με την πρόκληση ενός εναλλασσόμενου ρεύματος κατάλληλου για έλεγχο στις άκρες των τυλιγμάτων. Η συχνότητα αυτού του εναλλασσόμενου ρεύματος είναι ανάλογη προς την ταχύτητα των τροχών.

Οι διάφορες διαμορφώσεις ακίδων πόλου του στάτη και οι δυνατότητες εγκατάστασης είναι διαθέσιμες για να προσαρμόσουν το σύστημα στις διαφορετικές συνθήκες που αντιμετωπίζονται με τους διάφορους τροχούς. Η πιο κοινή παραλλαγή είναι η επίπεδη ακίδα πόλων (τύπου chisel) (σχήμα 3.21) για την ακτινωτή εγκατάσταση κάθετα στο στροφέα παλμού. Η ακίδα πόλων τύπου ρόμβου (σχήματος ρόμβου) (σχήμα 3.22) σχεδιάζεται για την ακτινωτή λειτουργία και την αξονική εγκατάσταση, με τον άξονα πόλων κάθετο στην ακτίνα του στροφέα. Ανεξάρτητα από την έκδοση, η ακριβής ευθυγράμμιση μεταξύ του πόλου στατών και του δαχτυλιδιού μαγνητικής αντίστασης είναι ζωτικής σημασίας. Αν και η ακριβής ευθυγράμμιση δεν είναι τόσο σημαντική με τη στρογγυλή ακίδα πόλων (σχήμα 3.23), το δαχτυλίδι μαγνητικής αντίστασης πρέπει να έχει μια αρκετά μεγάλη διάμετρο ή μια μείωση του αριθμού δοντιών.



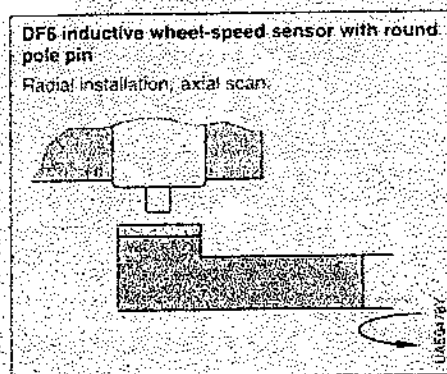
**Σχήμα 3.21: Επαγωγικός αισθητήρας ταχύτητας τροχού DF6 με ακίδα πόλου τύπου chisel.**

Ακτινωτή εγκατάσταση, Ακτινωτή ανίχνευση.  
[Πηγή: ESP Electronic Stability Program  
(Technical Instruction), Bosch, 1999]



**Σχήμα 3.22: Επαγωγικός αισθητήρας ταχύτητας τροχού DF6 με ακίδα πόλου τύπου ρόμβου.**

Αξονική εγκατάσταση, Αξονική ανίχνευση.  
[Πηγή: ESP Electronic Stability Program  
(Technical Instruction), Bosch, 1999]

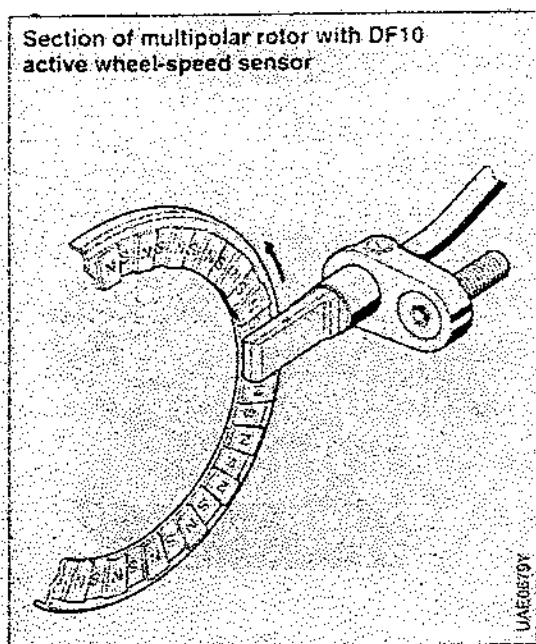


**Σχήμα 3.23: Επαγωγικός αισθητήρας ταχύτητας τροχού DF6 με στρογγυλή ακίδα πόλου.**

Ακτινωτή εγκατάσταση, Αξονική ανίχνευση.  
[Πηγή: ESP Electronic Stability Program  
(Technical Instruction), Bosch, 1999]

Το εύρος της τάσης που προκαλείται στα τυλίγματα του επαγωγικού αισθητήρα ταχύτητας τροχού είναι ανάλογο προς την ταχύτητα του τροχού. Όπως αυτό υπονοεί, η προκληθείσα τάση είναι μηδέν όταν ο τροχός είναι ακίνητος. Το ελάχιστο ανιχνεύσιμο ποσοστό περιστροφής καθορίζεται από παράγοντες όπως η γεωμετρία των δοντιών, το κενό, το ποσοστό ανόδου τάσης και την ευαισθησία της ECU στα εισερχόμενα σήματα. Η αντίστοιχη ταχύτητα τροχών συμπίπτει με την ελάχιστη ταχύτητα διακοπής που διατίθεται για την εφαρμογή ABS. Για να εξασφαλίσει ανίχνευση σημάτων χωρίς παρέμβαση, το κενό που χωρίζει τον αισθητήρα ταχύτητας τροχού και το δαχτυλίδι μαγνητικής αντίστασης είναι μόνο 1 χιλιοστό περίπου, και οι ανοχές εγκαταστάσεων είναι στενές. Ο αισθητήρας ταχύτητας τροχού εγκαθίσταται επίσης σε μια σταθερή συνάρμολόγηση για να αποτρέψει πρότυπα ταλάντωσης κοντά στα φρένα από τη διαστρέβλωση των σημάτων του αισθητήρα. Τέλος, ο αισθητήρας ταχύτητας τροχού λαμβάνει επίσης ένα επίστρωμα γράσου πριν από την εγκατάσταση για να προστατευτεί από τους κοινούς ψεκασμούς ρύπων και νερού γύρω από τους τροχούς.

Ενεργός αισθητήρας ταχύτητας τροχού: Οι ενεργοί αισθητήρες ταχύτητας τροχών (DF10) αντικαθιστούν τις συμβατικές επαγωγικές μονάδες με αυξανόμενους ρυθμούς. Με αυτό το σχεδιασμό η λειτουργία που απαλλάσσεται από τα δόντια του δαχτυλιδιού μαγνητικής αντίστασης αναλαμβάνεται από τους απομακρυσμένους μαγνήτες ρυθμισμένους πάνω ένα δαχτυλίδι εναλλασσόμενης πολικότητας (σχήμα 3.24). Το στοιχείο αναφοράς για τον ενεργό αισθητήρα ταχύτητας τροχού βρίσκεται στα πεδία που παράγονται από αυτούς τους μαγνήτες. Η περιστροφή δαχτυλιδιών συνοδεύεται από μια συνεχή εναλλαγή στη μαγνητική ροή μέσω του στοιχείου αναφοράς.



**Σχήμα 3.24: Τμήμα πολυπολικού ρότορα με ενεργό αισθητήρα ταχύτητας τροχού DF10.**

*[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]*

Οι συμπαγείς διαστάσεις σε συνδυασμό με το χαμηλό βάρος καθιστούν τον ενεργό αισθητήρα ταχύτητας τροχού κατάλληλο για την εγκατάσταση επάνω ή ακόμη και μέσα στα ρουλεμάν τροχών, με τους μαγνήτες που βρίσκονται στο κάλυμμα του ρουλεμάν. Το κάλυμμα αποκτά έτσι μια νέα λειτουργία και γίνεται μια πολυπολική συσκευή.

Τα πιο κοινά στοιχεία αισθητήρων είναι τύπου Hall και μαγνητικής αντίστασης. Τα στοιχεία μαγνητικής αντίστασης είναι πραγματικά ημιαγωγοί με ηλεκτρική αντίσταση που ποικίλλει για να απεικονίσει τις παραλλαγές στη διεύθυνση της μαγνητικής ροής. Το στοιχείο Hall εκμεταλλεύεται την εκτροπή των φορτισμένων μορίων που εμφανίζονται σε έναν αγωγό κάτω από την έκθεση σε ένα μαγνητικό πεδίο. Και τα δύο στοιχεία παράγουν μια τάση που ποικίλλει σύμφωνα με τη μαγνητική ροή μέσω του στοιχείου αναφοράς. Ο ενεργός αισθητήρας ταχύτητας τροχού επεξεργάζεται αυτήν την τάση σε επόμενες διαδικασίες. Ένα από τα πλεονεκτήματα του ενεργού αισθητήρα είναι το γεγονός που σε αντίθεση με τους επαγωγικούς αισθητήρες, η τάση εξόδου του είναι ανεξάρτητη από την ταχύτητα τροχών. Αυτό το γεγονός επιτρέπει στον έλεγχο να συνεχιστεί έως ότου ο τροχός είναι απολύτως στάσιμος.

Ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα του ενεργού αισθητήρα ταχύτητας τροχού είναι το τοπικό κύκλωμα ενισχυτών. Και τα δύο συστατικά – στοιχείο αισθητήρα και ενισχυτής – είναι ενσωματωμένα σε ένα ενιαίο περίβλημα αισθητήρων.

Ένα καλώδιο δύο-αγωγών συνδέει το ECU και τον ενεργό αισθητήρα ταχύτητας τροχού που απαιτεί μια παροχή ηλεκτρικού ρεύματος μεταξύ 7 και 20 βολτ.

Τα στοιχεία ταχύτητας τροχού είναι αποτυπωμένα σε έναν από τους δύο αγωγούς (γραμμές ανεφοδιασμού) ως ρεύμα ανεξάρτητου φορτίου. Όπως με τον επαγωγικό



αισθητήρα ταχύτητας τροχού, η συχνότητα του ρεύματος είναι ανάλογη προς την ταχύτητα των τροχών. Αυτή η στρατηγική μετάδοσης δεδομένων ενιαίου αγωγού προϋποθέτει ψηφιακά σήματα. Αυτά είναι λιγότερο ευαίσθητα στην παρεμβολή από τα σήματα του επαγωγικού αισθητήρα. Η ιδέα χαρακτηρίζει επίσης τις ακόλουθες προαιρετικές δυνατότητες:

- Μετάδοση στοιχείων που προσδιορίζουν την κατεύθυνση πορείας του τροχού. Αυτή η δυνατότητα είναι ιδιαίτερα σημαντική για το χαρακτηριστικό "κράτημα σε ανηφόρα", το οποίο στηρίζεται στο εκλεκτικό φρενάρισμα για να αποτρέψει το όχημα από το να κυλήσει προς τα πίσω κατά την εκκίνηση σε λόφο.
- Ηλεκτρονόμος πληροφοριών για την ποιότητα σημάτων αισθητήρων, συμπεριλαμβανομένης μιας παρουσίασης που δείχνει ότι ο οδηγός πρέπει να συντηρήσει το όχημα ως προφύλαξη για να αποτρέψει την αποτυχία αισθητήρων ταχύτητας τροχών εξ αιτίας της γήρανσης.
- Μετάδοση άλλων σημάτων από τον τροχό (όπως στοιχεία για την πίεση τροχών και τη δόνηση για την επόμενη επεξεργασία από τον ενεργό έλεγχο αναστολής).

### 3.2.2 Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ECU.

#### 3.2.2.1 Λειτουργία.

Η ECU αναλαμβάνει όλες τις λειτουργίες ηλεκτρικού, ηλεκτρονικού και κλειστού βρόγχου ελέγχου όλου του συστήματος. Αυτές περιλαμβάνουν:

- Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος για όλους τους αισθητήρες του συστήματος,
- Καταγραφή συνθηκών λειτουργίας,
- Μετατροπή στοιχείων (οδηγοί εισόδου/εξόδου, μετατροπή A/D),
- Ρύθμιση στοιχείων (υπολογισμός των εξαρτημένων μεταβλητών που χρησιμοποιούν τους καταχωρημένους χάρτες προγράμματος),
- Μετάδοση στοιχείων (ενίσχυση και ηλεκτρονόμος σημάτων στους ενεργοποιητές συστημάτων), και
- Σύνδεσμος δικτύου CAN με άλλα ECU.

Οι ECU που εγκαθίστανται στο χώρο της μηχανής πρέπει να ικανοποιούν ειδικά κριτήρια για λειτουργία υπό ακραίες συνθήκες (θερμότητα, δόνηση, μολυσματικοί παράγοντες). Οι ECU είναι διαθέσιμες σε διαδοχικές εκδόσεις για συνδυασμό με τον υδραυλικό διαμορφωτή και σε εκδόσεις για ξεχωριστή εγκατάσταση. Οι εξελίξεις στον τομέα των μικροϋβριδικών ECU έχουν απλοποιήσει τη διαδοχική έκδοση, η οποία χρησιμοποιείται τώρα σε διάφορα οχήματα.

#### 3.2.2.2 Σχεδιασμός.

Η ECU μπορεί να θεωρηθεί σαν συνδυασμός των παρακάτω στοιχείων (σχήμα 3.25):

##### Κυκλώματα εισόδου.

Εδώ τα εισερχόμενα σήματα μετατρέπονται για να καταστούν κατάλληλα για επεξεργασία σε μια ψηφιακή συσκευή υπολογισμού. Ο μετατροπέας A/D μετασχηματίζει τα αναλογικά σήματα σε ψηφιακή μορφή, ενώ τα ψηφιακά σήματα μπορούν να αναμεταδοθούν άμεσα. Τα σήματα εισόδου εφοδιάζουν την μονάδα ελέγχου ESP με τα ακόλουθα στοιχεία οχημάτων:

- Θέση κλειδιού ανάφλεξης,
- Γωνία τιμονιού,
- Ταχύτητα περιστροφής κάθε τροχού,
- Ποσοστό παρεκκλίσεων,

- Πλευρική επιτάχυνση,
- Πίεση πέδησης, και
- Θέση πεντάλ φρένων και/ή χειροφρένου.

### Ψηφιακός ελεγκτής.

Ο ψηφιακός ελεγκτής συγκρίνει συνεχώς τα στοιχεία ανατροφοδότησης από τους αισθητήρες με τις προγραμματισμένες προδιαγραφές. Οποιοσδήποτε αποκλίσεις μεταξύ πραγματικών και προδιαγραφόμενων συνθηκών συγκρίνονται με το χάρτη προγράμματος για το μεμονωμένο όχημα. Αυτό παρέχει στον μικροεπεξεργαστή τα στοιχεία που απαιτούνται για να καθορίσουν τις απαραίτητες διορθώσεις που χρειάζονται για μεγαλύτερη σύγκλιση μεταξύ των δύο καταστάσεων. Ο μικροεπεξεργαστής μπορεί έπειτα να παραγάγει τις απαραίτητες πληροφορίες παραμέτρων ελέγχου για τη μετάδοση στους ενεργοποιητές. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται έως ότου μειωθούν οι αποκλίσεις μεταξύ των προδιαγραφόμενων και πραγματικών συνθηκών σε ένα ασήμαντο επίπεδο. Η διαδικασία ελέγχου κλειστού βρόγχου ολοκληρώνεται σε αυτό το σημείο.

### Κυκλώματα κίνησης.

Με τα σήματα εξόδου του, η ECU ενεργοποιεί:

- Τον υδραυλικό διαμορφωτή με τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, και
- Την αντλία εγχυτήρων

προκειμένου να εφαρμοστεί επιλεκτικά η απαραίτητη δύναμη φρεναρίσματος σε κάθε τροχό ξεχωριστά.

Η ενέργεια που απαιτείται για να διαβιβάσει τις εντολές ελέγχου στα διάφορα επιμέρους συστατικά παρέχεται από τα στάδια κίνησης (στάδια κίνησης ισχύος). Τα σήματα που εξάγονται από το μικροεπεξεργαστή και τους μετατροπείς D/A είναι πολύ αδύναμα για άμεση μετάδοση στους ενεργοποιητές. Τα στάδια κίνησης μετατρέπουν αυτά τα σήματα σε σήματα ισχύος κατάλληλα για τη μετάδοση στους ενεργοποιητές (στοιχεία τελικού ελέγχου).

### Στοιχεία επικοινωνίας.

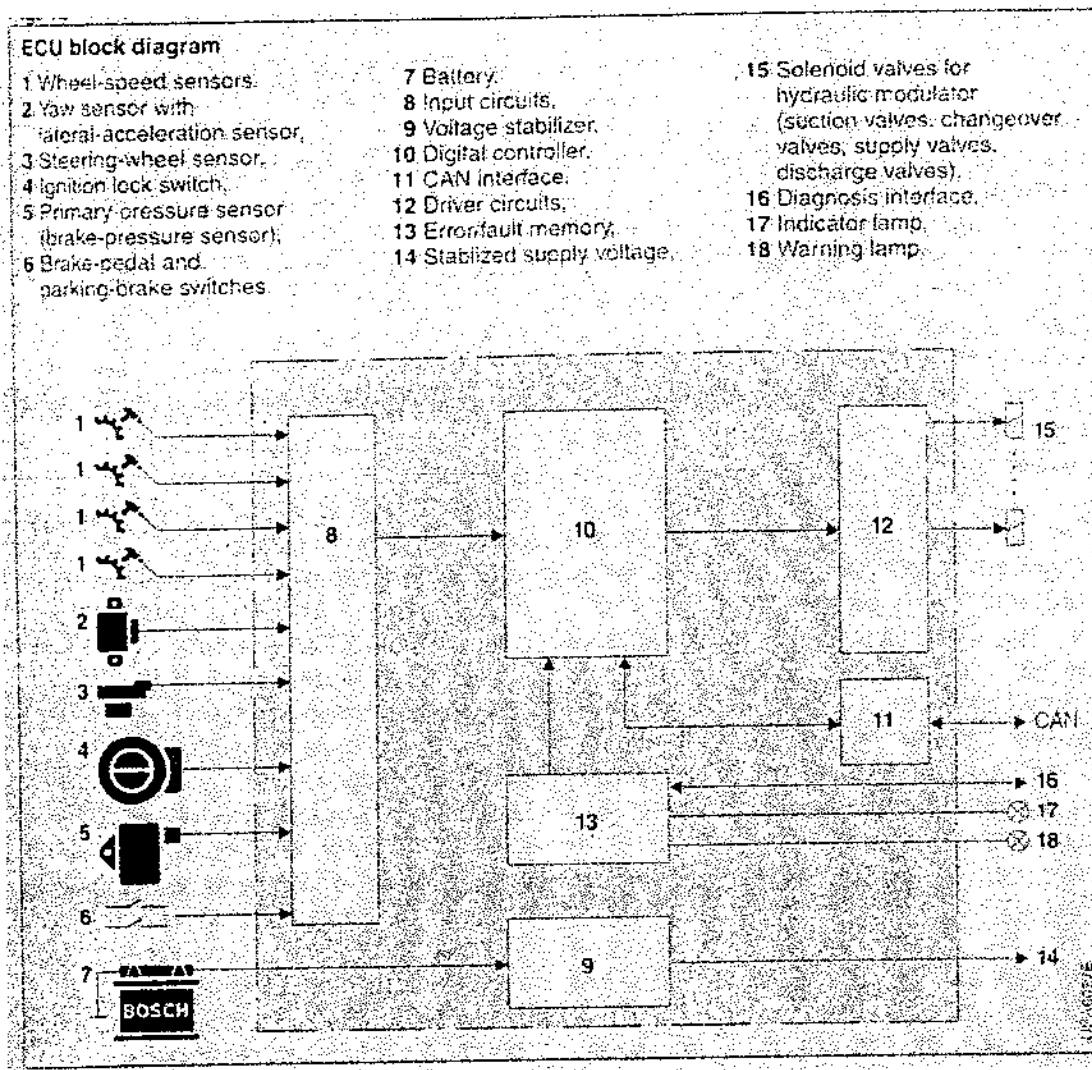
Η ECU ενσωματώνει μια διασύνδεση CAN που υποστηρίζει την επικοινωνία με άλλα ECU καθώς επίσης και με τους αισθητήρες. Το ESP ECU μπορεί να εκμεταλλευτεί αυτήν την δυνατότητα διαβιβάζοντας στοιχεία για να ρυθμίσει παράγοντες όπως την έξοδο του κινητήρα και τη ροπή έλξης μέσω του διαδρόμου στοιχείων CAN.

Εάν ο οδηγός εφαρμόζει πάρα πολλή πίεση ρυθμιστικών βαλβίδων για τις δεδομένες συνθήκες λειτουργίας, το σύστημα μπορεί να αποκριθεί με τη διαβίβαση ενός αιτήματος στη διαχείριση κινητήρα ECU για μειωμένη έξοδο κινητήρα.

Το σύστημα ESP έχει πρόσβαση στα στοιχεία που λαμβάνονται αρχικά από άλλα συστήματα, τα οποία μπορεί έπειτα να επεξεργαστεί και να εφαρμόσει.

### Σταθεροποιητής τάσης.

Η ECU παρέχει την ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία των αισθητήρων (μόνο ο αισθητήρας παρεκκλίσεων έχει τη δική του παροχή ηλεκτρικού ρεύματος). Αυτή η τάση πρέπει να σταθεροποιηθεί και να προστατευθεί από παρέμβαση που εξασφαλίζει ότι οι αισθητήρες (που σε μερικές περιπτώσεις είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι) συνεχίζουν να λειτουργούν αποτελεσματικά.



**Σχήμα 3.25: Block διάγραμμα της ECU.**

1 Αισθητήρες ταχύτητας τροχών, 2 Αισθητήρας ροπής με αισθητήρα πλευρικής επιτάχυνσης, 3 Αισθητήρας τιμονιού, 4 Διακόπτης κλειδιώματος ανάφλεξης, 5 Αισθητήρας αρχικής πίεσης (αισθητήρας πίεσης φρένων), 6 Πεντάλ φρένου και διακόπτες φρένων στάθμευσης, 7 Μπαταρία, 8 Κυκλώματα εισόδου, 9 Σταθεροποιητής τάσης, 10 Ψηφιακός ελεγκτής, 11 διασύνδεση CAN, 12 Κυκλώματα κίνησης, 13 Μνήμη σφαλμάτων/βλαβών, 14 Σταθεροποιημένη τάση τροφοδοσίας, 15 Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες για τον υδραυλικό διαμορφωτή (βαλβίδες αναρρόφησης, βαλβίδες μεταστροφής, βαλβίδες τροφοδοσίας, βαλβίδες αποφόρτισης), 16 Διασύνδεση διάγνωσης, 17 Ενδεικτική λυχνία, 18 Προειδοποιητική λυχνία.

[Πηγή: *ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction)*, Bosch, 1999]

### Παρατήρηση και διάγνωση.

Στο λογισμικό της ECU συμπεριλαμβάνεται ένα πρόγραμμα που διευθύνει τους τρέχοντες ελέγχους για να διαπιστώσει την ικανοποιητική απόδοση των συστημάτων:

- Τα σήματα αισθητήρων υποβάλλονται σε έναν έλεγχο αληθοφάνειας στον οποίο τα στοιχεία διερευνούνται για λογική συνέπεια,
- Η απάντηση των ενεργοποιητών ελέγχεται, και
- Ο μικροεπεξεργαστής αξιολογεί την απόδοση των συστημάτων με την καταχώρηση των στοιχείων των δειγμάτων δοκιμής για την επόμενη ανάκτηση και ανάλυση.

Τα εσωτερικά προγράμματα ασφάλειας του συστήματος και του κυκλώματος παρέχουν βελτιστοποιημένη εφαρμογή των προειδοποιητικών επιδείξεων και των αποθηκευμένων στοιχείων βλάβης. Αυτές οι ικανότητες υποστηρίζουν την ανάκτηση των στοιχείων σφάλματος κατά τη διάρκεια των επιθεωρήσεων του οχήματος για μέγιστη βοήθεια κατά τη διάρκεια της ανίχνευσης λαθών.

### 3.2.2.3 Μέθοδος λειτουργίας.

Με βάση τη γωνία του τιμονιού, τον παράγοντα φορτίου μηχανής και τα γενικά στοιχεία λειτουργίας (όπως η ταχύτητα δρόμου), η ECU καθορίζει την προδιαγραφόμενη κατάσταση του οχήματος. Ταυτόχρονα, αναλύει το ποσοστό πλευρικής επιτάχυνσης και παρεκκλίσεων για να καθορίσει την πραγματική κατάσταση του οχήματος. Χρησιμοποιώντας οποιοσδήποτε αποκλίσεις ως αφετηρία του ελέγχου, ανιχνεύονται οι τυχόν παρεκκλίσεις, ο μικροεπεξεργαστής προχωρά έπειτα να καθορίσει τα απαραίτητα διορθωτικά μέτρα και να υπολογίσει τις αντίστοιχες παραμέτρους ελέγχου. Ο επεξεργαστής στηρίζεται στα διαθέσιμα στοιχεία ως βάση για τον υπολογισμό των παραγόντων μη υποκειμένων στην άμεση μέτρηση (όπως ο συντελεστής της στατικής τριβής μεταξύ των τροχών και των διαμηκών και πλευρικών ταχυτήτων του οχήματος). Η διαδικασία ελέγχου παρακολουθείται συνεχώς και τροποποιείται όπως απαιτείται (π.χ., απόκριση στις αλλαγές της οδικής επιφάνειας ή διορθωτική ενέργεια εκ μέρους του οδηγού).

### 3.2.3 Υδραυλικός διαμορφωτής.

#### 3.2.3.1 Λειτουργία.

Ο υδραυλικός διαμορφωτής εφαρμόζει τις εντολές από την ECU ρυθμίζοντας την πίεση στους μεμονωμένους κυλίνδρους φρένων των τροχών μέσω των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων – ανεξάρτητα των απαιτήσεων πίεσης φρεναρίσματος που τροφοδοτούνται στο σύστημα από τον οδηγό. Σαν υδραυλική σύνδεση μεταξύ του κύριου κυλίνδρου και των κυλίνδρων φρένων των τροχών, ο διαμορφωτής βρίσκεται μέσα στο διαμέρισμα της μηχανής για να τηρήσει τις γραμμές στον κύριο κύλινδρο και στους κυλίνδρους φρένων των τροχών όσο το δυνατόν σύντομες.

Ο υδραυλικός διαμορφωτής περιλαμβάνει τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες εισόδου και εξόδου που χρησιμοποιούνται για να ρυθμίσουν τα επίπεδα πίεσης μέσα στους μεμονωμένους κυλίνδρους φρένων των τροχών. Το υπερβολικό υγρό φρένων ως αποτέλεσμα των διαδικασιών ελέγχου καταχωρείται στους συσσωρευτές πριν επιστραφεί στο βασικό σύστημα από τις αντλίες επιστροφής.

#### 3.2.3.2 Σχεδιασμός.

Ο υδραυλικός διαμορφωτής αποτελείται από μια αυτοεγχυόμενη αντλία επιστροφής, έναν υγρότερο θάλαμο και έναν συσσωρευτή για κάθε κύκλωμα φρένων, ενώ άλλα συστατικά περιλαμβάνουν τις βαλβίδες μη επιστροφής και τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες 2/2. Όλα αυτά τα συστατικά εγκαθίστανται μέσα στη θήκη αντλιών, ενώ το μοτέρ της αντλίας μοντάρεται εξωτερικά.

#### Αυτοεγχυόμενη αντλία επιστροφής.

Το ηλεκτρικό μοτέρ που κινεί την αντλία επιστροφής βρίσκεται απέναντι από τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες. Τα στοιχεία της αντλίας είναι στο κεντρικό τμήμα του υδραυλικού διαμορφωτή.

Κατά τη διάρκεια της μείωσης πίεσης, η αυτοεγχυόμενη αντλία επιστροφής επιστρέφει το υγρό φρένων των καναλιών της αντλίας από τους κυλίνδρους φρένων των τροχών μέσω του συσσωρευτή και των θαλάμων απόσβεσης και μέσα στον κύριο κύλινδρο. Επίσης χρησιμεύει και ως η πηγή ενέργειας για την ενεργό (αυτόματη) επέμβαση φρεναρίσματος.

### Συσσωρευτές και θάλαμοι απόσβεσης.

Οι συσσωρευτές και οι θάλαμοι απόσβεσης βρίσκονται σε χαμηλότερο τμήμα του υδραυλικού διαμορφωτή. Οι συσσωρευτές χρησιμεύουν ως μια προσωρινή δυνατότητα αποθήκευσης για το υγρό φρένων που επιστρέφει πίσω μέσω του συστήματος κατά τη διάρκεια της μείωσης πίεσης, ενώ οι θάλαμοι εξασθένησης καλύπτουν τις διακυμάνσεις πίεσης μέσα στο υδραυλικό σύστημα για να μειώσουν τη δόνηση του πεντάλ του φρένου. Αυτοί μειώνουν επίσης το θόρυβο.

### Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες 2/2.

Τέσσερα ζευγάρια βαλβίδων εισόδου και εξόδου μοιράζονται το ανώτερο τμήμα του υδραυλικού διαμορφωτή με δύο ζευγάρια βαλβίδων μεταστροφής και αναρρόφησης. Οι βαλβίδες εισόδου και εξόδου διαμορφώνουν την πίεση φρεναρίσματος στους κυλίνδρους φρένων των τροχών κατά τη διάρκεια των ενεργών φάσεων ελέγχου. Τα δύο ζευγάρια των βαλβίδων μεταστροφής και αναρρόφησης υποστηρίζουν την ενεργό εφαρμογή πίεσης (επέμβαση φρεναρίσματος χωρίς είσοδο οδηγού στο πεντάλ) στους κυλίνδρους φρένων των τροχών, ενώ η βαλβίδα μεταστροφής ενσωματώνει μια ακέραια βαλβίδα ανακούφισης πίεσης για να περιορίσει την πίεση του συστήματος. Η βαλβίδα αναρρόφησης δύο σταδίων συνδέει την αυτοεγχυόμενη αντλία επιστροφής με τη σύνδεση στον κύριο κύλινδρο. Τα δύο στάδιά της είναι:

- Στάδιο 1 (πρότυπη λειτουργία): Η βαλβίδα αναρρόφησης παρέχει ένα μεγάλο άνοιγμα όταν το σύστημα φρένων είναι παθητικό.
- Στάδιο 2: Η βαλβίδα αναρρόφησης αποκρίνεται στο φρενάρισμα του οδηγού ή την ενεργοποίηση της αντλίας εγχυτήρων κλείνοντας ελαφρά για να παραγάγει αυξημένη αντίσταση ροής.

### Βαλβίδες μη επιστροφής.

Ένα ελατήριο πιέζει τις βαλβίδες μη επιστροφής για να αποτρέψει την αυτοεγχυόμενη αντλία επιστροφής από την παραγωγή αρνητικής πίεσης στους κυλίνδρους φρένων των τροχών. Διαφορετικά, τα έμβολα θα μπορούσαν να μαζευτούν πολύ μακριά και να προκαλέσουν υπερβολικές μειώσεις στη δύναμη φρεναρίσματος.

### **3.2.3.3 Μέθοδος λειτουργίας.**

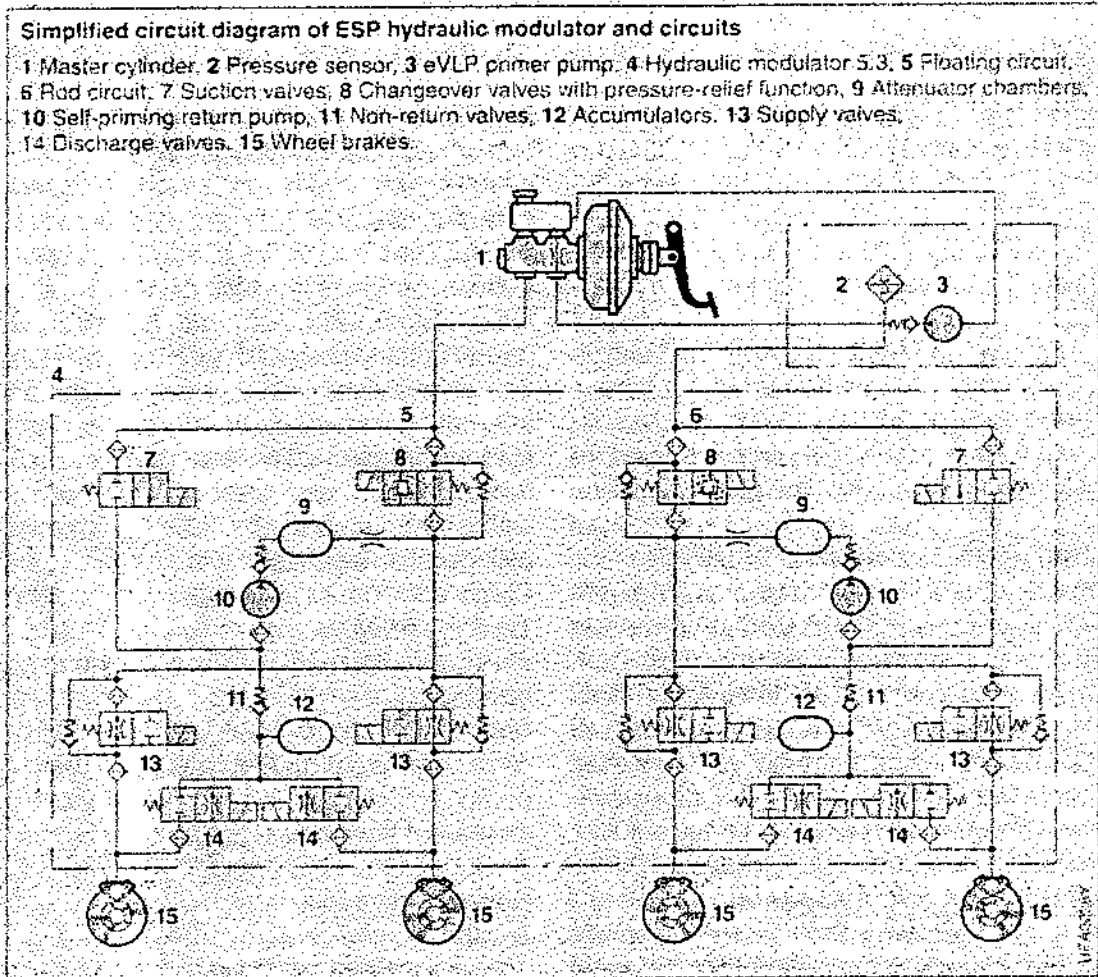
Το block διάγραμμα για τον υδραυλικό διαμορφωτή (σχήμα 3.26) εμφανίζει τις βαλβίδες στην κατάσταση μη λειτουργίας τους. Το υγρό φρένων "πιέζεται" έξω από τον κύριο κύλινδρο και μέσα στα κυκλώματα φρένων όταν ο οδηγός φρενάρει. Αυτό ρέει μέσω των ανοικτών βαλβίδων μεταστροφής και εισόδου στους κυλίνδρους φρένων των τροχών. Εάν ο οδηγός τώρα απελευθερώνει το πεντάλ, το υγρό φρένων από τους κυλίνδρους φρένων των τροχών επιστρέφει στον κύριο κύλινδρο μέσω αυτών των ίδιων βαλβίδων μεταστροφής και εισόδου.

Η απότομη πίεση του πεντάλ φρένου από τον οδηγό, που εφαρμόζεται με τέτοια δύναμη που το κλείδωμα τροχών γίνεται επικείμενο, καθιστά απαραίτητο να μειωθεί η πίεση φρεναρίσματος στους κυλίνδρους φρένων των τροχών σχετικά με την πίεση που παράγεται στον κύριο κύλινδρο.

Το ενεργό (αυτόματο) φρενάρισμα αρχίζει για να διατηρήσει τη σταθερότητα του οχήματος και προχωρά χωρίς είσοδο του οδηγού. Σε αυτή την κατάσταση η βαλβίδα μεταστροφής κλείνει, και η βαλβίδα αναρρόφησης ανοίγει, και η αντλία επιστροφής τίθεται σε λειτουργία.

## Δημιουργία πίεσης.

Ο οδηγός εφαρμόζει τα φρένα. Η βαλβίδα εισαγωγής αποσυνδέεται (ανοίγει) και το υγρό φρένων ρέει από τον κύριο κύλινδρο στους κυλίνδρους φρένων των τροχών (π.χ., όταν μπαίνει το ABS σε λειτουργία). Όταν το ESP απαιτεί ενεργό φρενάρισμα (καμιά εισαγωγή οδηγού) η βαλβίδα αναρρόφησης ενεργοποιείται και το υγρό φρένων ρέει άμεσα από την αυτοεγχυόμενη αντλία επιστροφής στους κυλίνδρους φρένων των τροχών.



Σχήμα 3.26: Απλοποιημένο διάγραμμα κυκλώματος του υδραυλικού διαμορφωτή και των κυκλωμάτων του ESP.

1 Κεντρικός κύλινδρος, 2 Αισθητήρας πίεσης, 3 Αντλία εγχυήτων eVLP, 4 Υδραυλικός διαμορφωτής 5.3, 5 Επιπλέον κύκλωμα, 6 κύκλωμα ράβδων, 7 Βαλβίδες αναρρόφησης, 8 Βαλβίδες μεταστροφής με λειτουργία ανακούφισης πίεσης, 9 Θάλαμοι εκτόνωσης, 10 Αυτοεγχυόμενη αντλία επιστροφής, 11 Βαλβίδες μη επιστροφής, 12 Συσσωρευτές, 13 Βαλβίδες τροφοδοσίας, 14 Βαλβίδες αποφόρτισης, 15 Φρένα τροχών.

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]

## Κατάσταση σταθερής πίεσης.

Όταν ανιχνεύεται το αρχικό κλείδωμα τροχών, η βαλβίδα εισαγωγής πρέπει να διακόψει τη σύνδεση μεταξύ του κύριου κυλίνδρου και του εν λόγω τροχού για να αποτρέψει την πίεση στον κύλινδρο του (τους) από το να αυξηθεί περαιτέρω.

Αυτή η λειτουργία συνεπάγεται ενεργοποίηση των κατάλληλων βαλβίδων εισαγωγής. Κατά τη διάρκεια του ενεργού (αυτόματου) φρεναρίσματος, η αντλία επιστροφής διατηρεί τη ροή του υπόλοιπου υγρού φρένων μέσω των βαλβίδων περιορισμού πίεσης (στις βαλβίδες μεταστροφής) και το οδηγεί πίσω στον κύριο κύλινδρο.

Εάν και οι δύο βαλβίδες εισαγωγής για ένα κύκλωμα φρένων ενεργοποιούνται (κλειστός) κατά τη διάρκεια μιας ενεργού φάσης φρεναρίσματος, το σήμα ενεργοποίησης στη βαλβίδα αναρρόφησης διακόπτεται (προτρέποντας τη βαλβίδα να κλείσει) για να αποτρέψει περιττή φθορά στην αντλία επιστροφής.

### Κατάσταση μείωσης πίεσης.

Εάν ένας τροχός τείνει να κλειδώσει, αυτό δείχνει ότι υπάρχει πάρα πολλή πίεση στον κύλινδρο φρένων του. Αυτή η υπερβολική πίεση πρέπει να εκτονωθεί όσο το δυνατόν γρηγορότερα με μια λειτουργία που συνδέει τον κύλινδρο φρένων του τροχού με το κύκλωμα επιστροφής και τον συσσωρευτή. Αυτό εφαρμόζεται από την ECU προκαλώντας τη βαλβίδα εξαγωγής να ανοίξει. Μόλις απελευθερωθεί αρκετή πίεση από τον κύλινδρο φρένων του τροχού, η βαλβίδα εξαγωγής επανέρχεται στην μη-ενεργοποιημένη (αύξηση πίεσης/σταθερή πίεση) ρύθμιση.

## **3.2.4 Αντλίες εγχυτήρων.**

### **3.2.4.1 Αντλία εγχυτήρων VLP2 (1<sup>η</sup> γενιά).**

Ορισμένες συνθήκες οδήγησης απαιτούν επέμβαση από το σύστημα ελέγχου έλξης (TCS) ή το ηλεκτρονικό πρόγραμμα σταθερότητας (ESP). Αυτό μεταφράζεται σε μια απαίτηση για φρενάρισμα σε επιλεγμένους μεμονωμένους τροχούς, χωρίς οποιαδήποτε είσοδο οδηγού. Αυτή η κατάσταση λειτουργίας αναφέρεται σαν "ενεργό" φρενάρισμα. Το ιξώδες του υγρού φρένων ανέρχεται ριζικά μόλις η θερμοκρασία πέσει κάτω από τους 20°C, οδηγώντας σε καθυστέρηση της αντίδρασης στα υδραυλικά κυκλώματα του συστήματος φρένων. Η VLP2 αντλία εγχυτήρων απαιτείται για να αντισταθμίσει αυτήν την επίδραση και να διατηρήσει την γρήγορη ανταπόκριση κατά τη διάρκεια του ενεργού φρεναρίσματος. Αυτή η αντλία εγχυτήρων συνδέεται άμεσα με το δοχείο υγρού φρένων, χωρίς τις ενδιάμεσες βαλβίδες που καθυστερούν την απόκριση του συστήματος φρένων.

Για να αποτρέψουμε τον αέρα ή τον αφρό μέσα στο υγρό φρένων από την είσοδο στα κυκλώματα φρένων, δεν υπάρχει καμία άμεση σύνδεση μεταξύ της αντλίας εγχυτήρων και της πλευράς ανεφοδιασμού της αντλίας επιστροφής. Αντί αυτού, ένας διαχωριστής μέσων διαχωρίζει το κύκλωμα υγρού της αντλίας εγχυτήρων από τα δύο βασικά κυκλώματα φρένων (κύκλωμα ράβδων, κύκλωμα επίπλευσης). Ο μηχανισμός εγχυτήρων είναι μια συνδυασμένη αντλία εγχυτήρων και μια μονάδα φόρτισης εμβόλου.

Η αντλία εγχυτήρων είναι εξοπλισμένη με ειδικούς οδοντωτούς τροχούς ικανούς για την ουσιαστικά συνεχή κυκλοφορία υγρού χωρίς βαλβίδα ανεφοδιασμού για να περιορίσει τη ροή. Αυτό σχεδόν εξ ολοκλήρου αποτρέπει παρέμβαση από τις διακυμάνσεις πίεσης μεταξύ της VLP2 αντλίας εγχυτήρων και της εναλλασσόμενων εμβόλων αντλίας επιστροφής. Υπάρχει μια γραμμική σχέση μεταξύ του ποσοστού παράδοσης αντλιών επιστροφής και της τρέχουσας ταχύτητάς του.

### **3.2.4.2 Αντλία εγχυτήρων eVLP (2<sup>η</sup> γενιά).**

Η εισαγωγή της απλουστευμένης ηλεκτρικής αντλίας εγχυτήρων eVLP κατέστησε πιθανό να οργανώσει περαιτέρω τον σχεδιασμό του υδραυλικού συστήματος με το να καταστήσει τη μονάδα φόρτισης εμβόλου περιττή. Ο μηχανισμός έγχυσης συνδυάζει την αντλία κύριων κυλίνδρων και εγχυτήρων.

## Μέθοδος λειτουργίας.

Η αντλία εγχυτήρων eVLP μεταφέρει το υγρό φρένων από τη δεξαμενή του συστήματος στο κύκλωμα ράβδων. Μια μερίδα αυτού του υγρού ρέει μέσω του κύριου κυλίνδρου και πίσω στη δεξαμενή υγρού φρένων. Η αντίσταση ροής που αντιτάσσει τη ροή του ρευστού φρένων στην πορεία του από τον κύριο κύλινδρο στη δεξαμενή υγρού φρένων καθορίζει τα επίπεδα πίεσης στο κύκλωμα φρένων. Η αντλία επιστροφής μεταφέρει το υπόλοιπο υγρό φρένων στους κυλίνδρους φρένων των τροχών.

## Σχεδιασμός.

Η αντίσταση ροής που περιγράφεται ανωτέρω πρέπει να αντιστοιχηθεί στο ποσοστό παράδοσης της αντλίας εγχυτήρων. Η αντλία εγχυτήρων πρέπει να παραγάγει πιέσεις αρκετά υψηλές για την αντλία επιστροφής του υδραυλικού διαμορφωτή. Οι απαιτήσεις πίεσης της αντλίας εγχυτήρων καθορίζονται βασισμένες στα χαρακτηριστικά απόδοσης του συστήματος ESP στις χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες. Χαμηλώνοντας το ποσό του υγρού που ρέει από τον κύριο κύλινδρο πίσω στη δεξαμενή θα μειώσει επίσης τις πιέσεις του κυκλώματος φρένων.

Αυτό μπορεί να ολοκληρωθεί παραδείγματος χάριν με το άνοιγμα της βαλβίδας αναρρόφησης, επιτρέποντας σε μέρος του ρευστού φρένων να ρεύσει στην αντλία επιστροφής και, τελικά, στους κυλίνδρους φρένων των τροχών. Γι' αυτό το ποσοστό παράδοσης της αντλίας εγχυτήρων πρέπει να είναι σημαντικά υψηλότερο από αυτό της αντλίας επιστροφής.

Μια βαλβίδα μη επιστροφής αποτρέπει το υγρό φρένων από την επιστροφή στη δεξαμενή μέσω της αντλίας εγχυτήρων κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος. Επειδή η απαίτηση έγχυσης είναι ιδιαίτερα υψηλή στις εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες, η αντλία εγχυτήρων σχεδιάζεται για να παρέχει τη βέλτιστη έξοδο υπό τέτοιες συνθήκες.

Η πίεση στον κύριο κύλινδρο που παράγεται από την αντλία εγχυτήρων μετατοπίζει το επιπλέον έμβολο στο κύκλωμα ράβδων έτσι ώστε η κεντρική βαλβίδα να κλείνει. Καθώς οι περαιτέρω μετατοπίσεις εμβόλων ωθούν το υγρό φρένων έξω από τον κύριο κύλινδρο και μέσα στον υδραυλικό διαμορφωτή για να ξεκινήσουν το επιπλέον κύκλωμα. Σε αντίθεση με το κύκλωμα ράβδων, το επιπλέον κύκλωμα παραμένει απομονωμένο από το υγρό κύκλωμα της αντλίας εγχυτήρων.

### **3.2.5 Μονάδα φόρτισης εμβόλου.**

#### **3.2.5.1 Λειτουργία.**

Σαν ένα συστατικό του ESP, η μονάδα φόρτισης εμβόλου ενώνεται με τη VLP2 αντλία εγχυτήρων για την εξασφάλιση γρήγορης παραγωγής επαρκούς δύναμης φρεναρίσματος για την εκλεκτική, ενεργό επέμβαση φρεναρίσματος.

Το ESP ενεργοποιείται με την αυξανόμενη συχνότητα δεδομένου ότι οι περιβαλλοντικές θερμοκρασίες και η έλξη επιφάνειας (συντελεστής της τριβής προσκόλλησης) αρχίζουν να πέφτουν. Δυστυχώς, το ιξώδες του υγρού φρένων αυξάνεται εντυπωσιακά υπό αυτές τις ίδιες κρύες συνθήκες, που οδηγούν σε καθυστερήσεις στην πίεση των κυλίνδρων φρένου των τροχών.

Γι' αυτό τα υδραυλικά συστήματα στα συμβατικά ABS/TCS συστήματα χρειάζονται πρόσθετη υποστήριξη. Οι πρώτες εκδόσεις ESP χρησιμοποιούσαν μια αντλία εγχυτήρων (αναφορά στο προηγούμενο τμήμα) και μια μονάδα φόρτισης εμβόλου για να ικανοποιήσει αυτήν την απαίτηση. Στα μελλοντικά ESP συστήματα, και σε μερικές περιπτώσεις ήδη, η διαθέσιμη σύσταση όπως ο κύριος κύλινδρος και ο υδραυλικός



διαμορφωτής έχει προσαρμοστεί τόσο αποτελεσματικά ώστε να καταστήσει τη μονάδα φόρτισης εμβόλου περιττή.

### **3.2.5.2 Σχεδιασμός.**

Η μονάδα φόρτισης εμβόλου αποτελείται από δύο κινούμενα έμβολα. Αυτά μετατοπίζονται από τη πίεση του υγρού στη μια πλευρά, ενώ ελατήρια στην άλλη πλευρά επιστρέφουν αυτά στις αρχικές θέσεις τους. Οι διάφορες συνδέσεις που οδηγούν στον κύριο κύλινδρο, την αντλία εγχυτήρων και τα κυκλώματα φρένων συνδέονται με έναν αισθητήρα πίεσης να ολοκληρώσουν τη μονάδα φόρτισης εμβόλου.

### **3.2.5.3 Μέθοδος λειτουργίας.**

Η μονάδα φόρτισης εμβόλου τοποθετείται μεταξύ της αντλίας εγχυτήρων και του υδραυλικού διαμορφωτή για να χωρίσει το κύκλωμα εγχυτήρων από τα κυκλώματα φρένων. Αυτό το σχεδιάγραμμα ικανοποιεί την απαίτηση για χωριστά εσωκλειώμενα κυκλώματα φρένων. Αντί να εγκατασταθεί ακριβώς πριν από τις αντλίες επιστροφής, η αντλία εγχυτήρων ενεργεί στη μονάδα φόρτισης εμβόλου. Όταν η ενεργός πίεση φρεναρίσματος απαιτείται, η αντλία εγχυτήρων αποκρίνεται με την αποστολή του υγρού φρένων στη μονάδα φόρτισης εμβόλου για να πατήσει τα έμβολα ξεχωριστά.

Αυτή η μετατόπιση εμβόλων εκκινεί τις αντλίες επιστροφής για να εξασφαλίσει γρήγορο πρεσάρισμα στους κυλίνδρους φρένων των τροχών, ακόμη και υπό πολύ κρύες συνθήκες.

Μια ξεχωριστή γραμμή με μικρό περιοριστή ροής οδηγεί από τη μονάδα φόρτισης εμβόλου στη δεξαμενή υγρού φρένων υγρό για να επιτρέψει στον αέρα να αφαιρεθεί από το υγρό στο κύκλωμα εγχυτήρων.

## **3.3 Η λειτουργία του ηλεκτρονικού προγράμματος ευστάθειας ESP.**

### **3.3.1 Επεξεργασία δεδομένων.**

#### **3.3.1.1 Σύντομη επισκόπηση συστήματος.**

Το σύστημα ελέγχου σταθερότητας ESP, κλειστού βρόγχου, στηρίζεται στην αποδεδειγμένη σύσταση των ABS και TCS. Έτσι ενσωματώνει αισθητήρες για να υπολογίσει τις παραμέτρους εισόδου των ελεγκτών όπως και μια ECU με τις ιεραρχικά δομημένες λειτουργίες ελεγκτή και ενεργοποιητή για να διαμορφώσει το φρενάρισμα και τις ελκτικές δυνάμεις. Το ηλεκτρονικό πρόγραμμα σταθερότητας υποστηρίζει επίσης την ανταλλαγή στοιχείων με άλλα επί του οχήματος ηλεκτρονικά συστήματα έτσι ώστε να είναι δυνατή η ενσωμάτωση στο γενικό σύστημα του οχήματος.

#### **3.3.1.2 Σήματα εισόδου των αισθητήρων.**

Τα εισερχόμενα σήματα από τους αισθητήρες εισάγονται στην ECU μέσω προστατευτικών κυκλωμάτων ασφαλείας και έπειτα υποβάλλονται σε επεξεργασία όπως απαιτείται από τους μετατροπείς και τους ενισχυτές σημάτων:

- Ένας μετατροπέας A/D στον μικροεπεξεργαστή της ECU μετατρέπει τα εισερχόμενα αναλογικά σήματα (π.χ., εσωτερική πίεση κεντρικού κυλίνδρου) σε ψηφιακή μορφή,

- Ο μικροεπεξεργαστής μπορεί να χειριστεί ψηφιακά σήματα εισόδου (π.χ., γωνία τιμονιού) άμεσα,
  - Ένα ειδικό κύκλωμα μέσα στην ECU επεξεργάζεται τα σήματα από τους επαγωγικούς αισθητήρες ταχύτητας τροχών για να καταστείλει τους σφυγμούς παρέμβασης. Μετατρέπει επίσης αυτά τα σήματα σε μορφή τετραγωνικών κυμάτων.
- Ανάλογα με το επίπεδο του κυκλώματος ενσωμάτωσης, η λειτουργία επεξεργασίας σήματος μπορεί μερικώς ή εξ ολοκλήρου να εκπληρωθεί μέσα στον ίδιο τον αισθητήρα.

### Επεξεργασία σήματος στην ECU.

Τα εισερχόμενα σήματα χειρίζονται από τους μικροεπεξεργαστές μέσα στην ECU (σχήμα 3.27). Προκειμένου να λειτουργήσουν, αυτοί οι μικροεπεξεργαστές στηρίζονται σε ένα πρόγραμμα που καταχωρείται σε μια αμετάβλητη μνήμη (ROM, EPROM ή flash EPROM).

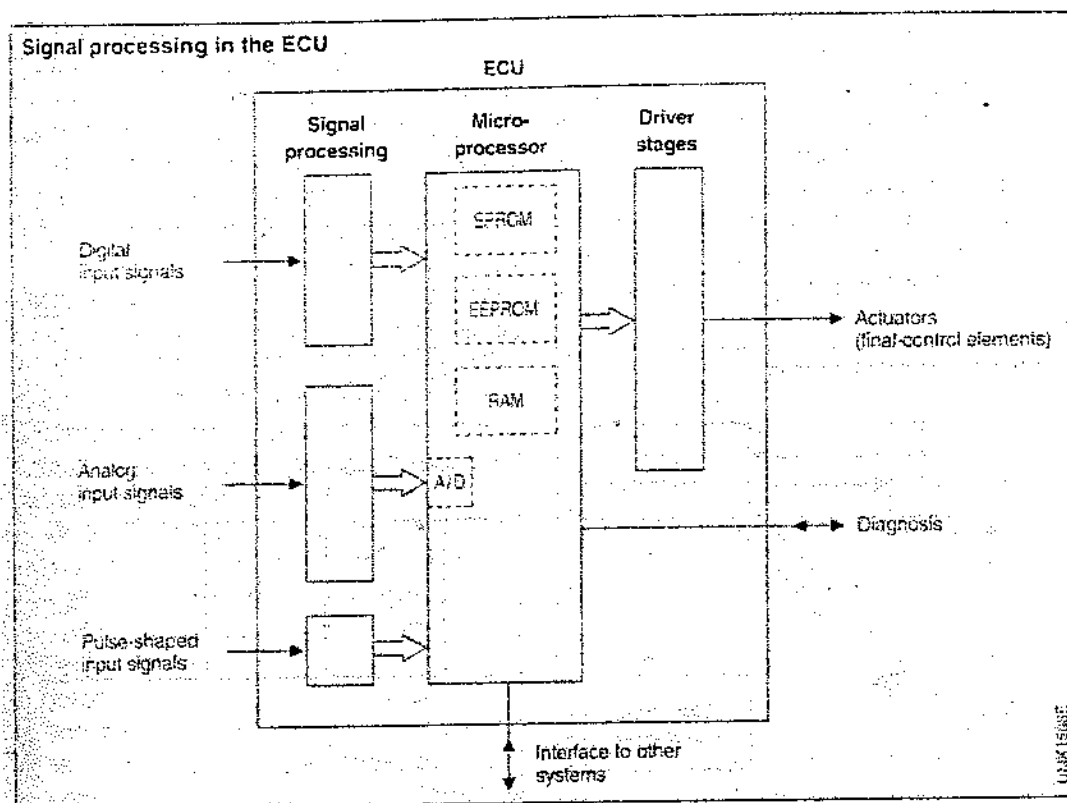
Μια αμετάβλητη μνήμη ανάγνωσης/γραφής (EEPROM) απαιτείται επίσης για την καταχώρηση συγκεκριμένων στοιχείων του οχήματος καθώς επίσης και των πληροφοριών βαθμονόμησης και παραγωγής.

Προκειμένου να προσαρμοστεί το ευρύ φάσμα των πιθανών κινητήρων οχήματος και των παραλλαγών εξοπλισμού με το πλήθος των διαφορετικών απαιτήσεών τους, οι ECUs εμφανίζουν μια λειτουργία κωδικών έκδοσης. Αυτή επιλέγει το κατάλληλο σύνολο στοιχείων για το μεμονωμένο όχημα από τα σύνολα στοιχείων που καταχωρούνται στο EPROM. Η ECU του ESP εφοδιάζεται με πληροφορίες πάνω στις οποίες τοποθετούνται τα στοιχεία για να έχουν πρόσβαση μέσω της διόδου CAN από μια άλλη ECU, ή άμεσα από την EEPROM. Ο κώδικας προγραμματίζεται στην EEPROM από τον κατασκευαστή ή, εναλλακτικά, με έναν διαγνωστικό ελεγκτή σε ένα πεδίο δυνατότητας συντήρησης.

Η έννοια της καταχώρησης πολλαπλών κωδικών έκδοσης μειώνει τον αριθμό παραλλαγών ECU που απαιτούνται από τον κατασκευαστή. Μια μεταβλητή μνήμη ανάγνωσης/γραφής (RAM) απαιτείται επίσης για την καταχώρηση μεταβλητών στοιχείων όπως οι υπολογιζόμενες τιμές και τα οποιαδήποτε σφάλματα/βλάβες του συστήματος (αυτοδιάγνωση). Οι RAMs εξαρτώνται από μια συνεχή παροχή ηλεκτρικού ρεύματος για να διατηρήσουν τα καταχωρημένα στοιχεία τους. Εάν η μπαταρία του οχήματος αποσυνδεθεί, αυτό οδηγεί στην απώλεια όλων των στοιχείων RAM. Κατά την επανασύνδεση της μπαταρίας, η ECU πρέπει έπειτα να επαναπροσδιορίσει τα στοιχεία προσαρμογής (αυτοδίδακτα στοιχεία που χρησιμοποιούνται από το πρόγραμμα) που καταχωρούνται σε αυτήν την μεταβλητή μνήμη. Αυτό το πρόβλημα αποφεύγεται με τη διάσωση των στοιχείων προσαρμογής σε ένα EEPROM αντί της στήριξης στην αποθηκευμένη RAM.

### **3.3.1.3 Σήματα εξόδου.**

Οι μικροεπεξεργαστές διαβιβάζουν τα σήματα εξόδου τους στα κυκλώματα κίνησης που είναι ικανά να παράγουν αρκετή ισχύ για να προκαλέσουν άμεσα τους ενεργοποιητές. Αυτά τα κυκλώματα εξόδου προστατεύονται από πιθανά σύντομα κυκλώματα στο έδαφος ή από την τάση της μπαταρίας καθώς η καταστροφή προέρχεται από την ηλεκτρική υπερφόρτωση. Οι διασυνδέσεις αναμεταδίδουν επίσης μερικά από τα σήματα εξόδου σε άλλα συστήματα



**Σχήμα 3.27: Επεξεργασία σήματος στην ECU.**  
 [Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]

### 3.3.2 Μεταφορά στοιχείων σε άλλα συστήματα.

#### 3.3.2.1 Σύντομη επισκόπηση συστήματος.

Η αυξανόμενη εφαρμογή του ηλεκτρονικού ανοικτού και κλειστού βρόγχου ελέγχου για λειτουργίες όπως:

- Συστήματα ελέγχου δυναμικής έλξης ESP,
- Ηλεκτρονική διαχείριση κινητήρα,
- Ηλεκτρονικά συστήματα ακινητοποίησης κινητήρα οχήματος, και
- Επί του οχήματος υπολογιστές κ.λ.π.

έχει καταστήσει απαραίτητη τη σύνδεση διαφόρων ECU. Σύνδεση για τη διαμόρφωση των δικτύων σημαίνει ότι ο συνολικός αριθμός αισθητήρων που απαιτούνται για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των μεμονωμένων συστημάτων μπορεί να μειωθεί. Συγχρόνως, οι έμφυτες δυνατότητες στα μεμονωμένα συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικότερα.

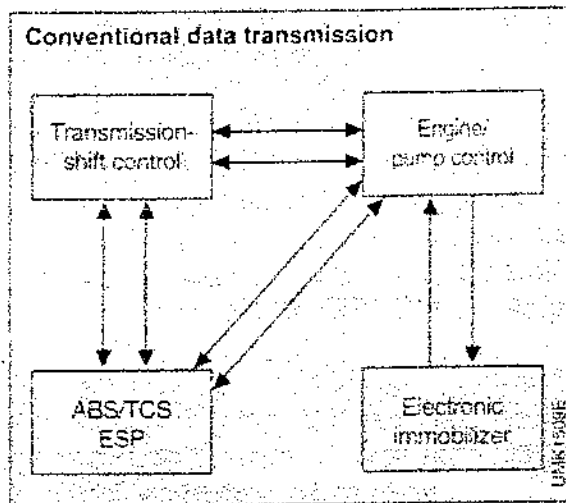
Οι διασυνδέσεις στα συστήματα επικοινωνιών που αναπτύσσονται συγκεκριμένα για τις αυτοκίνητες εφαρμογές μπορούν να διαιρεθούν σε δύο κατηγορίες:

1. Συμβατικές διασυνδέσεις, και
2. Τμηματικές διασυνδέσεις, π.χ., το δίκτυο περιοχής ελεγκτή (CAN).

#### 3.3.2.2 Συμβατική μετάδοση στοιχείων.

Ο παράγοντας που διακρίνει τη συμβατική μετάδοση στοιχείων στις αυτοκίνητες εφαρμογές είναι η αξιοπιστία του σε μια μεμονωμένη γραμμή να διαβιβάσει κάθε σήμα (σχήμα 3.28). Δυναμικά σήματα αναμεταδίδουν πληροφορίες υποθέτοντας μια από τις δύο

καταστάσεις, που αντιπροσωπεύονται από το "1" ή το "0" (δυαδικός κώδικας), όπως ο λαμπτήρας φρένων ή ο διακόπτης επιπέδου ελέγχου «ανοιχτός» ή «κλειστός».



Σχήμα 3.28: Συμβατική μετάδοση στοιχείων.

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]

Αντίθετα, οι παράγοντες παλμικών καθηκόντων μπορούν να υιοθετηθούν για να διαβιβάσουν τα απείρως-μεταβλητά στοιχεία για λειτουργίες όπως ενεργοποίηση μαγνητικών βαλβίδων και έλεγχο κινητήρων αντλιών.

Αυξάνοντας την κυκλοφορία στοιχείων μεταξύ των διαφόρων επί του οχήματος ηλεκτρονικών συστατικών σημαίνει ότι οι συμβατικές διασυνδέσεις δεν μπορούν να παρέχουν περαιτέρω ικανοποιητική απόδοση. Η πολυπλοκότητα των σημερινών καλωδιώσεων είναι ήδη εξαιρετικά δύσκολο να διαχειριστεί, και οι απαιτήσεις για τις μεταδόσεις στοιχείων μεταξύ των ECUs βρίσκονται σε άνοδο.

### 3.3.2.3 Τμηματική μετάδοση στοιχείων (CAN).

Αυτά τα προβλήματα μπορούν να λυθούν με ένα σύστημα διαδρόμων (ράβδος διαδρόμων) όπως το CAN συγκεκριμένα σχεδιασμένο για τις αυτοκίνητες εφαρμογές. Υπό τον όρο ότι οι ECUs είναι εξοπλισμένες με μια σειριακή διασύνδεση CAN, η CAN μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναμεταδώσει τα σήματα από τις πηγές που εμφανίζονται στην ανωτέρω λίστα.

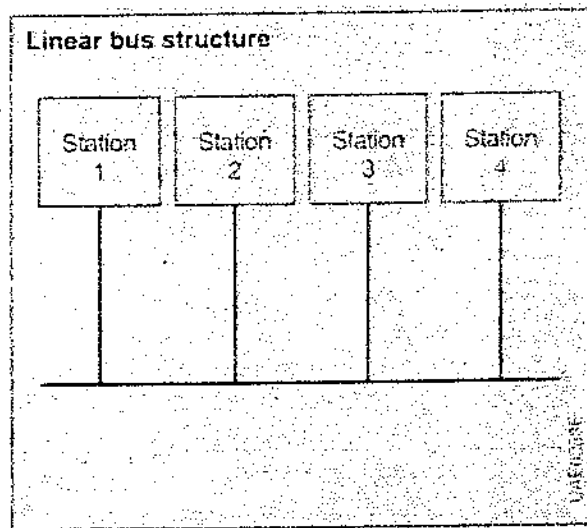
Υπάρχουν τρεις βασικές εφαρμογές CAN στο μηχανοκίνητο όχημα:

- Αλληλοσύνδεση των ECU's,
- Ηλεκτρονική σύνδεση σωμάτων, και
- Κινητή επικοινωνία.

Η συνέχεια περιορίζεται σε μια περιγραφή των επικοινωνιών μεταξύ ECUs.

#### Δικτύωση ECU.

Αυτή η στρατηγική συνδέει ηλεκτρονικά συστήματα όπως το ηλεκτρονικό πρόγραμμα σταθερότητας (ESP), το σύστημα διαχείρισης του κινητήρα, τον ηλεκτρονικό έλεγχο μετατόπισης φορτίου, κ.λ.π., σαν ισότιμους συνεργάτες μέσα σε έναν γραμμικά δομημένο διάδρομο (σχήμα 3.29). Το πλεονέκτημα αυτής της δομής είναι ότι η αποτυχία ενός συνδρομητή δεν έχει επιπτώσεις στην πρόσβαση άλλων. Έτσι η πιθανότητα της συνολικής αποτυχίας είναι ουσιαστικά χαμηλότερη απ' ό,τι με άλλες λογικές διαμορφώσεις όπως οι δομές βρόχων ή αστεριών στις οποίες η αποτυχία σε έναν από τους συνδρομητές ή της κεντρικής ECU θα προκαλέσει τη συνολική διακοπή του συστήματος.



**Σχήμα 3.29: Γραμμική δομή διόδου.**

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]

Οι χαρακτηριστικοί ρυθμοί μεταφοράς βρίσκονται μεταξύ περίπου 125 KBit/s και 1 MBit/s (π.χ., η μονάδα ελέγχου ESP επικοινωνεί με τον κινητήρα χειρισμού ECU με ρυθμό 512 KBit/s); και πρέπει να είναι αρκετά υψηλοί για να εξασφαλίσουν την απαραίτητη αντίδραση σε πραγματικό χρόνο.

#### Διεύθυνση βασισμένη στο περιεχόμενο.

Το σύστημα διόδων CAN δεν απευθύνεται σε κάθε σταθμό χωριστά. Αντιθέτως, αναθέτει ένα μοναδικό αναγνωριστικό σε κάθε "μήνυμα". Αυτό το αναγνωριστικό των 11 ή των 29 μπιτ καθορίζει το περιεχόμενο των στοιχείων του μηνύματος (όπως η ταχύτητα του τροχού).

Κάθε σταθμός επεξεργάζεται μόνο τα στοιχεία για τα οποία τα αναγνωριστικά καταχωρούνται στον κατάλογο αποδοχής του (έλεγχος αποδοχής) αγνοώντας όλες τις άλλες μεταδόσεις.

Η διεύθυνση που βασίζεται στο περιεχόμενο επιτρέπει σε έναν αισθητήρα να διαβιβάσει ένα σήμα προς χρήση από διάφορους σταθμούς αμέσως. Αυτή αναμεταδίδει το σήμα στο δίκτυο διόδων είτε άμεσα είτε μέσω μιας ECU όπου το στοιχείο διανέμεται έπειτα μέσω του δικτύου. Αυτή η έννοια υποστηρίζει επίσης την εφαρμογή μιας ευρείας ποικιλίας των παραλλαγών εξοπλισμού δεδομένου ότι οι πρόσθετοι σταθμοί μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα υπάρχον σύστημα CAN.

#### Ανάθεση προτεραιότητας.

Το αναγνωριστικό όχι μόνο δείχνει το περιεχόμενο των στοιχείων, αλλά και καθορίζει το επίπεδο προτεραιότητας που ανατίθεται στη μετάδοση.

Τα σήματα υπό τον όρο της γρήγορης παραλλαγής πρέπει προφανώς να διαβιβαστούν γρήγορα. Κατά συνέπεια, σ' αυτά τα γρήγορα εξελισσόμενα σήματα ανατίθεται μια υψηλότερη εκτίμηση προτεραιότητας από τα σήματα με περιεχόμενα που μετατοπίζονται με έναν σχετικά αργό ρυθμό.

#### Ρύθμιση διόδων.

Κάθε σταθμός μπορεί να αρχίσει να μεταδίδει το μήνυμα της υψηλότερης προτεραιότητάς του μόλις η δίοδος είναι ελεύθερη. Εάν διάφοροι σταθμοί αρχίζουν να

διαβιβάζουν ταυτόχρονα, η προκύπτουσα σύγκρουση προσβάσεων των διόδων επιλύεται με τη χορήγηση της πρώτης πρόσβασης στο μήνυμα με την υψηλότερη εκτίμηση προτεραιότητας, χωρίς απώλεια είτε χρόνου είτε των bit των στοιχείων. Όταν ένας σταθμός χάνει τη ρύθμιση, επανέρχεται αυτόματα στην θέση αναμονής (δέκτης) και επαναλαμβάνει την προσπάθεια μετάδοσης μόλις η δίοδος δείξει ότι είναι ελεύθερη.

### Μορφή μηνυμάτων.

Ένα πλαίσιο στοιχείων λιγότερων από 130 μπιτ (πρότυπη μορφή) ή 150 μπιτ (εκτεταμένη μορφή) σε μήκος δημιουργείται για τις μεταδόσεις στη δίοδο. Αυτό εξασφαλίζει ότι ο χρόνος σειράς αναμονής μέχρι την επόμενη – ενδεχομένως εξαιρετικά επείγουσα – μετάδοση στοιχείων κρατιέται στο ελάχιστο. Τα πλαίσια στοιχείων αποτελούνται από επτά διαδοχικά πεδία. Αυτά είναι:

- Έναρξη του πλαισίου,
- Το αναγνωριστικό (πεδίο ρύθμισης),
- Ο αριθμός των bytes στο μήνυμα (πεδίο ελέγχου),
- Το πραγματικό μήνυμα (πεδίο στοιχείων),
- Ένα σήμα ασφάλειας για την ανίχνευση των σφαλμάτων μετάδοσης (πεδίο κέντρου ανίχνευσης και ελέγχου),
- Το σήμα αναγνώρισης για τις επιτυχείς μεταδόσεις (πεδίο "ack"), και
- Το τέλος του πλαισίου.

### Ενσωματωμένη διάγνωση.

Το σύστημα διόδων CAN ενσωματώνει μια σειρά μηχανισμών ελέγχου για την αναγνώριση δυσλειτουργίας. Αυτοί περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά γνωρίσματα όπως το σήμα ασφάλειας, το πλαίσιο στοιχείων καθώς επίσης και τη λειτουργία ελέγχου στην οποία κάθε σήμα καθοδηγείται πίσω στη συσκευή αποστολής σημάτων προέλευσής του, η οποία μπορεί έπειτα να ανιχνεύσει οποιεσδήποτε αποκλίσεις.

Όταν ένας σταθμός ανιχνεύει ένα πρόβλημα αποκρίνεται με τη διαβίβαση μιας σημαίας σφάλματος για να διακόψει τη μετάδοση υπό εξέλιξη. Αυτό αποτρέπει άλλους σταθμούς από την αποδοχή των στοιχείων μετάδοσης.

Ένα πιθανό πρόβλημα είναι ότι ένας ελαττωματικός σταθμός θα μπορούσε να αρχίσει να απορρίπτει όλες τις μεταδόσεις, συμπεριλαμβανομένων και των έγκυρων, με τη διαβίβαση των σημαίων σφάλματος. Για να αποφευχθεί αυτό το πρόβλημα, το σύστημα διόδων CAN είναι εξοπλισμένο με έναν μηχανισμό σχεδιασμένο να διακρίνει μεταξύ της διακοπτόμενης και εκτεταμένης παρέμβασης. Αυτή η δυνατότητα μπορεί επίσης να εντοπίσει τις αποτυχίες σταθμών. Η διαδικασία είναι βασισμένη στη στατιστική ανάλυση των συνθηκών σφάλματος.

### Τυποποίηση.

Η οργάνωση διεθνών προτύπων (ISO) έχει ορίσει ένα πρότυπο CAN για χρήση στις αυτοκίνητες εφαρμογές:

- Στους ρυθμούς μετάδοσης μέχρι 125 kBit/s: ISO 11 519-2, και
- Στους ρυθμούς μετάδοσης άνω των 125 kBit/s: ISO 11 898.

Άλλες επιτροπές, που αντιπροσωπεύουν τη βορειοαμερικανική αγορά εμπορικών οχημάτων, και τους κατασκευαστές αυτοκινήτου έχουν επιλέξει επίσης CAN.

### 3.3.3 Σύστημα ελέγχου κλειστού βρόγχου και ελεγχόμενες μεταβλητές.

#### 3.3.3.1 Γενική ιδέα ηλεκτρονικού προγράμματος ευστάθειας.

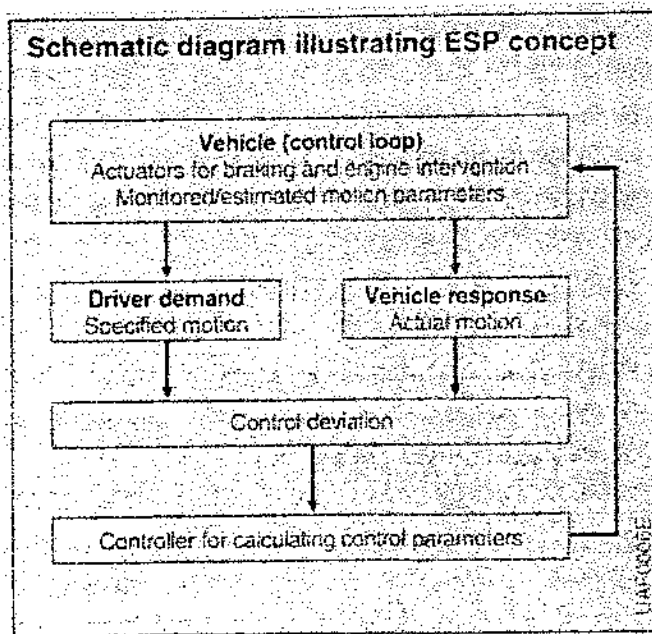
Η εφαρμογή του ελέγχου σταθερότητας κλειστού βρόγχου ESP στην οριακή κατάσταση του οχήματος, όπως καθορίζεται από τη δυναμική της κίνησης οχημάτων, προορίζεται για να αποτρέψει την:

- Γραμμική (διαμήκης) ταχύτητα,
- Πλευρική ταχύτητα, και το
- Ποσοστό παρεκκλίσεων, που ορίζεται σαν την περιστροφή γύρω από τον κάθετο άξονα,

υπερβαίνοντας τα τελικά όρια ελέγχου.

Υποθέτοντας τις κατάλληλες εισόδους χειριστών, η απαίτηση του οδηγού μεταφράζεται σε δυναμική τροχαία αντίδραση που προσαρμόζεται στα χαρακτηριστικά του δρόμου σε μια διαδικασία βελτιστοποίησης σχεδιασμένη να εξασφαλίσει μέγιστη ασφάλεια.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.30, το πρώτο βήμα είναι να καθορίσει πώς το όχημα πρέπει να ανταποκριθεί στην απαίτηση του οδηγού κατά τη διάρκεια της λειτουργίας στην οριακή περιοχή (ιδανική απάντηση), και επίσης πώς πραγματικά αποκρίνεται (πραγματική απάντηση). Οι ενεργοποιητές εφαρμόζονται έπειτα για να ελαχιστοποιήσουν τη διαφορά μεταξύ ιδανικής και πραγματικής απάντησης (απόκλιση ελέγχου) με έμμεση επιρροή στις δυνάμεις που ενεργούν στους τροχούς.



Σχήμα 3.30: Σχηματικό διάγραμμα της βασικής ιδέας του ESP.  
[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]

#### 3.3.3.2 Δομή συστήματος και ελέγχου.

Το σύστημα ελέγχου σταθερότητας ESP αγκαλιάζει τις ικανότητες που επεκτείνονται πέρα από εκείνες είτε των ABS είτε των συνδυασμών ABS και TCS. Με βάση τις προηγμένες εκδόσεις των ABS και των συστατικών των συστημάτων ABS/TCS, επιτρέπει το ενεργό φρενάρισμα και στους τέσσερις τροχούς με ένα υψηλό επίπεδο δυναμικής ευαισθησίας. Η αντίδραση του οχήματος υιοθετείται ως στοιχείο μέσα στο βρόχο ελέγχου. Το σύστημα ελέγχει τις δυνάμεις πέδησης, προώθησης και τις πλευρικές δυνάμεις έτσι

ώστε η πραγματική αντίδραση να συγκλίνει με την ιδανική αντίδραση κάτω από τις δεδομένες περιστάσεις.

Ένα σύστημα διαχείρισης κινητήρα με διασύνδεση CAN μπορεί να ποικίλει τη ροπή εξόδου του κινητήρα προκειμένου να ρυθμιστούν τα ποσοστά ολίσθησης των κινητήριων τροχών. Η προηγμένη σύσταση ESP παρέχει την ιδιαίτερα ακριβή απόδοση για εκλεκτική ρύθμιση των δυναμικών διαμηκών και πλευρικών δυνάμεων που ενεργούν σε κάθε μεμονωμένο τροχό.

Το σχήμα 3.31 εμφανίζει ESP έλεγχο σε ένα σχηματικό διάγραμμα με:

- Τους αισθητήρες που καθορίζουν τις παραμέτρους εισόδου των ελεγκτών ,
- Η ECU του συστήματος με τον ιεραρχικά δομημένο ελεγκτή του, που αποτελεί έναν υψηλότερου επιπέδου ESP ελεγκτή και τους κατώτερους ελεγκτές ολίσθησης,
- Τους ενεργοποιητές που χρησιμοποιούνται για τον τελικό έλεγχο των δυνάμεων φρεναρίσματος, της κίνησης και των πλευρικών δυνάμεων.

### 3.3.3.3 Ιεραρχία ελεγκτών.

Ο ESP ελεγκτής απολαμβάνει την ύψιστη προτεραιότητα (επίπεδο 1) μέσα στην ιεραρχία ελεγκτών. Αυτός καθορίζει τα ιδανικά ποσοστά ολίσθησης των τροχών για τους κατώτερους ελεγκτές ABS και TCS. Ο ελεγκτής του ESP καθορίζει τη γωνία πλευρικής ολίσθησης (διαφορά μεταξύ πραγματικής κατεύθυνσης του ταξιδιού και του διαμήκους άξονα του οχήματος). Τα ακόλουθα συστατικά καταχωρούν την απαίτηση του οδηγού και το σύστημα επεξεργάζεται τα σήματά τους ως βάση για την ιδανική ανταπόκριση:

- Σύστημα διαχείρισης κινητήρα (π.χ., πίεση στο πεντάλ επιτάχυνσης),
- Αισθητήρας αρχικής πίεσης (π.χ., ενεργοποίηση των φρένων), και
- Αισθητήρας τιμονιού.

Σε αυτό το σημείο η προσδιορισμένη αντίδραση ορίζεται ως απαίτηση οδηγού.

Ο συντελεστής τριβής και η ταχύτητα του οχήματος συμπεριλαμβάνονται επίσης στους υπολογισμούς επεξεργασίας ως συμπληρωματικές παράμετροι. Ο ελεγκτής υπολογίζει αυτούς τους παράγοντες βασισμένους στα σήματα που διαβιβάζονται από τους αισθητήρες για

- Ταχύτητα τροχού,
- Πλευρική επιτάχυνση,
- Πιέσεις φρεναρίσματος, και
- Ποσοστό παρεκκλίσεων.

### Επίπεδο 1 ελεγκτή ESP.

#### i. Σκοπός.

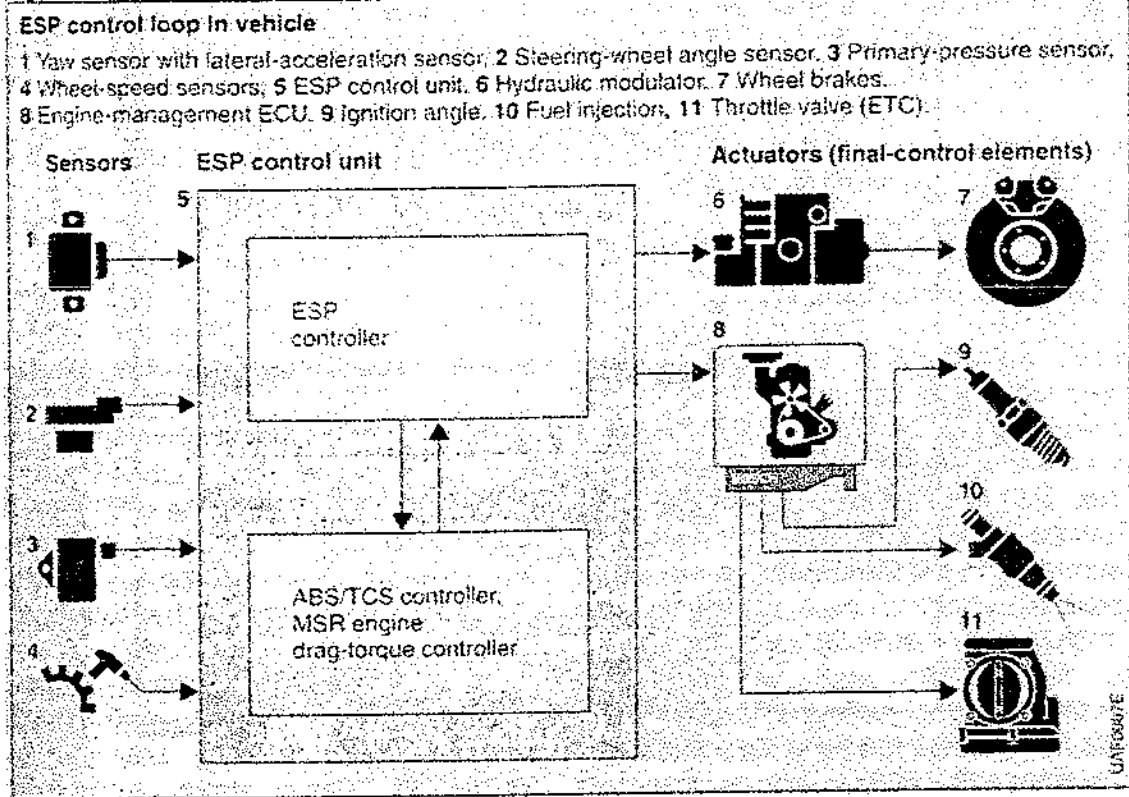
Οι λειτουργίες που εκπληρώνονται από τον ελεγκτή του ESP είναι:

- Ο καθορισμός της παρούσας κατάστασης οχήματος βασισμένη στο σήμα πόσοστου παρέκκλισης και τη γωνία πλευρικής ολίσθησης που υπολογίζεται από τον ελεγκτή, και έπειτα
- Η επίτευξη της μέγιστης πιθανής σύγκλισης μεταξύ της αντίδρασης του οχήματος στην οριακή περιοχή και των χαρακτηριστικών του στην κανονική περιοχή λειτουργίας.

Επειδή είναι αδύνατο να τροποποιηθούν άμεσα οι πλευρικές δυνάμεις, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μεταβάλλουν άμεσα την πλευρική ταχύτητα και τη γωνία πλευρικής ολίσθησης.

Αφ' ετέρου, η πλευρική κίνηση επέρχεται με την παραγωγή μιας στατικής ροπής που προκαλεί την περιστροφή του οχήματος και αναγκάζει έτσι τις γωνίες επίπλευσης και ολίσθησης να αλλάξουν προς το βέλτιστο .





**Σχήμα 3.31: Βρόχος ελέγχου ESP σε όχημα.**

1 Αισθητήρας ροπής με αισθητήρα πλευρικής επιτάχυνσης, 2 Αισθητήρας γωνίας τιμονιού, 3 Αισθητήρας αρχικής πίεσης, 4 Αισθητήρες ταχύτητας τροχών, 5 Μονάδα ελέγχου ESP, 6 Υδραυλικός διαμορφωτής, 7 Φρένα τροχών, 8 Διαχείριση κινητήρα ECU, 9 Γωνία ανάφλεξης, 10 Έγχυση καυσίμου, 11 Βαλβίδα στραγγαλισμού(ETC).

[ Πηγή: *ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction)*, Bosch, 1999]

Προκειμένου να παραχθεί η επιθυμητή στιγμή παρέκκλισης, ο ελεγκτής μπορεί επίσης να επέμβει στα ποσοστά ολίσθησης τροχών για να επηρεάσει έμμεσα τις διαμήκειες και εγκάρσιες δυνάμεις που ενεργούν σε κάθε τροχό. Το σύστημα το κάνει αυτό παραλλάσσοντας τις προδιαγραφές για το ποσοστό ολίσθησης, το οποίο πρέπει έπειτα να εκτελεσθεί από τους υπαγόμενους ελεγκτές ABS και TCS.

Η διαδικασία επέμβασης έχει σχεδιαστεί να διατηρεί τα χαρακτηριστικά χειρισμού που ο κατασκευαστής σκόπευε να έχει το όχημα για να χρησιμεύσει σαν βάση για συνεπή αξιόπιστο έλεγχο.

Ο ελεγκτής του ESP παράγει την προσδιορισμένη στατική ροπή με την αναμετάδοση των αντίστοιχων εντολών ολίσθησης-διαμόρφωσης στους επιλεγμένους τροχούς.

Οι κατωτέρου επιπέδου ελεγκτές ABS και TCS προκαλούν τους ενεργοποιητές που κυβερνούν το υδραυλικό σύστημα των φρένων και το σύστημα διαχείρισης κινητήρα χρησιμοποιώντας τα στοιχεία που παράγονται στον ελεγκτή του ESP.

## ii. Σχεδιασμός.

Το σχήμα 3.32 είναι ένα απλουστευμένο block διάγραμμα που εμφανίζει τη δομή σχεδιασμού του ESP ελεγκτή. Απεικονίζει τα μονοπάτια σημάτων για τις παραμέτρους εισόδου και εξόδου. Βασισμένο

- στο ποσοστό παρεκκλίσεων (μετρούμενη παράμετρος),
- στη γωνία τιμονιού (μετρούμενη παράμετρος),
- στην πλευρική επιτάχυνση (μετρούμενη παράμετρος),
- στη γραμμική ταχύτητα του οχήματος (κατ' εκτίμηση παράμετρος), και
- στις διαμήκειες δυνάμεις τροχών και στα ποσοστά ολίσθησης (κατ' εκτίμηση παράμετρος)

ο ελεγκτής καθορίζει τα ακόλουθα:

- Πλευρικές δυνάμεις που ενεργούν στους τροχούς,
- Γωνία ολίσθησης,
- Γωνία επίπλευσης, και
- Πλευρική ταχύτητα οχήματος.

Οι προδιαγραφές για τη γωνία επίπλευσης και το ποσοστό παρεκκλίσεων καθορίζονται βάσει των ακόλουθων παραμέτρων, οι οποίες μπορούν είτε άμεσα είτε έμμεσα να καθοριστούν από την είσοδο οδηγού:

- Γωνία τιμονιού,
- Κατ' εκτίμηση ταχύτητα οχήματος,
- Συντελεστής τριβής, ο οποίος καθορίζεται βάσει των κατ' εκτίμηση διαμηκών στοιχείων και της ελεγχόμενης πλευρικής ταχύτητας, και
- Πορεία πεντάλ επιτάχυνσης (ροπή μηχανών) ή πίεση κυκλώματος φρένου (δύναμη στο πεντάλ φρένου).

Αυτές οι διαδικασίες λαμβάνουν υπόψη επίσης τα ειδικά χαρακτηριστικά σχετικά με τη δυναμική των οχημάτων, καθώς επίσης και τις ασυνήθιστες καταστάσεις, όπως ένας δρόμος υπερυψωμένος στο κέντρο ή μια διασπασμένη επιφάνεια (π.χ., υψηλή έλξη στο αριστερό της παρόδου με τη δεξιά πλευρά ολισθηρή).

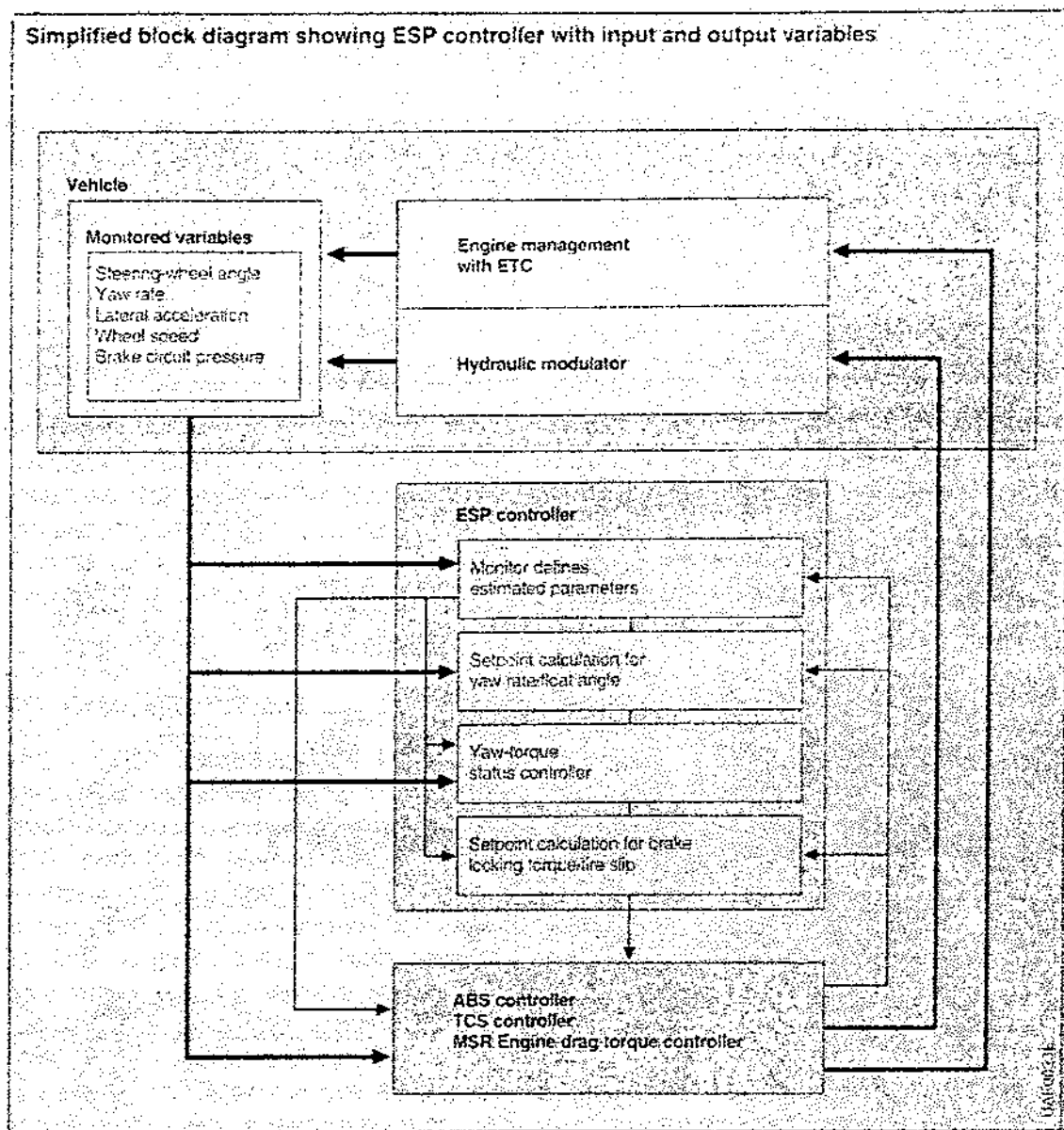
### iii. Μέθοδος λειτουργίας.

Ο ESP ελεγκτής κυβερνά τις δύο παραμέτρους κατάστασης "ποσοστό παρεκκλίσεων" και "γωνία επίπλευσης" υπολογίζοντας τη στιγμή παρέκκλισης που απαιτείται για να κάνει τις πραγματικές και επιθυμητές παραμέτρους να συγκλίνουν. Καθώς η γωνία επίπλευσης αυξάνει, τόσο αυξάνει και η σημασία της για τον ελεγκτή.

Το πρόγραμμα ελέγχου είναι βασισμένο σε στοιχεία σχετικά με τη μέγιστη πιθανή πλευρική επιτάχυνση και σε άλλα στοιχεία που επιλέγονται για να απεικονίσουν τα πρότυπα δυναμικής αντίδρασης του οχήματος. Αυτά καθορίζονται για κάθε όχημα στη δοκιμή ολίσθησης σταθερής κατάστασης. Στην επόμενη λειτουργία οχήματος σταθερής κατάστασης, όπως και κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος και της επιτάχυνσης, αυτό το στοιχείο – καθορίζοντας πώς η γωνία διεύθυνσης και η ταχύτητα του οχήματος αφορούν το ποσοστό παρεκκλίσεων – χρησιμεύει σαν βάση για την επιθυμητή κίνηση οχημάτων. Τα απαραίτητα στοιχεία καταχωρούνται στο πρόγραμμα υπό μορφή μοντέλου απλής διαδρομής.

Στην πραγματική λειτουργία, η έλξη των τροχών ίσως να είναι χαμηλότερη απ' ό,τι απαιτείται για να διατηρήσει το ορισμένο ποσοστό πλευρικής επιτάχυνσης κατά μήκος της διαδρομής σταθερής κατάστασης (με άλλα λόγια, το όχημα θα μπορούσε να γίνει ασταθές). Σε αυτήν την περίπτωση ο καθορισμένος συντελεστής τριβής είναι πάρα πολύ υψηλός (η κατάσταση έχει αξιολογηθεί πάρα πολύ αισιόδοξα σχετική με την πραγματική κατάσταση). Η λειτουργία ελέγχου της γωνίας πλευρικής ολίσθησης πρέπει να επέμβει για να μειώσει την πλευρική επιτάχυνση ώστε να συγκρατηθεί το όχημα στην προκαθορισμένη φυσικά εφικτή διαδρομή.

Παραδείγματος χάριν, εάν ένα όχημα παρουσιάσει υποστροφή ενώ πλησιάζει σε μια δεξιά καμπύλη, και το προσδιορισμένο ποσοστό παρεκκλίσεων ξεπερνιέται (το όχημα εκδηλώνει μια τάση να περιστραφεί γύρω από τον κάθετο άξονά του), αποκρίνεται το ESP με το φρενάρισμα της αριστερής μπροστινής ρόδας για να παραχθεί μια καθορισμένη ολίσθηση φρένων που μετατοπίζει τη στιγμή παρεκκλίσεων προς μεγαλύτερη αριστερόστροφη περιστροφή καταστέλλοντας έτσι την τάση του οχήματος να διαφύγει.



Σχήμα 3.32: Απλοποιημένο block διάγραμμα που απεικονίζει τον ESP ελεγκτή και τις μεταβλητές εισόδου και εξόδου.  
 [Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction) ,Bosch, 1999]

iv. Λειτουργίες ελεγκτή ESP κατά τη διάρκεια λειτουργίας των ABS και TCS.

Ολόκληρο το φάσμα των ελεγχόμενων και κατ' εκτίμηση στοιχείων αναμεταδίδεται στους κατώτερους ελεγκτές για συνεχή επεξεργασία. Αυτό εγγυάται τη μέγιστη εκμετάλλευση της διαθέσιμης έλξης μεταξύ ρόδας και οδικής επιφάνειας για τις βασικές λειτουργίες ABS και TCS υπό όλες τις συνθήκες λειτουργίας.

Κατά τη διάρκεια της ενεργούς λειτουργίας ABS (με τους τροχούς να τείνουν να κλειδώσουν) ο ESP ελεγκτής παρέχει στον κατώτερο ελεγκτή ολίσθησης φρένων τα ακόλουθα στοιχεία:

- Πλευρική ταχύτητα οχήματος,
- Ποσοστό παρέκκλισης,
- Γωνία τιμονιού, και
- Ταχύτητες τροχών ως θεμέλιο για την παροχή της επιθυμητής ολίσθησης ABS.

Όταν το TCS είναι ενεργό (τροχοί που απειλούν να εισέλθουν σε ανεξέλεγκτο σπινάρισμα όταν ξεκινούν ή κατά τη διάρκεια κυλιόμενης επιτάχυνσης) ο ESP ελεγκτής διαβιβάζει τα ακόλουθα στοιχεία στον κατώτερο ελεγκτή TCS:

- Μέση απόλυτη τιμή ολίσθησης της κίνησης,
- Πεδίο ανοχής ολίσθησης, και
- Ροπή κλειδώματος φρένων που απαιτείται για να παρέχει την απαραίτητη στιγμή παρεκκλίσεων.

### Επίπεδο 2 ελεγκτή ABS.

#### i. Σκοπός.

Ο ιεραρχικά υπαγόμενος ελεγκτής ABS τίθεται σε λειτουργία όποτε το επιθυμητό ποσοστό ολίσθησης ξεπερνιέται κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος, και γίνεται απαραίτητο για το ABS να επέμβει. Κατά τη διάρκεια του ABS και του "ενεργού" φρεναρίσματος, ο έλεγχος κλειστού βρόγχου των ποσοστών ολίσθησης των τροχών όπως εφαρμόζεται για τις διάφορες λειτουργίες δυναμικής επέμβασης πρέπει να είναι όσο το δυνατόν ακριβέστερος. Το σύστημα χρειάζεται τα ακριβή στοιχεία όσον αφορά την ολίσθηση ως προϋπόθεση για το σχηματισμό συγκεκριμένων ποσοστών ολίσθησης. Πρέπει να επισημανθεί ότι το σύστημα δεν μετρά άμεσα τη γραμμική ταχύτητα του οχήματος. Αντιθέτως, αυτή η παράμετρος προέρχεται από το ρυθμό περιστροφής του τροχού.

#### ii. Σχεδιασμός και μέθοδος λειτουργίας.

Με ένα σύντομο φρενάρισμα ενός τροχού, ο ελεγκτής ABS εκτελεί μια έμμεση μέτρηση της ταχύτητας του οχήματος. Αυτό διακόπτει τον έλεγχο ολίσθησης για να χαμηλώσει την παρούσα ροπή φρεναρίσματος από μια καθορισμένη προσαύξηση. Η ροπή διατηρείται έπειτα σε αυτό το επίπεδο για μια δεδομένη περίοδο. Υποθέτοντας ότι ο τροχός έχει σταθεροποιηθεί και γυρίζει ελεύθερα χωρίς ολίσθηση στο τέλος αυτής της περιόδου, αυτό μπορεί να χρησιμεύσει ως μια κατάλληλη πηγή για τον καθορισμό της ταχύτητας τροχών (χωρίς ολίσθηση).

Η υπολογιζόμενη ταχύτητα στο κέντρο βάρους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθορίσει τις αποτελεσματικές ταχύτητες τροχών (που κυλούν ελεύθερα) και στους τέσσερις τροχούς.

Αυτά τα στοιχεία, στη συνέχεια, διαμορφώνουν τη βάση για τον υπολογισμό των πραγματικών ποσοστών ολίσθησης στους υπόλοιπους τρεις ελεγχόμενους τροχούς.

### Επίπεδο 2 ελεγκτής ροπής έλξης κινητήρα (MSR).

#### i. Σκοπός.

Μετά από τα κατεβάσματα ταχυτήτων και όταν ξαφνικά ελευθερώνεται ο επιταχυντής, η αδράνεια των κινούμενων μερών της μηχανής ασκεί πάντα έναν βαθμό δύναμης φρεναρίσματος στους κινητήριους τροχούς. Μόλις αυξηθούν αυτή η δύναμη και η αντίστοιχη ροπή αντίδρασης πέρα από ένα ορισμένο επίπεδο, τα ελαστικά θα χάσουν τη δυνατότητά τους να μεταφέρουν τα προκύπτοντα φορτία στο δρόμο. Ο έλεγχος ροπής έλξης της μηχανής επεμβαίνει υπό αυτές τις συνθήκες (με "ήπια" επιτάχυνση της μηχανής).

#### ii. Σχεδιασμός και μέθοδος λειτουργίας.

Παράγοντες όπως οι παραλλαγές στο χαρακτήρα της οδικής επιφάνειας μπορούν να οδηγήσουν σε συνθήκες κάτω από τις οποίες η ροπή φρεναρίσματος της μηχανής είναι ξαφνικά πάρα πολύ υψηλή. Το αποτέλεσμα είναι τάση των τροχών να κλειδώσουν. Ένα

διαθέσιμο αντίμετρο είναι η συνετή εφαρμογή ρυθμιστικών βαλβίδων. Εδώ, η ECU διαβιβάζει σήματα για να προκαλέσει τους αντίστοιχους ενεργοποιητές στο σύστημα διαχείρισης του κινητήρα (με τη λειτουργία ETC) για μια αύξηση στη ροπή κίνησης.

Η επέμβαση σε επίπεδο διαχείρισης του κινητήρα υιοθετείται για να ρυθμίσει τον κινητήριο τροχό μέσα σε καθορισμένα όρια.

## Επίπεδο 2 ελεγκτή TCS.

### i. Σκοπός.

Ο ιεραρχικά υπαγόμενος ελεγκτής TCS προκαλείται σε περίπτωση υπερβολικής ολίσθησης των τροχών κατά τη διάρκεια (παραδείγματος χάριν) της εκκίνησης από στάθμευση και κατά τη διάρκεια κυλιόμενης επιτάχυνσης όταν αυτό γίνεται απαραίτητο για το TCS να επέμβει. Το TCS προορίζεται να αποτρέψει τους κινητήριους τροχούς από ένα ελεύθερο σπινάρισμα. Λειτουργεί περιορίζοντας τη ροπή της μηχανής σε ένα επίπεδο που αντιστοιχεί στη ροπή κίνησης που οι τροχοί μπορούν να μεταφέρουν στην οδική επιφάνεια.

Ενώ η στρατηγική επέμβασης στους κινητήριους τροχούς μπορεί να στηριχθεί στην εφαρμογή των φρένων, άλλες επιλογές περιλαμβάνουν το σύστημα διαχείρισης του κινητήρα στη διαδικασία. Το τελευταίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εμποδίσει το σπινάρισμα των τροχών παραλλάσσοντας το άνοιγμα των βαλβίδων, καταστέλλοντας τους μεμονωμένους παλμούς εγχύσεων, ή τροποποιώντας το συγχρονισμό ανάφλεξης.

Το ενεργό φρενάρισμα στους μη κινητήριους τροχούς κυβερνάται άμεσα από τον ελεγκτή ABS. Έναντι του ABS, το TCS λαμβάνει τις πρόσθετες μεταβλητές αναφοράς (εντολή) από τον ESP ελεγκτή. Αυτές είναι οι προσδιορισμένες τιμές για το μέσο όρο των απόλυτων ποσοστών ολίσθησης και για τους δύο κινητήριους τροχούς, και η προσδιορισμένη ροπή μπλοκαρίσματος που χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει άμεσα τη στιγμή παρεκκλίσεων.

### ii. Σχεδιασμός.

Η προσδιοριζόμενη ταχύτητα του άξονα στήριξης και τα διαφορετικά στοιχεία των ταχυτήτων των τροχών υπολογίζονται από τις ταχύτητες που αντιστοιχούν στους παραπλέοντες τροχούς. Η ταχύτητα του άξονα στήριξης και οι διαφορετικές μεταβλητές αναφοράς των ταχυτήτων των τροχών (εντολή) προέρχονται από τις ταχύτητες των τροχών κίνησης.

### iii. Μέθοδος λειτουργίας.

Η μονάδα TCS υπολογίζει την επιθυμητή ροπή φρεναρίσματος και για τους δύο κινητήριους τροχούς, καθώς επίσης και την επιθυμητή ροπή κινητήρα, και την επιθυμητή μείωση της ροπής του κινητήρα που εφαρμόζεται από τη διαχείριση κινητήρα ECU αλλάζοντας το συγχρονισμό ανάφλεξης. Σαν συμπληρωματική επιλογή, μπορεί επίσης να προσδιορίσει τον αριθμό των κυλίνδρων στον οποίο η έγχυση καυσίμων θα κατασταλεί για μια δεδομένη περίοδο (λειτουργία καταστολής εγχύσεων).

Επειδή η ταχύτητα του άξονα στήριξης επηρεάζεται από τις δυνάμεις αδράνειας που προέρχονται από το σύστημα κίνησης σαν σύνολο (μηχανή, μετάδοση, κινητήριοι τροχοί, και ο ίδιος ο άξονας στήριξης), μια σχετικά μεγάλη χρονική σταθερά υιοθετείται για να περιγράψει τον αντίστοιχο αργό ρυθμό της δυναμικής αντίδρασης του. Αντίθετα, η χρονική σταθερά για τη διαφορά ταχύτητας τροχού είναι σχετικά μικρή, απεικονίζοντας το γεγονός ότι οι αδρανείς δυνάμεις των ίδιων των τροχών είναι ουσιαστικά ο μόνος καθοριστικός παράγοντας για τη δυναμική αντίδρασή τους. Ένας άλλος σχετικός

παράγοντας είναι ότι η διαφορά ταχύτητας τροχού – όχι σαν την ταχύτητα του άξονα στήριξης – δεν επηρεάζεται από τη μηχανή.

Οι ροπές που ορίζονται για τον άξονα στήριξης και η διαφορά ταχυτήτων του τροχού λαμβάνονται ως βάση για τον προσδιορισμό των δυνάμεων τοποθέτησης των ενεργοποιητών. Το σύστημα επιτυγχάνει συγκεκριμένη διαφορά στη ροπή φρεναρίσματος μεταξύ αριστερών και δεξιών κινητήριων τροχών με τη διαβίβαση των κατάλληλων σημάτων ελέγχου στις βαλβίδες στον υδραυλικό διαμορφωτή.

Οι ροπές του κινητήριου άξονα είναι ρυθμισμένες στο επιθυμητό επίπεδο χρησιμοποιώντας συμμετρικό φρενάρισμα καθώς και επέμβαση στη μηχανή. Οι ρυθμίσεις που λαμβάνονται μέσω της ρυθμιστικής βαλβίδας είναι σχετικά αργές να δώσουν αποτέλεσμα (καθυστερεί και η αντίδραση μετάβασης της μηχανής). Η επιβράδυνση του συγχρονισμού ανάφλεξης και, ως περαιτέρω επιλογή, η εκλεκτική καταστολή των παλμών έγχυσης υιοθετούνται για τη γρήγορη επέμβαση βασισμένη στον κινητήρα, ενώ το συμμετρικό φρενάρισμα μπορεί να εφαρμοστεί για τη συνοπτική μεταβατική υποστήριξη της μείωσης ροπής της μηχανής.

### 3.3.3.4 Συμπληρωματικές λειτουργίες.

#### Βοηθητικό σύστημα φρένων.

##### i. Απαιτήσεις.

Το βοηθητικό σύστημα φρένων υποστηρίζει τον οδηγό κατά τη διάρκεια των "στάσεων πανικού" (σχήμα 3.33) με τη δυνατότητά του να αυξάνει την πίεση φρεναρίσματος σε επίπεδα πέρα από εκείνα που υποδεικνύονται απλώς από την πίεση του πεντάλ του οδηγού. Το πρώτο βήμα προς την πρόκληση του βοηθού φρεναρίσματος εμφανίζεται όταν το σύστημα καταχωρεί την απαίτηση του οδηγού για φρενάρισμα (πίεση πεντάλ) και τα ελεγχόμενα στοιχεία αναμεταδίδονται στην ECU. Ο στόχος είναι να εξασφαλίσει ότι ακόμη και οι άπειροι οδηγοί θα είναι σε θέση να ανταποκριθούν στις κρίσιμες καταστάσεις με την ακινητοποίηση των οχημάτων τους στην συντομότερη πιθανή απόσταση (σχήμα 3.33).

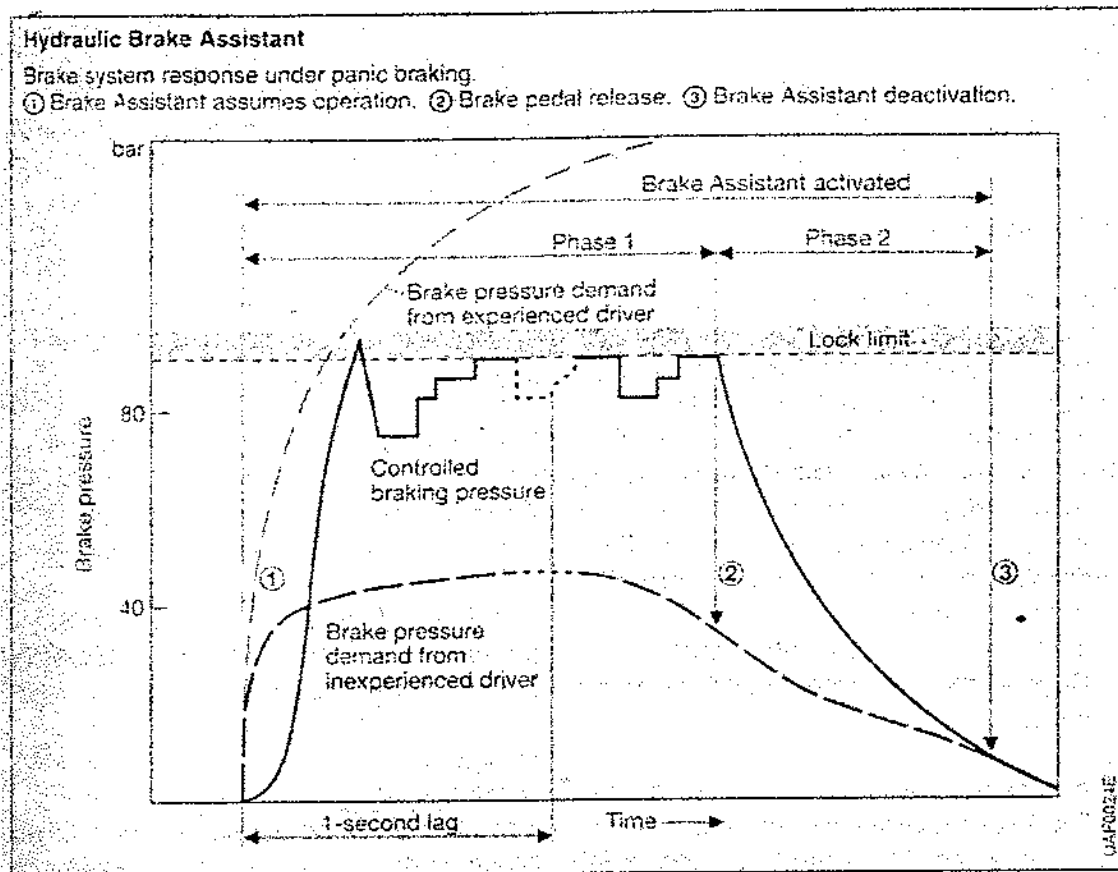
##### ii. Λειτουργίες.

Οι λειτουργίες του βοηθού φρεναρίσματος είναι οι ακόλουθες:

- Αναγνώριση του φρεναρίσματος πανικού ως προόμιο στην αύξηση της πίεσης φρεναρίσματος στους τροχούς πέρα από το επίπεδο που υποδεικνύεται από την απαίτηση του οδηγού. Η πίεση φρεναρίσματος αυξάνεται έως ότου όλοι οι τροχοί φτάσουν στο κατώφλι του κλειδώματος και το ABS μπαίνει σε ενέργεια και επεμβαίνει.
- Αναγνώριση του τέλους του φρεναρίσματος πανικού έτσι ώστε το σύστημα να μπορεί να μειώσει την πίεση φρεναρίσματος σε επίπεδο που αντιστοιχεί στην απαίτηση του οδηγού στο πεντάλ.

##### iii. Σχεδιασμός και μέθοδος λειτουργίας του «υδραυλικού βοηθητικού συστήματος φρένων.

Καθώς ο οδηγός πιέζει το πεντάλ του φρένου, βασισμένο στις προκύπτουσες παραλλαγές πίεσης στον κύριο κύλινδρο, η ECU καθορίζει την απαίτηση του οδηγού και, εφόσον ενδείκνυται, το γεγονός ότι απαιτείται μια στάση πανικού. Ο σχετικός αισθητήρας πίεσης επικολλείται άμεσα στον υδραυλικό διαμορφωτή.



**Σχήμα 3.33: Υδραυλική βοήθεια φρένου.**

Το σύστημα φρένων ανταποκρίνεται σε φρενάρισμα πανικού.  
 1 Η βοήθεια φρένου ενεργοποιείται, 2 Απελευθέρωση πεντάλ φρένου,  
 3 Απενεργοποίηση βοήθειας φρένου.

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction) ,Bosch, 1999]

Το βοηθητικό σύστημα φρένων ενεργοποιείται μόλις η μετρούμενη πίεση και ο ρυθμός αλλαγής πίεσης αυξηθούν πέρα από τα καθορισμένα όρια (σχήμα 3.33, φάση 1).

Υπό την ενεργοποίηση του βοηθητικού συστήματος φρένων, τα φρένα και στους τέσσερις τροχούς είναι πιεσμένα ακριβώς στο κατώφλι του κλειδώματος των τροχών χρησιμοποιώντας μια συσκευή όπως ο υδραυλικός διαμορφωτής ESP ο οποίος αυξάνει την πίεση φρεναρίσματος:

- Χωριστά σε κάθε τροχό, και
- Πέρα από το επίπεδο που ορίζεται από την προσφορά του οδηγού.

Η λειτουργική έννοια πίσω από αυτήν την ενεργή αύξηση πίεσης φρεναρίσματος είναι η ίδια με αυτήν που χρησιμοποιείται για το ηλεκτρονικό πρόγραμμα σταθερότητας ESP. Μόλις αυξηθεί η πίεση φρεναρίσματος πέρα από το κατώφλι κλειδώματος, ο ιεραρχικά κατώτερος ελεγκτής, ABS δραστηριοποιείται για να ρυθμίσει τους ρυθμούς ολίσθησης των τροχών για την ιδανική εκμετάλλευση των πιθανοτήτων φρεναρίσματος. Όταν η μετρούμενη πίεση πέφτει κάτω από ένα καθορισμένο επίπεδο (απελευθέρωση του πεντάλ του φρένου) το σύστημα το αναγνωρίζει αυτό σαν μια νέα προσφορά του οδηγού και αντιδρά αρχίζοντας την μείωση της δύναμης φρεναρίσματος (σχήμα 3.33, φάση 2). Σε αυτό το σημείο μια νέα στρατηγική ελέγχου τίθεται σε ισχύ. Ο αναθεωρημένος στόχος είναι να εξομοιωθεί τώρα η πρόοδος που υποδεικνύεται από το μετρούμενο σήμα πίεσης για να παρέχει στον οδηγό μια ομαλή επιστροφή στον πρότυπο τρόπο φρεναρίσματος.

Το βοηθητικό σύστημα φρένων είναι απενεργοποιημένο όταν η ενισχυμένη πίεση φρεναρίσματος φτάνει στην προσδιορισμένη αξία, ή μόλις το σήμα πίεσης δείξει ότι η πίεση έχει πέσει κάτω από ένα προγραμματισμένο επίπεδο (σχήμα 3.33, φάση 3). Ο οδηγός μπορεί να συνεχίσει χωρίς συμπληρωματική υποστήριξη.

iv. Η έννοια του σχεδίου και της λειτουργίας της «βαλβίδας έκτακτης ανάγκης».

Οι προθέσεις φρεναρίσματος του οδηγού καταχωρούνται από έναν μηχανισμό εγκατεστημένο στον ενισχυτή των φρένων. Το κανονικό φρενάρισμα χαρακτηρίζεται από πρότυπα επίπεδα ώθησης των φρένων (σχήμα 3.34, κορυφή).

Ο μηχανισμός αντιδρά στην απότομη πίεση του οδηγού στο πεντάλ του φρένου αλλάζοντας από την πρότυπη ώθηση (μεταξύ της δύναμης του οδηγού στο πεντάλ και της πίεσης φρεναρίσματος μέσα στον ενισχυτή/ μέσω του ενισχυτή) σε ένα πιο υψηλό επίπεδο ώθησης (σχήμα 3.34, βάση).

Αυτή η νέα καμπύλη ώθησης συνεχίζει να καθορίζει την πίεση φρεναρίσματος για όσο το βοηθητικό σύστημα φρένων παραμένει ενεργό. Με αυτό το σύστημα, η πίεση φρεναρίσματος είναι πάντα μια λειτουργία της δύναμης των πεντάλ.

Το βοηθητικό σύστημα φρένων είναι απενεργοποιημένο όταν ο οδηγός μειώνει την πίεση φρεναρίσματος κάτω από ένα συγκεκριμένο επίπεδο.

v. Σχεδιασμός και λειτουργία του «έξυπνου ενισχυτή».

Ο "έξυπνος ενισχυτής" καθορίζει την απαίτηση φρεναρίσματος του οδηγού μέσω της διαδρομής του πεντάλ και ενός διακόπτη απελευθέρωσης εγκατεστημένο στον ενισχυτή φρένων.

Η κανονική ώθηση του πεντάλ του φρένου έχει ως αποτέλεσμα την πρότυπη ώθηση (σχήμα 3.35, κορυφή), αλλά οι αλλαγές στη διαδρομή των πεντάλ που λαμβάνουν χώρα γρηγορότερα από ένα καθορισμένο ρυθμό θα ενεργοποιήσουν τον "έξυπνο ενισχυτή".

Μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ενσωματωμένη στον ενισχυτή φρένων ανοίγει σε απάντηση στην ενεργοποίηση του "έξυπνου ενισχυτή". Αυτό παράγει μια ξαφνική αύξηση στη δύναμη φρεναρίσματος, με την πίεση να συνεχίζεται μέχρι το επίπεδο που αντιστοιχεί στη μέγιστη βοήθεια του ενισχυτή (σχήμα 3.35, βάση).

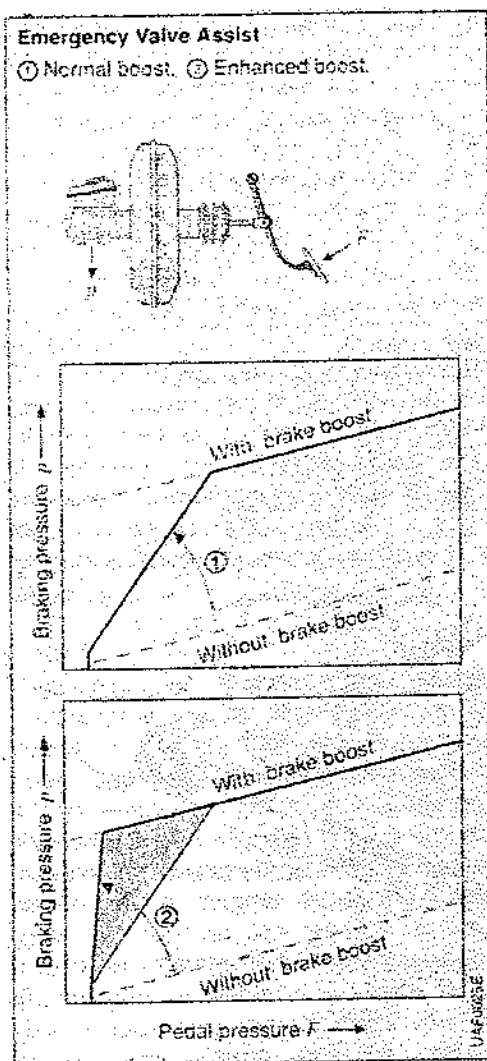
Μόλις η πίεση φρεναρίσματος ανέλθει στο κατώφλι κλειδώματος των τροχών, το ABS δραστηριοποιείται ώστε να ρυθμίσει τους ρυθμούς ολίσθησης των τροχών για την ιδανική εκμετάλλευση των πιθανοτήτων φρεναρίσματος.

Ο διακόπτης απελευθέρωσης απενεργοποιεί τον έξυπνο ενισχυτή όταν ο οδηγός χαμηλώνει την πίεση στο πεντάλ σε ένα επίπεδο κάτω από το σταθερό προσδιορισμένο επίπεδο (σχήμα 3.35, φάση 3). Ο οδηγός μπορεί τότε να συνεχίσει χωρίς συμπληρωματική υποστήριξη.

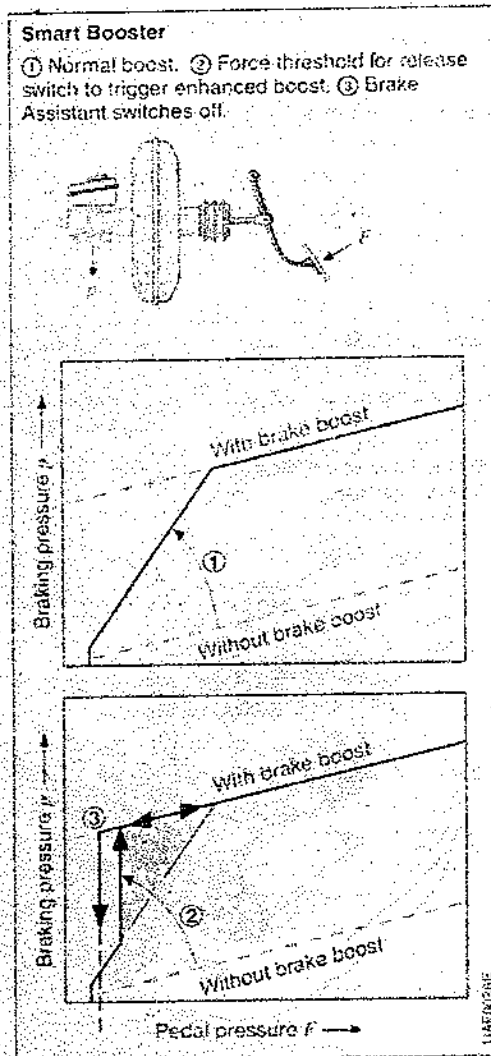
vi. Περαιτέρω εξελίξεις.

Το βοηθητικό σύστημα φρένων είναι ένα σύστημα με τη δυνατότητα να παράγει πρόσθετη δύναμη φρεναρίσματος για να υποστηρίξει τον οδηγό. Παρόλα αυτά, ο οδηγός πρέπει ακόμα να πιέσει το πεντάλ του φρένου για να επιβραδύνει το όχημα. Στο μέλλον θα εμφανιστούν συστήματα που θα μπορούν να φρενάρουν το όχημα αυτόματα χωρίς οποιαδήποτε ενέργεια από τη μεριά του οδηγού.





**Σχήμα 3.34: Βαλβίδα έκτακτης ανάγκης.**  
 1 Κανονική ενίσχυση,  
 2 Αυξημένη ενίσχυση.



**Σχήμα 3.35: Έξυπνος ενισχυτής.**  
 1 κανονική ενίσχυση, 2 Κατώφλι δύναμης  
 δύναμης για απελευθέρωση διακόπτη που  
 ενεργοποιεί την αυξημένη ενίσχυση.

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]

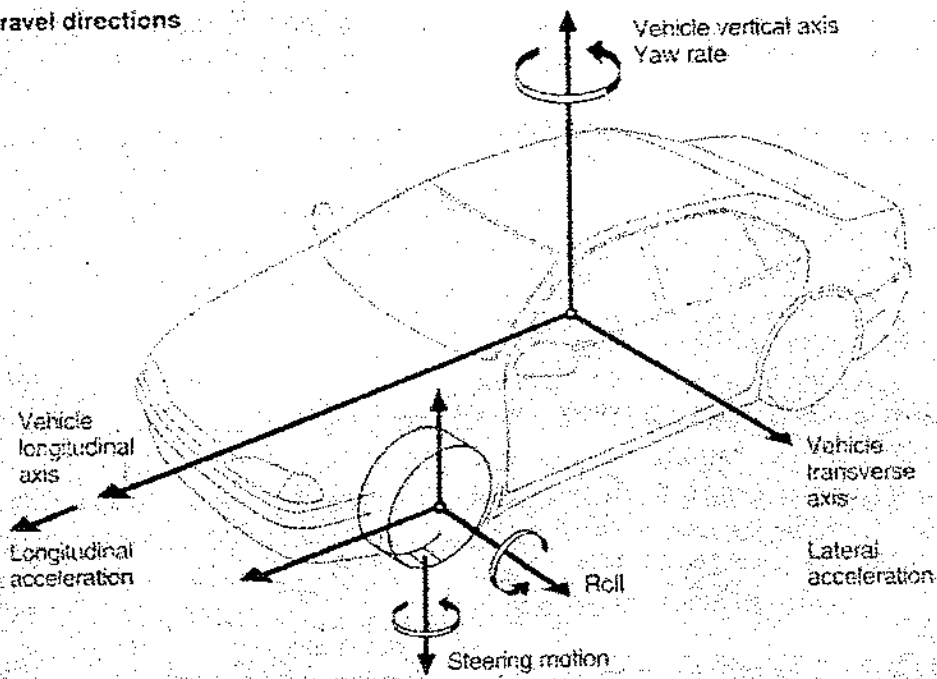
### 3.4 Χρήση του ηλεκτρονικού προγράμματος ευστάθειας ESP – Αποτελέσματα – Συντήρηση.

#### 3.4.1 Ευστάθεια οχημάτων.

Ο ικανοποιητικός χειρισμός καθορίζεται σύμφωνα με το εάν ένα όχημα διατηρεί μια πορεία που απεικονίζει ακριβώς τη γωνία διεύθυνσης ενώ συγχρόνως παραμένει σταθερό. Για να ικανοποιήσει αυτό το κριτήριο σταθερότητας, το όχημα πρέπει να παραμείνει με συνέπεια ασφαλές και σταθερό, χωρίς "όργωμα" ή διαφυγή.

Η δυναμική πλευρική ανταπόκριση είναι ένας κρίσιμος παράγοντας στη γενική εξίσωση. Το πρότυπο απόκρισης καθορίζεται με βάση την πλευρική κίνηση του οχήματος (γωνία επίπλευσης) και την τάση του να περιστραφεί γύρω από τον κάθετο άξονά του που επεκτείνεται προς τα πάνω από την οδική επιφάνεια και μέσω του κάθετου επιπέδου του οχήματος (ποσοστό παρεκκλίσεων, σχήμα 3.36).

Vehicle travel directions

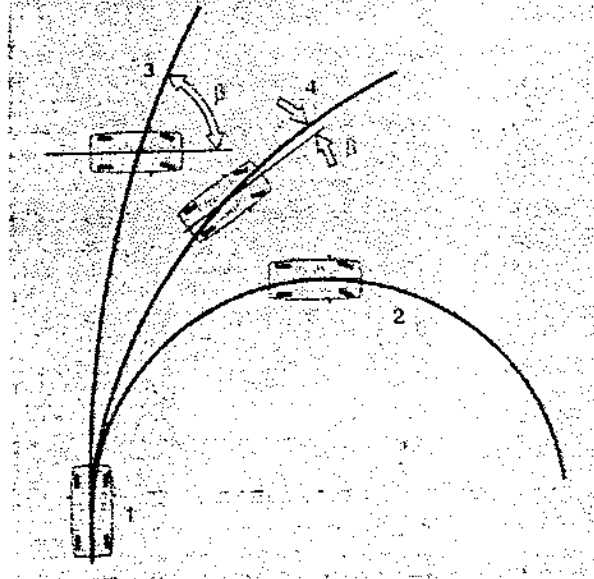


Σχήμα 3.36: Διευθύνσεις πορείας οχήματος.

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction) ,Bosch, 1999]

#### Dynamic lateral response

- 1 Steering input, fixed steering angle,
- 2 Vehicle path on high-grip surface,
- 3 Vehicle path on low-grip surface with yaw-rate control,
- 4 Vehicle path on low-grip surface with supplementary control of drift angle  $\beta$  (ESP).



Σχήμα 3.37: Δυναμική πλευρική απόκριση.

- 1 Είσοδος διεύθυνσης, σταθερή γωνία διεύθυνσης,
- 2 Πορεία οχήματος σε επιφάνεια υψηλής πρόσφυσης,
- 3 Πορεία οχήματος σε επιφάνεια χαμηλής πρόσφυσης με έλεγχο ροπής,
- 4 Πορεία οχήματος σε επιφάνεια χαμηλής πρόσφυσης με επιπρόσθετο έλεγχο της γωνίας εκτροπής  $\beta$  (ESP).

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction) ,Bosch, 1999]

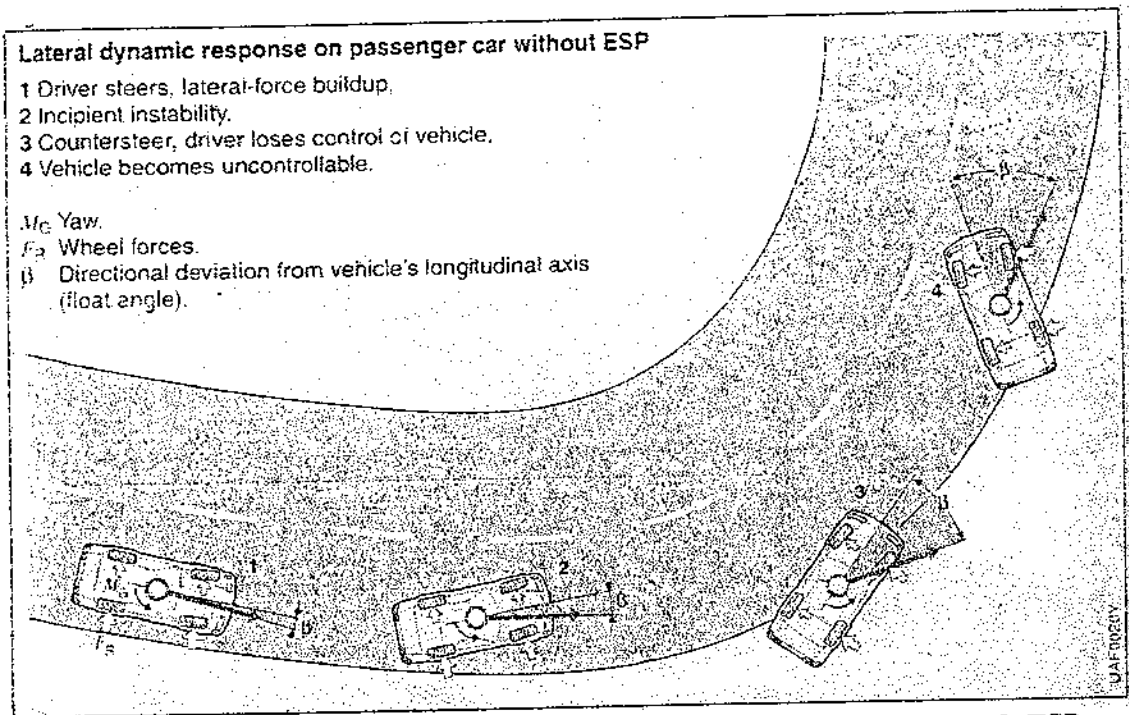
Το σχήμα 3.37 επεξηγεί τη δυναμική πλευρική αντίδραση ενός οχήματος κινούμενου με μια σταθερή γωνία διεύθυνσης (ασταθής κυκλοφορία). Η θέση 1 αντιπροσωπεύει τη στιγμή που εφαρμόζεται η είσοδος διεύθυνσης. Η καμπύλη 2 είναι η πορεία του οχήματος που ακολουθεί σε μια οδική επιφάνεια υψηλής έλξης – αυτή η διαδρομή είναι μια ακριβής αντανάκλαση της γωνίας διεύθυνσης. Αυτό το πρότυπο μπορεί να προσδοκηθεί ακίνδυνα εφ' όσον παραμένουν οι δυνάμεις της πλευρικής επιτάχυνσης κάτω από εκείνες που αντιπροσωπεύονται από το συντελεστή ολίσθησης μεταξύ των τροχών και του δρόμου (έλξη). Μόλις φθάσει το όχημα στο όριο έλξης του (εξ αιτίας ολισθηρής οδικής επιφάνειας, κ.λ.π.) η γωνία επίπλευσης γίνεται υπερβολική (καμπύλη 3). Αν και με ελεγχόμενο ποσοστό παρεκκλίσεων, το όχημα θα περιστραφεί εξίσου μακριά γύρω από τον κάθετο άξονά του όπως στην καμπύλη 2, η μεγαλύτερη γωνία επίπλευσης είναι τώρα μια πιθανή πηγή αστάθειας. Γι' αυτό το ESP ενσωματώνει τον έλεγχο κλειστού βρόγχου και του ποσοστού παρεκκλίσεων και της γωνίας επίπλευσης  $\beta$  (καμπύλη 4).

### 3.4.2 Σύγκριση οχημάτων που διαθέτουν ESP και οχημάτων που δεν διαθέτουν ESP.

Το ηλεκτρονικό πρόγραμμα σταθερότητας είναι ένα σύστημα που στηρίζεται στο σύστημα πέδησης του οχήματος ως εργαλείο για «τη διεύθυνση» του οχήματος. Όταν η λειτουργία ελέγχου σταθερότητας αναλαμβάνει το χειρισμό μετατοπίζει τις προτεραιότητες που κυβερνούν το σύστημα φρένων. Η βασική λειτουργία των φρένων των τροχών – για να επιβραδύνουν ή/και να σταματήσουν το όχημα – παίρνει δευτερεύουσα σημασία καθώς το ESP επεμβαίνει για να κρατήσει σταθερό το όχημα και την πορεία, ανεξάρτητα από τις συνθήκες.

Συγκεκριμένη επέμβαση φρεναρίσματος απευθύνεται σε μεμονωμένους τροχούς (όπως στο αριστερό οπίσθιο τμήμα για να αντιμετωπίσει την υποστροφή, ή το δεξί μπροστινό κατά τη διάρκεια υπερστροφής, όπως φαίνεται στα σχήματα 3.38 και 3.39). Για τη βέλτιστη εφαρμογή των στόχων σταθερότητας, το ESP όχι μόνο αρχίζει την επέμβαση στο φρενάρισμα, αλλά μπορεί επίσης να επέμβει από την πλευρά του κινητήρα για να επιταχύνει τους κινητήριους τροχούς.

Επειδή αυτή η "μεροληπτική" έννοια ελέγχου στηρίζεται σε δύο μεμονωμένες στρατηγικές επέμβασης, το σύστημα έχει δύο δυνατότητες για «τη διεύθυνση» του οχήματος: μπορεί να φρενάρει επιλεγμένους τροχούς (επιλεκτικό φρενάρισμα) ή να επιταχύνει τους κινητήριους τροχούς. Μέσα στα αμετάβλητα όρια που επιβάλλονται από τους νόμους της φυσικής, το ESP κρατάει το όχημα στο δρόμο και μειώνει τον κίνδυνο ατυχήματος και ανατροπής. Το σύστημα ενισχύει την οδική ασφάλεια με τον εφοδιασμό του οδηγού με αποτελεσματική υποστήριξη. Θα περιορίσουμε τώρα το πεδίο εστίασής μας για να επικεντρωθούμε στη σύγκριση τεσσάρων παραδειγμάτων οχημάτων με και χωρίς ESP κατά τη διάρκεια της λειτουργίας «στο όριο». Κάθε ένας από τους εικονιζόμενους ελιγμούς οδήγησης απεικονίζει τις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας, και είναι βασισμένος στα προγράμματα προσομοίωσης που σχεδιάζονται χρησιμοποιώντας στοιχεία από τη δοκιμή οχημάτων. Τα αποτελέσματα έχουν επιβεβαιωθεί στις επόμενες οδικές δοκιμές.

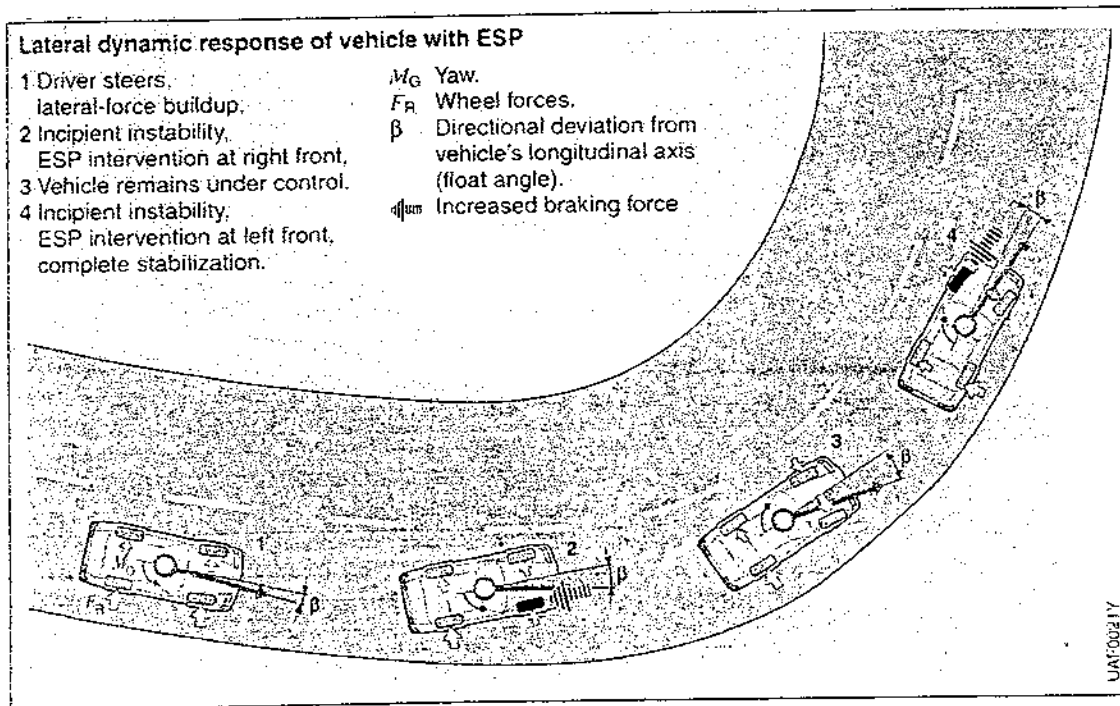


**Σχήμα 3.38: Πλευρική δυναμική απόκριση σε επιβατικό αυτοκίνητο χωρίς ESP.**

- 1 Ο οδηγός στρίβει – ανάπτυξη πλευρικής δύναμης, 2 Αρχόμενη αστάθεια,
- 3 Υπερστροφή – ο οδηγός χάνει τον έλεγχο του οχήματος, 4 Το όχημα δε μπορεί να ελεγχθεί.

$M_G$  Ροπή,  $F_R$  Δυνάμεις τροχών,  $\beta$  Παρέκλιση κατεύθυνσης από τον διαμήκη άξονα του οχήματος (γωνία επίπλευσης).

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction) ,Bosch, 1999]



**Σχήμα 3.39: Πλευρική δυναμική απόκριση οχήματος με ESP.**

1 Ο οδηγός στρίβει – ανάπτυξη πλευρικής δύναμης, 2 Αρχόμενη αστάθεια – παρέμβαση ESP δεξιά μπροστά, 3 Το όχημα παραμένει υπό έλεγχο, 4 Αρχόμενη αστάθεια – παρέμβαση ESP αριστερά μπροστά – ολοκλήρωση σταθεροποίησης.  $M_G$  Ροπή,  $F_R$  Δυνάμεις τροχών,  $\beta$  Παρέκλιση κατεύθυνσης από τον διαμήκη άξονα του οχήματος (γωνία επίπλευσης), Διαγραμμισμένο βέλος: αυξημένη δύναμη πέδησης

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction) ,Bosch, 1999]

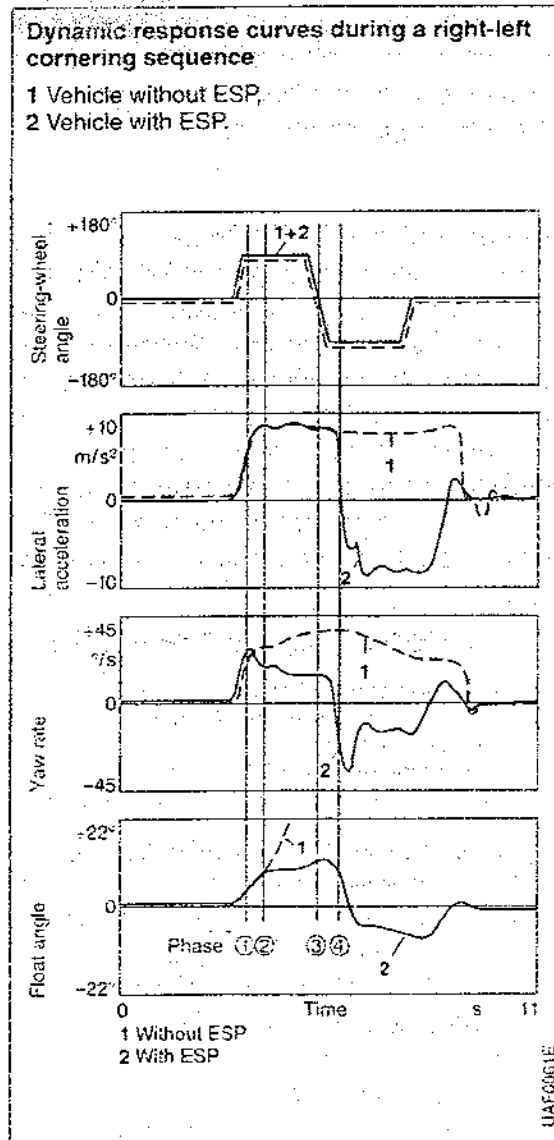
### 3.4.2.1 Γρήγορη διεύθυνση και υπερστροφή.

Αυτό το είδος κατάστασης αντιμετωπίζεται συχνά στην καθημερινή οδήγηση. Απεικονίζει πραγματικούς ελιγμούς όπως αλλαγές παρόδων και απότομες εισόδους διεύθυνσης όπως

- Ίσως αναμένεται (παραδείγματος χάριν) όταν ένα όχημα κινείται πάρα πολύ γρήγορα όταν μπαίνει σε μια σειρά διαδοχικών καμπύλων S, ή
- να πρέπει να ξεκινήσει όταν, με την επικείμενη κυκλοφορία, εμφανίζεται ξαφνικά ένα εμπόδιο σε έναν επαρχιακό δρόμο, και
- απαραίτητα όταν πρέπει να απορριφθεί ξαφνικά ένας ελιγμός προσπέρασης.

Τα σχήματα 3.40 και 3.41 καταδεικνύουν την αντίδραση χειρισμού δύο οχημάτων (με και χωρίς ESP) που διαπραγματεύονται μια σειρά καμπύλων S με γρήγορη οδήγηση και εισόδους υποστροφής

- Σε μια οδική επιφάνεια υψηλής έλξης ( $\mu_{HF}=1$ ),
- Χωρίς φρενάρισμα οδηγού,
- Αρχική ταχύτητα: 144 χλμ./ώρα (90 mph).

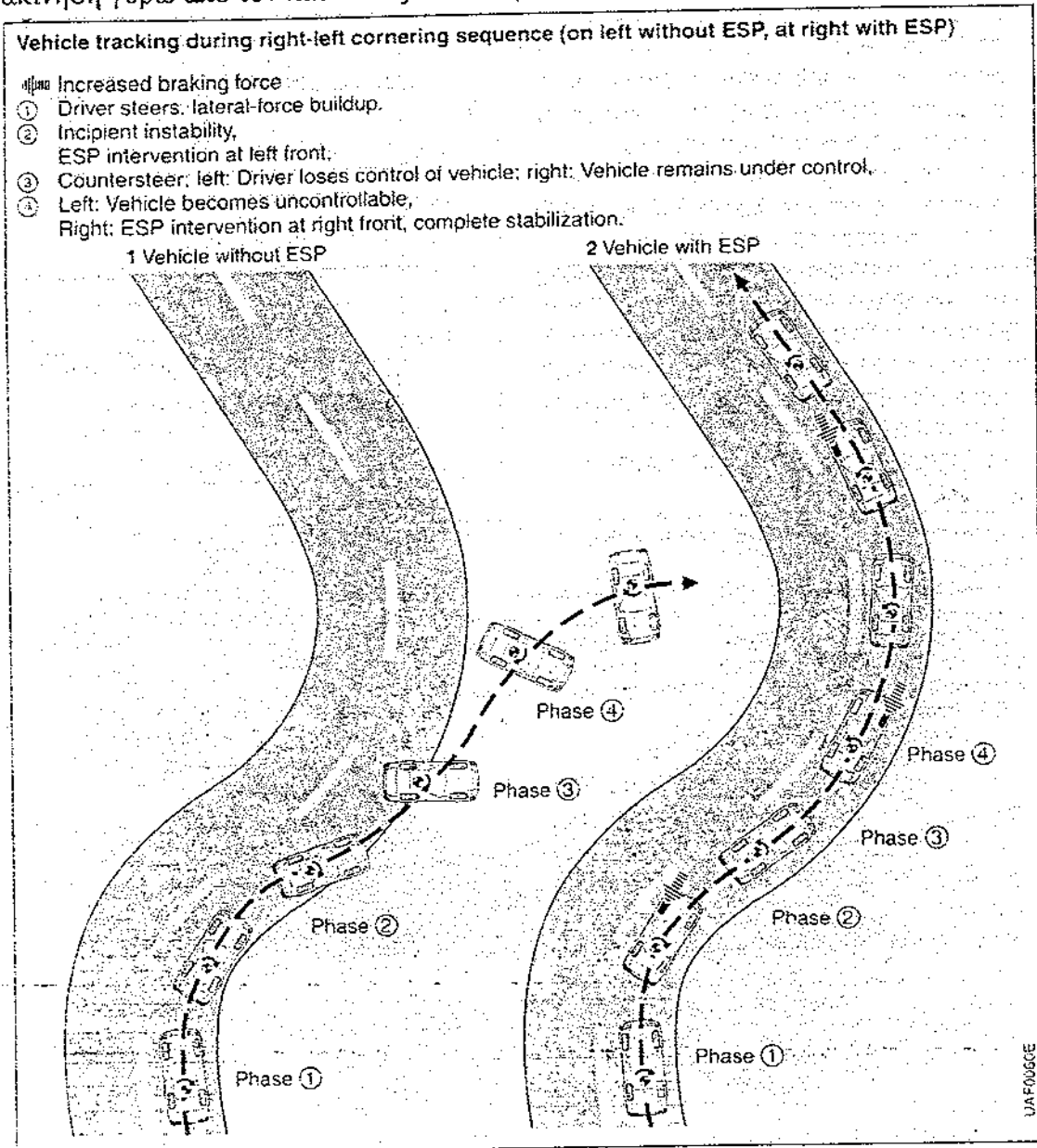


Σχήμα 3.40: Καμπύλες δυναμικής απόκρισης κατά τη διάρκεια μιας δεξιάς - αριστερής στροφής.  
1 Οχημα χωρίς ESP, 2 Οχημα με ESP.

Αρχικά, καθώς πλησιάζουν την καμπύλη S, οι συνθήκες και για τα δύο οχήματα, και οι αντιδράσεις τους, είναι ίδιες. Κατόπιν έρχονται οι πρώτες εισόδους διεύθυνσης από τους οδηγούς (φάση 1).

Όχημα χωρίς ESP (σχήμα 3.41, στα αριστερά).

Όπως μπορούμε να δούμε, στην περίοδο που ακολουθεί την αρχική, η απότομη είσοδος διεύθυνσης του οχήματος χωρίς ESP απειλεί ήδη να γίνει ασταθής (φάση 2). Εκτιμώντας ότι η είσοδος διεύθυνσης έχει παραγάγει ξαφνικά ουσιαστικές πλευρικές δυνάμεις στους μπροστινούς τροχούς, υπάρχει μια καθυστέρηση προτού αρχίσουν να παράγουν οι οπίσθιοι τροχοί παρόμοιες δυνάμεις. Το όχημα αντιδρά με μια δεξιόστροφη μετακίνηση γύρω από τον κάθετο άξονά του (εσωτερική παρέκκλιση).



**Σχήμα 3.41: Πορεία οχήματος κατά τη διάρκεια μια δεξιάς - αριστερής στροφής (στα δεξιά χωρίς ESP, στα αριστερά με ESP).**

Διαγραμμισμένο βέλος: αυξημένη δύναμη πέδησης.

1 Ο οδηγός στρίβει - ανάπτυξη πλευρικής δύναμης, 2 Αρχόμενη αστάθεια - παρέμβαση ESP δεξιά μπροστά, 3 Υπερστροφή - δεξιά: ο οδηγός χάνει τον έλεγχο του οχήματος - αριστερά: το όχημα παραμένει υπό έλεγχο, 4 Δεξιά: το όχημα δεν μπορεί να ελεγχθεί - Αριστερά: παρέμβαση ESP δεξιά μπροστά, ολοκλήρωση σταθεροποίησης.

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]

Το επόμενο στάδιο είναι η φάση 3 με τη δεύτερη είσοδο διεύθυνσης. Το όχημα χωρίς ESP αποτυγχάνει να αποκριθεί στην προσπάθεια του οδηγού στο countersteer, και χάνει τον έλεγχο. Το ποσοστό παρεκκλίσεων και η γωνία πλευρικής ολίσθησης αυξάνει ριζικά, και το όχημα ολισθαίνει (φάση 4).

#### Όχημα με ESP (σχήμα 3.41, στα δεξιά).

Σε αυτό το όχημα το ESP φρενάρει την αριστερή μπροστινή ρόδα για να αντιμετωπίσει την απειλή της αστάθειας (φάση 2) που ακολουθεί την αρχική είσοδο διεύθυνσης. Μέσα στο γενικό πλαίσιο ESP αυτό αναφέρεται ως ενεργό φρενάρισμα, και προχωρά χωρίς οποιαδήποτε επέμβαση από μέρος του οδηγού.

Αυτή η ενέργεια μειώνει την τάση να παρεκκλίνει της πορείας προς το εσωτερικό της γωνίας (εσωτερική παρέκκλιση), και αυτή η μείωση ποσοστού παρεκκλίσεων περιορίζει τη γωνία πλευρικής ολίσθησης. Μετά από την είσοδο υπερστροφής, πρώτα η στατική ροπή και έπειτα το ποσοστό παρεκκλίσεων αντιστρέφουν τις κατευθύνσεις τους (φάση 3). Στη φάση 4 μια δεύτερη σύντομη όμως εφαρμογή φρένων – αυτή τη φορά στη δεξιά μπροστινή ρόδα – αποκαθιστά την πλήρη σταθερότητα. Το όχημα παραμένει στην πορεία που καθορίζεται από τη γωνία διεύθυνσης τροχών.

#### **3.4.2.2 Αλλαγή λωρίδας σε φρενάρισμα πανικού.**

Όταν το τελευταίο όχημα σε μια γραμμή σταματημένης κυκλοφορίας κρύβεται από μια άνοδο στο οδόστρωμα, και έτσι άορατο στην κυκλοφορία που πλησιάζει από πίσω, οι οδηγοί που πλησιάζουν στην κυκλοφοριακή συμφόρηση δεν μπορούν να αντιληφθούν την επικίνδυνη κατάσταση μέχρι το τελευταίο δευτερόλεπτο. Η στάση του οχήματος χωρίς σύγκρουση με τη στάσιμη κυκλοφορία συνεπάγεται μια αλλαγή λωρίδας καθώς επίσης και φρενάρισμα.

Τα σχήματα 3.42 και 3.43 εμφανίζουν αποτελέσματα αυτής της αόριστης ενέργειας όπως λαμβάνονται από δύο διαφορετικά οχήματα:

- Ένα εξοπλισμένο απλώς με το αντιμπλοκαριστικό σύστημα φρένων ABS, και
- Ένα που έχει επίσης το ηλεκτρονικό πρόγραμμα σταθερότητας ESP εν πλω.

Και τα δύο οχήματα

- ταξιδεύουν σε μια ολισθηρή οδική επιφάνεια ( $\mu_{HF} = 0.15$ )
- με 50 km/h (30 mph) προς το παρόν όταν καταχωρεί ο οδηγός την επικίνδυνη κατάσταση.

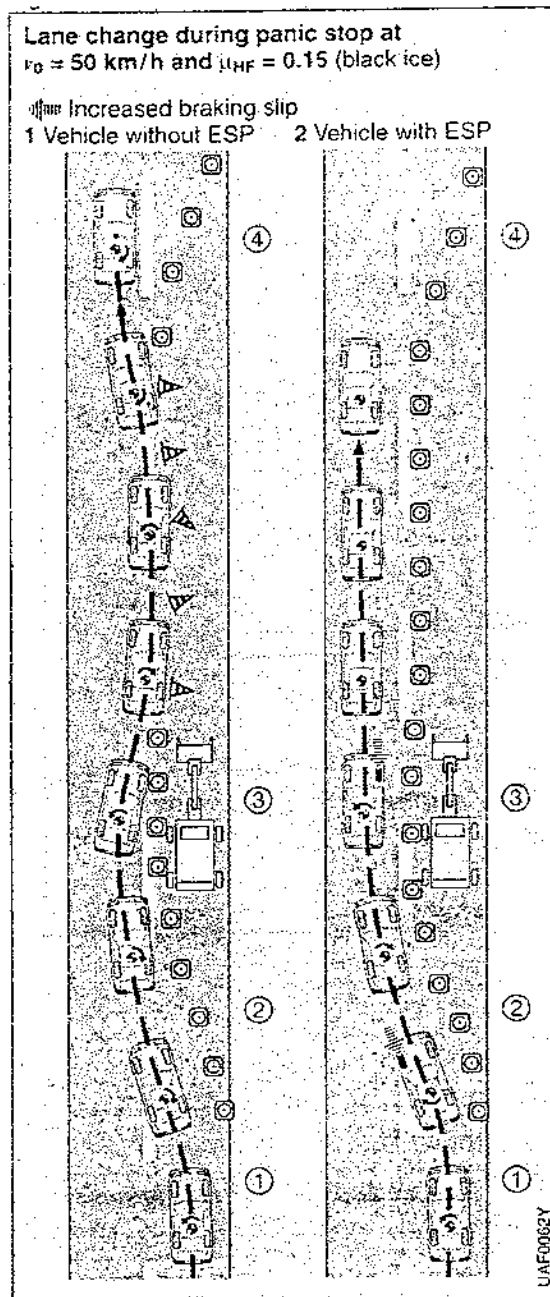
#### Όχημα με ABS, χωρίς ESP (σχήμα 3.42, στα αριστερά).

Αμέσως μετά από την αρχική είσοδο διεύθυνσης και η γωνία πλευρικής απόκλισης και το ποσοστό παρεκκλίσεων έχει αυξηθεί στο σημείο όπου η επέμβαση του οδηγού – υπό μορφή υπερστροφής – έχει γίνει επιτακτική. Αυτή η ενέργεια του οδηγού παράγει τότε μια γωνία πλευρικής ολίσθησης στην αντίθετη κατεύθυνση (τεχνικά: με το αντίθετο λειτουργικό σήμα). Αυτή η γωνίας κλίσης αυξάνει γρήγορα, και ο οδηγός πρέπει να υπερστρέψει για δεύτερη φορά. Εδώ ο οδηγός είναι ικανός να επανασταθεροποιήσει το όχημα και να το φέρει σε μια ασφαλή στάση.

#### Όχημα με ESP (σχήμα 3.42, στα δεξιά).

Επειδή το ESP μειώνει το ποσοστό παρεκκλίσεων και τη γωνία πλευρικής ολίσθησης στα ευκόλως ελέγξιμα επίπεδα, αυτό το όχημα παραμένει σταθερό πάντα. Ο οδηγός δεν έρχεται αντιμέτωπος με την απρόβλεπτη αστάθεια και μπορεί έτσι να συνεχίσει να αφιερώνει την πλήρη προσοχή στην διατήρηση του οχήματος στη πορεία του. Το ESP ουσιαστικά μειώνει την πολυπλοκότητα της διαδικασίας οδήγησης και χαμηλώνει τις

απαιτήσεις που θέτονται στον οδηγό. Ακόμα ένα προτέρημα είναι ότι το ESP όχημα σταματά σε λιγότερη απόσταση από το όχημα που εξοπλίζεται μόνο με ABS.



Σχήμα 3.42: Αλλαγή λωρίδας κατά τη διάρκεια στάσης πανικού με  $v_0 = 50 \text{ km/h}$  και  $\mu_{HF} = 0.15$  (μαύρος πάγος).

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]

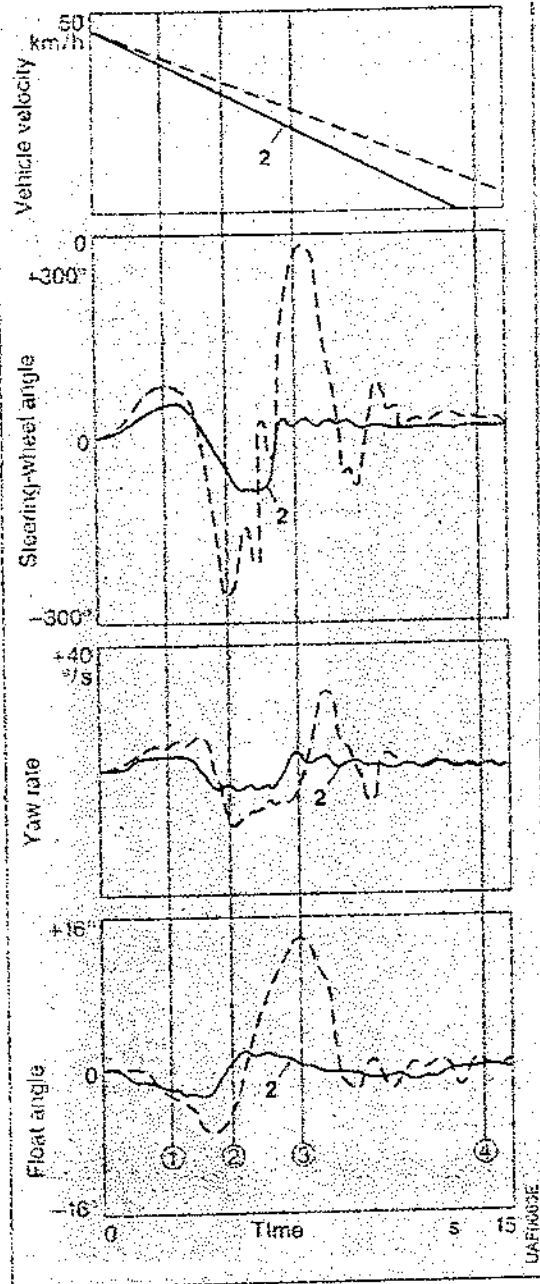
### 3.4.2.3 Εκτεταμένη στροφή και ακολουθία υπερστροφής με προοδευτικά μεγαλύτερες γωνίες εισόδου.

Ένα όχημα που διαπερνά μια σειρά καμπύλων  $s$  (παραδείγματος χάριν, σε έναν δευτερεύοντα φιδίσιο δρόμο) είναι σε μια κατάσταση παρόμοια με αυτήν που αντιμετωπίζεται σε μια πορεία slalom. Εάν το τιμόνι σε ένα αυτοκίνητο που έχει να κάνει με αυτό το είδος συχνότητας στροφών πρέπει να στραφεί σε σταδιακά μεγαλύτερες γωνίες για να διαπραγματευτεί κάθε στροφή, και η δυναμική ανταπόκριση του οχήματος στις πλευρικές δυνάμεις και οι δυναμικές επιπτώσεις του ελιγμού θα γίνουν σύντομα πλήρως



Curves for dynamic response parameters for lane change during panic stop at  $v_0 = 50 \text{ km/h}$  and  $\mu_{HF} = 0.15$

1 Vehicle without ESP,  
2 Vehicle with ESP.



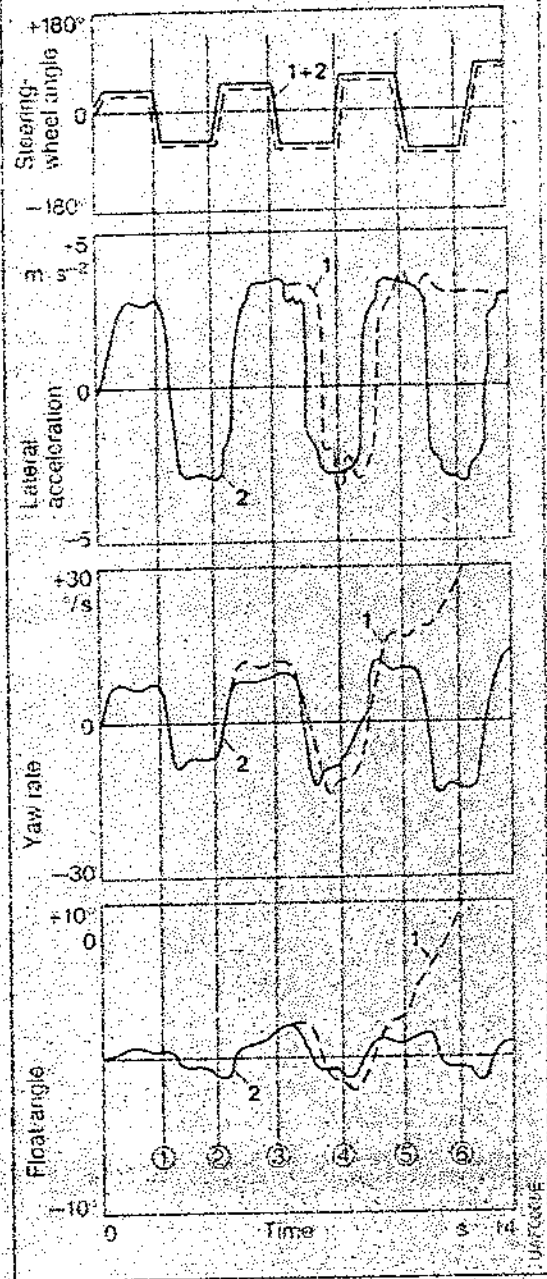
Σχήμα 3.43: Καμπύλες για τις παραμέτρους δυναμικής απόκρισης για αλλαγή λωρίδων κατά τη διάρκεια στάσης παπανικού με  $v_0=50\text{km/h}$  και  $\mu_{HF} = 0.15$  (μαύρος πάγος).

1 Όχημα χωρίς ESP, 2 Όχημα με ESP.

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]

Curves for dynamic response parameters for rapid steering and countersteer inputs with increasing steering-wheel angles

1 Vehicle without ESP,  
2 Vehicle with ESP.



Σχήμα 3.44: Καμπύλες για τις παραμέτρους δυναμικής απόκρισης για εισόδους γρήγορων στροφών και υποστροφών με αυξανόμενες γωνίες τιμονιού.

1 Όχημα χωρίς ESP, 2 Όχημα με ESP.

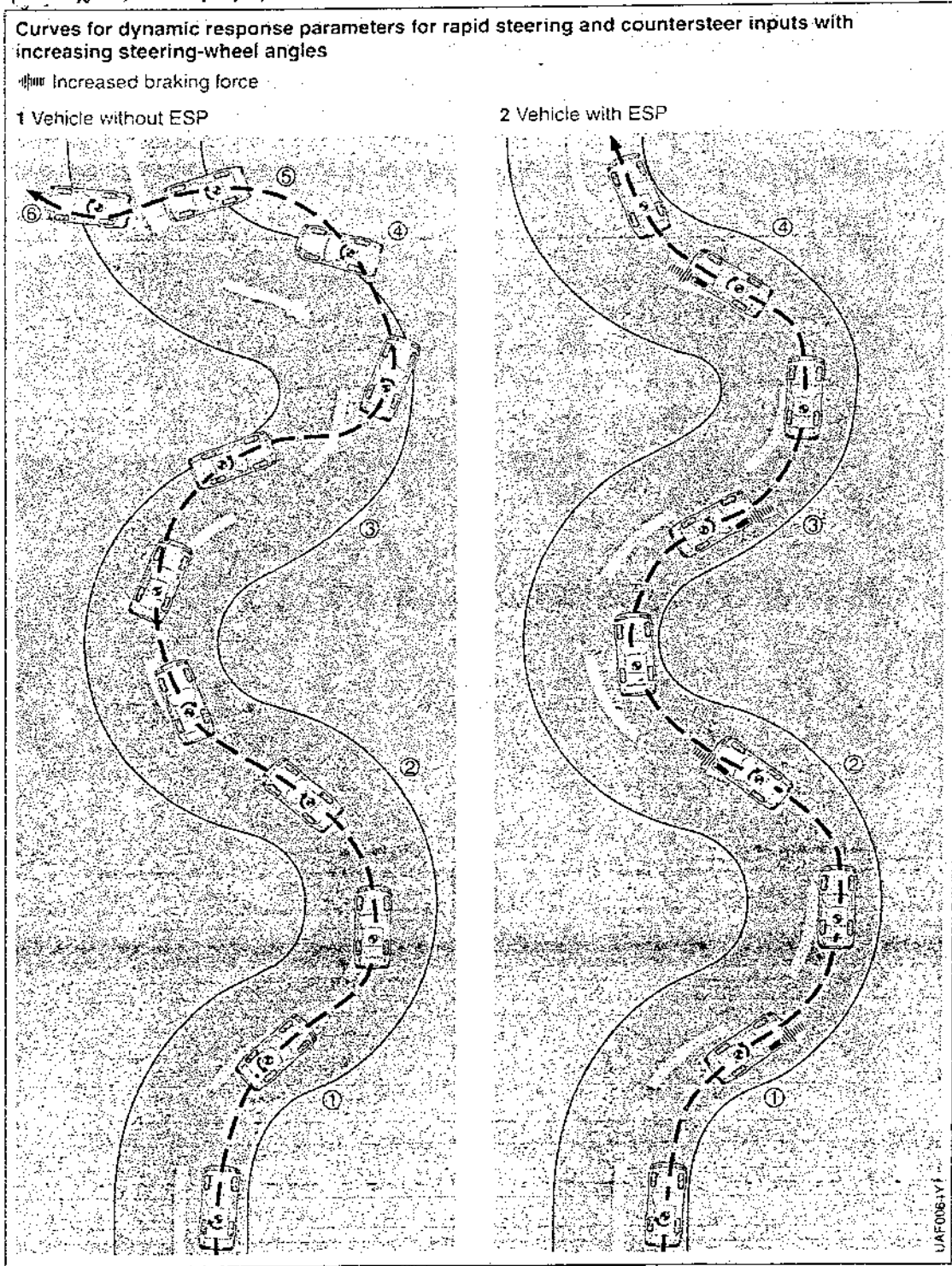
εμφανείς. Αυτή η αλληλεπίδραση των δυναμικών πλευρικών δυνάμεων εφοδιάζει μια επίδειξη σε βάθος των ικανοτήτων του ηλεκτρονικού προγράμματος ευστάθειας ESP.

Τα σχήματα 3.44 και 3.45 επεξηγούν την αντίδραση χειρισμού των δύο οχημάτων (με και χωρίς ESP) κάτω από αυτές τις συνθήκες:

- Σε έναν δρόμο καλυμμένο με χιόνι ( $\mu_{HF}=0.45$ ),
- Χωρίς φρενάρισμα οδηγού, και
- Με μια συνεχή ταχύτητα 72 χλμ/ώρα (45 mph).

Όχημα χωρίς ESP (σχήμα 3.45, στα αριστερά).

Η έξοδος του κινητήρα θα πρέπει να είναι συνεχώς αυξανόμενη προκειμένου να διατηρηθεί μια συνεχής ταχύτητα δρόμου πέρα από μια έκταση δρόμου όπως αυτή. Αυτό, στη συνέχεια, θα παραγάγει σταδιακά μεγαλύτερη ολίσθηση στους κινητήριους τροχούς.



**Σχήμα 3.45: Καμπύλες για τις παραμέτρους δυναμικής απόκρισης για εισόδους γρήγορων στροφών και υποστροφών με αυξανόμενες γωνίες τιμονιού.**

Διαγραμμισμένο βέλος: αυξημένη δύναμη πέδησης.  
1 Όχημα χωρίς ESP, 2 Όχημα με ESP.

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction) ,Bosch, 1999]

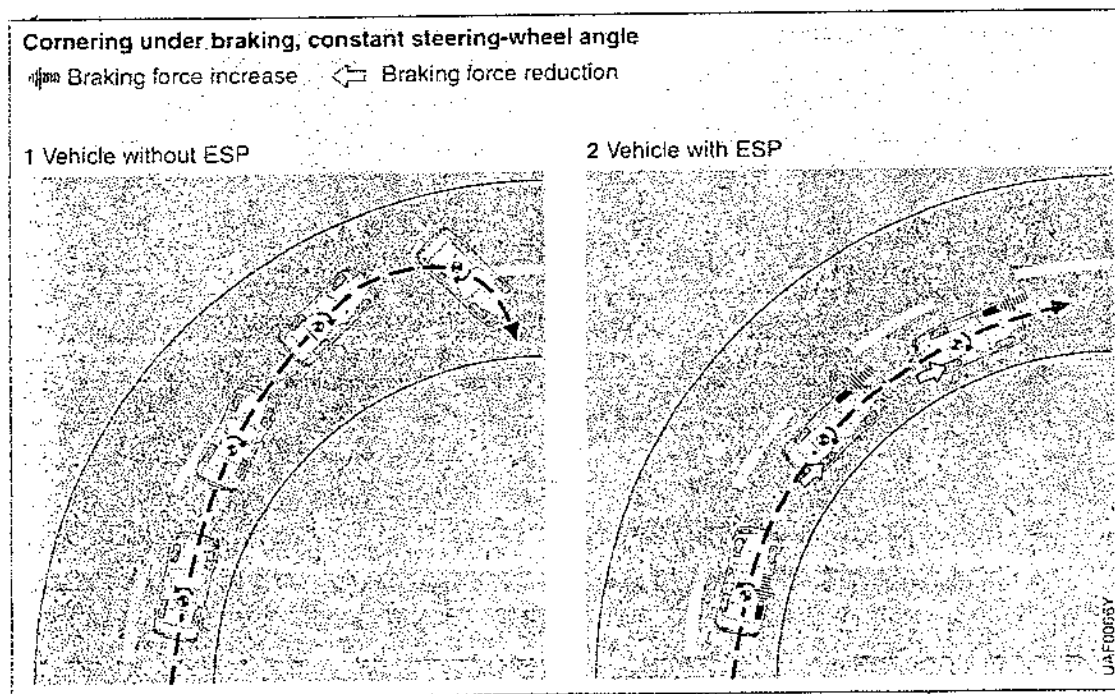
Μια συχνότητα οδήγησης και ελιγμών υπερστροφής με μια γωνία τιμονιού 40° μπορεί γρήγορα να αυξήσει την ολίσθηση κίνησης σε τέτοια επίπεδα που ένα όχημα χωρίς ESP γίνεται ασταθές. Σε κάποιο σημείο αυτής της εναλλασσόμενης συχνότητας το όχημα παύει ξαφνικά να αποκρίνεται στις εισόδους διεύθυνσης και ολισθαίνει. Ενώ η πλευρική ταχύτητα παραμένει ουσιαστικά σταθερή, και η γωνία πλευρικής ολίσθησης και το ποσοστό παρεκκλίσεων αυξάνονται ριζικά.

Όχημα με ESP (σχήμα 3.45, στα δεξιά).

Το ηλεκτρονικό πρόγραμμα σταθερότητας ESP επεμβαίνει σε ένα αρχικό στάδιο σε αυτήν την ακολουθία οδήγησης και ελιγμών υποστροφής για να αντιμετωπίσει την αστάθεια που απειλεί ευθύς εξαρχής. Το ESP στηρίζεται στην επέμβαση του κινητήρα καθώς επίσης και το χωριστά ελεγχόμενο φρενάρισμα και των τεσσάρων τροχών για να διατηρήσει τη σταθερότητα του οχήματος και τη διευθυντική ανταπόκριση. Η γωνία πλευρικής ολίσθησης και το ποσοστό παρέκκλισης ελέγχονται έτσι ώστε οι απαιτήσεις οδήγησης του οδηγού να μπορούν να συμμορφωθούν όσο το δυνατόν περισσότερο εξετάζοντας τις επικρατούσες φυσικές καταστάσεις.

**3.4.2.4 Επιτάχυνση/επιβράδυνση σε στροφή.**

Μια καμπύλη φθίνουσας ακτίνας γίνεται σταδιακά πιο απότομη καθώς κάποιος προχωρά. Εάν ένα όχημα διατηρεί μια σταθερή ταχύτητα μέσω μιας τέτοιας καμπύλης (όπως συχνά αντιμετωπίζεται στις κεκλιμένες ράμπες εξόδων) η εξωτερική, ή η φυγόκεντρη δύναμη αυτόματα θα αυξηθεί την ίδια στιγμή (σχήμα 3.46).



**Σχήμα 3.46: Στροφή υπό φρενάρισμα, σταθερή γωνία τιμονιού.**

Διαγραμμισμένο βέλος: αύξηση δύναμης πέδησης  
 Μη διαγραμμισμένο βέλος: μείωση δύναμης πέδησης.  
 1 Όχημα χωρίς ESP, 2 Όχημα με ESP.

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction) ,Bosch, 1999]

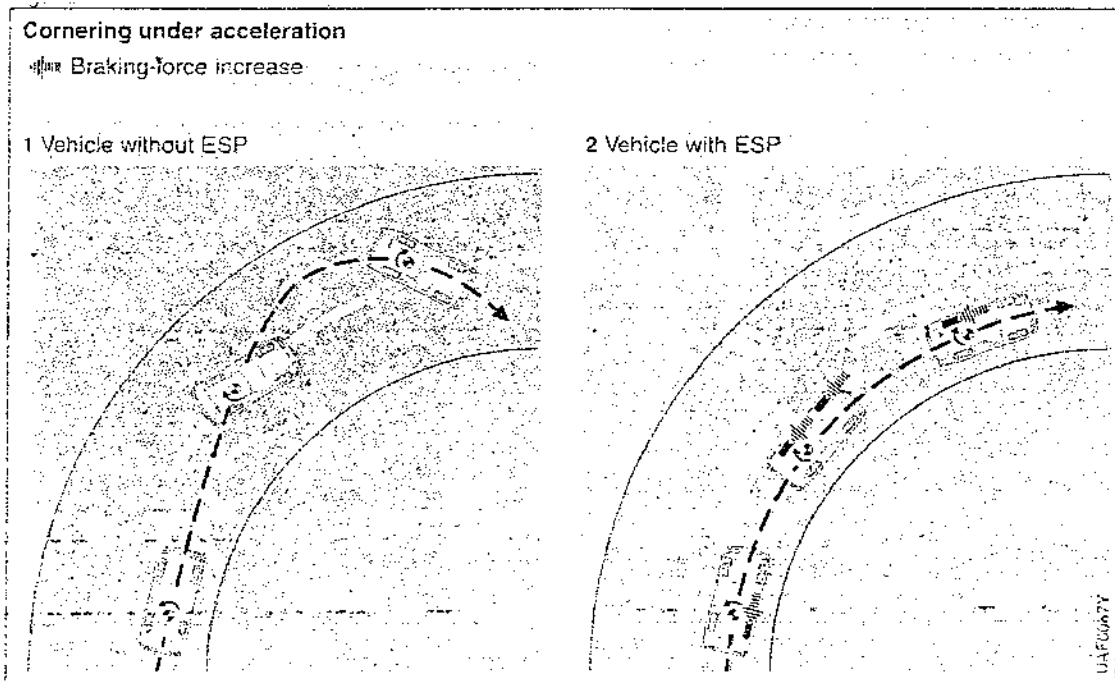
Το υπερβολικό φρενάρισμα σε μια τέτοια καμπύλη είναι ακόμα μια πιθανή πηγή ακτινωτών και εφαπτομενικών δυνάμεων ικανών να προκαλέσουν αστάθεια κατά τη διάρκεια στροφής. Αυτό ισχύει στην κίνηση προσανατολισμένης απόδοσης καθώς επίσης και όταν ο οδηγός επιταχύνει πάρα πολύ σύντομα ενώ βγαίνει από την καμπύλη. Από άποψη φυσικής της λειτουργίας των οχημάτων, παράγει τα ίδια αποτελέσματα με την κατάσταση που περιγράφεται ανωτέρω (σχήμα 3.47).

Η απόκριση χειρισμού ενός οχήματος κατά τη διάρκεια της ταυτόχρονης επιτάχυνσης και της στροφής καθορίζεται με τη δοκιμή σε αστάθεια (ημισταθερή κατάσταση κυκλοφορίας).

Σε αυτή την δοκιμή ο οδηγός επιταχύνει βαθμιαία σε μια επιφάνεια υψηλής έλξης ( $\mu_{HF} = 1.0$ ) και προσπαθεί να μείνει σε μια ασταθή περιοχή με μια ακτίνα 100 μέτρων ενώ κυκλοφορεί με σταδιακά γρηγορότερους ρυθμούς. Αυτό συνεχίζει έως ότου το όχημα φτάνει στα όρια στροφής του.

### Όχημα χωρίς ESP.

Στα 95 χλμ/ώρα περίπου (μόλις πριν τα 60 mph) το όχημα ανταποκρίνεται στην επικείμενη προσέγγιση των φυσικών ορίων λειτουργίας με την έναρξη υποστροφής. Η απαίτηση για είσοδο διεύθυνσης αρχίζει να αυξάνεται γρήγορα, ενώ συγχρόνως η γωνία πλευρικής ολίσθησης αυξάνει εντυπωσιακά. Αυτό είναι το ανώτερο όριο στο οποίο ο οδηγός μπορεί ακόμα να κατορθώσει να κρατήσει το αυτοκίνητο μέσα στην ασταθή περιοχή. Ένα όχημα χωρίς ESP μπαίνει στην ασταθή περιοχή του στα κατά προσέγγιση 98 km/h (60 mph). Το πίσω άκρο ξεφεύγει και ο οδηγός πρέπει να υπερστρέψει και να αφήσει την ασταθή περιοχή.



**Σχήμα 3.47: Στροφή υπό επιτάχυνση.**

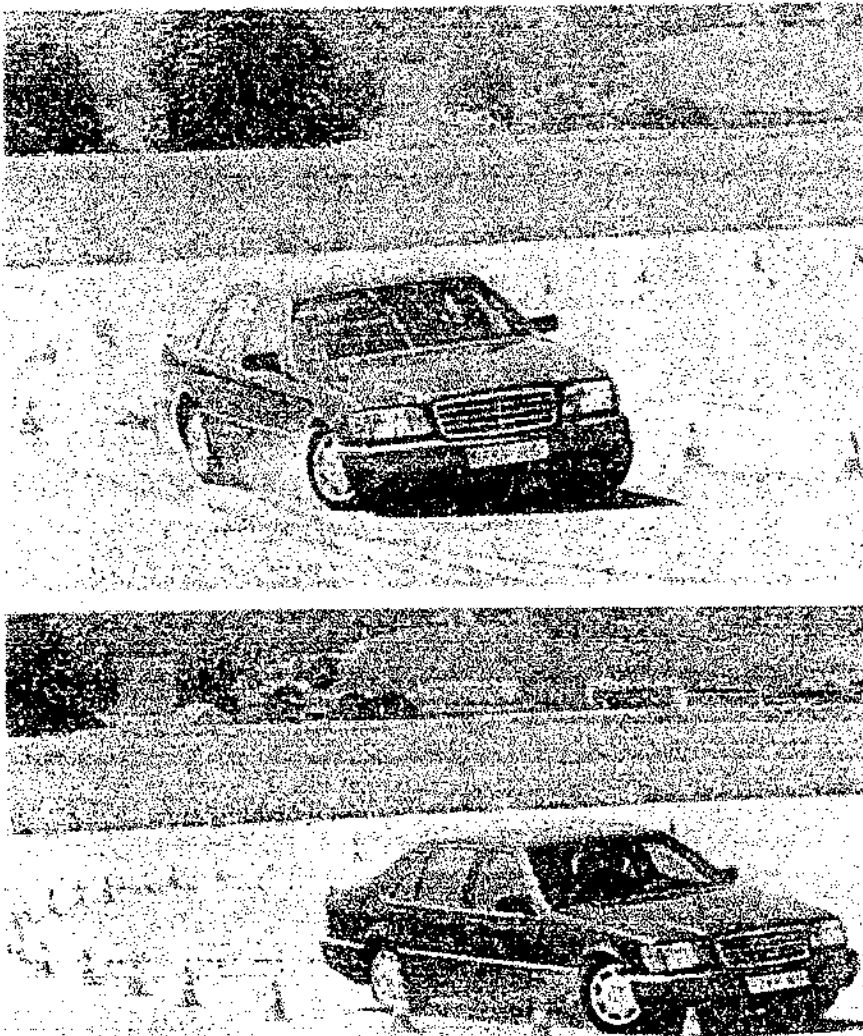
Διαγραμμισμένο βέλος: αύξηση δύναμης πέδησης.

1 Όχημα χωρίς ESP, 2 Όχημα με ESP.

[Πηγή: *ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction)*, Bosch, 1999]

## Όχημα με ESP.

Μέχρι μια ταχύτητα κατά προσέγγιση 95 km/h, τα οχήματα με και χωρίς ESP παρουσιάζουν τα ίδια πρότυπα απόκρισης. Επειδή αυτή η ταχύτητα συμπίπτει με το όριο σταθερότητας του οχήματος, το ESP αρνείται να εφαρμόσει τη συνεχή απαίτηση οδηγών για περαιτέρω επιτάχυνση πέρα από αυτό το σημείο. Η ενεργός επέμβαση κινητήρα και πέδησης μειώνει την απαίτηση για τις εισόδους διεύθυνσης ενώ αποτρέπει τις περαιτέρω αυξήσεις στη γωνία πλευρικής ολίσθησης. Αυτό οδηγεί στις δευτερεύουσες αποκλίσεις από την αρχικά προβαλλόμενη πορεία, την οποία ο οδηγός μπορεί έπειτα να διορθώσει με την κατάλληλη ενέργεια οδήγησης. Σε αυτό το σημείο, ο χειριστής του οχήματος έχει αναλάβει έναν ενεργό ρόλο ως στοιχείο μέσα στο βρόγχο ελέγχου. Οι επόμενες διακυμάνσεις στη γωνία διεύθυνσης τροχών και επίπλευσης θα είναι τώρα συνάρτηση των αντιδράσεων του οδηγού, όπως η τελική ταχύτητα μεταξύ 95 και 98 km/h όπως ορίστηκε για τη δοκιμή. Ο ζωτικής σημασίας παράγοντας είναι ότι το ESP με συνέπεια διατηρεί αυτές τις διακυμάνσεις μέσα σε σταθερή περιοχή.



**Σχήμα 3.48: Πάνω: Χωρίς ESP το όχημα ολισθαίνει.  
Κάτω: Το ESP διατηρεί το όχημα στην πορεία του.**

*[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]*

### 3.4.3 Συστήματα ελέγχου και διάγνωσης.

Η συνεχής επιτήρηση συστημάτων κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του οχήματος είναι πρωταρχικής σημασίας για να εξασφαλίσει αξιόπιστη ESP απόδοση. Οι ενσωματωμένες λειτουργίες ελέγχου συλλέγουν στοιχεία από ολόκληρο το σύστημα, παρατηρώντας όχι μόνο κάθε επιμέρους συστατικό, αλλά και τις αλληλεξαρτήσεις που χαρακτηρίζουν την ανταπόκριση των συστατικών.

Διατηρώντας το όχημα σε λειτουργική θέση 100% συνεπάγεται αναγνώριση όλων των ατελειών, των δυσλειτουργιών και των αποτυχιών μόλις εμφανίζονται. Οποιοσδήποτε ατέλειες ανιχνεύονται, καταχωρούνται ως συγκεκριμένοι κώδικες σφάλματος. Κατά τη διάρκεια των υπηρεσιών επιθεώρησης αυτά τα στοιχεία ανακτώνται από το όχημα και οι κώδικες δυσλειτουργίας χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουν το πρόβλημα.

Αυτές οι πληροφορίες παρέχουν μια πλατφόρμα για τα επόμενα διορθωτικά μέτρα δείχνοντας τον τρόπο προς οποιαδήποτε μέτρα απαραίτητα να διατηρήσουν την αξιόπιστη απόδοση. Το ίδιο το σύστημα ελέγχου αναφέρεται ως "επί του οχήματος διάγνωση" (OBD). Το ιδιαίτερο σύστημα ελέγχου και διαγνώσεων που χρησιμοποιείται με το ESP στηρίζεται στα τμήματα υλικού και λογισμικού που ελέγχονται και εξετάζονται προηγουμένως στις εφαρμογές ABS και TCS. Αυτό το σύστημα εφοδιάζει επίσης τις καθαρές, σαφείς παρουσιάσεις στοιχείων για να κρατήσει τον οδηγό ενήμερο για την παρούσα κατάσταση λειτουργίας.

#### 3.4.3.1 Ενσωματωμένη αντιμετώπιση σφαλμάτων.

##### ECU.

##### i. Αυτοδιάγνωση (OBD).

Το πακέτο λογισμικού περιλαμβάνει ένα πρόγραμμα που αναθεωρεί την απόδοση του συστήματος με μια σειρά συνεχών ελέγχων. Ο μικροεπεξεργαστής αξιολογεί επίσης την απόδοση του συστήματος με την καταχώρηση δειγμάτων των στοιχείων δοκιμής και έπειτα την ανάκτηση αυτών των πληροφοριών για την αξιολόγηση.

##### ii. Προειδοποιητικές ενδείξεις.

Μια λυχνία δείκτης και μια προειδοποιητική λυχνία παρέχουν πληροφορίες για την κατάσταση λειτουργίας του συστήματος και προειδοποιούν τον οδηγό για οποιαδήποτε προβλήματα ή δυσλειτουργίες. Ο οδηγός έπειτα ξέρει εάν οι περιστάσεις επιτρέπουν συνεχή λειτουργία του οχήματος, και, σε αυτή την περίπτωση, κάτω από ποιους ειδικούς περιορισμούς.

##### iii. Μνήμη σφαλμάτων/βλαβών.

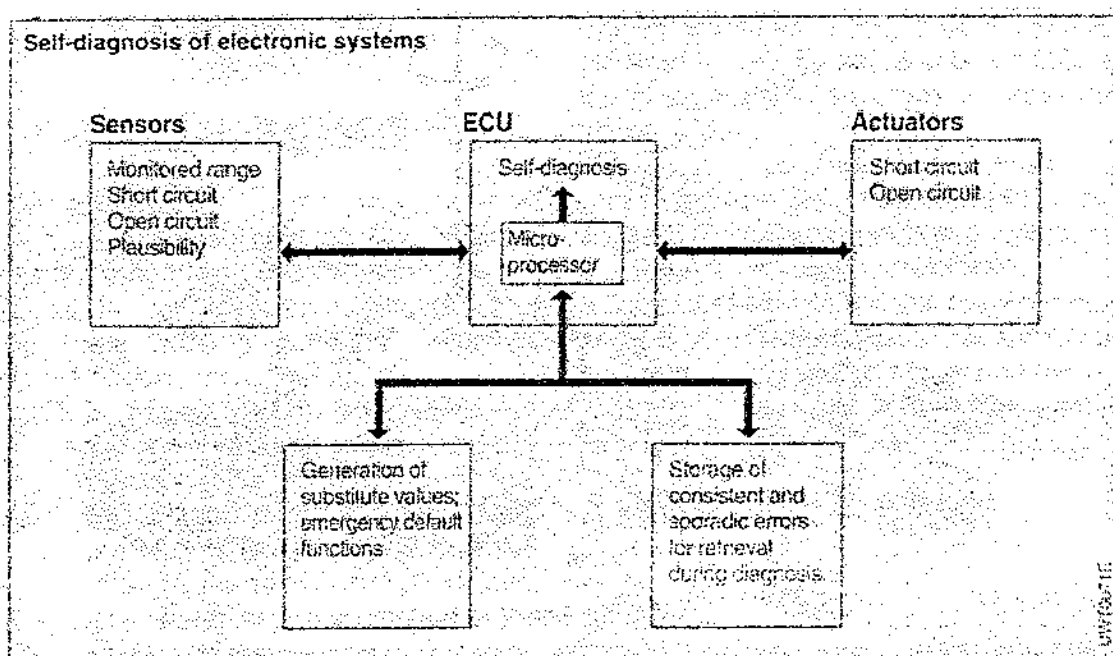
Η ECU περιλαμβάνει μια ενσωματωμένη μονάδα μνήμης (μνήμη βλαβών) ικανή να αποθηκεύει στοιχεία όσον αφορά τα προβλήματα και τις δυσλειτουργίες υπό μορφή συγκεκριμένων κωδικών σφάλματος διαθέσιμων για την επόμενη ανάκτηση. Αυτές οι πληροφορίες καταχωρούνται σε μια αμετάβλητη μνήμη για να εξασφαλίσουν συνεχή διαθεσιμότητα, ακόμη και μετά από μια προσωρινή διακοπή στην παροχή ηλεκτρικού ρεύματος (παραδείγματος χάριν, εάν η μπαταρία του οχήματος αντικαθίσταται).

Μόλις ολοκληρώσει το κέντρο υπηρεσιών του κατασκευαστή τη διαδικασία διαγνώσεων του αυτά τα στοιχεία δεν χρειάζονται πλέον και μπορούν να διαγραφούν.

## Αισθητήρες.

Τα σήματα αισθητήρων αναλύονται μέσα σε συγκεκριμένα όρια για να ελέγξουν την αληθοφάνεια, το οποίο βασικά σημαίνει ότι τα σήματα ελέγχονται για να καθοριστεί εάν είναι ρεαλιστικά. Το σύστημα απορρίπτει τα αδικαιολόγητα σήματα (παθητική δοκιμή). Η ενεργός δοκιμή συνεπάγεται ενεργοποίηση επιλεγμένων αισθητήρων και έπειτα αξιολόγηση των αποκρίσεών τους. Αυτή η διαδικασία αναθεώρησης στοχεύει πρώτιστα στην ανίχνευση των ανοιχτών αγωγών του κυκλώματος, των ελαττωματικών συστατικών και της αποτυχίας αισθητήρων.

Η περιεκτική δοκιμή βασισμένη στα μοντέλα υπολογισμού προχωρά κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας του οχήματος. Αυτή ελέγχει εάν η σχέση μεταξύ των σημάτων αισθητήρων και της πραγματικής κίνησης του οχήματος είναι αληθής.



**Σχήμα 3.49: Αυτοδιάγνωση ηλεκτρονικών συστημάτων.**

[Πηγή: ESP Electronic Stability Program (Technical Instruction), Bosch, 1999]

## Ενεργοποιητές.

Οι ενεργοποιητές (τελικά στοιχεία ελέγχου), αρμόδιοι για την εφαρμογή των υπολογισμένων εντολών ελέγχου, υπόκεινται επίσης στη συνεχή δοκιμή εστιάζοντας στη σωστή λειτουργία και την άθικτη καλωδίωση. Η διαδικασία δοκιμής περιλαμβάνει την είσοδο των εντολών δοκιμής στους αισθητήρες και την ανάλυση της αντίδρασής τους. Συγχρόνως η ECU συγκρίνει τα στοιχεία όσον αφορά το ηλεκτρικό ρεύμα που καταχωρείται στο πρόγραμμά της με το πραγματικό ρεύμα που κυκλοφορεί όταν αποκρίνεται ο ενεργοποιητής.

### 3.4.3.2 Απόκριση σφάλματος/βλάβης.

Η ECU αξιολογεί τα στοιχεία σφάλματος για να καθορίσει τα πιθανά αποτελέσματα στη λειτουργία του οχήματος. Ο έλεγχος κλειστού βρόγχου έπειτα:

- Συνεχίζεται χωρίς διακοπή,
- Συνεχίζεται μόνο μέχρι την ολοκλήρωση της παρούσας διαδικασίας διορθώσεων, ή
- Απενεργοποιείται αμέσως ανάλογα με τη συγκεκριμένη ατέλεια και τις στιγμιαίες συνθήκες λειτουργίας.

Όταν μια σοβαρή ατέλεια οδηγεί στο συνολικό κλείσιμο συστημάτων, ο οδηγός πρέπει αμέσως να απευθυνθεί σε ένα κατάλληλα εξοπλισμένο κέντρο υπηρεσιών όπου μπορεί να εκτελεστεί στο όχημα μια ακριβής διάγνωση. Δεν είναι δυνατό για το χειριστή του οχήματος να εντοπίσει τις δυσλειτουργίες, και οποιεσδήποτε προσπάθειες υπηρεσίας ή επισκευής θα μπορούσαν να οδηγήσουν το σύστημα σε εκτενή ζημία.

### 3.4.3.3 Δοκιμή εργαστηρίου.

Η ανάκτηση κώδικα δυσλειτουργίας χρησιμεύει ως βάση για την ανίχνευση και την αξιολόγηση ατελειών, δυσλειτουργιών και ασυμβίβαστης απόδοσης, όπως αναγνωρίστηκε και καταχωρήθηκε από την δυνατότητα αυτοδιάγνωσης ESP.

Τα στοιχεία αναλύονται χρησιμοποιώντας τα ειδικά διαγνωστικά εργαλεία (όπως το σύστημα ελεγκτή τσέπης KTS 300 ή το υποστηριζόμενο από υπολογιστή KTS 500). Η διαδικασία ανάλυσης ανιχνεύει τις σποραδικές παρατυπίες καθώς επίσης και τις συνεχείς δυσλειτουργίες για να υποστηρίξει την αξιόπιστη ανίχνευση, τον εντοπισμό και, τελικά, τη διόρθωση των ακόλουθων σφαλμάτων/βλαβών:

- Προβλήματα ηλεκτρικών κυκλωμάτων όπως ανοικτοί αγωγοί και διακοπτόμενες επαφές,
- Αποτυχίες συστατικών και αισθητήρων,
- Σφάλματα επεξεργασίας και μετάδοσης δεδομένων,
- Σήματα αισθητήρων που παρεκκλίνουν από τα προδιαγραφόμενα επίπεδα, και
- Ασυνήθιστη απόκριση και δυσλειτουργίες στους ενεργοποιητές.

Η προληπτική ενέργεια βασισμένη στην αντικατάσταση των ενδεχομένως αναξιόπιστων συστατικών μπορεί να αποτρέψει την πλήρη αποτυχία του συστήματος διατηρώντας τη λειτουργία των υποσυστημάτων και των μεμονωμένων λειτουργιών.

Έτσι είναι σημαντικό να συντηρηθεί το σύστημα και να επιθεωρείται στα προβλεπόμενα διαστήματα. Αυτός είναι ο μόνος τρόπος να ληφθεί η κατάλληλη, επαγγελματική διάγνωση που απαιτείται για να εξασφαλίσει ότι το ESP σύστημα συνεχίζει να αποδίδει αξιόπιστα.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Συστήματα ελέγχου πρόσφυσης TCS - ASR

### 4.1 Τα ελαστικά και η σημασία τους.

#### 4.1.1 Λειτουργία.

Το ελαστικό είναι το συνδετικό στοιχείο που συνδέει το όχημα και την οδική επιφάνεια. Η περιοχή μετάβασης μεταξύ ελαστικού και δρόμου είναι εκεί όπου η ασφάλεια των οχημάτων καθορίζεται τελικά. Το ελαστικό μεταφέρει τις δυνάμεις προώθησης, πέδησης και τις πλευρικές δυνάμεις μέσα σε ένα λειτουργικό περιβάλλον στο οποίο τα δυναμικά όρια φορτίων του οχήματος καθορίζονται από τους διάφορους φυσικούς παράγοντες. Τα ζωτικής σημασίας κριτήρια απόδοσης για τα ελαστικά είναι:

- Ιδιότητες ευθείας πορείας.
- Σταθερότητα σε καμπύλες,
- Κίνηση σε διαφορετικές οδικές επιφάνειες,
- Κίνηση υπό διάφορες καιρικές συνθήκες,
- Διευθυντική ανταπόκριση,
- Άνεση (συμμόρφωση, θόρυβος κίνησης),
- Διάρκεια, και
- Οικονομική αποδοτικότητα.

#### 4.1.2 Κατασκευή.

Οι διάφορες τεχνολογικές έννοιες και οι πρόοδοι έχουν προκαλέσει τα πολυάριθμα σχέδια ελαστικών. Η δομή του σχεδίου καθορίζεται από τις διαφορετικές λειτουργικές και επείγουσες ικανότητες κίνησης που αναμένονται από τα συμβατικά ελαστικά οχημάτων. Τα ακτινωτά ελαστικά είναι ένα καλό παράδειγμα. Διακρίνονται από τις χορδές του σκελετού που τοποθετούνται "ακτινωτά" ώστε να περάσουν άμεσα από κεφαλή σε κεφαλή. Αυτό έχει προκύψει ως πρότυπο για τα επιβατικά αυτοκίνητα. Ο σχετικά λεπτός και εύκαμπτος σκελετός τυλίγεται από μια ζώνη σταθεροποίησης. Οι επίσημοι κανονισμοί και οι οδηγίες προσδιορίζουν ποια ελαστικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συγκεκριμένα λειτουργικά περιβάλλοντα, καθορίζοντας επίσης τις εκτιμήσεις ταχύτητας και τους κώδικες προσδιορισμού.

#### 4.1.3 Κανονισμοί.

Για τα μηχανοκίνητα οχήματα και τα ρυμουλκά, η παράγραφος 36 του γερμανικού StVZO (FMVSS/CUR) προσδιορίζει τα ελαστικά πεπιεσμένου αέρα με τα αυλάκια του πέλματος που επεκτείνονται γύρω από ολόκληρη την περιφέρειά τους και κατά πλάτος της επιφάνειας επαφής. Αυτά τα αυλάκια του πέλματος πρέπει να είναι  $\geq 1,6$  χιλ. βάθος.

Τα επιβατικά αυτοκίνητα, τα μηχανοκίνητα οχήματα και τα ρυμουλκά, με  $AGVW \leq 2,8$  μετρικοί τόνοι, που σχεδιάζονται για μια κορυφαία ταχύτητα πάνω από 40 km/h πρόκειται να εξοπλιστούν αποκλειστικά με σταυρωτά ελαστικά ή με ακτινωτά. Η απαίτηση αποκλειστικότητας ισχύει για κάθε όχημα χωριστά συμπεριλαμβανομένου των συνδυασμών τρακτέρ-ρυμουλκών. Αυτός ο κανόνας δεν ισχύει για τα ρυμουλκά που ρυμουλκούνται από μηχανοκίνητα οχήματα με  $\leq 25$  km/h.

#### 4.1.4 Εφαρμογή.

Η επιλογή ελαστικών βασισμένη στις συστάσεις του κατασκευαστή του οχήματος ή του τροχού είναι μια ουσιαστική προϋπόθεση για ικανοποιητική απόδοση. Τοποθετώντας ελαστικά ενός ενιαίου σχεδίου σε όλες τους τροχούς εξασφαλίζεται βέλτιστη ανταπόκριση χειρισμού. Προς όφελος της μέγιστης διάρκειας και ασφάλειας, τα ελαστικά πρέπει πάντα να συντηρούνται, να επιδιορθώνονται, να αποθηκεύονται και να τοποθετούνται σύμφωνα με τις οδηγίες που εκδίδονται από τον κατασκευαστή των ελαστικών ή/και έναν καταρτισμένο ειδικό. Με τα ελαστικά που εγκαθίστανται στο όχημα, πρέπει να ληφθούν υπόψη τα ακόλουθα σημεία:

- Ισορροπία τροχών (για τα βέλτιστα επίπεδα πραγματικής κίνησης),
- Τοποθέτηση του ίδιου τύπου ελαστικών σε όλους τους τροχούς,
- Σωστές πιέσεις ελαστικών,
- Εγκατάσταση ελαστικών που σχεδιάζονται για χρήση στο συγκεκριμένο όχημα.
- Εξασφάλιση ότι τα ελαστικά εγκρίνονται για χρήση στο προοριζόμενο εύρος ταχύτητας, και
- Επαλήθευση του επαρκούς βάθους πέλματος.

Το ανεπαρκές βάθος πέλματος σημαίνει ότι δεν υπάρχει αρκετό υλικό διαθέσιμο για να προστατεύσει τη ζώνη και το σκελετό του ελαστικού.

Επειδή το χαμηλό βάθος πέλματος εξασθενεί την έλξη, το επαρκές βήμα είναι ένας ζωτικής σημασίας παράγοντας ασφάλειας στα επιβατικά αυτοκίνητα και μεγάλα εμπορικά όχημα υψηλής ταχύτητας στους υγρούς δρόμους. Οι αποστάσεις ακινητοποίησης αυξάνουν δυσανάλογα μαζί με τη μείωση του βάθους πέλματος.

#### 4.1.5 Δυνάμεις ελαστικών.

##### Κάθετη δύναμη

Η κάθετη δύναμη ελαστικού είναι η προς τα κάτω δύναμη που ασκείται στην επιφάνεια επαφής μεταξύ ελαστικού και οδικής επιφάνειας (αναφέρεται επίσης ως κανονική δύναμη). Αποτελείται από τη δύναμη που ασκείται από το όχημα λόγω του ιδίου βάρους του και του φορτίου του (όπως διανέμεται μεταξύ των ροδών) και επίσης ποικίλλει σύμφωνα με τη γωνία υποβάθμισης ή αναβάθμισης της επιφάνειας στην οποία το όχημα στέκεται.

Όταν οι πρόσθετες δυνάμεις (όπως εκείνες που επιβάλλονται από τα υψηλότερα φορτία φορτίου) ενεργούν επάνω στο όχημα, αυξάνουν ή μειώνουν την κάθετη δύναμη ελαστικού. Αυτές οι πρόσθετες δυνάμεις μειώνουν τα φορτία στους τροχούς στο εσωτερικό μιας καμπύλης αυξάνοντας τα φορτία στους εξωτερικούς τροχούς.

Η κάθετη δύναμη ελαστικού αναδιαμορφώνει την επιφάνεια επαφής του ελαστικού ενάντια στην οδική επιφάνεια. Δεδομένου ότι αυτή η παραμόρφωση ενεργεί επίσης και στα πλευρικά τοιχώματα των ελαστικών, αποτρέπει την ομοιόμορφη διανομή της κάθετης δύναμης ελαστικού και παράγει ένα τραπεζοειδές πρότυπο πίεση-διανομής (δύναμη ως συνάρτηση της περιοχής επιφάνειας): τα πλευρικά τοιχώματα του ελαστικού απορροφούν τις δυνάμεις και το ελαστικό παραμορφώνεται σύμφωνα με τις δυνάμεις που ασκούνται επάνω σε αυτό.

## Διαμήκη δύναμη

Καθώς ένας τροχός κυλά κατά μήκος ενός δρόμου ή άλλης επιφάνειας (αγνοώντας την αντίσταση κύλισης του ελαστικού προς το παρόν) ο ρυθμός περιστροφής του τροχού είναι άμεσα ανάλογος προς τη γραμμική ταχύτητα της πλήμνης του τροχού.

Αυτή η σχέση επηρεάζεται από τις εξωτερικές επιρροές ενεργώντας στον τροχό (όπως όταν η δύναμη πέδησης επιβραδύνει τον τροχό). Οι προκύπτουσες αλληλεξαρτήσεις παράγουν την ολίσθηση τροχών.

### **4.1.6. Ολίσθηση ελαστικών.**

#### Θεωρητικές εκτιμήσεις

Η ολίσθηση ελαστικών αντιστοιχεί στη διαφορά μεταξύ των θεωρητικών και πραγματικών αποστάσεων που καλύπτονται από τα ελαστικά. Το ακόλουθο παράδειγμα θα χρησιμεύσει να υπογραμμίσει την αρχή: Η περιφέρεια ενός πρότυπου ελαστικού επιβατικού αυτοκινήτου είναι κατά προσέγγιση 1.5 μέτρο, κατόπιν θα ήταν λογικό να αναμένονται δέκα περιστροφές του ελαστικού να μεταφράζονται σε 15 μέτρα του ταξιδιού του οχήματος. Στο σημείο του γεγονότος, η πραγματική απόσταση θα είναι πιο σύντομη εξ αιτίας της ολίσθησης των ελαστικών. Αυτή η ολίσθηση προέρχεται από την έμφυτη ευελιξία της ρόδας. Ένας κινούμενος τροχός που κυλά κατά μήκος της οδικής επιφάνειας υπόκειται στην παραμόρφωση ενώ ταυτόχρονα λυγίζει με μια ένταση που ποικίλλει σύμφωνα με τις καιρικές συνθήκες και τις συνθήκες της οδικής επιφάνειας. Αυτό οδηγεί στην κατανάλωση ενέργειας και θερμαίνει το ελαστικό. Επειδή το αρχικό συστατικό του ελαστικού είναι η γόμα, μόνο μια μερίδα αυτής της ενέργειας παραμόρφωσης ανακτάται καθώς το ελαστικό αφήνει τη ζώνη επαφής του (μπάλωμα).

#### Πρακτικές εκτιμήσεις

Υπό συνθήκες φρεναρίσματος και επιβράδυνσης, καθώς επίσης και κατά τη διάρκεια της επιτάχυνσης – είτε από στάση είτε από εκκίνηση κύλισης – το επίπεδο μεταφοράς δύναμης εξαρτάται από τα ποσοστά ολίσθησης των ελαστικών στην οδική επιφάνεια. Ανεξάρτητα από το εάν το όχημα φρενάρει ή επιταχύνει, η σχέση μεταξύ ολίσθησης και συντελεστή τριβής του ελαστικού είναι βασικά η ίδια.

Η μεγάλη πλειοψηφία των διαδικασιών φρεναρίσματος και επιτάχυνσης πραγματοποιείται στα ελάχιστα ποσοστά ολίσθησης μέσα σε μια σταθερή διακύμανση, εδώ, οι αυξήσεις στην ολίσθηση θα ακολουθηθούν από μια αντίστοιχη άνοδο στη διαθέσιμη προσκόλληση.

Οι καμπύλες της ολίσθησης φρένων ενάντια στο συντελεστή της τριβής αποκρίνονται στα αυξανόμενα ποσοστά ολίσθησης των ελαστικών με μια ριζική άνοδο που ακολουθείται από μια αιχμηρή κάθοδο στην ασταθή περιοχή όταν ξεπερνιούνται οι τιμές ευαισθησιών τους. Κατά γενικό κανόνα οποιεσδήποτε αυξήσεις στην ολίσθηση που παράγονται μέσα σε αυτήν την περιοχή θα οδηγήσουν στις μειώσεις των αποτελεσματικών προσκολλήσεων. Όταν φρενάρει, ένας τροχός θα κλειδώσει μέσα σε μερικά δέκατα του δευτερολέπτου. Κατά τη διάρκεια της επιτάχυνσης, το αυξανόμενο πλεόνασμα της κινητήριας ροπής οδηγεί σε μια γρήγορη άνοδο στην ταχύτητα περιστροφής της μιας ή των δύο τροχών κίνησης – το αποτέλεσμα είναι σπινάρισμα των τροχών.

Η πρόσθεση άλλων παραγόντων (όπως τα υψηλότερα φορτία ανά τροχό ή οι ακραίες γωνίες) σε έναν τροχό που ολισθαίνει έχει τα αρνητικά αποτελέσματα στη μεταφορά δύναμης και στο χειρισμό.

#### 4.1.7 Υπερστροφή και υποστροφή.

Ο τροχός με το λαστιχένιο ελαστικό του πρέπει να περιστρέφεται με γωνία σχετική με την επιφάνειά του ως συνθήκη για τις πλευρικές κινητήριες δυνάμεις (δυνάμεις στροφής) μεταξύ τροχού και οδικής επιφάνειας. Αυτό σημαίνει ότι μια γωνία ολίσθησης πρέπει να είναι παρούσα.

Τα οχήματα περιγράφονται να έχουν υποστροφή όταν αυξάνεται η γωνία ολίσθησης του μπροστινού άκρου τους γρηγορότερα από την οπίσθια γωνία ολίσθησης καθώς η πλευρική ταχύτητα αυξάνει. Ο αντίστροφος όρος (υψηλότερη οπίσθια ολίσθηση) αναφέρεται ως υπερστροφή.

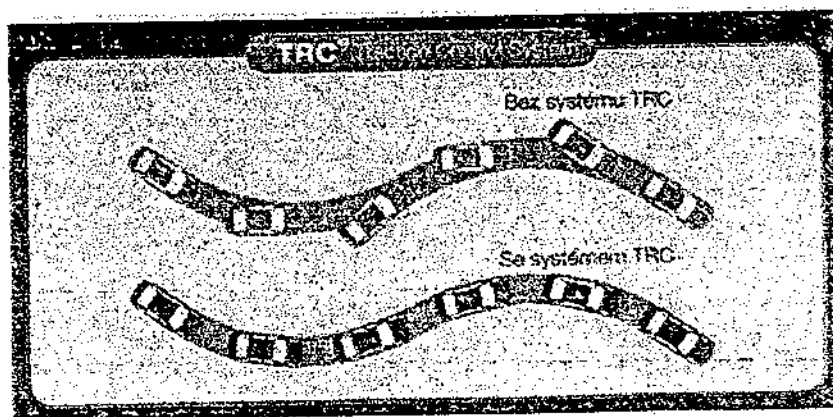
Μερικά οχήματα παρουσιάζουν μια εγγενή και αμετάβλητη τάση είτε προς υπερστροφή είτε υποστροφή, σε οποιοδήποτε συνθήκες. Άλλα με υποστροφή σε χαμηλά ποσοστά πλευρικής ταχύτητας πριν κάνουν μια μετάβαση σε υπερστροφή καθώς η πλευρική ταχύτητα αυξάνει. Εδώ, πάλι, ένα πρότυπο αντίδρασης είναι επίσης δυνατό (αρχικά υπερστροφή και στη συνέχεια υποστροφή).

#### 4.1.8 Φυγοκεντρικές δυνάμεις κατά την διάρκεια στροφής.

Το σημείο εστίασης της φυγοκεντρικής δύναμης είναι το κέντρο βάρους  $s$ . Τα αποτελέσματά του εξαρτώνται από μια σειρά των επιρροών συμπεριλαμβανομένου:

- Ακτίνας στροφής,
- Ταχύτητας οχήματος,
- Ύψους του κέντρου βάρους του οχήματος,
- Μάζας του οχήματος,
- Πλάτους έλξης του οχήματος,
- Ζεύγους τριβής ελαστικό/επιφάνεια οδοστρώματος (καιρός, πεζοδρόμιο, συνθήκες ελαστικού), και
- Συνεισφοράς φορτίου στο όχημα.

Η στροφή αποκτά μια επικίνδυνη πτυχή όταν η φυγοκεντρική δύναμη απειλεί να ξεπεράσει τις πλευρικές δυνάμεις στους τροχούς, καθιστώντας αδύνατο να διατηρηθεί το όχημα στη σωστή διαδρομή. Οι κατατεθειμένες καμπύλες μπορούν να ενεργήσουν ως θετική αντιδραστική επιρροή ενάντια σε αυτές τις δυνάμεις (σχήμα 4.1).



Σχήμα 4.1: Συμπεριφορά οχήματος χωρίς και με TCS – ASR.  
[Διαδίκτυο: [www.lycos.com](http://www.lycos.com)]

#### 4.2.Εισαγωγή στα συστήματα TCS - ASR

Αντιμετωπίζοντας τεράστιες δυσκολίες στο να ελέγχουμε και να εντοπίζουμε οποιοδήποτε είδος προγραμμάτων (software) τα οποία παράγουν κάποιο είδος ελέγχου

Το ASR είναι ένα αυτόματο σύστημα ρύθμισης κινήσεως σε ολίσθηση. Τα βοηθήματα στην εξέλιξη είναι διατάξεις, οι οποίες εργάζονται αυτόματα και περιορίζουν τη διατιθέμενη ροπή κατά την κίνηση στη μέγιστη δυνατή μεταφερόμενη. Αυτό είναι τότε δυνατό, αν υπάρχει μικρή ολίσθηση. Στα αυτοκίνητα μεγάλης ισχύος με κίνηση στους πίσω τροχούς είναι αισθητή η τάση τους για υπερστροφή ή για εκτίναξη του πίσω μέρους τους κατά την επιτάχυνση, λόγω της δύναμης πλευρικής ευστάθειας μειώνεται πολύ και το όχημα συμπεριφέρεται με μεγάλη αστάθεια. Αν ένα όχημα περιέλθει σε κατάσταση αστάθειας λόγω αύξησης της ολίσθησης στους κινητήριους τροχούς, τότε ενεργοποιείται το σύστημα ASR.

Τα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι:

- Βελτίωση της έλξης κατά την εκκίνηση ή επιτάχυνση.
- Αύξηση της ασφάλειας κατά την κίνηση υπό μεγάλη κινητήρια δύναμη.
- Αυτόματη προσαρμογή της ροπής του κινητήρα, ανάλογα με την κατάσταση πρόσφυσης στο οδόστρωμα.
- Πληροφόρηση του οδηγού σχετικά με την προσέγγιση στα επιτρεπτά όρια κίνησης.

Το σύστημα ελέγχου σπινάρισματος των τροχών ελέγχει την ολίσθηση – σπινάρισμα των τροχών. Όταν ένας από τους κινητήριους τροχούς του αυτοκινήτου αρχίσει να σπινάρει, δηλ. να παίρνει περισσότερες στροφές από τον άλλο τροχό, τότε το σύστημα ελέγχου αντισπινάρισματος επεμβαίνει εξασφαλίζοντας την μέγιστη δυνατή πρόσφυση των τροχών ανεξάρτητα από την κατάσταση του δρόμου.

Στα συμβατικά αυτοκίνητα για τη βελτίωση του προβλήματος που οφείλεται στην αδυναμία του διαφορικού χρησιμοποιήθηκαν τα «μπλοκέ» διαφορικά ή διαφορικά περιορισμένης ολίσθησης. Όμως το μπλοκέ διαφορικό έχει δύο σοβαρά μειονεκτήματα, πρώτον δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε εμπροσθοκίνητα αυτοκίνητα καθώς οι μπροστινοί τροχοί έχουν τον πρόσθετο ρόλο του στριψίματος και δεύτερον δεν είναι συμβατικό με το σύστημα ASR.

Σήμερα η εμπλοκή του διαφορικού γίνεται έμμεσα φρενάροντας τον ολισθαίνοντα τροχό, χρησιμοποιώντας τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το σύστημα πέδησης ABS. Έτσι η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες των αισθητήρων του συστήματος ABS, κατάλληλο πρόγραμμα και λίγα επιπλέον εξαρτήματα, φρενάρει τον τροχό ο οποίος βρίσκεται σε καλύτερες συνθήκες πρόσφυσης, επιτρέποντας έτσι στο αυτοκίνητο να κινηθεί με ασφάλεια.

## 4.3 Το σύστημα – Συστατικά συστήματος.

### 4.3.1 Σύστημα ελέγχου πρόσφυσης TCS.

Το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης TCS πρέπει να είναι ικανό να αναχαιτίζει το σπινάρισμα των τροχών κατά την αρχική ή κατά την κίνηση επιτάχυνσης κάτω από τις παρακάτω συνθήκες:

- Όταν το οδόστρωμα είναι ολισθηρό στη μια ή και στις δύο πλευρές.
- Όταν το όχημα βγαίνει από τη θέση στάθμευσης που είναι καλυμμένο με πάγο.
- Κατά την επιτάχυνση πάνω σε στροφή και
- Όταν ξεκινάει πάνω σε κεκλιμένο επίπεδο (έλεγχος κλειστού κυκλώματος για απαιτούμενη δύναμη πρόσφυσης βασισμένη στον κανονισμό της πίεσης φρένων στον πιθανό τροχό για σπινάρισμα).

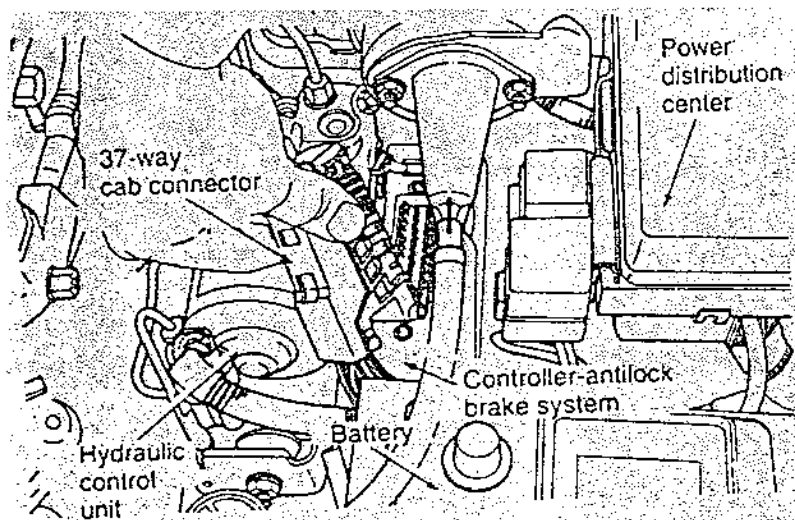
Το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης επίσης πρέπει να παρεμβαίνει στις παρακάτω περιπτώσεις:

- Όταν ένας τροχός σπινάρει – όπως όταν μπλοκάρει – οι πλάγιες δυνάμεις οι οποίες μπορεί να μεταδώσει είναι περιορισμένες. Το όχημα γίνεται ασταθές και το πίσω

μέρος βγαίνει εκτός ελέγχου. Το TCS διατηρεί την σταθερότητα του οχήματος για εξαιρετική ασφάλεια.

- Σπινάρισμα – ολίσθηση επίσης οδηγεί σε φθορά πέλματος του ελαστικού και οδηγηκό στρες. Το TCS αποφεύγει τα οδηγητικά φορτία που προκύπτουν όταν ένας τροχός που σπινάρει ξαφνικά βρίσκει πρόσφυση σε επιφάνεια με υψηλή προσκόλληση.
- Το TCS πρέπει να είναι σε ετοιμότητα να παρέμβει αυτόματα σε όλες τις στιγμές. Το TCS χρησιμοποιεί την διαφορά στην ακτίνα ολίσθησης στους κινητήριους τροχούς για την διαχώριση μεταξύ της στροφής και της επιτάχυνσης στα όρια της ολίσθησης. Τα ελαστικά δεν «απορροφούν» σε μικρής ακτίνας στροφές όπως μπορεί να συμβεί με ένα μπλοκάρισμα. Οι διαφορές της οριακής ολίσθησης και του μπλοκαρίσματος, που έχουν σαν αποτέλεσμα το σπινάρισμα, δεν μπορούν πάντα να αναχαιτιστούν με λειτουργίες κατάπνιξης. Σε αντίθεση, το TCS επίσης κανονίζει την έξοδο της μηχανής για να εξασφαλίσει την διατήρηση της πρόσφυσης στους τροχούς.

Το σύστημα ανταποκρίνεται σε καταστάσεις μέσα στην περιοχή φυσικής αρχής με την ενεργοποίηση ενός προειδοποιητικού λαμπτήρα για να ειδοποιήσει τον οδηγό.



**Σχήμα 4.2: Ελεγκτής φρένων με σύστημα αντιμπλοκαρίσματος (Courtesy of Chrysler Corporation)**

*[Today's Technician Classroom Manual for Automotive Brake Systems]*

#### 4.3.1.1 Ο ελεγκτής του συστήματος

Το σύστημα μπορεί να είναι ένα απλό σύστημα ABS, ή συνδυασμός του ABS και του συστήματος ελέγχου πρόσφυσης. Η λειτουργία του ελέγχου πρόσφυσης σε αυτά τα συστήματα ενεργεί στα φρένα των κινητήριων τροχών για να προλάβει την ολίσθηση από επιτάχυνση.

Η μονάδα υδραυλικού ελέγχου στα συνδυασμένα συστήματα περιέχει δύο πρόσθετα σωληνοειδή. Γι' αυτό η μονάδα υδραυλικού ελέγχου είναι λίγο μεγαλύτερη και έχει μερικά επιπλέον καλώδια που συνδέονται μεταξύ της μονάδας υδραυλικού ελέγχου και του ελεγκτή του αντιμπλοκαρίσματος φρένων (CAB).

Ο ελεγκτής αντιμπλοκαρίσματος τοποθετείται στην περιοχή της μηχανής κάτω από το κέντρο διανομής ενέργειας (εικόνα 4.2). Η μονάδα υδραυλικού ελέγχου είναι τοποθετημένη δίπλα στον CAB, και τα σωληνοειδή αυτής της μονάδας είναι ενωμένα με τον CAB. Ο ελεγκτής κάνει τις εξής δουλειές:

1. Εντοπίζει πρόθεση για μπλοκάρισμα τροχού από το ABS και για σπινάρισμα τροχού από τον έλεγχο πρόσφυσης.

2. Ελέγχει και ρυθμίζει το υγρό φρένων στα φρένα στους τροχούς ή στους κυλίνδρους κατά την διάρκεια έκκλησης για αντιμπλοκάρισμα φρένων και κατά την διάρκεια αίτησης για έλεγχο πρόσφυσης.
3. Χειρίζεται την λειτουργία του λαμπτήρα του ελέγχου πρόσφυσης και του προειδοποιητικού λαμπτήρα του ελέγχου πρόσφυσης.
4. Καταγράφει όλα τα κομμάτια του συστήματος για περίπτωση λανθασμένης λειτουργίας.
5. Παρέχει επικοινωνία με το δοκιμαστικό σαρωτή σε διαγνωστική μέθοδο.
6. Αποθηκεύει διαγνωστικές πληροφορίες σε μια μη άστατη μνήμη.

Στο λογισμικό του CAB περιέχεται και ένας θερμικός οριοθέτης. Αυτός ο θερμικός οριοθέτης υπολογίζει την θερμοκρασία στα τακάκια των φρένων από την διάρκεια της επενέργειας της διαδικασίας ελέγχου πρόσφυσης. Όταν ο CAB αποφανθεί ότι η θερμοκρασία στα τακάκια των φρένων είναι πάνω από ένα ορισμένο όριο, ο CAB σταματάει την λειτουργία του ελέγχου πρόσφυσης και ενεργοποιεί το λαμπάκι προειδοποίησης του ελέγχου πρόσφυσης (ο έλεγχος πρόσφυσης είναι εκτός λειτουργίας). Ο θερμικός οριοθέτης δεν μπορεί να ξαναρυθμιστεί με το να σβήσουμε το αμάξι και να το ξαναανάψουμε. Ο θερμικός οριοθέτης δεν επηρεάζει την λειτουργία του ABS.

#### 4.3.1.2 MSR έλεγχος απορρόφησης στρεπτικής δύναμης.

Το TCS μπορεί να επεκταθεί και να συμπληρωθεί με επιπλέον συμπληρωματική συσκευή ελέγχου απορρόφησης στρεπτικής δύναμης της μηχανής την MSR. Όταν γίνεται κατέβασμα ταχύτητας ξαφνικά σε οδόστρωμα με χαμηλή πρόσφυση, το κόψιμο της μηχανής μπορεί να οδηγήσει σε ιδιαίτερη ολίσθηση λόγω πέδησης στους κινητήριους τροχούς.

Το MSR ανταποκρίνεται με το να απορροφά μια μικρή αύξηση της στρεπτικής δύναμης της μηχανής για να ελαττώσει το αποτέλεσμα του φρεναρίσματος στους τροχούς, σε ένα ανάλογο επίπεδο με την ευστάθεια του οχήματος.

#### 4.3.1.3 Ηλεκτρονικός έλεγχος κατάπνιξης.

Το TCS πρέπει να είναι ικανό να παρεμβαίνει ανεξάρτητα από την είσοδο κατάπνιξης του οδηγού. Γι' αυτό είναι απαραίτητη η αντικατάσταση της μηχανικής ακραίας ένωσης μεταξύ του πεντάλ επιτάχυνσης (γκάζι) και της βαλβίδας κατάπνιξης (σε μηχανές Otto), ή μεταξύ του πεντάλ και του επιπέδου ελέγχου της αντλίας ψεκασμού (για μηχανές Diesel), με το ETC «ηλεκτρονικός έλεγχος κατάπνιξης». Το ETC ορίζει τις εντολές ελέγχου του TCS που προηγούνται από την είσοδο του οδηγού.

Ένας αισθητήρας διαδρομής πεντάλ μετατρέπει την θέση του πεντάλ σε ηλεκτρονικό σήμα. Η μονάδα ελέγχου ETC συμβουλευεται προγραμματισμένους παράγοντες και σήματα από άλλους αισθητήρες (π.χ. θερμοκρασία, ταχύτητα μηχανής) κατά την μετατροπή του σήματος του πεντάλ σε μια τάση ελέγχου για τον ηλεκτρικό σερβοκινητήρα. Ο σερβοκινητήρας ενεργοποιεί την βαλβίδα στραγγαλισμού (ή την αντλία ελέγχου επιπέδου για Diesel) και επαναθέτει τη θέση της βαλβίδας στραγγαλισμού πίσω στο ECU σαν ηλεκτρονικό σήμα.

#### 4.3.1.4 Είσοδοι

##### Αισθητήρες ταχύτητας τροχού

Ο αισθητήρας ταχύτητας τροχού τοποθετείται σε κάθε τροχό. Ο ελεγκτής CAB χρησιμοποιεί τα σήματα των αισθητήρων τροχών για να αποφασίσει αν υπάρχουν τάσεις για μπλοκάρισμα τροχού για τον έλεγχο που πραγματοποιεί το ABS. Τα σήματα των

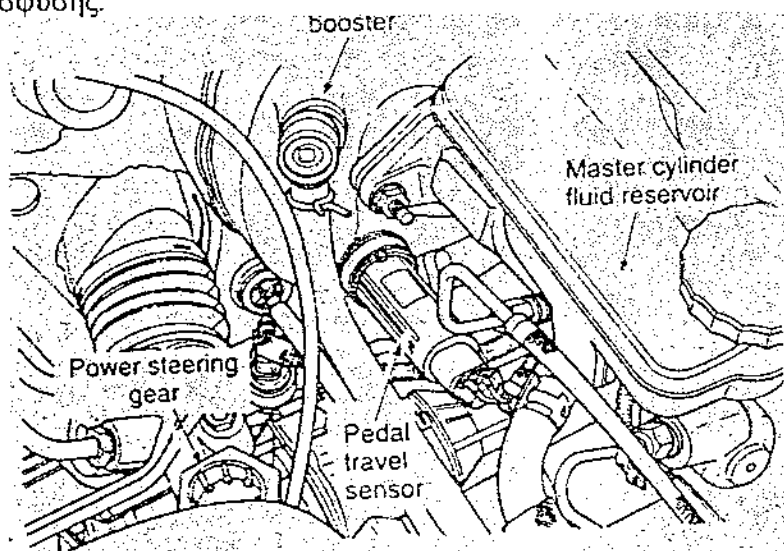
αισθητήρων των κινητήριων τροχών επίσης χρησιμοποιούνται από τον ελεγκτή για να μπορέσει να καταλάβει τυχόν τάσεις για σπινάρισμα για το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης.

### Διακόπτης φρένου

Ο κανονικά ανοιχτός διακόπτης φρένου παίρνει εντολές από το πεντάλ του φρένου. Όταν το πεντάλ του φρένου απελευθερώνεται ο διακόπτης του φρένου κλείνει και το σήμα του διακόπτη πάει στον ελεγκτή CAB. Όταν ο ελεγκτής λάβει το σήμα αυτό, σταματάει την λειτουργία του ελέγχου πρόσφυσης ακόμα και αν η λειτουργία είναι σε προοδευτικό σημείο όταν το σήμα λαμβάνεται.

### Αισθητήρας διαδρομής πεντάλ φρένου

Ο αισθητήρας διαδρομής πεντάλ φρένου (PTS) είναι τοποθετημένος πάνω στον προωθητήρα κενού (σχήμα 4.3). Ο αισθητήρας PTS είναι ένας μεταδωτέας γραμμικού βήματος με εφτά βήματα. Καθώς το πεντάλ του φρένου αφήνεται ο PTS στέλνει σήμα στον ελεγκτήρα σε σχέση με την διαδρομή του πεντάλ. Όταν ο ελεγκτήρας CAB λάβει ένα σήμα από τον αισθητήρα PTS που υποδεικνύει υπερβολική διαδρομή του πεντάλ κατά την αίτηση αντιμπλοκαρίσματος φρένου, ο ελεγκτής κάνει την κατάλληλη ενέργεια ώστε να αποκαταστήσει το χαμένο ύψος του πεντάλ. Ο αισθητήρας PTS δεν χρησιμοποιείται για τον έλεγχο πρόσφυσης.



Σχήμα 4.3: Διακόπτης μετακίνησης πεταλιού φρένου (Courtesy of Chrysler Corporation).  
[Today's Technician Classroom Manual for Automotive Brake Systems]

### Διακόπτης ανάφλεξης (μίζα)

Όταν ο διακόπτης ανάφλεξης είναι ανοιχτός, ένα σήμα στέλνεται από τον διακόπτη ανάφλεξης στον ελεγκτή CAB. Αυτό το σήμα πληροφορεί τον ελεγκτή να ελέγξει τα συστήματα ABS και ελέγχου πρόσφυσης για ατέλειες. Αν εντοπιστεί κάποια ατέλεια, ο ελεγκτής CAB ανάβει το προειδοποιητικό λαμπάκι του ABS και του ελέγχου πρόσφυσης.

### Κύριος ενισχυτής ρεύματος

Ο κεντρικός ενισχυτής ρεύματος είναι τοποθετημένος στο πλάι από το κέντρο διανομής ενέργειας. Ο κεντρικός ενισχυτής ρεύματος λειτουργείται από τον ελεγκτή CAB. Όταν ο διακόπτης ανάφλεξης είναι ανοιχτός, ο ελεγκτής CAB ενώνει τα ανοίγματα του κεντρικού ενισχυτή με το τερματικό 32 στο CAB (σχήμα 4.4). Αυτή η ενέργεια κλείνει τις επαφές του ενισχυτή, και η ενέργεια της μπαταρίας παρέχεται μέσα από αυτές τις επαφές





## Διακόπτης ελέγχου πρόσφυσης

Ο διακόπτης ελέγχου πρόσφυσης είναι διακόπτης στιγμιαίας επαφής που τοποθετείται στο καντράν δεξιά από το τιμόνι. Αυτός ο διακόπτης επιτρέπει στον οδηγό να απενεργοποιήσει το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης. Ο διακόπτης πρέπει να είναι πιεσμένους για τουλάχιστον 0.25 δευτερόλεπτα ώστε να στείλει το σήμα στον ελεγκτή CAB. Πιέζοντας τον διακόπτη στέλνεται σήμα στον ελεγκτή CAB ώστε να απενεργοποιήσει το σύστημα του ελέγχου πρόσφυσης. Κάτω από αυτές τις συνθήκες το λαμπάκι μη λειτουργίας του ελέγχου πρόσφυσης ανάβει πάνω στο καντράν. Όταν ο διακόπτης του ελέγχου πρόσφυσης πατηθεί και πάλι ο έλεγχος πρόσφυσης είναι και πάλι διαθέσιμος. Κάθε φορά που ο διακόπτης ανάφλεξης είναι αναμμένος, ο ελεγκτής CAB επανέρχεται στον έλεγχο πρόσφυσης ακόμα και όταν ο έλεγχος πρόσφυσης ήταν εκτός λειτουργίας κατά την διάρκεια του τελευταίου κύκλου ανάφλεξης.

## Διακόπτης πίεσης

Ο διακόπτης πίεσης τοποθετείται εσωτερικά μέσα στο σώμα της μονάδας υδραυλικού ελέγχου. Αυτός ο διακόπτης χρησιμοποιείται μόνο σε συστήματα που συνδυάζουν ABS και έλεγχο πρόσφυσης. Ο διακόπτης πίεσης είναι κανονικά κλειστός, και αυτός ο διακόπτης ανοίγει όταν μια προκαθορισμένη πίεση του υγρού είναι παρούσα στο σύστημα των φρένων. Το σήμα του διακόπτη των φρένων στέλνεται στον ελεγκτή CAB. Όταν ο διακόπτης της πίεσης των φρένων είναι ανοιχτός δείχνοντας αίτηση για φρενάρισμα, ο ελεγκτής CAB δεν θα παρέχει έλεγχο πρόσφυσης.

## Διακόπτης επιπέδου υγρού #2.

Ο διακόπτης επιπέδου υγρού (FLS)#2 εντοπίζεται μέσα στο ρεζερβουάρ υγρού της μονάδας υδραυλικού ελέγχου HCU. Αυτό το ρεζερβουάρ ενώνεται με έναν ελαστικό σωλήνα με το ρεζερβουάρ του κεντρικού ελέγχου. Το ρεζερβουάρ υγρού της μονάδας υδραυλικού ελέγχου HCU επιτρέπει τις λειτουργίες του ABS και του ελέγχου πρόσφυσης αν το επίπεδο του υγρού είναι χαμηλό στο ρεζερβουάρ του κεντρικού κυλίνδρου. Ο διακόπτης επιπέδου υγρού #2 είναι κανονικά κλειστός. Αν το επίπεδο του υγρού είναι χαμηλό στο ρεζερβουάρ της μονάδας υδραυλικού ελέγχου HCU, ο διακόπτης επιπέδου υγρού #2 είναι ανοιχτός, και το σήμα στέλνεται στον ελεγκτή CAB. Όταν ο ελεγκτής CAB λάβει ένα σήμα ανοιχτού FLS#2, τα συστήματα ABS και ελέγχου πρόσφυσης απενεργοποιούνται. Κάτω από αυτές τις συνθήκες το κίτρινο προειδοποιητικό λαμπάκι του ABS και του ελέγχου πρόσφυσης ανάβουν.

### **4.3.1.5 Έξοδοι**

#### Κίτρινος προειδοποιητικός λαμπτήρας ABS

Το κίτρινο προειδοποιητικό λαμπάκι του ABS παραμένει αναμμένο για δύο δευτερόλεπτα από την στιγμή που γυρίζουμε την μίζα. Μετά από αυτό το χρονικό διάστημα αν δεν υπάρχει κάποιο πρόβλημα στο σύστημα του ABS, ο ελεγκτής CAB απενεργοποιεί το προειδοποιητικό λαμπάκι του ABS. Αυτός ο προειδοποιητικός λαμπτήρας θα πρέπει να παραμένει κλειστός κατά την διάρκεια που η μηχανή είναι σε λειτουργία. Οι παρακάτω συνθήκες προϋποθέτουν αναμμένο λαμπάκι προειδοποίησης του ABS.

**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Όταν το προειδοποιητικό λαμπάκι του ABS είναι αναμμένο ενώ η μηχανή δουλεύει, η λειτουργία του ABS το πιο πιθανό είναι να είναι απενεργοποιημένη και η σταθερότητα του οχήματος κατά το φρενάρισμα να είναι μειωμένη. Αυτή η

κατάσταση θα μπορούσε να έχει σαν αποτέλεσμα σε μια σύγκρουση την καταστροφή του οχήματος και τον τραυματισμό ανθρώπων. Αν το προειδοποιητικό λαμπάκι του ABS είναι αναμμένο με την μηχανή σε λειτουργία, το σύστημα το φρένων θα πρέπει να ελεγχθεί το συντομότερο δυνατό από ειδικευμένο προσωπικό.

1. Ο ελεγκτής CAB ενεργοποιεί το προειδοποιητικό λαμπάκι του ABS αν ο ελεγκτής αισθανθεί κάποια δυσλειτουργία στο σύστημα του ABS. Κάτω από αυτήν την κατάσταση ο ελεγκτής CAB σταματάει την λειτουργία του ABS. Το κανονικό υποβοηθούμενο φρενάρισμα είναι ακόμα διαθέσιμο.
2. Ο ελεγκτής CAB ενεργοποιεί το προειδοποιητικό λαμπάκι του ABS αν ο ελεγκτής CAB αισθανθεί ένα ηλεκτρικό σύστημα τάσης κάτω από 9 V.
3. Όταν η τάση σπινθήρα δεν παρέχεται από το τερματικό του ελεγκτή CAB με αριθμό 33 με την μίζα ανοιχτή, ο κεντρικός ενισχυτής ρεύματος δεν κλείνει και το προειδοποιητικό λαμπάκι του ABS παίρνει ρεύμα μέσα από τις ενώσεις του κεντρικού ενισχυτή.
4. Αν οι ηλεκτρονικές συνδέσεις του ελεγκτή CAB αποσυνδεθούν, το προειδοποιητικό λαμπάκι του ABS παίρνει ρεύμα μέσα από τις ενώσεις του κεντρικού ενισχυτή ρεύματος.
5. Κατά τον διαγνωστικό έλεγχο, το προειδοποιητικό λαμπάκι του ABS μένει διαρκώς ανοιχτό αν ένα σοβαρό λάθος είναι παρόν. Όταν δεν παρουσιάζεται μεγάλο λάθος, το λαμπάκι αυτό αναβοσβήνει κατά τον διαγνωστικό έλεγχο.

#### Κόκκινο προειδοποιητικό λαμπάκι φρένων

Το κόκκινο προειδοποιητικό λαμπάκι φρένων ανάβει σε κάθε μία από τις παρακάτω συνθήκες:

1. Όταν η μίζα είναι γυρισμένη στο πρώτο επίπεδο.
2. Όταν το χειρόφρενο είναι σε λειτουργία.
3. Όταν το κύκλωμα του κίτρινου προειδοποιητικού λαμπτήρα του ABS έχει αποτύχει και υπάρχει δυσλειτουργία στο ABS.
4. Αν έχει εμφανιστεί κάποια αποτυχία στο βασικό σύστημα φρένων.
5. Αν ο διακόπτης επιπέδου υγρών #1 στο ρεζερβουάρ του κεντρικού κυλίνδρου υποδεικνύει μια κατάσταση χαμηλής στάθμης υγρών.

**ΠΡΟΣΟΧΗ!** Όταν το κόκκινο προειδοποιητικό λαμπάκι των φρένων είναι αναμμένο ενώ η μηχανή λειτουργεί μπορεί να είναι διαθέσιμες περιορισμένες ικανότητες φρεναρίσματος. Αυτή η κατάσταση μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα σε μια σύγκρουση ζημιά στο αμάξι και προσωπικό τραυματισμό. Όταν το κόκκινο προειδοποιητικό λαμπάκι των φρένων είναι αναμμένο με την μηχανή σε λειτουργία, το σύστημα φρένων θα πρέπει να ελεγχθεί όσο πιο γρήγορα γίνεται από ειδικευμένο προσωπικό.

6. Ενώ το σύστημα είναι σε διαγνωστικό έλεγχο, το κόκκινο προειδοποιητικό λαμπάκι του φρένου θα αναβοσβήνει, ή θα παραμένει αναμμένο.

#### Κίτρινο προειδοποιητικό λαμπάκι ελέγχου πρόσφυσης

Το κίτρινο προειδοποιητικό λαμπάκι του ελέγχου πρόσφυσης ενεργοποιείται αν ο έλεγχος πρόσφυσης βγει εκτός λειτουργίας. Το κίτρινο προειδοποιητικό λαμπάκι του ελέγχου πρόσφυσης θα πρέπει να παραμένει ανοιχτό για δυο δευτερόλεπτα μετά τη εκκίνηση. Μετά από αυτήν την χρονική περίοδο, το κίτρινο προειδοποιητικό λαμπάκι του ελέγχου πρόσφυσης θα πρέπει να παραμένει κλειστό από τον ελεγκτή CAB. Το κίτρινο προειδοποιητικό λαμπάκι του ελέγχου πρόσφυσης ενεργοποιείται αν συμβεί κάτι από τις παρακάτω συνθήκες:

1. Αν κάποια δυσλειτουργία παρουσιαστεί, ο ελεγκτής CAB βγάζει εκτός λειτουργίας τον έλεγχο πρόσφυσης.

2. Όταν μια αποτυχία του κίτρινου προειδοποιητικού λαμπτήρα του ABS εντοπιστεί κατά τον ηλεκτρονικό έλεγχο.
3. Αν ο οδηγός έχει απενεργοποιήσει τον έλεγχο πρόσφυσης με τον διακόπτη του ελέγχου πρόσφυσης.

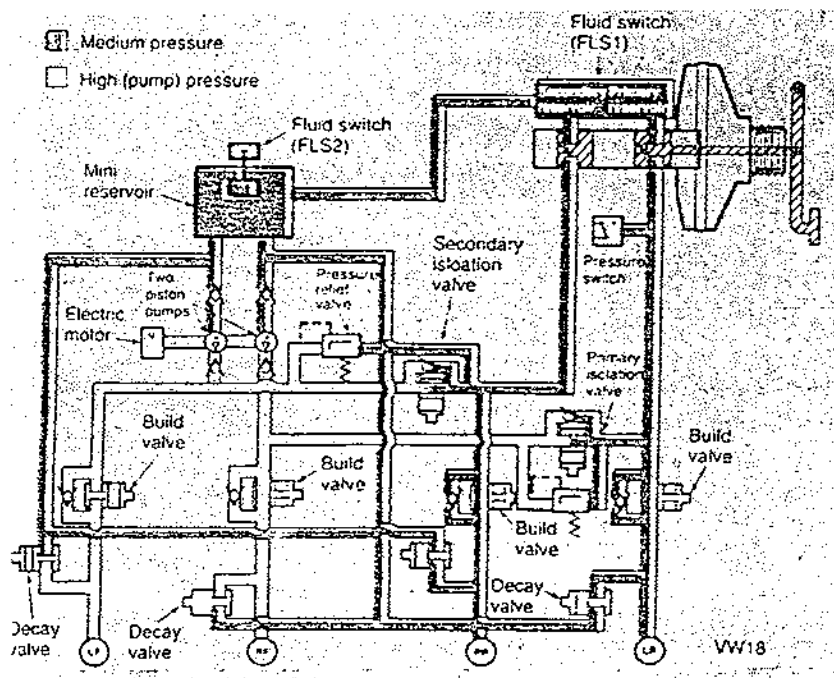
### Πράσινο λαμπάκι λειτουργίας του ελέγχου πρόσφυσης

Το πράσινο λαμπάκι λειτουργίας ελέγχου πρόσφυσης είναι ένα λαμπάκι υπόδειξης λειτουργίας. Αυτό το λαμπάκι ενεργοποιείται όταν τα συστήματα ABS και ελέγχου πρόσφυσης ενεργούν πάνω σε κάποιο τροχό κίνησης για έλεγχο πρόσφυσης. Το πράσινο λαμπάκι του ελέγχου πρόσφυσης ανάβει επίσης για δύο δευτερόλεπτα μετά την εκκίνηση.

### 4.3.1.6 Λειτουργία σωληνοειδούς, έλεγχος πρόσφυσης

#### Έλεγχος πρόσφυσης, αύξηση πίεσης

Το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης είναι σχεδιασμένο για να λειτουργεί σε ταχύτητες κάτω από 30 mph (48 km/h). Αν το σήμα του αισθητήρα του τροχού υποδείξει υπερβολικό σπινάρισμα κινητήριου τροχού, ο ελεγκτής CAB ενεργοποιεί τις μονωτικές σωληνοειδής βαλβίδες. Ο ελεγκτής τότε, ξεκινάει τον κινητήρα της αντλίας και ανοίγει τις βαλβίδες οικοδόμησης πίεσης που συνδέονται με τους κινητήριους τροχούς. Αυτή η κίνηση ενεργοποιεί τα φρένα πάνω στους κινητήριους τροχούς για να αποφευχθεί το σπινάρισμα (σχήμα 4.5). Οι μονωτικές βαλβίδες αποτρέπουν την κίνηση του υγρού φρένων από την αντλία στον κεντρικό κύλινδρο.



Σχήμα 4.5: Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας αύξησης πίεσης κατά τον έλεγχο πρόσφυσης (Courtesy of Chrysler Corporation).

[Today's Technician Classroom Manual for Automotive Brake Systems]

Αν η κατάσταση σπιναρίσματος προκύψει μόνο σε έναν από του δύο κινητήριους τροχούς, ο ελεγκτής CAB λειτουργεί και την μονωτική βαλβίδα και την βαλβίδα οικοδόμησης πίεσης σε αυτόν τον τροχό όταν υπάρχει σπινάρισμα.

Όταν το σήμα του αισθητήρα ταχύτητας τροχού υποδείξει ότι το σπινάρισμα δεν συμβαίνει πια, ο ελεγκτής CAB κλείνει τον κινητήρα της αντλίας και ανοίγει την βαλβίδα

φθίνουσας πίεσης για να απελευθερώσει την πίεση του υγρού από το τακάκι στο ρεζερβουάρ την μονάδας υδραυλικού ελέγχου HCU. Ο ελεγκτής CAB οριοθετεί τον χρόνο λειτουργίας της αντλίας ώστε να μην υπάρχει υπερθέρμανση στα υλικά φρένων.

Στο κοντινό παρελθόν, κατά την χρονιά των μοντέλων 1996, η Bosch και η IGT έχουν ένα «έξυπνο» σύστημα φρένων που ενεργεί στα φρένα των αυτοκινήτων που έχουν την κίνηση μπροστά. Το «έξυπνο» κομμάτι αυτών των συστημάτων επιτρέπει επίσης αίτηση φρεναρίσματος όταν θα χρησιμοποιούνται ραντάρ ή άλλα συστήματα εντόπισης για μείωση ή αποφυγή σύγκρουσης. Αυτό είναι ακόμα ένα βήμα προς το πραγματικά ασφαλές «έξυπνο μεγάλης ταχύτητας» σύστημα που έχει προταθεί εδώ και χρόνια. Αυτό το σύστημα βέβαια υπάρχει ακόμα μόνο σε πρότυπα αυτοκίνητα και δεν έχει κυκλοφορήσει σε κάποιο μοντέλο αυτοκινητοβιομηχανίας προς το αγοραστικό κοινό.

#### 4.3.2. Το σύστημα – συστατικά του συστήματος ASR.

Το σύστημα ASR δεν μπορούμε να πούμε ότι περιέχει κάποια ιδιαίτερα συστατικά αφού τα περισσότερα που χρησιμοποιεί αποτελούν κομμάτια του ABS. Έτσι τα κομμάτια που χρησιμοποιεί είναι:

- Σύστημα ελέγχου για ABS/ ASR
- Ηλεκτρονικό πεντάλ επιταχυντή και μηχανισμό ελέγχου της γωνίας της πεταλούδας
- Σύστημα συνεχούς παροχής της πρέπουσας τιμής, κινητήρα επενέργειας για την πεταλούδα.
- Πρόγραμμα ελέγχου πρόσφυσης, των κινητήριων τροχών, στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του κινητήρα.
- Μια ηλεκτρονική βαλβίδα (βαλβίδα απομόνωσης) στο κύκλωμα του ABS για κάθε κινητήριο τροχό.
- Μια υδραυλική βαλβίδα απομόνωσης για κάθε κινητήριο τροχό.

### 4.4 Λειτουργία των συστημάτων TCS - ASR

#### 4.4.1 Λειτουργία TCS.

Όταν ο οδηγός πιέζει τον επιταχυντή (γκάζι), η στρεπτική δύναμη της μηχανής και η στρεπτική δύναμη των τροχών σαν αποτέλεσμα αυξάνονται. Αν το οδόστρωμα είναι ικανό να παρέχει αντίστοιχη «υποστήριξη» για αυτή την αυξημένη στρεπτική δύναμη, τότε το όχημα μπορεί να επιταχυνθεί χωρίς πρόβλημα.

Παρ' όλα αυτά, τουλάχιστον ένας από τους κινητήριους τροχούς θα αρχίσει να σπινάρει μόλις η στρεπτική δύναμη οδήγησης ξεπεράσει το μέγιστο φυσικό μέγιστο που μπορεί ο δρόμος να παρέχει. Το αποτέλεσμα είναι η μείωση της αποτελεσματικότητας δύναμης πρόσφυσης, καθώς, η ακόλουθη απώλεια της πλάγιας προσκόλλησης, οδηγεί στην αστάθεια του οχήματος. Μέσα σε κλάσματα δευτερολέπτου, το TCS αντιδρά με την ρύθμιση της ολισθηρότητας των κινητήριων τροχών κάτω από κατάλληλο επίπεδο.

Όπως παρουσιάζει το σχήμα 4.6, οι παραλλαγές στην ισορροπία της στρεπτικής δύναμης  $M_R$  μπορούν να εργαστούν για να επηρεάσουν τις ταχύτητες τροχού  $v_1$  και  $v_2$  υπό παρακολούθηση – και μαζί με αυτές και την ολίσθηση οδήγησης  $\lambda$  – για καθένα από τους κινητήριους τροχούς.

Η ισορροπία της στρεπτικής δύναμης  $M_R$  αποτελείται από την στρεπτική δύναμη οδήγησης  $M_A$ , τη στρεπτική δύναμη πέδησης  $M_B$  και τον παράγοντα του οδοστρώματος  $M_S$  (αντιπροσωπεύει την στρεπτική δύναμη που μπορεί να μεταφερθεί στο οδόστρωμα).

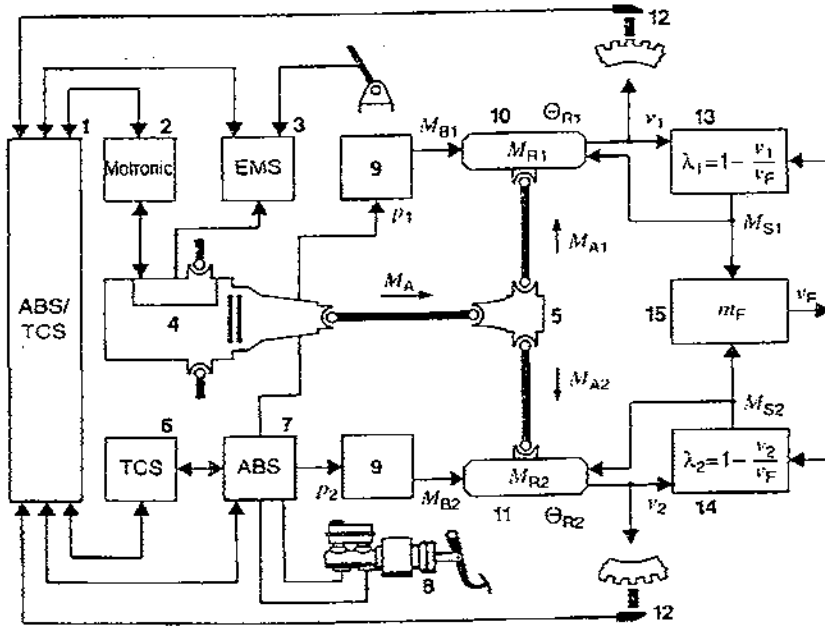
Σε οχήματα με μηχανές με ανάφλεξη με σπινθήρα, η στρεπτική δύναμη οδήγησης  $M_A$  ρυθμίζεται χρησιμοποιώντας τα παρακάτω συστήματα:

- Βαλβίδα στραγγαλισμού (προσαρμογή βαλβίδας στραγγαλισμού)
- Σύστημα ανάφλεξης (προσαρμογή θετικής γωνίας, καταστολή για ανεξάρτητο παλμό ανάφλεξης)
- Σύστημα ψεκασμού (καταστολή για ανεξάρτητο παλμό ψεκασμού (τροφοδοσία)).

Fig. 1

Functional units of the traction control (TCS)

1 ABS/TCS control unit (ECU), 2 Motronic ECU, 3 ETC control unit (ECU), 4 Engine, clutch, drivetrain, 5 Differential, 6 TCS pressure supply, 7 ABS hydraulic pressure modulator, 8 Brake master cylinder, 9 Wheel brakes, 10 Wheel 1, 11 Wheel 2, 12 Wheel-speed sensor, 13 Road surface (wheel 1), 14 Road surface (wheel 2), 15 Vehicle mass  $m_F$ ,  $p$  Brake pressure,  $v$  Wheel speed,  $v_F$  Vehicle speed,  $\lambda$  Slip,  $\Theta_R$  Wheel moment of inertia,  $M_A$  Drive torque,  $M_B$  Braking torque,  $M_R$  Powered-wheel torque balance,  $M_S$  Road torque. Indices 1, 2: Wheel 1, 2.



Σχήμα 4.6: Λειτουργικές μονάδες του συστήματος ελέγχου πρόσφυσης (TCS).

1 Μονάδα ελέγχου (ECU) για ABS/TCS, 2 Μοτρόνικ ECU, 3 Μονάδα ελέγχου ETC (ECU), 4 Μηχανή, σασμάν, άξονας μετάδοσης, 5 Διαφορικό, 6 Παροχή πίεσης TCS, 7 Ρυθμιστής υδραυλικής πίεσης ABS, 8 Κύριος κύλινδρος φρένων, 9 Φρένα τροχών, 10 Τροχός 1, 11 τροχός 2, 12 αισθητήρας ταχύτητας τροχού, 13 επιφάνεια δρόμου (τροχός 1), 14 επιφάνεια δρόμου (τροχός 2), 15 μάζα οχήματος  $m_F$ ,  $p$  Πίεση φρένου,  $v$  Ταχύτητα τροχού,  $v_F$  Ταχύτητα οχήματος,  $\lambda$  Ολίσθηση,  $\Theta_R$  Στιγμιαία αδράνεια του τροχού,  $M_A$  Στρεπτική δύναμη κίνησης,  $M_B$  Στρεπτική δύναμη πέδησης,  $M_R$  Ισορροπία στρεπτικής δύναμης ενεργού τροχού,  $M_S$  Στρεπτική δύναμη δρόμου. Ενδείξεις 1,2: Τροχός 1,2.

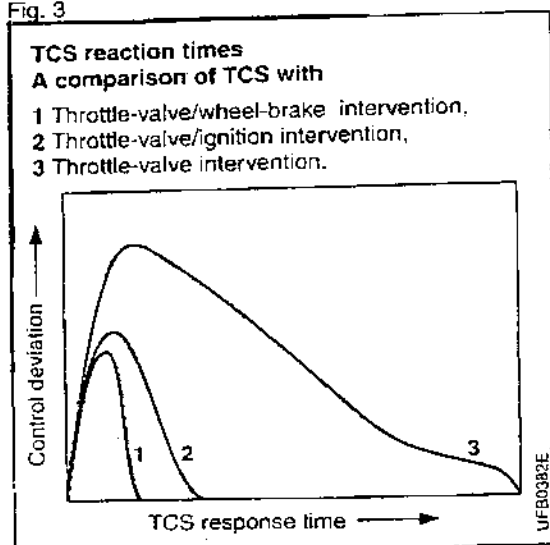
[Brake Systems – Bosch – edition 95/96]

Σε οχήματα εξοπλισμένα με Diesel η στρεπτική δύναμη οδήγησης  $M_A$  ρυθμίζεται με προσαρμογή του επιπέδου ελέγχου στην αντλία ψεκασμού (μείωση της ποσότητας καυσίμου που ψεκάζεται).

Το σύστημα φρένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έλεγχο της στρεπτικής δύναμης πέδησης  $M_B$  στους ανεξάρτητους τροχούς. Γι' αυτό το υδραυλικό σύστημα ABS πρέπει να επεκταθεί σύμφωνα με αυτό.

Το σχήμα 4.7 συγκρίνει τις καθυστερήσεις αντίδρασης που συνδέονται με ποικίλους τύπους της παρέμβασης του TCS στη διαχείριση της μηχανής. Όπως δείχνει η παράσταση, στην περίπτωση των οχημάτων με 2 κινητήριους τροχούς, οι σχετικά εκτεταμένες καθυστερήσεις αντίδρασης σημαίνουν ότι δεν είναι δυνατό να διατηρήσουμε ικανοποιητικά αποτελέσματα στον έλεγχο βασισμένο αποκλειστικά στις προσαρμογές της βαλβίδας κατάπνιξης (πεταλούδα).

Fig. 3



Σχήμα 4.7: Χρόνοι αντίδρασης του TCS.

Μια σύγκριση του TCS με:

- 1 Επέμβαση της βαλβίδας κατάπνιξης και του φρένου τροχού,
- 2 Επέμβαση της βαλβίδας κατάπνιξης και την ανάφλεξης,
- 3 Επέμβαση της βαλβίδας κατάπνιξης.

[Brake Systems – Bosch – edition 95/96]

#### 4.4.2 Λειτουργία ASR.

Όπως στα υπόλοιπα συστήματα έτσι και εδώ υπάρχει μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (ελεγκτής) η οποία δέχεται κάποια σήματα εξόδου (πληροφορίες), για την κινητική κατάσταση των τροχών, επεξεργάζεται αυτές τις πληροφορίες και στέλνει τα αντίστοιχα σήματα εξόδου, εντολές στους ενεργοποιητές.

Τα σήματα εισόδου είναι αυτά που προέρχονται από τους επαγωγικούς αισθητήρες των κινητήριων τροχών και πληροφορούν τον ελεγκτή για την περιστροφική ταχύτητα που έχουν αυτοί.

Όταν παρουσιαστεί μια διαφορά στην περιστροφική ταχύτητα των τροχών μεγαλύτερη από 100 στροφές / λεπτό περίπου λόγω απώλειας της πρόσφυσης ενός τροχού τότε ο ελεγκτής ενεργοποιεί την ηλεκτροϋδραυλική μονάδα πέδησης.

Η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα εκτός από τις λειτουργίες που απαιτεί το σύστημα ABS, επιπλέον εδώ δημιουργεί μια πρόσθετη πίεση στα φρένα των κινητήριων τροχών, αυτόματα χωρίς καμιά παρέμβαση του οδηγού. Η δύναμη πέδησης εφαρμόζεται τότε στον τροχό που ολισθαίνει (σπινάρει) και το διαφορικό αυξάνει την μετάδοση κίνησης στον άλλο τροχό. Έτσι το σύστημα βελτιώνει την κινητική κατάσταση του αυτοκινήτου.

Εκτός από τη διαφορά της περιστροφικής ταχύτητας των τροχών λαμβάνεται υπόψη από τον ελεγκτή (όχι σε όλα τα συστήματα) και η ταχύτητα του αυτοκινήτου. Έτσι το σύστημα αντισπιναρίσματος λειτουργεί μόνο σε ταχύτητες μικρότερες των 50 ή 40 Km/h όπου είναι περισσότερο απαραίτητο ενώ σε μεγάλες ταχύτητες απενεργοποιείται.

Σε μερικά συστήματα αντισπιναρίσματος η ηλεκτρονική μονάδα παίρνει πληροφορίες και από τον αισθητήρα θέσης πεταλούδας.

Στην περίπτωση αυτή ο εγκέφαλος, όταν ο ένας ή και οι δύο εμπρόσθιοι τροχοί περιστρέφονται γρηγορότερα από τους πίσω (4WD), μειώνει και την ροπή του κινητήρα.

Το σύστημα αντισπιναρίσματος των τροχών λειτουργεί μόνο όταν δεν λειτουργεί το σύστημα ABS. Ένας διακόπτης πίεσης πληροφορεί τον ελεγκτή πότε ενεργοποιείται το φρένο και απενεργοποιεί το σύστημα αντισπιναρίσματος ενώ ενεργοποιεί το ABS εάν είναι αναγκαίο.

#### 4.4.2.1 Ρυθμιστική λειτουργία πρώτου επιπέδου.

Στην περίπτωση που η ολίσθηση που εμφανίζεται αφορά μόνο τον ένα κινητήριο τροχό και η ταχύτητα του αυτοκινήτου είναι μικρότερη των 40 Km/h, τότε ενεργοποιείται το ρυθμιστικό κύκλωμα των φρένων του ASR, όπου η πέδηση του τροχού που ολισθαίνει γίνεται μέσω του υδραυλικού κυκλώματος του ASR, και συγκεκριμένα:

Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα του υδραυλικού κυκλώματος του ASR τροφοδοτεί με υγρό φρένων τον τροχό που ολισθαίνει, ο οποίος αρχίζει να επιβραδύνεται έως ότου μηδενιστεί η διαφορά στροφών των κινητήριων τροχών.

Η ρύθμιση της ολίσθησης του ενός κινητήριου τροχού με την παρέμβαση του υδραυλικού συστήματος ABS / ASR προτιμάται, διότι στην περιοχή των μικρών ταχυτήτων (μέχρι 40 Km/h) επιδιώκουμε να έχουμε διαθέσιμη τη μέγιστη ελκτική δύναμη.

Στους κινητήρες Diesel η ρύθμιση ASR γίνεται μέσω της μείωσης της ροπής  $M_A$  του κινητήρα, η οποία επιτυγχάνεται με τον μηχανισμό επέμβασης στο μοχλό ρύθμισης της ποσότητας έγχυσης πετρελαίου.

#### 4.4.2.2 Ρυθμιστική λειτουργία δεύτερου επιπέδου.

Όταν ολισθαίνουν και οι δύο κινητήριοι τροχοί και η ταχύτητα του αυτοκινήτου είναι άνω των 40 KM/h, τότε, επειδή η παρέμβαση φρένων (για περιορισμό της ολίσθησης) είναι άκρως επικίνδυνη για την ευστάθεια του αυτοκινήτου, γίνεται παρέμβαση του κινητήρα, προς την κατεύθυνση μείωσης της ροπής στρέψης των κινητήριων τροχών, βάσει των εντολών που δίνει η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου λειτουργίας του κινητήρα. Η παρέμβαση του κινητήρα γίνεται με ένα έως τρία βήματα ενεργειών:

1. Στην αρχή δίνει εντολή στο ηλεκτρονικό πεντάλ της πεταλούδας να περιορίσει το άνοιγμα της, ώστε να μειωθούν οι στροφές του κινητήρα και κατ' επέκταση και οι στροφές και η ροπή των κινητήριων τροχών που ολισθαίνουν, μέχρι να φτάσουν τις στροφές των άλλων δύο τροχών.
2. Εάν η ολίσθηση συνεχίζεται, τότε η μονάδα ελέγχου δίνει εντολή να μειωθεί η γωνία ανάφλεξης, ώστε να εξαλειφθεί η ολίσθηση.
3. Εάν και με τη μείωση του αβάνς συνεχίζεται η ολίσθηση, τότε η μονάδα ελέγχου του κινητήρα δίνει εντολή μείωσης της έγχυσης καυσίμου μέχρι να εξισορροπηθούν οι ροπές των πίσω τροχών και των μπροστινών τροχών.

### 4.5 Τύποι του TCS – ASR

#### 4.5.1 Τύποι του TCS

Το παρακάτω περιορίζεται στην περιγραφή των συστημάτων των οχημάτων με μηχανές που λειτουργούν χρησιμοποιώντας σπινθήρα για την ανάφλεξη.

##### 4.5.1.1 TCS2-DKB με παρέμβαση στη μηχανή και τα φρένα.

Αυτή η έκδοση δημιουργείται με ABS 2S μαζί με τα χαρακτηριστικά του TCS συνδυασμένο με τον έλεγχο της βαλβίδας κατάπνιξης (Drosselklappe για το DK) και την παρέμβαση των φρένων (B). Καθένα από τα ηλεκτρονικά και υδραυλικά συστήματα του ABS επεκτείνονται για να συμπεριλάβουν και τα μέρη του TCS (σχήματα 4.8 και 4.9).

##### Μηχανική παρέμβαση.

Η μηχανική παρέμβαση με τον έλεγχο της βαλβίδας κατάπνιξης παρέχεται από το ETC «ηλεκτρονικός έλεγχος ενέργειας – μηχανής».



## Παρέμβαση στα φρένα

Ένας αποτελεσματικός και βολικός τρόπος για την εκπλήρωση του ελέγχου TCS για τις δυνάμεις πέδησης είναι διαθέσιμος στη μορφή των μερών που είναι ήδη εγκατεστημένα για το ABS. Μια συμπληρωματική βαλβίδα πιλότος (11) αλλάζει από φυσιολογική λειτουργία του συστήματος πέδησης σε έλεγχο TCS για την διάρκεια της λειτουργίας. Αυτό κάνει δυνατή την πλήρωση των συσσωρευτών (1%) υγρού φρένων για παροχή πίεσης πέδησης στους κυλίνδρους των φρένων των τροχών στους ενισχυμένους τροχούς (1) χωρίς καμιά ανάλογη κίνηση του πεντάλ του φρένου. Αντίθετα, με το ABS, η ρύθμιση της πίεσης έρχεται σε πέρας από τις σωληνοειδείς βαλβίδες (5...8) με τις τρεις θέσεις τους για αύξηση της πίεσης, κράτημα της πίεσης και απελευθέρωσης της πίεσης. Ο έλεγχος παλμού των σωληνοειδών βαλβίδων παρέχεται από την μονάδα ελέγχου ABS/TCS όποτε το σύστημα ελέγχου αναγνωρίζει έναρξη σπιναρίσματος στους κινητήριους τροχούς. Η αντλία επιστροφής (3) συνεχίζει να λειτουργεί σε όλη την διάρκεια της διαδικασίας ελέγχου πρόσφυσης με σκοπό να βοηθήσει στην αποφόρτιση πίεσης από τους κυλίνδρους φρένων τροχών των κινητήριων τροχών. Το αποφορτισμένο υγρό φρένων ρέει πίσω στο συσσωρευτή (15). Μια αντλία φόρτισης (14) ξαναγεμίζει τον συσσωρευτή όταν το ABS/TCS είναι ανενεργό.

Η παρέμβαση στην πέδηση επίσης παρέχει μια μορφή περιορισμού ολίσθησης ή λειτουργία μπλοκαρίσματος στο διαφορικό. Έτσι συνδυάζει βελτιωμένη ευστάθεια οχήματος και έλεγχο διεύθυνσης με πιο αποτελεσματική παροχή δυνάμεων επιτάχυνσης, ειδικά σε επιφάνειες που έχουν διαφορετικά επίπεδα πρόσφυσης στην αριστερή και τη δεξιά πλευρά. Το σχήμα 4.10 παρουσιάζει τις γραμμικές δυνάμεις που ενεργούν στους κινητήριους τροχούς. Ο τροχός στην επιφάνεια με μεγαλύτερο συντελεστή τριβής  $\mu_h$  είναι ικανός να μεταφέρει μεγαλύτερη δύναμη  $F_h$  ("h" για υψηλό), ο τροχός στην περιοχή με μικρότερο συντελεστή τριβής  $\mu_l$  μεταφέρει την πιο μικρή δύναμη  $F_l$  ("l" για χαμηλό). Την ίδια στιγμή, το διαφορικό θα επιτρέψει μόνο μία συνολική δύναμη να μεταφερθεί  $2F_L$  σε αυτόν τον τύπο ετερογενούς επιφάνειας. Έτσι θα πρέπει να ενεργήσει δύναμη πέδησης  $F_B$  για να αποτρέψει τον τροχό στην επιφάνεια με  $\mu_l$  να σπινάρει σε αντίδραση της υπερβολικής στρεπτικής δύναμης οδήγησης. Η μέγιστη δύναμη πρόσφυσης του οχήματος μπορεί τότε να ενεργήσει αποτελεσματικά:

$$F_{\text{TOTAL}} = F_h + F_L = 2 \cdot F_L + F_B^*$$

Η  $F_B^*$  βγαίνει από την  $F_B$  και παίρνει υπ' όψιν τις διαφορές στην αποτελεσματική ακτίνα. Η στρεπτική δύναμη πρόσφυσης ρυθμίζεται για να παρέχει μέγιστη πιθανή δύναμη οδήγησης. Σε αυτήν τη διαδικασία, μεγάλες συμπληρωματικές δυνάμεις πρόσφυσης μπορεί επίσης να ενεργήσουν στον τροχό που είναι στην επιφάνεια με  $\mu_h$  (σχήμα 4.10)

Fig. 4

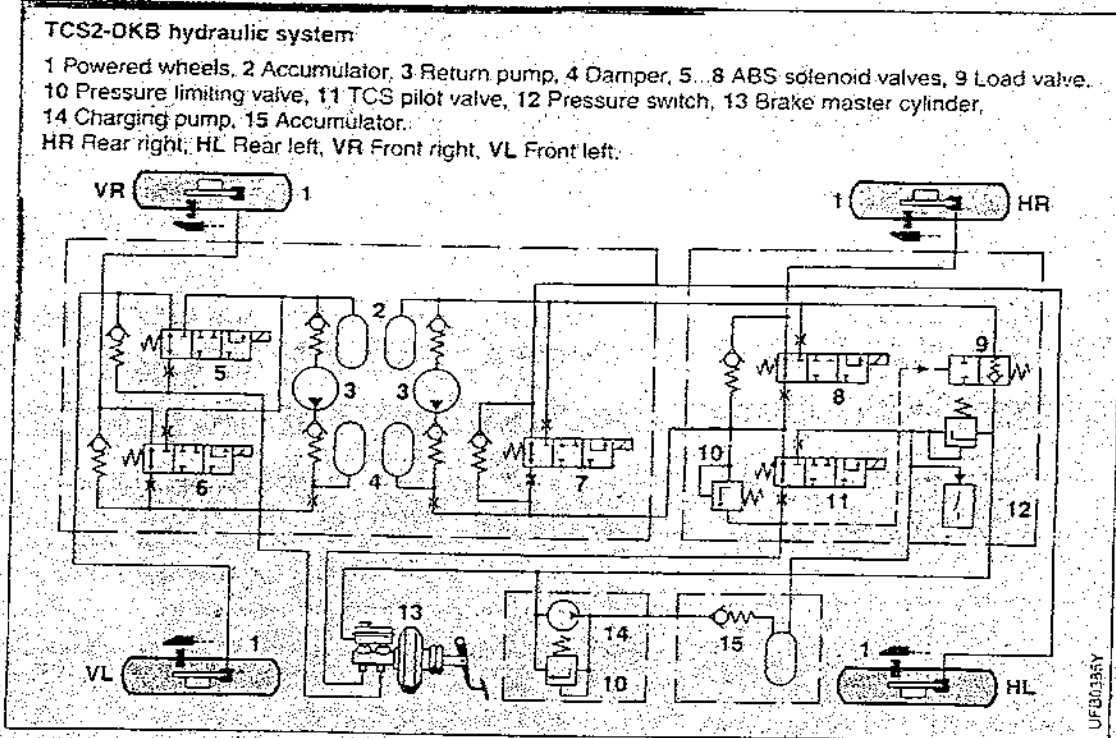
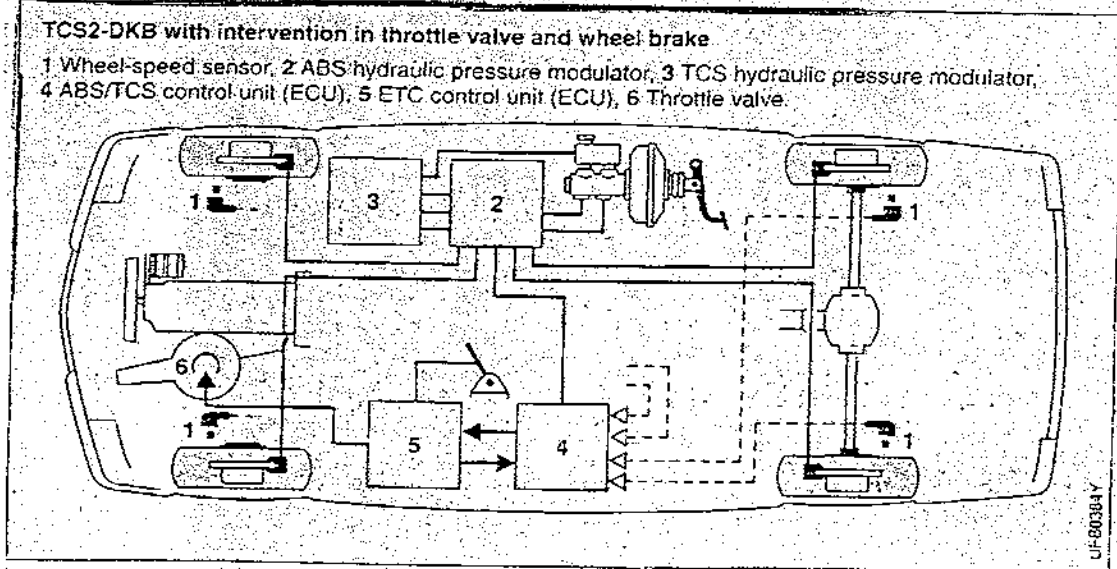


Fig. 5



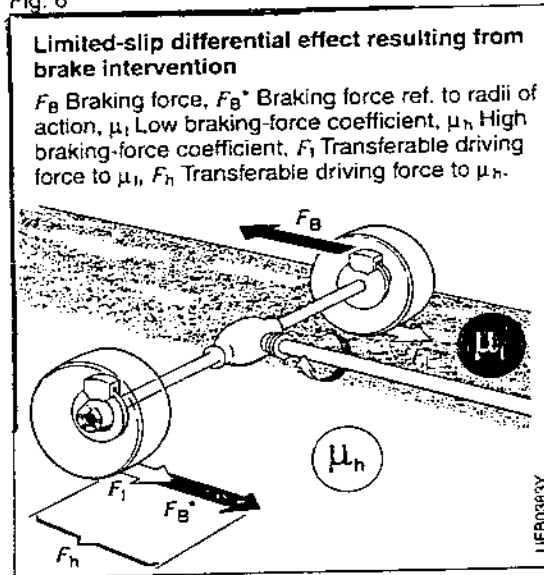
**Σχήμα 4.8 (επάνω): Υδραυλικό σύστημα TCS2 – DKB.**

1 τροχοί εν κινήσει, 2 Συσσωρευτής, 3 Αντλία επιστροφής, 4 Ρυθμιστής καύσεως, 5...8 Σωληνοειδής βαλβίδες του ABS, 9 Βαλβίδα φορτίου, 10 Βαλβίδα περιορισμού πίεσης, 11 βαλβίδα πλότος του TCS, 13 Κύριος κύλινδρος φρένων, 14 Αντλία γεμίματος, 15 Συσσωρευτής.  
 HR Πίσω δεξιά, HL Πίσω αριστερά, VR Μπροστά δεξιά, VL Μπροστά αριστερά.

**Σχήμα 4.9 (κάτω): TCS2 – DKB με επέμβαση της βαλβίδας κατάπνιξης / φρένων τροχών.**

1 Αισθητήρας ταχύτητας τροχών, 2 Ρυθμιστής υδραυλικής πίεσης του ABS, 3 Ρυθμιστής υδραυλικής πίεσης του TCS, 4 Μονάδα ελέγχου του ABS/TCS (ECU), 5 Μονάδα ελέγχου του ETC (ECU), 6 Βαλβίδα κατάπνιξης.

Fig. 6



**Σχήμα 4.10: Αντίδραση περιορισμένης διαφοράς ολίσθησης σαν αποτέλεσμα της επέμβασης στο φρενάρισμα.**

$F_B$  Δύναμη πέδησης,  $F_B^*$  Δύναμη πέδησης που αναφέρεται στην ευθεία κίνησης,  $\mu_l$  χαμηλός συντελεστής δύναμης πέδησης,  $\mu_h$  υψηλός συντελεστής δύναμης πέδησης,  $F_l$  Εφικτά μεταφερόμενη δύναμη κίνησης για το  $\mu_l$ ,  $F_h$  Εφικτά μεταφερόμενη δύναμη κίνησης για το  $\mu_h$ .

[Brake Systems – Bosch – edition 95/96]

#### 4.5.1.2 TCS 2-DKZ/MSR με παρέμβαση μηχανής.

Αυτή η έκδοση αποτελείται από τα μέρη του ABS 2S, μαζί με το TCS όπου η λειτουργία ελέγχου βαλβίδας στραγγαλισμού ETC (DK) είναι συμπληρωμένη από μια επιπρόσθετη διαδικασία ανάφλεξης (Z) και συστήματος ψεκασμού για την μείωση της καθυστέρησης πριν οι μειώσεις της στρεπτικής δύναμης της μηχανής γίνει αποτελεσματική.

Ο MSR έλεγχος απορρόφησης στρεπτικής δύναμης μηχανής ολοκληρώνεται σε αυτό το σύστημα στο οποίο οι λειτουργίες ελέγχου περιορίζονται στην έξοδο της μηχανής (καμιά παρέμβαση πέδησης). Τα μέρη του υδραυλικού συστήματος του ABS είναι ατροποποίητα ενώ τα ηλεκτρονικά συστήματα του ABS επεκτείνονται για να συμπεριλάβουν τα κυκλώματα του TCS.

#### Παρέμβαση στη μηχανή.

Η ενεργή παρέμβαση στα συστήματα ψεκασμού και ανάφλεξης της μηχανής αρχικά έχει σαν σκοπό να εξασφαλίσει ότι το όχημα θα διατηρήσει την ευστάθειά του. Όταν είναι απαραίτητο, η αρχική ανταπόκριση του συστήματος είναι να μεταδώσει ένα σήμα «καθυστερημένης ανάφλεξης» μέσω των κυκλωμάτων. Αν, παρ' όλες τις μετρήσεις, η ολίσθηση συνεχίσει να αυξάνεται, ή αποτύχει η μείωση, η μονάδα καταστέλλει τους παλμούς ανάφλεξης, ενώ ταυτόχρονα διακόπτεται ο ψεκασμός καυσίμου. Για να έχουμε λειτουργική ομαλότητα, όταν η ανάφλεξη ξαναρχίζει, η μονάδα αρχίζει με καθυστερημένη ανάφλεξη, η οποία προοδευτικά επιστρέφει στον κατάλληλο χρονισμό.

Fig. 8

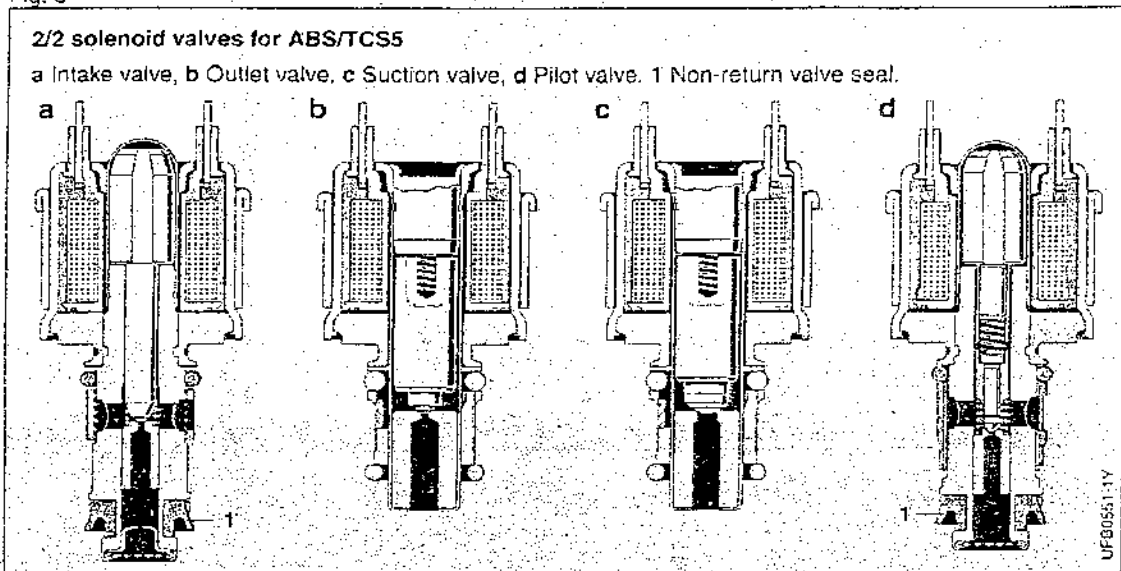
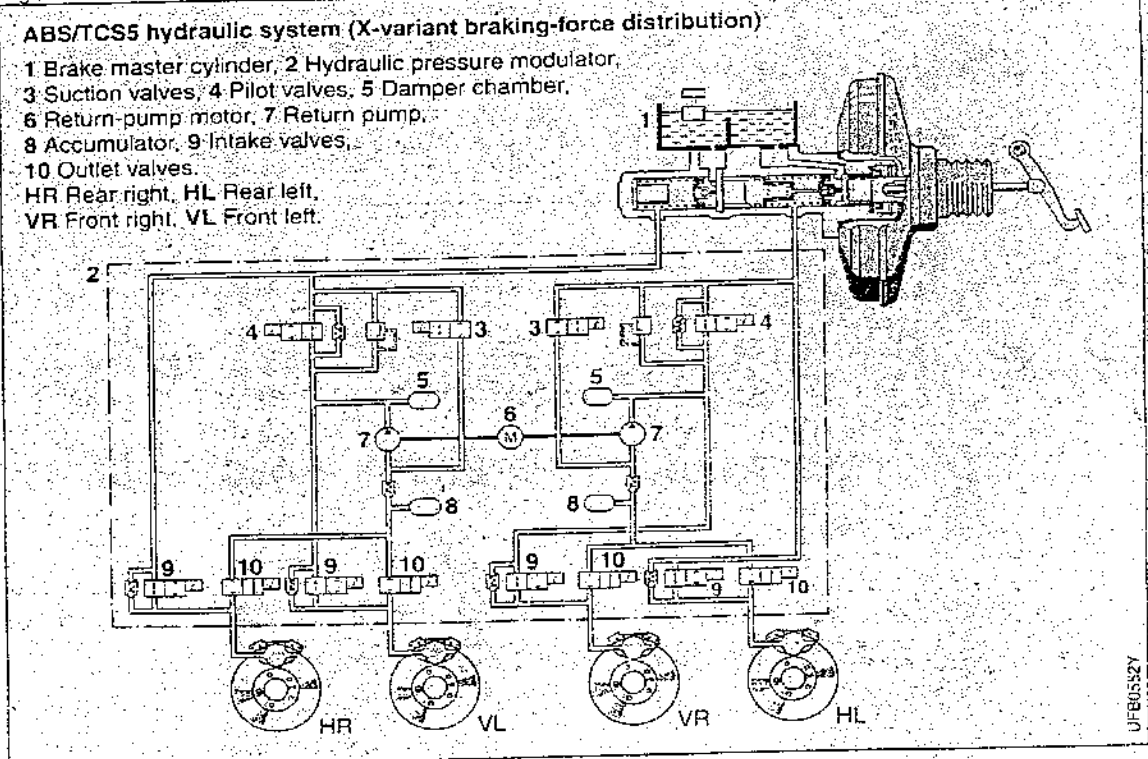


Fig. 10



**Σχήμα 4.11 (πάνω): 2/2 σωληνοειδής βαλβίδες για ABS/TCS5.**

a Βαλβίδα απορρόφησης, b Βαλβίδα ελευθέρωσης, c Βαλβίδα πλότος, d Βαλβίδα απορρόφησης, 1 σφραγίδα Μη επιστροφής βαλβίδας.

**Σχήμα 4.12 (κάτω): Υδραυλικό σύστημα ABS/TCS5 (διαγώνιας μεταφοράς της δύναμης πέδησης).**

1 Κύριος κύλινδρος φρένων, 2 Ρυθμιστής υδραυλικής πίεσης, 3 Βαλβίδες απορρόφησης,  
 4 Βαλβίδες πλότοι, 5 Θάλαμος περίσσειας, 6 Κινητήρας αντλίας επιστροφής, 7 Αντλία επιστροφής,  
 8 Συσσωρευτής, 9 Βαλβίδες κατακράτησης, 10 Βαλβίδες ελευθέρωσης,  
 HR Πίσω δεξιά, HL Πίσω αριστερά, VR Μπροστά δεξιά, VL Μπροστά αριστερά.

[Brake Systems - Bosch - edition 95/96]

### Μονάδα ελέγχου ECU

Η μονάδα ελέγχου του TCS πρέπει να περιέχει δεδομένα επικοινωνίας με, ανεξάρτητο του ECU, τον ηλεκτρονικό έλεγχο ενέργειας μηχανής και με τη διευθέτηση

της μηχανής Μοτρόνικ. Γι' αυτό ένα περιεκτικό εσωτερικό είναι αναγκαίο. Ένα κύκλωμα ασφαλείας παρακολουθεί τις καλωδιώσεις που συνδέονται με τις ποικίλες μονάδες ελέγχου.

#### **4.5.1.3 TCS 5 με πρόσβαση σε μηχανή και φρένα.**

Το TCS 5, που είναι βασισμένο στο ABS/ABD5 σύστημα, συμπληρώνει ιδανικά επίπεδα της ευστάθειας του οχήματος και της ανταπόκρισης στο τιμόνι με θετική πρόσφυση κατά τη διάρκεια της επιτάχυνσης από την ακινησία.

Οι βαλβίδες κατακράτησης και ελευθέρωσης με το συνδυασμό της υδραυλικής μονάδας ABS/TCS5 συγχωνεύει τις επιπλέον μονάδες απορρόφησης και βαλβίδων πιλότων (εικόνες 4.11 και 4.12).

Στις μη ενεργοποιημένες καταστάσεις του, η βαλβίδα κατακράτησης είναι ανοιχτή (ροή διαμέσω), ενώ η βαλβίδα ελευθέρωσης είναι κλειστή. Κατά την λειτουργία του TCS, η βαλβίδα απορρόφησης (κλειστή σε κατάσταση μη ενεργή) ανοίγει. Αυτή η βαλβίδα έχει σαν χαρακτηριστικό το, μεγάλης διαμέτρου, άνοιγμα για την διευκόλυνση της εξαγωγής του υγρού φρένων από τον κεντρικό κύλινδρο φρένων. Η βαλβίδα πιλότος παραμένει ανοιχτή όταν δεν παρέχεται ρεύμα. Για ενεργή λειτουργία του TCS αλλάζει στην προηγούμενη κλειστή της κατάσταση για να παραστήσει το ρόλο της βαλβίδας ανακούφισης πίεσης.

#### Παρέμβαση φρένων.

Για βελτίωση της πρόσφυσης – ειδικά σε επιφάνειες με διαφορετικούς συντελεστές τριβής στη μια και την άλλη πλευρά – το σύστημα φρενάρει τον κινητήριο τροχό (που δείχνει ότι τείνει περισσότερο να γλιστρήσει) σε μια περιοχή ολίσθησης προκαθορισμένη.

#### Παρέμβαση στη μηχανή.

Ποικίλες μέθοδοι είναι διαθέσιμες για μείωση της στρεπτικής δύναμης της μηχανής. Οι συγκεκριμένες απαιτήσεις του συστήματος ABS/TCS και ο τύπος της διαχείρισης του συστήματος της μηχανής που χρησιμοποιείται θα ορίσει ποια θα εργαστούν:

- Προσαρμογή της γωνίας της βαλβίδας στραγγαλισμού (πεταλούδα),
- Καταστολή ξεχωριστά των παλμών ανάφλεξης και ψεκασμού και
- Μείωση της θετικής γωνίας ανάφλεξης.

#### Προσαρμογή της γωνίας της βαλβίδας κατάπνιξης (πεταλούδα).

Το σύστημα εργάζεται με έλεγχο κλειστού βρόγχου για προσαρμογή της στρεπτικής δύναμης της SI μηχανής για θετικές περιοχές ολίσθησης. Σε χαμηλές ταχύτητες του οχήματος ο κινητήριος τροχός με το μεγαλύτερο συντελεστή τριβής (επιλογή υψηλού ελέγχου) παρέχει την αναφορά. Σε υψηλές ταχύτητες του οχήματος είναι ο κινητήριος τροχός με τον μικρότερο συντελεστή τριβής που παρέχει την αναφορά (επιλογή χαμηλού ελέγχου).

Οι συμπληρωματικές μετατροπές του συστήματος στη γωνία της βαλβίδας στραγγαλισμού – οι οποίες παρέχουν μόνο σχετικά αργή απόκριση, ειδικά σε οχήματα πίσωκίνητα – προσαρμόζονται αστραπαία όσον αφορά τη γωνία ανάφλεξης και καταστολής των ανεξάρτητων παλμών ανάφλεξης και ψεκασμού.

Η βασική έκδοση χρησιμοποιεί έναν παρακίνητη βαλβίδας στραγγαλισμού TCS (ADS με ηλεκτρικό σερβοκινητήρα) για την μείωση της στρεπτικής δύναμης της SI μηχανής, με μείωση του ανοίγματος της βαλβίδας στραγγαλισμού.

Ένα ποτενσιόμετρο παρακολουθεί τη γωνία ρεύματος της βαλβίδας στραγγαλισμού, και η μονάδα ελέγχου ECU χρησιμοποιεί το σήμα αυτό της βαλβίδας στραγγαλισμού σαν τη βάση για την υπολογιστική ακολουθία των εντολών θέσεων για τον παρακινητή της βαλβίδας κατακλίσεως.

#### Παρακινητής βαλβίδας στραγγαλισμού ADS1 του TCS.

Ο παρακινητής της βαλβίδας στραγγαλισμού ADS 1 του TCS είναι «συνδεδεμένος» μέσα στο καλώδιο Bowden μεταξύ του πεντάλ επιτάχυνσης (γκάζι) και της βαλβίδας στραγγαλισμού.

Κάθε τμήμα του χωρισμένου καλωδίου Bowden απολήγει σε μια τροχαλία καλωδίου οι οποίες με τη σειρά τους, ενώνονται μεταξύ τους με ένα τεντωμένο ελατήριο. Όταν ο οδηγός αφήνει το γκάζι κατά την κανονική λειτουργία, η βαλβίδα στραγγαλισμού είναι ανοιχτή εξαιτίας του ενωτικού ελατηρίου και των τροχαλιών των καλωδίων.

Πάνω από την παραλαβή εντολών του TCS για μείωση του ανοίγματος της βαλβίδας, η μονάδα ελέγχου ECU χειρίζεται έναν σερβοκινητήρα. Αυτός χρησιμοποιεί ζευγάρια γραναζιών για να περιστρέψει τις τροχαλίες των καλωδίων οι οποίες είναι κανονικά σε κατάσταση έντασης αντίστασης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αλλαγή στο αποτελεσματικό μήκος του καλωδίου Bowden, και γι' αυτό έχουμε μια μείωση του ανοίγματος της βαλβίδας στραγγαλισμού παρ' όλη την πίεση που ασκεί ο οδηγός στο γκάζι.

Όσο πιο γρήγορα το όχημα επανακτήσει επαρκές επίπεδο πρόσφυσης και ευστάθειας, η μονάδα ελέγχου ECU μεταδίδει ένα σήμα απενεργοποίησης στο σερβοκινητήρα, ο οποίος αντιδρά με το να επιστρέψει στην αρχική του θέση.

#### Παρακινητής βαλβίδας στραγγαλισμού ADS 2 του TCS.

Οι αιτήσεις για τον παρακινητή ADS 2 της βαλβίδας στραγγαλισμού του TCS, χρησιμοποιεί ένα ξεχωριστό Bowden καλώδιο για τη σύνδεση του γκαζιού με τη βαλβίδα στραγγαλισμού.

Επειδή οι δυνάμεις που αντιτίθενται στην κίνηση είναι μικρότερες απ' ό,τι στην έκδοση ADS 1, ένα περισσότερο αποδεχτό σχέδιο πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Για τον ίδιο λόγο, ένα συνδεδετικό ελατήριο μικρής δύναμης είναι επαρκές. Το ελατήριο εγκαθίσταται κατατεθειάν στη βαλβίδα στραγγαλισμού, παράλληλο με το ελατήριο επιστροφής. Η ώθηση προς τα πίσω που νοιώθει ο οδηγός στο πεντάλ του γκαζιού με το ADS 1, δεν είναι παρούσα όταν χρησιμοποιείται ο παρακινητής βαλβίδας στραγγαλισμού ADS 2. Παρ' όλα αυτά, η βαλβίδα στραγγαλισμού πρέπει να τροποποιηθεί για λειτουργία με μηχανισμό αποσύνδεσης.

#### Καταστολή ανάφλεξης και ψεκασμού.

Το σύστημα παρεμβαίνει στην διαδικασία ανάφλεξης διαμέσω του εσωτερικού συστήματος διευθέτησης της μηχανής. Οι επιλογές παρέμβασης συμπεριλαμβάνουν την καταστολή των ανεξάρτητων παλμών ανάφλεξης και / ή του παλμού ψεκασμού, μείωση στην θετική γωνία της ανάφλεξης και αυξήσεις της ανώφελης ταχύτητας της μηχανής.

Η καταστολή του παλμού ανάφλεξης χρησιμοποιείται για να επιτευχθούν γρήγορες μειώσεις στην ολίσθηση οδήγησης, ειδικά σε πισωκίνητα οχήματα. Υπάρχει μόνο μια ελάχιστη καθυστέρηση στην καταστολή, και μαζί μ' αυτή στη μείωση της στρεπτικής δύναμης της μηχανής. Οι παλμοί ψεκασμού καταστέλλονται στον ίδιο χρόνο για να αποφευχθεί να περάσει άκαυτο μίγμα στο σύστημα αποβολής καυσαερίων όταν οι παλμοί ανάφλεξης ακυρώνονται για μεγαλύτερη χρονική περίοδο.

Υπάρχει μια μικρή αύξηση στο χρόνο ανταπόκρισης όταν μόνο οι παλμοί ψεκασμού καταστέλλονται.

Μειώσεις στη θετική γωνία της ανάφλεξης επίσης παρέχουν γρήγορες (αλλά πιο μαλακές) μειώσεις στη στρεπτική δύναμη της μηχανής. Προσαρμογές στο χρονισμό της ανάφλεξης είναι έτσι προτιμότερες από την καταστολή του ανεξάρτητου παλμού ανάφλεξης σε όλες τις περιπτώσεις στις οποίες μπορούν να παρέχουν επαρκή αποτελέσματα.

Επειδή η ενεργή παρέμβαση είναι γενικά περιορισμένη σε διάρκεια, οποιεσδήποτε πιθανές συνέπειες για τη σύνθεση των καυσαερίων και των πιθανών φορτίων στον καταλύτη δεν είναι κρίσιμοι παράγοντες.

Το χαρακτηριστικό της μεγάλης απώλειας σκοπεύεται να αντιδρά, για εναρκτική απώλεια του σταματήματος της ευστάθειας του κινητήριου τροχού, στο φρενάρισμα της μηχανής (απορρόφηση στρεπτικής δύναμης). Το κύριο πεδίο επενέργειας είναι στα πίσωκίνητα οχήματα με χειροκίνητη μετάδοση. Η μονάδα ελέγχου του TCS αρχίζει τη διαδικασία με την μετάδοση ενός σήματος στην μονάδα ελέγχου ECU που διευθύνει τη μηχανή για συνεργασία.

### Καταστολή ψεκασμού με SEFI - Motronic.

Περιστασιακές μειώσεις στην πολυπλοκότητα της μεταπήδησης του συστήματος TCS μπορούν να επιτευχθούν με χαρακτηριστικό βασισμένο στην καταστολή του ανεξάρτητου παλμού ψεκασμού με το SEFI Motronic (Motronic με διαδοχικό ψεκασμό καυσίμου).

Κάτω από ιδανικές συνθήκες όλα τα απαραίτητα κομμάτια θα είναι ήδη παρόντα στο όχημα:

- Η μονάδα ελέγχου ABS/TCS 5.
- Ένα σύστημα διεύθυνσης μηχανής με διαδοχικό ψεκασμό καυσίμου, και
- Μια σύνδεση μεταξύ των δύο μονάδων ελέγχου

Οι αισθητήρες ταχύτητας τροχού, ήδη παρόντες σαν εξαρτήματα του δεδομένου ABS, εφοδιάζουν τα βασικά δεδομένα του στη μορφή σημάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται για να οριστούν οι ταχύτητες των κινητήριων και μη κινητήριων τροχών.

Δισδιάστατα δεδομένα επικοινωνίας συντηρούνται μεταξύ των μονάδων ελέγχου για το ABS/TCS και τον ψεκασμό καυσίμου. Η μονάδα ελέγχου ABS/TCS αντιδρά σε υπερβολική ολίσθηση τροχού με την μετάδοση μιας εντολής για μείωση στρεπτικής δύναμης της μηχανής στη μονάδα ελέγχου ECU του ψεκασμού καυσίμου.

Τα δεδομένα που ρέουν προς την άλλη κατεύθυνση εφοδιάζουν την μονάδα ελέγχου του ABS/TCS με πληροφορίες για την παρέμβαση του οδηγού και πάνω στην κατάσταση λειτουργίας του ρεύματος της μηχανής (π.χ. ταχύτητα μηχανής).

Το σύστημα πετυχαίνει ακριβές προοδευτικό έλεγχο της στρεπτικής δύναμης της μηχανής με ανοιγόκλειμα του ψεκασμού σε ανεξάρτητους κυλίνδρους, σε κύκλους των περιστροφών δύο αξόνων σύμφωνα με το βαθμό ολίσθησης του τροχού.

Το αποτέλεσμα είναι μια μέση στρεπτική δύναμη που κυμαίνεται μεταξύ δύο επιπέδων κυλίνδρου.

Το σύστημα τότε είναι ικανό να προσαρμόσει τον αριθμό των ενεργών κυλίνδρων σε αύξηση της τάξης «0,5» κυλίνδρων.

Το σύστημα επίσης μπορεί να χρησιμοποιήσει μια μικρής διάρκειας καταστολή παλμού ανάφλεξης για συμπληρωματική καταστολή του παλμού ψεκασμού όταν απαιτούνται ταχύτερες μειώσεις σε ένα υψηλό αρχικό επίπεδο εξόδου.

## Μονάδα ελέγχου ECU.

Ο ενισχυτής εισόδου της μονάδας ελέγχου ABS/TCS5 παραλαμβάνει τα σήματα από τους αισθητήρες ταχύτητας των τροχών και τα μετατρέπει σε σήματα τετραγωνικών κυμάτων, η συχνότητα των οποίων εξυπηρετεί σαν δείκτης της ταχύτητας του τροχού. Οι δύο μικροεπεξεργαστές εκτιμούν αυτά τα δεδομένα για να ορίσουν την ταχύτητα τροχού και τις περιοχές επιτάχυνσης, από τα οποία οι βασικές παράμετροι παράγουν τον υπολογισμό των προσδιορισμένων και πραγματικών τιμών που χρησιμοποιούνται για έλεγχο πρόσφυσης. Όλα τα κύματα – διαδικασίες σημάτων, ο έλεγχος των αλγόριθμων (αριθμητικές διαδικασίες) και η παρακολούθηση του λογισμικού – είναι παρόντα σε καθένα από τους δύο μικροελεγκτές (πλεονασμός συστήματος).

Εξαρτώμενο από την έκδοση του συστήματος, η μονάδα ελέγχου ECU για την παρέμβαση στη μηχανή και τα φρένα, μπορεί επίσης να συσσωματώσει συμπληρωματικά εσωτερικά στοιχεία για τέτοιες λειτουργίες όπως μετάδοση σημάτων για το μέγεθος του παλμού που παρακολουθείται, έλεγχο του λογισμικού όπως επίσης και τον ενισχυτή εξόδου για τον έλεγχο του παρακινήτη βαλβίδας στραγγαλισμού του TCS.

### **4.5.1.4 TCS 5 με παρέμβαση στη μηχανή.**

Αυτό το σύστημα ABS/TCS 5 (με παρέμβαση στη μηχανή) επίσης παρέχει περιστασιακά οφέλη στην περιοχή ευστάθειας (σε πισωκίνητα οχήματα) και της διεύθυνσης (για μπροσθοκίνητα οχήματα).

#### Παρέμβαση στη μηχανή.

Το σύστημα ABS/TCS 5 με παρέμβαση στη μηχανή λειτουργεί μόνο με την προσαρμογή της στρεπτικής δύναμης της μηχανής. Δε χρησιμοποιεί το είδος της παρέμβασης πέδησης για συμπληρωματική προσαρμογή της στρεπτικής δύναμης που θα ήταν απαραίτητη για θετικό έλεγχο πρόσφυσης. Αυτό το σύστημα χωρίς τον έλεγχο πέδησης απαιτεί μόνο τον υδραυλικό ρυθμιστή του ABS 5.

## Μονάδα ελέγχου ECU.

Η μονάδα ελέγχου του ABS/TCS 5 για παρέμβαση στη μηχανή (χωρίς φρενάρισμα) παρέχεται με τα ηλεκτρονικά μέρη που απαιτούνται για επιτυχή παρέμβαση στα φρένα. Τα επίπεδα του ενισχυτή εξόδου που χρησιμοποιούνται για την λειτουργία των σωληνοειδών βαλβίδων του ελέγχου πρόσφυσης (βαλβίδες πιλότου και απορρόφησης) δεν χρειάζονται σε αυτήν την έκδοση. Σε αυτή τη συγκεκριμένη μονάδα ελέγχου ECU, η μονάδα ελέγχου του ABS συμπεριλαμβάνει συμπληρωματικά κομμάτια για την επίτευξη της παρέμβασης στη στρεπτική δύναμη της μηχανής. Επίσης παρακολουθεί ένα σήμα από την διεύθυνση της μηχανής από το ECU, χρησιμοποιώντας αυτά τα δεδομένα σαν τη βάση για τον προσδιορισμό της ταχύτητας της μηχανής, για τον έλεγχο πρόσφυσης. Εδώ επίσης ένας λαμπτήρας ένδειξης πληροφορεί τον οδηγό πότε το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης μπαίνει σε λειτουργία.

### **4.5.2 Τύποι του ASR.**

Δυστυχώς δεν μπορέσαμε να βρούμε πληροφορίες για τύπους συστημάτων ASR. Οι πληροφορίες που παρέχονται για αυτό το σύστημα είναι γενικά περιορισμένες αφού ουσιαστικά είναι από μόνο του ένας τύπος TCS. Αυτό φαίνεται και από τα κοινά χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν στη λειτουργία και κατασκευή.



## 4.6 Χρήση του TCS – ASR, αποτελέσματα, συντήρηση.

Ο έλεγχος πρόσφυσης επιστρέφει το 2001, σαν ένα κομμάτι του παγκόσμιου πρωταθλήματος για πρώτη φορά μετά το τέλος του 1993 από το Ισπανικό GP στο τέλος του Απριλίου. Επαναψηφίστηκε από το γκρουπ των τεχνικών της φόρμουλας 1 τον Ιανουάριο αφού πρώτα Ferrari, Minardi, Prost, και Sauber ψήφισαν εναντίων του τον Δεκέμβριο, καθώς πολλές από τις ομάδες σκέφτηκαν ότι οι αντίπαλοι τους είχαν βρει κάποιο τρόπο να έχουν σε λειτουργία κάποιο σύστημα που ήταν μόνο στο όνομα έλεγχος πρόσφυσης το οποίο η FIA δεν μπορούσε να εντοπίσει. Έτσι αποφάσισαν ότι όλοι μπορούν να το έχουν πάλι και ολοκληρωμένο σε κάποιο βαθμό στο πεδίο αγώνων.

Αλλά απλά, ο έλεγχος πρόσφυσης είναι ένα σύστημα που συγκρίνει την περιστροφή του κάθε τροχού κίνησης με τους τροχούς που δεν δίνουν κίνηση. Έτσι οι αισθητήρες του εντοπίζουν αν οι κινητήριои τροχοί σπινάρουν υπερβολικά σε σχέση με το προκαθορισμένο όριο και έτσι σπαταλούν κάποια από την ενέργεια που πήγε σ' αυτούς καθώς ο οδηγός σανίδωνε το πεντάλ. Για να αντενεργήσει αυτήν την ανικανότητα, συχνά μεταξύ την αρχή μιας στροφής και την έξοδο όπου ο οδηγός επιχειρεί να επιταχύνει με μέγιστη ικανότητα, οι κινητήριои τροχοί μπορούν να επιβραδυνθούν είτε με το φρένο, ή συνηθέστερα, ελαττώνοντας την ενέργεια που φτάνει σ' αυτούς με σκοπό να μεγιστοποιήσουμε την πρόσφυση του οχήματος. Παρουσιάστηκε από την Ferrari το 1990, ο πιο κοινός τρόπος περιορισμού της ενέργειας. Γίνεται κόβοντας την παροχή καυσίμου ή την ανάφλεξη, ή και τα δύο, κι έτσι λειτουργεί σαν οριοθέτης. Ο Williams προτιμούσε να προσθέσει άλλο ένα δαχτυλίδι φρένου σε κάθε πίσω δισκόφρενο.

Παρ' όλα αυτά, ήταν τότε που ο έλεγχος πρόσφυσης προγράφηκε ότι οι ομάδες άρχισαν να χρησιμοποιούν μάλλον περισσότερα τεχνολογικά πλεονεκτήματα για να πετύχουν τον ίδιο σκοπό. Ο ένας τρόπος ήταν να μετράνε την πίεση στον αεροθάλαμο, με την υψηλότερη πίεση να γράφεται στα αποτελέσματα υψηλής ταχύτητας στο software κόβοντας την ενέργεια που ανταποκρίνεται στο όριο του σπιναρίσματος. Και αυτό απαγορεύτηκε και οι μάγοι των ηλεκτρονικών σκέφτηκαν ότι είχαν βρει ένα σύστημα που υπολόγιζε σε ποια απαίτηση του πεντάλ οι τροχοί μπορεί να σπινάρουν και να αποτρέψουν κάτι τέτοιο.

Η μεγάλη προσοχή πάνω στον έλεγχο πρόσφυσης άλλαξε τις απαιτήσεις από έναν οδηγό να έχει ικανότητες άλλες από το φρενάρισμα και το στρίψιμο, αφού, με τον έλεγχο πρόσφυσης, θα μπορούν απλά να πατάνε με δύναμη το γκάζι στη μέση μιας στροφής και το ποσοστό της ενέργειας που πάει στους τροχούς να ελέγχεται. Δεν είναι πια η ευαισθησία στο πεντάλ του γκαζιού μια από τις ικανότητες όπως οι ευαισθησίες στο φρενάρισμα ή το στρίψιμο.

Το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε όχημα με ηλεκτρονική ανάφλεξη με σύστημα ABS.

Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το σύστημα TCS και ASR είναι:

1. Εξουδετερώνει το σπινάρισμα των τροχών και η δύναμη πρόσφυσης κατανέμεται ισοδύναμα χωρίς απώλειες ελέγχου του οχήματος όταν αυτό ξεκινάει ή επιταχύνει σε ολισθηρό ή βρεγμένο δρόμο.
2. Εξουδετερώνει το σπινάρισμα των τροχών όταν το όχημα ξεκινάει σε ανηφόρα βοηθώντας στην ομαλή εκκίνηση.
3. Εξουδετερώνει το σπινάρισμα των τροχών στις ανηφόρες βελτιώνοντας έτσι και την κατευθυντικότητα του αυτοκινήτου.
4. Εξουδετερώνει το σπινάρισμα των τροχών κατά το προσπέρασμα.
5. Βελτιώνει την ενεργητική ασφάλεια του αυτοκινήτου.
6. Το TCS μπορεί να μετατραπεί ανάλογα με το δικό σας οδηγικό στιλ και όποτε ζητηθεί μπορεί να αφαιρεθεί χωρίς να χαλάσει η αυθεντικότητα του αυτοκινήτου.
7. Άλλο ένα πλεονέκτημα του TCS είναι η ικανότητα να λειτουργεί σε σκληρές κλιματολογικές συνθήκες (-40 και +80 βαθμούς Κελσίου)

#### 4.6.1 Συντήρηση συστήματος.

Η συντήρηση και στα δύο συστήματα TCS και ASR προσαρμόζεται στη συντήρηση του ABS. Μέσα από τους ελεγκτές παίρνουμε τις πληροφορίες για την κατάσταση λειτουργίας του συστήματος καθώς και για τις δυσλειτουργίες που μπορεί να έχει παρουσιάσει. Οι πληροφορίες πάνω στην συντήρηση αυτών των συστημάτων δεν είναι πλήρης αφού και τα συστήματα αυτά είναι σχετικά καινούργια. Οι κατασκευαστές δεν παρέχουν με ευκολία κάποιο εγχειρίδιο με αποτέλεσμα να μπορούμε να μιλήσουμε μόνο γενικά για την συντήρηση αυτών των συστημάτων πρόσφυσης.

## Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα – παρατηρήσεις.

### 5.1 ABS: Σχολιασμός χρηστών – καταναλωτών.

#### 5.1.1 Η Chrysler πλημμύρισε από παράπονα για το ABS των μίνιβαν.

Ουάσιγκτον—Η ασφάλεια της εθνικής της κυβέρνησης ξεκίνησε μια έρευνα στο ABS 6 μοντέλων της Chrysler αφού παρέλαβε χιλιάδες παράπονα ότι οι καταναλωτές που χρησιμοποιούν τα μίνιβαν με το ίδιο σύστημα χρειάστηκαν πολύ ώρα να σταματήσουν.

Τα μοντέλα της Chrysler που περιέχονται στην έρευνα είναι το νέο Yorker, το Fifth Avenue, το Imperial, το Eagle Premier, το Dodge Dynasty και το Monaco που έχουν κατασκευαστεί από το 1990 μέχρι το 1993.

Η κίνηση, επιβεβαίωσε ο ομιλητής Tim Hurd από την εθνική επιτροπή ασφάλειας των εθνικών, διεύρυνε την έρευνα και πιο μακριά από την πόλη και χώρα της Chrysler, του Plymouth Voyager και Dodge Caravan μίνιβαν, μοντέλα του 1991 έως το 1993.

Τα αρχεία της NHTSA (ινστιτούτο ασφάλειας κυκλοφορίας των εθνικών οδών) δείχνουν περισσότερους από 1900 πελάτες να παραπονιούνται για το σύστημα φρένων των μίνιβαν τους.

Έγιναν τουλάχιστον 26 ατυχήματα με μίνιβαν και 3 τραυματισμοί αναφέρθηκαν λόγω του συστήματος φρένων, όπως δείχνουν τα ντοκουμέντα της NHTSA.

Είναι η πολιτική της NHTSA να μην σχολιάζει μια έρευνα σε εξέλιξη. Παρ' όλα αυτά, δημόσια έγγραφα δόθηκαν με δημοσιεύσεις και της NHTSA αναφερόμενα για παράπονα ότι το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος των φρένων έχει υπερβολικά μεγάλες αποστάσεις για να σταματήσει, και σε κάποιες περιπτώσεις χάνεται τελείως η δυνατότητα για φρενάρισμα.

Η NHTSA είτε στα έγγραφα ότι πολλά παράπονα υποστηρίζουν την ανάμιξη διακοπών στο φρενάρισμα. Αυτοί που έκαναν επισκευή συχνά δεν μπορούν να προσδιορίσουν την αιτία.

Ο αντιπρόσωπος των μηχανικών της Chrysler Linday Brooke στο Auburn Hills, Michigan, είτε ότι δεν υπάρχει κάποιο πρόβλημα στο πρωτότυπο σύστημα του ABS.

Παρ' όλα αυτά, ένα εσωτερικά υπόμνημα της Chrysler γραμμένο από τον ανώτατο επιτηρητή τον Rick Cortright λέει ότι η εταιρεία έχει δει μια αύξηση στα τηλεφωνήματα των καταναλωτών όσων αφορά το Bendix 10 σύστημα αντιμπλοκαρίσματος φρένων. Στις 12 Σεπτεμβρίου 1994, άλλο ένα υπόμνημα λέει ότι το σύστημα μπορεί να ανακατασκευαστεί συχνά και ζητάει από τους ανώτερους εφόπτες να επικοινωνήσουν με εσωτερική γραμμή της Chrysler πριν γίνουν καινούργια συμβούλια.

Το εσωτερικό έγγραφο είχε αποκτήσει, από το κέντρο της ασφάλειας αυτοκινήτου, κοντά στις 100 αναφορές που αφορούσαν την αποτυχία του συστήματος αντιμπλοκαρίσματος των φρένων στα οχήματα της Chrysler. Ο διευθυντής Clarence Ditlow είτε ότι οι καταναλωτές είχαν αναφέρει ένα αστρονομικό ποσό για επισκευή της τάξης των \$2000 έως \$2500, με έναν ιδιοκτήτη να έχει πληρώσει \$3500.

Κάποιοι παραδέχτηκαν ότι ένας μικρός αριθμός ιδιοκτητών μίνιβαν της Chrysler πλήρωσαν πολλά λεφτά για να αλλάξουν το σύστημά τους ενώ είχε λήξει η εγγύηση. Παρ' όλα αυτά, είτε ότι μια πρόσφατη πολιτική της εταιρείας έβαλε σαν όριο χρέωσης για επισκευή φρένων ή για αντικατάσταση τα \$600.

Στα λεπτά της συνάντησης της 10<sup>ης</sup> Νοεμβρίου 1992 των υπαλλήλων της Chrysler και της Benix είπαν οι άνθρωποι της Chrysler ήταν απελπισμένοι για μια επιδιόρθωση μετά που παρέλαβαν τα παράπονα για υπερβολική πίεση να απαιτείται στο πάτημα του πεντάλ του φρένου. Παρ' όλη την δύναμη η ανταπόκριση των φρένων ήταν πολύ λιγότερη με την πίεση του πεντάλ.

Το έγγραφο γράφτηκε από τον Jack Martinic, ανώτερο μηχανικό για το ABS, και εστάλη από την Chrysler για την NHTSA.

Ο Martinic δεν απάντησε σε ένα μήνυμα που είχε στον τηλεφωνητή του, προφανώς από την NHTSA.

Είναι περίπου 254.000 μινιβαν της Chrysler στο δρόμο, υποδεικνύουν τα αρχεία της NHTSA. Η επεκταμένη έρευνα φέρνει τον αριθμό των οχημάτων αυτών στα 318.000 λείει η Chrysler.

### 5.1.2 12 Ιουνίου 1995: Από το κέντρο ασφάλειας αυτοκινήτου

Ο Chris Lauer από το CAS (κέντρο ασφάλειας αυτοκινήτου) έστειλε όλες τις πληροφορίες. Κάποια από τα έγγραφα που έστειλε απλά μίλαγαν για λεπτομέρειες με καθόλου ενδιαφέρον.

«Το χτύπημα έρευνας του προέδρου της NHTSA στην Chrysler για τα συστήματα ABS αναφέρει επισκευή στα συστήματα αξίας \$2-3,000.»

«Βασισμένοι σε μια αίτηση του κέντρου ασφάλειας οχημάτων (CAS), η διοίκηση της ασφάλειας των εθνικών οδών (NHTSA) άνοιξε έρευνα μεγάλου επιπέδου ατελειών στο σύστημα αντί-μπλοκαρίσματος τροχών Bendix-10 το οποίο χρησιμοποιήθηκε με μεγάλο κόστος το 1990-93 στα μοντέλα της Chrysler New Yorkers, Fifth Avenues και Imperials καθώς και στα μοντέλα του 1990-93 Eagle Premier, Dodge Dynasty και Monaco. Το ίδιο σύστημα ABS είναι ήδη κάτω από έρευνα στα μινιβάν της Chrysler του 1991-93 όπου πάνω από μισό εκατομμύριο φορτηγάκια και αυτοκίνητα είναι κάτω από την έρευνα αυτή.

Ο Chris Lauer του κέντρου ασφάλειας οχημάτων (CAS) ζήτησε την εξάπλωση της έρευνας στις 6 Απριλίου του 1995 αφού πρώτα, στις 12 Σεπτεμβρίου του 1994 είχε εφοδιάσει την NHTSA με τις σημειώσεις του τμήματος δημοσίων σχέσεων της Chrysler όπου φαινόταν ότι η αποτυχία του ABS Bendix-10 ήταν τόσο διαδεδομένη ώστε τα ανταλλακτικά να είναι ήδη διανεμημένα. Αυτό το υπόμνημα, το οποίο δεν δόθηκε στη NHTSA από την Chrysler φανερώνει ότι η αποτυχία του συστήματος αντί-μπλοκαρίσματος δεν υπήρχε μόνο στα αυτοκίνητα αλλά και στα φορτηγάκια της Chrysler.

Η CAS από μόνη της έλαβε κοντά στις 100 αναφορές για αποτυχία του ABS σε οχήματα της Chrysler. Πολλοί ιδιοκτήτες αναφέρουν ότι βρέθηκαν μπροστά σε πλήρη αποτυχία του συστήματος χωρίς καμία προειδοποίηση από το ίδιο το όχημα. Μερικοί ιδιοκτήτες ήταν τόσο τρομοκρατημένοι που μετά από επανειλημμένες επισκευές η Chrysler αγόρασε τα οχήματά τους. Το κόστος των επισκευών είναι αστρονομικό με μερικούς ιδιοκτήτες να αναφέρουν το ποσό των \$2000 με \$2500 με έναν από αυτούς να αναφέρει το ποσό των \$3500.

Με βάση ένα άθροισμα των περιπτώσεων της NHTSA τον Ιούλιο του 1994, είχαν 837 παράπονα από φορτηγάκια όπου υπήρχε πλήρης αποτυχία του ABS, από τα οποία στα 26 έγιναν ατυχήματα και υπήρξαν 3 τραυματισμοί. Από τότε η NHTSA έλαβε άλλα 467 παράπονα ενώ η Chrysler της παρέδωσε άλλα 616 τον Απρίλιο του 1995 φέρνοντας τον ολικό αριθμό αποτυχίας του ABS το 1991-93 στα μινιβάν της Chrysler πάνω από 1,920. Εσωτερικά έγγραφα δόθηκαν από την Chrysler στην NHTSA που δείχνουν υψηλά επίπεδα εγγύησης στα ανταλλακτικά και στις αντιπροσωπείες της Chrysler όπου πληροφορούνται για τον τρόπο επισκευής σύμφωνα με το συμβούλιο της 10 Νοεμβρίου του 1992.

Ο ανώτατος διευθυντής του κέντρου ασφάλειας αυτοκινήτων, Clarence Ditlow είπε: «Ζητάμε από την Chrysler να δημιουργήσει ομάδα έκτακτης ανάγκης για τη εύρεση επισκευής του ABS Bendix-10 και να κάνουν ανάκληση. Οι ιδιοκτήτες αυτοκινήτων Chrysler οδηγούν με το ρίσκο πιθανής αποτυχίας του συστήματος αντί-μπλοκαρίσματος τροχών χωρίς καμία προειδοποίηση όπου μόνο η μοίρα αποφασίζει αν θα έχουν ατύχημα ή όχι. Ακόμα και να αποφύγουν ένα ατύχημα, θα χτυπηθούν από λογαριασμούς επισκευής με αστρονομικά ποσά της τάξης των \$2000 με \$3000 και θα πρέπει να περιμένουν για

μέρες τα ανταλλακτικά. Δεν θα γίνονται τεστ ντράιβς καθώς η Chrysler ετοιμάζεται για την λύση».

### **5.1.3 Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων δυσφορούν καθώς οι ομοσπονδιακοί ρωτούν γιατί τα συστήματα αντί-μπλοκαρίσματος φρένων δημιουργούν τόσα παράπονα.**

Το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος των φρένων ψηφίστηκε σαν το σπουδαιότερο πλεονέκτημα ασφάλειας μετά την ζώνη ασφαλείας. Οι μηχανικοί και οι ειδικοί στην ασφάλεια λένε είναι ακόμα καλύτερο από τους αερόσακους γιατί το αντιμπλοκάρισμα βοηθάει τον οδηγό στο να αποφύγει το ατύχημα, όχι να επιβιώσει από αυτό. Αλλά το υψηλά δοξασμένο υπολογιστικό σύστημα αντιμπλοκαρίσματος φρένων, ή ABS, όπως ονομάζεται κοινώς, έχει αρχίσει να ολισθαίνει. Πρόσφατες κυβερνητικές μελέτες σημειώνουν ότι το ABS μπορεί να συμβάλει σε τόσα ατυχήματα όσα μπορεί να αποτρέψει. Μια μελέτη ασφαλιστικής εταιρείας βρήκε ότι το ABS δεν μειώνει τα ατυχήματα.

Τώρα το ινστιτούτο ασφάλειας κυκλοφορίας των εθνικών οδών (NHTSA) ερευνά 7,350 απαιτήσεις καταναλωτών για δυσλειτουργίες και αποτυχίες του ABS σε αυτοκίνητα που κατασκευάστηκαν στην αρχή της δεκαετίας του '90. Ερευνά επίσης άλλα 2,194 παράπονα που περιλαμβάνουν επιβατικά και μίνιβαν της Chrysler από το 1990-1993. Περισσότερα από 9,500 παράπονα καταναλωτών για όλα τα λάθη του οχήματος κατηγορούν αποτυχία του ABS, πάνω από 2,080 ατυχήματα και πάνω από 578 τραυματισμοί. Μέχρι τώρα δεν έχουν ρίξει εύθηνες σε αποτυχία του ABS για θανατηφόρα ατυχήματα.

Οι κατασκευαστές επιμένουν ότι το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος δεν ραγίζουν. Αλλά ο Brian O' Neil, ο διευθυντής του ινστιτούτου ασφάλειας της ασφάλειας αυτοκινητόδρομων, λέει ότι « όταν κάτι παράγει τόσα πολλά παράπονα όσα το ABS, τότε κάτι, κάπου είναι λάθος, δεν είναι συνομοψία των καταναλωτών.

### **5.1.4 Σφάλμα συστήματος ή οδηγών;**

Βρίσκοντας τι πάει λάθος ίσως να αποδείξουμε μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που αντιμετώπισε η NHTSA. Ούτε το πρόβλημα ούτε η λύση είναι ξεκάθαρα. Οι καταναλωτές κατηγορούν τους κατασκευαστές αυτοκινήτων ότι φτιάχνουν ελαττωματικά συστήματα. Οι κατασκευαστές των οχημάτων και των φρένων κατηγορούν τους οδηγούς για λανθασμένη χρήση του ABS. Και πράγματι, πολύ οδηγοί δεν χρησιμοποιούν το ABS σωστά. Πολλοί από αυτούς "παίζουν" με το πεντάλ του φρένου την στιγμή που το ABS απαιτεί από αυτούς πίεση στο πεντάλ του φρένου και κράτημά του στην κατώτερη θέση κατά την διάρκεια του φρεναρίσματος ανάγκης. Υπάρχουν αυξανόμενες αναφορές, παρ' όλα αυτά ότι κάποια συστήματα αντιμπλοκαρίσματος φρένων μπορεί να έχουν τεχνικά ελαττώματα με αποτέλεσμα την πλήρη ή μερική αποτυχία των φρένων. Συχνά, όταν το ABS αποτυγχάνει, οι καταναλωτές υποστηρίζουν ότι τα φρένα τους δεν αντέδρασαν όπως συνήθως, αφήνοντας τον πανικοβλημένο οδηγό χωρίς να ξέρει πώς να σταματήσει το αυτοκίνητο.

Υπάρχουν επίσης αποδείξεις που προτείνουν ότι οι εταιρείες δεν συμφιλιώθηκαν με τους καταναλωτές. Το St. Louis Post-Dispatch πρόσφατα δημοσίευσε ότι η General Motors σιωπηλά προσπάθησε να φτιάξει τα προβλήματα με το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος για χρόνια, και ότι η Chrysler έλυσε ιδιωτικά συγκεκριμένα παράπονα για το ABS με τους ιδιοκτήτες μερικών οχημάτων, ακόμα και όταν οι κατασκευαστές αρνήθηκαν δημοσίως ότι υπάρχουν προβλήματα. Στην τελική, η NHTSA μπορούσε να εντοπίσει το πρόβλημα στο ότι το ABS δεν ήταν αποδεκτό από τους καταναλωτές. Παρ' όλο που δουλεύουν σωστά, ο θόρυβος και η αίσθηση κάποιων συστημάτων μπορεί να τρομάζουν πολύ τον ανυποψίαστο οδηγό, κάνοντάς τους να

τραβήξουν το πόδι τους από το φρένο. «Σε κάποιες περιπτώσεις το πεντάλ τρέμει σαν τρελό, σαν να πηγαίνεις σε ράγες», λέει ο Robert Knoll, διευθυντής αυτοματισμού για τις αναφορές των καταναλωτών.

### 5.1.5 Πιθανή επανέκκληση για το ABS

Για τους κατασκευαστές αυτοκινήτων, τα στοιχήματα είναι ψηλά. Το κόστος ενός ABS απαιτεί να είναι σύμφωνο. Το αντιμπλοκάρισμα των φρένων είναι τοποθετημένο σε περισσότερα από 15 χιλιάδες αυτοκίνητα και φορτηγά. Το ABS ήταν μια επιλογή στα αυτοκίνητα στις Ηνωμένες Πολιτείες για 10 χρόνια και είναι στάνταρ σε πολλά καινούργια αυτοκίνητα. Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων περιμένουν να είναι στον στάνταρ εξοπλισμό σε όλα τα αυτοκίνητα με το πέρας του 2000. Οι αυτοκινητοβιομηχανίες και οι ειδικοί ασφαλούς οδήγησης λένε σιωπηλά πως μια επανέκκληση της NHTSA δεν είναι πιθανή. Περιμένουν από την NHTSA να βρει τον οδηγό λάθος και να του ρίξει ευθύνες και ότι η απάντηση στα προβλήματα τέτοιου τύπου είναι η ενημέρωση σε σχέση με το ABS. Αυτό θα εκνεύριζε τον Carey και την Elizabeth Hidaka από το Glevview, Ill. Λένε ότι το αντιμπλοκάρισμα και τα συμβατικά φρένα απέτυχαν στο Plymouth Voyager του 1993 καθώς η Ελιζαμπεθ, μαζί με τα τέσσερα παιδιά της, πετάχτηκαν εκτός δρόμου. «Είναι καθαρός πανικός όταν πατάς το φρένο και δεν συμβαίνει τίποτα.» λέει. Κάποια άλλη φορά, η λυχνία προειδοποίησης του ABS στο Voyager άναψε για μια στιγμή, υποδεικνύοντας κάποιο πρόβλημα. Επειδή ο οδηγός του οχήματος προειδοποιεί ότι όταν αυτό συμβεί, το όχημα δεν πρέπει να οδηγείται μέχρι να επισκευαστεί, το έβαλαν για επισκευή. Αμέσως όμως οι μηχανικοί τους είπαν ότι δεν υπάρχει κάποιο πρόβλημα. Τώρα η Ελιζαμπεθ φοβάται να οδηγήσει το αυτοκίνητο και ο Κάρει δεν είναι σίγουρο αν θα ξαναγοράσει αυτοκίνητο με ABS. «Έχω ενδοιασμούς,» είπε. Συμπεριφορές σαν κι αυτή σημαίνει ότι δεν υπάρχει εμπιστοσύνη στο ABS, και οι κατασκευαστές ίσως να έχουν ακόμα προβλήματα στη σχέση τους με το κοινό. Οι κατασκευαστές και οι ειδικοί ασφαλούς οδήγησης θέλουν οι καταναλωτές να δουν το ABS όπως αντιμετωπίζουν την ζώνη ασφαλείας. Αλλά πρώτα, αυτοκινητοβιομηχανίες και οι υπεύθυνοι θα πρέπει να πείσουν το κοινό ότι το ABS είναι αξιόπιστο 100% από το ηλεκτρονικό μέρος μέχρι το μηχανικό. Αν δεν μπορούν να το κάνουν αυτό, τότε οι καταναλωτές μπορεί να αντισταθούν και σε άλλες βελτιώσεις βασισμένες σε υπολογιστή. «Πάμε προς τα πίσω,» λέει ο David Cole, διευθυντής στο πανεπιστήμιο του ινστιτούτου μεταφορών του Μίσιγκαν. «Αλλά αν οι καταναλωτές τρέφουν καχυποψία ή φόβο, δεν θα το αγοράσουν.»

### 5.1.6 10,000 Παράπονα για το ABS

Ανάμεσα σε εκατοντάδες προβλήματα της NHTSA, έχει μπει και το πρόβλημα με το ABS, ένα από τα μεγαλύτερα. Τυπικά, η NHTSA αναλαμβάνει λίγα – ή καμιά εκατοστή – παράπονα για ένα πρόβλημα. Έλαβε σχεδόν 10,000 παράπονα που αφορούσαν σφάλματα στο ABS από τότε που παρουσιάστηκε. Οι περισσότερες ανησυχίες ασφαλείας λύθηκαν μεταξύ της NHTSA και των κατασκευαστών. Τα περισσότερα προβλήματα είναι μηχανικά και γι' αυτό δίκαια φανερά. Πράγματι, η πλειοψηφία των προβλημάτων βρέθηκαν από τις εταιρείες και διορθώθηκαν χωρίς να χρειαστεί παρέμβαση από την NHTSA. Νωρίτερα εκείνη την χρονιά, οι κατασκευαστές επανακάλεσαν εθελοντικά περίπου 8 χιλιάδες ζώνες ασφαλείας γιατί το κουμπί στη βάση τους δεν λειτουργούσε. Μόλις την προηγούμενη βδομάδα η GM κάλεσε 2,4 χιλιάδες αυτοκίνητα με δυσλειτουργίες στη ζώνη ασφαλείας.

Καμιά φορά η NHTSA ερευνά τα παράπονα των καταναλωτών, προσδιορίζει το πρόβλημα και ψάχνει έναν τρόπο για να το διορθώσει με τις αυτοκινητοβιομηχανίες. Οι σπάνιες εξαιρέσεις είναι αυτές που έχουν την μεγαλύτερη προσοχή από το κοινό. Ένα καλό παράδειγμα: όσον αφορά το σχήμα και την τοποθέτηση του θαλάμου βενζίνης στα GM pickup. Η υπόθεση κράτησε πολύ πριν καταλήξει ώστε να μην υπάρχουν παράπονα.

Ήδη οι έρευνες της NHTSA πάνω στο ABS είναι πάνω από έναν χρόνο παλιές. Προσωπικά, οι υπεύθυνοι ασφάλειας λένε ότι δεν είναι σίγουροι ακόμα για το ποιο είναι το πρόβλημα. Αλλά ο επικεφαλής της έρευνας Brownlee λέει «Ευτυχώς θα μπορέσουμε να φέρουμε την έρευνα για τα μίνιβαν της Chrysler σε κάποια απόφαση στους επόμενους μήνες.»

### 5.1.7 Η μόρφωση του οδηγού είναι το κλειδί.

Η NHTSA επικεντρώνεται σε τρεις παράγοντες: το λάθος του οδηγού, το μηχανικό ή ηλεκτρικό σφάλμα και το σχεδιαστικό σφάλμα. Το καθένα, σε σχέση με το βαθμό που επηρεάζει, μπορεί να παίρνει μέρος στο πρόβλημα, και αυτόματα, λύση για το δίλημμα του ABS. Το πρώτο είναι το λάθος του οδηγού. « Σε μια περίπτωση σαν κι αυτή, οι οδηγοί και γενικά όποιος χειρίζεται ένα σύστημα σαν κι αυτό συνήθως πρέπει να το αντιμετωπίζουν σαν ένα θέμα προς συζήτηση.» Λέει ο Brownlee από την NHTSA. Με ένα απότομο και με δύναμη πάτημα του φρένου το ABS μπαίνει σε λειτουργία. Αυτόματα και με μεγάλη ταχύτητα ταλαντώνει τα φρένα. Αυτό επιτρέπει στους τροχούς να μην μπλοκαριστούν και επιτρέπει στον οδηγό να διατηρήσει τον έλεγχο. Αν ένας οδηγός ταλαντώνει το πεντάλ του φρένου, το ABS δεν θα λειτουργήσει σωστά. Αλλά πολλοί οδηγοί δεν το ξέρουν αυτό γιατί δεν διαβάζουν το βιβλιαράκι οδηγιών. « Είναι εκπληκτικό πώς μερικοί άνθρωποι διαβάζουν το βιβλιαράκι οδηγιών. Το βλέπω αυτό μέσα στο ίδιο μου το σπίτι.» λέει ο Cole της U-M. «Η γυναίκα μου και τα παιδιά μου θέλουν απλά να μπου στο αμάξι και να φύγουν.»

Αλλά οι εταιρείες αυτοκινήτων επίσης δεν κάνουν καλή δουλειά σε ότι αφορά την ενημέρωση των οδηγών, στο εγχειρίδιο του αυτοκινήτου και σε δωμάτια προβολής, για το πώς το ABS λειτουργεί. «Πρέπει να δοκιμάσεις τα φρένα με ABS,» λέει ο Lindsay Brooks, ο μηχανικός υπεύθυνος ενημέρωσης της Chrysler. «Εξαρτάται από εμάς να κάνουμε καλύτερα την δουλειά μας όσον αφορά την ενημέρωση των οδηγών. Πριν δώσουμε τα κλειδιά, θα πρέπει να τους βάζουμε να δοκιμάζουν τα φρένα σε λεία και βρεγμένη άσφαλτο.»

Οι κατασκευαστές του ABS πρόσφατα έφτιαξαν μια ομάδα όπου ο βασικός σκοπός της ήταν να μάθει στους οδηγούς πώς να χρησιμοποιούν το ABS με ασφάλεια. Κάποιοι έμποροι άρχισαν να τοποθετούν βίντεο ABS σε σημεία μικρών φορτηγών.

Οι οδηγοί επίσης περιμένουν το ABS να κάνει πράγματά που δεν μπορούν να κάνουν αυτοί. Δεν μπορεί να κάνει θαύματα! Δεν μπορεί να στρίψει αν ο οδηγός, μέσα στον πανικό του, ξεχάσει να στρίψει το τιμόνι. Δεν μπορεί να μειώσει την απόσταση φρεναρίσματος, ειδικά σε βρώμικο με χαλίκια ή τριμμένο χιόνι. Κάνει ότι καλύτερο μπορεί σε πάγο και σε επιφάνειες που γλιστράνε. Σε στεγνές επιφάνειες, όπου κανένας από τους τροχούς δεν ολισθαίνει, το ABS δεν μπορεί να σταματήσει το όχημα πιο γρήγορα. Αν οι οδηγοί περιμένουν θαύματα από το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος, κατηγορείστε τους κατασκευαστές και τους αντιπροσώπους. «Το ABS πλασαρίστηκε σαν το υπερφρένο που μπορεί να σταματήσει το αυτοκίνητο στο 1/10 του χρόνου και να μειώσει δραματικά τους θανάτους και τα ατυχήματα. Δεν μπορεί να κάμει τίποτα από τα δύο.» λέει ο Charles Hurley, ομιλητής για το ινστιτούτο ασφαλειών.

Μελέτες της κυβέρνησης δείχνουν ότι τα φρένα αντιμπλοκαρίσματος είναι ένα πλεονέκτημα ασφαλείας σε βρεγμένους δρόμους, μειώνοντας κατά 24% τον αριθμό των πολλαπλών τρακαρισμάτων. Και οι θάνατοι πεζών και ποδηλατιστών που περιλαμβάνουν αυτοκίνητα με ABS είναι κάτω από το 27%. Από την άλλη υπάρχει αύξηση κατά 28% των θανατηφόρων ατυχημάτων που αναφέρονται σε σύγκρουση ενός αυτοκινήτου με ABS το οποίο βγαίνει από τον δρόμο.

Οι υπεύθυνοι της ασφαλούς οδήγησης υποπτεύονται ότι τα αυτοκίνητα εξοπλισμένα με ABS μπορεί να βγουν εκτός δρόμου γιατί οι οδηγοί ξεχνάνε να στρίψουν το τιμόνι. Είναι η διεύθυνση της NHTSA που υποστηρίζει το λάθος του οδηγού. Το 1989, η NHTSA

συμπεριέλαβε μια έρευνα σε 2,984 παραπόνων καταναλωτών σε μη επιθυμητή απότομη επιτάχυνση στα Audi. Οι οδηγοί έριξαν το φταίξιμο σε τεχνικά ελαττώματα για 2,097 ατυχήματα, 712 τραυματισμούς και έξι θανάτους. Οι αποδείξεις που συγκεντρώθηκαν από την NHTSA έδειξαν ότι επειδή το πεντάλ του φρένου και του γκαζιού ήταν πολύ κοντά το ένα με το άλλο, οι οδηγοί πατούσαν το γκάζι όταν ήθελαν να πατήσουν το φρένο, ή πατούσαν και τα δύο ταυτόχρονα.

### 5.1.8 Προβλήματα στα GM της Chrysler.

Παρόλα αυτά, το λάθος του οδηγού μπορεί να μην είναι το μόνο πρόβλημα με το ABS. Υπάρχουν άλλα δύο πιθανά προβλήματα: Τεχνικά και σχεδιαστικά ελαττώματα. Πολλοί καταναλωτές παραπονιούνται ότι η προειδοποιητική λυχνία του ABS τους ανάβει ξαφνικά, υποδεικνύοντας ότι υπάρχει πρόβλημα. Αλλά οι μηχανικοί δεν μπορούν να εντοπίσουν το πρόβλημα, ακόμα και με την βοήθεια ηλεκτρονικών εξαρτημάτων σχεδιασμένα για να διαβάζουν τους κωδικούς προβλημάτων των ABS. Ένας πιθανός λόγος: Μηχανικά προβλήματα, όπως ελαττωματικοί σωλήνες ή χαμηλά υγρά φρένων, είναι συνήθως εύκολο να εντοπιστούν. Οι ηλεκτρονικές αναλαμπές, ειδικά αν είναι στιγμιαίες, μπορεί να είναι αδύνατο ακόμα και για έναν καλό μηχανικό να το βρει. «Μπορεί να χρειαστεί να οδηγήσεις ένα αυτοκίνητο για βδομάδες ή και για χρόνο ώσπου να εμφανιστεί πάλι κάποια αποτυχία του συστήματος.» λέει ο R. David Megugorac, σύμβουλος αυτοματισμού στην Santa Paula, Calif. Ο Mark Salogar από το Webberville λέει ότι τα φρένα του Chevy S-10 του 1994 πικ-απ απέτυχαν επανειλημμένως σε ένα ατύχημα. Τον Απρίλιο, η γυναίκα του Salogar άφησε το Chevy σε αντιπροσωπία, όπου οι μηχανικοί μόλις είχαν βάλει ένα καινούργιο σύστημα αντιμπλοκαρίσματος φρένων και συμπλήρωσε \$11,000 σε επισκευές στο πικ-απ μετά από ένα χτύπημα από έναν μεθυσμένο οδηγό. Στο δρόμο για το σπίτι, τα φρένα δεν λειτούργησαν και η γυναίκα του έπεσε πάνω σε αυτοκίνητο όχι μία αλλά τρεις φορές. Οι μάρτυρες είπαν ότι το φορτηγό στρίγγλιζε δυνατά, αλλά ότι τα εξαρτήματα διάγνωσης δεν βρήκαν κάτι λάθος. «Μπορούν μόνο να βρουν προβλήματα που είναι προγραμματισμένα να βρίσκουν.» λέει η Salogar. Μια έρευνα με δημοσιεύσεις της κυβέρνησης από το St. Louis Post-Dispatch βρήκαν: η GM παρέδωσε ντοκουμέντα που υποδεικνύουν ότι ήξερε πως το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος είχε προβλήματα σχεδόν από την ημέρα που το παρουσίασαν. Το 1990, για παράδειγμα, τα μνημονεύματα της GM συζητούν για το τι θα κάνουν για τις ολοκληρωτικές υδραυλικές διαρροές που θα μπορούσαν να μειώσουν το φρενάρισμα. Το 1992, ένα υπόμνημα περιέγραφε ένα πρόβλημα στο οποίο «το πεντάλ του φρένου μερικές φορές φτάνει μέχρι το πάτωμα.» Σε όλα, 38 βασικές αλλαγές έγιναν στο ABS του GM, όπου στους ιδιοκτήτες των φορτηγών δεν είπαν τίποτα για τα προβλήματα. Ολόκληρη η διοίκηση της Chrysler έδειξαν στους κατασκευαστές ότι γνώριζαν για έναν περίεργο αριθμό αποτυχιών των ABS νωρίτερα από το 1992. Και η Chrysler αγόρασε πίσω αρκετές ντουζίνες συστημάτων ABS οχημάτων, σε κάποιες δε περιπτώσεις ρωτούσαν τους ιδιοκτήτες να υπογράψουν ότι δεν θα αποκάλυπταν ποτέ ότι έγινε μια τέτοια συμφωνία. Ο O'Neil του ινστιτούτου οδικής ασφάλειας λέει ότι έμαθε κάποια από αυτά τα παράπονα. «Διαλείποντα προβλήματα είναι οι αναπόφευκτες συνέπειες της αύξησης χρήσης ηλεκτρονικών στα αυτοκίνητα.» λέει ο O'Neil. «Αλλά... δεν υπάρχει κάτι στο ηλεκτρονικό ABS που θα μπορούσε να προκαλέσει (στα δικά τους) συμβατικά φρένα να αποτύχουν.» Έτσι οι κατασκευαστές αυτοκινήτων επιμένουν ότι το πρόβλημα είναι στους οδηγούς. Το ABS «αντιπροσωπεύει την καινούργια και περίπλοκη σύνδεση τεχνολογία... και η έλλειψη οικειότητας θα μπορούσε να την οδηγήσει εκεί.» υποστηρίζοντας την αποτυχία των φρένων, η GM είπε σε μια δήλωση. «Ακόμα πιστεύουμε ότι το ABS σε αυτά τα αυτοκίνητα είναι ένα καλό σύστημα».



### 5.1.9 Κραδασμοί και αλλαγή διεύθυνσης.

Βέβαια, επειδή ένα σύστημα αντιμπλοκαρίσματος φρένων δουλεύει έτσι όπως σχεδιάστηκε δεν σημαίνει ότι σχεδιάστηκε σωστά. Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων προσπαθούν να κάνουν το ABS σιωπηλά και όσο γίνεται με λιγότερους κραδασμούς, έτσι ώστε οι οδηγοί να μην τρομάζουν όταν ξεκινάνε οι λειτουργίες. Αλλά κάποια ABS είναι πιο θορυβώδη και τρεμοπαίζουν το πεντάλ πιο βίαια από άλλα. Όσο περισσότερος είναι ο θόρυβος και οι κραδασμοί, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να τραβήξουν το πόδι τους από το φρένο.

Οι έρευνες της NHTSA είναι επικεντρωμένες σε δύο συστήματα ABS: Το ένα του Kelsey-Hayes που χρησιμοποιείται στα GM αυτοκίνητα που είναι κάτω από έρευνα. Το άλλο είναι το Bendix 10, που χρησιμοποιείται στα αυτοκίνητα της Chrysler.

Η GM και η Chrysler επιμένουν ότι αυτά τα συστήματα δεν προκαλούν περισσότερο θόρυβο και κραδασμούς από τα άλλα.

Αλλά ο O'Neil από το ινστιτούτο ασφάλειας οδήγησης λέει, «Οι μηχανικοί και οι κατασκευαστές υποτίμησαν πόσο διαφορετικά το αισθάνεται κανείς το ABS όταν ενεργοποιηθεί και υπερέτιμησαν πόσο γρήγορα οι οδηγοί θα το συνηθίσουν.» Άλλο ένα πρόβλημα: Ο τρόπος με τον οποίο είναι σχεδιασμένο το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος απαιτεί από τους οδηγούς να αλλάξουν τον τρόπο με τον οποίο αντιδρούν σε επείγουσες περιπτώσεις. Από την ηλικία των 15, οι περισσότεροι οδηγοί έμαθαν να τρεμοπαίζουν το πεντάλ του φρένου σε περιπτώσεις ανάγκης όπως σε πάγο ή σε λείους και γλιστερούς δρόμους για να αποφύγουν να μπλοκάρουν οι τροχοί και το αυτοκίνητο να αρχίσει να γλιστράει ανεξέλεγκτο. Για να μπορέσει να λειτουργήσει σωστά το ABS, οι οδηγοί θα πρέπει να ξεχάσουν όλα αυτά. Τώρα οι οδηγοί πρέπει να μάθουν να «πατάνε και να στρίβουν» με το ABS, μια φράση που η NHTSA ελπίζει ότι σύντομα θα γίνει οικεία στους οδηγούς.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα με το ABS μπορεί να είναι ότι απαιτεί από τον οδηγό να αντιδράσει τέλεια σε περίπτωση ανάγκης. «Αυτή είναι μια συνταγή για αποτυχία.», λέει ο Hurley του ινστιτούτου οδικής ασφάλειας. «Οι οδηγοί δεν μπορεί να περιμένουμε να είναι τέλειοι. Γι' αυτό θα πρέπει να είναι τα συστήματα τέλεια.»

Αλλά οι σχεδιαστές και οι υποστηρικτές του ABS διώχνουν τέτοιες προτάσεις. «Πιστεύουμε πλήρως στο ABS. Είναι πολύ καλύτερο από τα συμβατικά φρένα.», λέει ο Lindsey Brooks της Chrysler, ο οποίος μάλλον εξηγεί γιατί οι υποστηρικτές του ABS λαμβάνουν κριτικές. «Δεν θα πρέπει να αγοράζεις ένα αμάξι ή ένα φορτηγό, ειδικά φορτηγό, που δεν έχει ABS, λέει ο Kroll από το ρεπορτάζ των καταναλωτών.

10/30/95

### 5.1.10 Η μελέτη της ασφάλισης παραβλέπει την χιλιομετρική ηλικία;

Η HLDI δεν παίρνει σε λογαριασμό την χιλιομετρική ηλικία για τη συχνότητα απαιτήσεων που συγκρίνονται μεταξύ των μοντέλων του 1992 με στάνταρ ABS και με τα μοντέλα του 1991 χωρίς ABS. Μέσο της ετήσιας χιλιομετρικής ηλικίας σκοπεύει να μειώσει, με την ηλικία των οχημάτων, η μονάδα της HLDI για έκθεση (εξασφαλισμένα χρόνια οχήματος) δεν κάνει διαφοροποίηση μεταξύ νεώτερων αυτοκινήτων με ABS και παλιότερων χωρίς ABS. Στην πρώτη αναφορά της HDLI, συγκρίνονται δώδεκα ομάδες (βασισμένα μόνο χρονολογικά) και στο συμπέρασμα δηλώνεται:

«Καθόλου διαφορές στη συχνότητα απαιτήσεων ή στο ποσό που δόθηκε για επισκευή σε προσωπικές ή από άλλους καταστροφές, δεν βρέθηκαν για αμάξια με στάνταρ ABS συγκρινόμενα με τα ίδια μοντέλα χωρίς ABS. Σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις, η διαφορές στην συχνότητα απαιτήσεων δεν μπορούσε να προσδιοριστεί στατιστικά.»...

... «Τα συμπεράσματα που παρουσιάστηκαν σε αυτή την αναφορά δεν φέρουν στοιχεία ότι η παρουσίαση του ABS σαν στάνταρ εξοπλισμός μειώνει τις ζημιές που συμβαίνουν από τα ατυχήματα του πραγματικού κόσμου.»

Δυστυχώς, δεν έχω ακούσει για κάποια απόπειρα να προσδιορίσουν τον επηρεασμό από την US διαφορές σε χιλιομετρική ηλικία. Γι' αυτό, έκανα μια αυστηρή εκτίμηση με τις αναφορές που είχε η HLDI από την αναφορά A-41 και από την ελβετική συνεισφορά χιλιομετρικής ηλικίας μεταξύ μοντέλων διαφορετικών χρόνων. Μετά βρήκα ότι τα αυτοκίνητα με ABS έβγαζαν λιγότερες ζημιές ανά τη μονάδα χιλιομετρικής ηλικίας και στις 12 ομάδες που συγκεντρώθηκαν από την HLDI. Η χαρακτηριστική διαφορά του ABS ήταν στατιστικά προσδιορισμένη σε 11 από τις 12 συγκρίσεις

### **5.1.11 Αποδείξεις στα αρχεία του Web για το πόσο επηρεάζει η χιλιομετρική ηλικία.**

Χωρίς καμία επιφύλαξη ή περισυλλογή για την επιρροή την χιλιομετρικής ηλικίας, η HLDI και η IIHS (το ινστιτούτο οδικής ασφάλειας για ασφάλεια στους εθνικούς δρόμους) συνεχίζουν την υποτίμηση του ABS με δηλώσεις όπως «Το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος φρένων δεν μειώνουν τα θανατηφόρα ατυχήματα». Όπως στις παλιές μελέτες της HLDI, αυτή ίσως να επιβεβαιώνει τα πλεονεκτήματα του ABS, επίσης. Είναι αξιοθαύμαστο ότι η IIHS δεν παρουσιάζει αποτελέσματα προσαρμοσμένα στα καινούργια αυτοκίνητα με νέα συστήματα ABS που μάλλον μπορούν να διανύσουν μεγαλύτερες αποστάσεις μέσα στο χρόνο με λιγότερη χιλιομετρική ηλικία σε δρόμους μικρής ταχύτητας. Γι' αυτό δίνουν σαν εξήγηση πως αν οι οδηγοί το ξέρουν αυτό θα νοιώθουν μεγαλύτερη σιγουριά και θα οδηγούν πιο γρήγορα ή θα παίρνουν μεγαλύτερα ρίσκα.

Σε αυτή την μελέτη, τα αρχεία της IIHL/HLDI παρέχουν ισχυρές αποδείξεις για την επιρροή της χιλιομετρικής ηλικίας.

Σε 20 από τις 24 διαφωνίες στη σελίδα τους στο διαδύκτιο, η δεξιά στήλη παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές από την δεύτερη στήλη από τα δεξιά. Αυτή φτιάχτηκε με μεγαλύτερη επιρροή από την χιλιομετρική ηλικία για την δεξιά στήλη, όπου η μέση ηλικιακή διαφορά μεταξύ των αυτοκινήτων με ABS και χωρίς αναφέρεται περισσότερο. Η στήλη αποτελεσμάτων διαφορών για πεζούς και δικυκλιστές στις τελευταίες διαμαρτυρίες ήταν όπως αναμενόταν, αν τα παλιότερα αμάξια χρησιμοποιούνταν περισσότερο σε περιοχές μειωμένης ταχύτητας. Τα αυτοκίνητα με ABS φαίνεται να έχουν μεγαλύτερη ακτίνα θανατηφόρων σε απλά τρακαρίσματα απ' ότι σε καραμπόλες. Αυτό μπορεί να είναι αποτέλεσμα και άλλων παραγόντων όπως την ακτίνα χιλιομετρικής ηλικίας σε μικρές ταχύτητες.

Παρ' όλα αυτά η κατευθυντικότητα μπορεί να μπήκε σαν στόχος πάνω από την σταθερότητα στις πρώτες γενιές του ABS, με αποτέλεσμα τις πιο απότομες κινήσεις και πλάγιες κινήσεις απ' ότι αν οι μπροστινοί τροχοί μπλοκάριζαν (οι επιβάτες είναι πιο ευάλωτοι σε πλάγιες συγκρούσεις παρά σε μετωπικές). Τέτοια προβλήματα λήφθηκαν υπ' όψιν με την ανάπτυξη της GMA και το μοντέρνο λογισμικό του ABS.

### **5.1.12 Αναφορές της NHTSA για ποσοστά – απόλυτοι αριθμοί.**

Οι αναφορές της NHTSA με μπερδεύουν βάζοντας μπροστά κάποιες υποομάδες ποσοστών που είναι αντίθετα στο ABS, μέσο του ολικού καθαρού αριθμού τροχαίων ατυχημάτων είναι λιγότερα κατά 1000 με ABS (20000 αυτοκίνητα) από αυτά που υπολογίζονταν (21000 αυτοκίνητα). Παρ' όλα αυτά τα στοιχεία, καθαρά υπέρ του ABS, μπορείς να διαβάσεις στην σελίδα 5 της αναφοράς της NHTSA: «Η αύξηση των ατυχημάτων από αυτοκίνητα που φεύγουν από τον δρόμο αυτόματα σημαίνει την μείωση των ατυχημάτων μεταξύ δύο αυτοκινήτων. Έτσι η NHTSA εκτιμά ότι δεν υπήρξε μείωση των ατυχημάτων με το ABS. Η αναφορά της NHTSA βασίζεται σε ανάλυση ατυχημάτων

δημοσιευμένη από το ινστιτούτο ασφαλείας για την ασφάλεια των εθνικών οδών το Ιανουάριο του 1994.»

### 5.1.13 Χρησιμοποιείται το ABS σαν άσκηση για μη πεπειραμένους ερευνητές ασφαλείας;

Ίσως οι υποθέσεις σε συμπεριφορά που αντισταθμίζει τον κίνδυνο είναι οι πιθανοί λόγοι γιατί οι άνθρωποι αμφιβάλουν για την ασφαλή αποτελεσματικότητα του ABS. Τουλάχιστον, έχω βρει συγκεκριμένους ερευνητές πολύ πρόθυμους να χρησιμοποιήσουν το ABS σαν αντικείμενο για μελέτη εξάσκησης. Είναι σχετικά εύκολο να βρεις στοιχεία για στατιστικά τεστ για υποθέσεις στα συμφραζόμενα, από την στιγμή που το ABS είναι τόσο κοινό.

Όταν το αποτέλεσμα ενός στατιστικού τεστ δεν δείχνει συγκεκριμένες διαφορές, οι ειδικοί ερευνητές προτείνουν ότι τα αποτελέσματα είναι αρνητικά. Παρ' όλα αυτά, δεν έχει αποδειχθεί βέβαια ότι τα φρένα με ABS ή άλλες παράμετροι δεν έχουν αποτελέσματα, μόνο που κανένας δεν μπορεί να αποδείξει κάποιο αποτέλεσμα. Αυτό είναι μια ζωτική επιστημονική αρχή στην οποία θα έπρεπε να απευθυνόμαστε για την ασφάλεια κυκλοφορίας όπως κάνει για την επιδημιολογία. Μπορεί να είναι λογικό να υποθέσουμε ότι δεν υπάρχει πραγματικό αποτέλεσμα, αν οι ανεξάρτητες μελέτες δώσουν αρνητικά αποτελέσματα. Στο θέμα του ABS, όμως, κυριολεκτικά μπορούν να εντοπιστούν σε μια μόνο σελίδα: το πείραμα στα ταξί το Μόναχο στις αρχές του 1980:

Σε μια προσπάθεια οδηγικής συμπεριφοράς (υποστηρίζοντας πως είναι του διπλού τυφλού τύπου). Οι ερευνητές ανακάλυψαν ότι οι «οδηγοί των ταξί με ABS έκαναν πιο απότομες στροφές σε καμπύλες, ήταν λιγότερο ακριβής στην σταθερής πορείας συμπεριφορά, κρατούσαν μικρότερες αποστάσεις από το προπορευόμενο αυτοκίνητο, έκαναν πιο φτωχές κινήσεις αποφυγής και δημιουργούσαν μεγαλύτερο ανταγωνισμό στην οδήγηση.»

Αυτή η οδηγική συμπεριφορά και αντιμετώπιση του ABS μπορεί να είναι αντιπροσωπευτική για τις αρχές του 1980. Δυστυχώς, ένα άλλο κομμάτι της έρευνας του Μόναχο αναφέρεται με πολλά συμφραζόμενα σαν απόδειξη ότι το ABS δεν βελτιώνουν την οδηγική ασφάλεια. Σε αναδρομικές αναλύσεις ατυχημάτων τα αποτελέσματα ήταν αρνητικά: καμία συγκεκριμένη διαφορά δεν βρέθηκε στα ταξί με ABS και χωρίς. Γι' αυτό σαν αποτέλεσμα ήταν ότι το ABS δεν έχει κανένα αποτέλεσμα.

Μια πιο κοντινή έρευνα, παρ' όλα αυτά αποκαλύπτει ότι είναι πολλά μπλεγμένα στην πρώτη ανάλυση (1981-1983) βασισμένη σε 21 αυτοκίνητα εξοπλισμένα με ABS. Με τόσο μικρούς αριθμούς είναι εκπληκτικό το ότι αυτά τα αρνητικά αποτελέσματα θεωρήθηκαν σαν απόδειξη για την ανικανότητα του ABS περισσότερο παρά σαν ένδειξη αργότερα.

Στην δεύτερη επανεκτίμηση του Μόναχο περίοδος 1985/86 υπήρχαν ακόμα λιγότερα αυτοκίνητα: 10 αυτοκίνητα χωρίς και 10 με ABS. Βασισμένοι σε αυτές τις συνθήκες φαίνεται φυσικά δίκαιο ότι οι υποδείξεις κινδύνου για όλων των τύπων τα ατυχήματα δεν διαφέρει με οποιονδήποτε βαθμό στατιστικής σημασίας.

Αν δεν κάνω λάθος παραπάνω το ABS υποτιμήθηκε μέσω παρουσίας ερασιτεχνικής έρευνας. Παρ' όλα αυτά, από τη στιγμή που οι αναφορές της HLDI και της NHTSA έχουν δημοσιευτεί με λεπτομέρειες, είναι δυνατόν ο καθένας να ελέγξει τις μεθόδους. Αν δεν το κάνουμε, κανείς δεν μπορεί να κατηγορήσει τις παρεξηγήσεις στη NHTSA ή στη HLDI με την καλά διευκρινισμένη επανεκτίμηση με αυτοκίνητα αναξιόπιστα.

Χωρίς αυτούς τους καθαρούς ορισμούς, τα αποτελέσματα δεν θα αμφισβητούνται τόσο εύκολα. Είναι επίσης χάρη στη μικροσκοπία της NHTSA και στην βιβλιοθήκη της, το ότι είναι πιθανό να ανακαλύψουμε και να κριτικάρουμε ολοκληρωτικά την έρευνα,

πάνω σε επιστημονική βάση. Θα συνιστούσα μια επίσκεψη στην υπηρεσία αναφορών της NHTSA.

## 5.2 TCS – ASR: Σχολιασμός χρηστών-καταναλωτών.

### 5.2.1 Ματιές στα μηχανικά.

Η Ford ανακάλυψε ότι το 57% των ιδιοκτητών Mustang GT και το 74% των ιδιοκτητών Mustang V-6 και πιθανοί αγοραστές θα αγόραζαν TCS αν υπήρχε για αυτή την μάρκα.

Το μοναδικό στο Mustang, το Power Star, επιτρέπει κατάλληλο σπινάρισμα των τροχών όταν το όχημα είναι έτοιμο να ξεκινήσει σε στεγνό οδόστρωμα. Το TCS έχει σχεδιαστεί για να αναγνωρίζει πότε ο οδηγός επιταχύνει απότομα, και τότε επαναπρογραμματίζει κάποια δεδομένα. Όσο το όχημα επιταχύνει, το Power Star μένει σε λειτουργία.

Ο έλεγχος πρόσφυσης μπορεί να μην συνδέεται απόλυτα με την βελτίωση της πρόσφυσης όταν και οι δύο τροχοί βρίσκονται σε γλιστερή επιφάνεια. Παρ' όλα αυτά βελτιώνει την διαθέσιμη πρόσφυση ώστε να δώσει στον οδηγό μεγαλύτερο έλεγχο στο τιμόνι. Ελέγχοντας το υπερβολικό γλίστρημα του τροχού, το σύστημα επιτρέπει στο όχημα να κάνει χρήση οποιασδήποτε πρόσφυσης υπάρχει στα ελαστικά.

Το φρενάρισμα από το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης λειτουργεί καλύτερα σε επιφάνειες δρόμου που μπορεί να είναι βρεγμένες ή γλιστερές στις άκρες και στεγνές στο κέντρο. Το σύστημα φρένου του τροχού κίνησης που φαίνεται να έχει προδιάθεση να γλιστρήσει προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του, την μειώνει, ώστε να αποφευχθεί το σπινάρισμα.

### 5.2.2 Formula 1: Έλεγχος πρόσφυσης έρχεται...το θέαμα φεύγει;

Ξεχάστε όσα ξέρατε για τον οδηγό, αυτό το κουτί είναι πλέον ο εγκέφαλος του αυτοκινήτου. Μικρό όσο ένα μυθιστόρημα με σκληρό εξώφυλλο, έχει την ικανότητα να ελέγχει τα πάντα στο αυτοκίνητο, εκτός από την αεροδυναμική. Είναι ο Αϊνστάϊν, ο Νεύτωνας και ο Bill Gates μαζί, κλεισμένοι σε ένα μικρό κουτί, βοηθοί και φύλακες άγγελοι του οδηγού στο δύσκολο έργο του. Η πρόσφατη απόφαση που ξαναφέρνει τον έλεγχο πρόσφυσης στις πίστες αυξάνει το βαθμό στον οποίο το αυτοκίνητο επηρεάζεται από την λειτουργία της κεντρικής μονάδας ελέγχου. Οι κανονισμοί ήδη επιτρέπουν την παρεμβολή της στη ρύθμιση κατανομής της πέδησης και στη μεταβολή της υποβοήθησης του τιμονιού. Από το επόμενο GP θα περιορίζει και το σπινάρισμα στις χαμηλές ταχύτητες, αφήνοντας στην κρίση του ανθρώπινου παράγοντα μόνο το φρενάρισμα και το στρίψιμο – αν και είναι αρκετά προηγμένη για να τα αναλάβει και αυτά κάποια στιγμή στο μέλλον, όπως έκανε στη δεκαετία του '70 ο Herby, το τρελό κατσαριδάκι...

Η κεντρική μονάδα ελέγχου αποτελείται από 3000 ή και περισσότερα εξαρτήματα, ενώ το λογισμικό της περιέχει πάνω από 200.000 εντολές. Μπορεί έτσι να επεξεργάζεται πάνω από δύο εκατομμύρια παραμέτρους το δευτερόλεπτο. Έτσι εξηγείται γιατί ένας ειδήμων στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και τα συστήματα ηλεκτρονικής διαχείρισης αξίζει το βάρος του σε χρυσάφι – και γι' αυτό η Ferrari ψάχνει απεγνωσμένα τον αντικαταστάτη του Tad Czapski, του ειδικού της στα ηλεκτρονικά (που μεταπήδησε στην Benetton – Renault πρόσφατα).

Η κεντρική μονάδα ελέγχου είναι κατασκευασμένη από την TAG Electronic Systems, μια θυγατρική εταιρεία της TAG McLaren. Οι δύο εταιρείες συνεργάζονται από το 1992, όταν ο διευθυντής της McLaren, Ron Dennis, ζήτησε από τους δόκτορες Udo Zucker και Peter Van Manen να σχεδιάσουν και να κατασκευάσουν το σύστημα ελέγχου

αλλαγής ταχυτήτων της ομάδας. Από τότε η εταιρεία μεγάλωσε και τώρα η TAG Electronic Systems προμηθεύει τις κεντρικές μονάδες ελέγχου στην Prost και την Jordan, όπως επίσης και στην McLaren. Το αντίπαλο δέος όσον αφορά τους ειδικούς στο λογισμικό μονάδων διαχείρισης κινητήρων είναι η Magneti-Marelli, η οποία συνεργάζεται με τη Ferrari και τη Renault.

Η κεντρική μονάδα ελέγχου αναλαμβάνει να καθορίσει πώς το αυτοκίνητο θα βάλει την υποδύναμή του στο δρόμο. Κι αυτό σημαίνει συνδιασμός πληροφοριών από τον κινητήρα, το διαφορικό, την πεταλούδα του γκαζιού, το συμπλέκτη και το κιβώτιο ταχυτήτων. Αν δεν υπάρχουν δεδομένα από κάποια πηγή (από τις προαναφερθείσες), η κεντρική μονάδα ελέγχου δεν μπορεί να λειτουργήσει σωστά. Ένα ηλεκτροϋδραυλικό κύκλωμα υψηλής πίεσης που ελέγχεται από ηλεκτρονικά προγραμματισμένες βαλβίδες και σερβομηχανισμούς είναι υπεύθυνο για τη λειτουργία και τον έλεγχο όλων των παραπάνω μερών. Χάρη σε περισσότερους από 50 αισθητήρες, προσαρμοσμένους σε σιάφορα μέρη του αυτοκινήτου, η κεντρική μονάδα ελέγχου ενεργοποιεί και τον περιοριστή ταχύτητας για την κίνηση μέσα στα pits, παρέχει δεδομένα απευθείας στον πίνακα οργάνων, συνεργάζεται με τα όργανα τηλεμετρίας στέλνοντας διαρκώς πληροφορίες στα pits και βέβαια ρυθμίζει την υποβοήθηση του τιμονιού και τη κατανομή ισχύος της πέδησης. Στο εξής, εκτός από όλα αυτά θα ελέγχει και το σπινάρισμα των πίσω τροχών – και μάλιστα με τέτοιο τρόπο ώστε να επιταχύνει ιδανικά το μονοθέσιο, χωρίς προβλήματα αποσταθεροποίησης και απώλειας της ιδανικής γραμμής. Η δυσκολία για τους τεχνικούς είναι να πετύχουν μια πολύ λεπτή ισορροπία κατά την διάρκεια της επιτάχυνσης, έτσι ώστε οι τροχοί να βρίσκονται μόνιμα στο όριο της ολίσθησης – είναι γνωστό ότι το καλύτερο πέραςμα της δύναμης στο δρόμο το έχεις όταν οι τροχοί σπινάρουν ανεπαίσθητα, προκαλώντας αποκόλληση μορίων ελαστικού. Για να έχετε μια πιο σαφή εικόνα του τι ακριβώς εννοούμε, φανταστείτε μια γομολάστιχα που τρίβεται πάνω σε ένα κομμάτι χαρτί. Αν την τρίψουμε πολύ απαλά

### 5.2.3 Έλεγχος πρόσφυσης;

Είναι γεγονός ότι τουλάχιστον ένας κατασκευαστής μοτοσυκλετών έχει εργασθεί πάνω στο σύστημα ελέγχου της “υπερμηχανής”, αλλά κανείς δεν έχει βάλει σε χρήση ένα τέτοιο σύστημα. Ή το έχουν κάνει; Το Gobert της Yamaha έχει πολλές περιπτώσεις από ύποπτο αριθμό προβλημάτων στο πίσω μέρος της από την αρχή της χρονιάς. Πόσες αλυσίδες έριξε η μηχανή όταν την οδηγούσε ο Haga; Όσο για την Suzuki, παρατηρητές στην επανεκκίνηση του αγώνα στο Road America ανέφεραν ότι όταν τα φώτα έγιναν πράσινα οι Mladin και Hacking δεν είχαν καθόλου σπινάρισμα! Κοιτάξτε το ριπλέι, ο Hacking προηγήθηκε κατά πολύ, και αυτό έγινε πάνω σε βρεγμένη πίστα με την βροχή να πέφτει ακόμα. Βέβαια όλα αυτά είναι απλές υποθέσεις αλλά αν μάθουμε κάτι θα σας ενημερώσουμε!

### 5.2.4 Έλεγχος πρόσφυσης: δυσδιάκριτες μαθηματικές εξισώσεις της ασφάλειας των μηχανών;

Ο έλεγχος πρόσφυσης μιας μηχανής δεν είναι ακριβώς επιστήμη πυραύλου. Οι μηχανικοί της αεροναυπηγικής βρήκαν πώς να πάνε στο φεγγάρι, αλλά αυτοί οι τρελοί με τις μηχανές με προστατευτές τσέπης δεν ασχολήθηκαν καθόλου με τον έλεγχο πρόσφυσης ώστε να βρουν μια λύση, ακόμα.

Η Suzuki πιστεύεται ότι δοκιμάζει ένα καινούργιο σύστημα ελέγχου πρόσφυσης και το HRC ερευνάται, ή τουλάχιστον κοντά σ’ αυτό στο παρελθόν. Οι άλλοι δεν μπορεί να είναι πολύ πιο πίσω, ειδικά με τα μοντέλα μηχανών (230bhp GP4) που θα διαγωνίζονται μέσα στο 2002.

Είναι γνωστό ότι ο έλεγχος πρόσφυσης είναι παράνομος στον διαγωνισμό AMA Super bike. Είναι πολύ παράνομο πράγματι. Άλλα δεν ήταν πάντα έτσι. Είναι νόμιμος στο WSC, και αν κάποια στιγμή στο μέλλον αποφασίσουν οι κατασκευαστές ότι το θέλουν, μπορούν να πάνε το αίτημα τους στο AMA και να ζητήσουν αλλαγή των κανονισμών, ειδικά αν τοποθετήσουν τον έλεγχο πρόσφυσης στους κανόνες ασφαλούς οδήγησης.

Όπως σε πολλές προσπάθειες, έτσι κι εδώ υπάρχουν δυο τρόποι για να έχουμε έλεγχο πρόσφυσης, γρήγορα και βρόμικα ή με σοφία και πολυπλοκότητα.

Για οικονομοτεχνικούς λόγους, και για λόγους ασφάλειας, ο γρήγορος και βρόμικος τρόπος πάντα υπερέχει στον αγωνιστικό κόσμο. Η αρχή KISS (Keep It Simple, Stupid – κάντο απλά χαζέ) είναι αρχικά που ακούμε πολύ συχνά, και για καλό λόγο. Ένα Σαββατοκύριακο AMA Superbike είναι απλά για να ετοιμαστούν οι μηχανές ώστε να κάνουν τον καλύτερο δυνατό χρόνο στον αγώνα, χωρίς να ξοδεύεται χρόνος χωρίς νόημα για τα υψηλής τεχνολογίας συστήματα. Χωρίς να υπάρχει ενδιαφέρον για το κόστος, αν δεν μπορεί να δικαιολογήσει έξτρα εργασία σε ένα ήδη πολυάσχολο Σαββατοκύριακο, είναι άχρηστο.

Η μέθοδος “γρήγορα και βρόμικα” ελέγχου πρόσφυσης θα ήταν να πάρει τις στροφές ανά λεπτό και να μετρήσει την τιμή στην οποία οι στροφές αυξάνονται. Το ECU έχει ήδη αυτό το χαρακτηριστικό, καθώς δίνει πλεονέκτημα στην έκχυση του καυσίμου. Αν οι στροφές ανά λεπτό αυξάνονται μέχρι μια τιμή με ταχύτητα που θεωρητικά είναι πολύ γρήγορη, το ECU θα μπορούσε να συμπεράνει τον πίσω τροχό να σπινάρει. Θα μπορούσε τότε να ρυθμίσει την ισχύ μέχρι το ελαστικό να μπορεί να αντέξει την ισχύ αυτή και τα πράγματα να επιστρέψουν στο φυσιολογικό.

Αυτό είναι βασικά παιχνίδι για τους μηχανικούς. Από την έκχυση του καυσίμου και τον έλεγχο της είναι πράγματα που συμβαίνουν έτσι κι αλλιώς (εδώ και χρόνια), το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης “γρήγορα και βρόμικα” θα απαιτούσε λίγες παραπάνω γραμμές κωδικών. Στην πραγματικότητα ένα ολοκληρωμένο σύστημα ελέγχου πρόσφυσης θα επενέβαινε στο λογισμικό της λειτουργίας της μηχανής, χωρίς ορατά στοιχεία.

Μπορείς να κρύψεις τα πάντα μέσα στο λογισμικό. Το μόνο πρόβλημα είναι ότι δεν δουλεύει το σύστημα αυτό.

Ακόμα και τότε που ο Kenny Roberts βρήκε τον πραγματικά γρήγορο τρόπο να κάνει τον γύρο της πίστας, συμπεριλαμβανομένου το σπινάρισμα του πίσω τροχού να αποτεταγωνίζει τις στροφές, οι υπόλοιποι θα πρέπει να κάνουν την γωνία αποφυγής γλιστρήματος για να νικήσουν τον συναγωνισμό.

Το πρόβλημα εμφανίζεται όταν οι οδηγοί θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν την γωνία σφάλματος (την διαφορά ταχύτητας περιστροφής των δύο τροχών) για να στρίψουν την μηχανή. Η πίστα μπορεί να έχει μια στροφή 100m/h (μέτρα ανά ώρα), και ο οδηγός επιταχύνει τον πίσω τροχό για να πάρει την στροφή. Αυτός είναι ο γρήγορος τρόπος κυκλικής πορείας. Θα επιταχύνουν τον πίσω τροχό, αλλά δεν δημιουργεί μεγάλη διαφορά σε ταχύτητα ανάμεσα στους τροχούς, λιγότερο από 10%. Στην δικιά μας υποθετική στροφή η γρήγορη γραμμή απαιτεί τον μπροστινό τροχό να πηγαίνει με 100m/h και ο πίσω με 105 ή 110 m/h. Ένα σύστημα ελέγχου πρόσφυσης αποτρέπει τον οδηγό να επιταχύνει τον πίσω τροχό, η οποία, στην πραγματικότητα τον κρατάει ώστε να μην πηγαίνει γρήγορα. Το λάστιχο μπορεί να κρατήσει μέχρι τον επόμενο Ιούλιο, αλλά ο χρόνος του γύρο δεν θα είναι εντυπωσιακός.

Στον υπολογιστή η καλή γωνία γλιστρήματος φαίνεται ακριβώς η ίδια με την κακή γωνία γλιστρήματος. Ένα “γρήγορο και βρόμικο” σύστημα ελέγχου πρόσφυσης δεν ξέρει αν ο αναβάτης παίρνει την στροφή ρίχνοντας την μηχανή χαμηλά ή το κάνει το ελαστικό. Όλος ο υπολογιστής νομίζει ότι ξέρει ότι είναι το πίσω ελαστικό που σπινάρει. Βέβαια αυτό το σύστημα θα σώσει το ελαστικό αλλά θα κάνει τον χρόνο του γύρου μη ανταγωνιστικό. Υπάρχουν φορές που οι οδηγοί θέλουν το ελαστικό να σπινάρει και άλλες που δεν το θέλουν.

Φαίνεται σαν να πρέπει να πάνε οι μηχανικοί για το άλλο σύστημα, το “σοφία και πολυπλοκότητα”.

Η λύση μάλλον βρίσκεται στη “θαμπή λογική”. Όχι να σχεδιαστεί το Mid-Ohio μια βδομάδα μετά το Laguna, αλλά μια μαθηματική μέθοδος που βρέθηκε στο UC Berkeley στο τέλος της δεκαετίας του '60. Είναι αρκετά συνδεδεμένο με την τεχνητή νοημοσύνη, και χρησιμοποιεί μια σειρά από λειτουργίες, ουσίες και άλλους όρους που σε εμάς φαίνονται σαν την Ιαπωνική ερμηνεία του Nori Haga.

Μέχρι την θαμπή λογική, οι υπολογισμοί του υπολογιστή ήταν βασικά η λογική των αντίθετων. Ναι/όχι, σωστό/λάθος, ζεστό/κρύο... Fuzzification, όπως ονομάζεται εισάγει συγγενείς όρους μέσα σε μίγμα. Αντί για ζεστό ή κρύο, ο υπολογιστής μπορεί να υπολογίσει κάποια θερμότητα ή μέτριο κρύο, και γι' αυτό μπορεί να υπολογίσει πράγματα περισσότερο όπως το ανθρώπινο μυαλό. Η NASA χρησιμοποιεί αυτή την μέθοδο για να υπολογίζει τις μεταβλητές ενός διαστημικού δορυφόρου, και στην Ιαπωνία και στις Ηνωμένες Πολιτείες μπορεί να δουλεύουν πάνω σε υψηλής τεχνολογίας φόρμες με την μέθοδο αυτή καθώς εσύ διαβάζεις αυτό εδώ.

(Τώρα είναι η ώρα, εμείς στην AMA να σου θυμίσουμε ότι στο μάθημα των μαθηματικών στο Λύκειο, το μόνο που έκανες ήταν να σχεδιάζεις τη Honda του Freddie Spencer και το Suzuki του Kevin Schwantz. Ντροπή σου!)

Η διαδικασία Fuzzification σε ένα σύστημα ελέγχου πρόσφυσης θα παίρνει τις πληροφορίες από το πίσω μέρος (τροχό) της μηχανής, όπως την θέση στραγγαλισμού, τις στροφές ανά λεπτό, την ταχύτητα, την επιλογή της ταχύτητας, (και μπορεί και την κλίση της γωνίας, την κίνηση της ανάρτησης, και την θερμοκρασία του ελαστικού. Αντί για “το ελαστικό σπινάρει” ή “το ελαστικό δεν σπινάρει”, το Fuzzy Logic TC system θα μπορούσε ίσως να υπολογίσει ότι “το ελαστικό σπινάρει μέτρια, αλλά αυτό είναι εντάξει γιατί ο αναβάτης πλαγιάζει σε στροφή”. Η ίσως “Το πίσω ελαστικό σπινάρει όταν δεν θα έπρεπε, οπότε το ECU θα πρέπει να ξεκινήσει να λειτουργεί”.

Αντίθετα με αυτό που είχε πει ο πρόεδρος George W. Bush, Fuzzy Math μπορεί να είναι πολύ καλά, πραγματικά.

Αν πιστεύεις ότι ακούς στα νέα στις αγγλικές σελίδες, φαίνεται ότι οι νέες μηχανές GP4 ότι βγάζουν τρεις γύρους ενός ελαστικού σε τεστ πριν λιώσει. Δεν χρειάζεται φυσική του Χάρβαρντ για να υπολογίσει κανείς ότι όταν θα τρέχουν αυτές τον επόμενο χρόνο, αν οι μηχανικοί μπορέσουν να βρουν έναν τρόπο το ελαστικό να κρατάει 10 γύρους όταν οι αντίπαλοι θα μπαίνουν για αλλαγή κάθε τρεις γύρους, ο αναβάτης θα μπορούσε να πάει λίγο πιο αργά και πάλι να νικήσει την κούρσα.

Η κούρσα Superbike αυτή τη στιγμή είναι πολύ ανταγωνιστική, και είναι μάλλον πολύ παρακινδυνευμένο να κάνεις πρωτοπορία με ένα σύστημα πρόσφυσης όταν χρειάζεται κάτι άλλο. Αλλά με το GP4 το καρότο μπορεί να είναι πιο χορταστικό. Και αν βρουν επιτυχία με το GP τότε ίσως να βγουν και σε κυκλοφορία.

### 5.2.5 Ματιές στον έλεγχο πρόσφυσης.

Ο τεχνικός διευθυντής της Williams Patrick Head υπερασπίστηκε την επιστροφή: “όλοι σε αυτό το άθλημα υποθέτουμε ότι η εναντιότητα είναι κλέψιμο, γι' αυτό είναι καλύτερα να το έχουμε πίσω έτσι ώστε η F1 να μην χρειαστεί να βγάλει αυτά τα προβλήματα στη δημοσιότητα.”

Ο σχεδιαστής της McLaren Adrian Newey συμφώνησε: “Δεν είμαι οπαδός του ελέγχου πρόσφυσης, αλλά το γεγονός ότι αγώνες έχουν κερδισθεί φανερά στο παρελθόν από αυτοκίνητα που χρησιμοποιούσαν έλεγχο πρόσφυσης είναι μια μη αποδεκτή κατάσταση.” Γι' αυτό οι κατασκευαστές αυτοκινήτων που εμπλέκονταν με την F1 ήταν ευχαριστημένοι που ο έλεγχος πρόσφυσης είχε επιστρέψει, αφού ήταν κάτι που χρησιμοποιούσαν για τα κοινά αυτοκίνητα.

Η μεγάλη προσοχή πάνω στον έλεγχο πρόσφυσης άλλαξε τις απαιτήσεις από έναν οδηγό να έχει ικανότητες άλλες από το φρενάρισμα και το στρίψιμο, αφού, με τον έλεγχο πρόσφυσης, θα μπορούν απλά να πατάνε με δύναμη το γκάζι στη μέση μιας στροφής και το ποσοστό της ενέργειας που πάνε στους τροχούς να ελέγχεται. Δεν είναι πια η ευαισθησία στο πεντάλ του γκαζιού μια από τις ικανότητες όπως οι ευαισθησίες στο φρενάρισμα ή το στρίψιμο.

Ο Eddie Irvine της Jaguar είναι ανάμεσα στους δυσαρεστημένους με την επιστροφή του: “Η F1 είναι το πάθος μου, αλλά ο έλεγχος πρόσφυσης δεν είναι στοιχείο της F1. Οι οπαδοί θέλουν να ακούν τις μηχανές να γυρίζουν. Γι’ αυτό έρχονται, όχι να ακούν τον ήχο της μηχανής να σβήνει καθώς παίρνουν την στροφή.” Επίσης πιστεύει ότι η FIA έχει ξεπουληθεί καθώς έχει αποτύχει τελείως στο να αστυνομεύσει την χρησιμοποίησή του αποτελεσματικά: “Είναι σαν την διεθνή ολυμπιακή επιτροπή που λέει ότι είναι εντάξει για τους αθλητές να χρησιμοποιούν ναρκωτικά αφού δεν μπορούν να τους σταματήσουν.”

Ο Rubens Barrichello δεν είναι επίσης οπαδός του ελέγχου πρόσφυσης: “Δεν μ’ αρέσει. Αλλά προς το τέλος της μέρας, αν αυτός είναι ο τρόπος για να φέρουμε ισότητα μεταξύ των ομάδων, τότε είναι καλό.”

Εναντίων των κριτικών αυτών για τον έλεγχο πρόσφυσης, οι υποστηρικτές του τονίζουν το γεγονός ότι μια από τις καλύτερες διαδρομές, με τον καλύτερο χρόνο, Αγιτοή Senna όταν οδήγησε από την πέμπτη στην πρώτη το 1993 στο ευρωπαϊκό GP στο Donington Park, έγινε όταν τα αυτοκίνητα μπορούσαν να κινηθούν με ακραίες ταχύτητες πριν βέβαια όλοι οι οδηγοί είχαν ίσο βήμα.

Ο έλεγχος του ποσοστού ενέργειας στους κινητήριους τροχούς μπορεί να γίνει με λογισμικό που είναι προγραμματισμένο να ενεργοποιείται στην έκχυση του καυσίμου ή στην ανάφλεξη σε ένα μέρος σύμφωνα με το ποσοστό του σπιναρίσματος. Το πρόγραμμα αυτό θα επιτραπεί να ενεργεί σαν έλεγχος αποτροπής στην αρχή της κούρσας, καθώς κανένα σύστημα δεν χρησιμοποιείται για να εντοπίζει το σήμα που δίνεται από τον υπεύθυνο αρχίζοντας η κούρσα να κλείσουν τα πέντε φώτα έναρξης στο φανάρι στην εκκίνηση.

Παρ’ όλα αυτά η FIA έβαλε κανόνα ότι με την επιστροφή του ελέγχου πρόσφυσης, ούτε η βοήθεια ισορροπίας φρένων ούτε αλλαγές στο τιμόνι επιτρέπονται. Έτσι οι οδηγοί έκαναν την δουλειά τους πιο εύκολη από την μια αλλά όχι κι από την άλλη.

Με την λογική ότι ο έλεγχος πρόσφυσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί παράνομα στα πρώτα 5 GP, από ομάδες που ήταν σίγουρες ότι η FIA θα είναι ανίκανη να το εντοπίσει, ειδικοί τεχνικοί προέβλεψαν ότι η χρήση τους δεν θα κάνει μεγάλη διαφορά στον αγώνα στις επικεφαλείς ομάδες καθώς έχουν συστήματα που περιέχουν και λίγο από έλεγχο πρόσφυσης έτσι κι αλλιώς.

### **5.3 Σχολιασμός – Γενικά συμπεράσματα.**

Τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη της τεχνολογίας έχει βοηθήσει πάρα πολύ ώστε τα αυτοκίνητα να γίνουν ασφαλέστερα και πιο αξιόπιστα. Αυτό διαπιστώνεται από τα σύγχρονα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας που διαθέτει η πλειοψηφία των αυτοκινήτων. Τα ηλεκτρονικά συστήματα ABS, ESP, TCS και ASR είναι σήμερα από τα πιο διαδεδομένα. Μέσα σε λίγα χρόνια η εξέλιξή τους ήταν ραγδαία ενώ στα επόμενα χρόνια περιμένουμε αλματώδη ανάπτυξη και δημιουργία καινούριων συστημάτων.

Διαπιστώσαμε ότι από όλα τα παραπάνω αναφερόμενα συστήματα, το ABS και τα συστατικά του μέρη, είναι η βάση για όλα τα υπόλοιπα. Δηλαδή τα άλλα τρία που αναφέρονται – ESP, TCS, ASR – δεν μπορούν να λειτουργήσουν σωστά αν υπάρχει κάποια βλάβη στο βασικό σύστημα του ABS. Αναφέρεται επίσης ότι για να τοποθετηθεί ένα από αυτά τα τρία σύστημα σε ένα αυτοκίνητο θα πρέπει απαραίτητα να τοποθετηθεί πρώτα ο βασικός κορμός του ABS.



Τα συστήματα αυτά είναι κατά κύριο λόγο ηλεκτρονικά ενώ η λειτουργία τους και η αποτελεσματικότητά τους βασίζεται στο υδραυλικό σύστημα φρένων. Με λίγα λόγια, ένα τόσο προηγμένο σύστημα ενεργούς ασφάλειας, στηρίζεται και εξαρτάται από ένα απλό υδραυλικό σύστημα, όπου μια οποιαδήποτε διαρροή θα μπορούσε να προκαλέσει την αποτυχία λειτουργίας όλων αυτών των συστημάτων μαζί βέβαια και των φρένων.

Οι αυτοκινητοβιομηχανίες, με εξαίρεση την Honda που εξέλιξε το δικό της σύστημα (ALB), προμηθεύονται τα συστήματα ABS που τοποθετούν στα αυτοκίνητά τους από εξειδικευμένους προμηθευτές, όπως για παράδειγμα η Bosch και η Lucas. Έτσι στην αγορά κυκλοφορούν από τον κάθε προμηθευτή διάφορα συστήματα. Από αυτά, μόνο της Bosch αναφέρονται σαν ABS επειδή τα τρία αυτά αρχικά είναι σήμα κατατεθέν της γερμανικής εταιρείας.

Τα σύγχρονα συστήματα ABS εξασφαλίζουν ευστάθεια, διατήρηση της κατευθυντικότητας και την ελάχιστη δυνατή απόσταση ακινητοποίησης κατά το φρενάρισμα. Αν συνδυάζουν και την λειτουργία ελέγχου της πρόσφυσης εξασφαλίζουν επίσης ευστάθεια και κατευθυντικότητα κατά την επιτάχυνση. Και όλα αυτά τα κάνουν με αδιαμφισβήτητη αποτελεσματικότητα αποδεικνύοντας ότι η τεχνολογία, ακόμα και όταν δεν υποχρεώνεται από την νομοθεσία, μπορεί να βρίσκει απλές και αποτελεσματικές λύσεις ακόμα και στο πιο δύσκολο πρόβλημα.

Όσον αφορά την εφαρμογή αυτών των συστημάτων υπάρχουν κάποιες αλήθειες και κάποια ψέματα που ακούγονται και έχουν βάλει σε σκέψεις τους απλούς πολίτες. Λέγεται ότι αν φρενάρεις με λίγα χιλιόμετρα, π.χ. σε φανάρι, ενεργοποιείται το ABS με αποτέλεσμα να μεγαλώσει η απόσταση πέδησης και κατά συνέπεια να υπάρξει σύγκρουση με το μπροστινό όχημα. Το πιο πιθανό σε αυτή την περίπτωση είναι η λανθασμένη συμπεριφορά το οδηγού σε ό,τι αφορά την συμπεριφορά του πεντάλ κατά την ενεργοποίηση του ABS. Νοιώθοντας ο οδηγός τον κραδασμό από την λειτουργία του ABS στο πεντάλ του φρένου, η αντίδραση ήταν η απομάκρυνση του ποδιού από το πεντάλ, οπότε σταμάτησε και η διαδικασία φρεναρίσματος. Αν όμως το φρενάρισμα έγινε κανονικά, αδιαφορώντας για τους κραδασμούς στο πεντάλ του φρένου, τότε αυτό σημαίνει ότι η σύγκρουση ήταν αναπόφευκτη.

Ακούγεται επίσης ότι το φρενάρισμα σε στεγνό δρόμο είναι ίδιο με αυτό σε βρεγμένο δρόμο. Στην πραγματικότητα με το ABS σε βρεγμένο οδόστρωμα το όχημα ακινητοποιείται σε μικρότερη απόσταση απ' ότι χωρίς ABS πάλι σε βρεγμένο οδόστρωμα, ενώ ταυτόχρονα διατηρείται ο έλεγχος του οχήματος. Με το ABS σε στεγνό οδόστρωμα, το όχημα ακινητοποιείται σε μικρότερη απόσταση απ' ότι χωρίς ABS πάλι σε στεγνό οδόστρωμα, ενώ ταυτόχρονα διατηρείται ο έλεγχος του οχήματος. Η απόσταση ακινητοποίησης στο βρεγμένο οδόστρωμα είναι πάντοτε μεγαλύτερη από την απόσταση ακινητοποίησης σε στεγνό οδόστρωμα, είτε το όχημα διαθέτει ABS είτε όχι.

Πολύ πιστεύουν ότι η απόσταση ακινητοποίησης με το ABS είναι πάντα μικρότερη. Όμως υπάρχουν δύο εξαιρέσεις τις οποίες κατά 90% δεν θα συναντήσουμε ποτέ. Φρενάρισμα στο μαλακό χόνι και σε σαθρό έδαφος (χαλίκι). Τότε με μπλοκαρισμένους τροχούς το όχημα φρενάρει πιο γρήγορα, διότι το χόνι ή το χαλίκι συγκεντρώνεται σχηματίζοντας μία σφήνα μπροστά και κάτω από τους μπλοκαρισμένους τροχούς. Η σφήνα αυτή είναι ένα φυσικό εμπόδιο που ακινητοποιεί πολύ πιο γρήγορα το αυτοκίνητο.

Αιτία πολλών ατυχημάτων είναι η αντίληψη ότι με το ABS μπορούμε να φρενάρουμε άφοβα ακόμα και μέσα σε μια γρήγορη στροφή. Η αντίληψη αυτή είναι λανθασμένη καθώς η απώλεια ελέγχου λόγω απότομης μεταφοράς φορτίου από φρενάρισμα σε στροφή, δεν έχει καμία σχέση με το μπλοκάρισμα ή μη των τροχών. Το ABS βοηθάει στη διατήρηση του ελέγχου του οχήματος όταν οδηγούμε συνετά, με σεβασμό στους νόμους της φύσης.

Τέλος μερικοί υποστηρίζουν ότι ένας καλός οδηγός δεν χρειάζεται ABS, αφού μπορεί να πετυχαίνει τα ίδια αποτελέσματα με διακοπτόμενο φρενάρισμα. Αυτό αληθεύει μόνο ως προς το σκέλος της διατήρησης του ελέγχου του αυτοκινήτου. Η απόσταση

ακίνητοποίησης σίγουρα θα είναι μεγαλύτερη, ίσως δε μεγαλύτερη ακόμα και από ότι σε φρενάρισμα με μπλοκαρισμένους τροχούς. Αυτό συμβαίνει γιατί το ανθρώπινο πόδι κατά το διακοπτόμενο φρενάρισμα μειώνει την πίεση περισσότερο από όσο χρειάζεται, σε όλους τους τροχούς, αντί μόνο σε εκείνον που μπλοκάρει, και για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Εύκολα καταλαβαίνει κανείς πόσο λιγότερη είναι η επιβράδυνση από αυτήν σε ένα φρενάρισμα με ABS.

Τα παραπάνω οφείλονται στο ότι οι οδηγοί δεν είναι ενημερωμένοι σχετικά με την εφαρμογή και τη λειτουργία των συστημάτων αυτών, με αποτέλεσμα να αγοράζουν αυτοκίνητα και να μην γνωρίζουν τις δυνατότητες και την σωστή χρήση αυτών. Σε αυτό έχουν μερίδιο ευθύνης οι κατασκευαστές και οι πωλητές αυτοκινήτων που δεν ενημερώνουν τους καταναλωτές για το πώς συμπεριφέρεται το αυτοκίνητο και κυρίως το πεντάλ του φρένου όταν ενεργοποιείται το ABS. Επίσης κάποιοι πωλητές, εν ονόματι του κέρδους, υπερβάλουν σε ό,τι αφορά τα πλεονεκτήματα του ABS, με αποτέλεσμα οι καταναλωτές να παραπληροφορούνται, να έχουν υπερβολικές απαιτήσεις από το αυτοκίνητο σε έκτακτες περιπτώσεις και να μην κάνουν σωστή χρήση.

Με λίγα λόγια το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών ABS εκμεταλλεύεται σχεδόν πλήρως τα όρια που δίνονται από τις φυσικές ιδιότητες των ελαστικών και του οδοστρώματος. Αυτά που δεν μπορεί φυσικά να πετύχει το ABS, είναι να υπερβεί τα όρια που τίθενται από τους νόμους της φυσικής, τόσο για την απόσταση φρεναρίσματος, όπως και για την οριακή ταχύτητα σε στροφές. Επίσης το ABS:

- Δεν κοκαλώνει το αυτοκίνητο,
- Δεν αναπληρώνει τη συνετή και προσεκτική οδήγηση,
- Δεν αντικαθιστά τον οδηγό,
- Δεν είναι η λύση για την απότομη και άσκοπη χρήση των φρένων,
- Δεν μετατρέπει το αυτοκίνητο σε αμφίβιο ή σε 4x4,
- Δεν προσφέρεται για παγοδρομίες ή χιονοδρομίες.

Εξακολουθεί επομένως να είναι ευθύνη του οδηγού η προσαρμογή του τρόπου οδήγησης στην κατάσταση του οδοστρώματος, στις καιρικές συνθήκες και στην οδική κυκλοφορία. Το αποφασιστικό πλεονέκτημα έγκειται στην ικανότητα ελιγμών του αυτοκινήτου ακόμα και με πάτημα του φρένου μέχρι τέρμα, σε επικίνδυνες στιγμές, ακόμα και στη στροφή. Το σύστημα ABS βοηθάει έτσι να αποφεύγονται τα ατυχήματα.

Αν λοιπόν τα οικονομικά σας αντέχουν να παραγγείλετε το καινούργιο σας αυτοκίνητο με ABS, κάντε το χωρίς δεύτερη σκέψη. Είναι χίλιες (και λίγες λέμε) φορές χρησιμότερο από τον αερόσακο.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	1
Περίληψη.....	2
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	4
1.1 Εισαγωγή.....	4
1.2 Ανασκόπηση συστημάτων πέδησης.....	6
1.2.1 Περίοδος από την πρώτη εμφάνιση του αυτοκινήτου μέχρι τον Α΄ Παγκόσμιο πόλεμο.....	6
1.2.2 Περίοδος ανάμεσα στους δύο πολέμους.....	13
1.2.3 Περίοδος μετά το 1945.....	24
1.2.4 Δυσκόφρενα.....	25
1.2.5 Τύμπανα.....	26
1.2.6 Υλικά τριβής.....	27
1.2.7 Περαιτέρω εξελίξεις.....	28
1.3 Γενική περιγραφή συστημάτων ABS και ελέγχου πρόσφυσης.....	29
1.3.1 Η φυσική εξήγηση του φρεναρίσματος.....	29
1.3.2 Συστήματα ABS.....	29
1.3.3 Συστήματα ελέγχου πρόσφυσης.....	32
1.3.4 Συστήματα ελέγχου της ευστάθειας.....	33
Κεφάλαιο 2: Σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών ABS.....	34
2.1 Το σύστημα πέδησης.....	34
2.1.1 Η ανάγκη του συστήματος πέδησης.....	34
2.1.2 Συστήματα πέδησης.....	36
2.1.3 Φρένα με τύμπανα με μηχανική μετάδοση της δύναμης πέδησης.....	36
2.1.4 Τα φρένα Girling.....	36
2.1.5 Τα φρένα Bendix – Cowdrey.....	37
2.1.6 Ο ρυθμιστής Bendix.....	38
2.1.7 Συστήματα πέδησης με βάση τα χαρακτηριστικά τους.....	38
2.1.7.1 Με βάση τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά.....	38
2.1.7.2 Με βάση τις αρχές λειτουργίας.....	40
2.1.8 Σύγχρονα συστήματα φρένων.....	41
2.1.8.1 Φρένα με δύο πρωτεύουσες σιαγόνες.....	42
2.1.8.2 Φρένα με υδραυλική μετάδοσης της δύναμης.....	42
2.1.8.3 Κεντρικοί κύλινδροι διπλής ενέργειας.....	43
2.1.8.4 Ηλεκτρικά φρένα.....	43
2.1.8.5 Συστήματα φρένων με πεπιεσμένο αέρα.....	44
2.1.9 Περιγραφή συστημάτων φρένων.....	44
2.1.10 Σχεδιασμός συστημάτων φρένων.....	44
2.1.11 Μηχανισμός φρένων.....	45
2.1.12 Βασικές φυσικές συνέπειες.....	46
2.1.13 Συνθετικά μέρη του συστήματος φρένων.....	50
2.1.13.1 Αυξηνητήρας (σερβομηχανισμός) φρένων.....	50
2.1.13.2 Κεντρικός (κύριος) κύλινδρος.....	51
2.1.13.3 Ρυθμιστικές βαλβίδες πίεσης πέδησης.....	52
2.1.13.4 Φρένα τροχών.....	54
2.1.13.5 Τακάκια και δίσκοι (τύμπανα) φρένων.....	57
2.1.13.6 Υγρά φρένων.....	57
2.2 Εισαγωγή στο σύστημα ABS.....	59

2.2.1	Απαιτήσεις από το ABS	60
2.2.2	Δυναμική στους τροχούς κατά την διάρκεια φρεναρίσματος	61
2.3	Το σύστημα – συστατικά του συστήματος	63
2.3.1	Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ABS	64
2.3.2	Ηλεκτροϋδραυλική μονάδα ελέγχου	65
2.3.3	Αισθητήρες ταχύτητας τροχών	65
2.3.4	Σύμπλεγμα υδραυλικού ελέγχου με βαλβίδες (ρυθμιστής υδραυλικής πίεσης)	67
2.3.5	Αντλία επιστροφής	68
2.3.6	Ηλεκτροβαλβίδες	68
2.3.7	Συσσωρευτής υγρών φρένων	68
2.3.8	Θάλαμος αποθήκευσης (ρεζερβουάρ)	70
2.3.9	Ηλεκτρικά κυκλώματα	70
2.3.10	Διακόπτης ελέγχου αντλίας	71
2.3.11	Ρελέ ασφαλείας (ηλεκτρονόμοι)	73
2.3.12	Προειδοποιητική λυχνία του συστήματος ABS	73
2.4	Λειτουργία του συστήματος	73
2.4.1	Ελεγχόμενο σύστημα	74
2.4.2	Μεταβλητός έλεγχος	75
2.4.3	Τυπικού κύκλοι ελέγχου	78
2.4.3.1	Κλειστός βρόγχος ελέγχου πέδησης σε επιφάνειες υψηλής πρόσφυσης (υψηλός συντελεστής πέδησης)	78
2.4.3.2	Κλειστός βρόγχος ελέγχου πέδησης σε ολισθηρή επιφάνεια δρόμου (χαμηλός συντελεστής δύναμης πέδησης)	79
2.4.3.3	Κλειστός βρόγχος ελέγχου πέδησης με βαθμιαία καθυστέρηση ανοικοδόμησης ροπής εκτροπής	81
2.4.4	Γενική λειτουργία του συστήματος	84
2.4.5	Λειτουργικά στάδια ABS	85
2.4.5.1	Συμβατική λειτουργία πέδησης	85
2.4.5.2	Λειτουργία του ABS στη φάση «διατήρηση της πίεσης»	85
2.4.5.3	Λειτουργία του ABS στη φάση «μείωση της πίεσης»	85
2.4.5.4	Λειτουργία του ABS στη φάση «αύξηση της πίεσης»	86
2.4.6	Λειτουργία ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας	86
2.5	Τύποι του συστήματος ABS και των συστατικών του	87
2.5.1	Σύστημα δύο τροχών	88
2.5.2	Σύστημα διαγώνιου διαχωρισμού	88
2.5.3	Σύστημα διαχωρισμού σε πίσω και μπροστινό μέρος	89
2.5.4	Πλήρες (τεσσάρων τροχών) σύστημα	89
2.5.5	Σύστημα Delco Moraine ABS III	89
2.5.6	Σύστημα αντιμπλοκαρίσματος Tevew Mark II	90
2.5.7	Σύστημα Bendix ABS 10	93
2.5.8	Σύστημα Bendix Antilock-6	94
2.5.9	Σύστημα Delco Moraine ABS VI	94
2.5.10	Σύστημα Kelsey-Hayes RWAL/RABS/4WAL	96
2.5.11	Σύστημα Tevew Mark IV	97
2.5.12	Σύστημα Bosch ABS 2S	97
2.5.13	Σύστημα Bosch ABS 5.0	102
2.5.14	Σύστημα Bosch ABS 5.3	104
2.5.15	Αυτόματο διαφορικό μπλοκαρίσμα πέδησης ABS/ABD 5	105
2.6	Χρήση του ABS – Αποτελέσματα – Συντήρηση	106
2.6.1	Συμπεριφορά του ABS κατά τη διαδικασία πέδησης	106

2.6.2 Αποτελέσματα από την χρήση του ABS.....	108
2.6.3 Πιθανές βλάβες.....	109
Κεφάλαιο 3: Ηλεκτρονικό πρόγραμμα ευστάθειας ESP.....	111
3.1 Το ηλεκτρονικό πρόγραμμα ευστάθειας ESP – Εισαγωγικά.....	111
3.1.1 Ασφάλεια μηχανοκίνητων οχημάτων.....	111
3.1.1.1 Συμπεριφορά οδηγού.....	112
3.1.1.2 Αιτία ατυχημάτων και πρόληψή τους.....	113
3.1.1.3 Κρίσιμες καταστάσεις κυκλοφορίας.....	114
3.1.1.4 Μέθοδοι αξιολόγησης.....	114
3.1.1.5 Αξιολόγηση της συμπεριφοράς του οδηγού.....	116
3.1.2 Βασικές αρχές κινηματικής.....	118
3.1.2.1 Δυνάμεις που ενεργούν πάνω σε ένα όχημα.....	118
3.1.2.2 Το συνολικό σύστημα: Οδηγός – Όχημα – Περιβάλλον.....	118
3.1.2.3 Ελαστικά.....	122
3.1.2.4 Πρόσφυση οδοστρώματος.....	125
3.1.2.5 Σχέσεις δυνάμεων.....	128
3.2 Περιγραφή του ηλεκτρονικού συστήματος ευστάθειας ESP – Συστατικά.....	134
3.2.1 Αισθητήρες.....	134
3.2.1.1 Αναθέσεις και απαιτήσεις.....	134
3.2.1.2 Τύποι αισθητήρων.....	134
3.2.2 Ηλεκτρική μονάδα ελέγχου ECU.....	143
3.2.2.1 Λειτουργία.....	143
3.2.2.2 Σχεδιασμός.....	143
3.2.2.3 Μέθοδος λειτουργίας.....	146
3.2.3 Υδραυλικός διαμορφωτής.....	146
3.2.3.1 Λειτουργία.....	146
3.2.3.2 Σχεδιασμός.....	146
3.2.3.3 Μέθοδος λειτουργίας.....	147
3.2.4 Αντλίες εγχυτήρων.....	149
3.2.4.1 Αντλία εγχυτήρων VLP2 (1 <sup>η</sup> γενιά).....	149
3.2.4.2 Αντλία εγχυτήρων eVLP (2 <sup>η</sup> γενιά).....	149
3.2.5 Μονάδα φόρτισης εμβόλου.....	150
3.2.5.1 Λειτουργία.....	150
3.2.5.2 Σχεδιασμός.....	151
3.2.5.3 Μέθοδος λειτουργίας.....	151
3.3 Η λειτουργία του ηλεκτρονικού προγράμματος ευστάθειας ESP.....	151
3.3.1 Επεξεργασία δεδομένων.....	151
3.3.1.1 Σύντομη επισκόπηση συστήματος.....	151
3.3.1.2 Σήματα εισόδου των αισθητήρων.....	151
3.3.1.3 Σήματα εξόδου.....	152
3.3.2 Μεταφορά στοιχείων σε άλλα συστήματα.....	153
3.3.2.1 Σύντομη επισκόπηση συστήματος.....	153
3.3.2.2 Συμβατική μετάδοση συστήματος.....	153
3.3.3 Σύστημα ελέγχου κλειστού βρόγχου και ελεγχόμενες μεταβλητές.....	157
3.3.3.1 Γενική ιδέα ηλεκτρονικού προγράμματος ευστάθειας.....	157
3.3.3.2 Δομή συστήματος και ελέγχου.....	157
3.3.3.3 Ιεραρχία ελεγκτών.....	158
3.3.3.4 Συμπληρωματικές λειτουργίες.....	164
3.4 Χρήση του ηλεκτρονικού προγράμματος ευστάθειας ESP – Αποτελέσματα – Συντήρηση.....	167

3.4.1	Ευστάθεια οχήματος.....	167
3.4.2	Σύγκριση οχημάτων που διαθέτουν ESP και οχημάτων που δε διαθέτουν ESP.....	169
3.4.2.1	Γρήγορη διεύθυνση και υπερστροφή.....	170
3.4.2.2	Αλλαγή λωρίδας σε φρενάρισμα πανικού.....	173
3.4.2.3	Εκτεταμένη στροφή και ακολουθία υπερστροφής με προοδευτικά μεγαλύτερες γωνίες εισόδου.....	174
3.4.2.4	Επιτάχυνση/Επιβράδυνση σε στροφή.....	177
3.4.3	Συστήματα ελέγχου και διάγνωσης.....	180
3.4.3.1	Ενσωματωμένη αντιμετώπιση σφαλμάτων.....	180
3.4.3.2	Απόκριση σφαλμάτων/βλάβης.....	181
3.4.3.3	Δοκιμή εργαστηρίου.....	182
Κεφάλαιο 4:	Συστήματα ελέγχου πρόσφυσης TCS – ASR.....	183
4.1	Τα ελαστικά και η σημασία τους.....	183
4.1.1	Λειτουργία.....	183
4.1.2	Κατασκευή.....	183
4.1.3	Κανονισμοί.....	183
4.1.4	Εφαρμογή.....	184
4.1.5	Δυνάμεις ελαστικών.....	184
4.1.6	Ολίσθηση ελαστικών.....	185
4.1.7	Υπερστροφή και υποστροφή.....	186
4.1.8	Φυγοκεντρικές δυνάμεις κατά την διάρκεια στροφής.....	186
4.2	Εισαγωγή στα συστήματα TCS – ASR.....	186
4.3	Το σύστημα – συστατικά συστήματος.....	188
4.3.1	Σύστημα ελέγχου πρόσφυσης TCS.....	188
4.3.1.1	Ο ελεγκτής του συστήματος.....	189
4.3.1.2	MSR έλεγχος απορρόφησης στρεπτικής δύναμης.....	190
4.3.1.3	Ηλεκτρονικός έλεγχος κατάπνιξης.....	190
4.3.1.4	Είσοδοι.....	190
4.3.1.5	Έξοδοι.....	193
4.3.1.6	Λειτουργία σωληνοειδούς, έλεγχος πρόσφυσης.....	195
4.3.2	Το σύστημα – συστατικά του συστήματος ASR.....	196
4.4	Λειτουργία των συστημάτων TCS – ASR.....	196
4.4.1	Λειτουργία TCS.....	196
4.4.2	Λειτουργία ASR.....	198
4.4.2.1	Ρυθμιστική λειτουργία πρώτου επιπέδου.....	199
4.4.2.2	Ρυθμιστική λειτουργία δεύτερου επιπέδου.....	199
4.5	Τύποι TCS – ASR.....	199
4.5.1	Τύποι του TCS.....	199
4.5.1.1	TCS 2-DKB με παρέμβαση στη μηχανή και τα φρένα.....	199
4.5.1.2	TCS 2-DKZ/MSR με παρέμβαση μηχανής.....	202
4.5.1.3	TCS 5 με παρέμβαση σε μηχανή και φρένα.....	204
4.5.1.4	TCS 5 με παρέμβαση στη μηχανή.....	207
4.5.2	Τύποι του ASR.....	207
4.6	Χρήση του TCS – ASR, αποτελέσματα, συντήρηση.....	208
4.6.1	Συντήρηση συστήματος.....	209
Κεφάλαιο 5:	Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις.....	210
5.1	ABS: Σχολιασμός χρηστών – καταναλωτών.....	210
5.1.1	Η Chrysler πλημμύρισε από παράπονα για το ABS των μίνιβαν.....	210
5.1.2	12 Ιουνίου 1995: Από το κέντρο ασφάλειας αυτοκινήτου.....	211

5.1.3 Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων δυσφορούν καθώς οι ομοσπονδιακοί ρωτούν γιατί τα συστήματα αντιμπλοκαρίσματος φρένων δημιουργούν τόσα παράπονα.....	212
5.1.4 Σφάλμα συστήματος ή οδηγών;.....	212
5.1.5 Πιθανή επανέκλιση για το ABS.....	213
5.1.6 10,000 Παράπονα για το ABS.....	213
5.1.7 Η μόρφωση του οδηγού είναι το κλειδί.....	214
5.1.8 Προβλήματα στα GM της Chrysler.....	215
5.1.9 Κραδασμοί και αλλαγή διεύθυνσης.....	216
5.1.10 Η μελέτη της ασφάλισης παραβλέπει την χιλιομετρική ηλικία;.....	216
5.1.11 Αποδείξεις για το πόσο επηρεάζει η χιλιομετρική ηλικία στα αρχεία του Web.....	217
5.1.12 Αναφορές της NHTSA για ποσοστά – απόλυτοι αριθμοί.....	217
5.1.13 Χρησιμοποιείται το ABS σαν άσκηση για μη πεπειραμένους ερευνητές ασφάλειας;.....	218
5.2 TCS – ASR: Σχολιασμός χρηστών – καταναλωτών.....	219
5.2.1 Ματιές στα μηχανικά.....	219
5.2.2 Formula 1: Ο έλεγχος πρόσφυσης έρχεται... το θέαμα φεύγει;.....	219
5.2.3 Έλεγχος πρόσφυσης;.....	220
5.2.4 Έλεγχος πρόσφυσης: δυσδιάκριτες μαθηματικές εξισώσεις της ασφάλειας των μηχανών;.....	220
5.2.5 Ματιές στον έλεγχο πρόσφυσης.....	222
5.3 Σχολιασμός – Γενικά συμπεράσματα.....	223
Περιεχόμενα.....	226
Βιβλιογραφία.....	231

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Brake Systems, Technical Instructions, Bosch, 1995/1996.
- ESP Electronic Stability Program, Technical Instruction, Bosch, 1999.
- Today's Technician Classroom Manual for Automotive Brake Systems, Lane Eichhorf - Drew Corinchock.
- Εγκυκλοπαίδεια του Αυτοκινήτου, Τόμος 2: Φρένα και Συστήματα Πέδησης Αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, Εκδόσεις Πέτρος Γαλούσης, 1979.
- Εγκυκλοπαίδεια του Αυτοκινήτου, Τόμος 5: Οι μηχανισμοί του αυτοκινήτου, Arthur W. Judge, Εκδόσεις Πέτρος Γαλούσης, 1979.
- Τεχνολογία αυτοκινήτου, Θ. Ζαχμάνογλου - Γ. Καπετανάκης - Π. Καραμπίλας - Γ. Πατσιαβός, Εκδόσεις Ι.Δ.Ε.Ε.Α., 1998.
- Τεχνολογία Αυτοκινήτου, Bohner Max - Gscheidle Rolf - Leyer Siegfried - Pichler Wolfram - Schmidt Harro - Siegmayer Paul - Zwicker Heinz, Εκδόσεις Ιων, 1996.
- Ηλεκτρικό - Ηλεκτρονικό Σύστημα Αυτοκινήτου, Frank D. Petruzella, Εκδόσεις Α. Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 1997.
- Εργαστήριο Αυτοκινήτου, Κωνσταντινίδης Ν., Εκδόσεις Ιων, 1997.
- Σύγχρονη Τεχνολογία Αυτοκινήτου, Αναστασιάδης Π. Σπυρίδωνας, Εκδόσεις Τεχνικών-Επιστημονικών Βιβλίων Παναγιώτη Σπ. Αναστασιάδη, Αθήνα 1998.
- Τεχνολογία Αυτοκινήτου, Σ. Ζαραγκούλιας, Εκδόσεις Σ. Ζαραγκούλια, Αθήνα.
- Συστήματα φρένων - ABS, Κουντουράς Λίνος - Μανατάκης Γιώργος, Εκδόσεις Ι.Δ.Ε.Ε.Α.
- Εγκυκλοπαίδεια: Το βιβλίο του Αυτοκινήτου, Τόμος Β', Εκδόσεις Ορφανίδη.
- Μηνιαίο περιοδικό αυτοκινήτου «4 ΤΡΟΧΟΙ», Τεύχος Σεπτεμβρίου 1993.
- Μηνιαίο περιοδικό αυτοκινήτου «4 ΤΡΟΧΟΙ», Τεύχος Φεβρουαρίου 1995.
- Μηνιαίο περιοδικό αυτοκινήτου «4 ΤΡΟΧΟΙ», Τεύχος Οκτωβρίου 1997.
- Μηνιαίο περιοδικό αυτοκινήτου «4 ΤΡΟΧΟΙ», Τεύχος Οκτωβρίου 1999(ένθετο).
- Μηνιαίο περιοδικό Formula 1 «F1 RACING», Τεύχος Μαΐου 2001.
- Σελίδα αναζήτησης στο διαδίκτυο: [www.lycos.com](http://www.lycos.com).