
**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ Τ.Ε.



**Διερεύνηση της δυνατότητας αναβάθμισης ενός διαφορικού
τύπου HALDEX πρώτης γενιάς σε διαφορικό τρίτης γενιάς**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΟΥ ΘΕΟΔΩΡΟΥ ΑΔΑΛΗ**

Επιβλέπων: Αναπληρωτής Καθηγητής Δρ Γ. Παραδεισιάδης

ΣΙΝΔΟΣ, 2018

Abstract

The aim of this project is to analyse the basic principles of limited slip differentials and more specifically Haldex type differentials, by explaining the way in which they function and the possibilities they offer on improving the traction and therefore the vehicle's performance under every driving condition. Additionally, it explores the potential of upgrading a first generation Haldex type differential to a third generation one, which due to its faster reaction, noticeably improves the vehicle's performance and safety under harsh driving conditions.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	ΠΡΟΛΟΓΟΣ	3
1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
1.1	Η λειτουργία του διαφορικού	4
2	ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΥ	5
2.1	Η επινόηση του διαφορικού	5
2.2	Κίνηση και στους εμπρόσθιους και στους οπίσθιους τροχούς	5
3	ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ-ΔΙΑΦΟΡΙΚΟ	7
3.1	Ανάλυση του διαφορικού	7
3.1.1	Ελεύθερα διαφορικά	8
3.1.2	Διαφορικά περιορισμένου διαφορισμού	8
3.2	Μειονεκτήματα του ελεύθερου διαφορικού – διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης	11
4	Η ΣΥΖΕΥΞΗ HALDEX	13
4.1	Πλεονεκτήματα του συστήματος HALDEX	13
4.2	Αρχή λειτουργίας του συστήματος Haldex	13
4.3	Πως ενεργοποιείται η σύζευξη HALDEX	14
5	ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ HALDEX	16
6	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΥ HALDEX	21
6.1	Εισαγωγή	21
6.2	Τετρακίνηση	22
6.3	Σύζευξη Haldex	24
6.4	Μηχανικό μέρος	26
6.5	Υδραυλικό μέρος	29
6.6	Ηλεκτρικό μέρος	32
6.7	Συνθήκες οδήγησης	42
7	ΜΟΝΤΕΛΑ GOLF ΚΑΙ TRANSPORTER ΕΦΟΔΙΑΣΜΕΝΑ ΜΕ HALDEX ΤΡΙΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ	48
7.1	Συγχρονισμένη τετρακίνηση με συμπλέκτη ιξώδους	48
7.2	Νέα στοιχεία του συμπλέκτη Haldex τρίτης γενιάς	52
7.3	Αναβάθμιση διαφορικών Haldex από πρώτη σε τρίτη γενιά	53
8	ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΙΞΩΔΟΥΣ ΤΟΥ ΛΙΠΑΝΤΙΚΟΥ ΣΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΣΥΜΠΛΕΚΤΗ HALDEX	55
8.1	Σκοπός των δοκιμών	55
8.2	Επιλογή των υδραυλικών λαδιών	55
8.3	Περιγραφή της μετρητικής διάταξης και της εκτέλεσης των μετρήσεων.	59
8.4	Διεξαγωγή των μετρήσεων	60
8.5	Συμπεράσματα και επιλογή του κατάλληλου λιπαντικού	62
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	65

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της εκπόνησης της πτυχιακής διατριβής στο Τμήμα Μηχανολόγων Οχημάτων της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του Αλέξανδρου ΤΕΙ Θεσσαλονίκης.

Σκοπός της εργασίας είναι να διερευνήσει τις αρχές που διέπουν τα διαφορικά περιορισμένης ολίσθησης και ειδικότερα τα διαφορικά με συμπλέκτη τύπου Haldex, ώστε να γίνει κατανοητός ο τρόπος λειτουργίας τους και ειδικότερα οι δυνατότητες που παρέχουν όσον αφορά τη βελτίωση της πρόσφυσης, και συνεπώς τη συμπεριφορά του οχήματος σε όλες τις συνθήκες πορείας. Ακόμη, θα διερευνηθεί η δυνατότητα αναβάθμισης ενός διαφορικού τύπου Haldex πρώτης γενιάς σε διαφορικό τρίτης γενιάς, που λόγω της ταχύτερης αντίδρασής του βελτιώνει αισθητά τις επιδόσεις και την ασφάλεια του οχήματος σε κρίσιμες καταστάσεις οδήγησης.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να εκφράσω τις ευλικρινείς μου ευχαριστίες και την ευγνωμοσύνη μου σε όσους συνέβαλαν για την επιτυχή εκπόνηση αυτής της πτυχιακής εργασίας και στάθηκαν δίπλα μου σε κάθε βήμα.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Παραδεισιάδη Γεώργιο του τμήματος Μηχανολόγων Οχημάτων, για την εξαιρετική συνεργασία και τη διαρκή καθοδήγηση του, αλλά και για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου για την εκτέλεση και ολοκλήρωσή της.

Ιδιαίτερα θέλω να ευχαριστήσω τους εξάιρετους καθηγητές του τμήματος της Μηχανολόγων Οχημάτων για τις πολύτιμες γνώσεις που μου μετέδωσαν καθ' όλη τη διάρκεια σπουδών, αλλά επίσης και για τη διδακτική τους παρουσία που, κατ' ελάχιστον, μένει ως μέτρο σύγκρισης στο μυαλό μου για την αποτίμηση του κάθε δικού μου βήματος στη διδασκαλία.

Δεν θα μπορούσα να παραλείψω από τις ευχαριστίες τους συμφοιτητές και καλούς φίλους που απέκτησα κατά την διάρκεια των σπουδών μου, τους ευχαριστώ λοιπόν για τη στήριξη, τη βοήθεια, τη συνεργασία και τις όμορφες στιγμές που περάσαμε μαζί..

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την υπέροχη οικογένεια μου για την ηθική υποστήριξη και την υπομονή που έδειξαν κατά την διάρκεια των σπουδών μου καθώς και για την αμέριστη συμπαράστασή τους και συγκεκριμένα τον γαμπρό μου για τις πολύτιμη βοήθειά του στην αγγλική ορολογία.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η λειτουργία του διαφορικού

Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε καμπύλη τροχιά, ο κινητήριος τροχός που βρίσκεται στο εξωτερικό μέρος της καμπύλης θα διανύσει μεγαλύτερη διαδρομή από τον κινητήριο τροχό που βρίσκεται στο εσωτερικό της μέρος. Το ίδιο συμβαίνει, όταν το αυτοκίνητο κινηθεί πάνω σε ανώμαλο έδαφος. Τότε ο ένας από τους δύο κινητήριους τροχούς, που βρίσκεται στον ίδιο άξονα, είναι δυνατό να ανέβει σε διαφορετικό ύψος και να διανύσει μεγαλύτερη διαδρομή, επομένως θα πρέπει να περιστραφεί με διαφορετική ταχύτητα περιστροφής από τον άλλο τροχό, που κινείται σε χαμηλότερο επίπεδο εδάφους. Όσον αφορά τους τροχούς που δεν είναι κινητήριοι, δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα, διότι ο καθένας μπορεί να περιστρέφεται ανεξάρτητα από τον άλλο. Όσον αφορά τους κινητήριους όμως τροχούς, πρέπει να υπάρχει μια διάταξη, η οποία να τους επιτρέπει, όταν κινούνται σε ομαλό έδαφος ευθύγραμμα, να έχουν και οι δύο την ίδια ταχύτητα περιστροφής, όταν όμως βρίσκονται σε καμπύλη τροχιά ή σε ανώμαλο έδαφος, να μπορούν να κινούνται με διαφορετική ταχύτητα ο ένας από τον άλλο. Την ικανότητα αυτή την αποκτούν με ένα μηχανικό συγκρότημα, που ονομάζεται διαφορικό.

Ο σκοπός του διαφορικού είναι διπλός:

- α. Επιτρέπει στους κινητήριους τροχούς να έχουν διαφορετική ταχύτητα, όταν στρίβουν.
- β. Διανέμει την ροπή στους κινητήριους τροχούς.

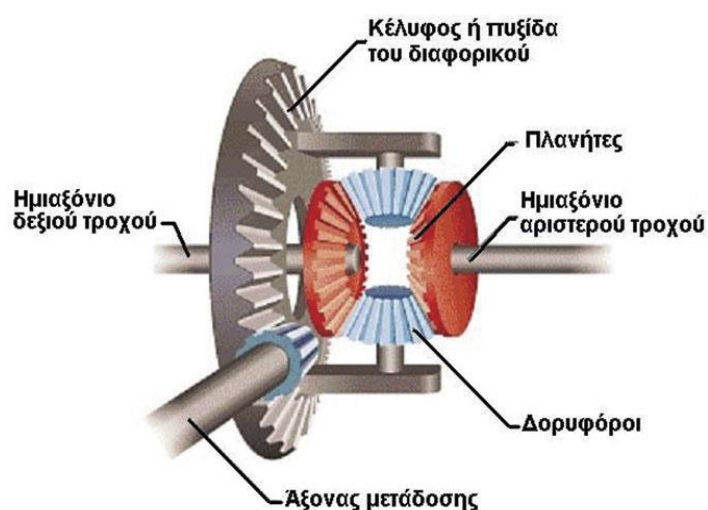
Σε μερικές περιπτώσεις, ανάμεσα στα δύο διαφορικά τοποθετείται και τρίτο, το οποίο έχει ως σκοπό να ρυθμίζει τη διαφορά ταχύτητας και ενδεχομένως την κατανομή ροπής μεταξύ των εμπρόσθιων και των οπίσθιων τροχών.

2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΥ

2.1 Η επινόηση του διαφορικού

Ένα από τα πρώτα ζητήματα που αντιμετώπισαν οι μηχανικοί στην κατασκευή των πρώτων οχημάτων που κυκλοφόρησαν στους δρόμους αφορούσε στην ομαλή μεταφορά της ισχύος από το κιβώτιο ταχυτήτων προς τους τροχούς.

Τι έπρεπε να κάνουν οι μηχανικοί; Να βρουν ένα τρόπο, ένα μηχανισμό, που επέτρεπε σε κάθε κινητήριο τροχό να περιστραφεί ανεξάρτητα και με διαφορετική ταχύτητα. Το 1883 ο γάλλος μηχανικός Onésiphore Pecqueur επινόησε το πρώτο μηχανικό σύστημα που πληρούσε την συγκεκριμένη προϋπόθεση και επειδή διαφόριζε την κίνηση των τροχών το ονόμασε **διαφορικό** (Σχ.2.1) . Στη συνέχεια, μεταγενέστεροι συνάδελφοί του εξέλιξαν συνεχώς την λειτουργία των διαφορικών με διαφορετικές παραλλαγές ως προς την δομή τους αλλά ακολουθώντας πάντα την ίδια αρχή λειτουργίας.



Σχ.2.1 Σχηματική παράσταση διαφορικού.

2.2 Κίνηση και στους εμπρόσθιους και στους οπίσθιους τροχούς

Το 1898 οι μηχανικοί του εργοστασίου αυτοκινήτων Tatra αποφάσισαν να κατασκευάσουν μερικά οχήματα με κίνηση στους τέσσερις τροχούς, τα οποία όμως αντιμετώπισαν σωρεία προβλημάτων.

Τα επόμενα χρόνια εμφανίστηκαν διάφορες πατέντες και εφαρμογές τετρακίνησης αλλά ορόσημο στην ιστορία της αυτοκίνησης ήταν η παραγωγή του θρυλικού Willys Jeep μετά από αίτημα της αμερικανικής κυβέρνησης για ένα όχημα «που θα μπορούσε να κινηθεί επί παντός εδάφους». Στην δεκαετία του '50 εμφανίστηκαν τα επίσης αξιόλογα Toyota Land Cruiser καθώς και τα πρώτα Land

Rover από την Austin. Μέχρι και τις αρχές περίπου της δεκαετίας του '80, τα συστήματα τετρακίνησης έβρισκαν εφαρμογή αποκλειστικά σε οχήματα τύπου τζιπ και σε γενικές γραμμές ακολουθούσαν την ίδια περίπου μηχανική διάταξη.

Νωρίτερα όμως, το 1966, είχε παρουσιαστεί το πρώτο αυτοκίνητο παραγωγής με σύστημα μόνιμης τετρακίνησης. Το επαναστατικό Jensen FF διέθετε κεντρικό διαφορικό, ενώ ήταν επίσης το πρώτο αυτοκίνητο με σύστημα ABS. Η παραγωγή του γαλλικού σπορ μοντέλου διήρκεσε περίπου έξι έτη και ο αριθμός παραγωγής δεν ξεπέρασε τις 100 μονάδες. Ωστόσο, το αυτοκίνητο που πραγματικά ώθησε την τεχνολογία της τετρακίνησης μέσα από τους αγώνες έφερε τα διακριτικά της πρώην NSU και παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 1980 στο σαλόνι της Γενεύης.

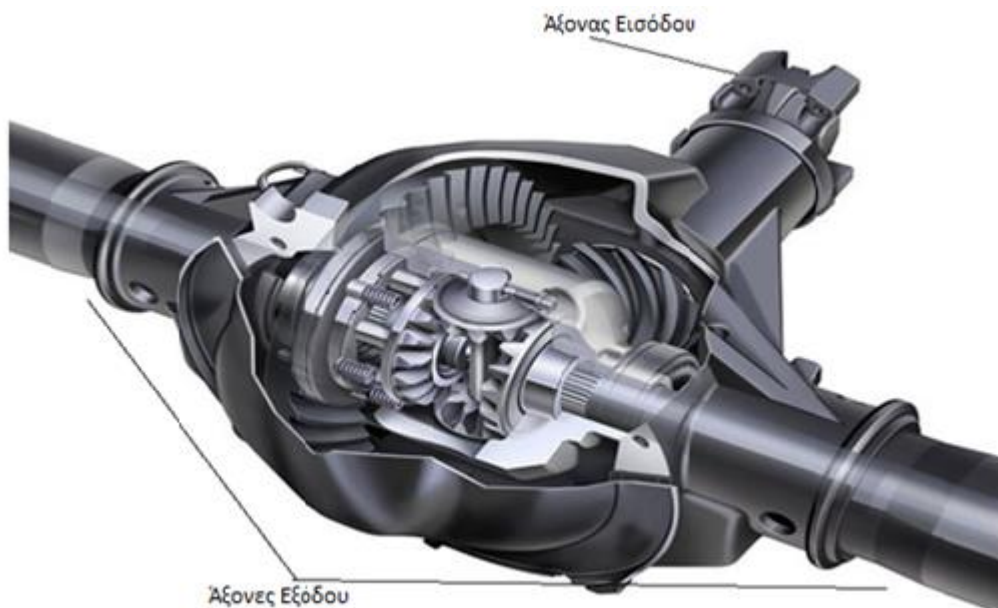
Ουσιαστικά, το Audi Quattro ήταν το αυτοκίνητο που καθιέρωσε την τετρακίνηση στο παγκόσμιο πρωτάθλημα ράλι και έδωσε νέα διάσταση στην εφαρμογή της τετρακίνησης. Το κεντρικό διαφορικό του ήταν συνδεδεμένο με το κιβώτιο ταχυτήτων ενώ το πίσω μπορούσε να μετατραπεί - με χειροκίνητο τρόπο - σε περιορισμένου διαφορισμού με αρχική κατανομή της ροπής ανάμεσα στους δύο άξονες σε αναλογία 50:50. Οι εξελίξεις στην συνέχεια ήρθαν γρήγορα και μέσα από τα ράλι η πρόοδος στα συστήματα τετρακίνησης επιταχύνθηκε.

Από τα αμιγώς μηχανικά συστήματα τετρακίνησης και τα καθαρόαιμα 4x4, η εισβολή της ηλεκτρονικής και οι απαιτήσεις του αγοραστικού κοινού για εξελιγμένα τετρακίνητα μοντέλα έθεσαν νέα πρότυπα και προδιαγραφές, όπως αυτές που ορίζει η κατηγορία των ιδιαίτερα δημοφιλών SUV. Στα σύγχρονα τετρακίνητα μοντέλα, η μετάδοση της κίνησης σε όλους τους τροχούς επιτυγχάνεται γενικώς με τρεις τρόπους - την κατ' επιλογήν, τη μόνιμη τετρακίνηση και αυτή με σύμπλεξη - με αρκετές παραλλαγές στο ίδιο θέμα.

3 ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ - ΔΙΑΦΟΡΙΚΟ

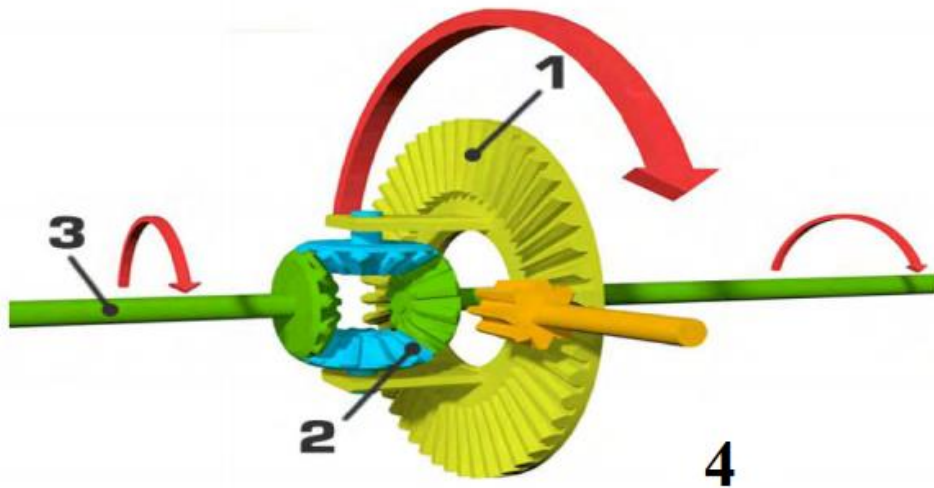
3.1 Λειτουργία του διαφορικού

Το διαφορικό έχει στόχο να κατανείμει κατάλληλα την ροπή εισόδου του στους δύο άξονες εξόδου του, ανεξάρτητα από την ταχύτητα περιστροφής που έχουν κάθε δεδομένη στιγμή. Ένα τυπικό διαφορικό φαίνεται σε τομή στο Σχ.3.1. Ο άξονας εισόδου είναι αυτός που φέρει τον μηχανικό σύνδεσμο, ενώ οι άξονες εξόδου βρίσκονται κάθετα στον άξονα εισόδου.



Σχ.3.1 Τυπικό διαφορικό με κορόνα και πλανήτες.

Η αρχή λειτουργίας του διαφορικού φαίνεται καθαρά στο Σχ.3.2. Η διάταξη συνίσταται από δύο κωνικούς οδοντωτούς τροχούς, οι οποίοι είναι σταθερά συνδεδεμένοι με τους άξονες εξόδου του διαφορικού (3), καθώς επίσης και από ένα ζεύγος κωνικών οδοντωτών τροχών (2) μεταξύ των δύο προαναφερθέντων. Οι δύο αυτοί οδοντωτοί τροχοί, συμπλεκόμενοι με τους οδοντωτούς τροχούς των ημιαξονίων εξόδου, μεταφέρουν τη μηχανική ροπή στα ημιαξόνια εξόδου. Ο άξονας εισόδου του διαφορικού (πορτοκαλί) μεταφέρει μηχανική ισχύ και περιστρέφοντας τον οδοντωτό τροχό που βρίσκεται στο πέρας του περιστρέφει την 'κορώνα', τον οδοντωτό τροχό 1 (κίτρινο). Οι οδοντωτοί τροχοί '2' (δορυφόροι, μπλε) μπορούν να περιστρέφονται ελεύθερα, ενώ η κορώνα ασκεί εγκάρσια δύναμη στον άξονα περιστροφής του εξαιτίας της μηχανικής τους σύνδεσης. Οι οδοντωτοί τροχοί (2) καλούνται και πλανήτες και συνεργάζονται ώστε να μεταφέρουν μηχανική ροπή στους οδοντωτούς τροχούς που είναι συνδεδεμένοι με τα ημιαξόνια (3-πράσινο).



Σχ.3.2 Σχηματική παράσταση διαφορικού.

3.1.1 Ελεύθερα διαφορικά

Το ελεύθερο διαφορικό είναι ο πιο βασικός τύπος διαφορικού, ο οποίος χαρακτηριστικό είναι ότι μεταδίδει ίση ροπή μεταξύ των δύο τροχών. Το πόση ροπή όμως θα μεταδώσει, εξαρτάται από τον τροχό που μπορεί να παραλάβει την λιγότερη. Έστω ότι σε μια δεδομένη στιγμή ο ένας τροχός βρίσκεται σε βρεγμένο οδόστρωμα και ο άλλος σε στεγνό. Είναι προφανές ότι ο τροχός που βρίσκεται στο βρεγμένο έχει μικρότερο συντελεστή τριβής από εκείνον που βρίσκεται στο στεγνό και επομένως μπορεί να παραλάβει μικρότερο ποσό ροπής. Από τα παραπάνω προκύπτει, ότι ο τροχός που βρίσκεται στο βρεγμένο οδόστρωμα, επί της ουσίας «αποφασίζει» και για την ροπή που θα παραλάβει εκείνος που βρίσκεται στο στεγνό. Στην ακραία περίπτωση που ο ένας εκ των δύο τροχών βρίσκεται σε συνθήκες μηδενικής δυνατότητας παραλαβής ροπής, για παράδειγμα πάγος ή τροχός στον αέρα, τότε το αυτοκίνητο μένει ακίνητο χωρίς την δυνατότητα πρόωθησης.

3.1.2 Διαφορικά περιορισμένου διαφορισμού

Η λέξη «μπλοκέ» σημαίνει «μπλοκαρισμένο» ή καλύτερα «κλειδωμένο». Στην ορολογία του αυτοκινήτου, το μπλοκέ (ή περιορισμένης ολίσθησης), χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει ένα διαφορικό που έχει τη δυνατότητα να «κλειδώνει» τα δύο ημιαξόνια μεταξύ τους σε περίπτωση υπερβολικού σπιναρίσματος του ενός από τους δύο κινητήριους τροχούς. Σε ένα κοινό διαφορικό, οι δύο τροχοί παραλαμβάνουν πάντα την ίδια ροπή. Αντίθετα, το μπλοκέ διαφορικό έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει μεγαλύτερη ροπή στον κινητήριο τροχό με τη μεγαλύτερη πρόσφυση.

Τύποι διαφορικών περιορισμένου διαφορισμού

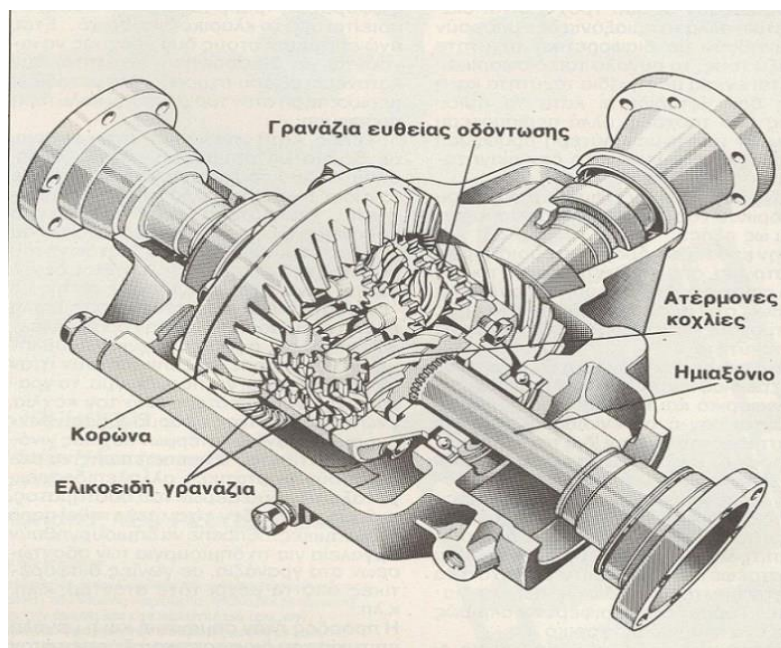
Υπάρχουν διάφοροι τύποι μπλοκέ διαφορικών ανάλογα με τον τρόπο που αντιλαμβάνονται την πρόσφυση και το πώς αντιδρούν. Έτσι τα μπλοκέ διαφορικά με στερεά στοιχεία τριβής αντιδρούν χωρίς κατά ανάγκη να παρουσιαστεί διαφορά στροφών μεταξύ των δυο τροχών (διαφορικά ευαίσθητα σε διαφορά ροπής), ενώ αυτά με υγρά στοιχεία τριβής αντιδρούν αφού παρουσιαστεί διαφορά στροφών (διαφορικά ευαίσθητα σε διαφορά στροφών, όπως το διαφορικό συνεκτικής σύζευξης).

Διαφορικό LSD

Το διαφορικό τύπου LSD (Limited Slip Differential) αποτελείται από πολύδισκους συμπλέκτες. Ενεργοποιείται με διακόπτη από τον οδηγό. Σε συνθήκες ομαλής οδήγησης, το σύστημα απενεργοποιείται, προκειμένου να μειωθούν οι τριβές. Διαφορικό τύπου LSD συναντάμε κατά κύριο λόγο στον πίσω ή και στον μπροστινό άξονα των 4x4 SUV για μεγαλύτερες δυνατότητες εκτός δρόμου.

Διαφορικό Torsen

Το διαφορικό τύπου Torsen (Σχ.3.3) βασίζει την αρχή λειτουργίας του σε ένα σύμπλεγμα γραναζιών που «παρακολουθεί» την κίνηση του κάθε τροχού και κατανέμει ανάλογα τη ροπή στον τροχό που έχει καλύτερη πρόσφυση.

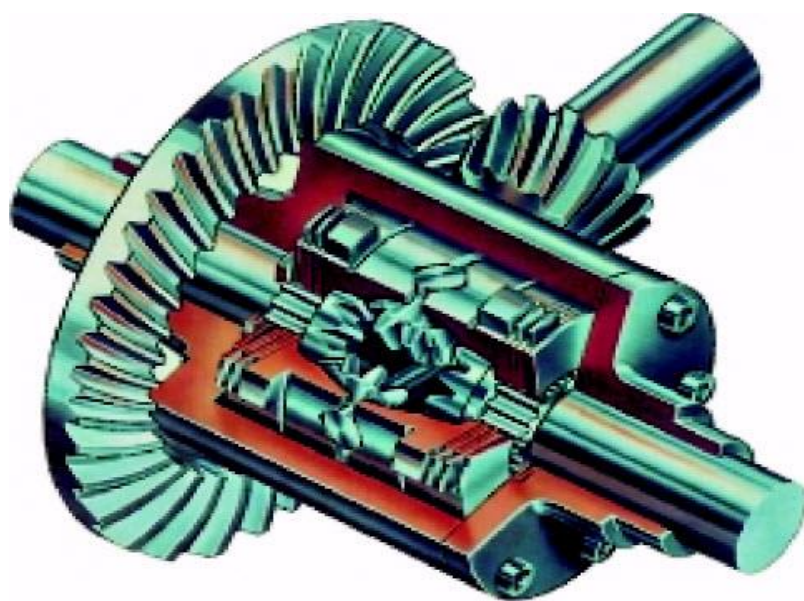


Σχ.3.3 Σχηματική παράσταση διαφορικού Torsen.

Το Torsen «κλειδώνει» μόνο όταν βρίσκεται υπό φορτίο και ξεκλειδώνει όταν ο οδηγός σηκώσει το πόδι του από το γκάζι. Σε κάποιες περιπτώσεις «κλειδώνει» ηλεκτροπνευματικά και μέσω διακόπτη. Το διαφορικό αυτού του τύπου το συναντάμε κυρίως σε δυνατά σπορ αυτοκίνητα αλλά και σε κάποια SUV.

Διαφορικά συνεκτικής σύζευξης

Το διαφορικό αυτού του τύπου χρησιμοποιείται αποκλειστικά στα τετρακίνητα αυτοκίνητα προκειμένου να κατανέμει τη ροπή του κινητήρα επιλεκτικά στον εμπρόσθιο και τον οπίσθιο άξονα αναλόγως συνθηκών. Υπάρχουν τα μηχανικά μπλοκέ και τα ηλεκτροϋδραυλικά ή ηλεκτρομαγνητικά. Στην πρώτη περίπτωση, το διαφορικό μπλοκάρει και ξεμπλοκάρει ο οδηγός μέσω λεβιέ ή διακόπτη. Στη δεύτερη περίπτωση, η εμπλοκή γίνεται αυτόματα μέσω κεντρικής μονάδας ελέγχου που παρακολουθεί τη δυναμική συμπεριφορά του οχήματος και ρυθμίζει το ποσοστό εμπλοκής του πίσω άξονα.



Σχ.3.4 Σχηματική παράσταση διαφορικού με συνεκτικής σύζευξης.

«Ηλεκτρονικά» μπλοκέ διαφορικά

Η χρήση πλειάδας ηλεκτρονικών συστημάτων έδωσε τη δυνατότητα σε κάποιους κατασκευαστές να εξελίξουν διαφορικά, η λειτουργία των οποίων βασίζεται στους ηλεκτρονικούς αισθητήρες των συστημάτων φρένων και ESP. Με αυτό τον τρόπο φρενάρει ή μεταφέρεται μεγαλύτερο ποσοστό ροπής στον τροχό του κάθε άξονα όταν παρουσιαστούν φαινόμενα ολίσθησης. Τέτοια διαφορικά έχουν εξελίξει η BMW (ADR-X), η Fiat (ELD), η Mercedes-Benz (XTC) και το VW Group (XDS). Το πλεονέκτημα του ηλεκτρονικού μπλοκέ σε σύγκριση με το μηχανικό είναι το χαμηλότερο βάρος του. Στην ασφάλτο είναι αποτελεσματικά. Ωστόσο, σε δύσκολες συνθήκες εκτός δρόμου υστερούν σε απόδοση.

Σε τι χρησιμεύει το μπλοκέ;

Η παρουσία του μπλοκέ διαφορικού εγγυάται ότι το αυτοκίνητο θα συνεχίσει να διατηρεί ελκτική πρόσφυση, όταν κάποιος τροχός αρχίσει να σπινάρει. Στα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός μπλοκέ υπάρχει και ένα ποσοστό (π.χ. 45%). Αυτό είναι το ποσοστό εμπλοκής, που καθορίζει πόση ροπή μπορεί να μεταφερθεί κάθε φορά από τον έναν τροχό στον άλλο. Είναι εξίσου χρήσιμο σε δύσβατες εκτός δρόμου

διαδρομές αλλά και στην άσφαλο. Το μπλοκέ διαφορικό είναι πρακτικά άχρηστο σε αυτοκίνητα με κινητήρα μέχρι 120 ίππους.

Πώς επηρεάζει την οδική συμπεριφορά

Στην άσφαλο, εγγυάται καλή εκκίνηση σε γλιστερό οδόστρωμα (π.χ. σε μια ανηφόρα) ή καλύτερη κατευθυντικότητα στις στροφές, όπου, αν ο εσωτερικός τροχός αποφορτιστεί και χάσει την πρόσφυσή του, το αυτοκίνητο δε θα συνεχίσει ακυβέρνητο προς την έξοδο της στροφής, αλλά ο εξωτερικός τροχός θα συνεχίσει να δέχεται ποσοστό ροπής και να διατηρεί το όχημα στην επιθυμητή τροχιά. Σημαντικά διαφορετική συμπεριφορά έχει το ίδιο αυτοκίνητο με και χωρίς μπλοκέ διαφορικό. Στην πρώτη περίπτωση, μπορεί να γίνει πιο ευέλικτο όταν η εμπειρία του οδηγού είναι τέτοια που του επιτρέπει να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες του αυτοκινήτου του στο έπακρο.

Στα SUV, το μπλοκέ εγγυάται ότι το αυτοκίνητο δεν θα μείνει από δύναμη πρόωσης, αν κάποιος τροχός βρεθεί σε λασπώδες έδαφος ή πάγο. Τα πολύ ικανά 4x4 διαθέτουν κλειδώμα στο εμπρόσθιο, στο πίσω και στο κεντρικό διαφορικό προκειμένου ανά πάσα στιγμή να μεταφέρεται ροπή έστω και σε ένα τροχό.

3.3 Μειονεκτήματα του ελεύθερου διαφορικού – διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης

Είναι αναγκαίο να γίνει σωστή επιλογή του κατάλληλου διαφορικού ανάλογα με την εκάστοτε εφαρμογή. Στην τυπική διάταξη του ελεύθερου διαφορικού δεν υπάρχει περιορισμός στην ταχύτητα περιστροφής των πλανητών. Αυτή η ελευθερία είναι και η αδυναμία του ελεύθερου διαφορικού. Στην περίπτωση που ένα αυτοκίνητο που έχει τυπικό διαφορικό βρίσκεται σε διαδικασία στροφής και ενώ έχει σταθερή ταχύτητα ο οδηγός αποφασίσει να πιέσει το πεντάλ του επιταχυντή, ο εσωτερικός τροχός θα έχει την τάση να περιστραφεί με γωνιακή ταχύτητα περισσότερη αυτής που αντιστοιχεί στην τροχιά που εκτελεί εκείνη τη στιγμή για δεδομένη ταχύτητα. Άρα θα έχει την τάση να ολισθήσει. Όσον αφορά σε οχήματα με μεγάλη υποδύναμη ή ειδικής χρήσης, όπως είναι τα γεωργικά μηχανήματα και τα αυτοκίνητα αγώνων, αυτό δεν είναι αποδεκτό, καθώς η λειτουργία τους είναι υποβέλτιστη.

Τη λύση σε αυτό το πρόβλημα δίνει το διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχει κατάλληλη μηχανική διάταξη που περιορίζει τη διαφορά των γωνιακών ταχυτήτων που έχουν τα δύο ημιαξόνια εξόδου του διαφορικού για τις διάφορες φορτίσεις που υφίστανται οι κινητήριοι τροχοί και για κάθε γωνιακή ταχύτητα του άξονα εισόδου του. Στο απλό – τυπικό μηχανικό διαφορικό ελαττώνεται η ροπή στο ημιαξόνιο που υπάρχει περισσότερη φόρτιση έως ότου οι φορτίσεις των τροχών να γίνουν ίσες. Έτσι, με ακίνητο το αυτοκίνητο, σε περίπτωση που ο ένας από τους δύο κινητήριους τροχούς περιστρέφεται, ο άλλος παραμένει ακίνητος. Αντίθετα, το διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης κάνει ορθότερη

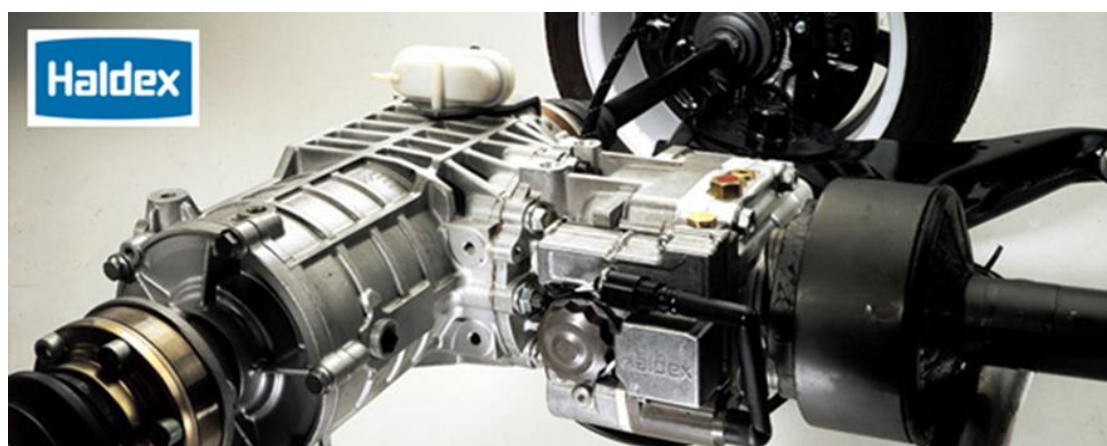
διαχείριση της ροπής και δεν εκμηδενίζει τη ροπή του τροχού που φορτίζεται όταν ο άλλος έχει πολύ χαμηλότερο φορτίο, περιορίζοντας τη διαφορά τους.

Οι μέθοδοι που εφαρμόζονται για τον έλεγχο της κατανομής της μηχανικής ροπής στα διαφορικά περιορισμένης ολίσθησης είναι αρκετές. Η πιο απλή από όλες έχει ως εξής: υπάρχει εντός του διαφορικού ένας εξωτερικός έλεγχος της διαφοράς των δύο γωνιακών ταχυτήτων και όταν αυτή ξεπεραστεί το διαφορικό «κλειδώνει» και λειτουργεί σαν ένα σώμα με την κορώνα. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιείται συχνά σε οχήματα ανώμαλου δρόμου. Με μετρήσεις των γωνιακών ταχυτήτων παρακολουθείται η κίνηση των πλανητών και εάν χρειαστεί, με μαγνητικό, ηλεκτρικό ή υδραυλικό τρόπο ενεργοποιείται ο μηχανισμός που ακινητοποιεί τους πλανήτες και επιβάλλει στα δύο ημιαξόνια να κινούνται με ίδια ταχύτητα. Το αρνητικό αυτής της μεθόδου είναι η πολυπλοκότητα, ενώ πρέπει να είναι ακινητοποιημένο το όχημα για την ενεργοποίηση αυτού του βοηθητικού μηχανισμού. Σε αυτά τα συστήματα υπάρχει η δυνατότητα ο χειριστής του οχήματος να ενεργοποιήσει το «κλείδωμα» του διαφορικού κατά το δοκούν.

4 Η ΣΥΖΕΥΞΗ HALDEX

4.1 Πλεονεκτήματα του συστήματος HALDEX

Το διαφορικό τύπου Haldex (Σχ.4.1) αποτελεί το βασικό στοιχείο ενός εξελιγμένου συστήματος τετρακίνησης με πολλαπλά οφέλη, το οποίο έχει εξελιχθεί από την ομώνυμη σουηδική εταιρεία. Διαφέρει από τους απλούς συνεκτικούς συμπλέκτες στο ότι τοποθετείται πολύ κοντά στο πίσω διαφορικό και εμπλέκει τον πολύδισκο συμπλέκτη του ηλεκτροϋδραυλικά. Σε συνεργασία με τους αισθητήρες του ABS και του ESP διαθέτει το πλεονέκτημα της ακαριαίας εμπλοκής. Το πιο σημαντικό είναι η βελτίωση της πρόσφυσης και της ελκτικής ικανότητας του αυτοκινήτου. Επίσης, δεν προκαλεί δυσκολίες στους ελιγμούς με μικρή ταχύτητα και είναι απόλυτα συμβατό με όλα τα συστήματα ασφαλείας, ABS, TCS, ESP και άλλα.



Σχ.4.1 Διαφορικό τύπου Haldex.

4.2 Αρχή λειτουργίας του συστήματος Haldex

Πρόκειται για έναν «έξυπνο» ηλεκτροϋδραυλικό συμπλέκτη, ο οποίος τοποθετείται στο πίσω μέρος του αυτοκινήτου, μερικά εκατοστά πριν από το διαφορικό. Η κεντρική ηλεκτρονική μονάδα, σε συνεργασία με τους αισθητήρες του ABS και του ESP, οι οποίοι είναι στην ουσία οι ίδιοι, και σε συνδυασμό με τις πληροφορίες που λαμβάνει για τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα, παραδείγματος χάρη τις στροφές, αποφασίζει αν θα μεταδοθεί η κίνηση και στον οπίσθιο άξονα, αφού η κίνηση μεταδίδεται κατά κύριο λόγο στον εμπρόσθιο άξονα. Το βασικό στοιχείο που διαφοροποιεί το Haldex (Σχ.4.2) από τους κλασικούς συνεκτικούς συμπλέκτες αφορά στον τρόπο λειτουργίας, ο οποίος ελέγχεται ηλεκτρονικά. Ένας ασύμμετρος δίσκος, σε συνεργασία με έναν ηλεκτροϋδραυλικό μηχανισμό, «κλειδώνει» και μεταφέρει τη ροπή στον μέχρι πρότινος «παθητικό»

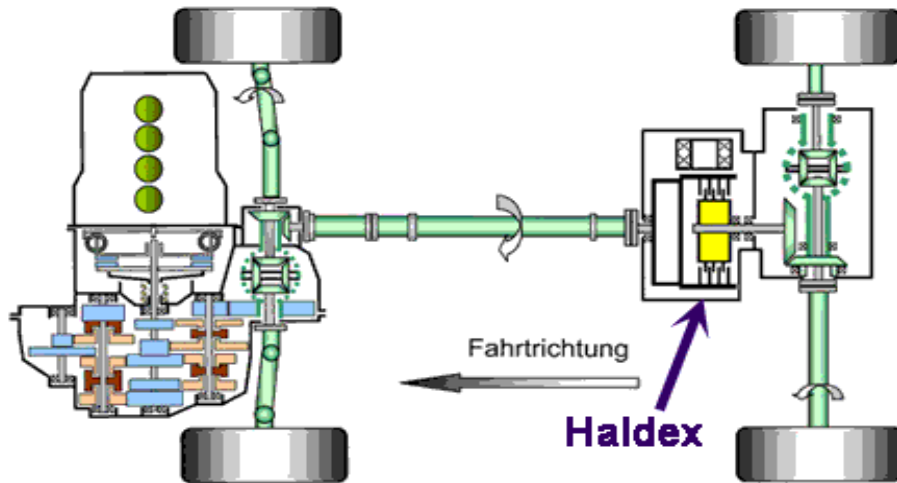
άξονα. Μόλις οι αντίστοιχοι αισθητήρες αντιληφθούν διαφορά στην ταχύτητα περιστροφής των τροχών ανάμεσα στους δύο άξονες, ο ασύμμετρος δίσκος πιέζει ένα έμβολο – που λειτουργεί ως αντλία – το οποίο συμπιέζει ένα ειδικό σιλικονούχο υγρό. Αυτό, με τη σειρά του, ωθεί ένα δεύτερο έμβολο, μπλοκάροντας ουσιαστικά τον «ελεύθερο» πίσω άξονα.



Σχ.4.2 Διαφορικό τύπου Haldex σε τομή.

4.3 Πως ενεργοποιείται η σύζευξη HALDEX

Η λειτουργία του Haldex είναι διαθέσιμη με την εκκίνηση του κινητήρα και μπορεί να ενεργοποιηθεί ανεξάρτητα από το αν το αυτοκίνητο κινείται προς τα εμπρός ή προς τα πίσω. Η προϋπόθεση για μεταφορά μέρους της ροπής στον πίσω άξονα είναι η διαφορετική γωνιακή ταχύτητα μεταξύ των τροχών του εμπρός και του πίσω άξονα. Μια διαφορά 10° στην περιστροφή των εμπρός και των πίσω τροχών είναι ικανή να επιφέρει μεταφορά 1000 Nm ροπής. Λαμβάνοντας υπ' όψιν αυτή τη διαφορά, η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του Haldex ρυθμίζει ανάλογα την πίεση του λαδιού στο συμπλέκτη Haldex, άρα και το ποσοστό εμπλοκής του πίσω άξονα. Στο σχήμα 4.3 φαίνεται η δομή του συστήματος μετάδοσης κίνησης με σύζευξη Haldex.



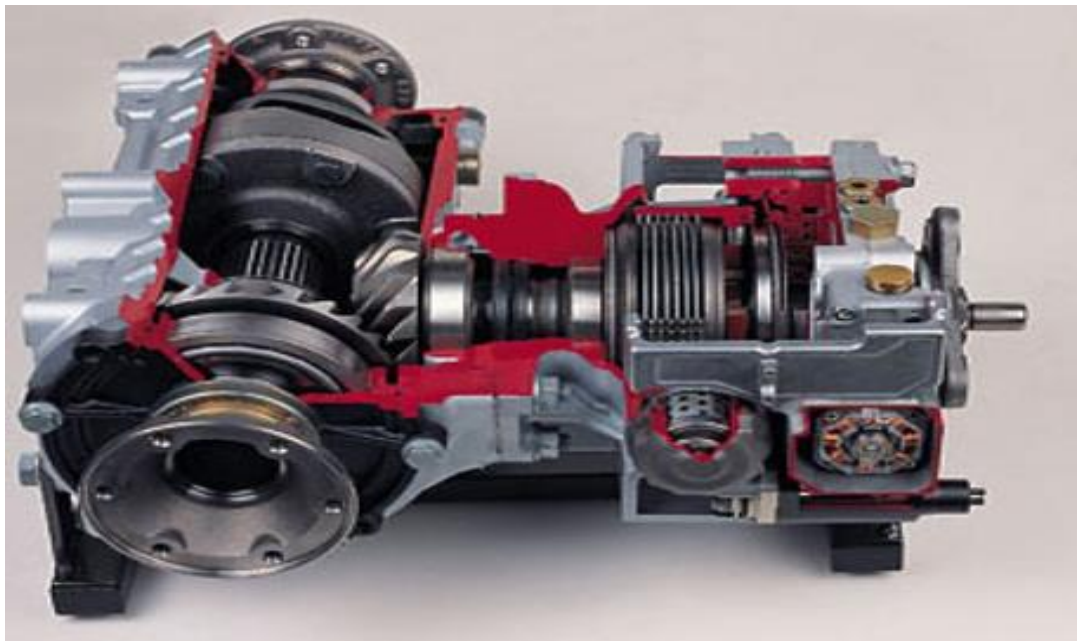
Σχ.4.3 Διάταξη συστήματος μετάδοσης κίνησης με σύζευξη Haldex.

5 ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ HALDEX

Η Haldex Transmissions είναι ένα τμήμα της σουηδικής κατασκευαστικής εταιρείας Haldex. Ειδικεύεται στην ανάπτυξη και κατασκευή συστημάτων μετάδοσης κίνησης όλων των τροχών. Η Haldex κατασκευάζει επί του παρόντος το σύστημα AWD τέταρτης γενιάς που ονομάζεται, από την Saab, XWD (Cross-Wheel Drive). Η πρώτη γενιά του συστήματος τετρακίνησης της Haldex εισήχθη το 1998. Μέσω της συνεχούς ανάπτυξης των προϊόντων, τα χαρακτηριστικά του συστήματος έχουν βελτιωθεί για κάθε νέα γενιά.

Πρώτη γενιά - 1998

Η σύζευξη Haldex έκανε την πρώτη εμφάνισή της στα Audi TT και VW Golf με ηλεκτρονικά ελεγχόμενη υδραυλική και μηχανική σύζευξη για όλους τους τροχούς. Αυτό το σύστημα προσπαθεί να εμπλέξει τους πίσω τροχούς όταν οι εμπρόσθιοι τροχοί αρχίσουν να ολισθαίνουν. Μια αντλία δημιουργεί μια υδραυλική ροή ανάλογη προς την διαφορά ταχύτητας κατά τη σύζευξη, μέσω μιας βαλβίδας στραγγαλισμού, που ενεργοποιείται με τη βοήθεια ενός βηματικού κινητήρα.



Σχ.5.1 Διαφορικό Haldex πρώτης γενιάς.

Δεύτερη γενιά - 2002

Η δεύτερη γενιά σύζευξης Haldex είναι ένα ηλεκτρονικά ελεγχόμενο μόνιμο σύστημα 4x4 με διαφορικό Haldex που υπολογίζει πόση ροπή πρέπει να κατευθύνεται στους πίσω τροχούς. Το σύστημα Haldex κατανέμει αυτόματα την ροπή μεταξύ των εμπρόσθιων και των οπίσθιων τροχών ανάλογα με την ολίσθηση, αλλά συνήθως στέλνει το 95% της ροπής στους εμπρόσθιους τροχούς. Η μεταφορά ροπής στη δεύτερη γενιά είναι πολύ πιο αποτελεσματική. Οι ηλεκτρονικοί

αισθητήρες μπορούν να τροποποιήσουν τα χαρακτηριστικά απόκρισης του συστήματος, για καλύτερη λειτουργία σε συνθήκες που κυμαίνονται από το στεγνό πεζοδρόμιο έως το χαλίκι, το χιόνι, τον πάγο ή τη λάσπη. Μια αντλία προφόρτισης φορτίζει το υδραυλικό σύστημα για να επιτρέψει στη σύζευξη να συνδεθεί άμεσα. Αυτή η αντλία βελτιώνεται και πάλι στην τρίτη γενιά για μεγαλύτερη ταχύτητα.



Σχ.5.2 Διαφορικό Haldex δεύτερης γενιάς.

Τρίτη γενιά - 2006

Η τρίτη γενιά σύζευξης Haldex εμφανίστηκε στο νέο Land Rover Freelander 2 (LR2 στις Ηνωμένες Πολιτείες). Με βελτιωμένες δυνατότητες, επιτρέπει πιο άμεση απόκριση εκτός δρόμου. Το σύστημα 4x4 του Freelander αναπτύχθηκε σε συνδυασμό με το Haldex, του οποίου η κεντρική τεχνολογία σύζευξης μεταβάλλει συνεχώς την κατανομή ροπής εμπρός-πίσω μέσω υδραυλικού συμπλέκτη πολλαπλών δίσκων. Ωστόσο, η Land Rover ήθελε μια ηλεκτρονικά ελεγχόμενη κεντρική ζεύξη, η οποία να συνδέει τον κεντρικό άξονα με το οπίσθιο διαφορικό, να εμπλακεί γρήγορα όταν ανιχνευθεί απώλεια έλξης και να απεμπλακεί γρήγορα χωρίς να διαταράσσεται η λειτουργία των συστημάτων ελέγχου σταθερότητας. Το σύστημα Freelander 2 έπρεπε επίσης να μεταδώσει την απαραίτητη ροπή για να επιτύχει τις απαιτήσεις έλξης εκτός δρόμου. Το αποτέλεσμα χρησιμοποιείται αποκλειστικά στο Freelander 2 και εξασφαλίζει γρήγορα και ολοκληρωτικά την τετρακίνηση. Μια βελτιωμένη αντλία φόρτισης υψηλής πίεσης φορτίζει το υδραυλικό σύστημα μόλις ξεκινήσει ο κινητήρας, επιτρέποντας την τετρακίνηση. Μειώνει επίσης τον χρόνο που απαιτείται για την επίτευξη της πλήρους ροπής μετά την ανίχνευση της ολίσθησης των τροχών - σε 15⁰ περιστροφής τροχού (σε σύγκριση με 50⁰ περιστροφής τροχού με την προηγούμενη γενιά Haldex). Η μονάδα Haldex της Freelander 2 έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπει μετάδοση ροπής μέχρι 1500 Nm.

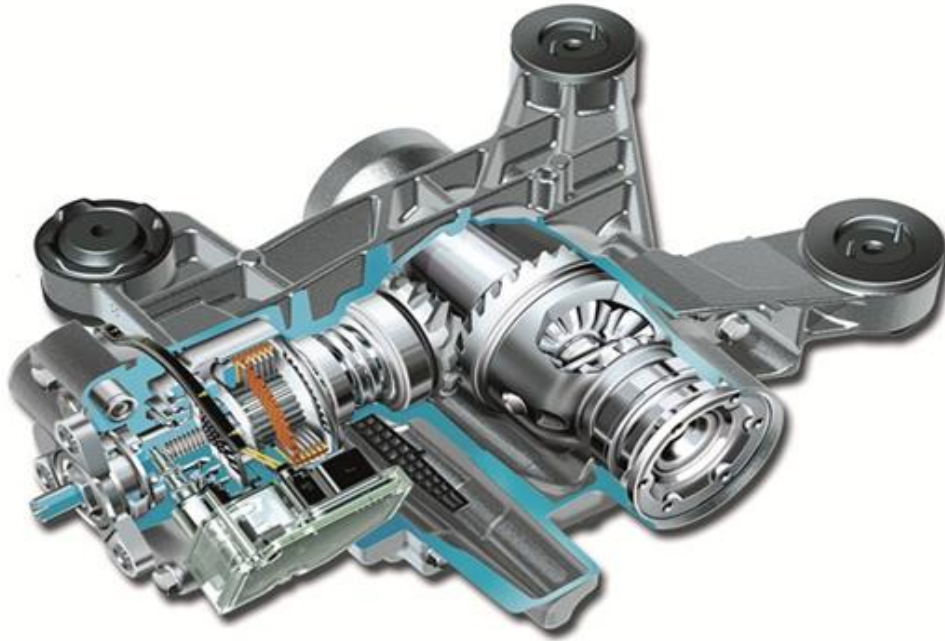
Ένας συσσωρευτής πίεσης επιταχύνει επίσης την απόκριση της μονάδας. Η πλήρης μετάδοση ροπής μπορεί να επιτευχθεί σε 150 ms (χιλιοστά του δευτερολέπτου). Στην πραγματικότητα, η νέα ζεύξη Haldex προσφέρει τα οφέλη του πλήρους χρόνου 4x4 και την αποδοτικότητα και οικονομία καυσίμου ενός συστήματος κατ' επιλογή.



Σχ.5.3 Διαφορικό Haldex τρίτης γενιάς.

Τέταρτη γενιά - 2007

Η Saab εισήγαγε τον μοναδικό συνδυασμό «Haldex Couplings» στο Turbo-X στα τέλη του 2007. Ονομάστηκε XWD (Cross-Wheel Drive), και επέτρεψε την αυξημένη πρόσφυση, την ασφαλέστερη οδήγηση και τον καλύτερο έλεγχο. Τα βασικά συστατικά του νέου συστήματος Haldex είναι η Μονάδα Μεταφοράς Ισχύος (PTU), η Σύζευξη Περιορισμένης Ολίσθησης (LSC) και η Μονάδα Ηλεκτρονικής Περιορισμένης Ολίσθησης (eLSD). Το PTU είναι η τελική μονάδα κίνησης στο εμπρόσθιο μέρος του οχήματος, η οποία μεταδίδει ισχύ στους εμπρόσθιους τροχούς και μπορεί να αποστέλλει ισχύ στους οπίσθιους τροχούς. Η LSC είναι τοποθετημένη στο πίσω μέρος του οχήματος σε σειρά με τον κινητήριο άξονα. Ελέγχει την κατανομή ροπής μεταξύ των εμπρόσθιων και των οπίσθιων τροχών του οχήματος. Η LSC στέλνει ροπή στρέψης στο eLSD που βρίσκεται ανάμεσα στους πίσω τροχούς. Το eLSD μεταφέρει τη ροπή στους δύο πίσω τροχούς. Όπως και με το XWD, τα συστήματα Haldex προηγούμενης γενιάς περιελάμβαναν επίσης ένα LSC και ένα LSD. Ωστόσο, με το νέο σύστημα Haldex επανασχεδίασαν σημαντικά τις λειτουργίες του LSC. Το LSC εξακολουθεί να είναι ένα συγκρότημα συμπλέκτη που ρυθμίζει την κατανομή ροπής ανάλογα με την υδραυλική πίεση. Αυτό που έχει αλλάξει είναι η μέθοδος ροής του ρευστού μέσω της συσκευής.



Σχ.5.4 Διαφορικό Haldex τέταρτης γενιάς.

Το σύστημα XWD μπορεί να μεταδώσει το 100% της διαθέσιμης ροπής στρέψης είτε στον εμπρόσθιο είτε στον οπίσθιο άξονα. Ωστόσο, για να εμφανιστούν αυτές οι συνθήκες, πρέπει ο ένας άξονας του οχήματος να χάσει όλη την πρόσφυση, όπως για παράδειγμα κατά την οδήγηση στον πάγο. Κατά τη διάρκεια παρατεταμένης λειτουργίας της μίζας χρησιμοποιούνται οι πίσω τροχοί, χωρίς να απαιτείται οποιαδήποτε ολίσθηση. Στη συνέχεια, κάτω από ομαλές συνθήκες πορείας, για τη διατήρηση της χαμηλής κατανάλωσης καυσίμου, η ροπή που μεταφέρεται στους πίσω τροχούς μειώνεται σε επίπεδο μεταξύ 5% και 10%. Επίσης, μέχρι το 85% της ροπής μπορεί να μεταφερθεί από το eLSD σε οποιοδήποτε μόνο οπίσθιο τροχό, εάν είναι απαραίτητο. Το σύστημα μπορεί να ρυθμίσει την κατανομή ροπής με βάση τις υπολογιζόμενες συνθήκες, για να μειωθεί αποτελεσματικά η υπερφόρτωση ή η υποστροφή χωρίς να εμφανιστεί ολίσθηση τροχών. Σε περίπτωση που συμβεί κάτι τέτοιο, το σύστημα μπορεί να αντιδράσει πιο έγκαιρα και αποτελεσματικά από ό, τι στο παρελθόν. Χάρη σε αυτή την τεχνολογία, το Saab 9-3 Turbo-X, με μόνο 280 ίππους (210 kW), μπορεί να τρέξει ένα σλάλομ ταχύτερα από πολλά σπορ αυτοκίνητα υψηλής απόδοσης, κερδίζοντας γερμανικούς και ιαπωνικούς αντιπάλους. Η Saab έχει συνάψει συμφωνία με την Haldex για αποκλειστική πρόσβαση κατά το πρώτο έτος στην τεχνολογία και χρήση του εμπορικού σήματος "XWD". Η Haldex αναπτύσσει επί του παρόντος ένα παρόμοιο σύστημα AWD για τις εφαρμογές της Hyundai.

Πέμπτη γενιά - 2012

Από το 2012 εφαρμόζεται σε οχήματα της Volkswagen. Η ζεύξη GenW AWD, που τώρα διατίθεται από την BorgWarner TorqTransfer Systems, διαθέτει ένα νέο σχεδιασμό που στοχεύει στη μείωση της πολυπλοκότητας των οχημάτων και στην απλοποίηση της ενσωμάτωσης στο σύστημα μετάδοσης κίνησης. Ένας νέος ηλεκτροϋδραυλικός ενεργοποιητής συμπλέκτη χρησιμοποιεί μία φυγοκεντρική βαλβίδα υπερχειλίσης που στοχεύει στην ακριβή κατανομή ισχύος μεταξύ του εμπρόσθιου και του οπίσθιου άξονα, εξαλείφοντας την ανάγκη για έναν συσσωρευτή, ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα και φίλτρο. Επίσης διαθέτει ενσωματωμένη ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου.



Σχ.5.1 Διαφορικό Haldex πέμπτης γενιάς.

Οχήματα εξοπλισμένα με Haldex

Το σύστημα Haldex 4WD χρησιμοποιείται επί του παρόντος στα ακόλουθα μοντέλα οχημάτων:

Audi S3 , A3

Audi TT quattro

Bugatti Veyron

SEAT León 4

SEAT Altea Freetrack 4

SEAT Alhambra 4

Škoda Octavia 4x4

Škoda Yeti 4x4

VW New Beetle RSi

VW Passat 4motion B6 Platform

VW Caddy 4motion

VW Tiguan

VW Transporter 4motion

VW Bora 4motion

VW Golf R

6 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΥ HALDEX

6.1 Εισαγωγή

Στο σύστημα της Volkswagen ένας συνεκτικός συμπλέκτης μεταφέρει την κινητήρια ροπή στον πίσω άξονα. Στο σύστημα της Audi αυτό γίνεται μέσω ενός διαφορικού Torsen. Το σύστημα αντιολίσθησης ενεργοποιείται από την διαφορά στροφών του εμπρόσθιου και του οπίσθιου άξονα. Μόλις ενεργοποιηθεί, μεταφέρει κινητήρια ροπή και στους δύο άξονες. Ο συνεκτικός συμπλέκτης που χρησιμοποιούνταν από την Volkswagen ήταν ικανός να ανιχνεύσει την ολίσθηση αλλά όχι την αιτία της. Η ανάπτυξη του συμπλέκτη Haldex (Σχ.6.1) είναι ένα σημαντικό βήμα μπροστά όσον αφορά την τεχνολογία συστημάτων τετρακίνησης. Ο συμπλέκτης Haldex είναι ελεγχόμενος, ενώ ένας επεξεργαστής επιτρέπει την μετάδοση πρόσθετων πληροφοριών κατά την διαδικασία ελέγχου. Η ολίσθηση δεν είναι πλέον ο μόνος κύριος παράγοντας στη διανομή της κινητήριας ροπής. Η δυναμική κατάσταση του οχήματος αποτελεί και αυτή έναν κύριο παράγοντα. Ο επεξεργαστής έχει πρόσβαση στους αισθητήρες ταχύτητας του ABS και στην μονάδα ελέγχου κινητήρα ECU μέσω σύνδεσης CAN BUS. Έτσι ο επεξεργαστής λαμβάνει τα σήματα που χρειάζεται, όπως της ταχύτητας του οχήματος, των στροφών του ή της πρόσφυσης και μπορεί να ανταποκριθεί σε οποιαδήποτε κατάσταση πορείας.



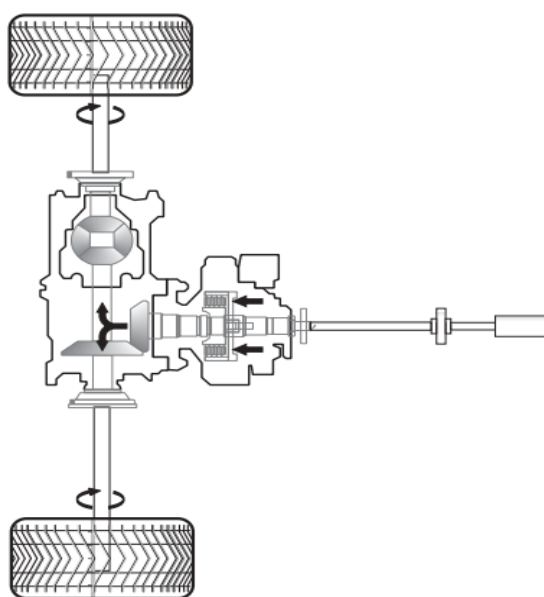
Σχ.6.1 Συμπλέκτης Haldex πρώτης γενιάς.

Σαν συνέπια, ένα σύστημα τετρακίνησης με συμπλέκτη Haldex παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα έναντι προγενέστερων συστημάτων:

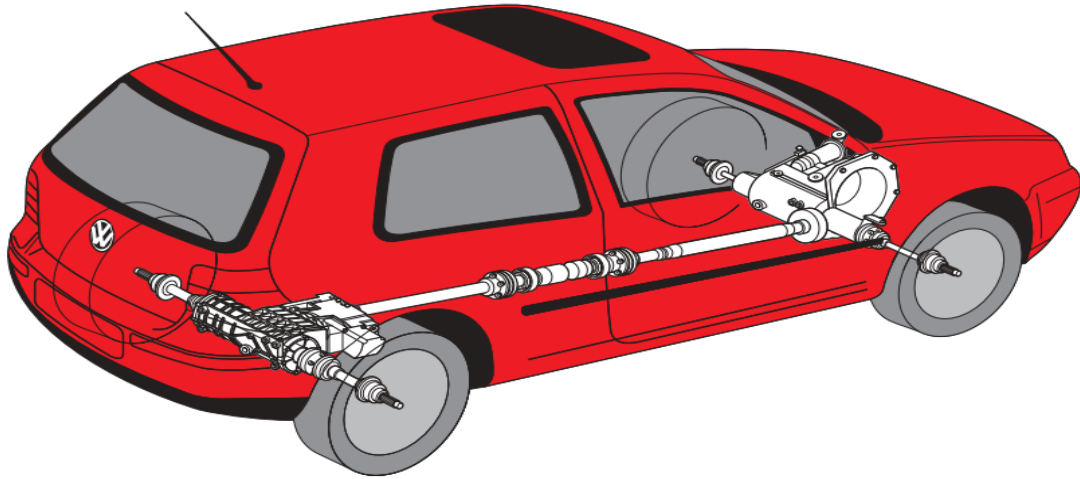
- Μόνιμη τετρακίνηση με ηλεκτρονικά ελεγχόμενο πολύδισκο συμπλέκτη.
- Χαρακτηριστικά εμπροσθοκίνητου οχήματος.
- Άμεση αντίδραση.
- Καμία αντίσταση από τον συμπλέκτη στη διάρκεια των ελιγμών στάθμευσης του οχήματος.
- Συμβατό με διαφορετικά λάστιχα (πχ ρεζέρβα ανάγκης).
- Κανένας περιορισμός κατά την ρυμούλκηση του οχήματος με σηκωμένο από το έδαφος άξονα.
- Απόλυτα συνδυασμένο με όλα τα συστήματα ελέγχου μετάδοσης (ABS, EDL, TCS, EBD, ESP).

6.2 Τετρακίνηση

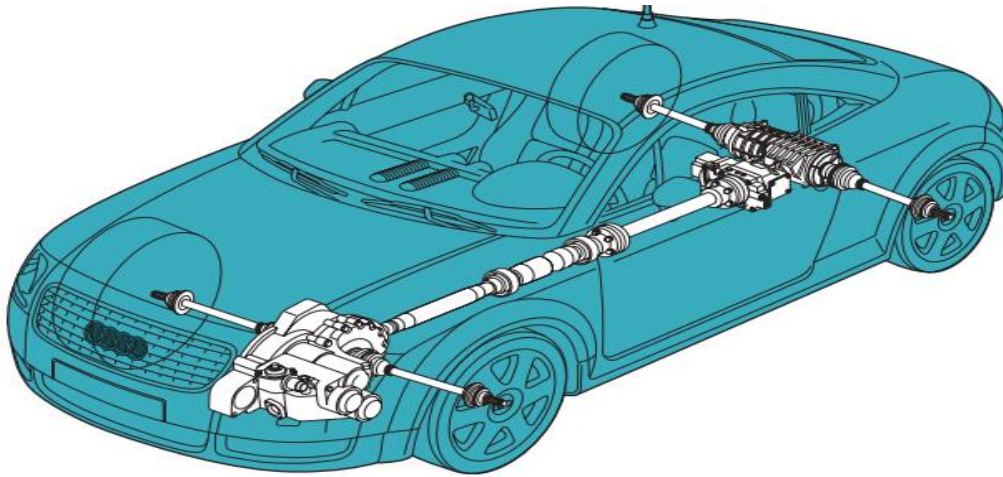
Η τετρακίνηση αναπτύχθηκε με τον καινούριο πολύδισκο συμπλέκτη με την μηχανή στο εμπρόσθιο μέρος. Ο νέος συμπλέκτης είναι μια συμπαγής μονάδα τοποθετημένη στη ίδια θέση που ήταν και ο συνεκτικός συμπλέκτης της προηγούμενης γενιάς. Είναι τοποθετημένος πριν από το διαφορικό του πίσω άξονα (Σχ.6.2) και παίρνει κίνηση από τον κεντρικό άξονα του οχήματος.



Σχ.6.2 Σχηματική παράσταση της μεταφοράς ροπής στο οπίσθιο διαφορικό.

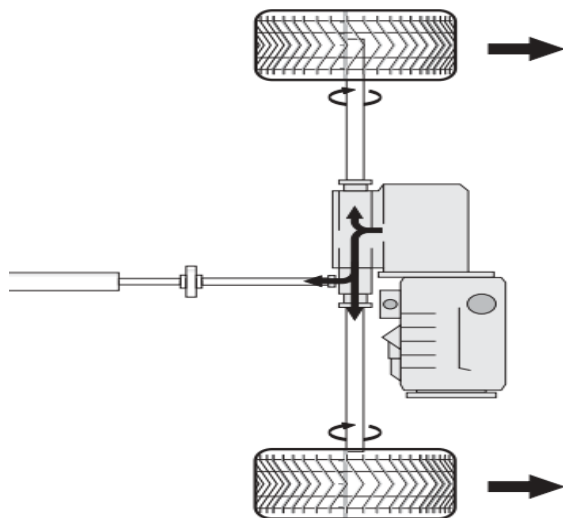


Σχ.6.3 Απεικόνιση της θέσης του συμπλέκτη Haldex σε όχημα VW Golf.



Σχ.6.4 Απεικόνιση της θέσης του συμπλέκτη Haldex σε όχημα Audi TT.

Η ροπή της μηχανής μεταφέρεται στον κεντρικό άξονα μέσω του χειροκινήτου κιβωτίου ταχυτήτων, του εμπρόσθιου διαφορικού και των εμπρόσθιων ημιαξονίων (Σχ.6.5). Ο κεντρικός άξονας συνδέεται με τον άξονα εισόδου του συμπλέκτη Haldex. Στον συμπλέκτη Haldex, ο άξονας εισόδου είναι ξεχωριστός από τον άξονα εξόδου του πίσω διαφορικού (Σχ.6.7). Η ροπή μπορεί να μεταφερθεί στον πίσω άξονα μόνο όταν κλείσει ο συμπλέκτης στην μονάδα Haldex.

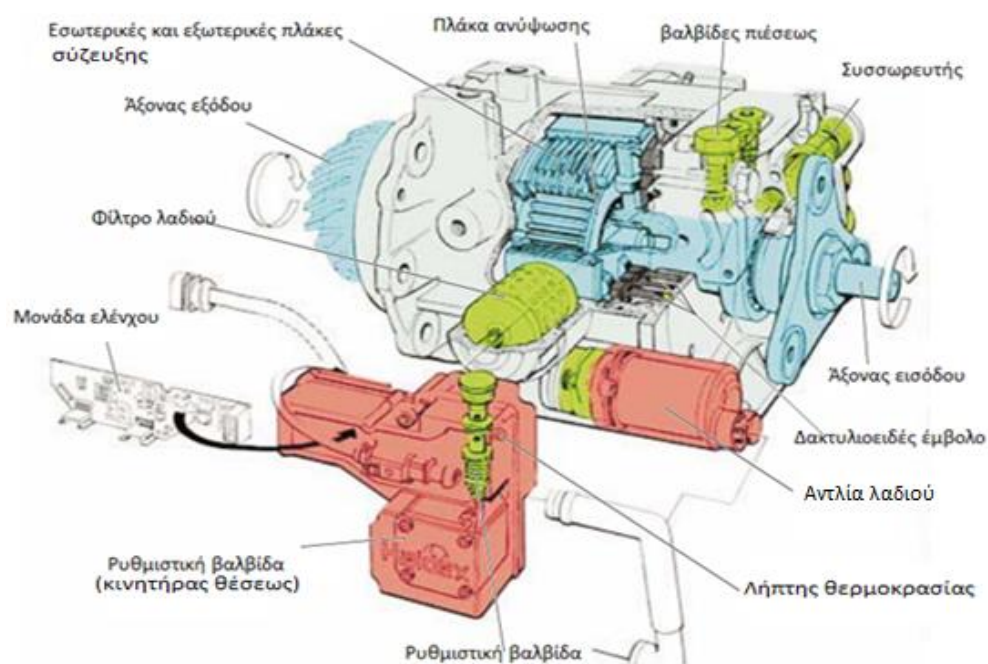


Σχ.6.5 Σχηματική παράσταση της μεταφοράς ροπής στο εμπρόσθιο διαφορικό.

6.3 Σύζευξη Haldex

Όπως φαίνεται στο Σχ.6.6, το συγκρότημα σύζευξης Haldex αποτελείται από τρία κύρια μέρη:

- Το μηχανικό μέρος.
- Το υδραυλικό μέρος.
- Το ηλεκτρονικό μέρος.



Σχ.6.6 Πολύδισκος συμπλέκτης Haldex.

Το μηχανικό μέρος συνδυάζει κινούμενα και περιστρεφόμενα μέρη. Αυτά είναι:

- Ο άξονας εισόδου.
- Οι εσωτερικές και εξωτερικές πλάκες σύμπλεξης.
- Η πλάκα ανύψωσης.
- Το ρουλεμάν με δακτυλιοειδές έμβολο.
- Ο άξονας εξόδου.

Το υδραυλικό μέρος αποτελείται από:

- Τις βαλβίδες πίεσεως.
- Τον συσσωρευτή.
- Το φίλτρο λαδιού.
- Το δακτυλιοειδές έμβολο.
- Την ρυθμιστική βαλβίδα.
- Την αντλία.

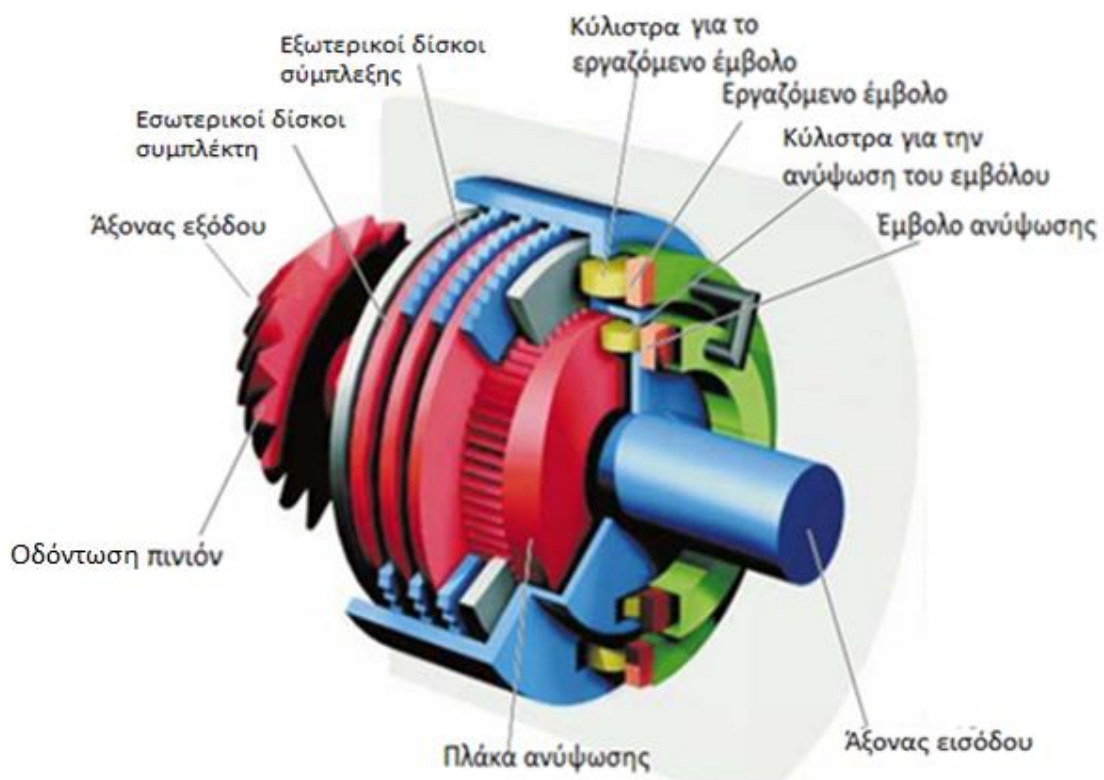
Το ηλεκτρονικό μέρος αποτελείται από:

- Τη ρυθμιστική βαλβίδα (με κινητήρα θέσεως).
- Τον αισθητήρα θερμοκρασίας.
- Την μονάδα ελέγχου.

6.4 Μηχανικό μέρος

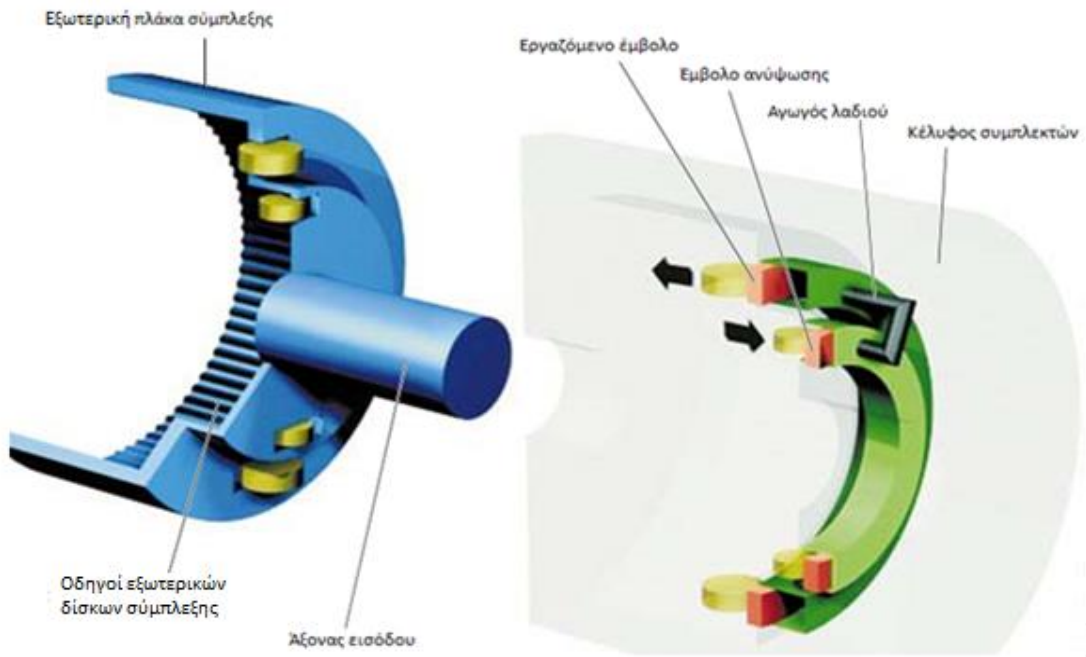
Ο πολύδισκος συμπλέκτης

Όπως φαίνεται στο Σχ.6.7, ο άξονας εισόδου του συμπλέκτη, με ενσωματωμένο το εξωτερικό κέλυφος του συμπλέκτη (μπλε στο σχήμα) συνδέεται με τον κεντρικό άξονα. Τα κύλιστρα για την κίνηση του εμβόλου ανύψωσης δακτυλιοειδούς τύπου, όπως και οι εξωτερικοί δίσκοι (πλάκες σύμπλεξης), ακολουθούν την κίνηση του εξωτερικού κελύφους. Ο άξονας εξόδου (κόκκινο στο σχήμα), σχηματίζει μια μονάδα με την πλάκα ανύψωσης και το πινιόν (που κινεί την κορώνα του οπίσθιου διαφορικού). Οι εσωτερικές πλάκες σύμπλεξης ακολουθούν την κίνηση του άξονα εξόδου.



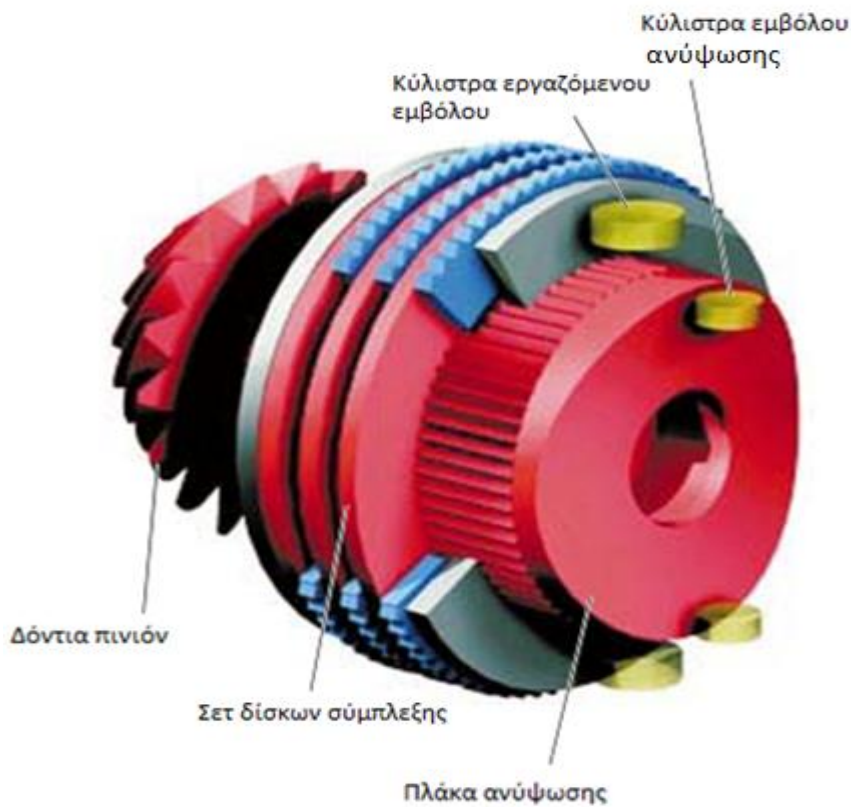
Σχ.6.7 Σχηματική παράσταση πολύδισκου συμπλέκτη.

Το συγκρότημα του άξονα εισόδου, με το κέλυφος του συμπλέκτη, το έμβολο ανύψωσης με τα κύλιστρά του και το έμβολο εργασίας με τα κύλιστρά του απεικονίζεται στο Σχ.6.8.



Σχ.6.8 Σχηματική παράσταση άξονα εισόδου συμπλέκτη Haldex.

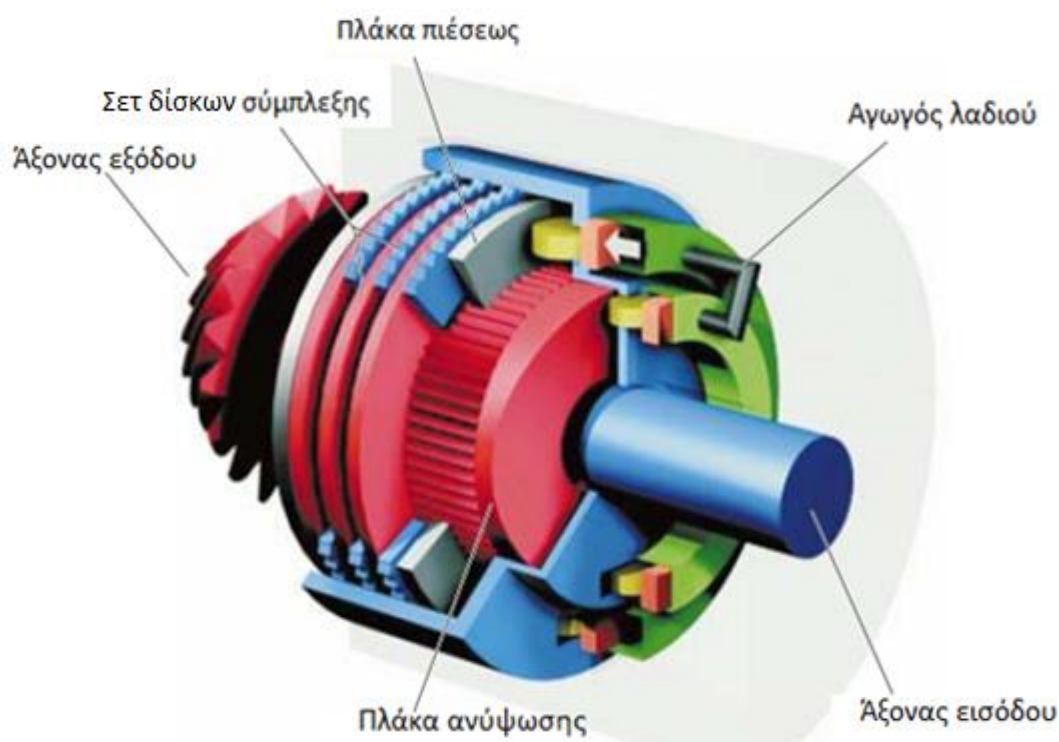
Το συγκρότημα του άξονα εξόδου με το πινιόν και την πλάκα πίεσης απεικονίζεται στο Σχ.6.9. Στο ίδιο σχήμα φαίνεται και το σετ των δίσκων σύμπλεξης.



Σχ.6.9 Σχηματική παράσταση άξονα εξόδου συμπλέκτη Haldex.

Λειτουργία

Σε ευθεία πορεία και με επαρκή πρόσφυση κινητήριοι είναι μόνον ο εμπρόσθιος άξονας. Αν ο εμπρόσθιος άξονας λόγω ανεπαρκούς πρόσφυσης αρχίσει να ολισθαίνει, περιστρέφεται ταχύτερα από τον οπίσθιο. Το ίδιο συμβαίνει και κατά τη στροφή του οχήματος, με τη διαφορά ταχύτητας να αυξάνεται καθώς μειώνεται η ακτίνα στροφής. Τότε ο άξονας εισόδου με το εξωτερικό κέλυφος περιστρέφονται ταχύτερα από την πλάκα ανύψωσης, εξαναγκάζοντας τα κύλιστρα του εμβόλου ανύψωσης σε κύλιση επί της πλάκας ανύψωσης. Λόγω της κυματιστής επιφάνειας της πλάκας ανύψωσης, τα κύλιστρα μεταφέρουν ανοδικές και καθοδικές κινήσεις στο έμβολο ανύψωσης. Αυτή η ανοδική – καθοδική κίνηση του εμβόλου προκαλεί ανύψωση της πίεσης του λαδιού, που επενεργεί μέσω αγωγών στο εργαζόμενο έμβολο και το πιέζει επί των κυλίστρων του. Τα κύλιστρα πιέζουν με τη σειρά τους την πλάκα πίεσης επί των δίσκων σύμπλεξης (Σχ.6.10). Έτσι το σετ των δίσκων συμπλέκεται και ο άξονας εισαγωγής εμπλέκεται με τον άξονα εξαγωγής, καθιστώντας δυνατή την τετρακίνηση. (Για λόγους σαφήνειας στο σχήμα η πλάκα ανύψωσης φαίνεται με δύο ανυψώσεις, ενώ στην πραγματικότητα είναι τρεις.)

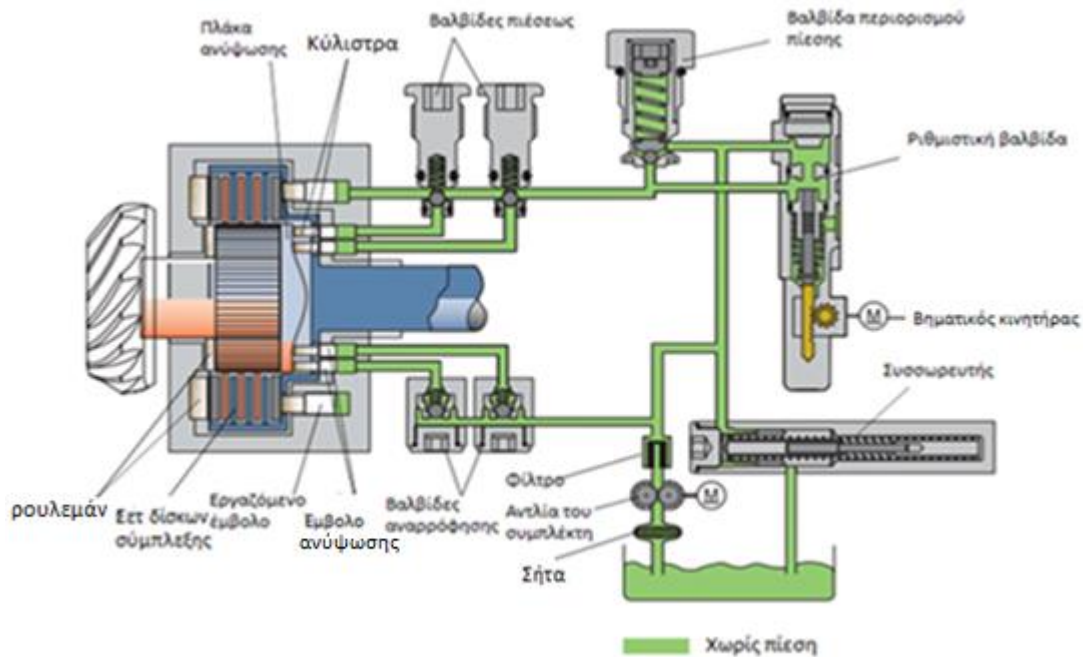


Σχ.6.10 Σχηματική παράσταση λειτουργίας συμπλέκτη Haldex.

6.5 Υδραυλικό μέρος

Λειτουργία του υδραυλικού συστήματος χωρίς πίεση.

Η ρυθμιστική βαλβίδα πίεσης καθορίζει την μέγιστη πίεση στους δίσκους του συμπλέκτη. Έχει ήδη εξηγηθεί πώς αναπτύσσεται η πίεση λαδιού στο έμβολο ανύψωσης, σαν αποτέλεσμα της διαφοράς στροφών μεταξύ του άξονα εισόδου και του άξονα εξόδου μέσω της πλάκας ανύψωσης. Η πίεση λαδιού ρυθμίζεται μέσω βαλβίδων, έτσι οι δίσκοι του συμπλέκτη να επιτρέπουν μια συγκεκριμένη ολίσθηση όταν είναι ανοιχτοί και κοντεύουν να κλείσουν. Για λόγους σαφήνειας, η λειτουργία εξηγήθηκε με ένα έμβολο ανύψωσης. Στην πραγματικότητα υπάρχουν δυο έμβολα ανύψωσης μέσα στο κέλυφος του συμπλέκτη, τα οποία ενεργοποιούνται από ένα ζεύγος βαρελοειδών κύλιστρον. Για αυτόν τον λόγο είναι επίσης απαραίτητες δυο βαλβίδες αναρρόφησης και δυο βαλβίδες πίεσεως.

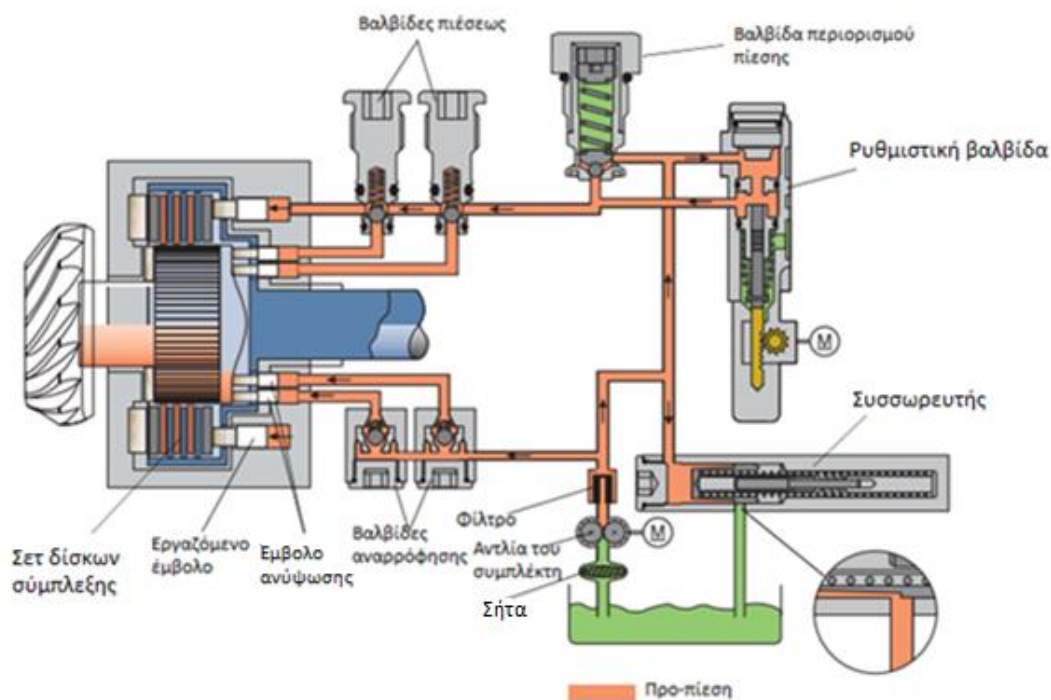


Σχ.6.11 Σχηματική παράσταση λειτουργίας υδραυλικού συμπλέκτη χωρίς πίεση.

Πίεση που αναπτύσσεται στην αντλία του συμπλέκτη haldex (προπίεση).

Μια ηλεκτρική αντλία λαδιού ενεργοποιείται μόλις οι στροφές της μηχανής ξεπεράσουν τις τετρακόσιες στροφές ανά λεπτό. Η ηλεκτρική αντλία λαδιού εξάγει υδραυλικό υγρό από τον θάλαμο υγρού χωρίς πίεση του συμπλέκτη μέσω μιας σήτας και καταθλίβει το λάδι μέσω ενός φίλτρου στις βαλβίδες αναρρόφησης των εμβόλων ανύψωσης. Όπως φαίνεται στο Σχ.6.12, τα έμβολα ανύψωσης τροφοδοτούνται με λάδι και ταυτόχρονα έρχονται αμέσως σε επαφή με την πλάκα ανύψωσης μέσω των βαρελοειδών κυλίστρον. Την ίδια ώρα λάδι παρέχεται στο

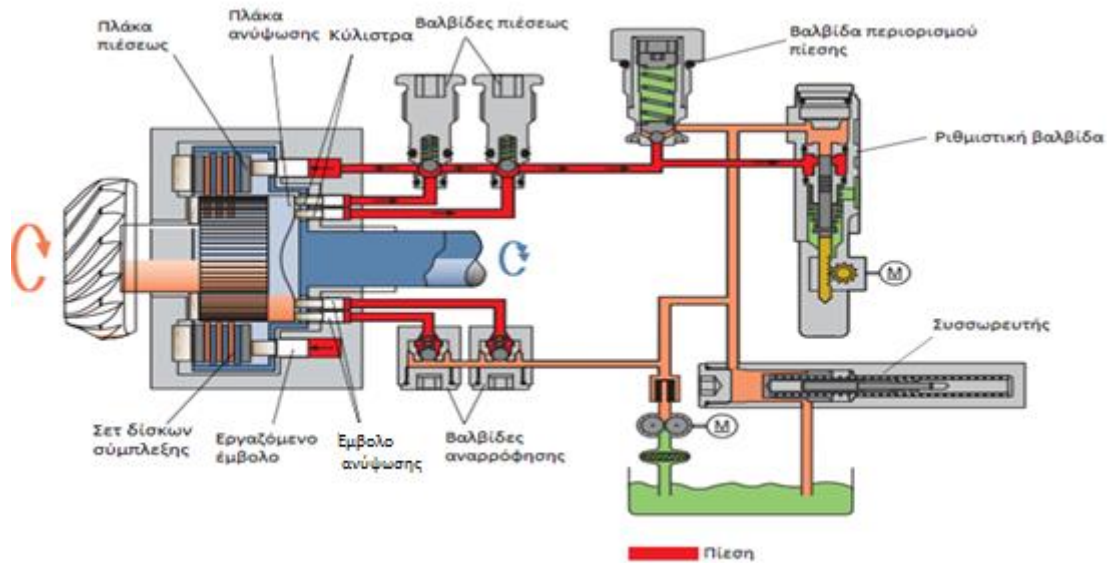
εργαζόμενο έμβολο μέσω της ρυθμιστικής βαλβίδας και διαμέσου των βαλβίδων πίεσης. Το εργαζόμενο έμβολο έρχεται επίσης σε επαφή με την πλάκα ανύψωσης. Αυτή η προ-πίεση, που καθορίζεται από τον συσσωρευτή, εξαλείφει το κενό στο σετ των δίσκων, επιτρέποντας μια πολύ γρήγορη απόκριση του συμπλέκτη. Ένα επιπλέον καθήκον του συσσωρευτή είναι το να αποσβεννύει τις ταλαντώσεις της πίεσης.



Σχ.6.12 Σχηματική παράσταση πίεσης που αναπτύσσετε στην αντλία του συμπλέκτη (προ-πίεση).

Πίεση που αναπτύσσεται από τα έμβολα ανύψωσης (ρυθμιστική βαλβίδα κλειστή)

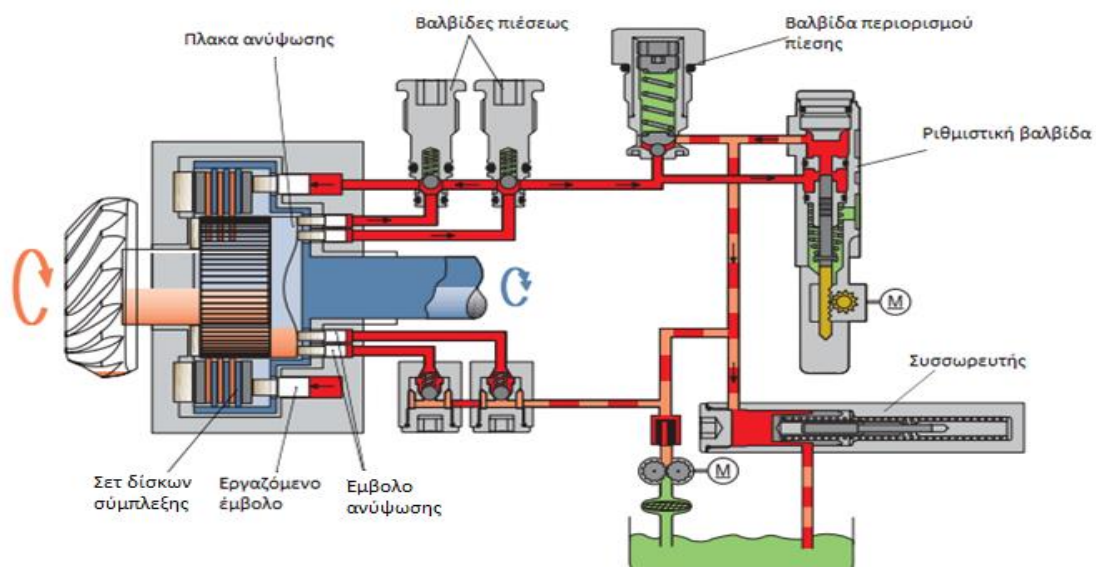
Η πίεση που αναπτύσσεται από τα έμβολα ανύψωσης μεταφέρεται στο εργαζόμενο έμβολο μέσω των βαλβίδων πίεσης. Η πλάκες σύμπλεξης κλείνουν και έτσι επιταχύνεται η σύνδεση μεταξύ των αξόνων εισαγωγής και εξαγωγής. Η πίεση στις πλάκες καθορίζεται από την ρυθμιστική βαλβίδα. Ο ηλεκτροκινητήρας θέσεως που ενεργοποιείται από την μονάδα ελέγχου του συμπλέκτη Haldex προσαρμόζει την ρυθμιστική βαλβίδα. Αν η ρυθμιστική βαλβίδα είναι κλειστή, τότε ασκείται η μέγιστη πίεση στους συμπλέκτες. Αυτή η μέγιστη πίεση καθορίζεται από την βαλβίδα περιορισμού πίεσης.



Σχ.6.13 Σχηματική παράσταση πίεσης που αναπτύσσεται από το έμβολο ανύψωσης (ρυθμιστική βαλβίδα κλειστή).

Πίεση που αναπτύσσεται στο έμβολο ανύψωσης (ρυθμιστική βαλβίδα ανοιχτή κατά το ένα τρίτο)

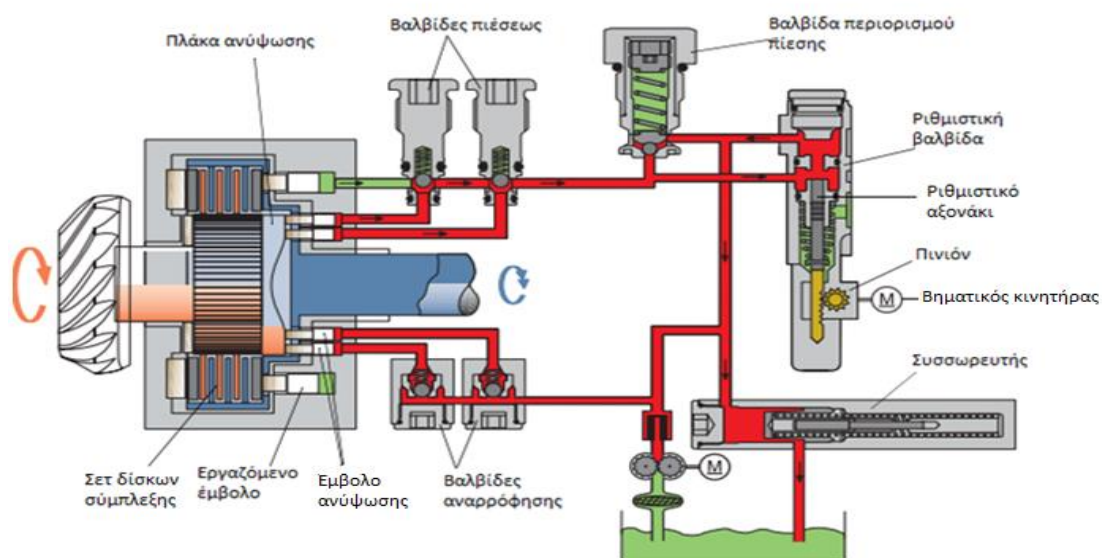
Όταν συμβαίνει αυτό, επιτρέπει μια ποσότητα λαδιού να επιστρέψει στα κάρτερ του λαδιού μέσω του συσσωρευτή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μια μείωση της πίεσης, έτσι ώστε ο συμπλέκτης να επιτρέπει περιορισμένη μετάδοση της ροπής. Με αυτόν τον τρόπο περιορίζεται και το ποσοστό της τετρακίνησης κάτω από συγκεκριμένες οδικές συνθήκες.



Σχ.6.14 Σχηματική παράσταση πίεσης που αναπτύσσεται από το έμβολο ανύψωσης (ρυθμιστική βαλβίδα ανοιχτή κατά το ένα τρίτο).

Πίεση που αναπτύσσεται στο έμβολο ανύψωσης (ρυθμιστική βαλβίδα ανοιχτή)

Όταν αυτή η βαλβίδα είναι ανοιχτή, επιτρέπει στο λάδι να επιστρέψει στα κάρτερ του λαδιού μέσω του συσσωρευτή. Έτσι δεν έχουμε καθόλου πίεση στο εργαζόμενο έμβολο και οι πλάκες σύμπλεξης είναι ανοιχτές και δεν έχουμε καθόλου μετάδοση ροπής. Ο συσσωρευτής διατηρεί την προ-πίεση στην γραμμή επιστροφής της ρυθμιστικής βαλβίδας. Επίσης υπάρχει μια προ-πίεση τεσσάρων bar στην γραμμή επιστροφής ανάμεσα στην ρυθμιστική βαλβίδα και τον συσσωρευτή.

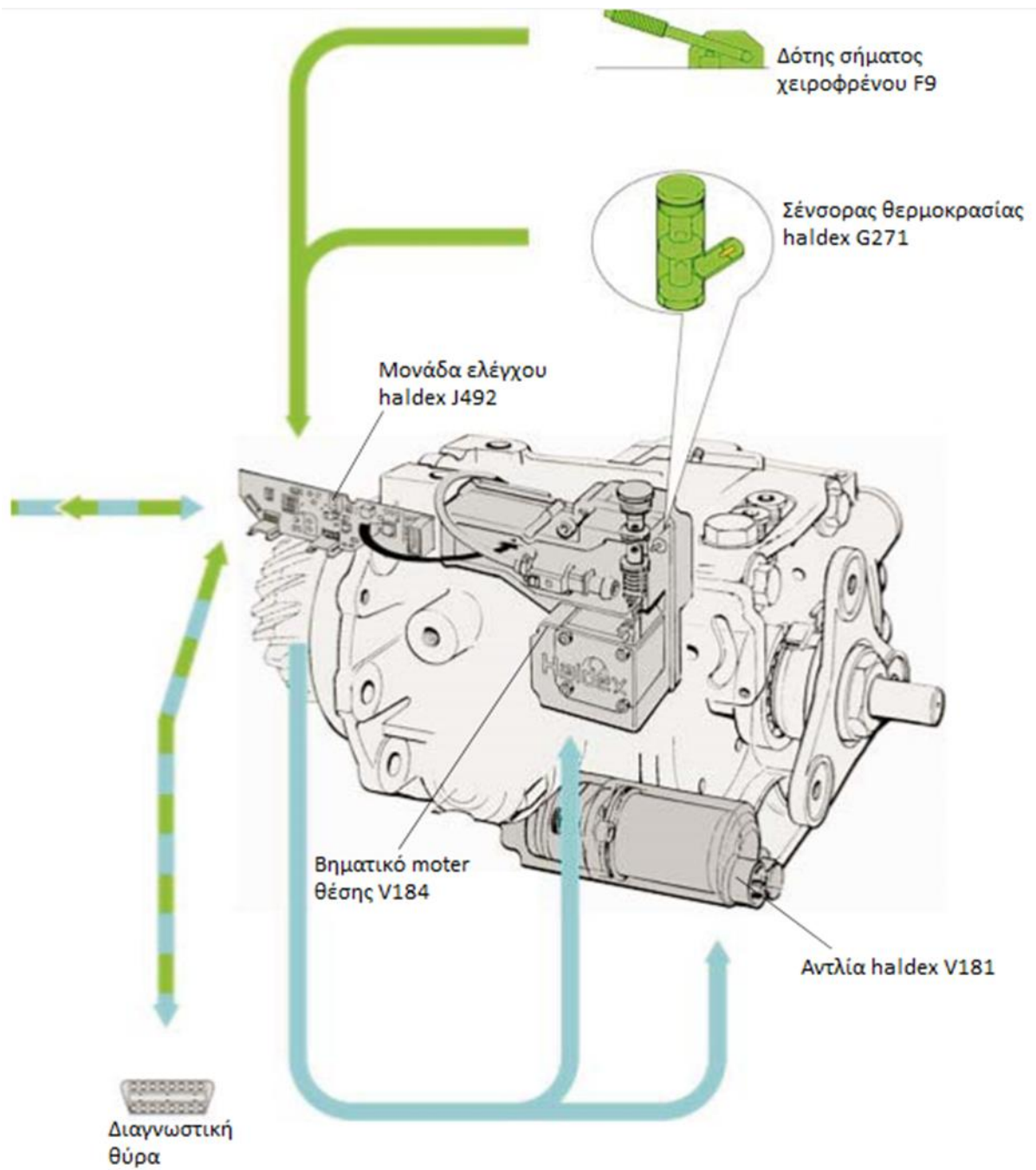


Σχ.6.15 Σχηματική παράσταση πίεσης που αναπτύσσεται από το έμβολο ανύψωσης (ρυθμιστική βαλβίδα ανοιχτή).

6.6 Ηλεκτρικό μέρος

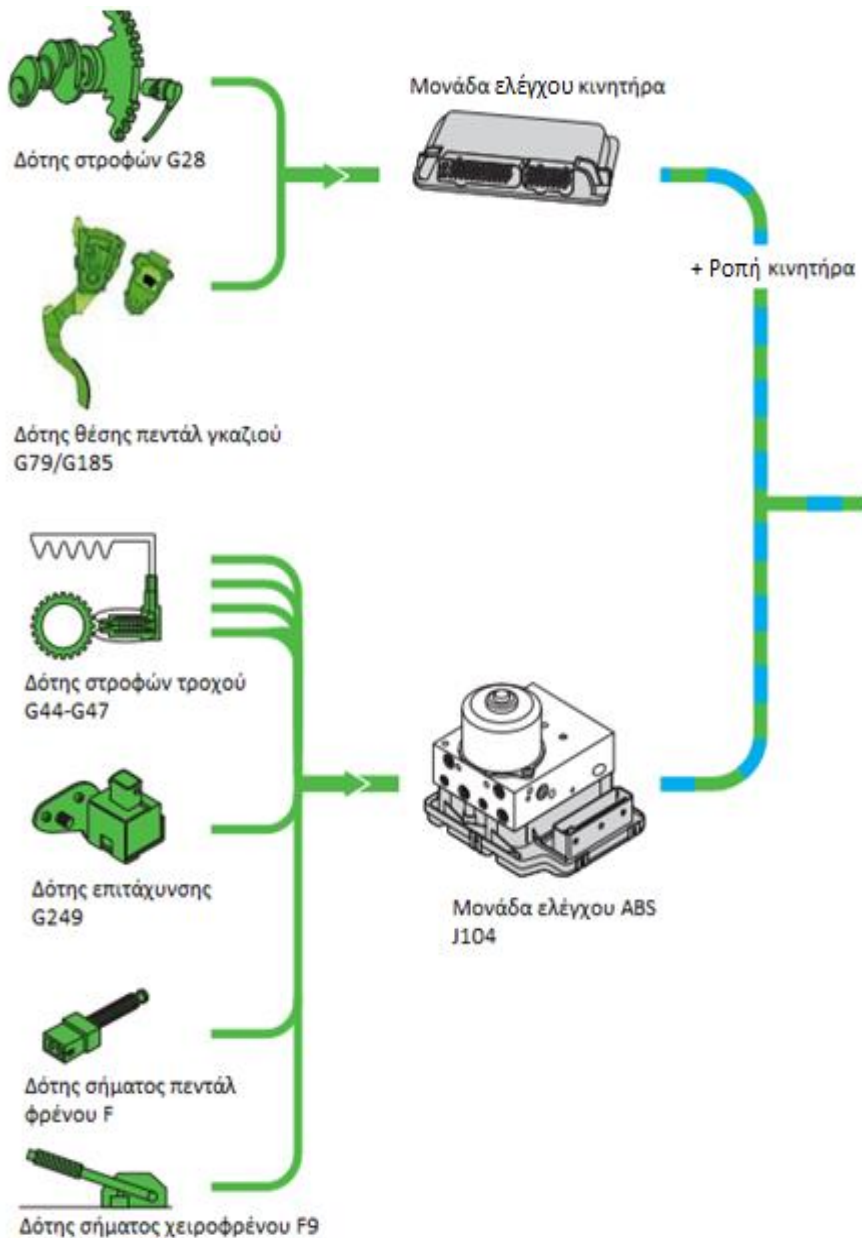
Επισκόπηση συστήματος

Το ηλεκτρικό μέρος του Haldex αποτελεί ένα από τα πιο βασικά μέρη του συστήματος. Η μονάδα ελέγχου του συμπλέκτη, σε συνεργασία με τους δότες που του συστήματος, επεξεργάζεται πληθώρα πληροφοριών και δίνει τα κατάλληλα σήματα έτσι ώστε να έχουμε την επιθυμητή λειτουργία της σύζευξης. Τα κύρια μέρη του ηλεκτρικού μέρους απεικονίζονται στο Σχ.6.16.



Σχ.6.16 Σχηματική παράσταση μεταφοράς σημάτων ηλεκτρικού συστήματος μονάδας Haldex.

Στο Σχ.6.17 παριστάνονται σχηματικά οι αισθητήρες μέτρησης των παραμέτρων κίνησης του οχήματος και το κύκλωμα μεταφοράς τους με τις μονάδες ελέγχου κινητήρα και ABS.



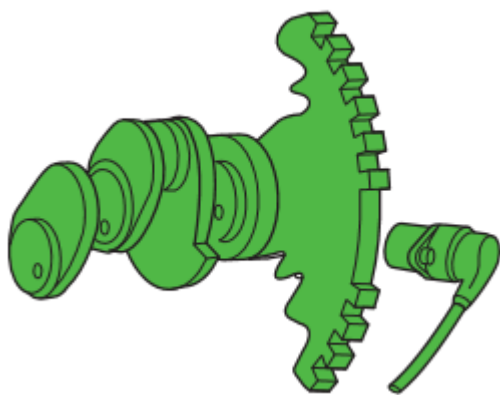
Σχ.6.17 Αισθητήρες και μονάδες ελέγχου κινητήρα και ABS.

Μονάδα ελέγχου του κινητήρα

Η μονάδα ελέγχου του κινητήρα (Σχ.6.17) μπορεί να είναι τοποθετημένη σε διαφορετικά σημεία, αλλά συνήθως βρίσκεται στον χώρο των επιβατών. Η λειτουργία της μονάδας ελέγχου είναι βασισμένη στην ροπή στρέψης. Μαζί με τα σήματα CAN bus η μονάδα ελέγχου δέχεται πληροφορίες για τις στροφές της μηχανής, για την θέση του πεντάλ γκαζιού και για την ροπή στρέψης κινητήρα.

Δότης στροφών του κινητήρα

Ο δότης στροφών κινητήρα (Σχ.6.18) είναι ένας επαγωγικός αισθητήρας και είναι τοποθετημένος κοντά στο φίλτρο λαδιού στην αριστερή μεριά του κινητήρα. Ο αισθητήρας καταγράφει την ακριβή θέση του στροφαλοφόρου άξονα προσδιορίζοντας την ανάφλεξη, τον ψεκασμό και τις στροφές του κινητήρα. Με το που θα στραφεί ο κινητήρας, ο οδοντωτός δακτύλιος περιστρέφεται μπροστά από τον δότη στροφών δημιουργώντας μια εναλλασσόμενη τάση, η συχνότητα της οποίας αλλάζει μαζί με τις στροφές της μηχανής. Από αυτή τη συχνότητα η μονάδα ελέγχου καταλαβαίνει τις στροφές του κινητήρα. Για να καταλαβαίνει η μονάδα τη θέση του στροφαλοφόρου, ο οδοντωτός δακτύλιος έχει ένα κενό που ισοδυναμεί με δυο δόντια. Αυτό είναι και το σημείο αναφοράς.

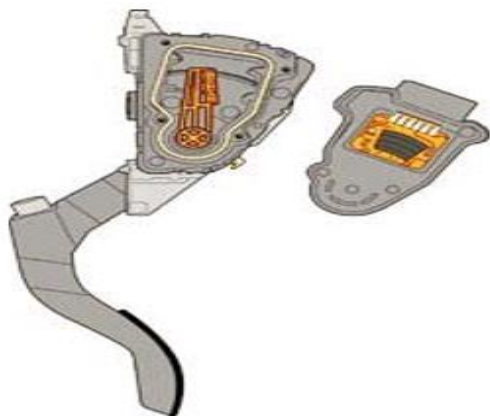


Σχ.6.18 Δότης στροφών κινητήρα.

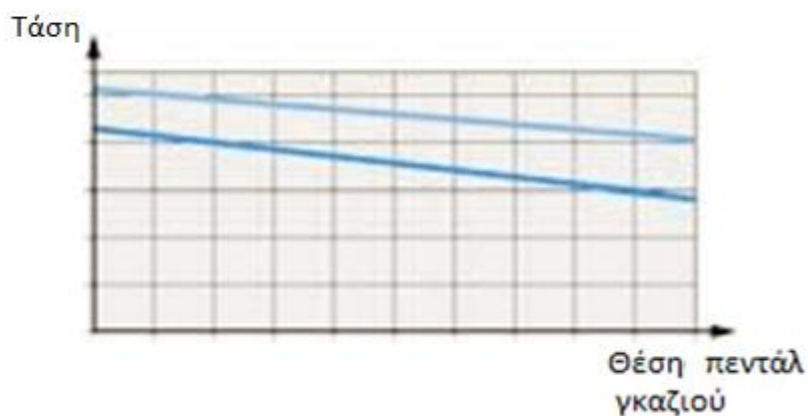
Δότης θέσης πεντάλ γκαζιού

Ο δότης θέσης πεντάλ γκαζιού μεταφέρει την ακριβή θέση του πεντάλ γκαζιού στην ECM (μονάδα ελέγχου). Από την θέση του πεντάλ γκαζιού και τις στροφές του κινητήρα η μονάδα ελέγχου υπολογίζει, βάσει του διαγράμματος ροπής – στοφών του κινητήρα, την εκάστοτε ροπή. Ο δότης πεντάλ γκαζιού, με δυο ανεξάρτητα ποτενσιόμετρα, στέλνει ένα αναλογικό σήμα στην ECM (μονάδα ελέγχου) και για να υποστηρίξει την λειτουργία του EPC (ηλεκτρονικός ενεργοποιητής πεντάλ γκαζιού). Η μονάδα ελέγχου ελέγχει τα δυο ποτενσιόμετρα για την σωστή λειτουργία τους. Αν κάποιο από αυτά τα δυο ποτενσιόμετρα

αστοχήσει, ανάβει η ενδεικτική λυχνία στον πίνακα οργάνων και το δεύτερο ποτενσιόμετρο λειτουργεί ως υποστηρικτικό για να μπορέσει να οδηγηθεί το όχημα.



ERC= ηλεκτρονικός ενεργοποιητής πεντάλ γκαζιού. (Το σύστημα με μηχανική ντίζα γκαζιού έχει αντικατασταθεί με το σύστημα του ηλεκτρονικού πεντάλ γκαζιού).



Σχ.6.19 Διάγραμμα θέσεων πεντάλ γκαζιού- τάσης.

Μονάδα ελέγχου ABS

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του ABS είναι συνδεδεμένη με την υδραυλική μονάδα. Με το που ανοίγει ο διακόπτης ανάφλεξης, η μονάδα ελέγχου προχωρεί σε αυτοδιάγνωση. Η μονάδα αποτελείται από δυο επεξεργαστές, κάτι που βελτιστοποιεί τα επίπεδα ασφάλειας. Σε συνδυασμό με τον έλεγχο των μεμονωμένων εξαρτημάτων οι δυο επεξεργαστές ελέγχουν ο ένας τον άλλον.

Τα παρακάτω σήματα παρέχονται στη μονάδα του Haldex που είναι:

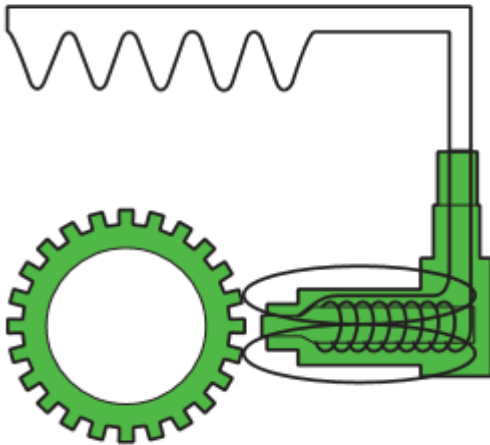
- Ταχύτητα τροχού.
- Θέση πεντάλ φρένου.
- Θέση χειρόφρενου.
- Πλευρική επιτάχυνση.

Αν το αυτοκίνητο είναι εξοπλισμένο και με ESP, τότε η μονάδα ελέγχου, του ESP έχει προτεραιότητα έναντι της μονάδας ελέγχου της τετρακίνησης.

Στο απίθανο γεγονός μιας αστοχίας της μονάδας ελέγχου ο οδηγός θα μπορεί να φρενάρει κανονικά το όχημα χωρίς όμως να έχει στην διάθεση του τις λειτουργίες του ABS και της τετρακίνησης.

Δότης στροφών τροχού

Οι δότες αυτοί ανιχνεύουν την αλλαγή στην ταχύτητα του τροχού και στέλνουν αυτήν την πληροφορία στην μονάδα ελέγχου του ABS στην ίδια μορφή με τον αισθητήρα στροφών της μηχανής.



Σχ.6.20 Δότης στροφών τροχού.

Ο αισθητήρας στροφών του τροχού είναι τοποθετημένος στην άκρη του άξονα (μουαγέ). Υπάρχει ένας οδοντωτός τροχός ο οποίος περιστρέφεται μαζί με την πλήμη του τροχού και κατά την περιστροφή του δημιουργείται ένα σήμα στον αισθητήρα, του οποίου η συχνότητα είναι ανάλογη των στροφών του τροχού. Από αυτήν την συχνότητα η μονάδα ελέγχου καταλαβαίνει την ταχύτητα του τροχού. Σε περίπτωση απώλειας σήματος από κάποιον από τους αισθητήρες τροχών σταματά η λειτουργία της μονάδας του ABS και του Haldex.

Αισθητήρας πλευρικής επιτάχυνσης

Ο αισθητήρας πλευρικής επιτάχυνσης G240 είναι τοποθετημένος στην κολώνα στην μεριά του συνοδηγού. Όταν ο συμπλέκτης Haldex είναι κλειστός, οι εμπρόσθιοι και οι οπίσθιοι τροχοί εμπλέκονται συγχρόνως. Η ταχύτητα του οχήματος υπολογίζεται βάσει των σημάτων των αισθητήρων ταχύτητας των τροχών. Αυτός ο υπολογισμός της ταχύτητας κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορεί να είναι ανακριβής (όπως σε περιπτώσεις ολίσθησης). Η μετρούμενη πλευρική επιτάχυνση είναι απαραίτητη για την ακριβή εκτίμηση της πραγματικής ταχύτητα του οχήματος.

Χωρίς την επιπλέον μέτρηση της πλευρικής επιτάχυνσης δεν είναι δυνατόν να προσδιορίσουμε την αληθινή ταχύτητα του οχήματος σε άσχημες συνθήκες οδήγησης. Το ESP και το TCS σταματούν την λειτουργία τους. Όταν ενεργοποιείται το ESP, ανοίγει και συμπλέκτης Haldex

Βαλβίδα πεντάλ φρένου

Η βαλβίδα πεντάλ φρένου F είναι τοποθετημένη στο επάνω μέρος του πεντάλ του φρένου και στέλνει στην μονάδα του ABS το σήμα ότι το φρένο έχει πατηθεί. Αυτή με την σειρά της ενημερώνει την μονάδα του Haldex μέσω CAN BUS και τότε η μονάδα του Haldex αμέσως αποσυμπιέζει τον συμπλέκτη Haldex.

Διακόπτης χειρόφρενου

Ο διακόπτης χειρόφρενου F9 είναι τοποθετημένος κάτω από τον μοχλό του χειρόφρενου. Ο διακόπτης αυτός στέλνει το σήμα ενεργοποίησης του χειρόφρενου στην μονάδα του ABS και στην μονάδα του Haldex. Με το που λάβει η μονάδα του Haldex το σήμα της ενεργοποίησης αυτής, κατευθείαν αποσυμπιέζεται η τετρακίνηση. Σε περίπτωση απώλειας σήματος από αυτόν τον αισθητήρα δεν έχουμε τετρακίνηση και υπάρχουν περιορισμοί στο σύστημα του ABS.

Αισθητήρας θερμοκρασίας συμπλέκτη Haldex

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας G271 είναι τοποθετημένος δίπλα στην ρυθμιστική βαλβίδα πίεσεως και είναι βυθισμένος μέσα στο υδραυλικό υγρό. Ο αισθητήρας αυτός μετράει την πραγματική θερμοκρασία του υδραυλικού υγρού μέσω ενός θερμίστορ που πληροφορεί την μονάδα ελέγχου του Haldex. Αυτή η πληροφορία χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του ιξώδους του υδραυλικού υγρού.

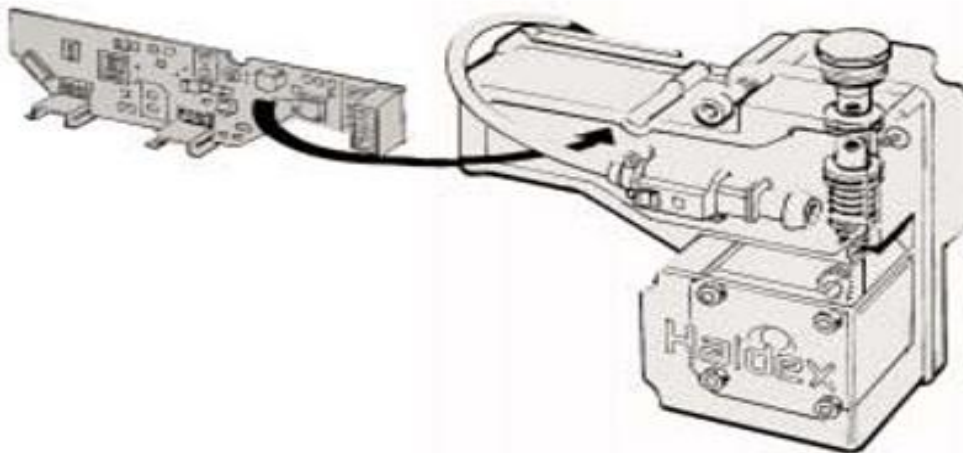
Θερμοκρασία	Ιξώδες υδραυλικού υγρού	Ρυθμιστική βαλβίδα
Κατώτατο όριο	Υψηλό ιξώδες	Ελαφρώς ανοιχτή
Συνήθης 20°C	Μέσο ιξώδες	Κανονικά ανοιχτή
Πάνω από 20°C	Χαμηλό ιξώδες	Ελαφρώς κλειστή

Πιν.6.1 Κατάσταση λειτουργίας ρυθμιστικής βαλβίδας της συναρτήσεως θερμοκρασίας και ιξώδους του υδραυλικού υγρού.

Αν η θερμοκρασία του υδραυλικού υγρού υπερβεί τους 100°C, ο συμπλέκτης αποσυμπιέζεται. Αν η πίεση πέσει και η θερμοκρασία είναι κάτω από τους 100°C, αρχίζει πάλι να συμπιέζεται. Σε περίπτωση απώλειας του σήματος σταματά η τετρακίνηση.

Μονάδα ελέγχου Haldex

Η μονάδα ελέγχου του Haldex G492 είναι τοποθετημένη απευθείας στο κέλυφος του συμπλέκτη Haldex, αποτελώντας μια ενιαία μονάδα με τον ηλεκτροκινητήρα θέσεως και την ρυθμιστική βαλβίδα (Σχ.6.21).

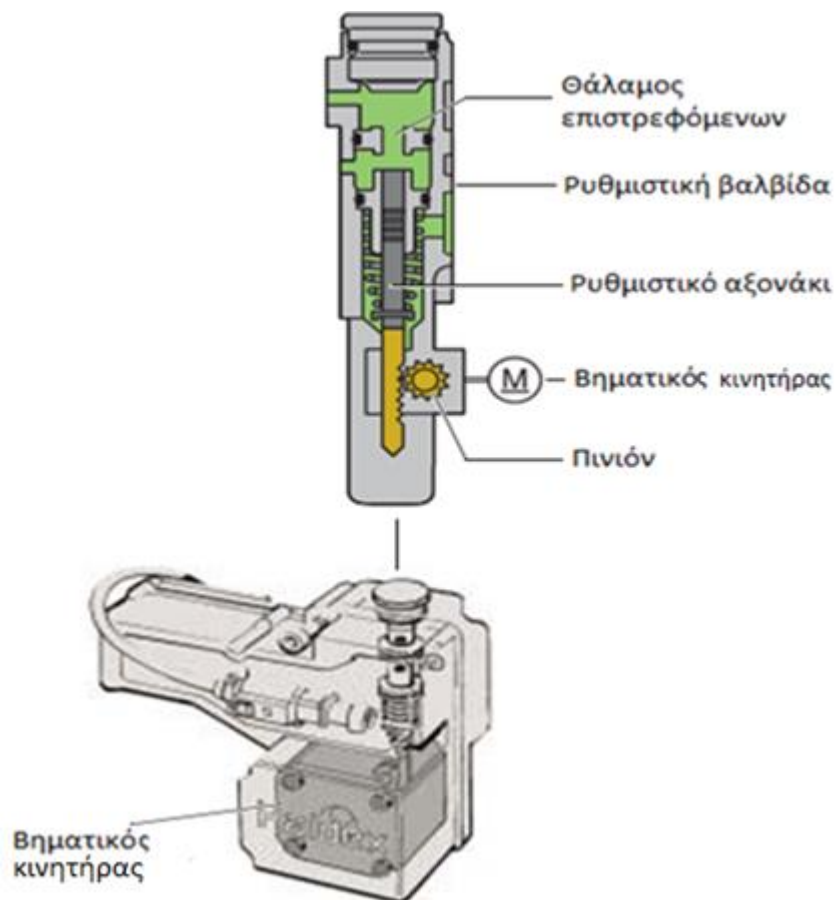


Σχ.6.21 Μονάδα ελέγχου Haldex.

Η μονάδα ελέγχου του Haldex συνδέεται με την μονάδα ελέγχου του κινητήρα και του ABS μέσω της καλωδίωσης CAN BUS. Από τα σήματα τα οποία μεταδίδονται από τους αισθητήρες η μονάδα του Haldex αποφασίζει πόση πίεση λαδιού θα ασκήσει πάνω στον συμπλέκτη. Η πίεση λαδιού που δρα πάνω στον συμπλέκτη Haldex καθορίζει την ροπή στρέψης του πίσω άξονα. Σε περίπτωση απώλειας σήματος της μονάδας δεν έχουμε τετρακίνηση. (Για οχήματα με αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων σήματα ανταλλάσσονται μεταξύ της μονάδας ελέγχου του κινητήρα και της μονάδας του αυτομάτου κιβωτίου ταχυτήτων).

Βηματικός ηλεκτροκινητήρας

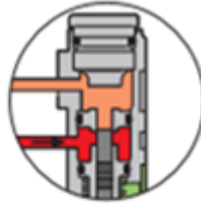
Ο βηματικός ηλεκτροκινητήρας V184 είναι και αυτός μέσα στον συμπλέκτη Haldex.



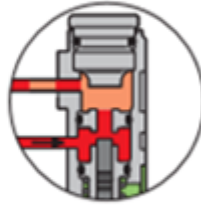
Σχ.6.22 Βηματικός ηλεκτροκινητήρας.

Ο κινητήρας αυτός τροφοδοτείται με τάση από την μονάδα ελέγχου του Haldex. Κατόπιν εντολής από την μονάδα του Haldex ο κινητήρας αυτός μέσω ενός μικρού γραναζιού κινεί το ρυθμιστικό αξονάκι μέσα στην ρυθμιστική βαλβίδα. Το ύψος κατά το οποίο θα μετακινηθεί αυτό το αξονάκι αλλάζει την διαδρομή επιστροφής του υγρού μέσα στην ρυθμιστική βαλβίδα. Με αυτόν τον τρόπο υπολογίζεται η πίεση που ασκείται στο εργαζόμενο έμβολο των δίσκων σύμπλεξης.

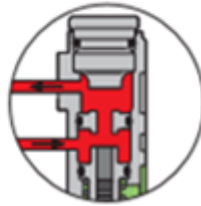
Ρυθμιστής πίεσης κλειστός:
μέγιστη πίεση στον συμπλέκτη



Ρυθμιστής πίεσης μερικώς
ανοικτός: μειωμένη πίεση στον
συμπλέκτη



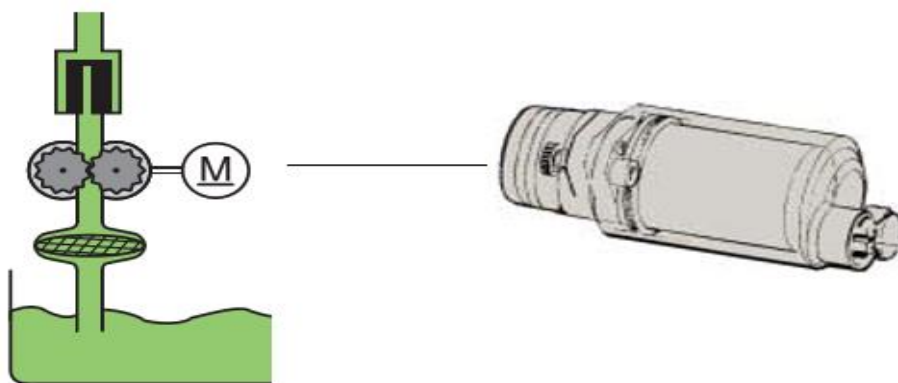
Ρυθμιστής πίεσης τελείως ανοικτός:
καθόλου πίεση στον συμπλέκτη



Σχ.6.23 Καταστάσεις λειτουργίας του ρυθμιστή πίεσης της μονάδας Haldex.

Αντλία του συμπλέκτη Haldex

Η αντλία του συμπλέκτη V181 είναι και αυτή τοποθετημένη μέσα στο κέλυφος του συμπλέκτη. Αμέσως μετά την εκκίνηση του κινητήρα και μόλις οι στροφές του κινητήρα υπερβούν τις 400 rpm, η ηλεκτροκίνητη - γριναζωτή αυτή αντλία τροφοδοτείται από την μονάδα του Haldex με τάση.



Σχ.6.24 Αντλία συμπλέκτη Haldex.

Η αντλία τροφοδοτεί με λάδι το έμβολο ανύψωσης και το φέρνει σε επαφή με την πλάκα ανύψωσης. Την ίδια στιγμή το λάδι φτάνει στο εργαζόμενο έμβολο και έτσι εξαλείφεται κάθε κενό στην μονάδα του συμπλέκτη, ώστε να εξασφαλίζεται γρήγορη απόκριση.



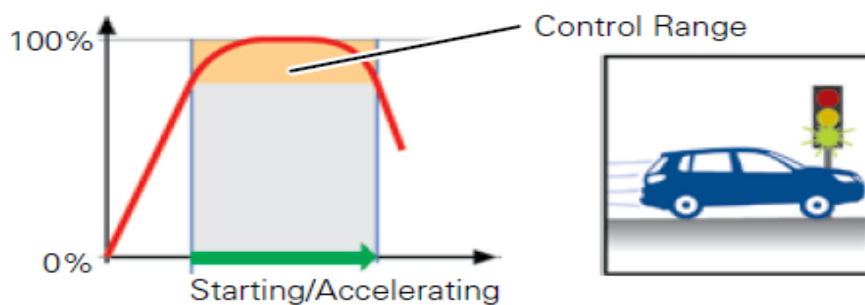
Σχ.6.25 Αντλία συμπλέκτη Haldex πρώτης γενιάς.

6.7 Συνθήκες οδήγησης

Η συμπεριφορά ενός οχήματος εξοπλισμένου με σύστημα Haldex σε διαφορετική κατάσταση πορείας εξηγείται στην συνέχεια.

Εκκίνηση ή επιτάχυνση

Κατά την εκκίνηση και την επιτάχυνση είναι σημαντικό να υπάρχει άμεσα διαθέσιμη για μικρό χρονικό διάστημα όση ακριβώς τετρακίνηση χρειάζεται. Κατά την επιτάχυνση, το ηλεκτρονικό σύστημα αναγνωρίζει την ολίσθηση στον μπροστινό άξονα που παρουσιάζεται λόγω της μετατόπισης βάρους προς τον οπίσθιο άξονα. Η ολίσθηση αυτή αντισταθμίζεται και έτσι η κινητήρια δύναμη κατανέμεται ιδανικά στους δύο άξονες. Επειδή απαιτείται υψηλή ροπή στον πίσω άξονα, η ρυθμιστική βαλβίδα κλείνει τελείως και η πίεση επί των δίσκων του συμπλέκτη φτάνει στο μέγιστο.

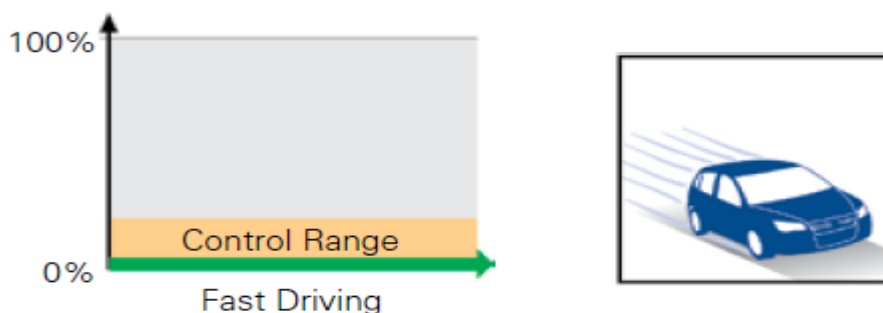


Σχ.6.26 Διάγραμμα εκκίνησης ή επιτάχυνσης.

Γρήγορη οδήγηση

Κατά τη γρήγορη οδήγηση στο όχημα δεν απαιτείται η εμπλοκή της τετρακίνησης για λόγους οικονομίας καυσίμου, σε περίπτωση όμως ολίσθησης ενός

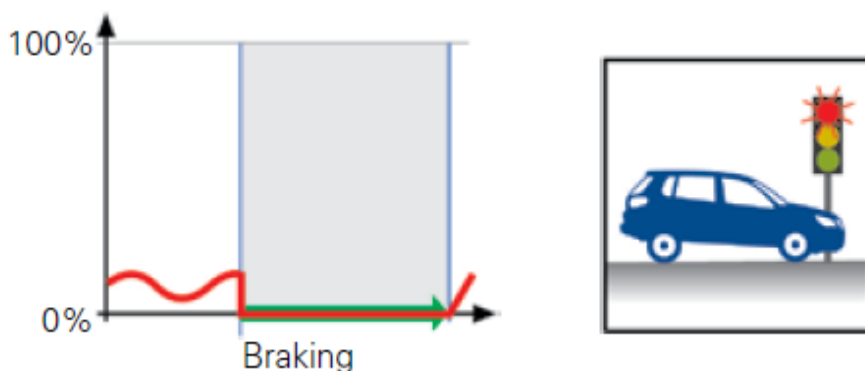
τροχού είναι αναγκαία και απαιτείται μόνο μια χαμηλή δύναμη στον οπίσθιο άξονα. Συνεπώς η πίεση είναι ελεγχόμενη ανάλογα με την ζήτηση.



Σχ.6.27 Διάγραμμα γρήγορης οδήγησης.

Πέδηση

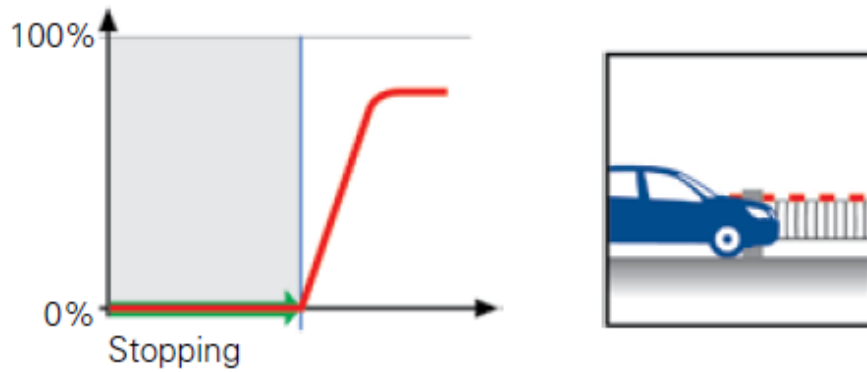
Καμία ροπή δεν μεταφέρεται στον πίσω άξονα κατά την διάρκεια της πέδησης. Η ρυθμιστική βαλβίδα ανοίγει και η πίεση στο εργαζόμενο έμβολο μειώνεται, ώστε ο συμπλέκτης να απεμπλακεί και συνεπώς δεν υπάρχει τετρακίνηση.



Σχ.2.25 Διάγραμμα πέδησης.

Ακινητοποίηση

Στη φάση ακινητοποίησης ο συμπλέκτης είναι απενεργοποιημένος για όσο διάστημα το όχημα είναι ακινητοποιημένο. Όταν το όχημα σταματήσει, η μονάδα ελέγχου χρησιμοποιεί το σήμα θέσης του πεντάλ γκαζιού. Με την εκκίνηση του οχήματος αναπτύσσεται πάλι πίεση λαδιού και είναι πλέον διαθέσιμη η πλήρης ροπή για την εμπλοκή της τετρακίνησης.



Σχ.2.26 Διάγραμμα ακινητοποίησης.

Ελιγμοί στάθμευσης

Όσο διαρκούν οι ελιγμοί στάθμευσης, μόνο μια χαμηλή ροπή μεταφέρεται στον πίσω άξονα. Ο συμπλέκτης ελέγχεται βάση των μεταβαλλόμενων απαιτήσεων και με βάση τα σήματα των αισθητήρων για την εμπλοκή ή την απεμπλοκή της τετρακίνησης.



Σχ.2.27 Διάγραμμα ελιγμών στάθμευσης.

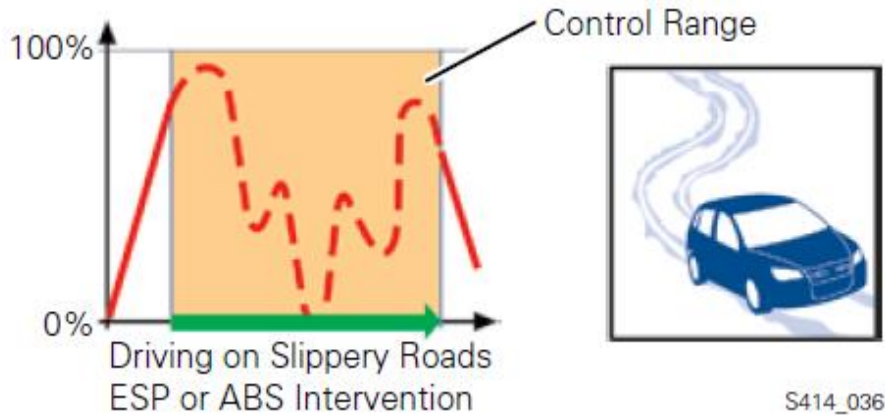
Ρυμούλκηση

Όσο το όχημα είναι σε φάση ρυμούλκησης, ο συμπλέκτης δεν ενεργοποιείται. Ο διακόπτης της ανάφλεξης μπορεί να είναι ανοιχτός για να δουλεύουν τα φώτα με τη μηχανή σβηστή. Ρυμούλκηση με τον έναν άξονα ανασηκωμένο δεν είναι πρόβλημα.

Οδήγηση σε ολισθηρό οδόστρωμα

Η υδραυλική πίεση του συμπλέκτη ελέγχεται και εξαρτάται από τις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις. Οι πληροφορίες έρχονται από την μονάδα του ABS, η οποία ανιχνεύει την ολίσθηση από τους αισθητήρες των τροχών και κάνει τους ανάλογους υπολογισμούς διόρθωσης.

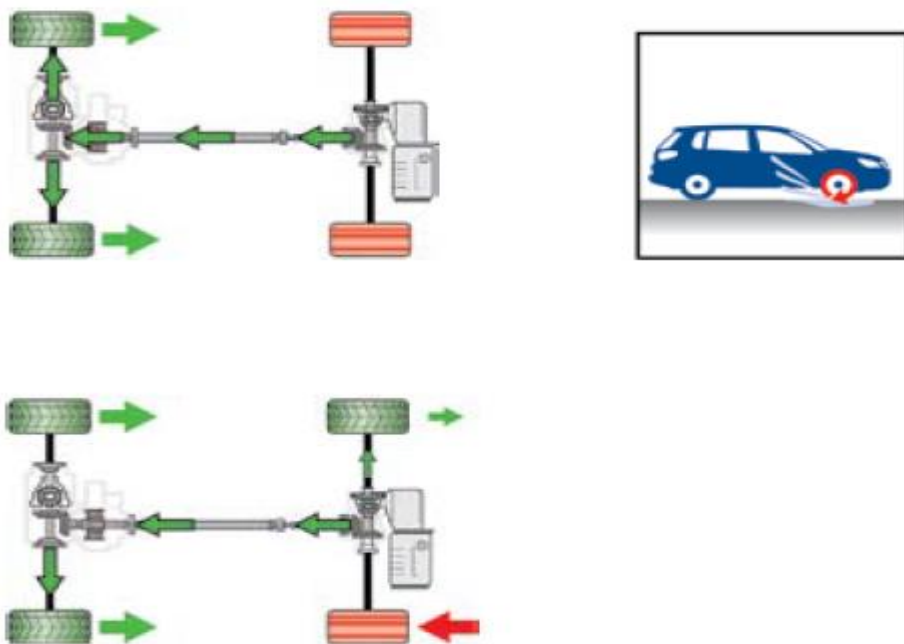
Όταν κάποιος τροχός ολισθαίνει, το ποσοστό εμπλοκής του συμπλέκτη ελέγχεται μέσα από την μονάδα του ABS. Για παράδειγμα ο συμπλέκτης μπορεί να απεμπλακεί εντελώς σε μια παρέμβαση του ABS και να εμπλακεί σε μια παρέμβαση του ESP (Electronic Stability Program) (Σχ.2.28).



Σχ.2.28 Διάγραμμα οδήγησης σε ολισθηρό οδόστρωμα.




Εκκίνηση με ολίσθηση (πάγος η χιόνι)





Η τετρακίνηση εμπλέκεται όταν και οι δυο εμπρόσθιοι τροχοί χάσουν πρόσφυση (Σχ.2.29). Ο πίσω άξονας παραλαμβάνει όλη την ροπή στρέψης. Αν μόνο ένας μπροστινός τροχός σπινάρει, ενεργοποιείται η αναστολή διαφορισμού, ώστε να μειωθεί η μεταφορά ροπής στον τροχό που ολισθαίνει και να αυξηθεί σε αυτόν που έχει πρόσφυση. Την ίδια ώρα η τετρακίνηση ενεργοποιείται και ένα μεγάλο ποσοστό ροπής μεταφέρεται στον πίσω άξονα.



Σχ.2.29 Εμπλοκή της τετρακίνησης κατά την εκκίνηση σε ολισθηρό οδόστρωμα.

Οι καταστάσεις πορείας που έχουν περιγραφεί προηγουμένως παριστάνονται στον Πιν.6.1. Για κάθε κατάσταση πορείας φαίνονται στον πίνακα τα σήματα εισόδου (παράμετροι κίνησης του οχήματος) που χρησιμοποιεί η μονάδα ελέγχου, η κατάσταση των δίσκων σύμπλεξης (αν δηλαδή πιέζονται μεταξύ τους έτσι ώστε να μεταφέρουν ροπή στον πίσω άξονα), η απαιτούμενη ροπή για τον πίσω άξονα, καθώς και η διαφορά ταχυτήτων μεταξύ εμπρόσθιου και οπίσθιου άξονα.

	Οδήγηση με υψηλές ταχύτητες	Χαμηλή	Χαμηλή	Μεταβλητή πίεση επαφής	-Ροπή κινητήρα -Ταχύτητα κινητήρα -Θέση πεντάλ γκαζιού
	Επιτάχυνση	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή πίεση επαφής που μπορεί να φτάσει και στο μέγιστο	-Ροπή κινητήρα -Ταχύτητα κινητήρα -Θέση πεντάλ γκαζιού
	Ελιγμοί στάθμευσης	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή πίεση επαφής	-Ροπή κινητήρα -Ταχύτητα κινητήρα -Θέση πεντάλ γκαζιού
	Διαφορά ταχύτητας μεταξύ εμπρόσθιου και οπίσθιου άξονα				
	Ροπή που απαιτείται στον οπίσθιο άξονα				
	Κατάσταση των δίσκων σύμπλεξης				
	Σήματα εισόδου				

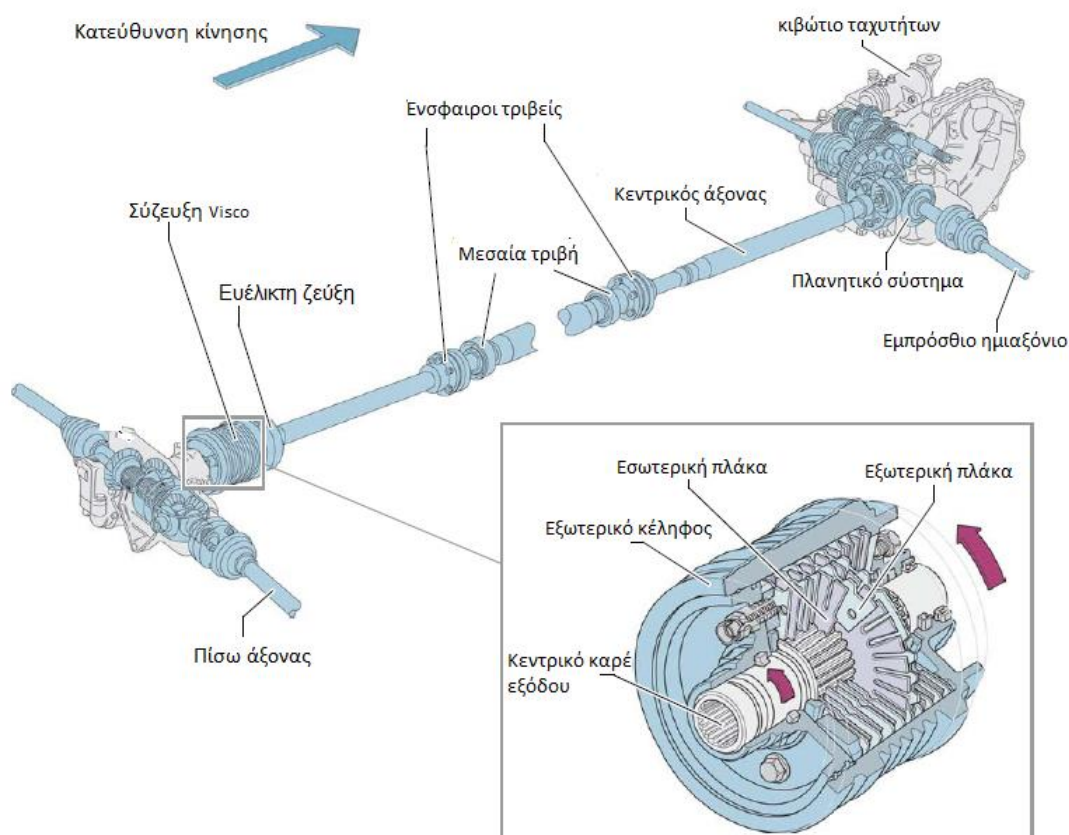
		Οδήγηση σε ολισθηρή επιφάνεια	Εναλλάσσεται μεταξύ υψηλής και χαμηλής πίεσης	Εναλλάσσεται μεταξύ υψηλής και χαμηλής πίεσης	Εναλλάσσεται μεταξύ υψηλής και χαμηλής πίεσης	Εναλλάσσεται από την φυσιολογική στην υψηλή	Φρενάρισμα		Ρυμούλκηση		Φρενομέτρηση (δυναμομέτρηση)	
Διαφορά ταχύτητας μεταξύ εμπρός και οπίσθιου άξονα			Εναλλάσσεται από την φυσιολογική στην υψηλή	Εναλλάσσεται από την φυσιολογική στην υψηλή	Εναλλάσσεται από την φυσιολογική στην υψηλή	Εναλλάσσεται από την φυσιολογική στην υψηλή	Φρενάρισμα	Εναλλάσσεται από την φυσιολογική στην υψηλή	Εναλλάσσεται από την φυσιολογική στην υψηλή	Εναλλάσσεται από την φυσιολογική στην υψηλή	Εναλλάσσεται από την φυσιολογική στην υψηλή	Εναλλάσσεται από την φυσιολογική στην υψηλή
Ροπή που απαιτείται στον οπίσθιο άξονα			Χαμηλή	0	0	0	Φρενάρισμα	Χαμηλή	0	0	0	0
Κατάσταση των δίσκων σύμπλεξης			Κλειστοί έως το μέγιστο	Ανοιχτοί ή ελαφρώς κλειστοί	Ανοιχτοί	Ανοιχτοί	Φρενάρισμα	Ανοιχτοί	Ανοιχτοί	Ανοιχτοί	Ανοιχτοί	Ανοιχτοί
Σήματα εισόδου			-Ροπή στρέψης κινητήρα -Ταχύτητα κινητήρα -Θέση πεντάλ γκαζιού -Αισθητήρας τετρακίνησης -Αντιστοιχίες πολυπλεξίας	-Αισθητήρες τετρακίνησης -Μέσω της μονάδας του ABS	-Αισθητήρες τετρακίνησης -Μέσω της μονάδας του ABS	-Αισθητήρες τετρακίνησης -Μέσω της μονάδας του ABS -Μέσω βαλβίδας πεντάλ φρένου	Φρενάρισμα	Ανοιχτοί Η ηλεκτρική αντλία προ - πίεσης είναι κλειστή όταν ο διακόπτης είναι κλειστός	Ανοιχτοί Η ηλεκτρική αντλία προ - πίεσης είναι κλειστή όταν ο διακόπτης είναι κλειστός	Ανοιχτοί Η ηλεκτρική αντλία προ - πίεσης είναι κλειστή όταν ο διακόπτης είναι κλειστός	Ανοιχτοί Η ηλεκτρική αντλία προ - πίεσης είναι κλειστή όταν ο διακόπτης είναι κλειστός	Ανοιχτοί Η ηλεκτρική αντλία προ - πίεσης είναι κλειστή όταν ο διακόπτης είναι κλειστός

Πιν.6.2 Καταστάσεις πορείας και συνθήκες οδήγησης.

7 ΜΟΝΤΕΛΑ GOLF ΚΑΙ TRANSPORTER ΕΦΟΔΙΑΣΜΕΝΑ ΜΕ HALDEX ΤΡΙΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ

7.1 Συγχρονισμένη τετρακίνηση με συμπλέκτη ιξώδους

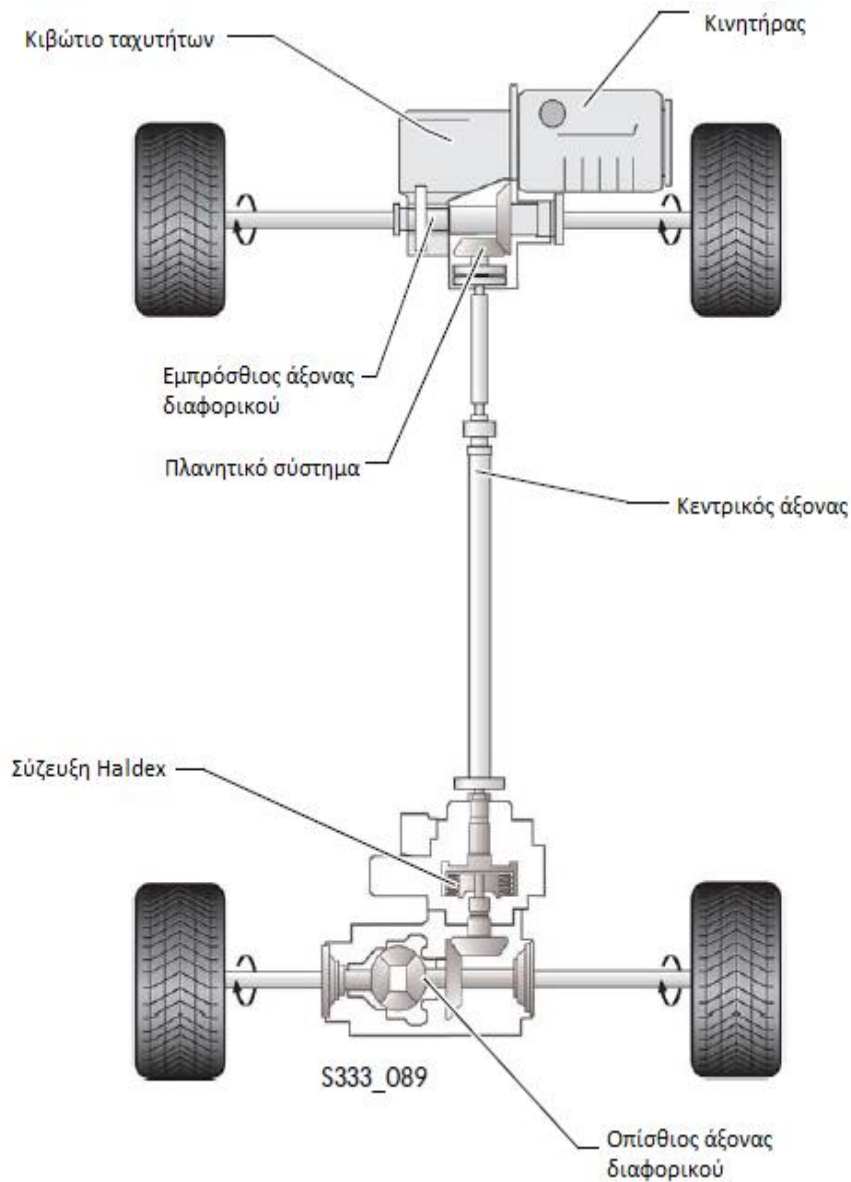
Οι συμπλέκτες ιξώδους βασίζονται στην ιδιότητα κάποιων υγρών κατά κύριο λόγο με βάση τη σιλικόνη να μεταβάλλουν ταχύτητα το ιξώδες τους ανάλογα με την αυξομείωση της θερμοκρασίας και χρησιμοποιούν αυτή την ιδιότητα για να περιορίσουν την διαφορά στην ταχύτητα περιστροφής των κινητήριων τροχών.



Σχ.7.1 Σύστημα μετάδοσης κίνησης με συνεκτική σύζευξη.

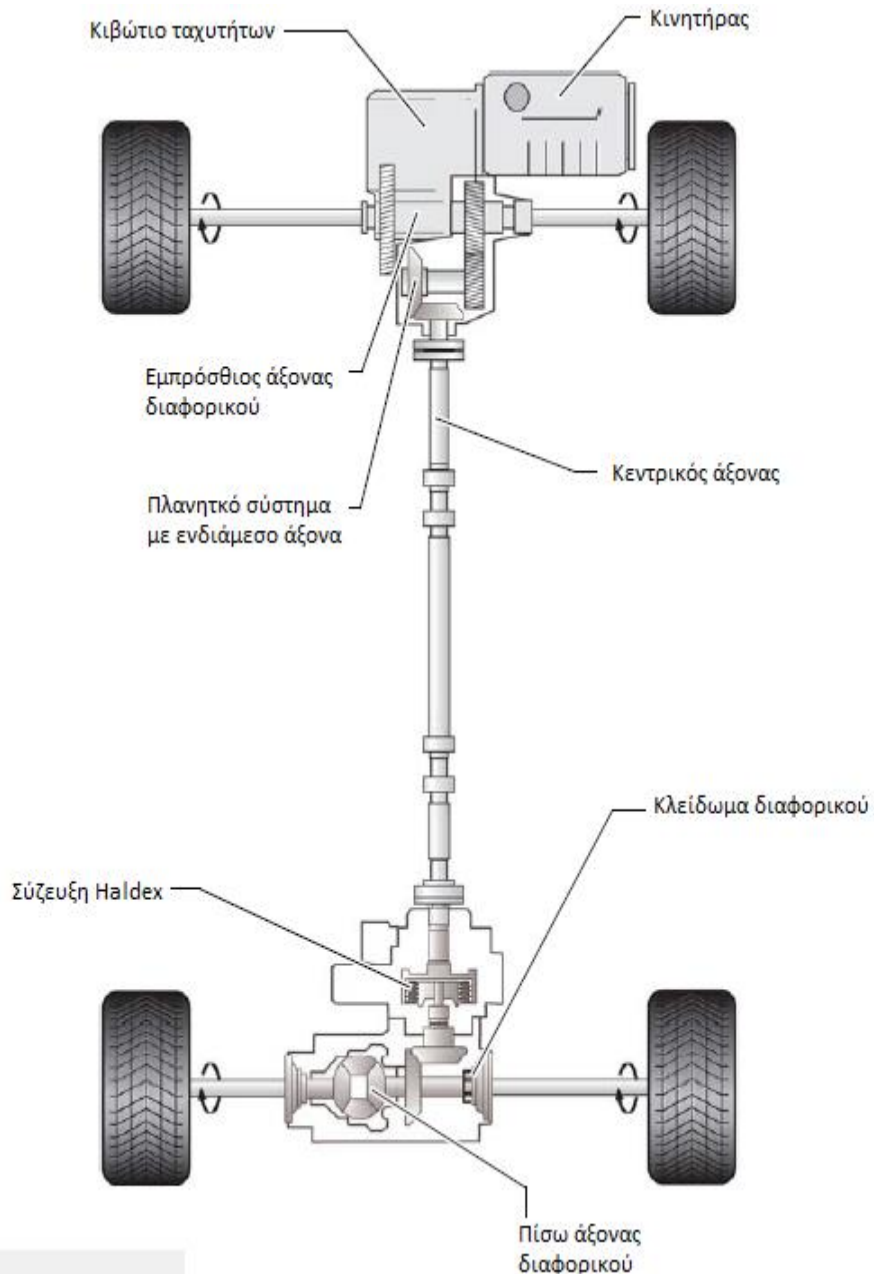
Οι εμπρόσθιοι τροχοί κινούνται μέσω των ημιαξονίων και του εμπρόσθιου διαφορικού όπως σε ένα συμβατικό σύστημα. Ο πίσω άξονας κινείται μέσω ενός συστήματος γραναζιών γωνιακής μετάδοσης, συνδεδεμένος με το εμπρόσθιο διαφορικό. Η δύναμη μεταφέρεται μέσω του κεντρικού άξονα στον συμπλέκτη Haldex και στον πίσω άξονα.

Όπως παρατηρούμε στα παρακάτω σχήματα, υπάρχουν κάποιες διαφορές όσον αναφορά τη μεταφορά της ροπής. Αρχικά έχουμε να κάνουμε με διαφορετικούς τύπους οχημάτων, άρα διαφορετική δομή του συστήματος μετάδοσης κίνησης. Έτσι οι διαφορές όπως το κιβώτιο ταχυτήτων, το εμπρόσθιο διαφορικό, τον κεντρικό άξονα, και τέλος η σύζευξη Haldex και το οπίσθιο διαφορικό είναι απόλυτα λογικές.



Σχ.7.2 Σύστημα μετάδοσης Golf.

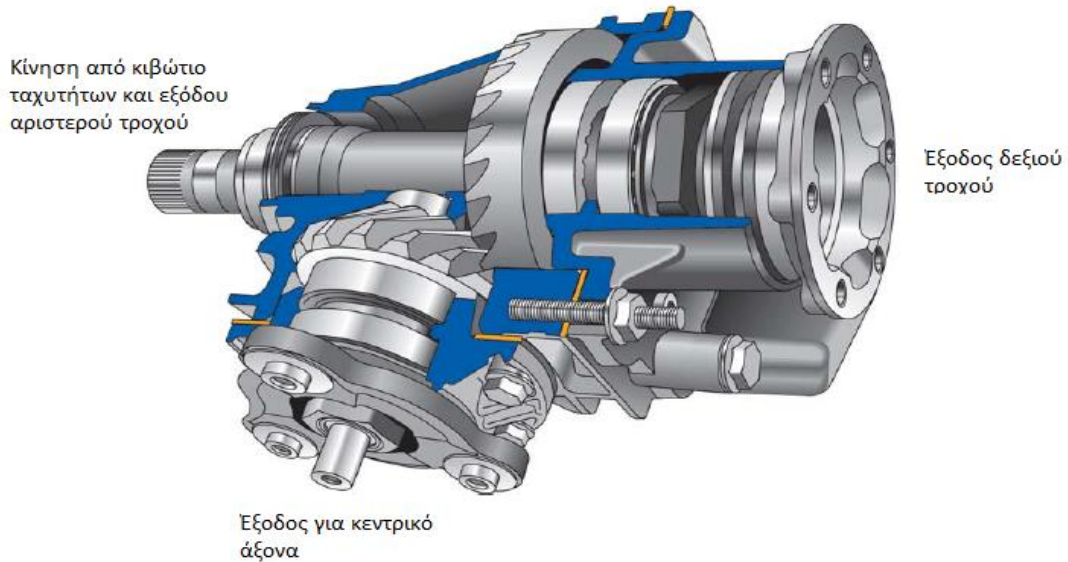
Το σύστημα μετάδοσης του Transporter παρέχει καλή πρόσφυση, βέλτιστο χειρισμό της διεύθυνσης και βοηθά να αντιμετωπίζονται με επιτυχία ακόμη και δύσκολες συνθήκες όπως οδήγηση σε υγρούς δρόμους, σε βουνά και σε διαδρομές καλυμμένες από χιόνι. Επίσης, η τετρακίνηση 4MOTION διατίθεται με κιβώτιο ταχυτήτων διπλού συμπλέκτη DSG – ένα μοναδικό συνδυασμό μετάδοσης κίνησης σε αυτή την κατηγορία οχημάτων.



Σχ.7.3 Σύστημα μετάδοσης Transporter.

Σύστημα οδοντώσεων γωνιακής μετάδοσης πριν τον κεντρικό άξονα του Golf

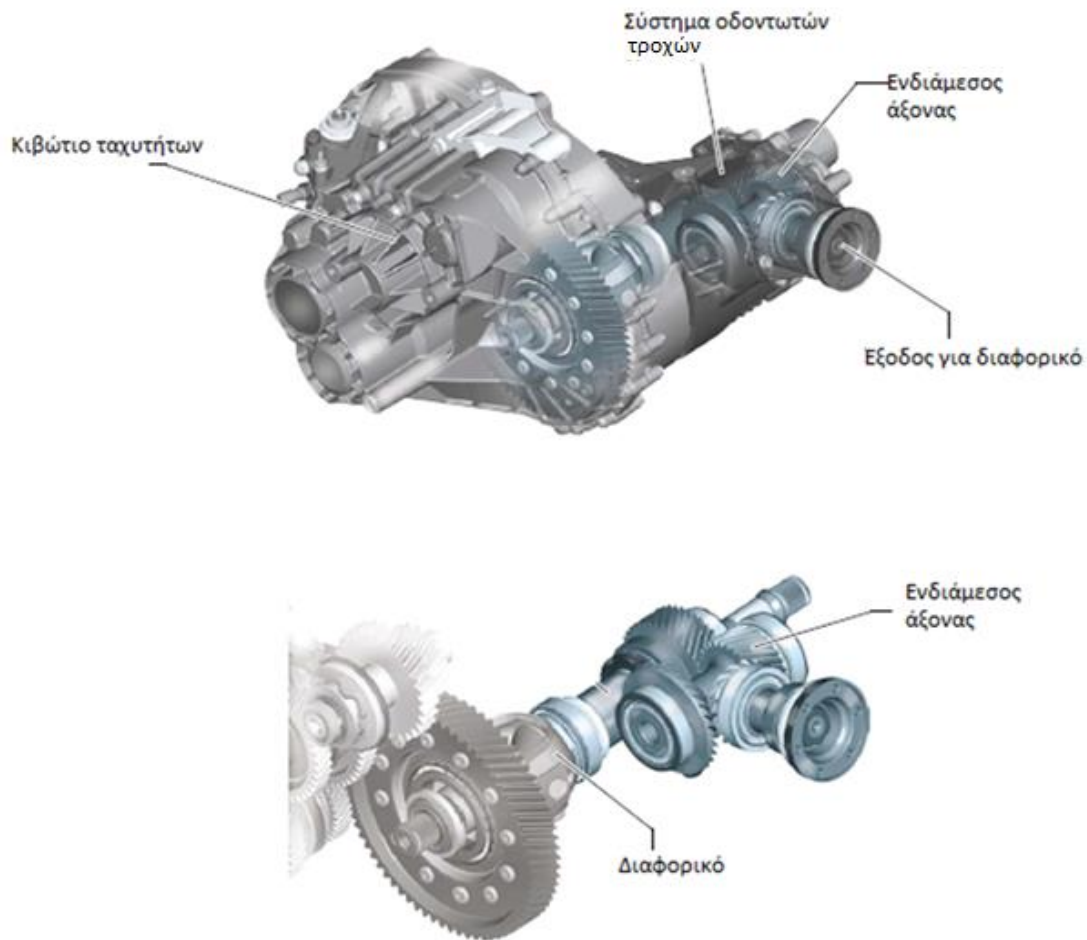
Το σύστημα οδοντώσεων γωνιακής μετάδοσης (Σχ.7.4) στο Golf μεταφέρει τη ροπή στον κεντρικό άξονα με μια σχέση μετάδοσης 1:6. Αυτό μας επιτρέπει να χρησιμοποιήσουμε έναν άξονα μικρότερης διαμέτρου διότι έχει να μεταφέρει μικρότερη ροπή. Στο διαφορικό του οπίσθιου άξονα η ταχύτητα της μηχανής μειώνεται επίσης κατά τον ίδιο παράγοντα.



Σχ.7.4 Σύστημα οδοντώσεων γωνιακής μετάδοσης στο Golf 2004.

Σύστημα οδοντώσεων γωνιακής μετάδοσης πριν τον κεντρικό άξονα, Transporter

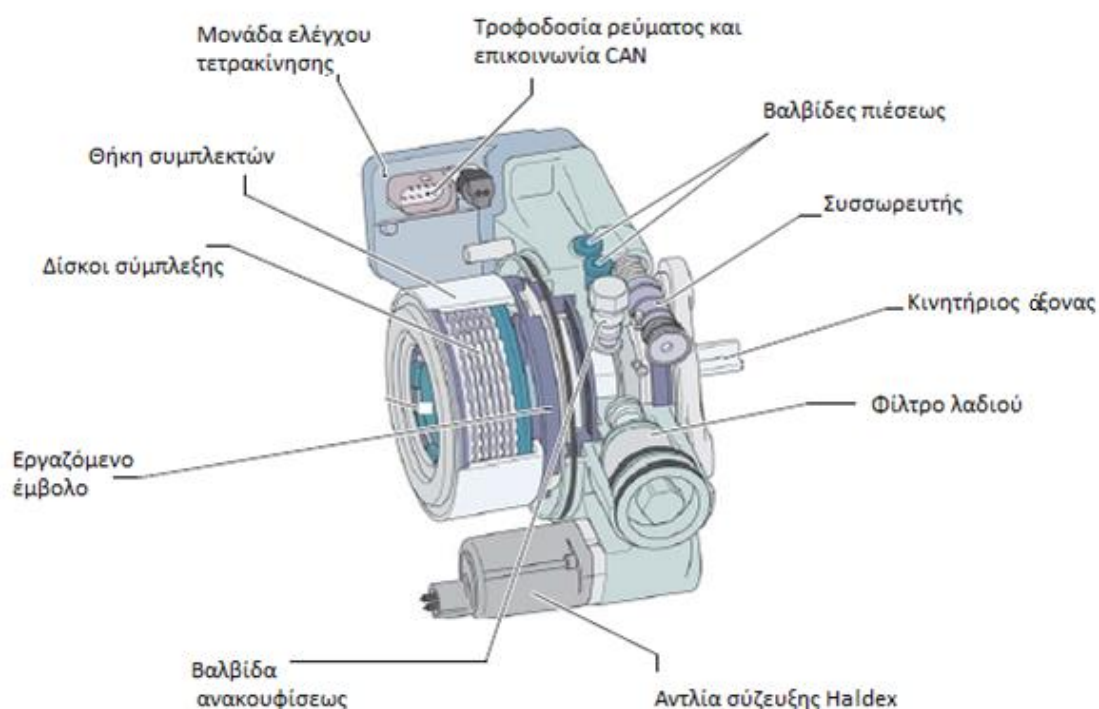
Εξαιτίας της υψηλής ροπής στρέψης που μεταφέρεται, η σχέση μετάδοσης είναι 2:5. Χρησιμοποιείται ένας ενδιάμεσος άξονας και στο οπίσθιο διαφορικό η σχέση μετάδοσης αυξάνεται και γίνεται ίση με του εμπρόσθιου διαφορικού (Σχ.7.5).



Σχ.7.5 Σύστημα οδοντώσεων γωνιακής μετάδοσης Transponder.

7.2 Νέα στοιχεία του συμπλέκτη Haldex τρίτης γενιάς

- Ο συμπλέκτης Haldex μπορεί να αντικατασταθεί σαν μια μονάδα. Δεν υπάρχει λόγος για περίπλοκες ρυθμίσεις μετά από την αντικατάσταση του, γιατί το πινιόν στο πίσω διαφορικό δεν απαιτεί αντικατάσταση.
- Μια αναλογική υδραυλική βαλβίδα αναλαμβάνει τον υδραυλικό έλεγχο αντί για την προηγούμενη ηλεκτρική βαλβίδα ελέγχου.
- Εκτός από την θερμοκρασία του λαδιού, στο Haldex τρίτης γενιάς μετράμε και την πίεση λαδιού μέσω ενός διπλού αισθητήρα.
- Ο όγκος του λαδιού έχει αυξηθεί και εξαιτίας αυτού έχει αυξηθεί και το διάστημα αλλαγής λαδιών.



Σχ.7.6 Συμπλέκτης Haldex τρίτης γενιάς.

7.3 Αναβάθμιση διαφορικών Haldex από πρώτη σε τρίτη γενιά

Το βασικό μειονέκτημα όσο αναφορά την απόδοση των δύο πρώτων γενιών ήταν ο χρόνος αντίδρασης που χρειαζόταν για την ενεργοποίηση του συστήματος. Το Haldex τρίτης γενιάς είναι το πρώτο προ-ενεργοποιημένο σύστημα τετρακίνησης. Αμέσως μετά την εκκίνηση του κινητήρα μια ηλεκτρική γρاناζωτή αντλία προσυμπιέζει τον συμπλέκτη μετάδοσης, σε αντίθεση με τις παλαιότερες γενιές όπου οι συμπλέκτες συμπιέζονταν μόνον μετά την εκκίνηση του οχήματος και μόλις οι στροφές του κινητήρα υπερέβαιναν τις 400 rpm. Μόλις η μονάδα ελέγχου ανιχνεύσει ολίσθηση του τροχού, οι προ-συμπιεσμένοι δίσκοι του συμπλέκτη ενεργοποιούνται ακαριαία και έτσι μεταφέρεται ροπή στον πίσω άξονα. Μόλις μεταφερθεί ροπή από τον κινητήρα μέσω της μονάδας του Haldex, το μηχανικό μέρος της αντλίας λαδιού αναλαμβάνει από το ηλεκτρονικό μέρος να παρέχει την πίεση στον πολύδισκο συμπλέκτη και έτσι έχουμε σαν αποτέλεσμα ο Haldex να αντιδρά σε 15° με 20° ολίσθησης του τροχού,(Σχ.7.7).

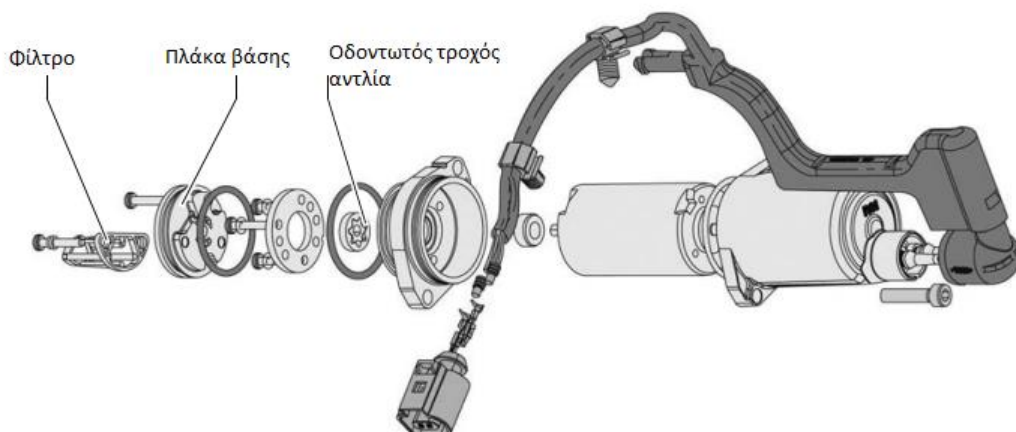


Συνολική
ροπή

Σχ.7.7 Απαιτούμενη ολίσθηση τροχού για να αντιδράσει το σύστημα Haldex.

Η αντλία σύμπλεξης του Haldex τρίτης γενιάς παράγει την πίεση τροφοδοσίας και συνεπώς προκαλεί την επαφή του σετ των δίσκων σύμπλεξης, έτσι ώστε ο χρόνος σύμπλεξης να είναι πολύ μικρός. Η αντλία λειτουργεί πάντα όταν δουλεύει το όχημα και έτσι διατηρεί το υδραυλικό κύκλωμα γεμάτο.

Από το γεγονός ότι μια γριναζωτή αντλία προφόρτισης μας παρέχει πιο γρήγορη απόκριση στην τετρακίνηση καταλαβαίνουμε αμέσως ότι μια τέτοιου είδους αντλία θα μας έλυνε τα χέρια, διότι θα μπορούσαμε να αναβαθμίσουμε τις παλιότερες γενιές έτσι ώστε να τις εφοδιάσουμε με νέες πιο αναβαθμισμένες αντλίες και συνεπώς καταφέρνουμε, εκεί που χρειαζόμασταν 50° ολίσθησης του τροχού για την εμπλοκή του συμπλέκτη Haldex, τώρα να χρειαζόμαστε μόλις 10° με 20°.



Σχ.7.8 Σχηματική παράσταση αντλίας Haldex τρίτης γενιάς.

8 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΙΞΩΔΟΥΣ ΤΟΥ ΛΙΠΑΝΤΙΚΟΥ ΣΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΣΥΜΠΛΕΚΤΗ HALDEX

8.1 Σκοπός των δοκιμών

Όπως αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, μια προφορτισμένη αντλία τρίτης γενιάς θα μας παρείχε την επιθυμητή πίεση στο υδραυλικό κύκλωμα σε χρόνο απόκρισης μικρότερο από μια αντλία πρώτης γενιάς. Η μετατροπή αυτή επί του πρακτέου δεν υφίστασται, διότι εκτός από την αντλία θα χρειαζόντουσαν αντικατάσταση και άλλα σημαντικά εξαρτήματα, πηγαίνοντας αντίθετα από αυτά που έχει ορίσει ο κατασκευαστής και ακόμα με το κόστος της μετατροπής να εκτοξεύεται ψηλά για ένα τέτοιου είδους πειραματικό μοντέλο. Για τον λόγο αυτό σκεφτήκαμε πως θα μπορούσαμε να πετύχουμε με άλλον τρόπο την γρηγορότερη απόκριση του συστήματος μας. Η ιδέα μας ήταν να παρέμβουμε στο υδραυλικό κύκλωμα αλλάζοντας το ιξώδες του υδραυλικού υγρού, χρησιμοποιώντας κάθε φορά διαφορετικά είδη λιπαντικών, είτε για κιβώτια ταχυτήτων είτε για διαφορικά από διαφορετικές πάντα εταιρίες αυτοκινήτων που χρησιμοποιούν τα ανάλογα υδραυλικά υγρά με αντίστοιχες προδιαγραφές.

8.2 Επιλογή των υδραυλικών λαδιών

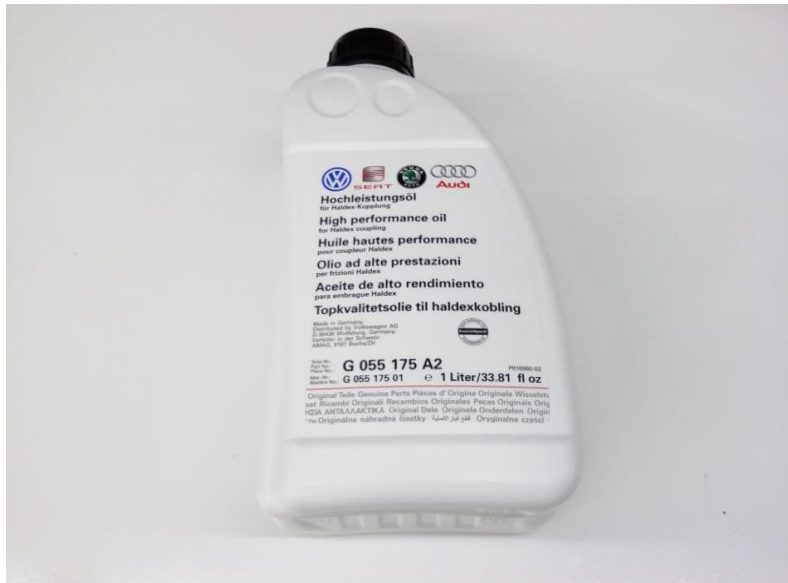
Τα παρακάτω υδραυλικά λάδια επιλέχτηκαν με βάση τη εφαρμογή τους σε κιβώτια ταχυτήτων και διαφορικά.

Τα υδραυλικά λάδια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα εξής :

- HALDEX-G 060175 A2
- SAE 75 GL05
- MTF 75W-85
- CVT 27975
- GM 4.881

HALDEX-G 055175 A2

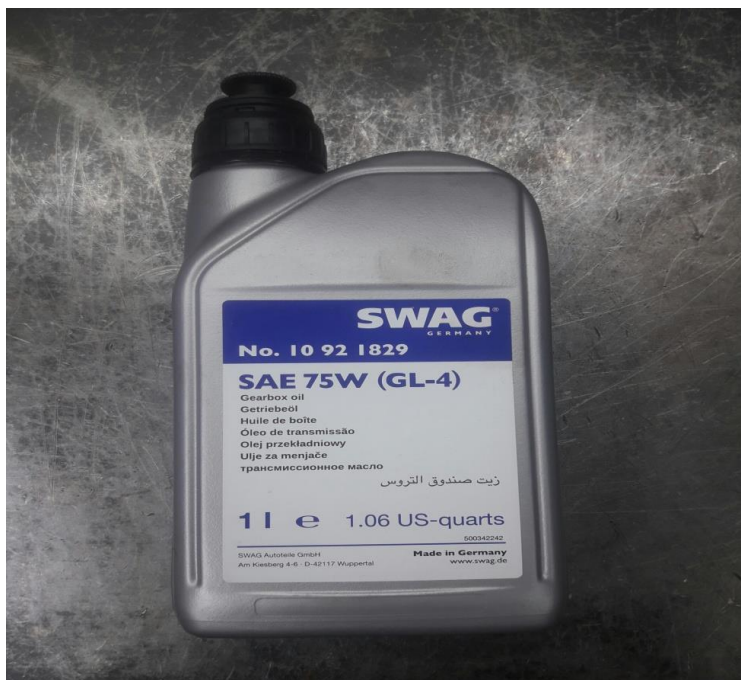
Είναι ένα πλήρως συνθετικό λάδι για αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων και διαφορικά με σύζευξη. Το G 060175 A2 με κινηματικό ιξώδες στους 40 °C 38 cSt ($\frac{mm^2}{s}$) έχει σχεδιαστεί με βάση συνθετικά έλαια υψηλής ποιότητας, με ειδική επιλογή προσθέτων για τη διασφάλιση της απρόσκοπτης μετάδοσης της διαφορικής λειτουργίας. Είναι εξαιρετικό για χρήση σε καταστάσεις υψηλής πίεσης όταν απαιτείται λάδι μετάδοσης τύπου GL-5 ή GL-4.



Σχ.8.1 Υδραυλικό λάδι HALDEX-G 055175 A2.

SAE 75W

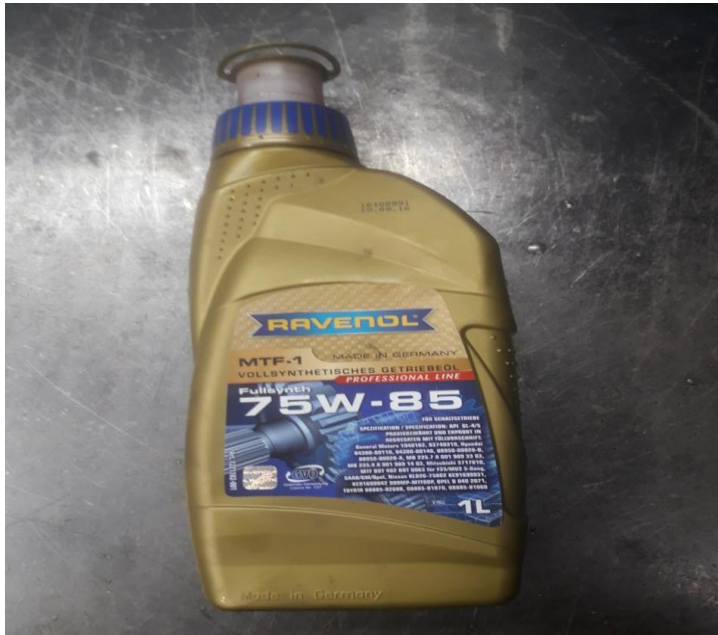
Πολύτυπη συνθετική βαλβολίνη με ειδική σύνθεση και κινηματικό ιξώδες στους 40 °C 46 cSt , καλύπτει τις απαιτήσεις λίπανσης μηχανικών συγχρονιζέ ή μη κιβωτίων και διαφορικών πολλών Ιαπωνικών και Ευρωπαϊκών κατασκευαστών. Εμφανίζει άριστη ρευστότητα ακόμα σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος (χαμηλές θερμοκρασίες εκκίνησης). Είναι κατάλληλη για τη λίπανση συστημάτων μετάδοσης επιβατηγών οχημάτων, φορτηγών και εργοταξιακού εξοπλισμού που ακολουθούν εκτενή διαστήματα αλλαγής.



Σχ.8.2 Υδραυλικό λάδι SAE 75W.

MTF 75W-80

Το MTF 75W / 85W GL 4 με κινηματικό ιξώδες στους 40 °C 48,3 cSt είναι ένα ημισυνθετικό Multi-Oil που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ειδικά στα Hyundai και στα KIA. Τα προσεκτικά επιλεγμένα πρόσθετα υψηλής απόδοσης και μια εξελιγμένη τεχνολογία παραγώνων πετρελαίου επιτρέπουν ευχερή ροή ακόμα και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και εξαιρετική προστασία από φθορά σε διαφορετικές συνθήκες.



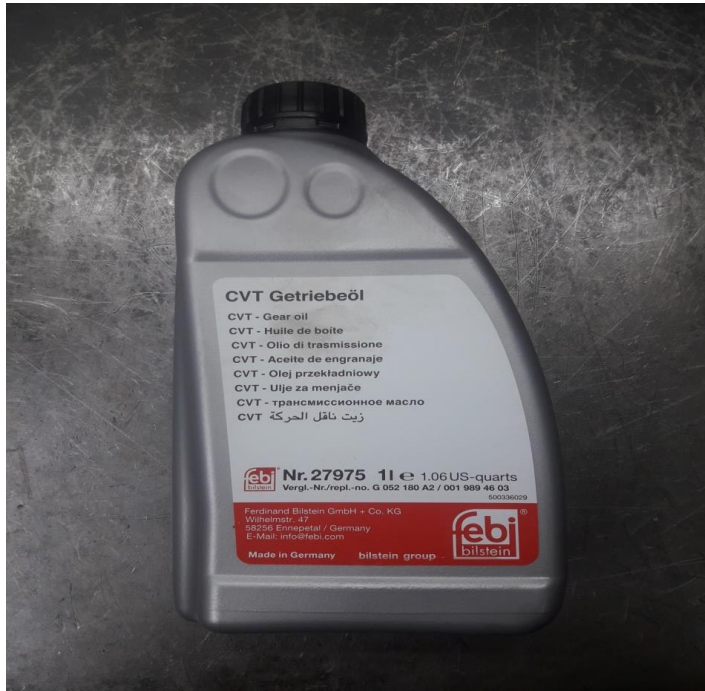
Σχ.8.3 Υδραυλικό λάδι MTF.

CVT

Το CVT με κινηματικό ιξώδες στους 40 °C 32,8 cSt είναι ένα πλήρως συνθετικό λάδι για κιβώτια ταχυτήτων συνεχώς μεταβλητής σχέσης μετάδοσης (CVT) σχεδιασμένο για να ικανοποιεί τις προδιαγραφές JATCO και Nissan, καθώς και μιας ποικιλίας άλλων κατασκευαστών που χρησιμοποιούν CVT. Προσφέρει εξαιρετική θερμική και οξειδωτική σταθερότητα, ρευστότητα χαμηλής θερμοκρασίας, σταθερότητα διάτμησης και υψηλή προστασία από φθορά. Διαθέτει επίσης το υψηλότερο σύστημα ελέγχου ποιότητας της παραγωγής, ώστε να εξασφαλίζεται το πιο συνεπές προϊόν.

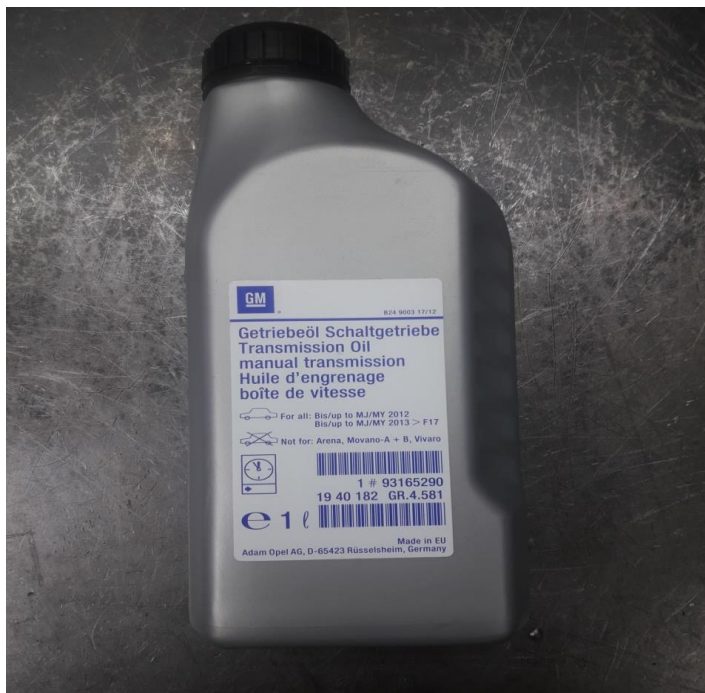
GM 4.581

Συνθετική βαλβολίνη κιβωτίων ταχυτήτων με κινηματικό ιξώδες στους 40 °C 27,3 cSt. Επιτρέπει την ομαλή αλλαγή ταχυτήτων, ακόμη και σε χαμηλές θερμοκρασίες, και παρέχει εξαιρετική προστασία κατά της φθοράς, ακόμη και σε υψηλές θερμοκρασίες. Λόγω της σταθερότητας του λιπαντικού στρώματος που παρέχει, είναι πολύ ανθεκτική στην οξείδωση, προστατεύει από τη διάβρωση και διατηρεί ένα υψηλό επίπεδο απόδοσης καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής της. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων και σε συστήματα μετάδοσης



Σχ.8.4 Υδραυλικό λάδι CVT.

κίνησης του άξονα, καθώς και σε μεταδόσεις χωρίς διαφορεικά περιορισμένης ολίσθησης. Παρουσιάζει μικρή μεταβολή ιξώδους για μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και είναι ως εκ τούτου απόλυτα προσαρμοσμένη στις σύγχρονες μεταδόσεις 6 ταχυτήτων.



Σχ.8.5 Υδραυλικό λάδι GM.

8.3 Περιγραφή της μετρητικής διάταξης και της εκτέλεσης των μετρήσεων.

Για τα πέντε είδη υδραυλικών λαδιών μετρήθηκε η μέγιστη πίεση που αναπτύχθηκε στον πολύδισκο συμπλέκτη, καθώς και ο χρόνος που απαιτήθηκε για να αναπτυχθεί η μέγιστη πίεση. Η πίεση μετρήθηκε με ένα πιεσόμετρο τύπου FIMET, ενώ ο χρόνος με ένα χρονόμετρο κινητού τηλεφώνου (εφαρμογή stopwatch).

Η διαδικασία των μετρήσεων ακολούθησε τα παρακάτω βήματα:

- α. Τοποθετούμε σε πάγκο εργασίας το διαφορικό Haldex.
- β. Παρατηρούμε πως στο κέλυφος του διαφορικού υπάρχουν δυο οπές όπου συνεργάζεται ο εγκέφαλος του συστήματος (εάν υπήρχε) και τοποθετούμε δυο σωληνάκια υψηλής πίεσης, σφίγγοντάς τα με δυο μεταλλικούς σφικτήρες, έτσι ώστε να μην υπάρξει διαφυγή υγρού από το υδραυλικό κύκλωμα.
- γ. Με έναν ταυ μεταλλικό σύνδεσμο συνδέουμε τις δυο άκρες από τις σωληνώσεις, και όλα μαζί καταλήγουν σε ένα πιεσόμετρο.
- δ. Ξεβιδώνουμε την τάπα αναπλήρωσης και τοποθετούμε κάθε φορά που παίρνουμε μέτρηση διαφορετικό λιπαντικό.
- ε. Για να δώσουμε τάση στην αντλία έτσι ώστε να μετρήσουμε την πίεση που αναπτύσσεται, συνδέουμε δυο καλώδια στις επαφές της φίσας της αντλίας που καταλήγουν σε μια μπαταρία αυτοκινήτου.
- ζ. Δίνουμε τάση στην αντλία και ταυτόχρονα ενεργοποιούμε το χρονόμετρο παρατηρώντας τη μέτρηση του χρόνου απόκρισης του υδραυλικού συστήματος και την πίεση που αναπτύσσεται για κάθε είδος λιπαντικού που έχουμε τοποθετήσει.

Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η επίδραση των ανακρίβειών στις μετρήσεις λόγω του σχετικά απλού εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε, για κάθε λιπαντικό εκτελέστηκαν τρεις μετρήσεις και ως τελική τιμή πάρθηκε ο μέσος όρος.

Φωτογραφία της μετρητικής διάταξης φαίνεται στο Σχ.8.6 και του πιεσομέτρου στο Σχ.8.7.



Σχ.8.6 Μετρητική διάταξη.



Σχ.8.7 Πιεσόμετρο.

8.4 Διεξαγωγή των μετρήσεων

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της μέγιστης πίεσης που αναπτύχθηκε και του χρόνου που απαιτήθηκε για τα πέντε υδραυλικά υγρά φαίνονται στον Πίν.8.1

ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ	ΧΡΟΝΟΣ(sec)	ΠΙΕΣΗ(bar)
GM 4.851	7,21	2
	6,84	2,3
	6,56	2,2
HALDEX-G 055175 A2	3,73	3,5
	3,86	3,8
	3,22	3,7
CVT	3,02	3,6
	2,93	3,5
	2,72	3,7
SAE75	5,12	3,4
	4,85	3,5
	5,03	3,3
MTF 75W-85	3,43	3,4
	3,50	3,4
	3,84	3,5

Πίν.8.1 Μετρήσεις χρόνου και πίεσης.

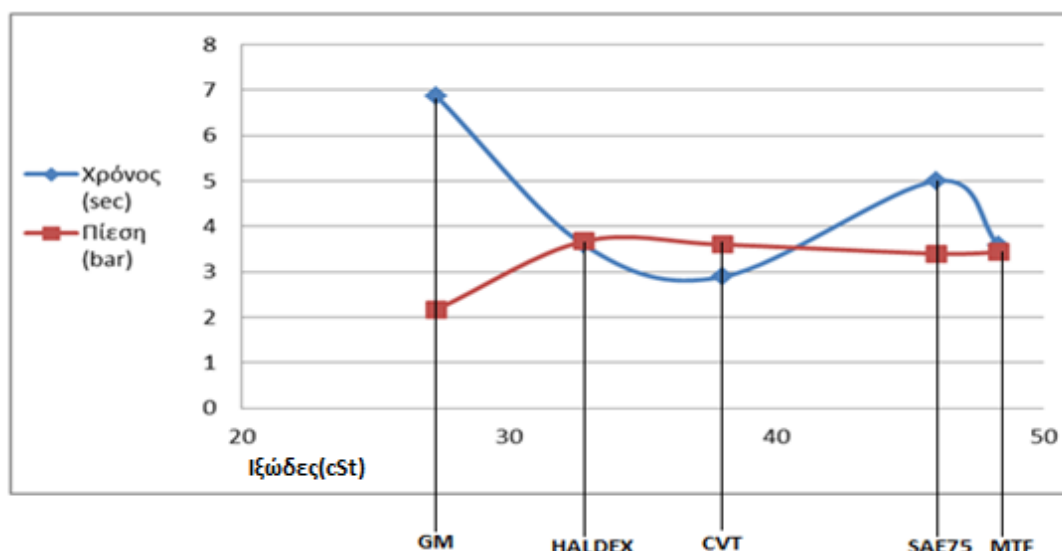
Οι μέσοι όροι που υπολογίστηκαν βάσει των τιμών του Πίν.8.1 φαίνονται στον Πίν.8.2, ενώ στο Σχ.8.8 παριστάνονται γραφικά τα αποτελέσματα του Πίν.8.2.

ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ	ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΟ ΙΞΩΔΕΣ (cSt)	ΧΡΟΝΟΣ(sec)	ΠΙΕΣΗ(bar)
GM	27,3	6,87	2,17
HALDEX-G 060175 A2	32,8	3,6	3,67
CVT	38,0	2,89	3,6
SAE75	46,0	5	3,4
MTF 75W-85	48,3	3,59	3,43

Πίν.8.2 Μέσοι όροι μετρήσεων χρόνου και πίεσης.

8.5 Συμπεράσματα και επιλογή κατάλληλου λιπαντικού

Παρατηρώντας τις μετρήσεις μας συμπεραίνουμε αρχικά ότι χρησιμοποιώντας τα πέντε προαναφερθέντα λιπαντικά η πίεση που αναπτύσσει το κύκλωμα κυμαίνεται από 2 έως 3,8 bar, ενώ η πίεση που ορίζει ο κατασκευαστής είναι 4 bar. Η απόκλιση μεταξύ της πίεσης των 3,8 bar που μετρήθηκε για το υδραυλικό υγρό του κατασκευαστή (HALDEX-G 060175 A2) και της πίεσης των 4bar που προδιαγράφει ο κατασκευαστής αποδίδεται σε ατέλειες της μετρητικής διάταξης. Βάσει των μετρήσεων αποκλείουμε ήδη κάποια λιπαντικά, διότι η χρήση τους δεν αποφέρει την επιθυμητή πίεση στο κύκλωμα. Όσο αναφορά τον χρόνο απόκρισης (πάντα σε συνδυασμό με την πίεση), ορισμένα λιπαντικά παρουσιάζουν χαμηλές τιμές χρόνου οι οποίες είναι επιθυμητές, ενώ άλλα χρόνους οι οποίοι ξεφεύγουν αρκετά, εφόσον η πίεση καθυστερεί να φτάσει στα επιθυμητά 4 bar.



Σχ.8.8 Διάγραμμα κινηματικού ιξώδους – χρόνου και πίεσης.

Από το διάγραμμα προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα για την συμπεριφορά των διαφόρων υδραυλικών υγρών:

- GM: Ένα αρκετά λεπτόρρευστο υδραυλικό υγρό, το οποίο κατά τη διάρκεια των μετρήσεων παρουσίασε κάποιες διαρροές από τα σωληνάκια πίεσεως που είχαμε συνδέσει στο Haldex. Η διαρροή αυτή οφείλεται στο μικρό ιξώδες του και είχε ως αποτέλεσμα αφ' ενός μεγάλους χρόνους απόκρισης, αφ' ετέρου αδυναμία ανάπτυξης της αναγκαίας πίεσης στο κύκλωμα (4 bar).
- HALDEX-G 055175 A2: Είναι το υδραυλικό υγρό το οποίο έχει επιλεγεί από τον κατασκευαστή ως το κατάλληλο για τα διαφορικά με σύζευξη Haldex. Λόγω της μέτριας ρευστότητας που διαθέτει καταφέρνει να αυξάνει την πίεση του συστήματος στα επιθυμητά μεγέθη με επιθυμητούς χρόνους απόκρισης.
- CVT: Ένα υδραυλικό υγρό που προσφέρει την επιθυμητή πίεση με αρκετά γρήγορους χρόνους και γρήγορη απόκριση του συστήματος, λόγω της μέτριας ρευστότητας του.
- SAE 75W: Αν και η πίεση που αναπτύσσει είναι σχετικά ικανοποιητική, ωστόσο η παχύρρευστη ιδιότητα του δεν επιτρέπει στο σύστημα να ανταποκριθεί με γρήγορους χρόνους.
- MTF: Ένα αρκετά παχύρρευστο υδραυλικό υγρό σε σχέση με τα παραπάνω που αναφέρθηκαν. Παρόλα αυτά έχει τη δυνατότητα να προσφέρει χαμηλούς χρόνους και ικανοποιητική πίεση στο υδραυλικό κύκλωμα για τη σωστή εμπλοκή της τετρακίνησης.

Ένα από τα βασικά συμπεράσματα για να επιλέξουμε το κατάλληλο υδραυλικό υγρό με βάση τις μετρήσεις και τα παραπάνω αποτελέσματα είναι ότι τα υδραυλικά υγρά SAE 75W και GM δεν παρουσιάζουν τις τιμές που επιθυμούμε διότι το υδραυλικό υγρό GM αποκρίνεται με πολύ μεγάλους χρόνους και με μικρή πίεση λόγω διαρροών, ενώ το υδραυλικό υγρό SAE 75W χρειάζεται περισσότερο χρόνο από τα υπόλοιπα υγρά για να έχουμε την επιθυμητή πίεση.

Η διεξαγωγή των δοκιμών με τα πέντε υδραυλικά υγρά μας δίνει να καταλάβουμε ότι για την επιλογή του κατάλληλου υδραυλικού υγρού μέσω των ιδιοτήτων του κάθε ενός και διερευνώντας τον χρόνο απόκρισης που προσφέρουν, με την ανώτερη πίεση που παρέχεται στο υδραυλικό κύκλωμα, συμπεριλαμβάνοντας και το κινηματικό ιξώδες, τα πλέον κατάλληλα υδραυλικά υγρά λόγω των παραπάνω αναγκών είναι το Haldex 055175 A2, το οποίο σωστά επιλέχτηκε από τον κατασκευαστή λόγω των αποτελεσμάτων που έχουμε πάρει, το CVT που προσφέρει γρηγορότερη απόκριση του συστήματος στην εμπλοκή της τετρακίνησης, και το MTF 75W-80, το οποίο, παρά το υψηλό ιξώδες του,

παρουσίασε χρόνο απόκρισης πρακτικά ίδιο με το Haldex 055175 A2, ενώ η πίεση που ανέπτυξε δεν υπολείπεται πολύ έναντι του Haldex 055175 A2. Ως καταλληλότερο υδραυλικό υγρό προκύπτει το CVT, το οποίο παρουσίασε χρόνο απόκρισης σημαντικά μικρότερο του Haldex 055175 A2 (2,89 sec έναντι 3,6 sec), ενώ ανέπτυξε πίεση ελάχιστα μικρότερη του Haldex 055175 A2 (3,6 bar έναντι 3,67 bar).

Συμπερασματικά, φαίνεται κατ' αρχήν πως η αντικατάσταση του υδραυλικού υγρού Haldex 055175 A2 με το CVT θα μπορούσε να επιτύχει σημαντική βελτίωση του χρόνου αντίδρασης ενός διαφορικού HALDEX πρώτης γενιάς, καθιστώντας το εφάμιλλο ενός διαφορικού HALDEX τρίτης γενιάς. Βεβαίως η εφαρμογή μιας τέτοιας τροποποίησης θα απαιτούσε εκτενέστερες δοκιμές επαλήθευσης σε συνθήκες πραγματικής λειτουργίας πάνω σε ένα όχημα, καθώς και ελέγχους σχετικά με τη διαβρωτική συμπεριφορά του υγρού CVT, τις αντιδράσεις του σε μεταβολές της θερμοκρασίας, τη διάρκεια ζωής του και άλλα λειτουργικά χαρακτηριστικά του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αλέξανδρος Αϊβάζογλου. (Οκτώβριος 2013). Ό,τι πρέπει να ξέρεις για τα Διαφορικά.
Σφάλμα! Η αναφορά της υπερ-σύνδεσης δεν είναι έγκυρη..
2. Νίκος Μαρινόπουλος. (Μάρτιος 2009). Τα πάντα για τα συστήματα τετρακίνησης.
www.Caroto.gr.
3. Δρ Γ. Παραδεισιάδης, Οχήματα ανωμάλου εδάφους. Θεσσαλονίκη 2012.
4. Leith Murray. (Μάιος 2013). 4x4 vehicles, 4wd trucks, 4motion, how it works.
www.Haldexawdcars.com.
5. Volkswagen group. (Ιανουάριος 2006). Self-Study Programme 206. Four-Wheel Drive with Haldex Coupling.
www.volkspage.net.
6. Volkswagen group. (Μάρτιος 2008). Self-study Programme 333. 4MOTION with Haldex Coupling model year 2004.
www.ServiceTraining.net.
7. Haldex traction team. (Νοέμβριος 2000). Haldex AWD traction system.
www.HaldexTraction.com.
8. Anton Paar. (Ιανουάριος 2014). ATF – viscosity table and viscosity chart.
www.Viscopedia.com.
9. Exxon Mobil Corporation. (Οκτώβριος 2016). Features and potential benefits.
www.mobil.com/.../glxxmobil-1-synthetic-atf.