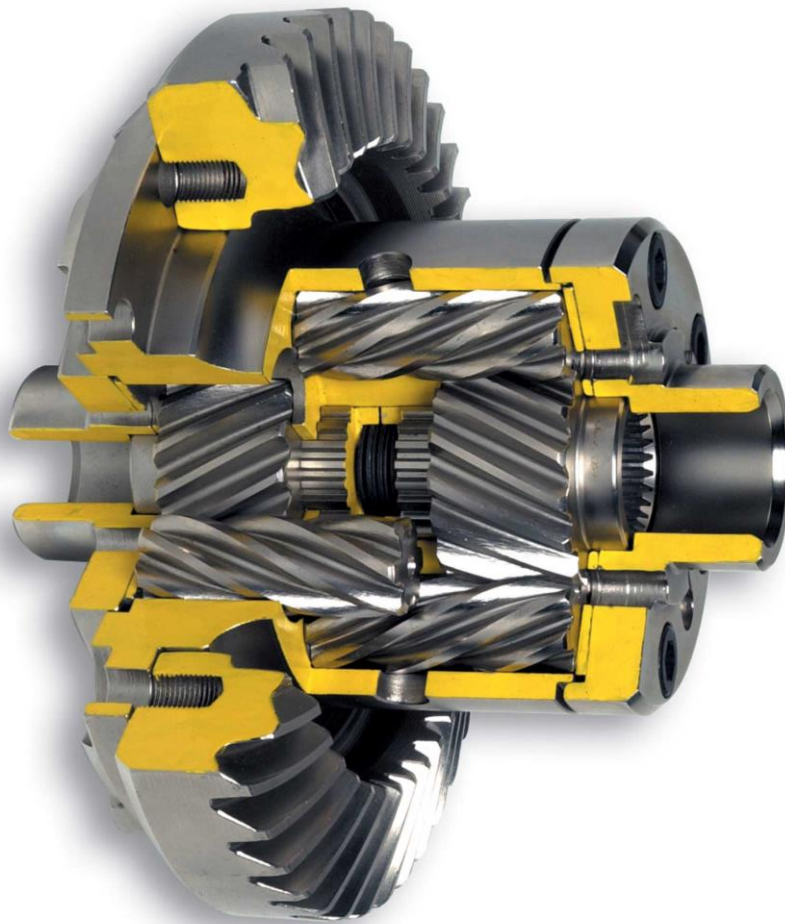


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
“ΔΙΑΦΟΡΙΚΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ”



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΖΩΓΡΑΦΟΣ ΣΩΤΗΡΗΣ ΤΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ

ΑΜ:44078

ΑΙΓΑΛΕΩ,2020

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

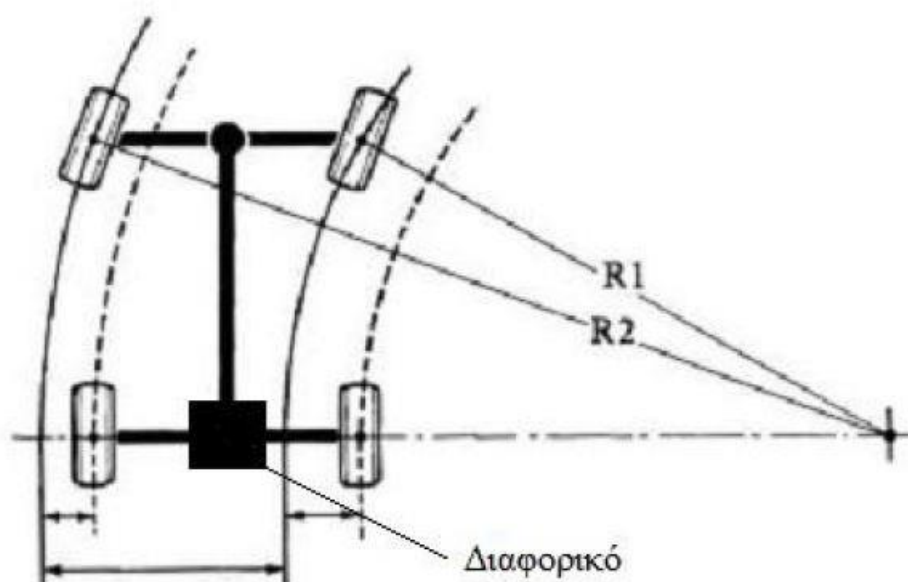
1. Περίληψη	3
2. Γενικά για τα διαφορικά	4
2.1 Ορισμοί	7
2.2 Εξαρτήματα διαφορικού	9
2.3 Διαφορικά με αναστολέα	10
2.4 Συντελεστής φραγής	11
3. Διαφορικά περιορισμένης ολίσθησης	13
3.1 Με πολύδισκους συμπλέκτες	13
3.2 Torsen	18
3.3 Viscous συνεκτικής σύζευξης	24
3.4 Ηλεκτρονικά διαφορικά περιορισμένης ολίσθησης	25
3.5 Haldex	27
3.6 Air Locker	30
4. Εφαρμογές σε οχήματα με κίνηση στους τέσσερις τροχούς	31
4.1 Συνδυασμοί διαφορικών σε συστήματα τετρακίνησης	34
5. Βιβλιογραφία	39
6. Βιβλιογραφία εικόνων	40

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτή την πτυχιακή εργασία αρχικά επεξηγείται ο τρόπος λειτουργίας ενός απλού ανοιχτού διαφορικού και παρουσιάζονται τα επιμέρους μέλη που το αποτελούν. Στη συνέχεια αναλύονται τα διαφορικά περιορισμένης ολίσθησης ως προς τον τρόπο λειτουργίας ανάλογα με το είδος του διαφορικού ενώ δίνονται εφαρμογές και παραδείγματα εφαρμογής των διαφορικών. Τέλος γίνεται αναφορά σε συγκεκριμένους τύπους διαφορικών περιορισμένης ολίσθησης που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές τετρακίνητων οχημάτων.

2. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΔΙΑΦΟΡΙΚΑ

Το διαφορικό είναι μηχανισμός που έχει σκοπό να επιτρέπει στους δύο κινητήριους τροχούς να περιστρέφονται με διαφορετικές γωνιακές ταχύτητες και να κατανέμει τη ροπή, ανάλογα με τον συντελεστή πρόσφυσης στους κινητήριους τροχούς, είτε αυξάνωντας είτε μειώνοντας την.



Εικόνα 1 Όχημα σε στροφή $R_2 > R_1$

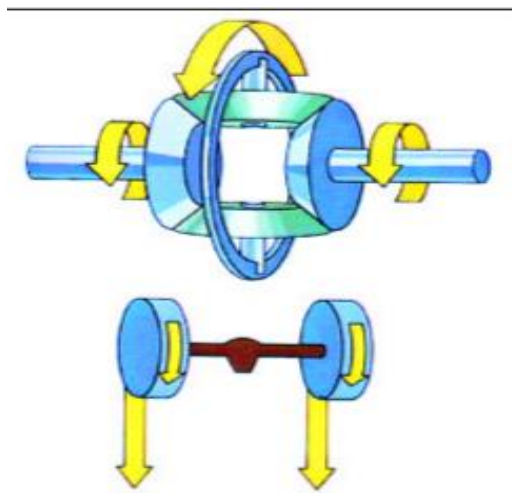
Για να μπορεί να στρίψει ένα όχημα, οι τροχοί που βρίσκονται στην εξωτερική πλευρά της στροφής διανύουν μεγαλύτερη απόσταση από τους τροχούς στην εσωτερική πλευρά. Άρα, οι εξωτερικοί τροχοί θα πρέπει να στρέφονται με μεγαλύτερη ταχύτητα από τους εσωτερικούς, ώστε να μπορούν να ακολουθήσουν πορεία της στροφής χωρίς ολίσθηση. Στη περίπτωση που και οι εξωτερικοί και οι εσωτερικοί τροχοί είχαν την ίδια ταχύτητα, τότε το όχημα δεν θα μπορούσε να διαγράψει καμπύλη τροχιά χωρίς σημαντικές τριβές στα ελαστικά του ή χωρίς μία από τις δύο ρόδες να ολισθαίνει. Οι τριβές αυτές θα εκδηλώνονταν ως τάση του οχήματος να κινηθεί ευθεία και όχι να διαγράψει καμπύλη τροχιά.

Όταν τώρα το όχημα κινείται στην ευθεία και κάποιος από τους κινητήριους τροχούς συναντήσει μια ανωμαλία του οδοστρώματος, π.χ: μια λακούβα ή ένα σαμαράκι, δεν θα υπάρχει δυνατότητα να διαφοροποιήσει τις στροφές του από τον άλλο τροχό και ολόκληρο το όχημα θα υποστεί ένα τράνταγμα που θα εκδηλωθεί ως τάση εκτροπής του οχήματος.

Η λύση σε αυτά τα προβλήματα ήρθε με τη χρήση του διαφορικού, το οποίο μπορεί να αλλάξει το ποσοστό ισχύς που λαμβάνει ο κάθε τροχός του άξονα, αλλά και να επιτρέψει τους τροχούς να κινούνται με διαφορετική ταχύτητα λαμβάνοντας υπ' όψη την απόσταση που κάθε τροχός διανύει. Το μέγεθος της ροπής που θα μεταφερθεί καθορίζεται από εκείνον το τροχό ο οποίος έχει τη μικρότερη αντίσταση με το οδόστρωμα.

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι ο διαφορικός μηχανισμός, είναι ο μηχανισμός που ανάλογα με την επαφή καθενός τροχού που μεταδίδει κίνηση με το οδόστρωμα, διαμοιράζει την ισχύ ή τη ροπή του κινητήρα στον κατάλληλο άξονα.

Όταν το όχημα κινείται σε ευθεία πορεία, οι δύο κινητήριοι τροχοί περιστρέφονται με τον ίδιο αριθμό στροφών, με την ίδια ταχύτητα. Στην περίπτωση αυτή, οι δορυφόροι δεν περιστρέφονται γύρω από τον άξονα τους και λειτουργούν σαν σφήνες μεταξύ της θήκης και των πλανητών και, έτσι, μεταφέρουν την κίνηση κατά το ίδιο ποσοστό στους δύο πλανήτες, οι οποίοι συνδέονται με τα ημιαξόνια και αυτά με τους τροχούς.



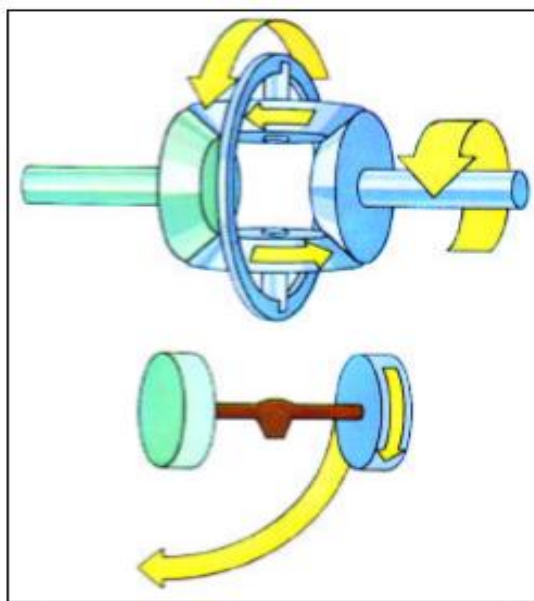
Εικόνα 2 Κίνηση διαφορικού σε ευθεία

Τώρα σε περίπτωση μιας στροφής οι τροχίες που διανύουν οι κινητήριοι τροχοί είναι διαφορετικές αφού ο εξωτερικός τροχός έχει να διανύσει καμπύλη μεγαλύτερης ακτίνας σε σχέση με τον εσωτερικό τροχό. Οι μη κινητήριοι τροχοί περιστρέφονται ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο και έτσι δεν παρουσιάζουν πρόβλημα στις στροφές. Οι δορυφόροι αναλαμβάνουν αυτό το έργο.

Ο εσωτερικός τροχός παρουσιάζει μεγαλύτερη αντίσταση κύλισης σε σχέση με τον εξωτερικό. Στην περίπτωση αυτή, λόγω διαφορετικής αντίστασης κύλισης, οι δορυφόροι αρχίζουν να περιστρέφονται γύρω από τον άξονά τους και να κυλίνουν επάνω στον πλανήτη που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη αντίσταση, πλανήτη εσωτερικού τροχού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο άλλος πλανήτη, του εξωτερικού τροχού που πρέπει να περιστραφεί ταχύτερα και

να καλύψει μεγαλύτερη απόσταση στον ίδιο χρόνο, να δέχεται περισσότερες στροφές από τον πλανήτη του εσωτερικού τροχού.

Στη περίπτωση κατά την οποία ο ένας τροχός βρίσκεται είτε στον αέρα είτε σε επιφάνεια με πολύ χαμηλή πρόσφυση. Τότε ο τροχός αυτός, επειδή παρουσιάζει καθόλου ή μικρή αντίσταση κύλισης, θα πάρει όλες τις στροφές αυτός, της θήκης και των δορυφόρων που κυλίνουν επάνω στον πλανήτη που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη αντίσταση κύλισης. Ο άλλος τροχός, που βρίσκεται σε οδόστρωμα με καλή πρόσφυση, δεν περιστρέφεται και δεν μεταφέρει ροπή στρέψης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το αυτοκίνητο να ακινητοποιηθεί.



Εικόνα 3 Κίνηση διαφορικού με ένα τροχό ακίνητο

2.1 Ορισμοί

Γωνιακή ταχύτητα

Η γωνιακή ταχύτητα είναι διανυσματικό μέγεθος που εκφράζει την ταχύτητα ενός σώματος που εκτελεί κυκλική κίνηση και ισούται με τον ρυθμό μεταβολής του τόξου που διαγράφει το σώμα. Μονάδα μέτρησης της γωνιακής ταχύτητας είναι τα ακτίνια ανά δευτερόλεπτα (rad/sec).

Συμβολίζεται διεθνώς με το γράμμα ω και μαθηματικά εκφράζεται από την σχέση:

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{2\pi}{T}$$

Όπου:

$d\theta$ είναι η μεταβολή της γωνίας που αντιστοιχεί στο διαγραφόμενο τόξο και dt είναι η μεταβολή του χρόνου

Η διεύθυνση του διανύσματος της γωνιακής ταχύτητας είναι κάθετη στο επίπεδο της τροχιάς της κίνησης και εμπειρικά η φορά του ακολουθεί τον κανόνα του δεξιού χεριού, δηλαδή για αριστερόστροφη κίνηση η φορά του διανύσματος είναι προς τα πάνω και για δεξιόστροφη κίνηση προς τα κάτω.

Η **γραμμική ταχύτητα** δίνεται από τη σχέση:

$$u = \frac{ds}{dt} = \frac{2\pi r}{T}$$

Όπου ds : το μήκος του διαγραφόμενου τόξου και dt η μεταβολή του χρόνου, r : η ακτίνα του τροχού.

Η διεύθυνση του διανύσματος της γραμμικής ταχύτητας είναι εφαπτόμενη του τροχού και σε ένα τροχό με πρόσφυση το μέτρο της ισούται με το μέτρο της ταχύτητας του οχήματος, όταν αυτό κινείται σε ευθεία.

Η σχέση που συνδέει τη γραμμική και γωνιακή ταχύτητα είναι:

$$u = \omega \cdot r$$

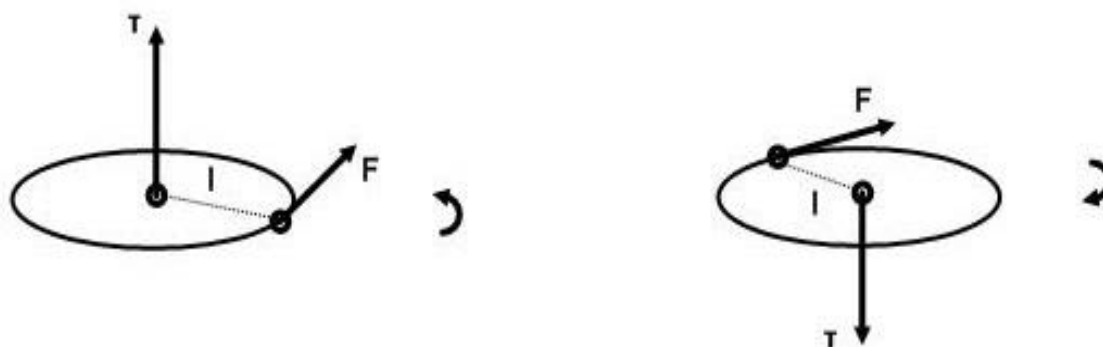
Ροπή

Ροπή είναι το φυσικό μέγεθος που προκαλεί την περιστροφή ενός σώματος, που ή τη δημιουργεί μία δύναμη F , που δρα σε κάθετη απόσταση r από ένα σημείο ή έναν άξονα. Ροπή μπορούμε να έχουμε γύρω από ένα σημείο ή έναν άξονα.

Αριθμητικά η ροπή δίνεται :

$$M = F \cdot r$$

F : δύναμη, r : απόσταση.

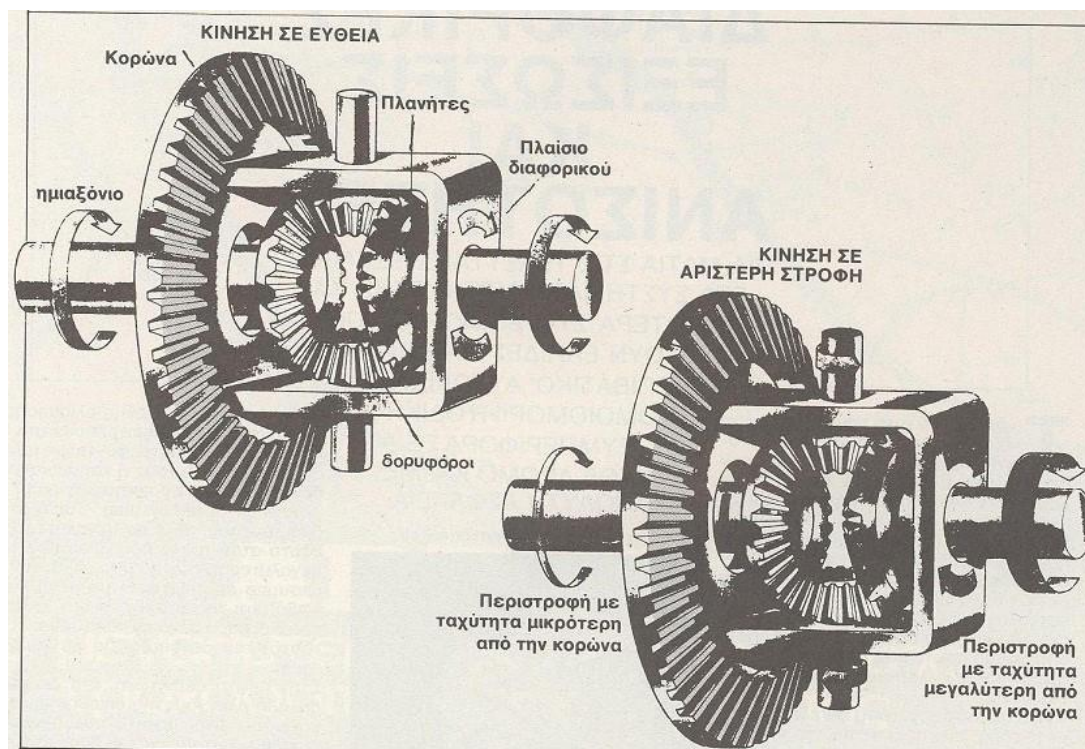


Σχήμα 1 Ροπή δύναμης F γύρω από άξονα (ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΟΡΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ)

Η ροπή στρέψης και η ισχύς είναι μεγέθη που συνδέονται αλλά δεν είναι ταυτόσημα. Η ροπή δείχνει τι μπορεί να κάνει ο κινητήρας σε μια ορισμένη στιγμή, ενώ η ισχύς δείχνει το πόσο γρήγορα μπορεί να επιτελέσει ένα ορισμένο έργο. Σαν παράδειγμα, η ισχύς του κινητήρα μας δίνει ένα μέτρο του πόσο δυνατό είναι το αυτοκίνητο, ενώ η ροπή μας δείχνει το πόσο άνετα μπορεί να φτάσει τις μέγιστες δυνατότητες του αλλά και την ευκολία με την οποία θα αντιμετωπίσει διάφορες αντιστάσεις όπως μια ανηφόρα ή την ανάγκη για άμεση επιτάχυνση.

2.2 Εξαρτήματα διαφορικού:

Ένα συμβατικό διαφορικό αποτελείται από τα εξής μέρη:



Εικόνα 4 Εξαρτήματα διαφορικού

- 1) **Κεντρικός άξονας – Άτρακτος:** Από τον άξονα αυτόν, η κίνηση μεταδίδεται στο πινιόν του διαφορικού
- 2) **Πινιόν:** Είναι ένας κωνικός οδοντωτός τροχός, μέσω του οποίου η κίνηση μεταδίδεται από το κεντρικό άξονα στο διαφορικό.
- 3) **Κορώνα:** Είναι μια κωνική οδοντωτή στεφάνη, η οποία μαζί με το πινιόν αποτελούν το ζεύγος της γωνιακής μετάδοσης και αλλάζουν την διεύθυνση της κίνησης κατά 90°, από τη κεντρική άτρακτο στα ημιαξόνια.
- 4) **Θήκη πλανητικού μηχανισμού – φορέας δορυφόρων:** Είναι στερεωμένη πάνω στη κορώνα και περιστρέφεται μαζί με αυτή και φέρει τον κυρίως πλανητικό μηχανισμό.
- 5) **Άξονας δορυφόρων.**
- 6) **Πλανήτες:** Είναι δυο κωνικοί οδοντωτοί τροχοί οι οποίοι πάντοτε έχουν ευθύγραμμα κωνικά δόντια, λίγο μεγαλύτεροι από τους δορυφόρους. Είναι στερεωμένοι μέσα στη θήκη του διαφορικού και μπλεγμένοι μόνιμα με τους δορυφόρους. Ο άξονας τους συμπίπτει με τον άξονα περιστροφής των ημιαξονίων. Με τους πλανήτες συνδέονται τα ημιαξόνια με πολύσφηνα.

- 7) **Δορυφόροι:** Είναι συνήθως δύο στον αριθμό αλλά μπορούν να υπάρξουν και 4 κωνικοί οδοντωτοί τροχοί οι οποίοι έχουν πάντοτε ευθύγραμμα κωνικά δόντια, στερεωμένοι στο εσωτερικό της θήκης, με άξονες κάθετους στον άξονα περιστροφής των ημιαξονίων των τροχών.
- 8) **Έξοδος προς τροχούς – Ημιαξόνια**

2.3 Διαφορικό με αναστολέα

Επειδή το μέγεθος της μεταφερόμενης ροπής καθορίζεται από τον κινητήριο τροχό ο οποίος έχει τη μικρότερη πρόσφυση με το οδόστρωμα, εάν ο ένας τροχός χάσει τη πρόσφυση του (π.χ. πέσει σε λάσπη, βρίσκεται σε πάγο ή στον αέρα), τότε δεν παρουσιάζει αντίσταση, οπότε κινείται αποκλειστικά αυτός ο τροχός. Η αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, γίνεται με συστήματα στα οποία αναστέλλεται ολικά ή μερικά η λειτουργία του διαφορικού.

- Η πρώτη περίπτωση είναι η ολική αναστολή λειτουργίας του διαφορικού. Η ολική αναστολή γίνεται χειροκίνητα ή αυτόματα με τη σταθεροποίηση ορισμένων μερών του διαφορικού μεταξύ τους, έτσι ώστε τα δυο ημιαξόνια να λειτουργούν σαν ένας ολόσωμος άξονας. Την ολική αναστολή την εφαρμόζουμε μονό στα μεγάλα ειδικά οχήματα (στρατιωτικά, ρυμουλκά, οχήματα εκτός δρόμου κλπ.).
- Η δεύτερη περίπτωση είναι η μερική αναστολή και χρησιμοποιείται στα διαφορικά περιορισμένης ολίσθησης, στα οποία όταν παρουσιαστεί μεγάλη διαφορά στροφών μεταξύ των δυο τροχών, μειώνεται αυτόματα η λειτουργία του διαφορικού.

Τέλος, πρέπει να επισημάνουμε τα μειονεκτήματα. Η ολική αναστολή, προκαλεί φθορά στα ελαστικά και στα εξαρτήματα λόγω των πολλών δυνάμεων και καταπονήσεων και αυτός είναι ένας από τους λόγους που το χρησιμοποιούμε μονό στα μεγάλα ειδικά οχήματα. Ο κύριος λόγος που βρίσκει εφαρμογή μονό σε αυτά τα οχήματα είναι οι περισσότερες ανωμαλίες του οδοστρώματος που συναντάνε σε σχέση με τα επιβατικά οχήματα και οι χαμηλές ταχύτητες κίνησης.

Το διαφορικό με αναστολέα, είναι το διαφορικό που επιτρέπει με χειροκίνητο τρόπο ή αυτόματο τρόπο την σύξευξη των δυο ημιαξονίων των κινητήριων τροχών και τα επιτρέπει να κινηθούν με την ίδια ταχύτητα.

Όπως και στα συμβατικά διαφορικά, έτσι και εδώ υπάρχει το ζεύγος κορώνα – πινιόν οι πλανήτες και οι δορυφόροι. Υπάρχει όμως και ο ωστικός έμβολο που μετακινείται χειροκίνητα ή αυτόματα (συνήθως αυτόματα) και σταθεροποιεί διάφορα μέρη του διαφορικού. Τα μέρη του διαφορικού τα οποία μπορούν να σταθεροποιηθούν είναι είτε οι δορυφόροι είτε η θήκη και τα ημιαξόνια.

Η διαφορά ενός μπλοκέ διαφορικού με ένα διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης είναι ότι το μεν πρώτο παρέχει μόνιμο ποσοστό εμπλοκής στους πίσω τροχούς ενώ ένα διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης μεταβάλλει το ποσοστό ανάλογα με τις απαιτήσεις. Και τα δύο συστήματα ουσιαστικά αντιστρέφουν το ρόλο του διαφορικού και μεταδίδουν τη δύναμη στον τροχό που δεν 'γλιστράει'.

Συντελεστής φραγής (S)

Συντελεστής περιορισμού ολίσθησης ή συντελεστής φραγής ονομάζεται η μεγαλύτερη διαφορά ροπής που μπορεί να εφαρμοστεί στους τροχούς του άξονα σε σχέση με την συνολική ροπή που εφαρμόζεται. Ο συντελεστής αυτός εκφράζεται ως:

$$S = \frac{\Delta M}{\Sigma M} * 100\%$$

όπου ΔM η διαφορά ροπής των τροχών και ΣM η ολική ροπή στους τροχούς'

Ως ροπή κίνησης ορίζεται η ροπή που αναπτύσσεται από τους τροχούς στο οδόστρωμα. Έστω ότι οι τροχοί πατάωε πάνω σε διαφορετικές επιφάνειες με διαφορετικό συντελεστή τριβής. Έστω ότι με H συμβολίζεται η υψηλή πρόσφυση του ελαστικού και L η χαμηλή πρόσφυση τότε ο συντελεστής φραγής θα είναι:

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

Χρησιμοποιώντας την πιο πάνω εξίσωση σε ένα διαφορικό με συντελεστή φραγής 25% (μπλοκέ κατά 25%) προκύπτει ότι ο τροχός με τη μεγαλύτερη πρόσφυση θα παραλάβει το 62,5% της ολικής ροπής ενώ ο άλλος θα παραλάβει το 37,5%.

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

Η ροπή του τροχού με τη μεγαλύτερη πρόσφυση:

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

Η ροπή του τροχού με τη μικρότερη πρόσφυση:

$$L = \frac{-S+1}{2} = \frac{-0.25+1}{2} = 0,375 \text{ ή } 37,5\%$$

Απόδειξη των ανωτέρω τύπων:

$$S = \frac{H-L}{H+L} \quad (1)$$

$$H+L=1 \quad (2)$$

$$(1),(2) \Rightarrow S=H-L \Rightarrow L=H-S \quad (3)$$

$$(1),(3) \Rightarrow S = \frac{H-L}{S+L} = \frac{H-H+S}{H+H-S} \Rightarrow$$

$$S = \frac{S}{2H-S} \Rightarrow$$

$$2HS - S^2 = S \Rightarrow$$

$$S^2 - 2HS + S = 0 \Rightarrow$$

$$S(S-2H+1) = 0 \quad \text{για } S \neq 0 \Rightarrow$$

$$S-2H+1=0 \Rightarrow$$

$$H = \frac{S+1}{2} \quad (4)$$

$$(3),(4) \Rightarrow L = \frac{S+1}{2} - S \Rightarrow L = \frac{1-S}{2}$$

3. Διαφορικά περιορισμένης ολίσθησης :

Οι τύποι των διαφορικών περιορισμένης ολίσθησης, κατατάσσονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία υπάρχουν αυτά που αντιδρούν στην ροπή και στη δεύτερη αυτά που αντιδρούν στην ταχύτητα περιστροφής των κινητήριων τροχών. Τα διαφορικά που εξαρτώνται από τη ροπή, χρησιμοποιούν τη μηχανική τριβή των εξαρτημάτων τους ώστε να δημιουργηθεί η απαιτούμενη διαφορά ροπής μεταξύ των δύο αξόνων, ανεξάρτητα από την ταχύτητα περιστροφής των τροχών. (Διαφορικά Torsen)

Τα διαφορικά που αντιδρούν την ταχύτητα των τροχών, για να εμπλακούν και να λειτουργήσουν, πρέπει να υπάρχει διαφορά στην ταχύτητα περιστροφής των τροχών. (Διαφορικά με πολύδισκους συμπλέκτες, συνεκτικής σύζευξης.)

Τύποι διαφορικών περιορισμένης ολίσθησης:

3.1 Με Πολύδισκους συμπλέκτες

Τα πλεονέκτημα του διαφορικού περιορισμένης ολίσθησης με πολύδισκους συμπλέκτες είναι:

- 1.** Περιορισμός ολίσθησης των τροχών σε στροφές με μεγάλες ταχύτητες.
- 2.** Διάθεση ισχύς στους τροχούς πιο ομοιόμορφα, όταν προσφέρεται μεγαλύτερη ισχύ στο σύστημα.
- 3.** Ομοιόμορφη πρόσφυση και καλύτερος έλεγχος του οχήματος κατά την επιτάχυνση ή την επιβράδυνση.
- 4.** Σε συνθήκες ομαλής οδήγησης, το σύστημα με τους δίσκους αποσυμπλέκεται, για να μειωθούν οι τριβές και το όχημα να στρίβει ευκολότερα.

Το διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης με πολύδισκους συμπλέκτες, βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στο κλασικό, ελεύθερο διαφορικό, με την προσθήκη κάποιων εξαρτημάτων όπως οι δίσκοι τριβής, οι δίσκοι πίεσης, τα ελατήρια προφόρτισης κ.ά.



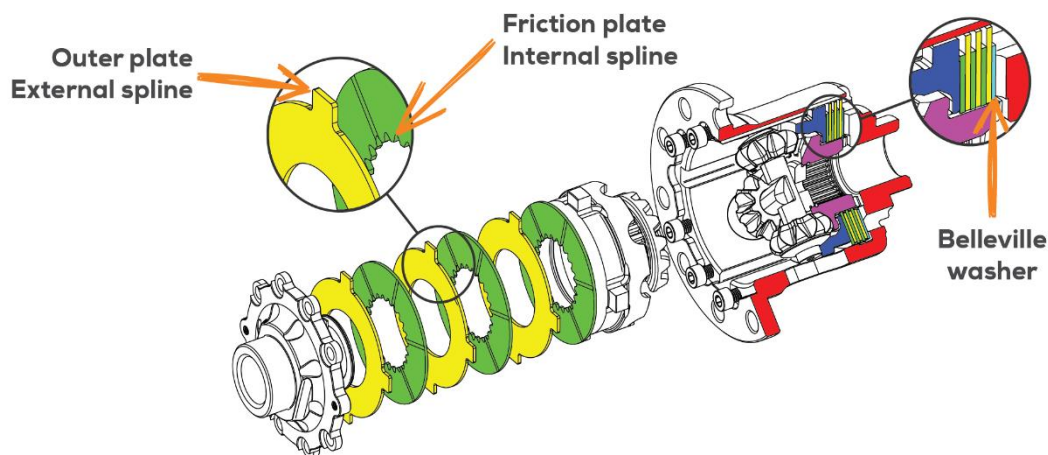
Εικόνα 5 Διαφορικό συνεκτικού συμπλέκτη

Πρώτα απ' όλα, το κέντρο του διαφορικού «περιβάλλεται» από δύο –στην πλειοψηφία των περιπτώσεων- δίσκους πίεσης. Ο λόγος ύπαρξής τους θα γίνει εμφανής μετέπειτα. Έπειτα, ένα «δισκάτο» διαφορικό, έχει μία στιβάδα συμπλεκτών που στις περισσότερες περιπτώσεις μοιράζεται στα δύο ημιαξόνια.

Ο αριθμός των συμπλεκτών αυτών δεν είναι σταθερός σε όλα τα διαφορικά ενώ το μοίρασμα τους στα δύο ημιαξόνια δεν χρειάζεται να είναι ίδιο... μπορεί όλοι οι συμπλέκτες να βρίσκονται σε ένα από αυτά. Οι πλανήτες, ακριβώς όπως και στο ελεύθερο διαφορικό, είναι υπεύθυνοι για την μετάδοση της κίνησης στους τροχούς –όντας το εσωτερικό άκρο των ημιαξονίων στο διαφορικό.

Μπορούν να περιστρέφονται ανεξάρτητα από τη θέση του διαφορικού αλλά η κίνηση τους ελέγχεται από τους δορυφόρους. Αυτοί με τη σειρά τους, σε αντίθεση με ένα απλό διαφορικό, είναι τοποθετημένοι σε ένα εσωτερικό άξονα, που εδράζει σε γωνιακές υποδοχές. Αυτά τα σημεία έδρασης –θα αναφερόμαστε σε αυτά ως ράμπες από δω και στο εξής-, δεν είναι απαραίτητο να είναι συμμετρικά. Η ύπαρξη ή όχι συμμετρίας και η μορφή της συμμετρίας αν υπάρχει, καθορίζουν την ιδιότητα του διαφορικού να λειτουργεί και κατά την επιτάχυνση και κατά την επιβράδυνση.

Μία ακόμα σημαντική διαφορά σε σύγκριση με το ελεύθερο διαφορικό, είναι το ότι ο σταυρός που σας ανέφερα προηγουμένως, δεν είναι συνδεδεμένος με το «σώμα» του διαφορικού αλλά μόνο με τους δορυφόρους.



Εικόνα 6 Τμήματα διαφορικού συνεκτικού συμπλέκτη

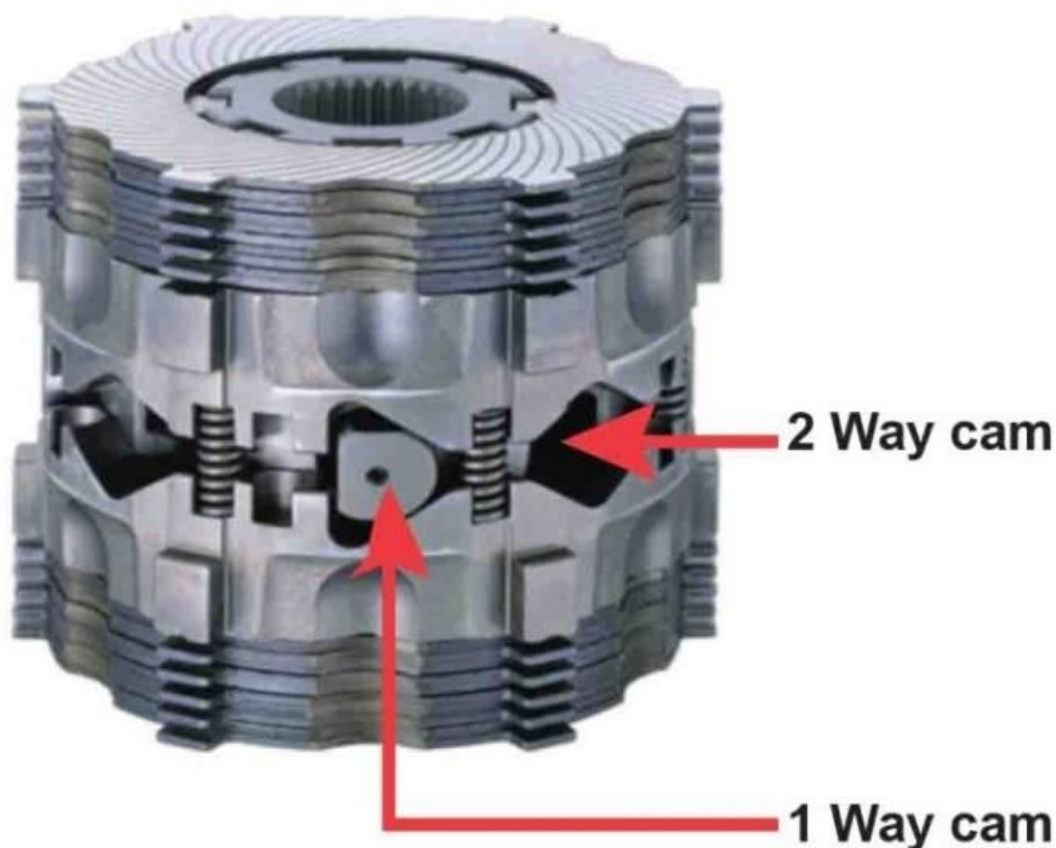
Πως λειτουργούν όμως όλα αυτά; Όταν οι κινητήριοι τροχοί του αυτοκινήτου περιστρέφονται με την ίδια ταχύτητα, η λειτουργία του ελεγχόμενου διαφορικού είναι σχεδόν ίδια με αυτή ενός ελεύθερου. Ρνδέχεται να υπάρχει ήδη μία «μικρή» τριβή λόγω του ελατηρίου προφόρτισης που φροντίζει ώστε να το όλο σύστημα να λειτουργεί υπό μία μικρή πίεση αλλά είτε υπάρχει, είτε όχι, δεν έχει ιδιαίτερη σημασία για την μετέπειτα λειτουργία του διαφορικού.

Σε περίπτωση διαφορετικής ταχύτητας των ημιαξονίων, η ροπή που εφαρμόζεται στο διαφορικό προσπαθεί να περιστρέψει το κέντρο του, οι δίσκοι πίεσης εντός του διαφορικού, εξαναγκάζονται σε «πλάγια» κίνηση από τον σταυρό των δορυφόρων που προσπαθεί να «σκαρφαλώσει» τη ράμπα. Οι δορυφόροι κινούνται με διαφορετική ταχύτητα από ότι το σύστημα λόγω της διαφοράς στην ταχύτητα περιστροφής των πλανητών .

Η διαφορά είναι πως οι δορυφόροι «αλληλεπιδρούν» με το σύστημα μέσω του σταυρού πάνω στον οποίο βρίσκονται. Η κίνηση των δίσκων πίεσης, συμπιέζει τους δίσκους τριβής και η τριβή που δημιουργείται –ανάλογη της ροπής που εφαρμόζεται στο διαφορικό και κατά συνέπεια της πίεσης με την οποία συμπιέζονται οι δίσκοι μέσα σε αυτό-, προκαλεί τη σταδιακή εμπλοκή των τροχών, το «κλείδωμά» τους πιο απλά. Το μόνο που καταλαβαίνει είναι η διαφορά στην ταχύτητα περιστροφής μεταξύ των κινητήριων τροχών και των δίσκων πίεσης και των δίσκων τριβής, προσπαθώντας να την περιορίσει εισάγοντας τριβή στο σύστημα.

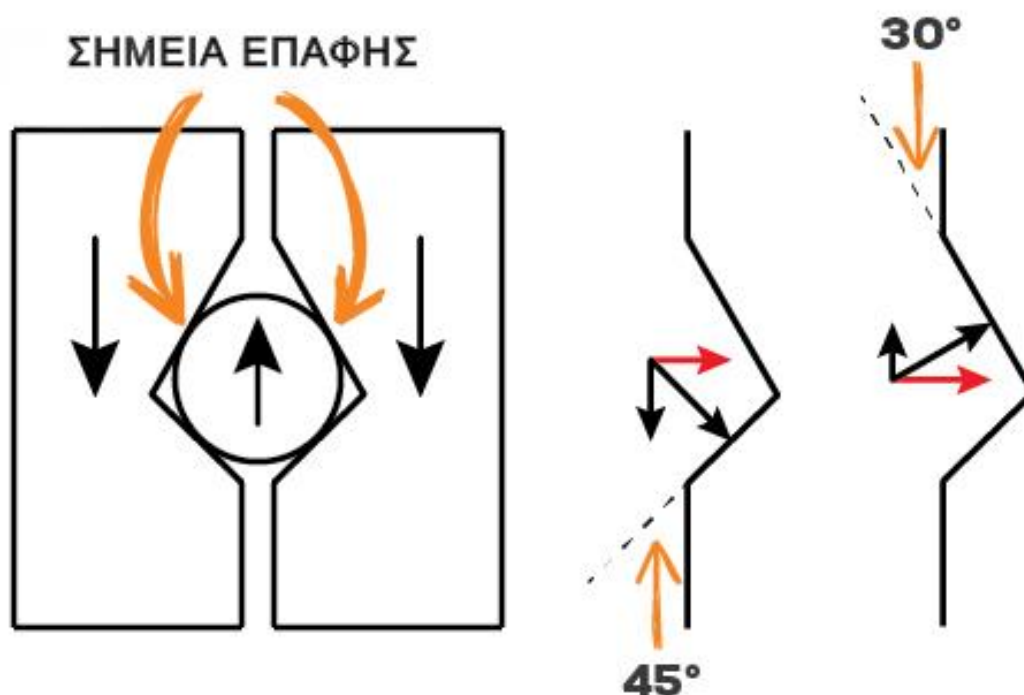
Τύποι Ραμπών: 1 way-1,5 way και 2 way και συμπλέκτες.

Αυτό που επηρεάζει τη εμπλοκή του διαφορικού είναι είναι οι ράμπες. Αυτές, όντας μέρος των δίσκων πίεσης, είναι ένας τρόπος να προκαλέσουμε κίνηση σε αυτούς, που με τη σειρά του θα εμπλέξει τους συμπλέκτες και θα εισάγει αντίσταση στο σύστημα. Η γωνία και το σχήμα της ράμπας είναι αυτά που καθορίζουν το ποσοστό εμπλοκής του διαφορικού και την απόκρισή του σε μεταβολές. Γενικά, όσο πιο μικρή είναι η γωνία της ράμπας, τόσο πιο άμεσα το διαφορικό. Για παράδειγμα γωνία της τάξης των 30° θεωρείται οριακά μικρή ενώ ράμπα των 90° δεν μπορεί να μπλοκάρει το διαφορικό.



Εικόνα 7 Ρυθμιζόμενο διαφορικό 1-δρόμου και 2-δρόμων

Οι ράμπες παίζουν έναν ακόμη ρόλο. Ορίζουν τον «τύπο» του διαφορικού. Αν είναι συμμετρικές, τότε το διαφορικό είναι 2-δρόμων(2-way). Αν η μία πλευρά της ράμπας είναι κάθετη τότε είναι 1-δρόμου (1-way) και αν και οι δύο πλευρές έχουν κλίση αλλά είναι δεν είναι συμμετρικές, τότε το διαφορικό είναι 1,5-δρόμου (1,5-way). Ένα 1-way διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης, ενεργοποιείται μόνο κατά την επιτάχυνση.



Εικόνα 8 Γωνίες ράμπας και σημεία επαφής

Κάποια μπλοκέ διαφορικά δίνουν τη δυνατότητα ρύθμισης μεταξύ 1-way και 2-way. Το ποσοστό της εμπλοκής ορίζεται από τη γωνία της ράμπας. Όταν το διαφορικό είναι 1,5-way, τότε ενεργοποιείται και κατά τη διάρκεια της επιτάχυνσης όπως και της επιβράδυνσης. Απλά, λόγω της διαφορετικής γωνίας των ραμπών, το ποσοστό εμπλοκής είναι μεγαλύτερο κατά την επιτάχυνση. Τέλος, αν πούμε πως ένα διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης είναι 2-way, τότε ενεργοποιείται με τον ίδιο τρόπο τόσο στην επιτάχυνση όσο και την επιβράδυνση. Αξίζει να αναφερθεί πως σε αυτοκίνητα δρόμου τα 2-way διαφορικά είναι πρακτικά απαγορευτικά και προτιμούνται 1-way ή 1,5-way ενώ στα αγωνιστικά από την άλλη, προτιμούνται 1,5-way ή 2-way ανάλογα με το άθλημα ώστε να είναι εφικτός ο έλεγχος ισορροπίας του οχήματος ακόμα και σε κατάσταση επιβράδυνσης.

Τα πλεονεκτήματα του διαφορικού περιορισμένης ολίσθησης με πολύδισκους συμπλέκτες είναι:

1. Περιορισμός ολίσθησης των τροχών σε μεγάλες ταχύτητες.
2. Διάθεση ισχύος στους τροχούς πιο ομαλά, 3. Ομοιόμορφη πρόσφυση και καλύτερος έλεγχος του οχήματος κατά την επιτάχυνση ή την επιβράδυνση.

4. Σε συνθήκες ομαλής οδήγησης, το σύστημα με τους δίσκους δεν είναι σε εμπλοκή οπότε υπάρχει μείωση τριβής και το όχημα να στρίβει ευκολότερα.

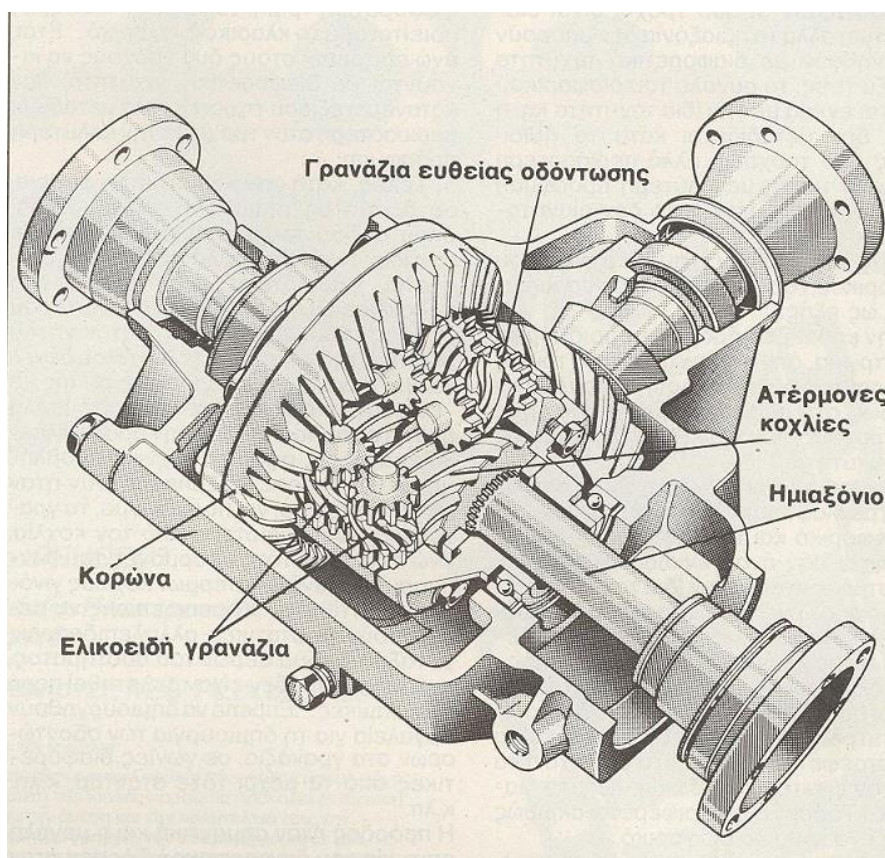
Τα μειονεκτήματα του διαφορικού περιορισμένης ολίσθησης με πολύδισκους συμπλέκτες είναι:

1. Κατα την εμπλοκή του συστήματος επειδή το σύστημα βασίζεται σε τριβή δίσκων, υπάρχει μεγάλη και απότομη αύθηση της θερμοκρασίας, ειδικά σε υψηλές ταχύτητες.

2. Οι πολύδισκοι συμπλέκτες αποτελούνται απο πολλά διαφορετικά τμήματα και σε περίπτωσης βλάβης είναι έχουν μεγάλο κόστος και είναι δύσκολα στην αποσυναρμολόγηση και στην επισκευή.

3.2 Με Ατέρμονες οδοντωτούς τροχούς (Torsen)

Το μηχανικό διαφορικό Τόρσεν, χρησιμοποιεί τον απλό μηχανισμό αντεπιστροφή. Οι πλανήτες αντί για γρανάζια είναι ατέρμονες κοχλίες και οι δορυφόροι είναι ζεύγος ελικοειδών γραναζιών που συνδέονται στα άκρα με γρανάζια ευθείας οδόντωσης.



Εικόνα 4 Σχεδιάγραμμα Torsen διαφορικού

(Τα γρανάζια αυτά είναι απαραίτητα για τη σύνδεση των γραναζιών, που δεν μπορούν να εμπλακούν μεταξύ τους αφού η οδόντωσή τους έχει την ίδια φορά). Οι ατέρμονες κοχλίες μπορούν, εφ' όσον ασκηθεί επάνω τους ροπή από τα ημιαξόνια (δηλαδή μόνο στις στροφές) να μεταδώσουν κίνηση στα γρανάζια που, περιστρεφόμενα μεταξύ τους με διαφορετική φορά, επιτρέπουν στους ατέρμονες κοχλίες να περιστρέφονται με διαφορετική ταχύτητα.



Εικόνα 5 Σύστημα ατέρμονα κοχλία

Αντίθετα, τα γρανάζια δεν μπορούν να μεταδώσουν κίνηση στους ατέρμονες κοχλίες, παρά μόνο όταν στρέφονται σαν σύνολο γύρω απ' αυτούς (όπως δηλαδή συμβαίνει και στο ανοιχτό διαφορικό στην ευθεία σε κανονικό οδόστρωμα) και όχι περιστρεφόμενα γύρω από τον εαυτό τους μετάδοσης της κίνησης, το συνδυασμό γραναζιού - ατέρμονα κοχλία.

Τα ημιαξόνια καταλήγουν σε ατέρμονες κοχλίες, αντί σε γρανάζια, ενώ οι δορυφόροι είναι γρανάζια όπως είναι και στο απλό διαφορικό. Έτσι, οι πλανήτες, οι ελικοειδείς κοχλίες, μπορούν να κινήσουν τους δορυφόρους, ενώ οι δορυφόροι δεν μπορούν να κινήσουν τους κοχλίες, ασκώντας απλώς σε αυτούς μια δύναμη παράλληλη προς το ημιαξόνιο (τείνουν δηλαδή να τους κινήσουν σε ευθεία γραμμή, κάτι βέβαια που αποκλείεται, αφού τα ημιαξόνια είναι ακίνητα και μπορούν μόνο να περιστραφούν).

Στην περίπτωση κίνησης στην ευθεία σε κανονικό δρόμο, όλα λειτουργούν όπως στο κοινό διαφορικό, το πινίο δίνει κίνηση στην κορώνα κι αυτή περιστρέφει όλο το σύνολο του διαφορικού με την ίδια ταχύτητα, Όταν το αυτοκίνητο κινείται σε μια στροφή και οι τροχοί αποκτήσουν διαφορετικές ταχύτητες, εκτός από τη ροπή που ασκεί στον άξονα ο κινητήρας, υπάρχει και το ζεύγος των αντίθετων ροπών οι οποίες ασκούνται από τους τροχούς στα δύο ημιαξόνια. Όταν ο εσωτερικός τροχός επιβραδύνει για να ακολουθησει την τροχιά του χωρίς ολίσθηση, ασκεί μια ροπή αντίθετη απο αυτή της περιστροφής. Ο κοχλίας αρχίζει να κινεί το γρανάζι - δορυφόρο με το οποίο είναι συνδεδεμένος.

Από την άλλη πλευρά, ο εξωτερικός τροχός χρειάζεται να επιταχύνει για να ακολουθήσει την τροχιά χωρίς ολίσθηση και έτσι ασκεί μια αντίστοιχη ροπή στο κοχλία του γυρίζοντας το αντίστοιχο γρανάζι-δορυφόρο με αντίθετη φορά απο αυτή του εσωτερικού τροχού. Επειδή τα δύο γρανάζια συνδέονται, μπορούν να περιστρέφονται (μόνο) με αντίθετη φορά μεταξύ τους κι έτσι τελικά οι δύο τροχοί περιστρέφονται με διαφορετική ταχύτητα μεταξύ τους, όπως και με το κοινό διαφορικό.

Ανιση κατανομή της ροπής

Στην ευθεία, σε δρόμο με επίπεδο οδόστρωμα, όπου ο συντελεστής τριβής είναι ίδιος σε ολο το μήκος, η ροπή κατανέμεται στους δύο τροχούς, που περιστρέφονται με την ίδια ταχύτητα.

Κατά την κίνηση των τροχών σε επιφάνειες με διαφορετικό συντελεστή τριβής (πάγο, νερό, λάδια), το διαφορικό και τα ημιαξόνια συμπεριφέρονται σαν ένας ενιαίος άξονας και περιστρέφονται με την ίδια ταχύτητα περιστροφής, ενώ ο τροχός που κινείται στην επιφάνεια με το μεγαλύτερο συντελεστή τριβής δέχεται το μεγαλύτερο μέρος της ροπής.

Στις στροφές το διαφορικό Τόρσεν συμπεριφέρεται όπως ένα ανοιχτό διαφορικό. Η ροπή κατανέμεται εξίσου στους δύο τροχούς, ενώ το διαφορικό επιτρέπει στον εξωτερικό τροχό να περιστρέφεται με μεγαλύτερη ταχύτητα από τον εσωτερικό.

Επίσης στις στροφές, όπου όμως οι δύο τροχοί κινούνται σε επιφάνειες με διαφορετική τριβή, το Τόρσεν διαφοροποιείται από το κλασικό διαφορικό. Έτσι, ενώ επιτρέπει στους δύο τροχούς να κινούνται με διαφορετική ταχύτητα, δεν κατανέμει εξίσου τη ροπή, αλλά μεταδίδει περισσότερη στον τροχό με την καλύτερη πρόσφυση.

Ας πάρουμε τώρα την περίπτωση όπου οι δύο τροχοί βρίσκονται στην ευθεία, αλλά ο δεξιός τροχός ακουμπά στην άσφαλτο και ο αριστερός σε επιφάνεια με πολύ μικρή τριβή (π.χ. πάγο). Το δεξί γρανάζι - δορυφόρος παρασύρεται από την κίνηση της κορώνας και με τη σειρά του τείνει να παρασύρει τον

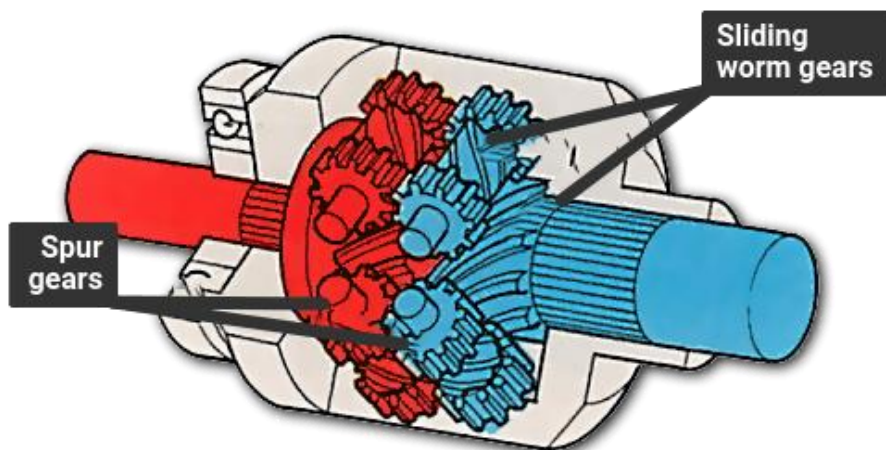
αντίστοιχο του κοχλία, γυρίζοντας γύρω απ' αυτόν. Την ίδια κίνηση κάνει και το αριστερό γρανάζι, μόνο που εδώ, παρ' όλο που το δεξί γρανάζι προσπαθεί να κινηθεί γύρω από τον εαυτό του, στρέφοντας τον αντίστοιχο κοχλία και τροχό (αφού ο τελευταίος παρουσιάζει μειωμένη αντίσταση) αυτό δεν είναι δυνατό, γιατί το γρανάζι δεν μπορεί να μεταδώσει κίνηση στον ατέρμονα κοχλία και τον αναγκάζει να ακολουθήσει την κίνηση της θήκης του διαφορικού, καθώς στρέφεται γύρω απ' αυτήν).

Αναγκαστικά λοιπόν, αφού η αντίσταση που παρουσιάζουν οι δύο τροχοί είναι διαφορετική αλλά οι πλανήτες και τα ημιαξόνια δεν μπορούν να κινηθούν με διαφορετική ταχύτητα μεταξύ τους, το διαφορικό κινείται ενιαία με την ίδια ταχύτητα και η ροπή δεν μοιράζεται μεταξύ των δύο τροχών, αλλά περισσότερο σ' αυτόν με τη μεγαλύτερη πρόσφυση και φυσικά το αυτοκίνητο δεν ακινητοποιείται.

Τέλος, κατά την κίνηση στην ευθεία, σε δρόμο με σημαντική πλάγια κλίση, όπου οι δύο τροχοί περιστρέφονται με την ίδια ταχύτητα, αλλά αυτός που βρίσκεται χαμηλότερα έχει μεγαλύτερη πρόσφυση (λόγω στήριξης μεγαλύτερου μέρους του βάρους του αυτοκινήτου εξαιτίας της κλίσης), ο τελευταίος δέχεται και μεγαλύτερο μέρος της ροπής.

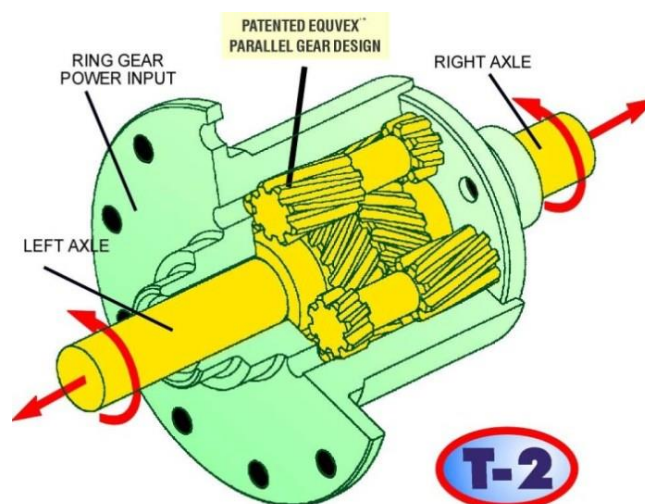
Υπάρχουν τέσσερις τύποι διαφορικών Torsen:

- Το πρωτότυπο Torsen T-1 (τύπος A) χρησιμοποιεί ελικοειδείς οδοντωτούς τροχούς διασταυρούμενου άξονα (ή αλλιώς οδοντωτοί τροχοί νίχεν) για να περιορίσει τη διάσπαση της ροπής. Ο τύπος I μπορεί να σχεδιαστεί για λόγους υψηλότερης ροπής στρέψης από τον τύπο II, αλλά τυπικά έχει υψηλότερη απόκλιση και παρουσιάζει προβλήματα θορύβου, δόνησης και σκληρότητας (NVH) και αποτελεί ακριβή εγκατάσταση.



Εικόνα 11 Διαφορικό Torsen T-1

• Η επόμενη εξέλιξη του Torsen διαφορικού, το T-2, είναι σχεδιασμένο για μπροστοκίνητα αυτοκίνητα. Επειδή η οδόντωση τύπου Invex δημιουργούσε χωροταξικά προβλήματα σε αυτά τα αυτοκίνητα, έχει αντικατασταθεί με την πατενταρισμένη διάταξη Equivex. Αυτή η διάταξη χρησιμοποιεί γρανάζια παράλληλου άξονα που επιτρέπουν καλύτερη διαχείριση των δυνάμεων αποχωρισμού που αναπτύσσονται κατά την εμπλοκή των γραναζιών και πιο αθόρυβη λειτουργία.



Εικόνα 12 Διαφορικό Torsen T-2

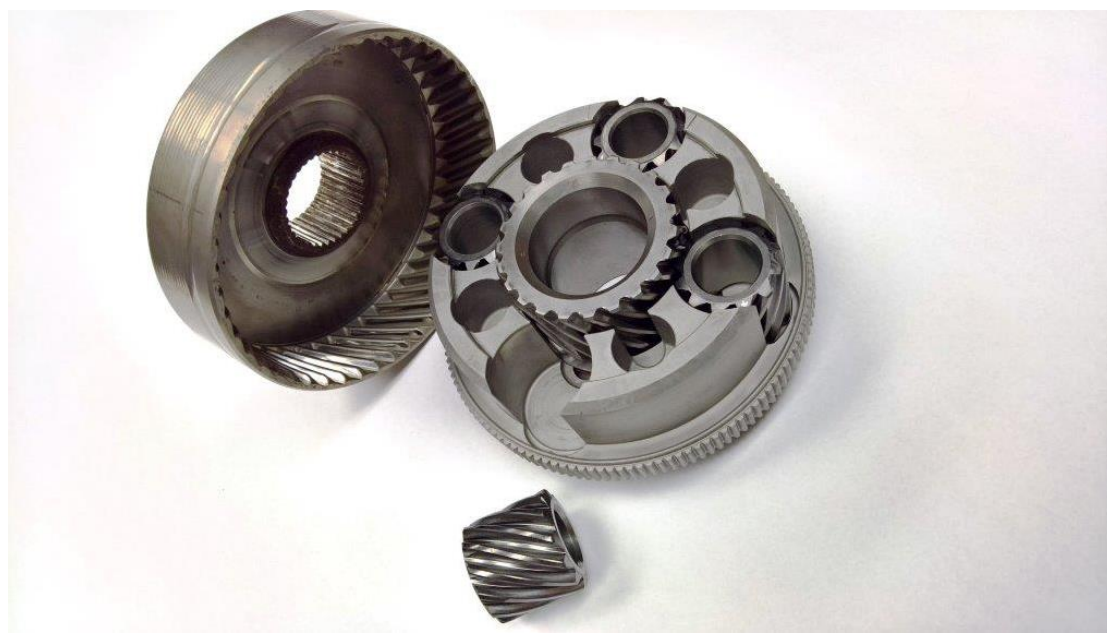
• Το Torsen T - 2R είναι ένα προηγμένο διαφορικό έλξης πολλαπλών λειτουργιών που παρέχει συνεχή και αδιάκοπη παραγωγή ροπής, ροπή πόλωσης, και διαφοροποίηση σε μία ενιαία μονάδα. Η υψηλή αναλογία ροπής ενισχύει την αρχική έλξη και την κινητικότητα κάτω από ακραίες συνθήκες διαχωρισμού.

Βασίζεται στο T - 2 και έχει επιπλέον, δίσκους με ελατήρια προφόρτισης όπως και στο διαφορικό πολύδισκου συμπλέκτη. Πρόκειται δηλαδή για έναν συνδυασμό Torsen και διαφορικού με πολύδισκους συμπλέκτες κάτι που αυξάνει την αμεσότητα εμπλοκής και τον συντελεστή φραγής. Είναι ιδανικότερο για χρήση σε οπίσθια διαφορικά, στα φορτηγά και σε εφαρμογές υψηλής απόδοσης και λόγω του ότι αυξάνει τον συντελεστή φραγής αλλά και την αμεσότητα εμπλοκής όπου χρησιμοποιείται κυρίως σε αγωνιστικά αυτοκίνητα.

Το διαφορικό Torsen T-2R έχει τη δυνατότητα να ανταποκριθεί άμεσα σε συνθήκες μιας μεταβλητής οδήγησης που όχι μόνο προσφέρει καλύτερη πρόσφυση, αλλά επίσης ενισχύει και την γενική απόδοση του οχήματος. Επιπλέον, η εξαιρετική απόδοση του T-2R επιτρέπει στη καλύτερη απόδοση της ροπής του κινητήρα που θα χρησιμοποιηθεί πιο αποτελεσματικά, παρέχοντας περισσότερη ιπποδύναμη στο δρόμο. Το διαφορικό T-2R διαθέτοντας ένα υψηλό ποσοστό διαμοιρασμού της ροπής που μπορεί να παρέχει έως και 85% της ροπής στον τροχό με πρόσφυση. Σε χαμηλότερα επίπεδα η μονάδα θα συμπεριφέρεται σαν ένα συμβατικό Torsen T-2.

Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για τους οδηγούς που ανταγωνίζονται σε αγώνες δρόμου, καθώς και για οδηγούς των μη φορτωμένων φορτηγών ή για οδηγούς που έχουν να αντιμετωπίσουν κακές καιρικές συνθήκες.

- Η τελευταία γενιά του Torsen, T-3, είναι και η μοναδική που απευθύνεται αποκλειστικά σε τετρακίνητες εφαρμογές, ως κεντρικό διαφορικό. Η διάταξη του είναι παρεμφερής με αυτή του T-2 αλλά χρησιμοποιεί ελικοειδής δορυφόρους που είναι τοποθετημένοι στην εξωτερική διάμετρο ενώ η κατανομή ροπής εμπρός-πίσω πλέον, κυμαίνεται από 65-35 έως και 35-65.



Εικόνα 13 Διαφορικό Torsen T-3

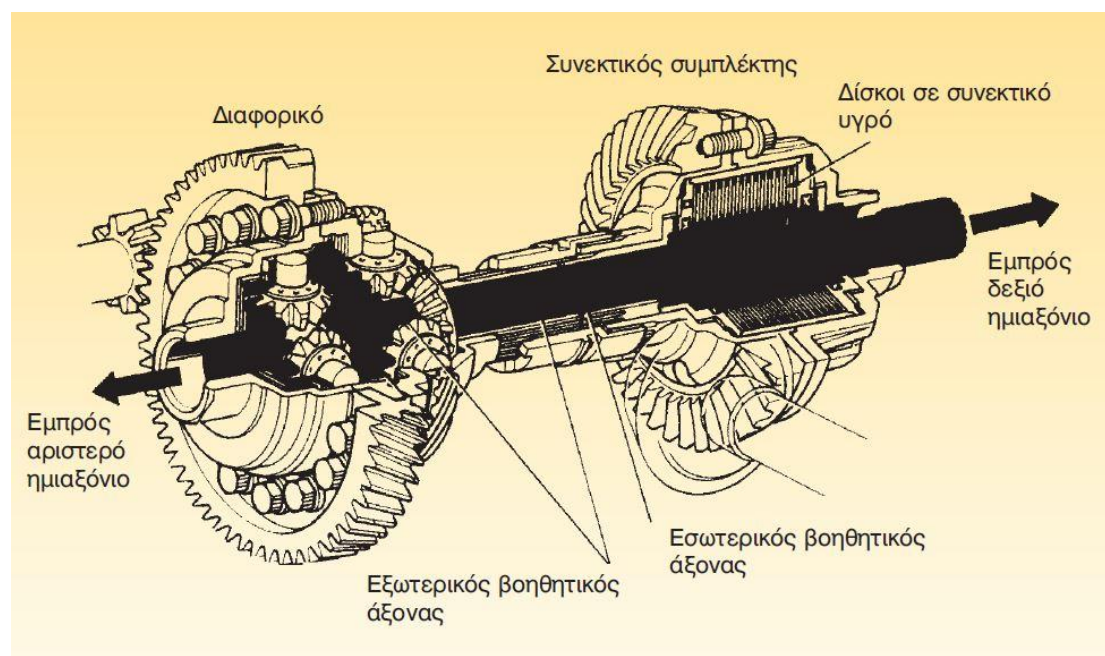
Τα πλεονεκτήματα του διαφορικού Torsen είναι:

1. Το διαφορικό Torsen ξεκινούν να στέλνουν τη ροπή ακριβώς την στιγμή που χαθεί πρόσφυση στον απέναντι τροχό. Ουσιαστικά είναι πιο άμεσο από τα διαφορικά συνεκτικού συμπλέκτη και πολυδισκων.
2. Είναι καθαρά μηχανικά συστήματα, χωρίς να χρειάζεται καμία προγραμματισμένη συντήρηση, αφού η λειτουργία του διαφορικού βασίζεται στη κίνηση γραναζιών. Επίσης, τυχόν επισκευή ή έλεγχος είναι σαφώς ευκολότερος λόγω του απλού τρόπου λειτουργίας.

3.3 Διαφορικά Viscous συνεκτικής σύζευξης

Τα διαφορικά συνεκτικής σύζευξης 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.

Ένα viscous διαφορικό, έχει δύο σειρές δίσκων, εντός του γεμισμένου με σιλικονούχο υγρό κελύφους του. Η μία σειρά δίσκων είναι μέρος του κελύφους του διαφορικού και περιστρέφεται με αυτό ενώ η άλλη είναι μέρος του ημιαξονίου και είναι τοποθετημένοι διαδοχικά, ο ένας μετά τον άλλον.



Εικόνα 14 Διαφορικό Viscous

Όταν δεν υπάρχει διαφορά στην ταχύτητα περιστροφής των κινητήριων τροχών, το διαφορικό συνεκτικής σύζευξης λειτουργεί ως ελεύθερο διαφορικό. Το κέλυφος του διαφορικού, τα ημιαξόνια και οι αντίστοιχοι δίσκοι τους γυρνάνε με την ίδια ταχύτητα και το υγρό περιστρέφεται μαζί τους με αποτέλεσμα να μην αυξάνεται η θερμοκρασία και ως αποτέλεσμα το ιξώδες του. Όταν όμως για οποιονδήποτε λόγο, οι κινητήριοι τροχοί αρχίσουν να περιστρέφονται με διαφορετική ταχύτητα, οι δίσκοι του ημιαξονίου με την μεγαλύτερη ταχύτητα περιστρέφονται γρηγορότερα από τους δίσκους του έτερου ημιαξονίου αλλά και του κελύφους του διαφορικού. Η τριβή που προκαλείται από την διαφορά ταχύτητας των δίσκων και , οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας γενικά και σε αύξηση του ιξώδους του. Τελικό αποτέλεσμα; Η αύξηση του ιξώδους του υγρού 'φρενάρει' το σύστημα και περιορίζει τη διαφορά ταχύτητας περιστροφής των δίσκων του κελύφους και των ημιαξονίων και κατανέμει τη ροπή ανάμεσα στους δύο τροχούς.

Τα πλεονεκτήματα του διαφορικού συνεκτικής σύζευξης είναι:

1. Πολύ ομαλή λειτουργία με την απουσία θορύβων άλλων διαφορικών περιορισμένης ολίσθησης.
2. Ευελξία σαν σύστημα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες διατάξεις και οχήματα.

Τα μειονεκτήματα του διαφορικού συνεκτικής σύζευξης είναι:

1. Δεν μπορεί να γίνει πλήρης εμπλοκή αφού το σύστημα χρειάζεται διαφορά ταχύτητας ανάμεσα στους δύο τροχούς για να υπάρχει μεταφορά ροπής
2. Αν το υγρό μέσα στο διαφορικό θερμανθεί γρήγορα (λόγω μεγάλης ταχύτητας ή διαρκούς χρήσης) η απόδοση του διαφορικού θα μειωθεί

3.4. Ηλεκτρονικά διαφορικά περιορισμένης ολίσθησης

Στα σημερινά σύγχρονα οχήματα, οι κατασκευαστές αναπτύξει συστήματα , τα οποία μπορούν να αντιλαμβάνονται και να ελέγχουν την ολίσθηση των τροχών και τη κατεύθυνση του οχήματος σε στιγμές απώλειας του ελέγχου. Τα συστήματα αυτά, τα οποία θεωρούνται συστήματα ενεργητικής ασφάλειας χρησιμοποιούν και εκμεταλλεύονται τα εξαρτήματα και τους μηχανισμούς του συστήματος πέδησης και του συστήματος αντιμπλοκαρίσματος τροχών (ABS), για να διαμοιράσουν την δύναμη πέδησης ανα τροχό ξεχωριστά ανάλογα με το επιθυμητό αποτέλεσμα. Έτσι εξασφαλίζεται η ασφαλής κίνηση του οχήματος χωρίς να υπάρχει ολίσθηση λόγω της διαφορετικής ταχύτητας των τροχών ή λόγω δυναμικής κατάστασης του αυτοκινήτου (απώλεια ελέγχου, φαινομενα υπερστροφής) .

Επίσης, κάποια συστήματα χρησιμοποιούν και τους μηχανισμούς της ηλεκτρονικής διαχείρισης του κινητήρα, ώστε να υπολογίζουν και να ελέγχουν

την ιδανική ροπή του κινητήρα που πρέπει να εφαρμόζεται στους τροχούς σε καταστάσεις ολίσθησης τους. Σε μερικά τέτοια συστήματα, ο η κεντρική μονάδα έχει τη δυνατότητα να περιορίζει την ολίσθηση μεταβάλλοντας τον βαθμό εμπλοκής του διαφορικού. Το όφελος αυτών των συστημάτων και ο σκοπός κατασκευής τους, είναι να παρέχουν στον οδηγό του οχήματος όσο το δυνατόν περισσότερη ασφάλεια σε δύσκολες καταστάσεις οδήγησης και σε στιγμές πανικού.

Τα συστήματα τα οποία έχουν άμεση σχέση με τον διαφορικό μηχανισμό είναι τα εξής:

Ηλεκτρονικός έλεγχος (μπλοκάρισμα) του διαφορικού. **EDL (Electronic Differential Lock)**. Τα συστήματα αυτά προσομοιώνουν την λειτουργία ενός μπλοκέ διαφορικού.

Όταν υπάρχει ολίσθηση ενός τροχού, το σύστημα ABS φρέναρει τον τροχό που ολίσθαίνει, τόσο ώστε να μην ακινητοποιηθεί αλλά να δημιουργηθεί αντίσταση ώστε η δύναμη να μεταφερθεί στον απέναντι τροχό που έχει πρόσφυση. Τα συστήματα αυτά είναι πιο οικονομικά και εύκολα στην τοποθέτηση καθώς μπορούν να δουλέψουν πάνω σε ένα απλό ανοιχτό διαφορικό.

Τέτοια συστήματα όμως επηρεάζουν την κινητική δυνατότητα ενός αυτοκινήτου γιατί επηρεάζουν την ορμή και ταχύτητα του. Αν υπάρξει

ολίσθηση σε έδαφος με κλίση, το οχημα λόγω του φρεναρίσματος του τροχού θα χάσει όλη τη ταχύτητα του, κάνοντας το πιο δύσκολο να προχωρήσει ξανά.

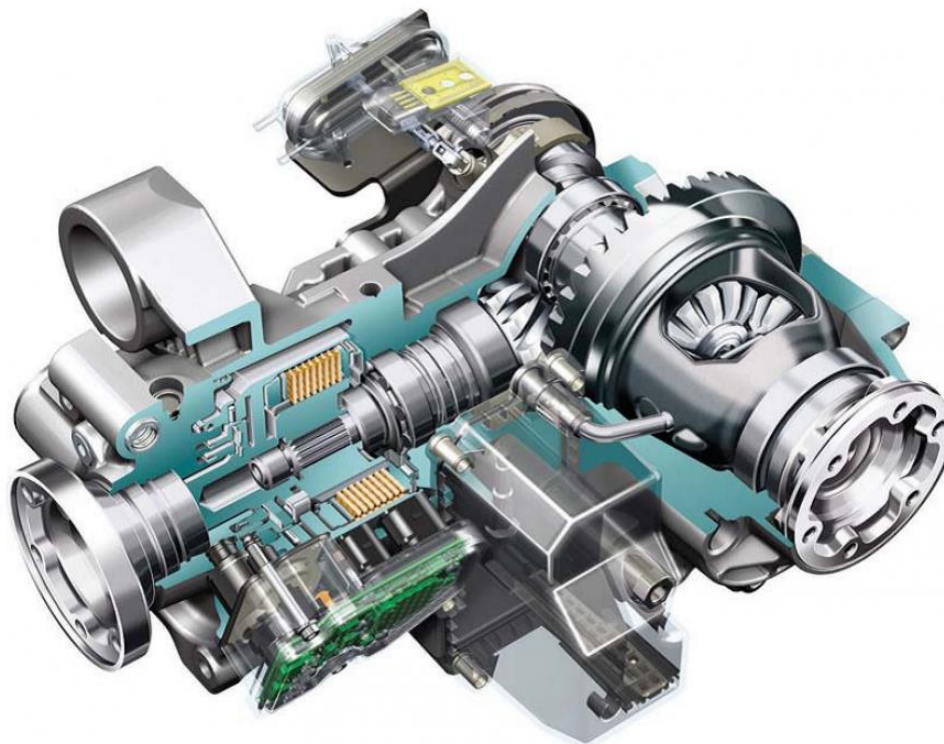
ESP (Electronic Stability Program) ή ESBS (Electronic Stability Brake System). Σύστημα ηλεκτρονικού ελέγχου ευστάθειας.

Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιώντας τον εσωτερικό εγκέφαλο του αυτοκινήτου αντιλαμβάνονται άμεσα όταν το όχημα τείνει να ολισθήσει ή να βγει εκτός πορείας. Εφόσον αντιληφθεί απώλεια ελέγχου, δίνει τις κατάλληλες έντολές στο σύστημα φρένων, κίνησης και στα διαφορικά ώστε να επαναφέρουν το αυτοκίνητο σε μια προκαθορισμένη ασφαλή κατάσταση.

Μερικά από αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν τους αισθητήρες των ηλεκτρονικών διαφορικών ώστε να υπολογίσουν την ροπή που δίνεται σε κάθε τροχό αλλά και το ποσοστό ολίσθησης τους.

3.5 Διαφορικό HALDEX

Το σύστημα διαφορικού Haldex έχει παρόμοιο τρόπο λειτουργίας με το σύστημα διαφορικού συνεκτικού συμπλέκτη, με τη διαφορά ότι σε αυτό το σύστημα η εμπλοκή γίνεται ηλεκτροϋδραυλικά. Το σύστημα τοποθετείται στο πίσω μέρος του αυτοκινήτου λίγο πριν το διαφορικό του.



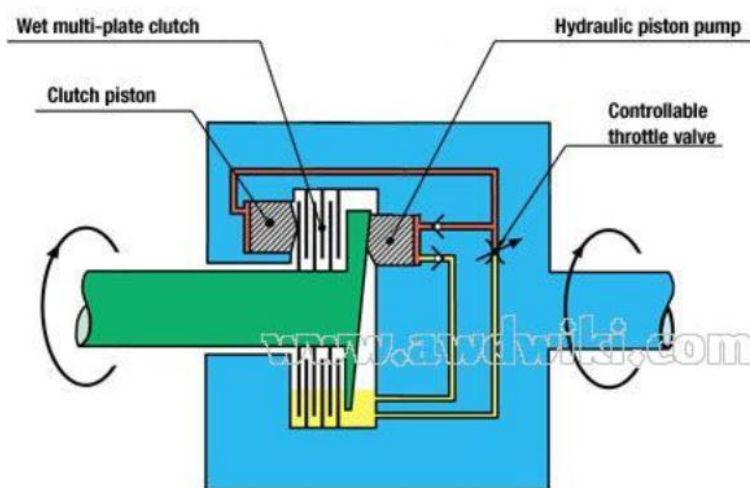
Εικόνα 15 Διαφορικό Haldex

Η κεντρική ηλεκτρονική μονάδα του οχήματος σε συνεργασία με τους αισθητήρες ABS και ESP αποφασίζουν αν θα μεταδοθεί η κίνηση και στον πίσω άξονα καθώς αυτό το σύστημα εφαρμόζεται συνήθως σε συστήματα τετρακίνησης όπου πίσω άξονας δεν λαμβάνει κίνηση υπό κανονικές συνθήκες οδήγησης. Ο τρόπος που το σύστημα Haldex διαφοροποιείται από το διαφορικό συνεκτικού συμπλέκτη είναι στον ηλεκτρονικό τρόπο εμπλοκής. Μόλις οι ηλεκτρονικοί αισθητήρες του οχήματος αντιληφθούν διαφορά στην ταχύτητα περιστροφής των αξόνων, ο ασύμμετρος δίσκος, που λειτουργεί σαν αντλία, πιέζει ένα έμβολο ο οποίος συμπιέζει ένα ειδικό σιλικονούχο υγρό.

Αυτό με τη σειρά του συμπιέζει ένα δεύτερο έμβολο μπλοκάροντας ουσιαστικά τον ελεύθερο άξονα. Οπότε αντί να βασίζεται στην διαφορά ταχύτητας μεταξύ των αξόνων όπως το απλό διαφορικό συνεκτικού συμπλέκτη, αυτό το σύστημα χρησιμοποιεί ηλεκτρονικούς αισθητήρες ώστε να κάνει άμεση εμπλοκή στο διαφορικό.

Το ποσοστό εμπλοκής στον πίσω άξονα ρυθμίζεται απο την κεντρική μονάδα, αφού λάβει υπόψη τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα και τη δυναμική συμπεριφορά του οχήματος, αυξομειώνοντας την πίεση του υδραυλικού συστήματος.

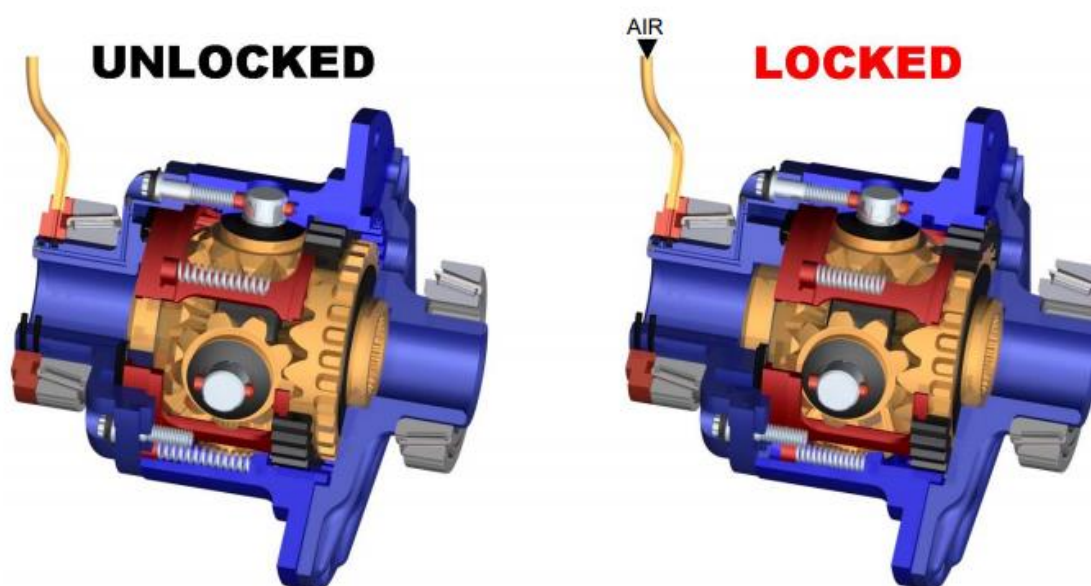
Ένα σημαντικό πλεονέκτημα σε σχέση με τα διαφορικά συνεκτικού συμπλέκτη είναι ότι η εμπλοκή του διαφορικού, επειδή γίνεται ηλεκτροϋδραυλικά, είναι άμεση. Το αρνητικό στη χρήση των συστημάτων Haldex παρουσιάζεται στο ότι είναι πιο ακριβά στην κατασκευή και στη συντήρησή τους καθώς πρόκειται για συστήματα τα οποία χρειάζονται τακτική συντήρηση όπως αλλαγή λαδιών και αλλαγή φίλτρου λαδιών.



Εικόνα 16 Τμήματα Haldex

3.6 ΜΠΛΟΚΕ ΔΙΑΦΟΡΙΚΑ AIR LOCKER ΤΗΣ ARB

Τα διαφορικά Air Locker χρησιμοποιούνται κυρίως σε οχήματα 4X4 αφού προσφέρουν τη δυνατότητα επιλογής της εμπλοκής μέσω ενός διακόπτη από τον οδηγό. Το διαφορικό Air Locker βασίζεται πάνω σε ένα ανοιχτό διαφορικό και χρησιμοποιεί ένα 12βολτο κομπρεσέρ αέρα.



Εικόνα 17 Καταστάσεις Air Locker

Όταν ενεργοποιείται το Air Locker αποτρέπει τα γρανάζια του διαφορικού από το να περιστρέφονται και ως εκ τούτου τα ημιαξόνια δεν περιστρέφονται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο. Με τους δύο άξονες συνδεδεμένους αμέσως προς την κορώνα υπάρχει πλήρη εμπλοκή των αξόνων που πια περιστρέφονται με την ίδια ταχύτητα. Όταν απενεργοποιείται το Air Locker λειτουργεί όπως ακριβώς το συμβατικό ανοιχτό διαφορικό.

Τα διαφορικά Air Locker είναι πολύ καλές επιλογές για αυτοκίνητα που χρησιμοποιούνται σε απαιτητικές εκτός δρόμου διαδρομές καθώς προσφέρουν την ευελιξία της επιλογής της εμπλοκής και επειδή βασίζονται σε ανοιχτά διαφορικά με απλούς μηχανισμούς, έχουν μεγάλη αξιοπιστία και αντοχή. Το αρνητικό με αυτά τα συστήματα είναι ότι δεν αποτελούν εργοστασιακή εφαρμογή σε οχήματα που υπάρχουν σε αγορά και αυτό οδηγεί σε μεταγενέστερο υψηλό κόστος αγοράς και τοποθέτησης στο αυτοκίνητο.

4.Εφαρμογές διαφορικών σε οχήματα με κίνηση στους τέσσερις τροχούς (4X4)

Στη λειτουργία ενός συστήματος μετάδοσης της κίνησης στους τέσσερις τροχούς του αυτοκινήτου, η ροπή πρέπει να διαμοιράζεται μεταξύ των δύο κινητήριων αξόνων. Όπως ένα διαφορικό κατανέμει τη ροπή ανάμεσα σε δύο τροχούς, έτσι χρειάζεται και ένα κεντρικό διαφορικό που να διαφοροποιεί την ταχύτητα περιστροφής μεταξύ του μπροστινού και πίσω άξονα.

Όταν το αυτοκίνητο στρίβει, οι εσωτερικοί προς το κέντρο της στροφής τροχοί, διαγράφουν τόκα μικρότερης ακτίνας διανύοντας μικρότερη απόσταση από τους εξωτερικούς τροχούς, που πρέπει να παίρνουν περισσότερες στροφές. Το ίδιο ισχύει όμως και για τους μπροστά τροχούς σε σχέση με τους πίσω.

Έτσι για την ομαλή κίνηση του αυτοκινήτου, ο μπροστινός και ο πίσω άξονας πρέπει να περιστρέφονται με διαφορετικές ταχύτητες. Αυτό σημαίνει ότι για να μπορεί να στρίβει ένα τετρακίνητο αυτοκίνητο χωρίς να καταπονεί το κεντρικό άξονα θα πρέπει να υπάρχει, εκτός από το μπροστινό και το πίσω διαφορικό και ένα τρίτο διαφορικό .



Εικόνα 6 Σύστημα τετρακίνησης

Εκτός από το συμβατικό διαφορικό χρησιμοποιούνται και άλλα είδη διαφορικών, όπως τα διαφορικά torsen και διαφορικά συνεχτικού συμπλέκτη, ως κεντρικά διαφορικά στη μόνιμη τετρακίνηση για να η ολίσθηση δύο τροχών

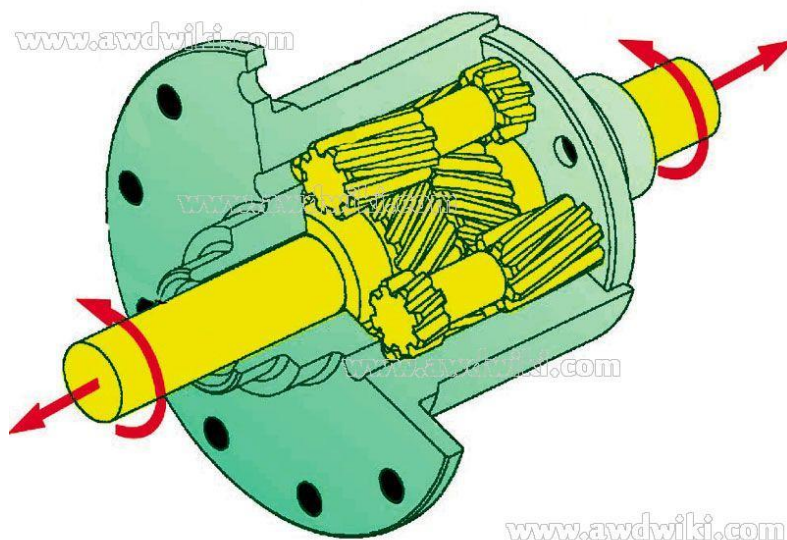
και ακινητοποίηση του οχήματος. Οπότε απαιτείται η τοποθέτηση ενός ελεγχόμενου κεντρικού διαφορικού.

Το σημαντικότερο πάντως είναι ότι στην περίπτωση του τετρακίνητου οχήματος η ροπή του κινητήρα μοιράζεται σε τέσσερις τροχούς αντι σε δύο οπότε καθένας από αυτούς έχει πολύ μικρότερο έργο κατά το διαμήκη άξονα στη διάρκεια της επιταχυνσης

Τα είδη κεντρικών διαφορικών που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι τα Torsen και τα διαφορικά συνεκτικού συμπλέκτη:

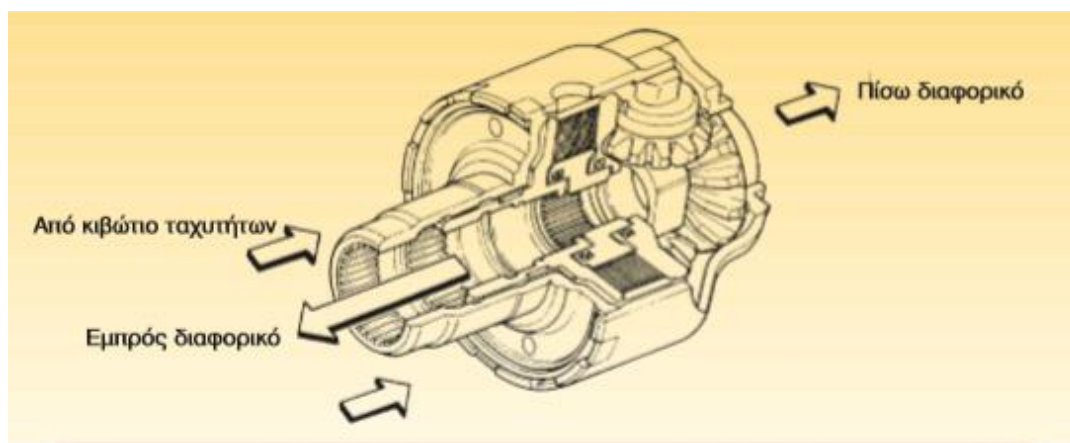
- Στο διαφορικό Torsen όπως αναφερθήκαμε και προηγουμένως χρησιμοποιείται σαν κεντρικό διαφορικό το Torsen T-2 που είναι καταλληλό για τοποθέτηση κυρίως σε εμπρόσθιους άξονες. Η πατενταρισμένη οδόντωση EQUVEXT με παράλληλη κατα άξονα διάταξη των εμπλεκομένων οδοντωτών τροχών παρέχει καλύτερη διαχείριση των δυνάμεων αποχωρισμού που αναπτύσσονται κατά την εμπλοκή τους. Σε περίπτωση κεντρικού διαφορικού χρησιμοποιείται το Torsen T-3.

Η ροπή και διαφοροποίησης των στροφών όπως και στο κεντρικό διαφορικό Torsen ρυθμίζονται συνεχώς και άμεσα μεταξύ των δύο αξόνων ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στο εκάστοτε οδόστρωμα. Επιπλέον είναι και αυτά πλήρως συμβατά με κάθε τύπο ABS και δυναμικών συστημάτων ελέγχου πρόσφυσης ώστε να υπάρχει συνεργασία με κάθε σύστημα στη διαχείριση της διαθέσιμης πρόσφυσης.



Εικόνα 7 Διαφορικό Torsen

•Τα κεντρικά διαφορικά συνεκτικού συμπλέκτη χρησιμοποιούν τον τρόπο μετάδοσης της κίνησης όπου ο ένας άξονας περνάει μέσα απο τον άλλον, για να συνδέουν το μπροστινό διαφορικό με το πίσω. Από τη διαφορά στην ταχύτητα περιστροφής ανάμεσα στους δύο άξονες επιτυγχάνεται η κατανομή της ροπής. Σε κανονικής οδήγηση το κεντρικό διαφορικό κατανέμει τη ροπή ανάμεσα στους μπροστινούς και τους πίσω τροχούς σε μία αναλογία 50-50. Όταν υπάρχει διαφορά ταχύτητας περιστροφής ανάμεσα στους μπροστινούς και τους πίσω άξονας το κεντρικό διαφορικό ελέγχεται από το συνεκτικό συμπλέκτη έτσι ώστε αυτόματα να κατανέμει τη ροπή και στους δύο άξονες



Εικόνα 20 Κεντρικό διαφορικό συνεκτικού συμπλέκτη

Για μείωση των τριβών, της φθοράς των επιμερούς συστημάτων αλλά και της κατανάλωσης, οι κατασκευαστές προσαρμόζουν τα διαφορικά ώστε να μπορούν ελέγχονται κατα πόσο εμπλέκονται, είτε αυτόματα απο τα ηλεκτρονικά συστήματα του αυτοκινήτου είτε χειροκίνητα μέσω του οδηγού μέσω ενός διακόπτη ή ενός μοχλού.

4.1 Συνδυασμοί διαφορικών περιορισμένης ολίσθησης σε πραγματικά συστήματα τετρακίνησης

Μάρκα	Όνομα συστήματος	Μπροστά άξονας	Πίσω άξονας	Κεντρικό διαφορικό
Alfa Romeo	Q4	Ανοιχτό διαφορικό με ηλεκτρονικό έλεγχο μέσω συστήματος ABS	Συνεκτικού συμπλέκτη	Torsen Type C
Audi	Quattro	Ανοιχτό διαφορικό με ηλεκτρονικό έλεγχο	Torsen T-1	Torsen Type C
Audi	BorgWarner	Ανοιχτό διαφορικό με ηλεκτρονικό έλεγχο	Torsen T-1	Συνεκτικού συμπλέκτη
Bmw	xDrive	Συνεκτικού συμπλέκτη με ηλεκτρονικό έλεγχο	Συνεκτικού συμπλέκτη	Χωρίς κεντρικό διαφορικό
Ferrari	E-diff	Ανοιχτό διαφορικό με ηλεκτρονικό έλεγχο	Συνεκτικού συμπλέκτη με ηλεκτρονικό έλεγχο	Χωρίς κεντρικό διαφορικό
Ford	Equa-Lock	Ανοιχτό διαφορικό με ηλεκτρονικό έλεγχο μέσω συστήματος ABS	Ανοιχτό διαφορικό με ηλεκτρονικό έλεγχο μέσω συστήματος ABS	Συνεκτικού συμπλέκτη
Porsche	PSD	Ανοιχτό διαφορικό με ηλεκτρονικό έλεγχο	Συνεκτικού συμπλέκτη με ηλεκτρονικό έλεγχο	Συνεκτικού συμπλέκτη με ηλεκτρονικό έλεγχο
Mitsubishi	SSAWD	Ανοιχτό διαφορικό	Torsen T-1	Viscous συνεκτικής σύζευξης
Subaru	SAWD	Ανοιχτό διαφορικό	Συνεκτικού συμπλέκτη	Συνεκτικού συμπλέκτη
Toyota	ASD	Ανοιχτό διαφορικό με ηλεκτρονικό έλεγχο μέσω συστήματος ABS	Torsen	Συνεκτικού συμπλέκτη
VW	4MOTION	Συνεκτικού συμπλέκτη με ηλεκτρονικό έλεγχο	Συνεκτικού συμπλέκτη με ηλεκτρονικό έλεγχο	Torsen

Alfa Romeo: Q4

Το σύστημα Q4 της Alfa Romeo έχει εξελιχθεί μέσα στα χρόνια. Παλιότερα μοντέλα της εταιρίας χρησιμοποιούσαν διαφορικά Viscous συνεκτικής σύζευξης ως κεντρικά διαφορικά. Τα τελευταία χρόνια είναι από τις λίγες εταιρίες που χρησιμοποιούν διαφορικά τύπου Torsen T-3 για τον διαμοιρασμό της δύναμης μεταξύ μπροστινού και πίσω άξονα.

BMW: xDRIVE

Με το σύστημα xDrive της BMW ο κινητήρας δίνει μόνιμα δύναμη στους πίσω τροχούς. Η ροπή μπορεί να μεταφερθεί στους εμπρός τροχούς μέσω ηλεκτρονικά ελεγχόμενου συμπλέκτη πολλαπλών δίσκων που βρίσκεται στο κιβώτιο. Το xDrive δεν έχει κεντρικό διαφορικό. Τις περισσότερες φορές, ο συμπλέκτης είναι μερικώς κλειδωμένος και η ισχύς μεταφέρεται και στους δύο άξονες σε αναλογία 40/60 από εμπρός προς τα πίσω. Η κατανομή ισχύος μπορεί να μεταβληθεί σε συνεχώς μεταβαλλόμενα επίπεδα (από 50/50 έως 0/100). Για παράδειγμα, σε οδήγηση με μεγάλη ταχύτητα ή κατά τη στάθμευση, ο συμπλέκτης είναι αποσυνδεδεμένος και όλη η ισχύς πηγαίνει στους πίσω τροχούς.



Εικόνα 8 Σύστημα xDrive

Audi: Quattro

Το σύστημα διαφορικών της Audi επιτρέπει τη δυναμική κατανομή ροπής στον πίσω άξονα χρησιμοποιώντας το ασύμμετρο κεντρικό διαφορικό Torsen (Τύπος "C"). Το πίσω διαφορικό είναι τύπου Torsen T-1 ενώ ο εμπρός άξονας εξακολουθεί να βασίζεται σε ανοιχτό διαφορικό με ηλεκτρονικό έλεγχο.

Το διαφορικό του οπίσθιου άξονα κατανέμει επιλεκτικά τη ροπή στους τροχούς του οπίσθιου άξονα, βελτιώνοντας το χειρισμό και σταθεροποιεί το όχημα σε περιπτώσεις υπερστροφής και υπερστροφής, αυξάνοντας έτσι την ασφάλεια. Όταν το λογισμικό απαιτεί (χρησιμοποιώντας πλευρικούς και διαμήκεις αισθητήρες περιστροφής, αισθητήρες τροχών ABS και αισθητήρα τιμονιού), το λογισμικό ελέγχου (που βρίσκεται σε μια μονάδα ελέγχου κοντά στο πίσω διαφορικό) ενεργοποιεί το σχετικό σεντ συμπλέκτη.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παίρνει την κίνηση του άξονα εξόδου μέσω της οδοντωτής οδοντωτής τροχαλίας στον προσδεμένο τροχό, ενώ ο άλλος άξονας συνεχίζει να κινεί τον τροχό του απευθείας. Κατά την κανονική λειτουργία, αυξάνεται η ροπή στρέψης στον τροχό στο εξωτερικό της στροφής, αυξάνοντας έτσι τη ροπή στρέψης του οχήματος, με άλλα λόγια την προθυμία του να γυρίσει προς την κατεύθυνση που δείχνει το τιμόνι.

Audi: BorgWarner

Αυτό το σύστημα τετρακίνησης χρησιμοποιεί ένα διαφορικό τύπου Torsen Type C σαν κεντρικό διαφορικό και ένα ανοιχτό διαφορικό μπροστά με ηλεκτρονικό έλεγχο, αλλά σε αντίθεση με το σύστημα Quattro, το πίσω διαφορικό είναι τύπου συνεκτικού συμπλέκτη.

Ferrari

Το σύστημα τετρακίνησης της Ferrari διαφέρει αρκετά από τα συμβατικά συστήματα. Για μεγάλο μέρος του χρόνου το σύστημα δίνει δύναμη μόνο στους πίσω τροχούς. Ο υπολογιστής που είναι υπεύθυνος για την κατανομή ροπής ανιχνεύει τότε οι εμπρόσθιοι τροχοί αρχίζουν να ολισθαίνουν και μόνο τότε αρχίζει να κατευθύνει την τροφοδοσία οπουδήποτε εκτός από τους πίσω τροχούς.



Εικόνα 9 Σύστημα E-Diff

Το σύστημα κίνησης χρησιμοποιεί διπλά κιβώτια ταχυτήτων, με μηχανισμό μετάδοσης δύο ταχυτήτων, και διπλούς κινητήριους άξονες ενός τύπου που αναπτύχθηκε από τη Ferrari για παλαιότερα μοντέλα. Οπότε δεν κάνει την χρήση κεντρικού διαφορικού αφού η δύναμη διαχωρίζεται κατευθείαν στο μπροστινό άξονα μέσω ενός δεύτερου κιβωτίου, το οποίο χρησιμοποιώντας ένα πακέτο συμπλεκτών σε κάθε ημιαξόνιο, διαμοιράζει την δύναμη μεταξύ των μπροστινών τροχών. Η κατώτερη ταχύτητα του μπροστινού κιβωτίου ταχυτήτων αντιστοιχεί στις δύο πρώτες ταχύτητες στο πίσω κιβώτιο ταχυτήτων, η δεύτερη ταχύτητα στην τρίτη και τέταρτη ταχύτητα του οπίσθιου κιβωτίου ταχυτήτων, με το πίσω κιβώτιο να φορτώνεται μόνο με υψηλότερες ταχύτητες. Αυτό επιτρέπει στη Ferrari να κάνει το σύστημα τετρακίνησης ασυνήθιστα ελαφρύ - περίπου το μισό βάρος ενός τυπικού συστήματος τετρακίνησης.

Mitsubishi: Super Select II All Wheel Drive System

Το σύστημα της Mitsubishi είναι ένα σύστημα τετρακίνησης με κεντρικό διαφορικό Viscous συνεκτικής σύζευξης και ένα Torsen διαφορικό στον πίσω. Το χαρακτηριστικό αυτού του συστήματος είναι ότι ο οδηγός μπορεί μέσω ενός μοχλού στο εσωτερικό να "κλειδώσει" το κεντρικό διαφορικό και να κατανέμει τη δύναμη 50/50 ανάμεσα στον μπροστά και πίσω άξονα. Τέτοια συστήματα είναι αρκετά διαδεδομένα στα οχήματα εκτός δρόμου και από άλλες εταιρείες (Suzuki, Jeep, Toyota) και μερικά από αυτά, όπως το σύστημα της Mitsubishi, μπορούν έχουν ένα δεύτερο κιβώτιο υποδιπλασιασμού για να διπλασιάζουν την ροπή που μεταφέρουν στους τροχούς. Τα τελευταία χρόνια τα συστήματα επιλογής κλειδώματος των διαφορικών έχουν αντικατασταθεί από ηλεκτρονικά συστήματα κατανομής της ροπής.

Subaru: Symmetrical AWD

Το Symmetrical AWD κατανέμει τη ροπή και στους τέσσερις τροχούς ανάλογα με τις πληροφορίες που παίρνει από το κεντρικό διαφορικό και το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου του αυτοκινήτου

Το κεντρικό διαφορικό συνεκτικού συμπλέκτη για τη σωστή κατανομή ροπής μεταξύ του εμπρός και πίσω άξονα κίνησης, ενώ το σύστημα VDC με ηλεκτρονικούς αισθητήρες λαμβάνει υπόψη όλες τις παραμέτρους, ώστε, σε συνδυασμό με το κεντρικό διαφορικό, να κατανείμει τη ροπή στον τροχό που χρειάζεται.

Σε συγκεκριμένα μοντέλα, το σύστημα SAWD επιτρέπει στον οδηγό μέσω ενός διακόπτη στο εσωτερικό να ρυθμίσει το ποσοστό εμπλοκής του κεντρικού διαφορικού, ώστε να μπορεί να επιλέξει σε ποιόν άξονα του αυτοκινήτου θέλει να δώσει την περισσότερη δύναμη. Στην αυτόματη λειτουργία το σύστημα κατανέμει τη δύναμη 50/50 ανάμεσα στον μπροστά και πίσω άξονα και αν τα ηλεκτρονικά συστήματα του οχήματος αντιληφθούν ότι κάποιος τροχός ολισθαίνει, τότε διαμοιράζει αυτόματα τη δύναμη στο κατάλληλο άξονα.

5. Βιβλιογραφία

- Τεχνική αντζέντα μηχανικού αυτοκινήτων - Bohner Max, Leyer Siegried, Pichler Wolfram, Saier Wolfgang, Schmidt Harro, Siegmayer Paul, Zwckel Heinz , Μελέτης Βούλγαρης, 1997 Εκδόσεις ΙΩΝ
- <http://blogs.youwheel.com/2014/04/04/luxury-sedan-awd-system-review-part-1/> Accessed December 2019
- <https://www.howacarworks.com/advanced-driving/using-four-wheel-drive> Accessed November 2019
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Quattro_\(four-wheel-drive_system\)#Vectoring_quattro_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Quattro_(four-wheel-drive_system)#Vectoring_quattro_system) Accessed January 2020
- <https://vehiclestech.blogspot.com/2012/03/diaforikomeros2o.html> Accessed December 2019
- <http://iceal.wikidot.com/differential> Accessed October 2019
- https://www.matfoundrygroup.com/News%20and%20Blog/Types_of_Differential_and_How_They_Work Accessed December 2019
- <https://motor-car.net/innovation/drivetrain/item/14992-differential-types> Accessed November 2019
- <https://www.kmpdrivetrain.com/differentials/plated-limited-slip-differential-explained/> Accessed October 2019
- <http://www.pconstandinides.com/car-tuning/peripherals/item/426-diaforiko-periorismenis-olisthis> Accessed December 2019
- Πτυχιακή εργασία: Συστήματα μετάδοσης κίνησης οχημάτων και παρελκόμενα- Καλαπόδης Χρήστος, Τράνος Αντώνιος Μαρτίος 2014
- Συστήματα αυτοκινήτου 1- Ανδρινός Νικόλαος, Παναγιωτίδης Παναγιώτης, Παπαδόπουλος Νικόλαος, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων Αθήνα 2001
- Συστήματα αυτοκινήτου 2, Α' Τεύχος- Αλεξάνδρου Δημήτριος, Γιάννος Γεώργιος, Καπετανάκης Γεώργιος, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων Αθήνα 2001
- Πτυχιακή εργασία: Μελέτη, σχεδίαση και κατασκευή συστήματος μετάδοσης κίνησης οχημάτων προδιαγραφών Formula Student- Παλαιολόγου Κων/νος Νικόλαος, Μεντζελόπουλος Αθανάσιος -Τ.Ε.Ι Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα 2015
- Πτυχιακή εργασία: Μελέτη αστοχίας διαφορικού υπο συνθήκες μηχανικής φόρτισης- Σμοίλης Νικόλαος, Ζουμπουνέλης Νικόλαος – Τ.Ε.Ι Πειραιά
- Πτυχιακή εργασία: Σύστημα μετάδοσης κίνησης – Διαφορικά περιορισμένης ολίσθησης- Δουράκη Μαρία, Τ.Ε.Ι Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, Καβάλα 2013

- <https://www.kathimerini.gr/886650/gallery/aytokinhsh/aytokinhsh-epikairothta/to-systhma-ths-subaru-symmetrical-awd-kai-vdc> Accessed February 2020
- <https://www.autoblog.gr/2013/10/12/everything-you-need-to-know-about-differentials-part-1/> Accessed November 2019
- <https://www.autoblog.gr/2013/11/08/everything-you-need-to-know-about-differentials-part-2/> Accessed November 2019

6. Βιβλιογραφία εικόνων

Εικόνα εξωφύλλου - Quaife Atb Helicoidal LSD <https://shop.quaife.co.uk/>

Εικόνα 1- <https://vehiclestech.blogspot.com/2012/02/diaforiko.html>

Εικόνα 2 -Συστήματα αυτοκινήτου 2, Α' Τεύχος- Αλεξάνδρου Δημήτριος, Γιάννος Γεώργιος, Καπετανάκης Γεώργιος, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων Αθήνα 2001

Εικόνα 3 -Συστήματα αυτοκινήτου 2, Α' Τεύχος- Αλεξάνδρου Δημήτριος, Γιάννος Γεώργιος, Καπετανάκης Γεώργιος, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων Αθήνα 2001

Εικόνα 4 - <http://iceal.wikidot.com/differential>

Εικόνα 5 - <https://www.autoblog.gr/2013/11/08/everything-you-need-to-know-about-differentials-part-2/>

Εικόνα 6- <https://www.kmpdrivetrain.com/differentials/plated-limited-slip-differential-explained/>

Εικόνα 7- <https://www.autoblog.gr/2013/11/08/everything-you-need-to-know-about-differentials-part-2/>

Εικόνα 8- <https://www.kmpdrivetrain.com/differentials/plated-limited-slip-differential-explained/>

Εικόνα 9- <https://www.autoblog.gr/2014/09/10/everything-you-need-to-know-about-differentials-part-3/>

Εικόνα 10- <https://www.indiamart.com/proddetail/worm-gear-2543500148.html>

Εικόνα 11- <https://www.howacarworks.com/advanced-driving/using-four-wheel-drive>

Εικόνα 12- <https://www.awdwiki.com/en/torsen/>

Εικόνα 13- <https://www.sa4x4.co.za/trail-savvy-torsen-diff/>

Εικόνα 14- Συστήματα αυτοκινήτου 2, Α' Τεύχος- Αλεξάνδρου Δημήτριος, Γιάννος Γεώργιος, Καπετανάκης Γεώργιος, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων Αθήνα 2001

Εικόνα 15- <https://www.vwgolfclub.it/forum/index.php?/topic/65152-golf-r-4motion/>

Εικόνα 16- <https://www.awdwiki.com/en/torsen/>

Εικόνα 17- <https://www.arb.com.au/assets/air-lockers/1-02.pdf>

Εικόνα 18- <https://www.autoevolution.com/news/bmw-xdrive-from-the-first-analog-system-to-hybrid-all-wheel-drive-106708.html>

Εικόνα 19- <https://www.awdwiki.com/en/torsen/>

Εικόνα 20- Συστήματα αυτοκινήτου 2, Α' Τεύχος- Αλεξάνδρου Δημήτριος, Γιάννος Γεώργιος, Καπετανάκης Γεώργιος, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων Αθήνα 2001

Εικόνα 21 <http://blogs.youwheel.com/2014/04/04/luxury-sedan-awd-system-review-part-1/>

Εικόνα 22 <http://www.autolatest.com/photos-auto-news/video-this-is-the-ferrari-ff-wheel-drive-system-2011/2903>