

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΛΟΥΠΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

ΠΑΤΡΑ 2009

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στα Συστήματα Μετάδοσης Ισχύος Οχημάτων (συμπλέκτες, κιβώτια ταχυτήτων, κ.λ.π).

Στην αρχή μελετάται ο Συμπλέκτης και οι δυνατότητες του σαν μέσο μεταφοράς της δύναμης του κινητήρα στο σύστημα μετάδοσης και φυσικά στους τροχούς. Στη συνέχεια μελετάμε τα διάφορα κιβώτια ταχυτήτων προγενέστερων ετών μέχρι και το σήμερα και τα Διαφορικά. Στο τέλος δίνονται αριθμητικοί υπολογισμοί του Συμπλέκτη και των Κιβωτίων ταχυτήτων.

Ευχαριστούμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Ανδρέα Γιαννόπουλο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Μηχανολογίας, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μας προσέφερε για την πραγματοποίηση της εργασίας.

Λούπης Γεώργιος

Απρίλιος 2009

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία αναφέρεται στην μελέτη των Συστημάτων Μετάδοσης Ισχύος Οχημάτων, τα οποία παίζουν το πρωταρχικό ρόλο για την κίνηση του αυτοκίνητου. Για παράδειγμα το κιβώτιο ταχυτήτων πρέπει να μεταβάλλει τις στροφές και τη ροπή του κινητήρα για να ικανοποιηθούν κάθε φορά οι διαφορετικές ανάγκες των τροχών.

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε τέσσερα Κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται εκτενέστερη αναφορά στα μέρη από τα οποία αποτελείται ένας συμπλέκτης, όσο και στη λειτουργία και ανακατασκευή του συμπλέκτη σε περίπτωση βλάβης και στη συνέχεια γίνεται ο υπολογισμός του.

Στο δεύτερο κεφάλαιο καταπιανόμαστε με τα κιβώτια ταχυτήτων. Συγκεκριμένα με τους λόγους που δικαιολογούν την ύπαρξη τους όπως και με την ταξινόμηση των κιβωτίων ταχυτήτων. Επίσης κάνουμε μια ιστορική ανασκόπηση από το πρώτο κοινό κιβώτιο ταχυτήτων που κατασκευάστηκε το 1890. Στη συνέχεια βλέπουμε τα κύρια μέρη ενός χειροκίνητου κιβωτίου ταχυτήτων καθώς και τη λειτουργία τους, ακολουθούν τα ημιαυτόματα κιβώτια και τα αυτόματα. Τέλος αναφερόμαστε στα συστήματα συνεχώς μεταβαλλόμενης μετάδοσης σε διάφορα αυτοκίνητα παραθέτοντας τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτών.

Στο τρίτο Κεφάλαιο παίρνει τη σκυτάλη το Διαφορικό αναπτύσσουμε πως λειτουργεί αυτό και γιατί το χρειαζόμαστε. Επιπλέον βλέπουμε τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένα ελεύθερο διαφορικό, ακολουθεί το διαφορικό σε πισωκίνητα και μπροστοκίνητα. Επίσης γίνεται λόγος για τη σπουδαιότητα της πρόσφυσης επειδή είναι ένας σημαντικός παράγοντας για το κεφάλαιο που αναφερόμαστε. Παρακάτω βλέπουμε τις δυο βασικές διατάξεις για το διαφορικό πόσο σημαντικές είναι και τι απώλειες παρουσιάζουν κ.λ.π. Τέλος θα δούμε αναλυτικά τη λειτουργία του AYC (Active Yaw Control) του MITSUBISHI LANCER EVO IV το οποίο έχει τη δυνατότητα να προσθέτει ή να αφαιρεί ροπή από το δεξιό τροχό, όπως και τη λειτουργία του SUPER-AYC του MITSUBISHI LANCER EVO VIII .

Στο τέταρτο κεφάλαιο υπολογίζονται το σύστημα μετάδοσης κίνησης – συμπλέκτης, το κιβώτιο ταχυτήτων 5 σχέσεων. Ακόμα υπολογίζονται διάφορα μεγέθη σε ολόκληρο το σύστημα κινήσεως.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΣΥΜΠΛΕΚΤΗΣ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	1
1.2 ΔΙΣΚΟΣ ΣΥΜΠΛΕΚΤΗ.....	2
1.3 ΠΛΑΤΟ	6
1.4 ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΜΠΛΕΚΤΗ.....	7
1.4.1 Ο συμπλέκτης δεν απομονώνει καλά	8
1.4.2 Ο συμπλέκτης πατινάρει.....	9
1.4.3 Ο συμπλέκτης παράγει θόρυβο.....	11
1.4.4 Η ανακατασκευή	12
1.4.5 Το ανακατασκευή του δίσκου	14
1.4.6 Δίσκος με ...φτερά	15
1.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΜΠΛΕΚΤΗ	22
1.6 ΟΙ ΠΟΛΥΔΙΣΚΟΙ ΣΥΜΠΛΕΚΤΕΣ.....	26
1.7 ΤΟ ΒΟΛΑΝ	27
1.7.1 Βολάν διπλής μάζας	33
2. ΚΙΒΩΤΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ.....	
2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	36
2.2 ΛΟΓΟΙ ΠΟΥ ΔΙΚΑΙΟΛΟΓΟΥΝ ΤΗΝ ΥΠΑΡΞΗ ΤΟΥ ΚΙΒΩΤΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ	36

2.2.1 Το κιβώτιο ταχυτήτων πρέπει να αντιστρέφει την κίνηση	37
2.2.2 Το κιβώτιο ταχυτήτων πρέπει να διακόπτει την κίνηση.....	37
2.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΚΙΒΩΤΙΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ	38
2.4 ΤΟ ΠΡΩΤΟ ΚΙΒΩΤΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ	39
2.5 Όλοι οι τροχοί έχουν σταθερή σχέση	40
2.6 ΚΙΒΩΤΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΜΕ ΤΡΕΙΣ ΑΤΡΑΚΤΟΥΣ ΚΑΙ ΟΛΙΣΘΑΙΝΟΝΤΕΣ ΤΡΟΧΟΥΣ	42
2.6.1 Λειτουργία.....	44
2.7 ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΕΝΟΣ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΟΥ ΚΙΒΩΤΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ.....	45
2.7.1 Τμήματα κιβώτιων ταχυτήτων – γρανάζια και άξονες	47
2.8 ΤΟ ΚΛΑΣΣΙΚΟ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΟ	48
2.8.1 Εμπλοκίας.....	50
2.8.2 Συγχρονιζέ.....	51
2.9 ΗΜΙΑΥΤΟΜΑΤΑ	53
2.10 ΑΥΤΟΜΑΤΑ ΚΙΒΩΤΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ	62
2.11 CVT (Continuous Variable Transmission) ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΕΧΩΣ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗ.....	68
2.11.1 CVT με χειροκίνητη λειτουργία	70
2.11.2 Audi Multitronic CVT.....	72
2.11.3 Nissan Extroid CVT	74
3. ΔΙΑΦΟΡΙΚΟ	
3.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	77
3.2 ΕΛΕΥΘΕΡΟ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟ.....	79
3.3 ΜΠΡΟΣΤΟΚΙΝΗΤΑ ΚΑΙ ΠΙΣΩΚΙΝΗΤΑ	82
3.4 ΠΡΟΣΦΥΣΗ.....	90
3.5 ΟΙ ΔΥΟ ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ	91
3.5.1 Κεντρικό διαφορικό.....	92
3.6 ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΤΟ ΠΡΩΤΟ ΑΥΣ ΤΟΥ Mitsubishi Lancer Evo IV.....	99

3.6.1 Τι γίνεται τώρα με τον αριστερό τροχό.....	101
3.7 ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΤΟ SUPER-AYC ΤΟΥ MITSUBISHI LANCER EVO VIII	103
4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ.....	
4.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ-ΣΥΜΠΛΕΚΤΗΣ	105
4.2 ΚΙΒΩΤΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ 5 ΣΧΕΣΕΩΝ	108
4.3 ΛΟΓΟΣ ΜΕΤΑΔΟΣΕΩΣ ΟΛΟΚΛΗΡΟΥ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ...	110

1. ΣΥΜΠΛΕΚΤΗΣ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο συμπλέκτης αποτελεί το μέσο μεταφοράς της δύναμης του κινητήρα στο σύστημα μετάδοσης και φυσικά στους τροχούς. Αυτό το τόσο σημαντικό μηχανικό συγκρότημα συχνά αμελείται ή παραμελείται στο πρόγραμμα μιας μηχανικής βελτίωσης, μολονότι δέχεται υψηλές καταπονήσεις και η απόδοσή του είναι καθοριστική για τις επιδόσεις του αυτοκινήτου.

Ας γνωρίσουμε καλύτερα τη δομή και τη λειτουργία του συμπλέκτη συζητώντας για τις βλάβες και τις δυσλειτουργίες του, ώστε στη συνέχεια να αναφερθούμε στη βελτίωση και αναβάθμιση του.

Αναρωτηθήκατε ποτέ πόσο σημαντικός είναι ο συμπλέκτης; Πόσο εύκολη (και μερικές φορές δύσκολη) κάνει την καθημερινή συμβίωση με το αυτοκίνητο μας; Πόσο σημαντικός είναι για τις επιδόσεις και πως τις επηρεάζει; Πόσο μεγάλα φορτία παραλαμβάνει και πώς καταφέρνει να αντεπεξέρχεται σε αυτά; Ο συμπλέκτης είναι ο ήρωας του συστήματος μετάδοσης και ο κύριος υπεύθυνος για την κίνηση του αυτοκινήτου.

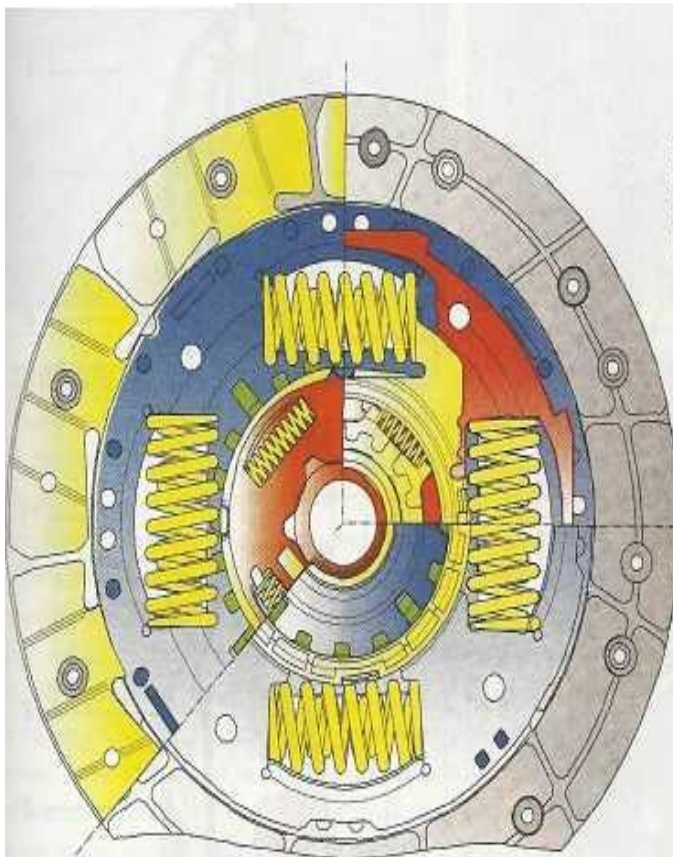


Εικόνα 1.1 : Συμπλέκτης ξηράς τριβής

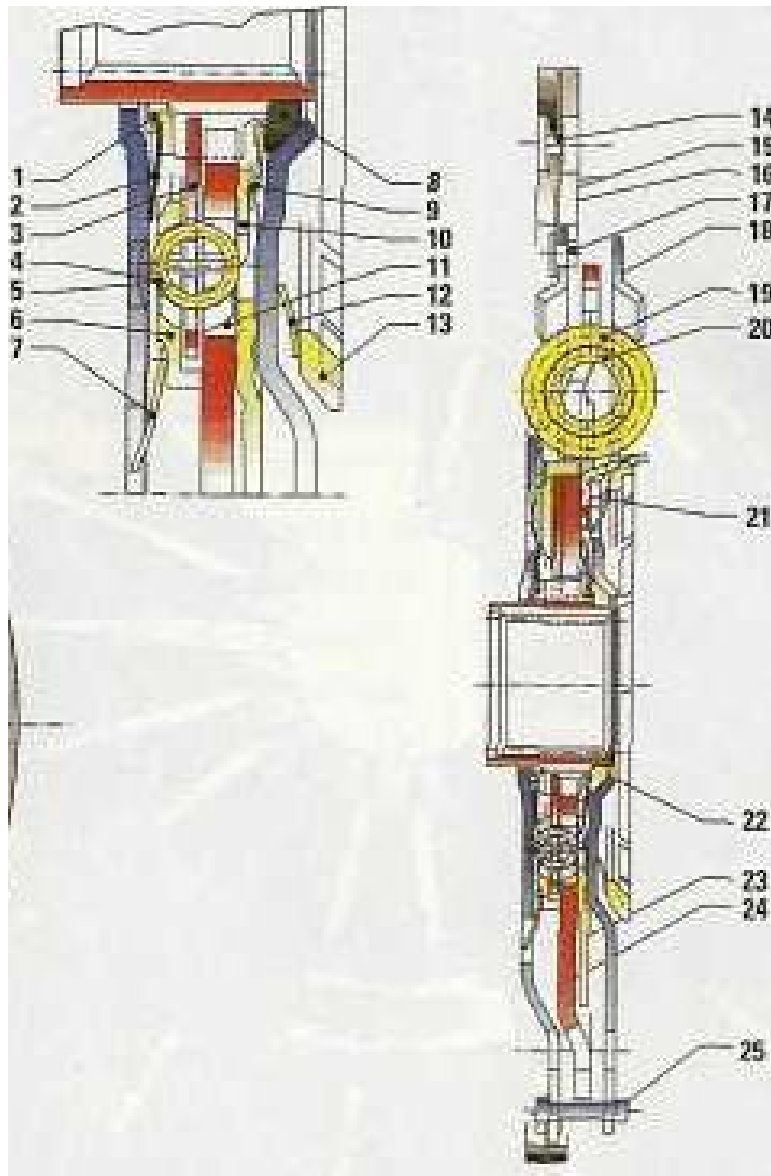
Ο πιο διαδεδομένος εν χρήσει συμπλέκτης σήμερα, που χρησιμοποιείται σε όλα σχεδόν τα αυτοκίνητα, είναι ο επίπεδος συμπλέκτης ξηράς τριβής (εικ.1.1).

1.2 ΔΙΣΚΟΣ ΣΥΜΠΛΕΚΤΗ

Όλοι οι κινητήρες διαθέτουν ένα σφόνδυλο το βολάν το οποίο υπάρχει για να δίνει αδράνεια στο στροφαλοφόρο, ώστε να ομαλοποιείται η μετάβαση μεταξύ των χρόνων καύσης και η ροπή του κινητήρα να παρέχεται με ομαλό τρόπο, στο σύστημα μετάδοσης. Ακόμη, η μάζα του βολάν διευκολύνει και εξομαλύνει τη λειτουργία του συμπλέκτη, στην εκκίνηση και τις αλλαγές ταχυτήτων. Πέρα από αυτό όμως, το βολάν αποτελεί κύριο μέρος του συμπλέκτη που περιγράφουμε επειδή αποτελεί τη μια από τις τέσσερις συνολικά επιφάνειες τριβής του.



Εικόνα 1.2 : Δίσκος συμπλέκτη



Εικόνα 1.3 : Τομή δίσκου συμπλέκτη

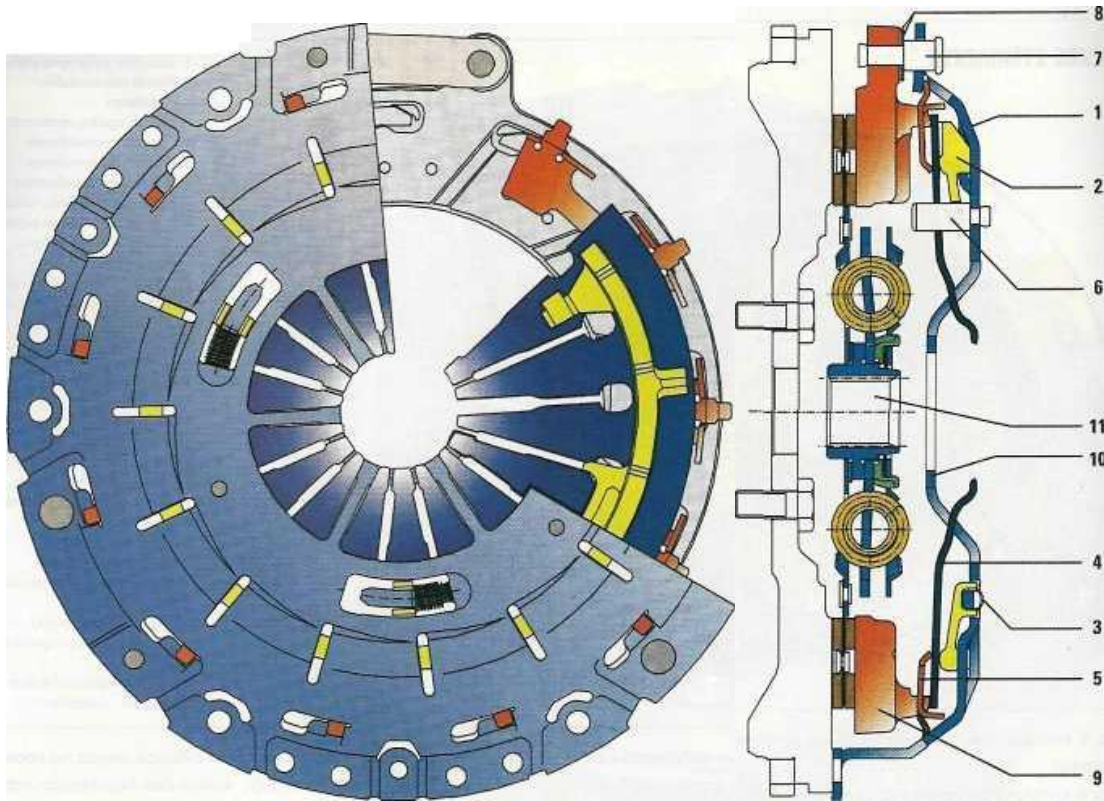
1. Δακτύλιος τριβής προαποσβεστήρα
2. Ροδέλα πρώτου σταδίου προαπόσβεσης
3. Έλασμα αφαλού προαπόσβεσης
4. Ελατήριο προαπόσβεσης
5. Ελατήριο προαπόσβεσης
6. Κέλυφος προαποσβεστήρα
7. Ροδέλα πρώτου σταδίου απόσβεσης
8. Κωνικός δακτύλιος κεντραρίσματος
9. Ροδέλα δεύτερου σταδίου προαπόσβεσης

10. Ροδέλα δυναμικής προαπόσβεσης
11. Κέλυφος προαποσβεστήρα
12. Ροδέλα δεύτερου σταδίου απόσβεσης
13. Δακτύλιοι τριβής συγκροτήματος απόσβεσης
14. Πριτσίνι στήριξης φερμουίτ
15. Φερμουίτ
16. Πτερύγια δίσκου απόσβεσης κραδασμών
17. Πριτσίνι στήριξης πτερυγίου
18. Αντίθετη στήριξη πλάκας δίσκου (κόντρα)
19. Ελατήριο απόσβεσης
20. Ελατήριο απόσβεσης
21. Πλάκα δίσκου - μεταφορέας
22. Αφαλός δίσκου (καρέ)
23. Ροδέλα τριβής δυναμικής απόσβεσης
24. Έλασμα αφαλού απόσβεσης
25. Πριτσίνι - αποστάτης

Ανεξάρτητα από τη συνολική διαμόρφωση του βολάν, πάντα υπάρχει ένας επίπεδος κυκλικός τομέας ο οποίος συνεργάζεται με το δίσκο του συμπλέκτη (εικ. 1.2 & 1.3). Αυτός ο τομέας μοιάζει με την επιφάνεια τριβής ενός δισκόφρενου, αφού είναι ρεκτιφιαρισμένος και συχνά σε διαφορετικό επίπεδο από το υπόλοιπο "πρόσωπο" του βολάν. Επάνω στο βολάν τρίβεται ο δίσκος. Πρόκειται για ένα ειδικό συγκρότημα που συνδέει τον πρωτεύοντα άξονα του κιβωτίου με το βολάν του κινητήρα μέσω της τριβής που αναπτύσσεται ανάμεσα στις επιφάνειές τους. Η απόληξη του πρωτεύοντα άξονα (πριζντιρέκτ) μπαίνει μέσα στο ειδικά διαμορφωμένο πολύσφηνο κέντρο του δίσκου, από τον οποίο παραλαμβάνει τη δύναμη του κινητήρα. Η τριβή είναι ανάλογη της δύναμης που πιέζει τις τριβόμενες επιφάνειες, άρα για να έχουμε αρκετή τριβή και να μεταφέρουμε αυτούσια τη δύναμη του κινητήρα στο σύστημα μετάδοσης πρέπει με κάποιον τρόπο να πιέζουμε το δίσκο πάνω στο βολάν. Τώρα θα ασχοληθούμε με τη πλάκα πίεσης, το πλατό . Το πλατό αποτελείται κατά βάση από μια άκαμπτη μεταλλική πλάκα, ένα ελαστικό διάφραγμα που την πιέζει πάνω στο δίσκο, και ένα κέλυφος που την κοντράρει και τη συγκρατεί πάνω στο βολάν. Το πλατό είναι το "έτερον ήμισυ" του βολάν.

Ένας συνηθισμένος δίσκος έχει υλικό τριβής από οργανικό υλικό (φερμουίτ), καρφωμένο με πριτσίνια στις δυο μεριές της εξωτερικής διαμέτρου του. Το φερμουίτ έχει σχήμα κυκλικού τομέα, και το έλασμα του δίσκου πάνω στο οποίο είναι καρφωμένο είναι κυματοειδές. Αν ξεκαρφωθεί το φερμουίτ, θα δούμε ότι το ειδικό ατσάλινο έλασμα έχει κυματοειδές προφίλ, ώστε όταν συμπιέζεται να λειτουργεί σαν ελατήριο.

Με αυτόν τον τρόπο ο δίσκος αποκτά πιο προοδευτική σύμπλεξη, καθώς έχει περισσότερα περιθώρια συμπίεσης από το πλατό κατά τη φάση της σύμπλεξης και έτσι προσφέρει, μεταξύ άλλων, μεγαλύτερη ωφέλιμη διαδρομή στο πεντάλ. Όμως το μεγάλο μυστικό του δίσκου βρίσκεται αλλού στον αφαλό του. Αυτός είναι διαιρούμενος, με το καρέ του πριζντιρέκτ να είναι ανεξάρτητο από το κέντρο του δίσκου που αποτελεί την προέκταση των στηριγμάτων του φερμουίτ. Το καρέ ενώνεται με τον υπόλοιπο δίσκο με τη βοήθεια ειδικών ελατηρίων, συνήθως τεσσάρων ή έξι, που ανά ζεύγη έχουν διαφορετική σκληρότητα μεταξύ τους. Αυτά επιτρέπουν τη σχετική κίνηση καρέ-κέντρου μέχρι και 20° , ώστε να υπάρχει μια κάποια ελαστικότητα κατά τη σύμπλεξη. Με αυτόν τον τρόπο, υπό κανονικές συνθήκες αποφεύγονται τα σκορτσαρίσματα κατά την εκκίνηση και κατά το πάτημα ή άφημα του γκαζιού όταν το πεντάλ του συμπλέκτη έχει αφεθεί τελείως. Αυτού του είδους οι αφαλοί είναι πολύ ανθεκτικοί, ωστόσο δεν αρέσκονται σε απότομα ξεκινήματα γιατί τα ελατήρια τους τερματίζουν με αποτέλεσμα να υποχωρούν οι πατούρες στήριξής τους και να δημιουργούνται τζόγοι στον αφαλό του δίσκου με συνέπεια σκορτσαρίσματα κ.λ.π. ανωμαλίες στην εκκίνηση.



Εικόνα 1.4 : Αυτορυθμιζόμενο πλάτο – τομή

1. Κέλυφος 2. Δακτύλιος υπομοχλίου 3. Βοηθητικό ελατήριο πίεσης 4. Διάφραγμα (χτένι) 5. Αισθητήρας ρύθμισης διαφράγματος 6. Πείρος στήριξης 7. Πείρος στήριξης 8. Ελαστική ροδέλα 9. Πλάκα πίεσης (πλατό) 10. Βάση στήριξης – οδηγός δίσκου 11. Δίσκος

1.3 ΠΛΑΤΟ

Το πλάτο (εικ.1.4) καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την απόδοση του συμπλέκτη και την ικανότητα του να μεταφέρει αυτούσια τη ροπή του κινητήρα. Υπενθυμίζω πάλι ότι η τριβή εξαρτάται από την πίεση του πλάτο, δηλαδή τη δύναμη των ελατηρίων ή του χτενιού του. Μεταβάλλοντας τη μπορούμε να μεταβάλλουμε την τριβή και έτσι να ξεκινάμε ομαλά, να απομονώνουμε το κιβώτιο από τον κινητήρα κ.λπ. Αυτό γίνεται πολύ απλά, πιέζοντας το χτένι με ένα ειδικό ρουλεμάν πίεσης, και αναγκάζοντάς το να υποχωρήσει παρασέρνοντας μαζί του την πλάκα πίεσης. Έτσι ο δίσκος ελευθερώνεται, χάνει την επαφή του με το βολάν, και παύει να μεταφέρει

την κίνηση στο σασμάν. Το προοδευτικό άφημα του πεντάλ του συμπλέκτη επιστρέφει την πλάκα πίεσης και το δίσκο σε επαφή με το βολάν, και αυξάνει την πίεση πάνω στο δίσκο με αποτέλεσμα την αύξηση της τριβής.

Όταν η τριβή φτάσει σε μια επαρκή τιμή, ο δίσκος παύει να γλιστράει πάνω στο βολάν και ακινητοποιείται σε σχέση με αυτό, μεταφέροντας αυτούσια τη ροπή στο σύστημα μετάδοσης. Με τα ελατήρια δε θα ασχοληθούμε γιατί έχουν καταργηθεί προ πολλού στα επιβατικά αυτοκίνητα, αλλά πώς λειτουργεί το χτένι; Φανταστείτε το χτένι σαν μια μεγάλη κωνική ασάλινη ροδέλα. Αυτή η ροδέλα τοποθετείται ανάμεσα στο κέλυφος του πλατό και στην πλάκα πίεσης, με την κορυφή του κώνου να κοιτά προς το εξωτερικό μέρος του πλατό, δηλαδή το κιβώτιο ταχυτήτων. Εκατέρωθεν του χτενιού τοποθετούνται δύο χοντρά δαχτυλίδια, που λειτουργούν ως αρθρώσεις-υπομόχλια για την παραμόρφωση του χτενιού. Μετά την τοποθέτηση του χτενιού στο κέλυφος του πλατό, προστίθεται η πλάκα πίεσης και πιέζεται ενάντια στο χτένι, για να δημιουργήσει μια αρχική προ-φόρτιση. Για να συγκρατείται το πλατό κόντρα στο χτένι, ασφαρίζεται με ειδικά ελάσματα στο πλάι του. Κάθε φορά που πατάμε το συμπλέκτη, το δίχαλο που βρίσκεται στο σασμάν πιέζει το ρουλεμάν και παραμορφώνει το χτένι. Με αυτόν τον τρόπο το χτένι μειώνει την πίεσή του στο πλατό, και τα ασφαλιστικά ελάσματά του το τραβάνε προς τα πίσω, για να αυξήσουν το διάκενο πλατό-βολάν και να ελευθερώσουν το δίσκο.

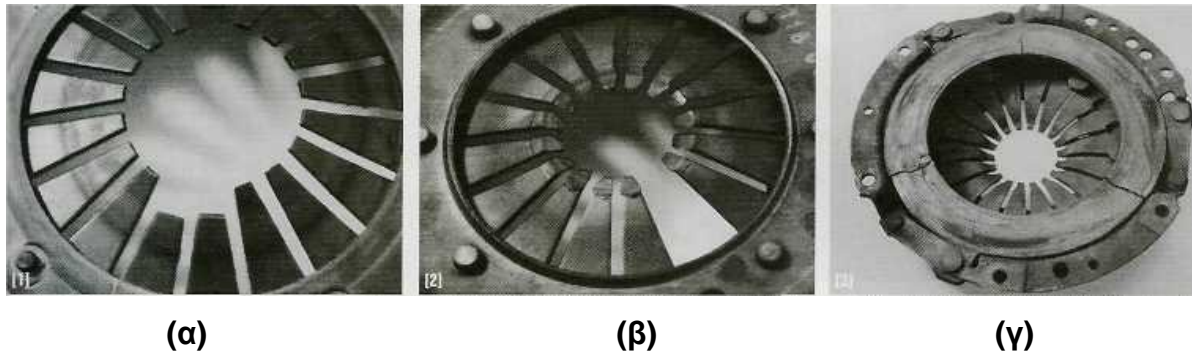
1.4 ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΜΠΛΕΚΤΗ

Το πατινάρισμα (ολίσθηση) οφείλεται στην αδυναμία του συμπλέκτη να αναπτύξει επαρκή τριβή ώστε να μεταφέρει όλη τη ροπή στους τροχούς. Η μόνη περίπτωση που το πατινάρισμα είναι θεμιτό είναι όταν το προκαλούμε εμείς, πατώντας το συμπλέκτη για να ξεκινήσουμε ή να αλλάξουμε ταχύτητα. Υπάρχουν όμως πολλοί παράγοντες που προκαλούν το πατινάρισμα, με κυριότερο τη φθορά του δίσκου. Όταν ο δίσκος φθαρεί, και μαζί του το πλατό και ακόμη λιγότερο το βολάν, μειώνεται το συνολικό πάχος των επιφανειών τριβής (του δίσκου, του προσώπου του πλατό και της πλάκας πίεσης του βολάν). Αυτό σημαίνει ότι το χτένι εκτείνεται περισσότερο για να πατήσει πλήρως ο δίσκος πάνω στο βολάν, χάνοντας την προ-φόρτισή του και συνεπώς μέρος από τη συνολική πίεση που μπορεί να

ασκήσει στην πλάκα πίεσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της μέγιστης αναπτυσσόμενης από το συμπλέκτη τριβής. Εκτός αυτού, ο φθαρμένος δίσκος έχει χαμηλότερο συντελεστή τριβής, επειδή το φερμουίτ έχει καταπονηθεί από τις υψηλές θερμοκρασίες και επειδή το βολάν και το πλατό έχουν γυαλίσει από την παρατεταμένη ολίσθηση. Ωστόσο υπάρχουν και άλλες αιτίες πατιναρίσματος, όπως η πρόωρη υπερθέρμανση του φερμουίτ από παρατεταμένο πατινάρισμα, η καταστροφή του πλατό από απότομες εκκινήσεις κ.λ.π.

1.4.1 Ο συμπλέκτης δεν απομονώνει καλά

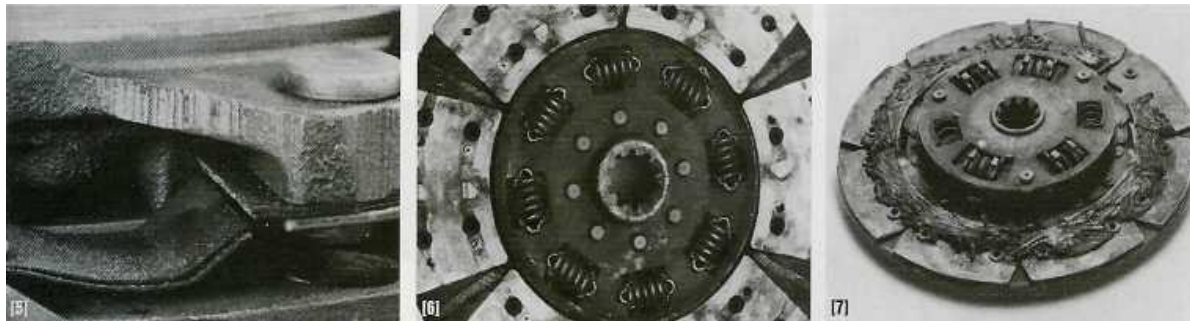
Σε αυτήν την περίπτωση, το πλήρες πάτημα του πεντάλ δεν απελευθερώνει πλήρως το δίσκο με αποτέλεσμα τη δυσκολία στην επιλογή ή αλλαγή ταχύτητας. Συνήθως αυτή η βλάβη οφείλεται στο πλατό. Η λάθος τοποθέτηση μπορεί να σπάσει η να παραμορφώσει το χτένι (εικ. 1.5α). Επίσης, το χτένι μπορεί να φθαρεί εάν το ρουλεμάν πίεσης είναι καταπονημένο και περιστρέφεται δύσκολα (εικ.1.5β).



Εικόνα 1.5 : Διάφορα φθαρμένα χτένια

Σε αυτήν την περίπτωση σκάβει μια πατούρα στις άκρες των χτενιών, με αποτέλεσμα τη μείωση της ωφέλιμης διαδρομής της πλάκας πίεσης. Η τρίτη, σπανιότερη και πιο ακραία περίπτωση, αφορά στη θραύση της πλάκας πίεσης (εικ.1.5γ). Κυριότερο αίτιο της είναι η υπερβολική και παρατεταμένη υπερθέρμανση, που θα αναλυθεί στη συνέχεια. Σπανιότερα οφείλεται σε ελαττωματικό πλατό (κακή ζυγοστάθμιση), εσφαλμένη τοποθέτηση ή κακή χρήση (απότομη σύμπλεξη, υπερστροφή κινητήρα κ.λπ.). Άλλες φορές η ανεπαρκής

απομόνωση του συμπλέκτη οφείλεται σε θραύση ή παραμόρφωση των ελατηρίων συγκράτησης (εικ.1.6α). Αυτό μπορεί να προκληθεί από απότομη σύμπλεξη και αλληπάλληλες απότομες αλλαγές ταχυτήτων, γενικότερη σκληρή χρήση, υπερβολικό σκορτσάρισμα από τζόγους στις αρθρώσεις του συστήματος μετάδοσης ή κατεστραμμένο δίσκο. Τέλος, ανεπαρκή απομόνωση μπορεί να προκαλέσει τη καταστροφή του φερμουίτ. Στη (εικ.1.6β) βλέπουμε ένα φερμουίτ που καταστράφηκε λόγω υπερστροφίας κατά τη σύμπλεξη. Αυτό μπορεί να γίνει κάλλιστα σε ένα κατέβασμα ταχύτητας, επιλέγοντας χαμηλή σχέση με πολλά χιλιόμετρα, αφημένο γκάζι και απότομο άφημα του συμπλέκτη. Εκεί ο δίσκος όχι μόνο φορτίζεται αντίρροπα προς την κανονική φορά σύμπλεξης που έχει όταν το αυτοκίνητο επιταχύνει, αλλά και το πριζ-ντιρέκτ το περιστρέφει με πάρα πολλές στροφές που θα κληθεί να μεταφέρει στον κινητήρα. Στην (εικ.1.6γ) βλέπουμε ένα φερμουίτ κατεστραμμένο. Το φερμουίτ λαδώθηκε από διαρροή στην τσιμούχα του πριζ-ντιρέκτ ή του στροφαλοφόρου, πατινάρισε υπερβολικά, υπερθερμάνθηκε και διαλύθηκε, Ωστόσο τα υπολείμματα του διογκώθηκαν και δεν αφήνουν επαρκές διάκενο ανάμεσα στο πλατό και το βολάν.



(α)

(β)

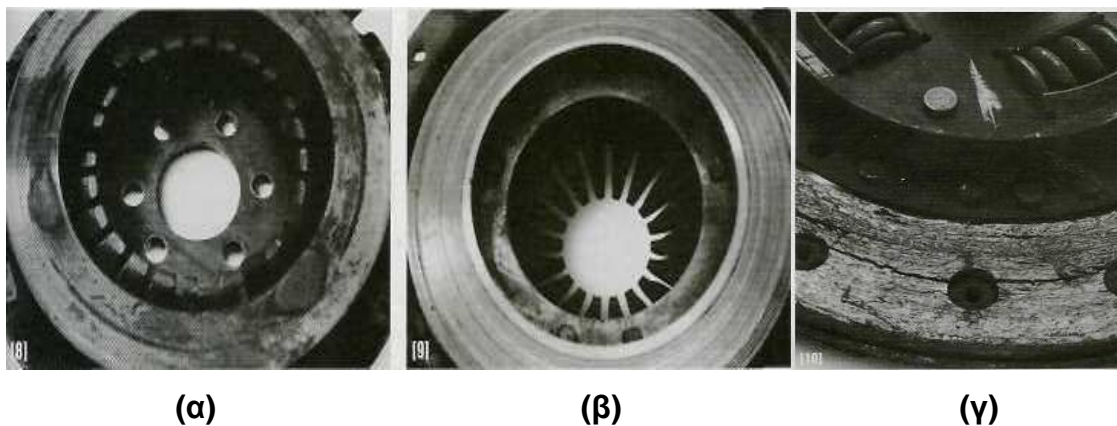
(γ)

Εικόνα 1.6 : Διάφορα φθαρμένα φερμουίτ

1.4.2 Ο συμπλέκτης πατινάρει

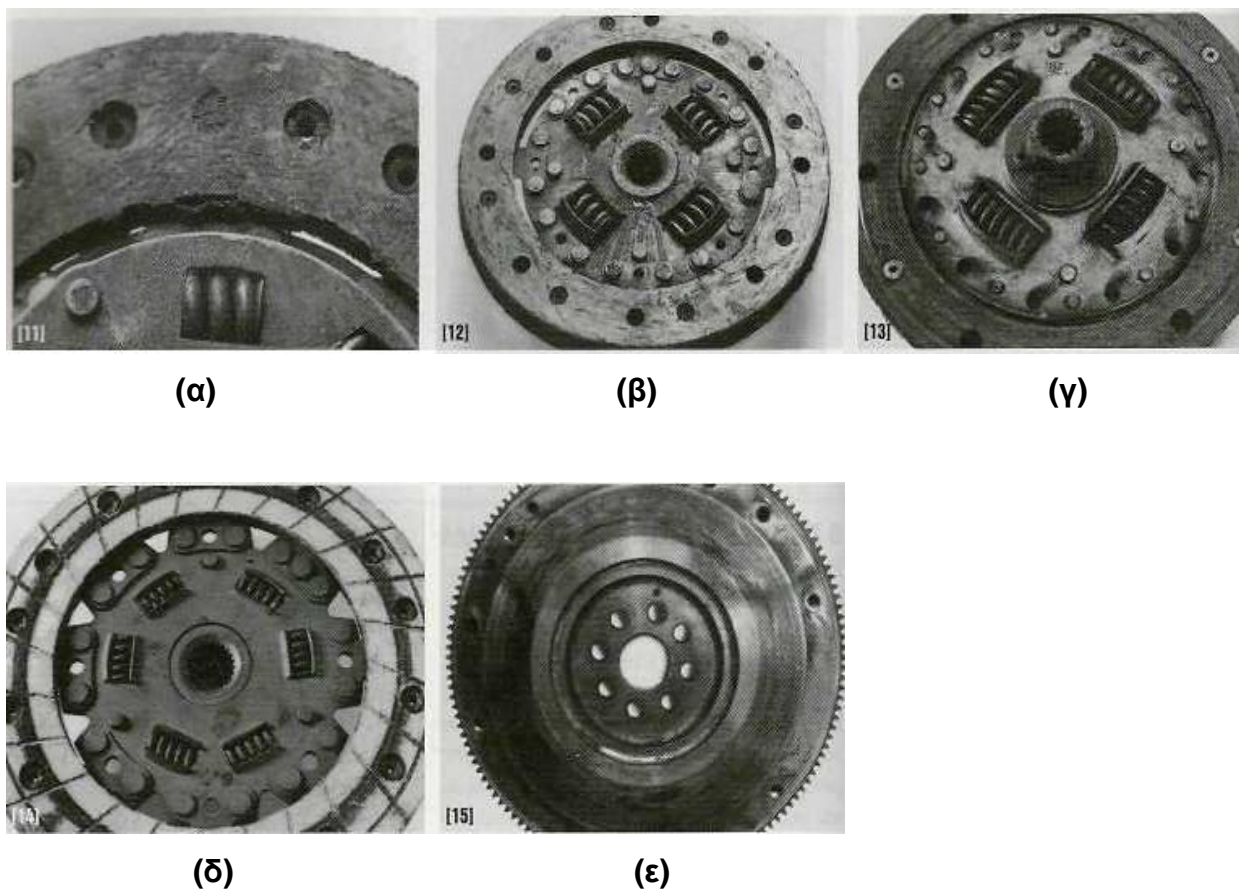
Τα συνηθέστερα αίτια πατιναρίσματος είναι η υπερβολική φθορά του δίσκου, η αστοχία του πλατό, η υπερθέρμανση ή εκτεταμένη φθορά των επιφανειών τριβής. Στη (εικ.1.7α) βλέπουμε ένα κατεστραμμένο πλατό, με έντονα σημάδια τοπικής υπερθέρμανσης από παρατεταμένο πατινάρισμα. Τα σημάδια αυτά ρίχνουν κατακόρυφα το συντελεστή τριβής των μελανιασμένων επιφανειών, και επιτείνουν

το πρόβλημα του πατιναρίσματος. Συνήθως το πρόβλημα ξεκινά από το ζέσταμα του συμπλέκτη σε παρατεταμένα μανουβραρίσματα, κίνηση σε μπτοιλιάρισμα ή ξεκίνημα με πολλές στροφές, και γίνεται εντονότερο επειδή κάποια στιγμή ο συμπλέκτης αρχίζει να πατινάρει μόνιμα. Στη (εικ.1.7β) βλέπουμε μια πολύ φθαρμένη πλάκα πίεσης, με εμφανείς αυλακώσεις. Αυτές μπορεί να προκλήθηκαν από φθορά του δίσκου πέρα από τα προβλεπόμενα όρια, οπότε τα πριτσίνια του ήρθαν σε επαφή με το πλατό, ή από βλάβη στο σύστημα αποσύμπλεξης που οδήγησε το δίσκο σε πρόωρη φθορά.



Εικόνα 1.7 : Διάφορα φθαρμένα πλατό - φερμουίτ

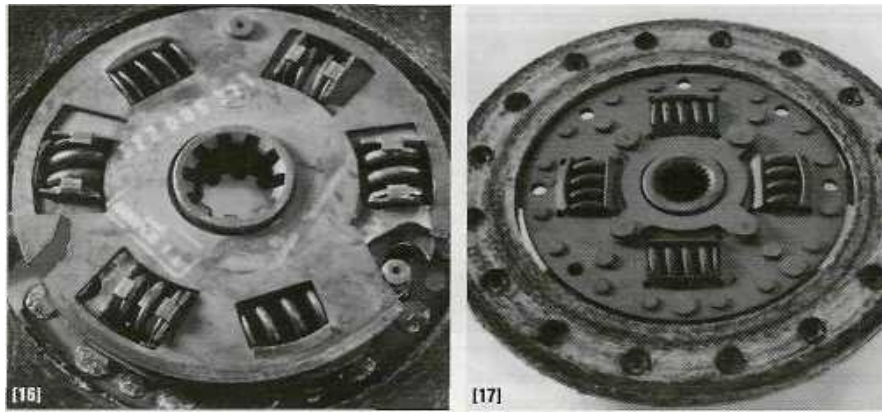
Στη εικ.1.7γ βλέπουμε ένα φερμουίτ που έχει απανθρακωθεί από την υπερβολική θερμοκρασία. Τα αίτια της υπερθέρμανσης είναι προφανή, δηλαδή το παρατεταμένο πατινάρισμα, είτε από φθορά είτε από διαρροή λιπαντικού στις τριβόμενες επιφάνειες. Στις εικ.1.8α,β βλέπουμε κλασικά τέτοια παραδείγματα λίπανσης, από διαρροή βαλβολίνης από την τσιμούχα του πριζντιρέκτ και υπερβολικό γρασάρισμα του αφαλού του δίσκου αντίστοιχα. Απεικονίζει ένα δίσκο φθαρμένο μέχρι τα πριτσίνια (εικ.1.8γ). Στην εικ.1.8δ ο δίσκος έχει καταστραφεί τοπικά πριν καλά-καλά προλάβει να στρώσει. Αυτό προκλήθηκε από υπερβολικά φθαρμένο βολάν ή πλατό, με έντονες αυλακώσεις που προκάλεσαν το ανομοιόμορφο πάτημα του δίσκου πάνω τους. Σ' αυτές τις περιπτώσεις το πλατό πρέπει να αντικαθίσταται και το βολάν να υπόκειται σε ρεκτιφιέ, ή σε προχωρημένες περιπτώσεις, να αντικαθίσταται ομοίως. Στην εικόνα 1.8ε βλέπετε ένα πολύ καταπονημένο βολάν, που πρέπει να αντικατασταθεί.



Εικόνα 1.8 : Διάφοροι φθαρμένοι δίσκοι – βολάν

1.4.3 Ο συμπλέκτης παράγει θόρυβο

Συχνά ο συμπλέκτης παράγει διάφορα κροταλίσματα, τριγμούς, χτύπους κ.λπ. Στη εικόνα 1.9α βλέπουμε ένα δίσκο με κατεστραμμένο το κάλυμμα του αποσβεστήρα κραδασμών του, δηλαδή τη βάση των ελατηρίων του. Ο δίσκος έχει πάρει τζόγους που παράγουν έντονο θόρυβο. Το άλλο πρόσωπο αυτής της ζημιάς απεικονίζεται στη εικόνα 1.9β, στην οποία βλέπετε πως το ελατήριο έχει σπάσει.



(α)

(β)

Εικόνα 1.9 : Κατεστραμμένοι δίσκοι

Και οι δύο περιπτώσεις μπορούν να αποδοθούν σε υπερβολικό σκορτσάρισμα από βλάβη στο πλατό σε ή κατεστραμμένο φερμουίτ, σε υπερβολικούς τζόγους στη μετάδοση, σε επιτάχυνση με μεγάλη σχέση και σε υπερβολικά χαμηλές στροφές ή και βίαιες εκκινήσεις.

1.4.4 Η ανακατασκευή

Η ανακατασκευή του συμπλέκτη είναι πολύ παλιά και φθηνή υπόθεση, ενώ στο εξωτερικό η χρήση ανακατασκευασμένων σετ συμπλέκτη είναι σχετικά διαδεδομένη. Στην Ελλάδα, η ανακατασκευή του συμπλέκτη συνήθως περιορίζεται στη πρόσθεση νέου υλικού τριβής στο χρησιμοποιημένο σασ δίσκο.

Η ανακατασκευή ενός δίσκου συνίσταται στην επανάληψη των τελευταίων σταδίων της κατασκευής του δίσκου. Αφού ελεγχθεί η κατάσταση του δίσκου και εξακριβωθεί ότι μπορεί να συνεχίσει για άλλα τόσα χιλιόμετρα όσα έχει διανύσει μέχρι τη αφαίρεση του από το αυτοκίνητο, προχωράμε στην αποσυναρμολόγηση του και την αποκατάσταση των φθαρμένων μερών του.

Δεν είναι μόνο το οφθαλμοφανές, δηλαδή το φερμουίτ, αυτό που φθείρεται στο δίσκο. Το βασικότερο τμήμα του δίσκου είναι ο αφαλός του, δηλαδή το συγκρότημα που συγκρατεί το καρέ με την περιφέρεια του δίσκου, όπου προσαρμόζεται το φερμουίτ. Όλοι οι δίσκοι των αυτοκινήτων παραγωγής (με εξαίρεση αυτά που χρησιμοποιούν βολάν διπλής μάζας) ενσωματώνουν στον

αφαλό τους ένα σύστημα απορρόφησης κραδασμών. Ο αφαλός είναι διαιρούμενος και το καρέ συνδέεται με τον υπόλοιπο δίσκο μέσω ενός κυλινδρικού οδηγού και μερικών ελατηρίων, που λειτουργούν ως αποσβεστήρες κραδασμών. Η διάταξη αυτή προσφέρει μια σχετική ελευθερία κίνησης καρέ δίσκου μεταξύ 10 και 20 μοιρών. Κάθε φορά που συμπλέκουμε, η περιφέρεια του δίσκου ταλαντεύεται σε σχέση με το καρέ, συμπιέζοντας και απελευθερώνοντας τα ελατήρια. Ο αφαλός του δίσκου δεν είναι ιδιαίτερα ευπαθής υπό κανονικές συνθήκες οδήγησης, ωστόσο οι απότομες και βίαιες εκκινήσεις ή το συνεχές σκορτσάρισμα λόγω δυσλειτουργίας του συμπλέκτη μπορεί να καταστρέψει τον αφαλό, αφού τα ελατήρια τερματίζουν και παραμορφώνουν τον αφαλό ή τα δόντια του καρέ. Σε αυτήν την περίπτωση ο δίσκος είναι άχρηστος. Αν όμως ο αφαλός είναι σε καλή κατάσταση, ο τεχνίτης μπορεί να προχωρήσει στην ανακατασκευή του δίσκου.

Σε πρώτη φάση αφαιρούμε τα πριτσίνια που συγκρατούν το φερμουίτ στην περιφέρεια του δίσκου, και στη συνέχεια ακολουθούν τα πριτσίνια που συγκρατούν τις πλάκες του αφαλού.

Αφού αφαιρεθούν τα ελατήρια και οι ροδέλες του αφαλού, οι οποίες είναι κατασκευασμένες από χάλυβα και λειτουργούν ως τριβείς ώστε να διευκολύνουν τη λειτουργία του αποσβεστήρα κραδασμών, όλα τα εξαρτήματα καθαρίζονται με διάφορες μεθόδους (διαλυτικό, αμμοβολή, τρίψιμο κ.λ.π.) για να αφαιρεθούν όλα τα υπολείμματα λειτουργίας (σκόνη υλικού τριβής, γράσα, κόλλες κ.λ.π.) και να γίνει η τελική τους επιθεώρηση. Τα ελατήρια ελέγχονται ως προς τη σκληρότητα και την κατάσταση τους, αφού η θερμική και μηχανική καταπόνησή τους μπορεί να τα εξασθενήσει ή να τα παραμορφώσει. Κατά περίπτωση αντικαθίσταται από ίδια ή από σκληρότερα (ενίοτε γίνεται και κατασκευή ελατηρίων), προκειμένου να ενισχυθεί ο δίσκος σε περιπτώσεις που αυτό επιβάλλεται. Μετά τον καθαρισμό και τον έλεγχο του αφαλού, που δεν περιορίζεται μόνο στα ελατήρια αλλά περιλαμβάνει και το κέλυφος έδρασης των ελατηρίων όπως και το ίδιο το καρέ με την περιφέρεια έδρασης του κελύφους των ελατηρίων, ακολουθεί η συναρμολόγηση του αφαλού, συχνά με νέες ροδέλες τριβής και φυσικά με νέα πριτσίνια.

1.4.5 Η ανακατασκευή του δίσκου

Όλοι οι εργοστασιακοί δίσκοι χρησιμοποιούν πολύ καλής ποιότητας φερμουίτ, το οποίο εξασφαλίζει ομαλή λειτουργία, ικανοποιητική αντοχή και σχετική μακροζωία. Αρκεί βέβαια το αυτοκίνητο να χρησιμοποιείται φυσιολογικά. Από εκεί και πέρα τα εργοστασιακά φερμουίτ τα βρίσκουν λίγο δύσκολα.

Το πρόβλημα αυτό γίνεται ακόμη εντονότερο τώρα, όπου έχει απαγορευθεί χρήση του αμιάντου στα υλικά τριβής (εικ.1.10). Ενώ ο αμιάντος είναι ένα εξαιρετικό πυρίμαχο και θερμομονωτικό υλικό που εξασφαλίζει υψηλή θερμική αντοχή και μεγάλη μηχανική συνοχή, η κατάργηση του (αφού είναι άκρως καρκινογόνος) και αντικατάσταση του από συνθετικές ρητίνες και ίνες έχει αφαιρέσει από τα σύγχρονα υλικά τριβής πολλά από αυτά τα πλεονεκτήματα. Τα αμιαντούχα υλικά είναι πλέον απαγορευμένα και ελάχιστες ποσότητες σώζονται, ωστόσο υπάρχουν αρκετές μη αμιαντούχες νέες ενισχυμένες "πάστες" φερμουίτ, από μεγάλες εταιρίες κατασκευής υλικών τριβής, και αυτές μπορούν να δώσουν λύσεις σε βελτιωμένους κινητήρες. Το κάρφωμα ενός αναβαθμισμένου οργανικού υλικού (φερμουίτ) θα προσφέρει αυξημένη θερμική αντοχή και τις περισσότερες φορές, υψηλότερο συντελεστή τριβής ώστε ο κατά τα άλλα εργοστασιακός συμπλέκτης να αντέχει περισσότερη ροπή και υπερθέρμανση από εκκινήσεις.



Εικόνα 1.10 : Φερμουίτ από αμιαντούχο υλικό (αριστερά) και χωρίς αμιάντο

Η ανακατασκευή του δίσκου είναι πολύ απλή και τετριμμένη διαδικασία. Αφού αφαιρεθούν τα πριτσίνια που το συγκρατούν, το παλιό φερμουίτ χρησιμοποιείται για το τρύπημα του νέου φερμουίτ. Στη συνέχεια το φερμουίτ ξαναπριτσινώνεται

στο δίσκο και είναι έτοιμο. Μεγάλη σημασία έχει το πάχος του φερμουίτ που θα χρησιμοποιηθεί στο κάρφωμα. Μια δημοφιλής άποψη είναι ότι η χρήση πιο χονδρού φερμουίτ από αυτό που έχει ο καινούριος εργοστασιακός δίσκος θα προσφέρει περισσότερη προφόρτιση στο πλατό, και έτσι ο συμπλέκτης θα μπορεί να μεταφέρει περισσότερη ροπή χωρίς πατινάρισμα. Ενώ αυτό συμβαδίζει με τη θεωρία, οι εμπνευστές της μεθόδου συχνά αγνοούν τη μέγιστη διαδρομή της πλάκας του πλατό. Αυτό τις περισσότερες φορές σημαίνει ότι ο συμπλέκτης δεν απομονώνει πλήρως, με αποτέλεσμα τη δύσκολη αλλαγή ταχυτήτων, την υπερθέρμανση του δίσκου.

1.4.6 Δίσκος με "φτερά"

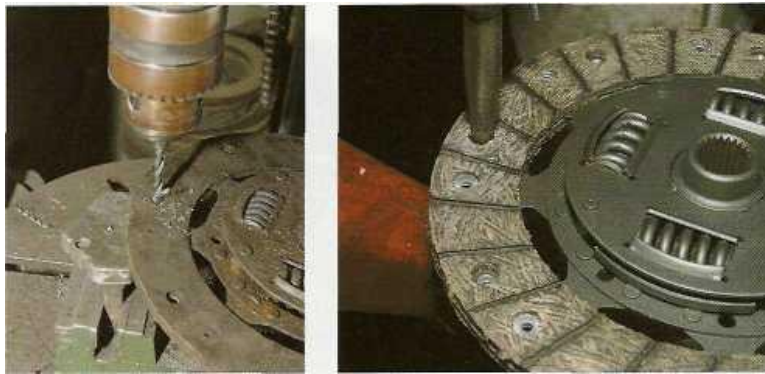
Η παραλλαγή του γνωστού δίσκου τριβής είναι αυτή που χρησιμοποιεί τακάκια προσαρμοσμένα πάνω σε ειδικά "φτερά", αντί για μονοκόμματους δακτυλίους από φερμουίτ.



Εικόνα 1.11 : Διάφοροι μηχανισμοί για τον δίσκο

Τα τακάκια που χρησιμοποιούνται στους δίσκους συμπλέκτη είναι κατασκευασμένα από ειδικά υλικά που τους προσδίδουν υψηλό συντελεστή τριβής, μεγάλη συνοχή με τις μεταλλικές επιφάνειες του συμπλέκτη (βολάν και πλατό), μεγάλη αντοχή στα μηχανικά και θερμικά φορτία. Είναι κατασκευασμένα με τη μέθοδο της κωνομεταλλουργίας δηλαδή κατασκευάζονται από πολύ μικρά

σωματίδια του υλικού τα οποία σχηματίζουν το τακάκι με πρεσάρισμά τους σε ειδικά καλούπια, κάτω από κατάλληλες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας και με τις κατάλληλες προσμίξεις συνδετικών υλικών. Τα τακάκια μπορεί να είναι μεταλλικά (βασισμένα σε ειδικά κράματα χαλκού), κεραμικά, ανάλογα με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά λειτουργίας.



Εικόνα 1.12 : Ειδική πρέσα για να βιδώσει τα πριτσίνια

Γιατί χρησιμοποιούνται τακάκια και όχι ολόκληροι δακτύλιοι από το υλικό του τακακιού, όπως στην περίπτωση του φερμουίτ η απάντηση είναι απλή: το υλικό του τακακιού είναι τέτοιο που αν καλύπταμε όλη την επιφάνεια του δίσκου με αυτό, θα δημιουργούσαμε πολλά προβλήματα. Σε πρώτη φάση, το τακάκι χρειάζεται περισσότερη πίεση για να λειτουργήσει αποδοτικά. Με δεδομένη την πίεση του χτενιού, ο μόνος τρόπος να αυξήσουμε τη σημειακή πίεση του υλικού τριβής (δηλαδή το πηλίκο της πίεσης του πλατό προς συνολική επιφάνεια του υλικού τριβής) είναι μειώνοντας τη συνολική του επιφάνεια, δηλαδή διαιρώντας το σε τακάκια. Σε αντίθετη περίπτωση, η πίεση δεν θα είναι αρκετή και το υλικό θα πατινάρει. Πέραν αυτού, ακόμη κι αν έχουμε αρκετή πίεση από το πλατό, η διαθέσιμη δύναμη τριβής θα είναι υπερβολικά μεγάλη (λόγω του υψηλότερου συντελεστή τριβής του τακακιού έναντι του φερμουίτ), με αποτέλεσμα την απότομη σύμπλεξη και το σκορτσάρισμα. Επίσης το υλικό του τακακιού διαστέλλεται περισσότερο από το φερμουίτ και μπορεί εύκολα να δημιουργήσει προβλήματα παραμόρφωσης του δίσκου όταν υπερθερμανθεί, πάντα στην υποθετική περίπτωση που χρησιμοποιούμε ένα ολόκληρο φερμουίτ από υλικό τακακιού.



Εικόνα 1.13 : Τα πτερύγια του δίσκου

Τα τακάκια όπως και το φερμουίτ στηρίζονται πάνω στα φτερά του δίσκου (εικ.1.13). Τα φτερά αυτά είναι οι απολήξεις της πλάκας του δίσκου. Στους δίσκους με τακάκια, τα φτερά διαφέρουν πολύ τα φτερά στήριξης ενός δακτυλιοειδούς φερμουίτ σε ένα συμβατικό δίσκο. Παρατηρώντας ένα συμβατικό δίσκο θα δούμε τα φτερά του είναι κατασκευασμένα από πολύ λεπτά ελάσματα επειδή είναι πολλά οπότε και μοιράζονται τα μηχανικά φορτία μεταξύ τους, αλλά και επειδή η επιφάνεια τους είναι κυματοειδής, ώστε να συμπεριφέρονται ως ελατήρια που ενώνουν δυο φερμουίτ (ένα σε κάθε μεριά του δίσκου) μεταξύ τους και να εξομαλύνουν τη σύμπλεξη. Ένας συμβατικός δίσκος μπορεί να βιδωθεί με τακάκια (εικ.1.12) αντί για φερμουίτ χωρίς να αντικατασταθεί η φτερωτή του πλάκα με μια χοντρύτερη και πιο άκαμπτη, ειδικά σχεδιασμένη για χρήση τακακιών. Ο λόγος είναι ότι τα λεπτά φτερά του συμβατικού δίσκου δεν μπορούν αντεπεξέλθουν στη δύναμη που διαχειρίζεται μια ομάδα τακακιών και έτσι παραμορφώνονται με κίνδυνο να σπάσουν. Σε κάθε περίπτωση και ειδικά όταν ο συμπλέκτης ζεσταθεί, ο δίσκος συμπεριφέρεται κάκιστα και είναι επικίνδυνος. Ορισμένοι και αποκαλούμενοι βελτιωτές τολμούν να προσθέτουν τακάκια πάνω στα εργοστασιακά φτερά του συμβατικού δίσκου, αφαιρώντας μάλιστα τα φτερά που περισσεύουν προκειμένου να δημιουργήσουν ένα τρίφτερο, τετράφτερο ή πεντάφτερο άκρως επικίνδυνο και αποτυχημένο κακοτέχνημα.

Όμως η σωστή μετατροπή ενός συμβατικού δίσκου σε φτερωτό με τακάκια γίνεται με τον ίδιο τρόπο που τον κάνουν και οι μεγάλες εταιρίες κατασκευής βελτιωτικών συμπλεκτών. Ο κατασκευαστής παίρνει έναν έτοιμο εργοστασιακό αφαλό ή

κατασκευάζει έναν αφαλό αντίστοιχο του εργοστασιακού αλλά με ενισχυμένη δομή, και του προσαρμόζει μια μονοκόμματη ασάλινη πλάκα με ειδική περιφερειακή διαμόρφωση ώστε να σχηματίζονται τα περίφημα φτερά στα οποία θα προστεθούν τα τακάκια. Ο αφαλός μπορεί να είναι είτε κανονικός με ελατήρια απόσβεσης κραδασμών, είτε ξηρός δηλαδή με το καρέ πακτωμένο στο φορέα των τακακιών, για ειδικές εφαρμογές όπου ο συμπλέκτης έχει λειτουργία "on-off" και συνεπώς το σκορτσάρισμα δεν αποτελεί πρόβλημα.

Στην εικόνα 1.14 παρουσιάζουμε όλη τη διαδικασία μετατροπής ενός δίσκου με φερμουίτ ώστε να τοποθετηθεί πλάκα για το κάρφωμα τακακιών. Ο δίσκος διαλύεται ολοκληρωτικά και ο αφαλός του χρησιμοποιείται ως πατρόν για τη διαμόρφωση του κέντρου της φτερωτής πλάκας. Στη συνέχεια η πλάκα πριτσινώνεται στη θέση του εργοστασιακού ελάσματος, αφού επιθεωρηθεί και ενισχυθεί ανάλογα ο αφαλός.



Εικόνα 1.14 : Φάσεις μετατροπής ενός δίσκου

Σε κάθε περίπτωση πρόσθεσης υλικού, είτε πρόκειται για φερμουίτ είτε για τακάκια, το τελικό στάδιο της κατεργασίας του δίσκου είναι ο έλεγχος της ευθυγράμμισης του. Για να διαπιστωθεί η ευθυγράμμισή του, ο δίσκος κεντράρεται σε μια ειδική περιστρεφόμενη βάση και ελέγχεται με ένα ωρολογιακό μικρόμετρο (εικ.1.15). Η μέγιστη απόκλιση της επιφάνειας του δίσκου δεν πρέπει να ξεπερνά το 0.1mm, ειδάλλως μπορεί να δημιουργηθούν προβλήματα πατιναρίσματος και σκορτσαρίσματος. Αν ο δίσκος αποκλίνει περισσότερο, τότε η λύση είναι απλή και η ευθυγράμμιση του αποκαθίσταται πρεσάροντάς το στα σημεία απόκλισης ή επαναφέροντας τον με την ειδική λαβίδα.



Εικόνα 1.15 : Ειδική βάση για τον έλεγχο του δίσκου

Πρακτικά και λειτουργικά, ο μόνος τρόπος να ενισχυθεί ένα πλατό χωρίς να επηρεάζεται η δυνατότητα ομαλής σύμπλεξης και απομόνωσης, είναι η χρήση ενός χτενιού με σκληρότητα μεγαλύτερη από του εργοστασιακού. Σε ειδικές περιπτώσεις, μπορεί να μετατραπούν δυο πλατό για να χρησιμοποιηθεί το σκληρό χτένι του ενός στο κέλυφος του άλλο. Επειδή όμως αυτό είναι δαπανηρό και καθόλου πρακτικό όπου πραγματικά χρειάζεται ένα ενισχυμένο πλατό θα πρέπει κανείς να μπαίνει στην αγορά ενός έτοιμου τέτοιου πλατό, είτε αυτό προέρχεται από κάποιο ισχυρότερο αυτοκίνητο της ίδιας μάρκας με το δικό του (κατά περίπτωση προχωρώντας ακόμη και σε πατέντες κατόπιν σχετικής μελέτης), είτε από κάποιον κατασκευαστή. Ωστόσο δεν υπάρχει άλλος λειτουργικά αποδεκτός τρόπος ενίσχυσης του πλατό. Θα έχετε ενδεχομένως ακούσει για κατασκευή διπλόχτενου πλατό κ.λπ. Αρκεί να σκεφτείτε ότι για να λειτουργήσει ένα πλατό με δύο χτένια, θα πρέπει τα χτένια να έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά μεταξύ τους, δηλαδή σκληρότητα και σχήμα, και μεταξύ τους να παρεμβάλλει ειδικό αντιτριβικό υλικό.

Όπως καταλαβαίνετε κανένα από τα διπλόχτενα πλατό ιδιοκατασκευής δεν πληρύνει αυτές τις προϋποθέσεις, με αποτέλεσμα την πολύ απότομη σύμπλεξη, για υπερβολική σκληρότητα του πεντάλ και την ιδιαίτερη καταπόνηση του μηχανισμού του συμπλέκτη, όπως λ.χ. το δίχαλο του ρουλεμάν, το ίδιο το ρουλεμάν, η ντίζα και ούτω καθεξής, για να μην αναφέρουμε το αριστερό πόδι του οδηγού. Ένας άλλος τρόπος ενίσχυσης του πλατό είναι η τοποθέτηση ενός χοντρού συρμάτινου δαχτυλιδιού ανάμεσα στο χτένι και την πλάκα πίεσης. Αυτός ο αποστάτης αποσκοπεί στη αύξηση της προφόρτισης του χτενιού, συνεπώς και της πίεσης του

πλατό, όταν αυτό μονταρισθεί πάνω στο βολάν.

Όμως πολλές απόπειρες ενίσχυσης του πλατό με αυτή τη μέθοδο δεν έχουν καλή κατάληξη, επειδή δεν υπολογίζονται σωστά οι αποστάσεις. Ο αποστάτης φέρνει τη πλάκα πίεσης πιο κοντά στο πλατό, και έτσι όταν πατάμε τον συμπλέκτη η πλάκα πίεσης δεν απομακρύνεται σε αρκετή απόσταση από το βολάν. Το αποτέλεσμα είναι να μην απελευθερώνεται επαρκώς ο δίσκος, που παραμένει σε επαφή με το βολάν και το πλατό, και έτσι ο συμπλέκτης δεν απομονώνει επαρκώς, με όλα τα δυσάρεστα και δυσλειτουργικά αποτελέσματα που αυτό συνεπάγεται. Εντούτοις το πλατό χρήζει άλλου είδους προσοχής, προκειμένου να λειτουργήσει σωστά ο συμπλέκτης.

Το χτένι δεν πρέπει να είναι παραμορφωμένο, με δόντια που να έχουν σπάσει ή να έχουν υποχωρήσει. Αν συμβαίνει κάτι τέτοιο, οπότε η πλάκα πίεσης δεν τραβιέται προς τα πίσω συμμετρικά και το πλατό ασκεί αρκετή πίεση στο δίσκο, το πλατό ουσιαστικά είναι άχρηστο. Ωστόσο δεν ισχύει το ίδιο αν λ.χ. έχουν παραμορφωθεί σπάσει τα ελάσματα επαναφοράς και συγκράτησης της πλάκας πίεσης, τα οποία μπορούν να αντικατασταθούν. Σε κάθε περίπτωση, το πλατό λύνεται για να επιθεωρηθεί και να αποφασίστε αν αξίζει να ανακατασκευασθεί ή αν θα δώσει τη θέση του σε ένα καινούριο. Όταν αφαιρεθεί η πλάκα πίεσης, ελέγχεται η φθορά της στα σημεία επαφής με το χτένι, όπως επίσης ελέγχεται η γενικότερη κατάσταση του κελύφους. Αν αυτά είναι σε καλή κατάσταση, η πλάκα πίεσης ξαναπριτσινώνεται στα ελάσματα της και το πλατό παίρνει το δρόμο του για το ρεκτιφιέ (εικ.1.16).



Εικόνα 1.16 : Διαδικασία ρεκτιφιαρίσματος του πλατό

Η λειτουργία του συμπλέκτη είναι άμεσα εξαρτημένη από την παραλληλία των συνεργαζόμενων επιφανειών, δηλαδή των δύο πλευρών του δίσκου, του

προσώπου τριβής του βολάν και της πλάκας πίεσης του πλατό. Όταν το βολάν και το πλατό είναι χρησιμοποιημένα, ο μόνος τρόπος να αποκατασταθεί η επιπεδότητα και παραλληλία των επιφανειών είναι με το ρεκτιφιάρισμά τους σε ειδικό περιστροφικό ρεκτιφιέ επιφανείας.

Ξεκινώντας από το βολάν, η πρόσδεση του στο ρεκτιφιέ πρέπει να γίνεται από το κέντρο του και συγκεκριμένα από την πατούρα που εφάπτεται στο στροφαλοφόρο, με τρόπο τέτοιο ώστε η περιφέρεια του να βρίσκεται στον αέρα. Έτσι το ρεκτιφιέ λαμβάνει ως σημείο αναφοράς για το επίπεδο σχήμα της επιφάνειας το στροφαλοφόρο και όχι την περιφέρεια του βολάν, η οποία όχι μόνο δεν είναι φινιρισμένη αλλά μπορεί και να είναι παραμορφωμένη από υπερθέρμανση. Αν το βολάν δεν προσδεθεί όπως περιγράφεται παραπάνω, ο χειριστής του ρεκτιφιέ θα καταλήξει με μια επιφάνεια τριβής που θα είναι "σωστή" μόνο οπτικά γιατί, όταν φτιαχτεί το βολάν, θα στραβό γυρίζει σε σχέση με το στροφαλοφόρο και θα εγκυμονεί καταστροφικές συνέπειες από κακή ευθυγράμμιση και ζυγοστάθμιση. Εκτός όμως από την επιφάνεια τριβής, πρέπει να ρεκτιφιάρεται και η περιφέρεια στην οποία βιδώνεται το πλατό. Σε περίπτωση που το βολάν έχει παραμορφωθεί από υπερθέρμανση, αν δεν ρεκτιφιτιστεί η περιφέρεια του τότε το πλατό δε θα είναι παράλληλο με την επιφάνεια τριβής του βολάν. Συνεχίζοντας με το πλατό, αφού συναρμολογηθεί και ελεγχθεί, δένεται στο ρεκτιφιέ κεντραρισμένο με ειδικές φλάντζες που πατούν συμμετρικά το χτένι από τη μέσα μεριά του, αλλά χωρίς να το παραμορφώνουν ώστε να μετακινηθεί η πλάκα. Έτσι ρεκτιφιάρεται η πλάκα πίεσης, ώστε να γίνει επίπεδη και λεία, και επίσης τα πατήματα του κελύφους ώστε να εξασφαλιστεί η παραλληλία πλατό-βολάν. Πολλοί τεχνίτες παρακάμπτουν αυτό το τελευταίο σημείο, παραβλέποντας ενδεχομένως ότι το κέλυφος μπορεί να έχει παραμορφωθεί από λανθασμένη αποσυναρμολόγηση (πρέπει να αφαιρείται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που τοποθετείται, δηλαδή βιδώνοντας/ λασκάροντας τις βίδες του χιαστί και με επαναλαμβανόμενες μικρές περιστροφές τους), κακή μεταφορά, πτώση του στο έδαφος κ.λπ. Αν δεν ρεκτιφιτιστούν και τα πατήματα του κελύφους, το πλατό μπορεί τελικά να στραβό γυρνάει σε σχέση με το βολάν και να μην απομονώνει πλήρως ή να σκορτσάρει κατά τη σύμπλεξη, να πατάει ανομοιόμορφα το δίσκο και ούτω καθεξής.

Εφόσον η ανακατασκευή-αναβάθμιση γίνεται σωστά, ακολουθώντας τις απλές αρχές που περιγράψαμε παραπάνω, τότε ο συμπλέκτης δεν αντιμετωπίζει κανένα απολύτως πρόβλημα αντοχής και αξιοπιστίας. Αρκεί φυσικά να έχει υπολογιστεί

και κατάλληλα για την εφαρμογή μας και να μην έχουμε υπερβολικές απαιτήσεις από ένα συμπλέκτη που, όπως και να το κάνουμε, βασίζεται σε μεταχειρισμένα εξαρτήματα που ο αρχικός τους προορισμός ήταν ένας καινούργιος κινητήρας.

1.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΜΠΛΕΚΤΗ

Ο υπολογισμός του συμπλέκτη προσδιορίζει τη μέγιστη ροπή που μπορεί να διαχειριστεί ο συμπλέκτης μας, με βάση κάποια πολύ απλά μεγέθη και απλούς αριθμητικούς τύπους. Με την ίδια μέθοδο μπορούμε να υπολογίσουμε και το βελτιωτικό συμπλέκτη μας, ώστε να μπορεί να διαχειριστεί την αυξημένη ροπή του κινητήρα μας. Ο τύπος που θα χρησιμοποιήσουμε είναι πολύ απλός: $M_c = \frac{1}{2} * \mu * F_a * (r_1 + r_2) * n$. Όπου M_c είναι η ροπή που μπορεί να μεταφέρει ο συμπλέκτης (Nm), μ ο συντελεστής τριβής του υλικού τριβής (δίνεται από τον κατασκευαστή του), F_a η συνολική δύναμη των ελατηρίων ή του χτενιού του πλατό (σε Newton, N), r_1 η εξωτερική ακτίνα των δίσκων (mm), r_2 η εσωτερική ακτίνα των δίσκων (mm) και n ο συνολικός αριθμός των ζευγών τριβόμενων επιφανειών του συμπλέκτη.

Τι είναι το ζεύγος τριβόμενων επιφανειών; Έτσι ορίζουμε το "πακέτο" της μιας πλευράς του δίσκου και της αντίστοιχης επιφάνειας στην οποία εφάπτεται, δηλαδή της επιφάνειας τριβής του βολάν ή του πλατό. Αμέσως καταλαβαίνουμε ότι ένας κλασικός μονοδίσκος συμπλέκτης, όπως τον συναντούμε στα καθημερινά μας αυτοκίνητα διαθέτει δύο ζεύγη τριβόμενων επιφανειών. Αντίστοιχα ένας αγωνιστικός δίδισκος συμπλέκτης διαθέτει τέσσερα ζεύγη και ούτω καθεξής. Άρα τα τριβόμενα ζεύγη ισοδυναμούν με το διπλάσιο του αριθμού των δίσκων τριβής. Ας κάνουμε τώρα μερικές απλές αριθμητικές εφαρμογές με τον παραπάνω τύπο, χρησιμοποιώντας κάποια σχετικά αυθαίρετα, όχι όμως και τυχαία, νούμερα.

Έχουμε ένα μονοδίσκο συμπλέκτη διαμέτρου 200mm ($r_1=200$ mm) με πλάτος φερμουίτ 35mm ($r_2=130$ mm) όπου w το πλάτος του φερμουίτ και συντελεστή τριβής φερμουίτ $\mu=0.22$. Η συνολική πίεση του πλατό είναι 3000 N ($F_a = 3000$ N) και, φυσικά, τα τριβόμενα ζεύγη είναι δύο ($n=2$). Αντικαθιστώντας τα νούμερα μας στον τύπο, προκύπτει: $M_c = \frac{1}{2} * 0.22 * 3000 * 330 * 2$, δηλαδή $M_c = 217800$ Nmm.



Εικόνα 1.17 : Πρεσάρισμα του πλατό με εξολκέα

Ακόμη, αν ο δίσκος είναι με τακάκια, λαμβάνουμε την ίδια διαστασιολόγηση σαν να υπήρχε δακτυλοειδές φερμουίτ. Η r_1 είναι η απόσταση από το κέντρο του καρέ μέχρι την εξωτερική πλευρά του τακακιού, και η r_2 μέχρι την εσωτερική. Με τον παραπάνω τρόπο υπολογίζουμε τη μέγιστη ροπή που μπορεί να διαχειριστεί ο συμπλέκτης μας. Όμως πρέπει να λάβουμε υπόψη έναν ακόμη πολύ σημαντικό παράγοντα: το συντελεστή ασφαλείας.

Συντελεστής ασφαλείας είναι η οριακά μέγιστη τιμή τριβής που υπολογίσαμε ότι μπορεί να αναπτύξει ο συμπλέκτης, η οποία προκύπτει από ονομαστικές τιμές. Αυτό σημαίνει ότι αν η ροπή του κινητήρα είναι ίση ή σχεδόν ίση με τη ροπή που υπολογίσαμε, τότε ο συμπλέκτης θα πατινάρει με το παραμικρό. Είναι προφανές ότι η ροπή που μπορεί να διαχειριστεί ο συμπλέκτης μας πρέπει να είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτήν του κινητήρα, για τρεις βασικούς λόγους:

1. Οι απότομες εκκινήσεις και τα μεγάλα φορτία επιβαρύνουν πολύ το συμπλέκτη. Αν ο συμπλέκτης δεν έχει αρκετά "αποθέματα ασφαλείας", τότε οι γρήγορες εκκινήσεις και αλλαγές ταχυτήτων δεν θα είναι εφικτές επειδή θα καταλήγουν σε πατινάρισμα.

2. Η αύξηση της θερμοκρασίας του φερμουίτ συνήθως μειώνει το συντελεστή τριβής, οπότε μετά από μια διαδρομή και ένα-δύο ξεκινήματα η πραγματική τιμή της ροπής που μπορεί να διαχειριστεί ο συμπλέκτης αποκλίνει αρκετά από την υπολογιστική

3. Η φθορά των τριβόμενων επιφανειών μειώνει την προφόρτιση του πλατό, άρα

και τη δύναμη που ασκεί στο δίσκο. Αυτό σημαίνει ότι με τη χρήση η μέγιστη ροπή του συμπλέκτη σιγά-σιγά μειώνεται. Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής ασφαλείας, τόσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια ζωής του συμπλέκτη πριν αρχίσει να πατινάρει.

Ποιος είναι ο συντελεστής ασφαλείας και πώς μπαίνει στην εξίσωση μας; Συνήθως οι συμπλέκτες υπολογίζονται με συντελεστή ασφαλείας 40% για ένα αυτοκίνητο, συντελεστής που μπορεί να αυξηθεί περαιτέρω για ειδικές περιπτώσεις με αυξημένες απαιτήσεις. Έτσι λοιπόν ο συμπλέκτης που υπολογίσαμε παραπάνω είναι κατάλληλος για ένα κινητήρα με 40% λιγότερη ροπή, δηλαδή M_c (ροπή κινητήρα) = $M_c/1.4 = 15.8\text{Kgm}$.

Ας αντιστρέψουμε τώρα την παραπάνω πρακτική, για να δούμε πώς θα ενισχύσουμε τον συμπλέκτη, ή πώς θα επιλέξουμε τον καταλληλότερο για την περίπτωση μας.

Έστω ότι έχουμε το συμπλέκτη (εικ.1.18), αλλά μετά από μια αλλαγή η μέγιστη ροπή μας έχει φτάσει στα 25Kgm. Ο απαιτούμενος συμπλέκτης, με συντελεστή ασφαλείας 1.4 θα πρέπει να είναι ικανός για $25*1.4 = 35\text{ Kgm}$. Πώς θα αυξήσουμε την ικανότητα του συμπλέκτη; Οι βασικοί παράγοντες είναι τρεις, και μπορούν να εφαρμοστούν μεμονωμένα ή συνδυαστικά:

1. Μεγαλύτερη διάμετρος δίσκου, βολάν και πλατό. Ανακαλύπτουμε πως το αυτοκίνητο μας έχει συμπλέκτη διαμέτρου 215 mm με πλατό πίεσης 3200 N. Με τους παραπάνω υπολογισμούς βλέπουμε ότι αυτός ο συμπλέκτης διαχειρίζεται μέγιστη ονομαστική ροπή 25.3 kgm. Αυτή η τιμή πλησιάζει οριακά τη ροπή του κινητήρα μας, και έτσι δεν έχουμε αρκετά περιθώρια ασφαλείας για να τον χρησιμοποιήσουμε. Αν είχε ένα πιο σκληρό πλατό ή ένα δίσκο με ενισχυμένο υλικό τριβής, το πράγμα θα άλλαζε αρκετά.



Εικόνα 1.18 : Πολυδίσκοι συμπλέκτες

2. Υλικό τριβής με υψηλότερο συντελεστή τριβής. Καινούρια μεταλλικά τακάκια με συντελεστή τριβής $\mu=0.38$, αν μετατρέψουμε το δίσκο μας σε τετράφτερο, θα διατηρήσουμε το πλάτο και ο συμπλέκτης θα είναι τόσο ενισχυμένος όσο χρειάζεται για να μην πατινάρει ο δυνατός κινητήρας μας. Βλέπουμε από τον τύπο, ότι με το νέο δίσκο ο συμπλέκτης μας θα μπορεί να διαχειριστεί ροπή 37.6 kgm, δηλαδή περίπου 50% παραπάνω από αυτήν που αποδίδει ο κινητήρας μας.

3. Πλάτο με ισχυρότερο χτένι. Επίσης ότι με πολύ μικρές μηχανουργικές παρεμβάσεις στο βολάν, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το πλάτο ενός άλλου κινητήρα που έχει συμπλέκτη 200mm. Μόνο που το πλάτο του ασκεί συνολική πίεση 3.600N. Άραγε μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε ως εναλλακτική λύση, σε περίπτωση που θέλουμε οπωσδήποτε να διατηρήσουμε τον δίσκο; Ο τύπος μας λέει ότι με το συγκεκριμένο πλάτο ο συμπλέκτης θα μπορεί να αντεπεξέλθει σε ροπή 26.1kgm. Όμως σε συνδυασμό με ένα ενισχυμένο οργανικό φερμουίτ με συντελεστή τριβής 0.28 μπορεί να γίνει δουλειά: η μέγιστη τριβή ανέρχεται σε 33.2kgm, δηλαδή αποκτούμε συντελεστή ασφαλείας 33%. Μετά από λίγο καιρό λειτουργίας του κινητήρα μας, αποφασίζουμε να προχωρήσουμε σε κάτι καλύτερο. Σε ένα συμπλέκτη, που πρέπει τώρα να διαχειριστεί ροπή 35kgm. Με τη βοήθεια του CNC θα φτιάξουμε ένα ολοκαίνουργιο βολάν. Παράλληλα θα παραγγείλουμε μέσω Internet έναν αγωνιστικό δίδισκο συμπλέκτη γενικής χρήσης, που θα τον προσαρμόσουμε στο βολάν μας (εικ.1.19).



Εικόνα 1.19 : Βολάν διπλής μάζας

Πώς θα επιλέξουμε τον καταλληλότερο; Ο μικρότερος συμπλέκτης της γκάμας έχει διάμετρο 7 ίντσες, δηλαδή 177.8mm. Τα τακάκια του έχουν συντελεστή τριβής 0.27 για χρήση δρόμου και έχουν πλάτος 30mm, ενώ το πλατό ασκεί πίεση 2000N. Σύμφωνα με τον προηγούμενο τύπο έχουμε : $M_c = \frac{1}{2} * 0.27 * 2000 * (177.8 + 147.8) * 4 = 35.2\text{kgm}$. Απ' ότι βλέπουμε, είμαστε οριακοί. Όμως το ακριβώς μεγαλύτερο μοντέλο της γκάμας διατηρεί όλα του τα χαρακτηριστικά ίδια με εξαίρεση την πίεση του πλατό, η οποία ανέρχεται στα 2450N. Αυτός ο συμπλέκτης αντέχει ροπή 43kgm, που μας δίνουν συντελεστή ασφαλείας 23%, αλλά με ανάλογους υπολογισμούς θα βρούμε ποιο μοντέλο της γκάμας κάνει τη δουλειά μας.

1.6 ΟΙ ΠΟΛΥΔΙΣΚΟΙ ΣΥΜΠΛΕΚΤΕΣ.

Ένας πολυδίσκος συμπλέκτης έχει δυο ή περισσότερους δίσκους τριβής. Ανάμεσα στους δίσκους παρεμβάλλονται πλάκες πίεσης, και έτσι είναι σαν να έχουμε ισάριθμα ξεχωριστά δισκοπλατό που να μεταφέρουν τη ροπή του κινητήρα στο σύστημα μετάδοσης. Το κέλυφος του πλατό έχει ειδικές γλίστρες και οι ενδιάμεσες πλάκες πίεσης ειδικές διαμορφώσεις για να παλινδρομούν στις γλίστρες.

Έτσι ελευθερώνονται οι δίσκοι, όταν η κυρίως πλάκα πίεσης του πλατό αποτραβιέται με τη βοήθεια του ρουλεμάν του συμπλέκτη. Με τους πολυδίσκους συμπλέκτες εξασφαλίζουμε περισσότερες επιφάνειες τριβής, με αποτέλεσμα να μπορούμε να μεταφέρουμε μεγαλύτερες τιμές ροπής χωρίς να αυξάνεται η διάμετρος των δίσκων ή η πίεση του πλατό, Τι κερδίζουμε με έναν πολυδίσκο

συμπλέκτη. Πρώτα απ' όλα, οι περισσότερες επιφάνειες τριβής σημαίνουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε σχέση με έναν αντίστοιχης ικανότητας μονοδίσκο συμπλέκτη. Επίσης, συχνά απαιτείται μικρότερη πίεση από το πλατό, συνεπώς έχουμε μικρότερη καταπόνηση του υλικού τριβής των δίσκων και των εδράνων του στροφαλοφόρου. Οι πολυδίσκοι συμπλέκτες μπορούν να διαχειριστούν μεγάλες τιμές ροπής με δίσκους μικρής διαμέτρου, πράγμα που σημαίνει και μικρότερη ροπή αδράνειας άρα μεγαλύτερη ευστροφία του κινητήρα. Υπάρχουν όμως και περιορισμοί. Υπάρχουν πολυδίσκοι συμπλέκτες για χρήση δρόμου και άλλοι για καθαρά αγωνιστική χρήση. Καθένας έχει το σκοπό του, και οι αγωνιστικοί συμπλέκτες συχνά δεν έχουν καμία πρακτικότητα στην καθημερινή χρήση. Οι απλοί πολυδίσκοι ενίοτε έχουν δίσκους με αποσβεστήρες κραδασμών, ώστε να μην σκορτσάρουν. Συνήθως οι πολυδίσκοι δεν είναι πολύ προοδευτικοί, και οι αγωνιστικοί πολυδίσκοι τείνουν να είναι μεν ανθεκτικότεροι αλλά και πιο "άγριοι", με λειτουργία "οη-off". Εκτός αυτού, ως αγωνιστικοί έχουν κατασκευαστεί με το δεδομένο της τακτικής επιθεώρησης μετά από μερικούς αγώνες. Έτσι η σχεδίαση αρκετών αγωνιστικών πολυδίσκων απαιτεί συχνές ρυθμίσεις ή αλλαγές δίσκων, και αυτό είναι δαπανηρό και δύσκολο για ένα συμβατικό αυτοκίνητο.

1.7 ΤΟ ΒΟΛΑΝ

Το βολάν (σφόνδυλος) είναι ίσως ο πιο παραμελημένος και παραγκωνισμένος συντελεστής του συμπλέκτη, ίσως όμως να είναι και ο σημαντικότερος. Το βολάν, εκτός από την τελευταία επιφάνεια τριβής του συμπλέκτη, ενσωματώνει και μια άλλη, ακόμα πιο σημαντική λειτουργία: Είναι η "δεξαμενή ενέργειας" που επιτρέπει στο κινητήρα μας να παίρνει μπροστά, να λειτουργεί στο ρελαντί και σε χαμηλές στροφές, και να μας προσφέρει μια σταθερή παροχή ροπής χωρίς απότομες και συνεχείς διακυμάνσεις.

Το βολάν είναι ένας μεγάλος και βαρύς δίσκος από χυτοσίδηρο. Βιδώνεται στην ουρά του στροφαλοφόρου και ουσιαστικά λειτουργεί και ως "κόπλερ" για την προσαρμογή του συμπλέκτη.

Το μεγάλο βάρος του βολάν, η υψηλή ταχύτητα περιστροφής του και η μεγάλη συγκέντρωση μάζας προς την περιφέρειά του, το καθιστούν μια "δεξαμενή" με μεγάλη "χωρητικότητα" κινητικής ενέργειας. Η "στάθμη" της δεξαμενής αυξάνεται

όσο αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα, ενώ υπάρχει ένα συνεχές πάρε-δώσε ενέργειας από το κινητήρα προς το βολάν και αντίστροφα. Αυτό γίνεται κατά τη διαδοχή των χρόνων λειτουργίας του μοτέρ, και η υπόθεση έχει ως εξής:

Ο τετράχρονος κινητήρας παράγει έργο μόνο κατά τον τρίτο χρόνο λειτουργίας του, την εκτόνωση, αλλά καταναλώνει υψηλά ποσά ενέργειας σε όλους τους υπόλοιπους χρόνους προκειμένου να αντλήσει και να συμπιέσει τα αέρια αλλά και να κινήσει όλα τα κινούμενα μέρη του. Από τη στιγμή που παράγει έργο μόνο σε ένα χρόνο και καταναλώνει στους υπόλοιπους τρεις, πρέπει με κάποιον τρόπο να υποστηρίζεται η λειτουργία του ώστε να γίνεται εφικτή και ομαλή η μετάβαση από χρόνο σε χρόνο. Αυτό κάνει, μεταξύ άλλων, το βολάν. Αφού περιστρέφεται μαζί με το στρόφαλο, βρίσκεται στην ίδια κινητική κατάσταση με αυτόν. Τη στιγμή που ο κινητήρας παράγει έργο, ένα μέρος από αυτό το έργο το απορροφά το βολάν με τη μορφή κινητικής ενέργειας. Έτσι το βολάν περιστρέφεται με μια κάποια ταχύτητα, ως εκ τούτου έχει και μια κάποια αδράνεια.

Σε έναν τετρακύλινδρο κινητήρα, το διάστημα από έκρηξη σε έκρηξη στη σειρά ανάφλεξης των κυλίνδρων μεταφράζεται σε 180° περιστροφής του στροφαλοφόρου. Με άλλα λόγια, από χρόνο σε χρόνο, ο κινητήρας έχει κάποια "κενά" παραγωγής ισχύος. Εκεί είναι που το βολάν, με την αδράνεια του, προσφέρει στον κινητήρα μας την απαιτούμενη κινητική ενέργεια ώστε να μπορέσει να προχωρήσει στον επόμενο χρόνο που θα παράγει έργο.

Έχουμε καταλάβει τη λειτουργία του βολάν, και γιατί πρέπει να έχει ένα κάποιο βάρος προκειμένου να λειτουργεί ομαλά ο κινητήρας μας. Όμως πόσο βάρος είναι απαραίτητο και κατά πόσο το βάρος του σφονδύλου μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τις επιδόσεις; Είναι γεγονός ότι οι κατασκευαστές προσπαθούν να προσφέρουν κατά το δυνατόν πολιτισμένα και φιλικά προς το χρήστη αυτοκίνητα. Το βαρύ βολάν τους διευκολύνει πολύ σε αυτό, και γι' αυτό συχνά το "παρακάνουν" φτιάχνοντας βολάν αρκετά βαρύτερα απ' ό,τι χρειάζονται οι κινητήρες τούς. Έτσι τα αυτοκίνητα μπορούν να κινούνται πιο άνετα με πολύ χαμηλές στροφές (καμιά φορά και κάτω από το ρελαντί), καθώς επίσης σβήνουν δυσκολότερα αν ξεχαστεί κάποιος και λειτουργήσει κάπως άτσαλα το συμπλέκτη στο φανάρι.

Ο αρνητικός αντίκτυπος είναι ο εξής: η μεγάλη μάζα συνεπάγεται μεγάλη αδράνεια. Η αύξηση της αδράνειας του κινητήρα μειώνει την ευστροφία του, δηλαδή το πόσο γρήγορα ανεβάζει στροφές. Αυτό φαίνεται αμέσως στο δρόμο, ιδίως με πρώτη και δεύτερη σχέση, οπότε ο κινητήρας ούτως ή άλλως έχει την

ελευθερία να ανεβάσει γρήγορα στροφές και η σχέση μετάδοσης είναι τέτοια που μειώνει πολύ το βάρος του αυτοκινήτου. Αν οδηγήσει κανείς δυο ίδια αυτοκίνητα, το ένα με ελαφρύ βολάν και το άλλο με εργοστασιακό, θα διαπιστώσει πως το αυτοκίνητο με το ελαφρύ βολάν είναι ταχύτερο από το ξεκίνημα και με μικρή σχέση μετάδοσης. Όσο τα χιλιόμετρα και οι σχέσεις ανεβαίνουν, τόσο μικραίνει η ψαλίδα των δύο αυτοκινήτων. Τελικά το ελαφρύ βολάν (εικ.1.20) δεν προσφέρει μεγαλύτερη τελική ταχύτητα, μολονότι σε ένα αδρανειακό δυναμόμετρο ο κινητήρας θα δείξει περισσότερη ισχύ.



Εικόνα 1.20 : Βολάν από αλουμίνιο.

Ο κινητήρας εκτός από το αυτοκίνητο, πρέπει να επιταχύνει και τον ίδιο του τον εαυτό: δεκάδες κινούμενα μέρη, άλλα ελαφρύτερα και άλλα βαρύτερα, στα τελευταία συγκαταλέγεται και το βολάν, πρέπει να αλλάξουν αμέσως κινητική κατάσταση με το πάτημα του γκαζιού. Η επιτάχυνση τους απαιτεί δύναμη, δηλαδή κάποια P_s που δε βρίσκουν ποτέ το δρόμο τους προς το σύστημα μετάδοσης γιατί "καταναλώνονται" από το ίδιο το κινητήρα για την επιτάχυνση του. Φυσικά, σε ένα δυναμόμετρο πάγκου, όπου η ισχύς μετράται σε σταθερές rpm, το ελαφρύτερο

βολάν δε θα επηρεάσει το διάγραμμα της δυναμομέτρησης. Όμως στο δρόμο το πράγμα διαφοροποιείται αρκετά, αφού η μέτρηση προκύπτει από το ρυθμό επιτάχυνσης των τύμπανων, δηλαδή από το πόσο γρήγορα ανεβάζει στροφές ο κινητήρας. Η αυξημένη ισχύς στο δρόμο επιστεγάζεται ακριβώς από την άμεση και ταχύτερη επιτάχυνση στο δρόμο.

Σε ένα αυτοκίνητο μπορούμε κάλλιστα να χρησιμοποιήσουμε ένα βολάν ακόμη και 50% ελαφρύτερο από το εργοστασιακό χωρίς να διαταραχθεί εμφανώς η ομαλότητα του ρελαντί και ο κινητήρας του. Ας μην ξεχνάμε ότι ο συμπλέκτης συμπληρώνει τη μάζα του βολάν, και πολλές φορές ζυγίζει σχεδόν όσο το βολάν. Για παράδειγμα, το εργοστασιακό βολάν ενός Rallye ζυγίζει περίπου 7kg.

Υπάρχουν δυο προσεγγίσεις στο θέμα του ελαφρού βολάν: η πρώτη είναι η αγορά ενός έτοιμου ελαφρού βολάν, με διαφορετική σχεδίαση από το εργοστασιακό και συχνά κατασκευασμένο από ελαφρύτερα υλικά (π.χ. αεροπορικό κράμα αλουμινίου) και η δεύτερη είναι το ελάφρωμα του εργοστασιακού μαντεμένιου βολάν.

Τα ελαφριά βολάν συνήθως κατασκευάζονται από αλουμίνιο. Το αλουμίνιο είναι σημαντικά ελαφρύτερο από το μαντέμι, και έτσι τα αλουμινένια βολάν μπορούν να διατηρήσουν ακόμη και την εργοστασιακή σχεδίαση ενώ παράλληλα να προσφέρουν αυξημένη ευστροφία. Υπάρχουν όμως κάποιοι περιορισμοί: το αλουμίνιο είναι αρκετά μαλακότερο από το μαντέμι, ως εκ τούτου χρειάζεται να ενσωματώνουν μια ειδική ατσάλινη πλάκα για την επιφάνεια τριβής του συμπλέκτη. Ο συντελεστής διαστολής της δεν είναι πάντα ταυτόσημος με του αλουμινίου που χρησιμοποιείται, και έτσι η υπερθέρμανση από πατινάρισμα ή σκληρή χρήση εγκυμονεί τον κίνδυνο παραμόρφωσης του βολάν.

Σε άλλες περιπτώσεις, για τους ίδιους λόγους, δημιουργούνται προβλήματα στήριξης του βολάν στο στρόφαλο. Οι τρύπες στο αλουμινένιο κέντρο του βολάν μπορεί να παραμορφωθούν από υπερβολικά φορτία (εκκινήσεις κ.λπ.), και έτσι να δημιουργηθεί επικίνδυνος τζόγος, ενώ το βολάν να καταστεί άχρηστο. Και αυτό το ζήτημα όμως βρίσκει λύση στα "καλά" αλουμινένια βολάν, τα οποία χρησιμοποιούν ειδικά ατσάλινα εμφυτεύματα στο κέντρο τους, για να ενισχύουν αυτό το νευραλγικό σημείο.



Εικόνα 1.21 : Το δίχαλο για το ρουλεμάν του συμπλέκτη

Όλα τα παραπάνω προβλήματα ξεπερνιούνται με τα κατά πολύ ακριβότερα βολάν από χρωμιομολυβδαίνιο ή από χάλυβα εργαλείων. Τα κράματα αυτά εξακολουθούν να είναι ελαφρύτερα από το μαντέμι, όχι όμως τόσο όσο το αλουμίνιο. Αυτά τα βολάν συχνά έχουν μεγάλες τρύπες στην περιφέρεια τους, για περαιτέρω μείωση του βάρους τους. Είναι όμως ανθεκτικότερα στην υπερθέρμανση και στη σκληρή χρήση απ' ό,τι τα αλουμινένια και είναι προτιμότερα σε αγωνιστικές κατασκευές.

Η πιο διαδεδομένη από τις παραπάνω δύο λύσεις παραμένει το αλάφρωμα του εργοστασιακού βολάν, κυρίως για λόγους κόστους και ευκολίας. Ωστόσο υπάρχουν πολλά πράγματα που πρέπει να προσέξει κανείς σε αυτή τη διαδικασία, προκειμένου να μην αντιμετωπίσει διάφορα προβλήματα στο μέλλον. Το αλάφρωμα του βολάν γίνεται στον τόρνο, αφαιρώντας υλικό από κάθε σημείο όπου υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση υλικού χωρίς να εξυπηρετεί κάποια συγκεκριμένη λειτουργικότητα.

Εννοείται ότι το κεντράρισμα του βολάν πριν την έναρξη της κατεργασίας είναι καίριας σημασίας, αφού η ανομοιόμορφη αφαίρεση υλικού θα μας δώσει ένα βολάν που δε θα ζυγοσταθμίζεται. Το πόσο υλικό θα αφαιρεθεί και από πού είναι μια υπόθεση που εξαρτάται από το μάτι, την εμπειρία και την κατάρτιση του μηχανουργού.

Είναι προφανές ότι η αδράνεια του βολάν μειώνεται όσο περισσότερο υλικό αφαιρούμε από την περιφέρεια του παρά απ' ότι από το κέντρο του. Με άλλα λόγια, ένα βολάν που του αφαιρέσαμε 1kg από την περιφέρεια του πρακτικά είναι ελαφρύτερο από ένα άλλο που του αφαιρέσαμε 1kg κοντά στο κέντρο του. Το

πίσω μέρος του βολάν, αυτό που βλέπει προς το κινητήρα, είναι το πιο πρόσφορο μέρος αφαίρεσης υλικού. Ιδίως κοντά στο γρανάζι της μίζας, τα περισσότερα βολάν κουβαλάνε πολλά τα οποία δεν χρειάζονται που μπορεί να αφαιρεθεί για να ελαφρώσουμε το βολάν μας. Πολλές φορές όμως από μόνη της αυτή δεν είναι αρκετή, και έτσι αρκετοί μηχανουργοί αφαιρούν μέταλλο και από την επιφάνεια τριβής, λεπταίνοντας συνολικά όλο το βολάν.

Αυτό βέβαια σημαίνει ότι ο συμπλέκτης θα έρθει πιο κοντά στο κινητήρα όταν φτιαχτεί, και πρέπει να έχουν υπολογιστεί σωστά οι αποστάσεις προκειμένου να μη δημιουργηθούν προβλήματα όπως λ.χ. η ανεπαρκής απομόνωση του συμπλέκτη επειδή το δίχαλο του ρουλεμάν (εικ.1.21) δεν μπορεί να αντισταθμίσει αυτή τη μεταφορά του πλατό. Το "χειρωνακτικό" αλάφρωμα εγκυμονεί κινδύνους αν δε γίνει με σύνεση, προσοχή και γνώση. Πρώτα απ' όλα, μετά από το αλάφρωμα, το βολάν καλό είναι να ζυγοσταθμιστεί σε ειδικό μηχάνημα, προκειμένου να μη δημιουργεί ταλαντώσεις και συντονισμούς που μπορούν να επιβαρύνουν ή και να καταστρέψουν το κινητήρα μας.

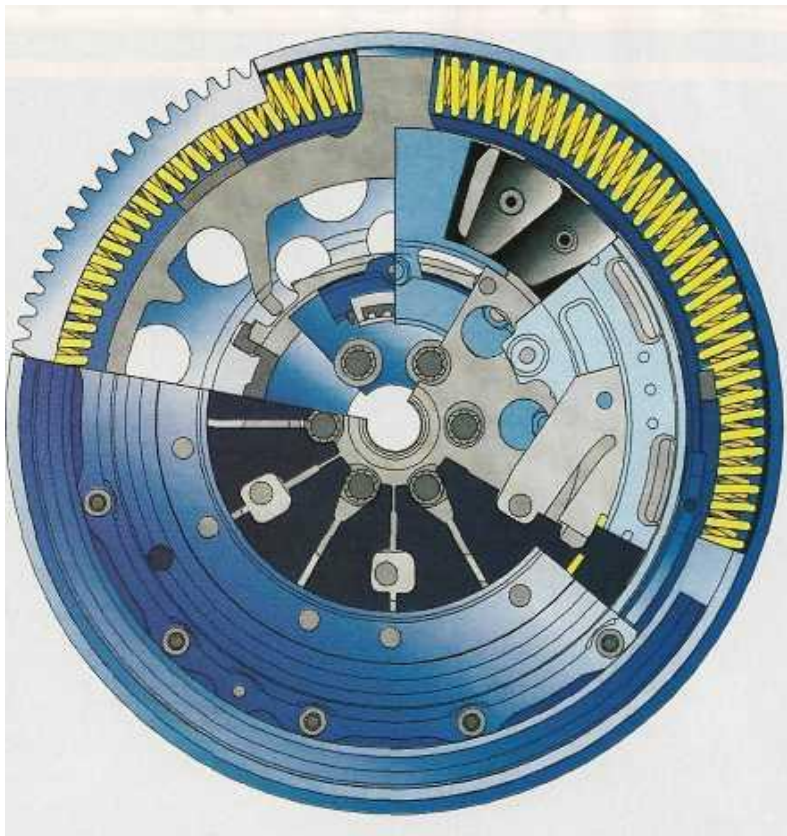
Πέρα από αυτό όμως, το βολάν δεν πρέπει να χάσει τη μηχανική του αντοχή. Σε υψηλούς ρυθμούς περιστροφής, η φυγόκεντρος υποβάλλει το βολάν σε φοβερά υψηλά μηχανικά φορτία. Δεν είναι λίγα τα κακό ελαφρωμένα βολάν που κυριολεκτικά εξερράγησαν και έτσι διαπέρασαν τη χελώνα του σασμάν, το τροπέτο η το τούνελ του αυτοκινήτου και δυστυχώς, έφαγαν τα πόδια αρκετών οδηγών. Οι κύριοι λόγοι είναι δύο: η κατασκευή ενός χυτού βολάν είναι τέτοια που δημιουργεί ένα σώμα με αρκετά μεγάλη περιφερειακή σκληρότητα αλλά και αρκετά μαλακό πυρήνα. Αυτή η περίεργη ιδιότητα του χυτοσίδηρου έχει σαν αποτέλεσμα τη σημαντική μηχανική εξασθένηση του βολάν, αφού η σκληρή "φλούδα" του βολάν αφαιρείται υπό μορφή γρεζιού. Επίσης, αν κατεβεί πολύ η επιφάνεια τριβής, πάλι πέφτουμε στις μαλακές στρώσεις του μετάλλου και η επιφάνεια τριβής μας αποκτά μικρότερη διάρκεια ζωής, λόγω της μικρότερης επιφανειακής σκληρότητας της. Η θερμική σκλήρυνση (βαφή) ή η βαθιά εναζώτωση των χειρωνακτικά ελαφρωμένων βολάν είναι ένα επιπλέον μέτρο ασφαλείας, με αμελητέο κόστος.

Αν ο τορναδόρος χαράξει το βολάν σε νευραλγικά σημεία, όπως λ.χ. στην περιοχή ανάμεσα στο κέντρο και την περιφέρεια του, μας παραδίδει ένα αυτοκίνητο που καταλήγει με αλλαγμένο δίσκο. Αυτή η περιοχή καλό είναι να μένει ανέπαφη, αφού ούτως ή άλλως και όπως προαναφέραμε η αφαίρεση υλικού κοντά στο κέντρο του βολάν δε μειώνει σημαντικά την αδράνεια του. Μειώνει όμως δραματικά την

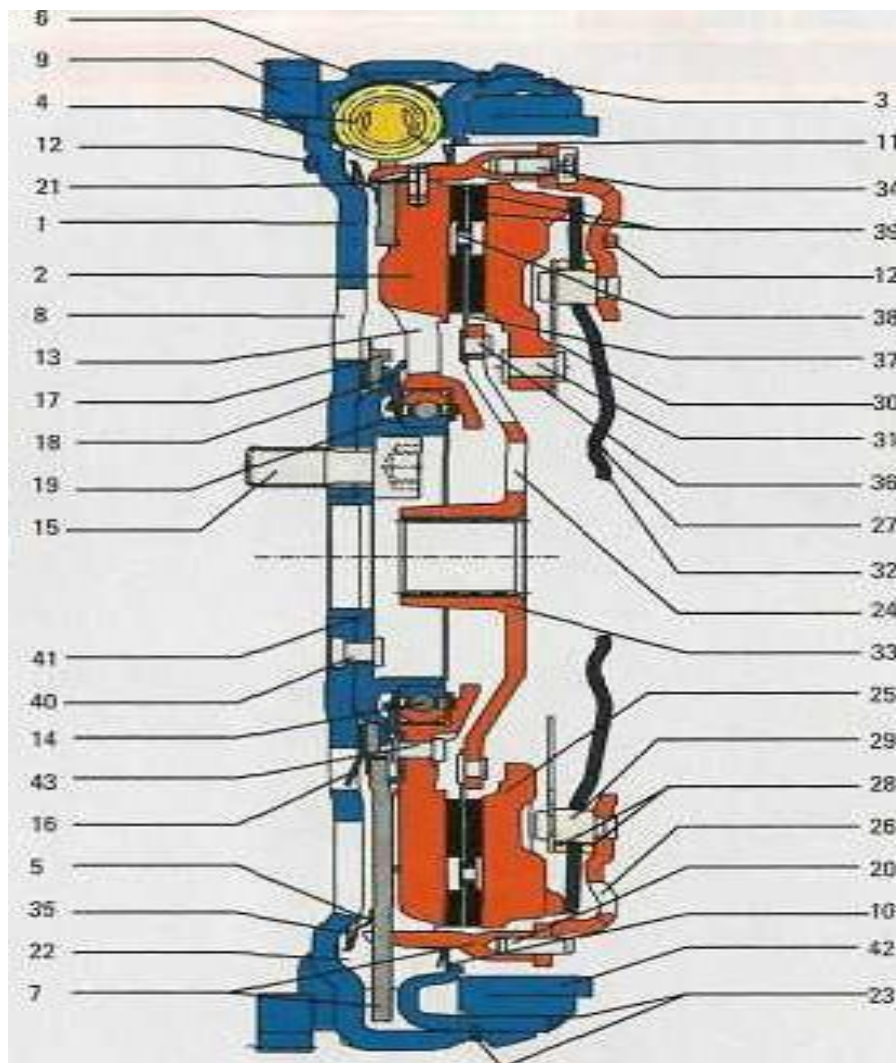
αντοχή του, και έτσι η περιφέρεια του βολάν μπορεί να αποκτήσει τάσεις αυτονομίας, με αποτέλεσμα ένα διαλυμένο δίσκο – πλατό -βολάν και στην καλύτερη περίπτωση, ένα άχρηστο κιβώτιο.

1.7.1 Βολάν διπλής μάζας

Το βολάν διπλής μάζας (εικ.1.22&1.23) είναι καινούργιο στο χώρο των κατασκευαστών και χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο τα τελευταία χρόνια. Παλαιότερα αποτελούσαν "προνόμιο" μεγάλων και ακριβών εξακύλινδρων και οκτακυλίνδρων κινητήρων, σήμερα όμως έχουν αρχίσει να τοποθετούνται παντού χαρακτηριστικό παράδειγμα ο 1.8T της VW.



Εικόνα 1.22 : Βολάν διπλής μάζας



Εικόνα 1.23 : Τομή βολάν διπλής μάζας

1. Μάζα βολάν και κέλυφος ελατηρίου **2.** Επιφάνεια τριβής βολάν **3.** Κέλυφος **4.** Κυκλικό ελατήριο ώθησης **5.** Μembrάνη στεγανοποίησης **6.** Οδηγός ελατηρίου **7.** Δακτύλιος κελύφους με φλάντζα **8.** Οπές εξαερισμού **9.** Οδοντωτή περιφέρεια του βολάν **10.** Μembrάνη στεγανοποίησης **11.** Λάμα στήριξης **12.** Βαρίδι ζυγοστάθμισης **13.** Οπή εξαερισμού **14.** Ρουλεμάν **15.** Βίδα allen **16.** Διάφραγμα **17.** Ροδέλα τριβής **18.** Λάμα συγκράτησης **19.** Διάφραγμα **20.** Κυλινδρικός πείρος **21.** Πείρος συγκράτησης **22.** θάλαμος λιπαντικού **23.** Συγκόλληση με laser **24.** Διάτρητο άνοιγμα **25.** Πλάκα πίεσης **26.** Οπή εξαερισμού **27.** Διάφραγμα **28.** Δακτυλιοειδές υπομόχλιο **29.** Πριτσίνι **30.** Ελατήριο πλατό **31.** Πριτσίνι **32.** Άνοιγμα **33.** Αφαλός **34.** Βίδα allen **35.** Διάφραγμα **36.** Πριτσίνι ελατηρίου **37.**

Ελατήριο **38**. Πριτσίνι φερμουιτ **39**. Φερμουιτ **40**. Πριτσίνι **41**. Αφαλός **42**. Μάζα βολάν **43**. Πριτσίνι.

Τι είναι το βολάν διπλής μάζας; Πρόκειται για ένα διαιρούμενο βολάν, οπού η επιφάνεια τριβής είναι αναρτημένη σε έναν μεγάλο αποσβεστήρα κραδασμών, ο οποίος και την ενώνει με το υπόλοιπο βολάν, που λειτουργεί και ως κέλυφος του αποσβεστήρα κραδασμών. Τον τελευταίο καιρό έχουν γίνει πολλές εξελίξεις στον τομέα των βολάν διπλής μάζας, όμως η συνηθέστερη διάταξη είναι αυτή που απεικονίζεται στο σχετικό διάγραμμα. Έτσι λοιπόν βλέπουμε ότι ο αποσβεστήρας κραδασμών αποτελείται από ένα συνδυασμό ελατηρίων και ελαστικών συνδέσμων, μαζί με τις απαραίτητες διατάξεις στήριξης, λίπανσης κλπ.

Θεωρητικά προσφέρουν πολλά προτερήματα σε επίπεδο λειτουργίας, για έναν "φυσιολογικά" οδηγό και με ένα απλό κινητήρα. Το βολάν διπλής μάζας λειτουργεί ως ένας τεράστιος αποσβεστήρας ταλαντώσεων, που εξουδετερώνει μεγάλο μέρος των κραδασμών του κινητήρα αλλά και του συμπλέκτη. Επειδή έχει ενσωματωμένο αποσβεστήρα κραδασμών, ο δίσκος είναι ξερός χωρίς ελατήρια, στο στυλ των αγωνιστικών. Με αυτόν τον τρόπο η μάζα του δίσκου μειώνεται δραστικά και ο συγχρονισμός των γραναζιών κατά την αλλαγή ταχυτήτων γίνεται ευκολότερα και ταχύτερα.

Τα βολάν διπλής μάζας απομονώνουν καλύτερα τους λειτουργικούς θορύβους κινητήρα και μετάδοσης, και προσφέρουν πολύ γλυκιά λειτουργία κατά την κίνηση με χαμηλούς ρυθμούς περιστροφής, χωρίς σκορτσαρίσματα και "μπουμάρισμα" της καμπίνας όταν ο οδηγός κινείται με τέταρτη ή πέμπτη και σχεδόν ρελαντί- μην ξεχνάτε ότι ξεκίνησαν την καριέρα τους από τα αυτοκίνητα πολυτελείας.

Το θέμα είναι τι κάνεις από τη στιγμή που έχει ένα βολάν διπλής μάζας; Σε πρώτη φάση αποφεύγει τα βίαια ξεκινήματα και τις απότομες συμπλέξεις, γιατί η δευτερεύουσα μάζα του βολάν και ο αποσβεστήρας της υποφέρουν, και τελικά αστοχούν δημιουργώντας τζόγους, κραδασμούς, σκορτσαρίσματα και πολλά ακόμη δυσάρεστα.

2. ΚΙΒΩΤΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ένα αυτοκίνητο, ανάλογα με το φορτίο και την ταχύτητα, με την οποία θέλουμε κάθε φορά να κινείται, χρειάζεται στους τροχούς διαφορετικούς συνδυασμούς ροπής και στροφών. Όταν λέμε φορτίο εννοούμε την αντίσταση που παρουσιάζεται στην κίνηση του αυτοκίνητου από διάφορους παράγοντες (βάρος, ωφέλιμο φορτίο, κλίση δρόμου, αντίσταση από τον αέρα, τριβές ανάμεσα στο οδόστρωμα και τους τροχούς κ.λ.π). Όταν το αυτοκίνητο ξεκινάει χρειάζεται στους τροχούς χαμηλό αριθμών στροφών και μεγάλη ροπή στρέψεως (για να υπερνικηθεί η αδράνεια της ακίνητης μάζας). Ο κινητήρας στις λίγες στροφές έχει χαμηλή ροπή η οποία αν φθάσει στους τροχούς όπως είναι, δεν είναι αρκετή για να ξεκινήσει το αυτοκίνητο. Αν όμως δουλέψει σε υψηλές στροφές, για να βγάλει μεγάλη ροπή, τότε η κίνηση μ'αυτές τις στροφές δεν μπορεί να μεταδοθεί προς τους τροχούς που αδρανούν και έτσι ο κινητήρας θα σβήσει.

Οι στροφές που πρέπει να παίρνουν οι τροχοί εξαρτώνται από την ταχύτητα u (km/h), που θέλουμε να κινείται το αυτοκίνητο, και από τη διάμετρο αυτών D (m), δηλαδή : $n = 1000 \cdot u / 3.14 \cdot 60 \cdot D$ (στ/min).

2.2 ΛΟΓΟΙ ΠΟΥ ΔΙΚΑΙΟΛΟΓΟΥΝ ΤΗΝ ΥΠΑΡΞΗ ΤΟΥ ΚΙΒΩΤΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

Το κιβώτιο ταχυτήτων πρέπει να μεταβάλλει τις στροφές και τη ροπή του κινητήρα για να ικανοποιηθούν κάθε φορά οι διαφορετικές ανάγκες των τροχών σε στροφές και ροπή χρειάζεται ένας μηχανισμός μετασχηματισμού της ροπής και των στροφών. Ο μηχανισμός που κάνει το μετασχηματισμό της ροπής και των στροφών είναι το κιβώτιο ταχυτήτων.

Ο μετασχηματισμός αυτός βασίζεται στο γεγονός ότι η ισχύς που μεταφέρεται από τον κινητήρα μέσα από το κιβώτιο ταχυτήτων παραμένει σταθερή (θεωρώντας τη μικρή απώλεια ισχύος σε τριβές ως αμελητέα).

Από τη Μηχανική όμως είναι γνωστό ότι στην περιστροφική κίνηση η ισχύς P , η ροπή στρέψεως M και η περιστροφική ταχύτητα συνδέονται με τη σχέση : $P = M \cdot n / 716.2$ (PS) όταν η ροπή μετριέται σε Nm και οι στροφές ανά λεπτό.

Επομένως αν μεταδώσουμε κίνηση με μείωση των στροφών, θα έχουμε αύξηση της ροπής, ώστε το γινόμενο $M \cdot n$ να παραμένει σταθερό. Επίσης αν μεταδώσουμε κίνηση με αύξηση των στροφών, θα έχουμε μείωση της ροπής.

Η μετάδοση των στροφών μέσα από το κιβώτιο ταχυτήτων γίνεται με τη βοήθεια των οδοντωτών τροχών. Έτσι για να ανταποκριθεί ένα κιβώτιο ταχυτήτων στις διαφορετικές ανάγκες των τροχών σε ροπή και στροφές, πρέπει να διαθέτει μια σειρά οδοντωτών τροχών με διαφορετική σχέση μετάδοσης.

Η κίνηση μεταδίδεται κάθε φορά και από διαφορετικό ζευγάρι. Η αλλαγή του ζευγαριού γίνεται με κάποιο μοχλό που κινείται από το μοχλό επιλογής ταχυτήτων (λεβιέ). Σε αλλά κιβώτια ταχυτήτων στ' αυτόματα, η αλλαγή αυτή μπορεί να γίνεται και χωρίς την επέμβαση του οδηγού.

2.2.1 Το κιβώτιο ταχυτήτων πρέπει να αντιστρέφει την κίνηση

Ένα από τα χαρακτηριστικά του κινητήρα εσωτερικής καύσεως είναι ότι περιστρέφεται πάντοτε προς την ίδια φορά περιστροφής, χωρίς να μπορούμε να αντιστρέψουμε την κίνηση για να κινηθεί τα αυτοκίνητο προς τα πίσω. Η κίνηση του κινητήρα αντιστρέφεται μέσα στο κιβώτιο ταχυτήτων.

2.2.2 Το κιβώτιο ταχυτήτων πρέπει να διακόπτει την κίνηση

Ένα άλλο χαρακτηριστικό του κινητήρα εσωτερικής καύσεως είναι η αδυναμία του να ξεκινά με φορτίο, γιατί όταν είναι κρύος έχει ατελή καύση και δεν μπορεί να αναπτύξει αμέσως αυξημένη ροπή. Για το λόγο αυτό πρέπει να έχουμε την δυνατότητα να διακόπτουμε τη σύνδεση του κινητήρα με το υπόλοιπο σύστημα μεταδόσεως, ώστε ο κινητήρας να ξεκινάει χωρίς φορτία.

Η αποσύνδεση αυτή, που έχει μόνιμο χαρακτήρα, πραγματοποιείται μέσα στο κιβώτιο ταχυτήτων και λέγεται νεκρό σημείο. Αν δεν υπήρχε το νεκρό σημείο θα έπρεπε, κατά το ξεκίνημα του κινητήρα, να διατηρήσουμε το πεντάλ του συμπλέκτη πατημένο και έτσι δεν θα υπήρχε πρόβλημα να απομακρυνθεί ο οδηγός από τη θέση του κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κινητήρα.

2.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΚΙΒΩΤΙΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

Τα διάφορα κιβώτια ταχυτήτων που χρησιμοποιούμε στα αυτοκίνητα μπορούμε να τα ταξινομήσουμε ως εξής:

1. Ανάλογα με τον τρόπο που αλλάζουν οι ταχύτητες

α. Κοινά κιβώτια ταχυτήτων η χειροκίνητα η μηχανικά

β. Αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων η υδραυλικά

γ. Ημιαυτόματα κιβώτια ταχυτήτων

Στα κοινά κιβώτια ταχυτήτων η αλλαγή των ταχυτήτων γίνεται από τον οδηγό με τη βοήθεια του μοχλού επιλογής ταχυτήτων η λεβιέ.

Στα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων η αλλαγή των ταχυτήτων γίνεται εντελώς αυτόματα χωρίς καμία επέμβαση του οδηγού. Επέμβαση του οδηγού απαιτείται για την τοποθέτηση ενός ειδικού μοχλού στην κατάλληλη θέση όταν το αυτοκίνητο πρέπει να μετακινηθεί προς τα πίσω η να παρκάρει.

Τέλος στα ημιαυτόματα κιβώτια ταχυτήτων έχει καταργηθεί το πεντάλ του συμπλέκτη και η αλλαγή των ταχυτήτων γίνεται με την επίδραση του οδηγού σε ένα μικρό μοχλό επιλογής που βρίσκεται κοντά στο τιμόνι.

2. Ανάλογα με τις σχέσεις μετάδοσης που δίνουν :

α. Κλιμακωτά κιβώτια ταχυτήτων

β. κιβώτια ταχυτήτων συνεχούς μεταβολής της σχέσης μετάδοσης η κιβώτια CVT.

Όταν λέμε κλιμακωτά κιβώτια ταχυτήτων εννοούμε αυτά που δίνουν μόνο ορισμένες συγκεκριμένες σχέσεις μεταδόσεως (ταχύτητες) και μπορούν να λειτουργούν είτε ως κοινά είτε ως αυτόματα.

Κιβώτια συνεχούς μεταβολής λέμε αυτά που δεν έχουν ορισμένες συγκεκριμένες σχέσεις μεταδόσεως όπως τα προηγούμενα, αλλά λειτουργούν κατά τέτοιο τρόπο,

ώστε η σχέση μεταδόσεως να αλλάζει διαρκώς, ανάλογα με την απαιτούμενη στους τροχούς ροπή και στροφές.

3. Ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν :

α. Κύρια κιβώτια ταχυτήτων

β. Κιβώτια βοηθητικής ταχύτητας και διανομής της ισχύος σε μπροστινούς και πίσω τροχούς

γ. κιβώτια οβερντραιβ η πολλαπλασιαστές στροφών

4. Ανάλογα με τον αριθμό των ταχυτήτων

α. κιβώτια τριών ταχυτήτων

β. Κιβώτια τεσσάρων ταχυτήτων

γ. κιβώτια πέντε ταχυτήτων

δ. κιβώτια περισσότερων ταχυτήτων (6,8,.....,16)

Στην Ελλάδα τα μικρά επιβατικά αυτοκίνητα είναι εφοδιασμένα συνήθως με κοινά κιβώτια ταχυτήτων. Σε φορτηγά αυτοκίνητα τα κιβώτια ταχυτήτων έχουν πολύ μεγαλύτερο αριθμό ταχυτήτων. Τέλος στα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων μικρών επιβατικών αυτοκινήτων ο αριθμός των ταχυτήτων είναι συνήθως τέσσερις.

2.4 ΤΟ ΠΡΩΤΟ ΚΙΒΩΤΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

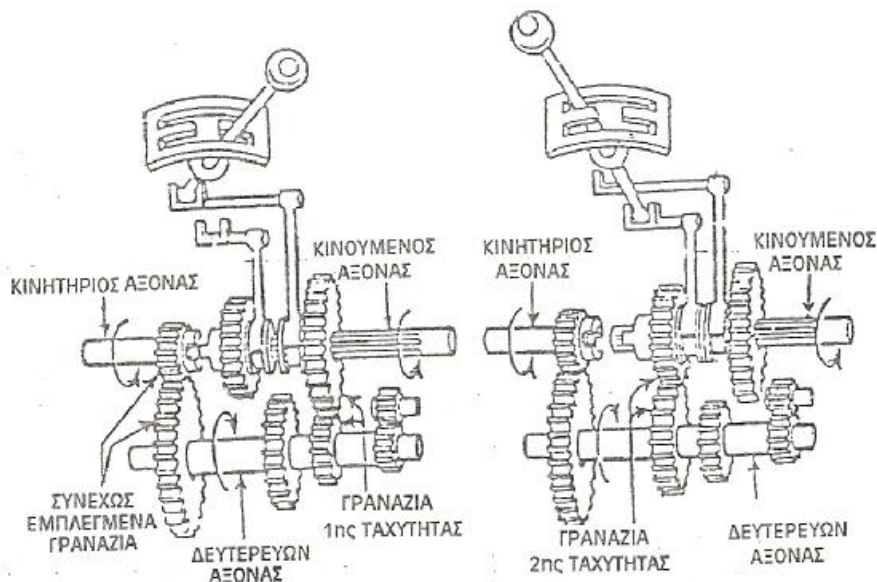
Το πρώτο κοινό κιβώτιο ταχυτήτων κατασκευάστηκε το 1890 στη Γαλλία από τους Pan hard και Leaser. Αυτό αποτελείται από δυο παράλληλες ατράκτους. Η μια άτρακτος είναι αυτή που συνδέεται με τον κινητήρα και λέγεται κινητήρια άτρακτος (άτρακτος εισόδου) και η άλλη είναι αυτή που θα δώσει την κίνηση στο υπόλοιπο σύστημα μεταδόσεως και λέγεται κινούμενη άτρακτος (κύρια άτρακτος η άτρακτος εξόδου).

Η κινητήρια άτρακτος είναι διαμορφωμένη σε πολύσφηνο και φέρει τόσους οδοντωτούς τροχούς όσες είναι οι ταχύτητες που θέλουμε να πετύχουμε. Η κινούμενη άτρακτος φέρει και αυτή τον ίδιο αριθμό οδοντωτών τροχών με την κινητήρια άτρακτο αλλά χωρίς δυνατότητα ολίσθησης κατά μήκος των ατράκτων.

2.5 ΌΛΟΙ ΟΙ ΤΡΟΧΟΙ ΕΧΟΥΝ ΣΤΑΘΕΡΟΙ ΘΕΣΗ

Για να πετύχουμε διαφορετική σχέση μετάδοσης εμπλέκουμε κάθε φορά και διαφορετικό ζευγάρι οδοντωτών τροχών. Η εμπλοκή γίνεται με μετακίνηση ενός τροχού της κινητήριας ατράκτου για να έλθει στη θέση του αντιστοίχου τροχού της κινούμενης ατράκτου.

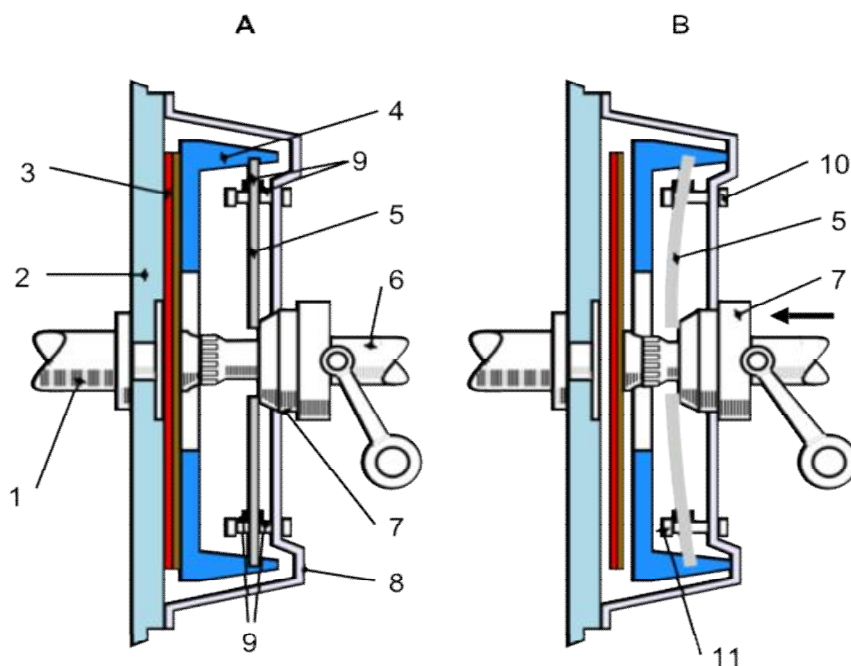
Η μετακίνηση των οδοντωτών τροχών επιτυγχάνεται με ένα δίχαλο που παίρνει κίνηση από το μοχλό επιλογής ταχυτήτων (λεβιέ). Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε ένα τυπικό σύστημα μετάδοσης κίνησης



Εικόνα 2.1 : Σύστημα μετάδοσης κίνησης

Το πώς γίνεται η σύμπλεξη και η αποσύμπλεξη φαίνεται στη παρακάτω εικόνα 2.2 : Ο ξερός μηχανικός συμπλέκτης με έναν επίπεδο δίσκο τριβής χρησιμοποιείται σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα στα αυτοκίνητα με χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων. Στην συντριπτική πλειοψηφία χρησιμοποιείται συμπλέκτης με ένα δίσκο τριβής. Ο συμπλέκτης αποτελείται από δακτυλιοειδείς πλάκες (δίσκους). Η μία από αυτές είναι ο ίδιος ο σφόνδυλος του κινητήρα, ενώ η δεύτερη,

ονομάζεται πλάκα πίεσης-πλατώ, συνδέεται με το σφόνδυλο, με το κέλυφος του συμπλέκτη μέσω συστήματος μοχλών και ακολουθεί στην περιστροφή της το στροφαλοφόρο άξονα. Ανάμεσα τους βρίσκεται ένας λεπτός δίσκος επικαλυμμένος και από τις δύο μεριές με ειδικό υλικό που αυξάνει τη τριβή (φερμουίτ), ο οποίος ονομάζεται δίσκος τριβής του συμπλέκτη και μεταδίδει την κίνηση στο κιβώτιο ταχυτήτων. Ο δίσκος τριβής του συμπλέκτη είναι σφηνωμένος με τη δύναμη των ελατηρίων (ελικοειδή ή ελατηριωτό διάφραγμα-χτένι) στο σφόνδυλο και την πλάκα πίεσης, έτσι ώστε όταν ο σφόνδυλος περιστρέφεται είναι αναγκασμένος να τον ακολουθήσει, οπότε με το πολύσφηνο του μεταδίδει την κίνηση στον πρωτεύοντα άξονα του κιβωτίου ταχυτήτων. Στη θέση αυτή ο συμπλέκτης, είναι «συμπλεγμένος», δηλαδή είναι σε λειτουργία και μεταδίδει την κίνηση στο κιβώτιο ταχυτήτων. Η αποσύμπλεξη γίνεται με πίεση στα ελεύθερα άκρα των μοχλών, όποτε αναγκάζονται τα ελατήρια να αποχωρίσουν και η πλάκα πίεσης απομακρύνεται από το σφόνδυλο, και έτσι ελευθερώνεται ο δίσκος τριβής του συμπλέκτη, η κίνηση δεν μεταδίδεται.



Εικόνα 2.2 : Η σύμπλεξη και η αποσύμπλεξη

A : "Σύμπλεξη" **B :** "Αποσύμπλεξη"

- 1. Στροφαλοφόρος άξονας
- 2. Σφόνδυλος
- 3. Δίσκος τριβής
- 4. Πλάκα πίεσης
- 5. Ελατηριωτό διάφραγμα-χτένι
- 6. Πρωτεύοντα άξονα του κιβωτίου ταχυτήτων
- 7. Ωστικός τριβέας
- 8. Κέλυφος
- 9. Ανοχή πάκτωσης
- 10. Ασφάλεια εσωτερική
- 11. Ασφάλεια εξωτερική

2.6 ΚΙΒΩΤΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΜΕ ΤΡΕΙΣ ΑΤΡΑΚΤΟΥΣ ΚΑΙ ΟΛΙΣΘΑΙΝΟΝΤΕΣ ΤΡΟΧΟΥΣ.

Ένα κοινό κιβώτιο ταχυτήτων με τρεις ατράκτους και ολισθαίνοντες τροχούς

Το κιβώτιο αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Την κινητήρια άτρακτο
- Την ενδιάμεση άτρακτο
- Την κινούμενη άτρακτο
- Το σύστημα επιλογής ταχυτήτων
- Το κέλυφος

1. Η κινητήρια άτρακτος

Αυτή είναι περισσότερο γνωστή ως πριζντιρεκτ (Prise direc=πραιζ ντιρεκτ). Λέγεται επίσης και πρωτεύοντας άξονας. Η άτρακτος αυτή στο ένα της άκρο φέρει πολύσφηνο και συνδέεται με την πλήμνη που έχει ο δίσκος του συμπλέκτη. Έτσι παίρνει την κίνηση από το δίσκο του συμπλέκτη και τη μεταφέρει στο εσωτερικό του κιβωτίου ταχυτήτων. Η κινητήρια άτρακτος στηρίζεται στο σφόνδυλο (βολάν) και στο κέλυφος του κιβωτίου ταχυτήτων με ρουλεμάν.

2. Ενδιάμεση άτρακτος

Η ενδιάμεση άτρακτος βρίσκεται στο κάτω μέρος του κιβώτιου ταχυτήτων και είναι παράλληλη στην κινητήρια άτρακτο. Πάνω της υπάρχουν μερικοί οδοντωτοί τροχοί που είναι ενσωματωμένοι σ'αυτή. Κινητήρια και ενδιάμεση άτρακτος συνδέονται με τους οδοντωτούς τροχούς Z_1 και Z_2 . Έτσι αν δεν είναι πατημένος ο συμπλέκτης η κίνηση φθάνει μέχρι και την ενδιάμεση άτρακτο. Όταν πατήσουμε το πεντάλ του συμπλέκτη σταματά να κινείται η κινητήρια άτρακτος και κατά συνέπεια και η ενδιάμεση άτρακτος. Στηρίζεται στα δυο άκρα της σε ρουλεμάν που τοποθετούνται σε υποδοχές του κελύφους.

3. Κινούμενη άτρακτο

Η κινούμενη άτρακτος (γνωστή και ως δευτερεύοντος άξονας) είναι η άτρακτος με την οποία βγαίνει η κίνηση από το κιβώτιο ταχυτήτων για να μεταφερθεί προς τους τροχούς και βρίσκεται κατά μήκος της κινητήριας άτρακτος. Το ένα άκρο της στηρίζεται στην κινητήρια άτρακτο και το άλλο στο κέλυφος. Στην άτρακτο αυτή υπάρχουν οδοντωτοί τροχοί που κάθε φορά μετακινείται αξονικά ένας για να συμπλεχθεί με τον αντίστοιχο οδοντωτό τροχό της ενδιάμεσης άτρακτος.

Για να είναι δυνατή τόσο η αξονική μετακίνηση των πιο πάνω οδοντωτών τροχών όσο και η μεταβίβαση της ροπής πρέπει τόσο η άτρακτος όσο και οι πλήμνες των τροχών, να έχουν μορφή πολύσφηνου.

Επειδή η αλλαγή των ταχυτήτων γίνεται με ολίσθηση των οδοντωτών τροχών πάνω στην άτρακτο τους τα κιβώτια αυτά, λέγονται κιβώτια ταχυτήτων με ολισθαίνοντες τροχούς.

4. Σύστημα επιλογής των σχέσεων μετάδοσης (ταχυτήτων)

Όπως και στο απλό κιβώτιο ταχυτήτων των δυο ατράκτων, έτσι και εδώ υπάρχει σύστημα επιλογής της κατάλληλης ταχύτητας για κάθε περίπτωση κινήσεως.

Αυτό αποτελείται από διχάλα (φουρκέτες) και αξονίσκους που παίρνουν κίνηση από το μοχλό επιλογής ταχυτήτων.

5. Το κέλυφος

Κέλυφος λέμε το υλικό που περιβάλλει όλα τα μέρη ενός κιβώτιου ταχυτήτων και έχει τη μορφή ενός κιβώτιου. Στο επάνω είναι ανοικτό και κλείνεται με ένα καπάκι. Ανάμεσα στο καπάκι και στο κέλυφος πρέπει να τοποθετείται παρέμβαση

(φλάντζα) από κατάλληλο υλικό ώστε να δημιουργείται στεγανότητα και μην εκρέει το λιπαντικό. Στο καπάκι υπάρχει στόμιο για την πλήρωση του κιβώτιου με λιπαντικό.

Τόσο στην πλευρά που βρίσκεται προς το συμπλέκτη όσο και στην απέναντι απ'αυτή πλευρά υπάρχουν ανοίγματα, για να περνάνε οι άτρακτοι, και εγκαθίσσεις για τα ρουλεμάν στήριξης των ατράκτων. Ακόμη έχει δυο τρύπες για το λιπαντικό, μια στο κάτω μέρος για το άδειασμα και μια πλάι για τον έλεγχο της στάθμης.

Το κέλυφος ενώνεται με το περίβλημα (χελώνα) του συμπλέκτη. Τόσο το κέλυφος όσο και η χελώνα έχουν την πλευρά που ενώνονται τελείως επίπεδη και επιμελώς κατεργασμένη. Οι επιφάνειες αυτές πρέπει κατά τις επισκευές να διατηρούνται σε καλή κατάσταση και όταν συναρμολογούνται να είναι απολύτως καθαρές.

Σε μερικές περιπτώσεις το κέλυφος του κιβώτιου ταχυτήτων και η χελώνα αποτελούν ένα σώμα. Το κέλυφος κατασκευάζεται με χύτευση είτε από χυτοσίδηρο είτε από κράμα αλουμινίου η μαγνησίου. Εξωτερικά πρέπει να διατηρείται καθαρό γιατί έτσι διευκολύνεται η αποβολή θερμότητας και η θερμοκρασία διατηρείται σε επιτρεπτά όρια.

2.6.1 Λειτουργία

Η κίνηση μπαίνει στο κιβώτιο ταχυτήτων από την άτρακτο εισόδου. Η άτρακτος αυτή παίρνει κίνηση από το δίσκο του συμπλέκτη και τη μεταφέρει, όπως έχουμε αναφέρει, στην ενδιάμεση άτρακτο. Η μεταφορά της κίνησης γίνεται με το ζευγάρι οδοντωτών τροχών Z_1 και Z_2 που βρίσκονται σε μόνιμη εμπλοκή.

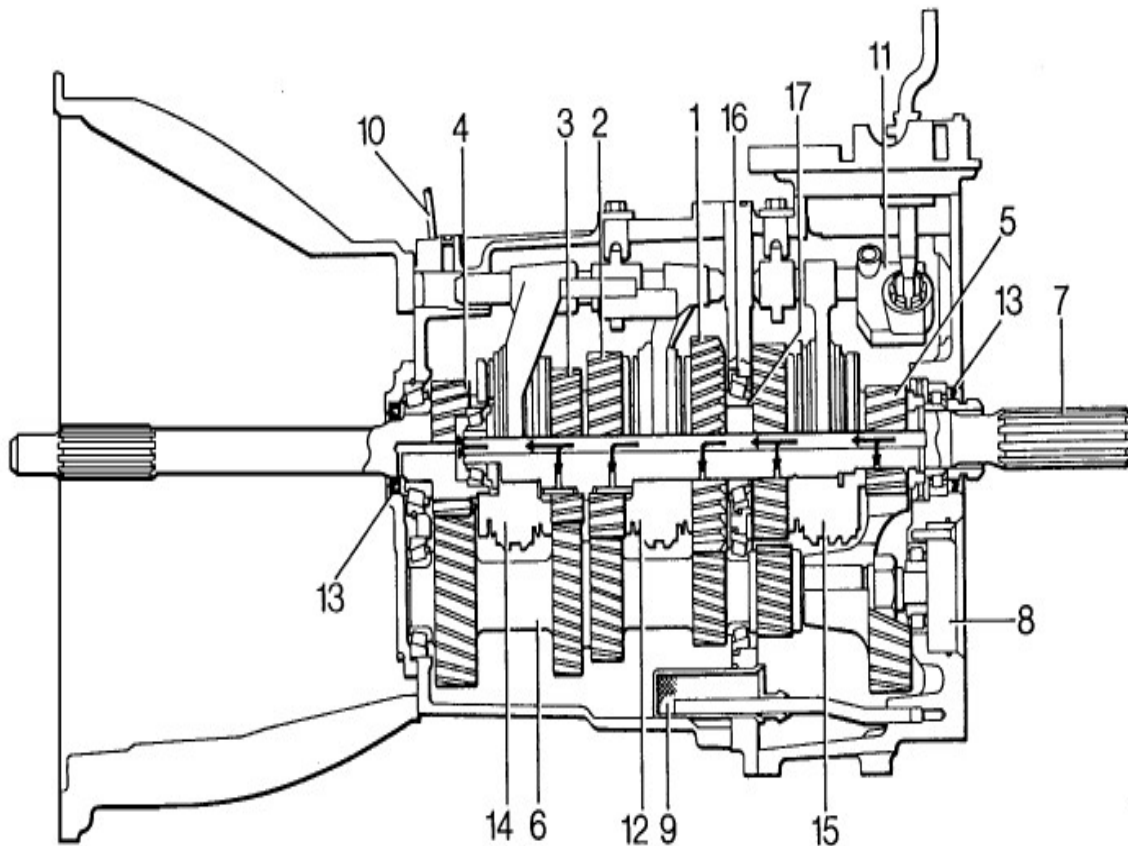
Το κιβώτιο αυτό έχει τρεις ταχύτητες για την εμπροσθοπορεία και μια ταχύτητα για πορεία προς τα πίσω. Στην πρώτη ταχύτητα έχουμε μετάδοση από τον τροχό Z_3 της ενδιάμεσης ατράκτου στον τροχό Z_4 της κινούμενης ατράκτου. Στη δεύτερη ταχύτητα έχουμε μετάδοση από τον τροχό Z_5 της ενδιάμεσης ατράκτου στον τροχό Z_6 της κινούμενης ατράκτου. Τόσο στην πρώτη όσο και στην δεύτερη ταχύτητα έχουμε μείωση των στροφών και συνεπώς αύξηση της ροπής στρέψεως. Αυτό φαίνεται από το μέγεθος του κινητήριου και κινούμενου οδοντωτού τροχού (στην ενδιάμεση και στην κινούμενη άτρακτο αντίστοιχα). Όταν η κίνηση μεταδίδεται από μικρό τροχό της ενδιάμεσης ατράκτου σε μεγάλο τροχό της κινούμενης ατράκτου τότε, έχουμε μείωση των στροφών.

2.7 ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΕΝΟΣ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΟΥ ΚΙΒΩΤΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

Τα περιβλήματα κιβωτίων ταχυτήτων αποτελούνται από μια μπροστινή κάλυψη, κεντρικό πιάτο και η κατοικία επέκτασης, όλα τα περιβλήματα βρίσκεται από τους γόμφους και σφραγίζεται.

Τα δίκρανα επιλογέων για τη 1η /2α και 3η /4η σχέση είναι τοποθετημένα σε έναν ενιαίο άξονα επιλογέων μέσα στο κύριο κιβώτιο ενώ το δίκρανο επιλογέων για το πέμπτο και αντίστροφο εργαλείο βρίσκεται στον ίδιο άξονα επιλογέων. Ο άξονας εισαγωγής, άξονας παραγωγής και ο δευτερεύων άξονας είναι υποστηριγμένος από τα μτερά ρουλεμάν κυλίνδρων με όλα τα εργαλεία που τρέχουν στα εγκλωβισμένα ρουλεμάν κυλίνδρων. Επιπλέον το σώμα αξόνων και δευτερεύων άξονας ελέγχεται από τα εκλεκτικά πλυντήρια ώθησης που βρίσκονται στο κεντρικό πιάτο. Η λίπανση είναι από μια αντλία πετρελαίου που βρίσκεται στην κατοικία επέκτασης που κατευθύνει το πετρέλαιο μέσω των εσωτερικών διατρήσεων στον άξονα παραγωγής για να λαδώσει τα συστατικά.

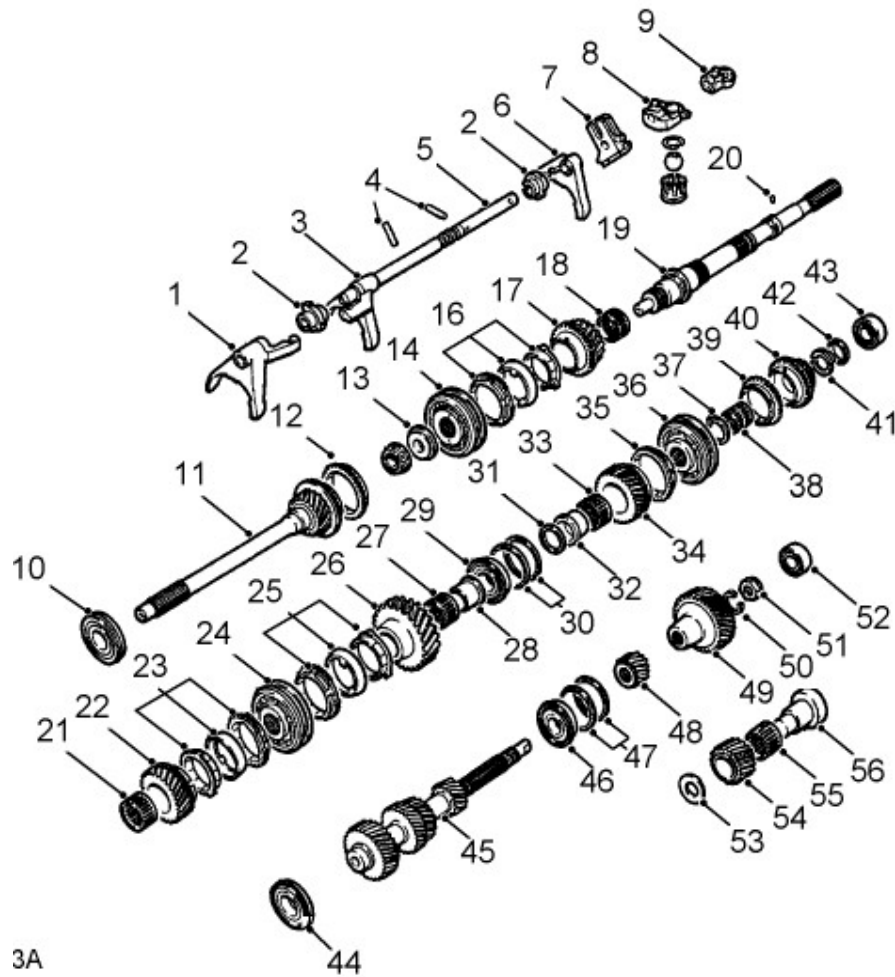
Ας δούμε τα κύρια μέρη από τα οποία αποτελείται ένα χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων



Εικόνα 2.3 : κύρια μέρη ενός χειροκίνητου κιβώτιου ταχυτήτων

1. Γρανάζι 1^{ης} ταχύτητας 2 Γρανάζι 2^{ης} ταχύτητας 3. γρανάζι 3^{ης} ταχύτητας 4. Αρχικός άξονας εισαγωγής/ 4^{ης} ταχύτητας 5. 5^η ταχύτητα 6. Δευτερεύων άξονας (layshaft) 7. Πρωτεύοντας άξονας (mainshaft) 8. Αντλία λίπανσης 9. Φίλτρο πετρελαίου 10. Διάλειμμα 11. Ενιαία μετατόπιση εργαλείων ραγών 12. 1^η / 2^α συγχρονισμός 13. Παρεμβύσματα ελαίου 14. 3^η / 4^η σχέση συγχρονισμού 15. συγχρονισμός 5^{ης} 16. Εκλεκτικά πλήκτρα διαστήματος (mainshaft & layshaft) 17. Εκλεκτικό πλήκτρο διαστήματος (5^η ταχύτητα /αντίστροφη πλήμνη)

2.7.1 Τμήματα κιβώτιων ταχυτήτων – γρανάζια και άξονες



Εικόνα 2.4 : Τμήματα κιβώτιων ταχυτήτων – γρανάζια και άξονες

1. 3^η / 4^η επιλογέας ταχυτήτων 2. Στροφείο συναρμολογήσεων 3. 1^η / 2^α επιλογέας σχέσεων 4. επιλογέας ζυγών αξόνων 5. Άξονας επιλογέων 6. Αντίστροφο/5^η επιλογέας σχέσεων 7. επιλογέας τεταρτημόριο κύκλου - κιβωτίων ταχυτήτων τύπου A 8. ζυγός επιλογέας κιβωτίων ταχυτήτων τύπων B/D 9. ζυγός επιλογέας κιβωτίων ταχυτήτων τύπων C 10. μπροστινό μυτερό ρουλεμάν αξόνων εισαγωγής κιβωτίων ταχυτήτων 11. Άξονας εισαγωγής 12. 4^{ος} συγχρομηχανισμός σε δαχτυλίδι εργαλείων 13. Πειραματικό μυτερό ρουλεμάν 14. Πλήκτρο διαστήματος 15. 3^η / 4^η σχέση συγχρομηχανισμός σε κέντρο του άξονα και στο κάλυμμα του δίσκου 16. 3^η γρανάζι συγχρομηχανισμού δαχτυλίδι 17. γρανάζι 3^{ης} 18. Ρουλεμάν κυλίνδρων βελόνων 19. Mainshaft (άξονας παραγωγής) 20. πείρος κυλίνδρων 21. Ρουλεμάν βελόνων 22. 2^ο γρανάζι 23. 2^ο συγχρομηχανισμού γρανάζι (δαχτυλίδι) 24. 2^ο / 1^ο γρανάζι συγχρομηχανισμού σε κέντρο του άξονα και στο κάλυμμα του δίσκου 25. 1^ο γρανάζι συγχρομηχανισμού 26. 1^ο γρανάζι 27. Ρουλεμάν κυλίνδρων βελόνων 28. Bush 29. μυτερό ρουλεμάν 30. Επιλέξιμη ροδέλα 31. Επιλέξιμος δακτύλιος 32. Bush 33. Ρουλεμάν κυλίνδρων βελόνων 34. Αντίστροφο γρανάζι 35. Αντίστροφο γρανάζι συγχρομηχανισμού 36. Αντίστροφο / 5^{ης} γρανάζι συγχρομηχανισμού σε κέντρο του άξονα και στο κάλυμμα του δίσκου 37. περιστροφική κίνηση 38. Ρουλεμάν κυλίνδρων 39. 5^{ης} γρανάζι συγχρομηχανισμού 40. 5^{ης} γρανάζι 41. 5^{ης} γρανάζι τμήματα 42. γρανάζι 5^{ης} διατηρώντας τμήματα εργαλείων 43. οπίσθια υποστήριξη 44. υποστήριξη αντοχής στο ρουλεμάν 45. Layshaft 46. Ρουλεμάν υποστήριξης 47. Επιλέξιμος δακτύλιος 48. Αντίστροφο γρανάζι 49. γρανάζι 5^{ης} ταχύτητας 50. Διασπασμένος δακτύλιος - πιο πρόσφατα κιβώτια ταχυτήτων 51. 5^{ης} παξιμάδι 52. Οπίσθιο ρουλεμάν υποστήριξης 53. παξιμάδι διαστήματος 54. Αντίστροφος οδηγός 55. μυτερή άκρη κυλινδρικού ρουλεμάν 56. αντίστροφος οδηγός άξονα

2.8 ΤΟ ΚΛΑΣΙΚΟ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΟ

Όλα ξεκινάνε από το κλασικό χειροκίνητο (ή "μηχανικό") σασμάν με τα οποίο εφοδιάζονται τα περισσότερα αυτοκίνητα που κυκλοφορούν στους δρόμους. Αρκούν δυο στοιχεία για να αναγνωρίσεις αυτό το σασμάν: το λεβιέ με την επιγραφή "διπλού Η" και το πεντάλ. Αν αριστερά από το πεντάλ του φρένου

υπάρχει και τρίτο πεντάλ, αυτό του συμπλέκτη, τότε μιλάμε σαφώς για την κλασσική περίπτωση χειροκίνητου κιβωτίου.

Το βασικά στοιχεία ενός κιβωτίου είναι οι άξονες και τα γρανάζια, οπότε ας δούμε κατά σειρά πώς είναι τοποθετημένα και πώς τελικά επιλέγεται κάθε σχέση σε ένα τυπικό κιβώτιο.

Αφού η ισχύς περάσει από το στροφαλοφόρο άξονα στο συμπλέκτη (η όση ισχύς περάσει ανάλογα με τη σύμπλεξη/ αποσύμπλεξη και το πατινάρισμα του δίσκου), στη συνέχεια εισέρχεται στο κιβώτιο μέσω του "κινητήριου πρωτεύοντα άξονα", οποίος στην άκρη του διαθέτει πακτωμένο το "γρανάζι εισόδου". Μετά η κίνηση μεταδίδεται μέσω ενός επίσης πακτωμένου γριναζιού σε έναν άξονα παράλληλο με τον πρωτεύοντα, ο οποίος ονομάζεται "δευτερεύων". Η εμπλοκή των δυο αξόνων είναι μόνιμη, δηλαδή όταν περιστρέφεται ο κινητήρας και ο συμπλέκτης δεν είναι πατημένος, περιστρέφεται και ο δευτερεύων άξονας. Εκτός από το ακριανό γρανάζι εισόδου του ο δευτερεύων άξονας διαθέτει κατά μήκος του τα γρανάζια υποπολλαπλασιασμού των στροφών του κινητήρα. Τα γρανάζια αυτά εμπλέκονται με τα αντίστοιχα γρανάζια του δεύτερου "μισού" του πρωτεύοντα, του "κινούμενου πρωτεύοντα άξονα".

Ο κινούμενος και ο κινητήριος πρωτεύων αποτελούν τα δυο μέρη του ίδιου άξονα, τα οποία ωστόσο είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους ως προς την περιστροφή. Σε κάθε γρανάζι υποπολλαπλασιασμού του δευτερεύοντος αντιστοιχεί ένα γρανάζι του κινούμενου πρωτεύοντα, με κάθε ζευγάρι να αποτελεί το ζεύγος γριναζιών της 1ης, της 2ας κ.ο.κ. Τα γρανάζια του κινούμενου πρωτεύοντα είναι τα μόνα που δεν είναι πακτωμένα πάνω στην άτρακτο του άξονα, αλλά μπορούν να περιστρέφονται "τρελά" (στον αέρα). Η εμπλοκή τους με αυτά του δευτερεύοντα είναι μόνιμη οπότε όταν ο κινητήρας περιστρέφεται και το αριστερό μας πόδι είναι στο footrest, περιστρέφονται και τα γρανάζια του κινούμενου πρωτεύοντα. Ο τελευταίος ονομάζεται και "άξονας εξόδου" του κιβωτίου επειδή μέσω αυτού η ισχύς εξέρχεται του κιβωτίου και η ροή ισχύος συνεχίζει προς τα διαφορικά. Εύκολα συμπεραίνει κανείς με τα ως τώρα δεδομένα ότι όταν το αυτοκίνητο κινείται χωρίς ταχύτητα (νεκρά) και ο κινητήρας είναι σβηστός ή λειτουργεί με τέρμα πατημένο το συμπλέκτη, το μοναδικό εξάρτημα που παίρνει κίνηση από τους τροχούς (μέσω του διαφορικού) είναι ο κινούμενος πρωτεύων, πάνω στον οποίο είναι πακτωμένο το πηνιόν του διαφορικού (στα μπροστοκίνητα) ή ο μπροστινός σταυρός του κεντρικού άξονα (στα μπροστομήχανα πισωκίνητα).

2.8.1 Εμπλοκέας

Πώς όμως ο άξονας εξόδου μεταφέρει ισχύ αφού τα γρανάζια του είναι ελεύθερα και όχι πακτωμένα; Εδώ μπαίνει στο χειροκίνητο κιβώτιο το "κόμπλερ" (από το αγγλικό "coupler") η εμπλοκέας (εικ.2.5), ένα εξάρτημα που μοιάζει με δακτυλίδι και δουλειά του είναι να πακτώσει έμμεσα να συζεύξει τον άξονα εξόδου με τα γρανάζια του. Ο εμπλοκέας βρίσκεται ανάμεσα στα γρανάζια του κινούμενου πρωτεύοντα και διαθέτει πολύσφηνο στο κέντρο του άξονα του ("αφαλός"), μέσω του οποίου περιστρέφεται μαζί με αυτόν και παράλληλα όμως μπορεί να κινείται κατά μήκος του. Οι πλευρικές επιφάνειες του κάθε κόμπλερ έχουν οδόντωση η οποία εμπλέκεται με την αντίστοιχη δευτερεύουσα οδόντωση του ανάλογου γραναζιού εξόδου του κινούμενου πρωτεύοντα. Κινούμενο δηλαδή κατά μήκος του πρωτεύοντα, το κόμπλερ "κολλάει" πάνω στο γρανάζι της εκάστοτε σχέσης (προσωρινό συσσωμάτωμα) το οποίο τώρα πλέον μπορεί να μεταφέρει ισχύ από το δευτερεύοντα προς το διαφορεικό αφού δεν είναι πλέον στον αέρα.

Έτσι αυτά που κινεί ο γνώριμος επιλογέας στην κεντρική κονσόλα είναι τα κόμπλερ, δεδομένου ότι αυτά είναι υπεύθυνα για την εμπλοκή της σχέσης που εμείς επιλέγουμε. Η σύνδεση επιλογέα-κόμπλερ φυσικά δεν είναι άμεση αφού μεσολαβεί κάποια απόσταση μεταξύ τους, αλλά γίνεται μέσω των λεγόμενων "φουρκετών". Κάθε φουρκέτα είναι πακτωμένη πάνω σε ένα αξονάκι, που κινείται εμπρός - πίσω με βάση τις προσταγές του λεβιέ ταχυτήτων. Τα αξονάκια λοιπόν κουμαντάρει ο δευτερεύων μηχανισμός του επιλογέα, ο οποίος ενσωματωμένος στο σασμάν, και αυτός με τη σειρά του κινείται από τον πρωτεύοντα μηχανισμό του επιλογέα, που δεν είναι άλλος από το λεβιέ ταχυτήτων δίπλα από τον οδηγό.

Το λεβιέ συνδέεται με τον υπόλοιπο επιλογέα είτε με ράβδους (ντίζες) είτε με συρματόσχοινα με την ευκαιρία αξίζει να ξεκαθαρίσουμε ότι ντίζα λέγεται η άκαμπτη ράβδος που μεταφέρει την κίνηση με αρθρώσεις και υπομόχλια, και κακώς ονομάζουμε τα συρματόσχοινα ντίζες, μια σύγχυση που βασανίζει κατά κόρον το συρματόσχοινο του συμπλέκτη .

Ένα τυπικό πεντάρι ή εξάρι σασμάν διάταξης "H" διαθέτει τρία αξονάκια. Καθένα από αυτά κινεί μια φουρκέτα και μέσω αυτής ένα κόμπλερ, το οποίο στην πράξη μπορεί να είναι μια ενιαία μονάδα δυο πλευρικά πακτωμένων κόμπλερ. Όταν

κινούμε τον επιλογέα τύπου "H" μπροστά-πίσω (π.χ. 1η -2α), το κόμπλερ κινείται κατά μήκος του άξονα του, "κολλώντας" στο γρανάζι της 1ης ή της 2ας , με την μπροστινή ή την πίσω μετωπική οδόντωση του αντίστοιχα (τονίζουμε και πάλι ότι από αυτοκίνητο σε αυτοκίνητο οι λεπτομέρειες της διάταξης μπορεί να αλλάζουν). Όταν κινούμε τον λεβιέ αριστερά-δεξιά (π.χ. από 2α σε 3η) περνάμε στην επόμενη φουρκέτα η οποία αντιστοιχεί με τον τρόπο που περιγράψαμε πριν στην 3η και την 4η. Έτσι εξηγείται τα γεγονός ότι αν το παρακάνουμε με τις απότομες αλλαγές και "τραυματίσουμε" το μηχανισμό αλλαγής σχέσεων, χάνουμε τη δυνατότητα επιλογής σχέσεων σε ζευγάρια. Στη νεκρά όλα τα κόμπλερ είναι ανάμεσα στα γρανάζια και έτσι κανένα δεν είναι σε επαφή με αυτά, οπότε δεν μεταφέρουν κίνηση.



Εικόνα 2.5 : Εμπλοκείας μαζί με το συγχρονιζέ

2.8.2 Συγχρονιζέ

Ποιος λέει ότι η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του κόμπλερ (και επομένως του άξονα εξόδου) είναι ίδια με αυτή του ελεύθερου γραναζιού του κινούμενου πρωτεύοντα (την ταχύτητα περιστροφής του δευτερεύοντα και πριν τους υποπολλοπλασιασμούς του κινητήρα). Το κόμπλερ θα πρέπει να αποκτήσει ίδια (ή έστω κοντινή) γωνιακή ταχύτητα με το γρανάζι, αλλιώς η εμπλοκή δεν θα γίνει

ποτέ - υπό τη συνοδεία πάντα ανατριχιαστικού σασμανοήχου. Το σασμάν που περιγράψαμε παραπάνω είναι το λεγόμενο ασυγχρόνιστο η σασμάν τύπου "dog engagement".

Για να συγχρονιστεί το κόμπλερ με το γρανάζι σε ένα τέτοιο σασμάν απαιτείται το λεγόμενο "διπλοσυμπλεκτάρισμα": π.χ. για κατέβασμα, πατάμε συμπλέκτη, πετάμε νεκρά, αφήνουμε συμπλέκτη, πατάμε γκάζι ώστε να ανεβάσει στροφές ο κινητήρας και τα γρανάζια του κινούμενου, ξαναπατάμε συμπλέκτη και επιλέγουμε γρήγορα - γρήγορα μια κάτω προτού προλάβει να μείωση τις στροφές το σασμάν και αρχίσουν οι μετωπικές του οδοντώσεις από τη διαφορά στροφών μεταξύ εμπλοκέα - γραναζιού.

Τέτοια σασμάν έχουν πολλά αγωνιστικά και βαρέα οχήματα, ενώ για να τα συναντήσουμε σε πολιτικά αυτοκίνητα πρέπει να πάμε αρκετά πίσω στο χρόνο. Ένα σύγχρονο σασμάν σαν αυτό που έχετε στο αυτοκίνητα σας ονομάζεται "συγχρονισμένο" φυσικά δεν απαιτεί διπλοσυμπλεκτάριαμα και ουσιαστικά είναι αυτά που περιγράψαμε πιο πάνω, αλλά με μια διαφοροποίηση: την προσθήκη των λεγόμενων συγχρονιζέ στα κόμπλερ παρέα με διαφορετικό τύπο συνεργαζόμενης οδόντωσης μεταξύ κόμπλερ, συγχρονιζέ και γραναζιού. Σκοπός του συγχρονιζέ είναι η επαφή του κόμπλερ με το γρανάζι να γίνει σταδιακά και πιο συγκεκριμένα να υπάρξει μια πρώτη επαφή που με τη βοήθεια της τριβής να καταλήξει σε κομπλάρισμα. Εδώ οι οδοντώσεις είναι αισθητά πιο "ψηλές" (μικρότερα και περισσότερα δόντια) και για να έρθουν σε ομαλή επαφή μεταξύ τους στο παιχνίδι μπαίνει το κωνικό δακτυλίδι που εφάπτεται του κόμπλερ (μοιάζει με διαμόρφωση της πλευρικής του επιφάνειας) και ονομάζεται συγχρονιζέ. Τα γρανάζια σε ένα συγχρονισμένο σασμάν διαθέτουν τη συμπληρωματική κωνική επιφάνεια των συγχρονιζέ : εάν το γρανάζι έχει θηλυκό κώνο το συγχρονιζέ έχει αρσενικό. Όταν αρχίζει να λαμβάνει χώρα η κωνική αυτή συναρμογή, οι ταχύτητες κόμπλερ και γραναζιού εξομοιώνονται λόγω της τριβής των κωνικών επιφανειών, μέχρι το σημείο που τελικά οι δυο οδοντώσεις τους ακουμπήσουν.

Όσο πιο απότομη είναι μια αλλαγή, τόσο περισσότερα φθείρονται τα συγχρονιζέ για τον εξής λόγο: η επιφάνεια του κώνου που περιγράψαμε δεν είναι λεία, αλλά έχει μικρές παράλληλες αυλακώσεις στο μέγεθος περίπου σπειρώματος βίδας. Υπό κανονικές συνθήκες αυτές συγκρατούν βαλβολίνη και δεν φθείρονται, όταν όμως οι αλλαγές είναι αστραπιαίες, το φιλμ λιπαντικού καταστρέφεται και οι κωνικές επιφάνειες τρίβονται αναπτύσσονται υψηλές τοπικές θερμοκρασίες.

Όταν τώρα μιλάμε για συγχρονιζέ "διπλού κώνου" η "τριπλού κώνου", αναφερόμαστε σε διάταξη διαδοχικών κωνικών επιφανειών με διαφορετικά μεγέθη. Εδώ η συνολική επιφάνεια που έρχονται σε επαφή με τα συγχρονιζέ και τα γρανάζια είναι μεγαλύτερη, με αποτέλεσμα όπως είναι φυσικό την ανάπτυξη μικρότερων τοπικών τάσεων και παράλληλα μεγαλύτερης τριβής, που σημαίνει πιο αποτελεσματικό συγχρονισμό και επιπλέον την αντοχή στις δύσκολες συνθήκες. Αξίζει να κάνουμε μια αναφορά στην ιδιάζουσα περίπτωση της όπισθεν. Ανάμεσα στο ζεύγος γραναζιών πρωτεύοντα-δευτερεύοντα της όπισθεν παρεμβάλλεται και ένα τρίτο μικρά γρανάζι το οποίο ονομάζεται "idle gear" ("αναστροφέας" ή "τρελό γρανάζι") του οποίου δουλειά είναι να μην αλλάξει η φορά περιστροφής μεταξύ γραναζιού δευτερεύοντος και πρωτεύοντα άξονα, όπως συμβαίνει με τις υπόλοιπες σχέσεις όταν σε ένα μηχανισμό μετάδοσης κίνησης έχουμε ζυγό αριθμό συνεργαζόμενων γραναζιών, η φορά εξόδου είναι αντίθετη της εισόδου, ενώ το αντίστροφο συμβαίνει όταν ο αριθμός είναι μονός.

Ανάλογα με το σασμάν, η εμπλοκή της όπισθεν μπορεί να γίνει με κίνηση του αναστροφέα, του κόμπλερ ή του γραναζιού ολόκληρου. Για να μπορέσει να ακουμπήσει ο αναστροφέας τα γρανάζια έχουν ευθεία οδόντωση και όχι ελικοειδή, όπως των υπόλοιπων σχέσεων, και εκεί οφείλεται το χαρακτηριστικό σφύριγμα όταν πηγαίνουμε με την όπισθεν. Η όπισθεν δεν είναι συγχρονισμένη και για αυτό το λόγο πρέπει να ακινητοποιηθεί το αυτοκίνητο για να την επιλέξουμε.

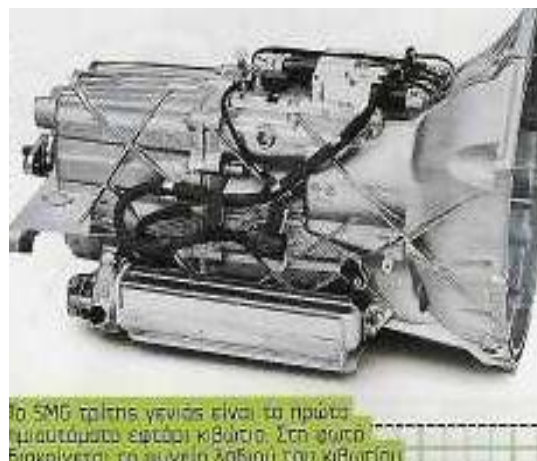
2.9 ΗΜΙΑΥΤΟΜΑΤΑ

Στόχος των κατασκευαστών επιβατικών αυτοκινήτων ήταν να απλοποιήσουν το χειροκίνητο κομμάτι της λειτουργίας του κιβωτίου και του συμπλέκτη, αυτοματοποιώντας την κίνηση του αριστερού πεντάλ (δηλαδή τη σύμπλεξη), καθώς και αυτήν του επιλογέα (την κίνηση των φουρκετών). Σήμερα στην κατεύθυνση αυτή συναντάμε στην αγορά τρεις κατηγορίες κιβωτίων: το αυτόματο, στα οποία ο συμπλέκτης έχει δώσει τη θέση του σε υδραυλικό μετατροπέα ροπής (εικ.2.6α), τα κιβώτια διαρκώς μεταβαλλόμενης σχέσεως μετάδοσης (CVT) όπου οι πεπερασμένες σχέσεις μετάδοσης (ζεύγη γραναζιών) αντικαταστάθηκαν από κωνικές διατάξεις άπειρων σχέσεων και τα "αυτοματοποιημένα χειροκίνητα" ή "ημιαυτόματα" ("automated manual gearboxes") (εικ.2.6β). Η τρίτη κατηγορία μας

αφορά άμεσα αφού αφενός αποτελεί τη φυσική συνέχεια της ανάλυσης των χειροκίνητων σασμάν και αφετέρου επειδή τα τελευταία χρόνια έχει διογκωθεί εμπορικά σε απίστευτο βαθμό. Η βασική ιδέα πίσω από αυτά τα κιβώτια είναι η εξής : μέσω ηλεκτροϋδραυλικών ή και_μηχανοτρονικών διατάξεων, απαλλάσσουμε τον οδηγό από το χειρισμό του συμπλέκτη και του επιλογέα.



(α)

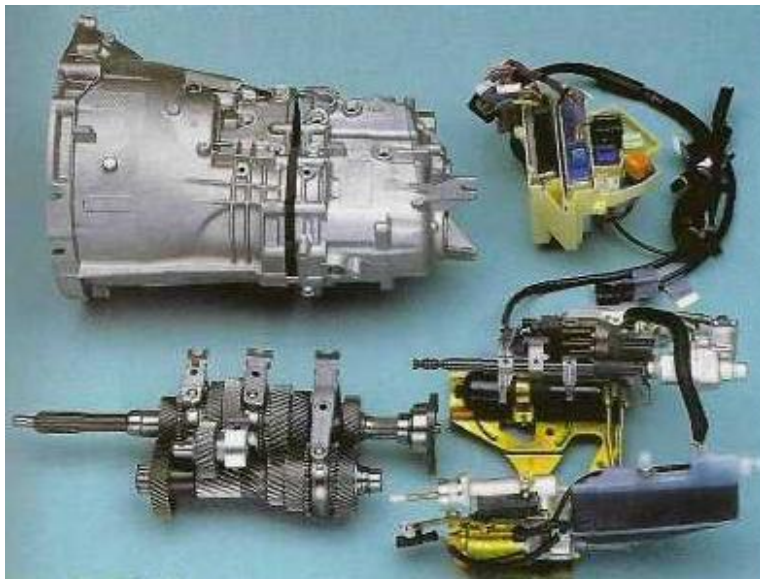


(β)

Εικόνα 2.6 : Διάφορα κιβώτια ταχυτήτων

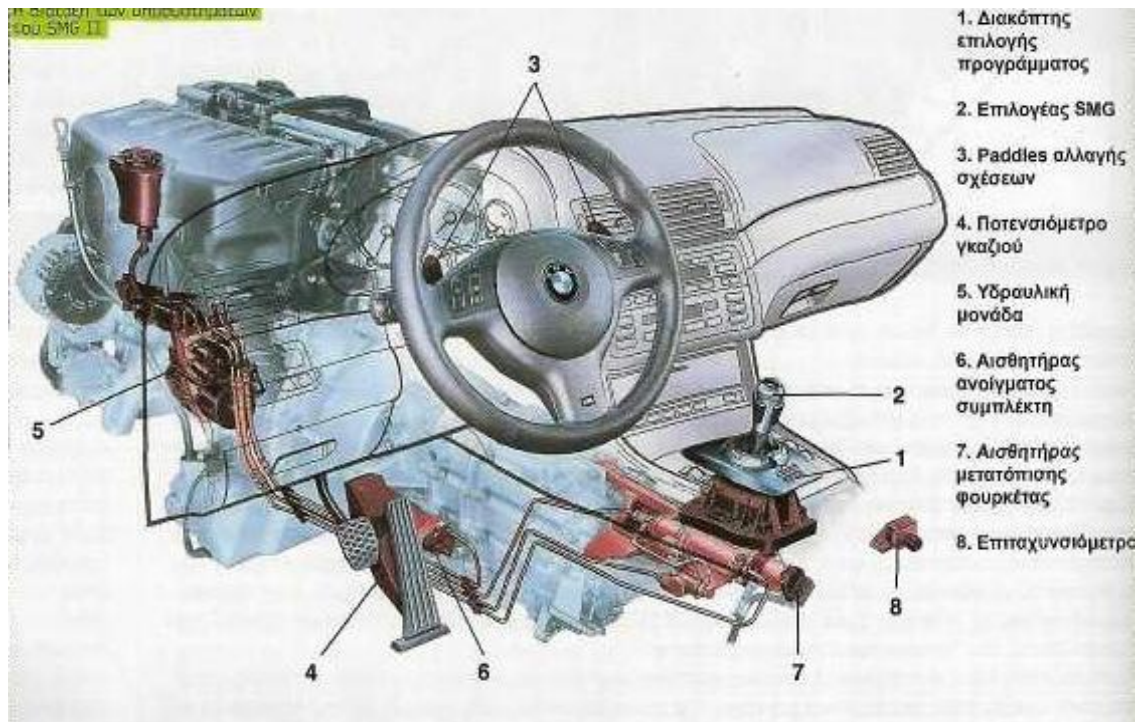
Αυτό που χρειαζόμαστε είναι μια διάταξη αισθητήρων ("sensors", μετατροπείς μηχανικών σημάτων σε ηλεκτρικά), επενεργητών ("actuators", μετατροπείς ηλεκτρικών σημάτων σε μηχανικά), υδραυλικά και ηλεκτρονικά κυκλώματα και μια μικρή ECU για να ελέγχει τα παραπάνω. Οι πρώτες προσπάθειες για τη δημιουργία ημιαυτόματων κιβωτίων αφορούσαν την αντικατάσταση του συμπλέκτη από υδραυλικό μετατροπέα ροπής (ίδιο με αυτόν των κλασικών αυτομάτων κιβωτίων), την παράλληλη συμβίωση συμπλέκτη τριβής και μετατροπέα ροπής ή ακόμα και τη χρήση φυγοκεντρικού συμπλέκτη (και μάλιστα με αρκετή επιτυχία σε δεκάδες χιλιάδες citroen 2CV). Οι πρώτες εφαρμογές βγήκαν στη παραγωγή τη δεκαετία του '50 από αμερικάνους κατασκευαστές, ενώ στην Ευρώπη τέτοια ημιαυτόματα κιβώτια έκαναν την εμφάνιση τους τη δεκαετία του '60. Με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών επετράπη ο έλεγχος των πολύπλοκων διατάξεων: αρχικά αυτοματοποιήθηκε με μηχανοτρονικά μέσα μόνο η λειτουργία του

συμπλέκτη και η μηχανική σύνδεση του επιλογέα με το κιβώτιο εξακολουθούσε να υπάρχει. Μια από τις πρώτες και γνωστότερες εφαρμογές ήταν το σύστημα Sensonic της Sachs που τοποθετήθηκε στο Saab & 900 του 1995, ενώ ακολούθησε το Renault Twingo Easy του 1996 και η πρώτη γενιά A-Class. Το πρώτο χειροκίνητο κιβώτιο με πλήρως αυτοματοποιημένη λειτουργία σε αυτοκίνητο παραγωγής ήταν το SMG (Sequenziellen M Getriebe), που η BMW τοποθέτησε στην M3 E36 το 1996. Την αμέσως επόμενη χρονιά τοποθετήθηκε ένα ανάλογο σύστημα στη Ferrari F355.



Εικόνα 2.7 : Τα κύρια μέρη του SMG I

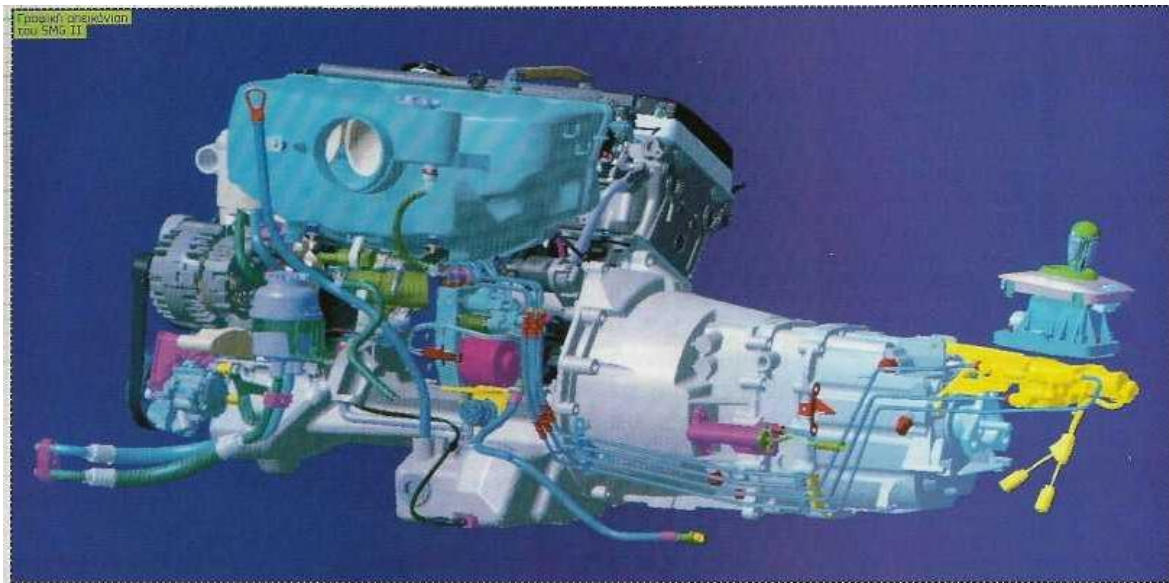
Το SMG είναι ίσως η πιο γνωστή εφαρμογή χειροκίνητου κιβωτίου με ηλεκτροϋδραυλικό μηχανισμό σύμπλεξης και επιλογής σχέσεων. Ας δούμε τι είναι το SMG.



Εικόνα 2.8: Η διάταξη των υποσυστημάτων του SMG II

SMG 1 (εικ.2.7) : Το κιβώτιο ταχυτήτων της M3 E36 SMG εξελίχθηκε από την BMW, την Getrag, και την Sachs: το κιβώτιο αυτό ήταν ίδιο από πλευρά δομής και λειτουργίας με αυτά της "100% χειροκίνητης" έκδοσης (Getrag) και αυτό είναι κάτι το οποίο ισχύει γενικότερα για τα κιβώτια αυτού του είδους. Τα αυτοματοποιημένα χειροκίνητα διαφέρουν από τις απλές χειροκίνητες εκδόσεις τους κατά βάση μόνο στις διατάξεις, εκτός του κελύφους του σασμάν. Το υδραυλικό κύκλωμα λειτουργούσε με πίεση 85 bar, με την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου εκτός από το χειρισμό του κιβωτίου και του συμπλέκτη να αφήνει στιγμιαίο το ηλεκτρονικό γκάτζι σε κάθε αλλαγή. Η μονάδα αυτή λάμβανε και επεξεργαζόταν σήματα από 11 αισθητήρες που μετρούσαν διάφορες παραμέτρους της λειτουργίας του κιβωτίου. Η πρώτη γενιά SMG είχε ένα πρόγραμμα για τις χειροκίνητες αλλαγές σχέσεων και άλλα 3 για τις αυτόματες. Οι αλλαγές ταχυτήτων διαρκούσαν γύρω στα 250ms, ενώ η πρωτοποριακή λειτουργία του SMG 1 για την εποχή εκείνη, ήταν το launch control. Η λειτουργία, κάθε αυτή, ήταν αρκετά απλή: όταν επιθυμούσε η ECU την επιλογή μιας σχέσης, ένα υδραυλικό έμβολο κινούσε το δίχαλο του συμπλέκτη, τα αντίστοιχα υδραυλικά έμβολα κινούσαν διαδοχικά τη φουρκέτα απεμπλοκής της εν χρήσει σχέσης και τη φουρκέτα επιλογής της επόμενης, και το

υδραυλικό κύκλωμα άφηνε το συμπλέκτη, προκειμένου να ολοκληρωθεί η αλλαγή σχέσης.



Εικόνα 2.9 : Γραφική απεικόνιση του SMG I I

SMG 2 (εικ.2.8&2.9): Η δεύτερη γενιά του SMG παρουσιάστηκε το 2001 στη M3 E46. Έγιναν αρκετές βελτιώσεις στην ηλεκτροϋδραυλική μονάδα ώστε να μειωθεί ο χρόνος αλλαγής των σχέσεων και να βελτιωθεί η ομαλότητα των αλλαγών, τομείς στους οποίους έπασχε η πρώτη γενιά του SMG . Η πιο σημαντική προσθήκη είναι το σύστημα "Drivelogic", το οποίο ανάλογα με τις απαιτήσεις του οδηγού προσφέρει 11 διαφορετικά προγράμματα αλλαγής ταχυτήτων. Τα 5 αφορούν την πλήρως αυτόματη λειτουργία του κιβωτίου και τα 6 τη χειροκίνητη. Στο πιο γρήγορο πρόγραμμα αλλαγής, οι αλλαγές ταχυτήτων γίνονται μέσα σε μόλις 80ms.

SMG 3: Η σημαντικότερη καινοτομία της τελευταίας γενιάς του SMG είναι η προσθήκη μιας επιπλέον σχέσης είναι το πρώτο ημιαυτόματο επτατάχυτο κιβώτιο ταχυτήτων σε επιβατικό αυτοκίνητο. Το SMG 3 έχει σχεδιαστεί για να διαχειρίζεται μέχρι 56 kgm ροπή, ενώ αντέχει σε ρυθμούς περιστροφής μέχρι 8.500 rpm.

Κυρίαρχο ρόλο παίζουν δυο άξονες (πρωτεύοντας και δευτερεύοντας) με σταθερά ή ελεύθερα περιστρεφόμενα γρανάζια κατά μήκος τους όπου κάθε ζεύγος μας δίνει και μια διαφορετική σχέση μετάδοσης. Συγχρονιζέ, φουρκέτες και κόμπλερ είναι τα βασικά εξαρτήματα τα οποία βοήθησαν στην επιλογή του εκάστοτε

ζευγαριού γρاناζιών. Η μετακίνηση αυτών των εξαρτημάτων σε συνδυασμό με το χειρισμό του συμπλέκτη μπορεί να γίνει είτε εντελώς χειροκίνητο είτε αυτοματοποιημένα με ηλεκτρομηχανικά μηχανισμό, όπως στα SMG της BMW. Σε κάθε περίπτωση όμως, η βασική διάταξη στο εσωτερικό του κιβωτίου είναι κοινή: μιλάμε για απλά συνεργαζόμενα γρανάζια.

Εκτός των μηχανικών κιβωτίων, υπάρχουν τα αυτόματα και τα CVT: η πρώτη κατηγορία συνήθως καταργεί τόσο το δίσκο του συμπλέκτη όσο και τη διάταξη με δυο άξονες γρاناζιών, ενώ η δεύτερη και πιο ραγδαία αναπτυσσόμενη καταργεί εντελώς και τα γρανάζια. Πριν αναλύσουμε τις παραπάνω κατηγορίες, αξίζει να αναφερθούμε σε μια αρκετά διαφορετική, άκρως αξιόλογη παραλλαγή του μηχανικού κιβωτίου: το σασμάν διπλού συμπλέκτη του Volkswagen Group, το γνωστό DSG.

Πρόκειται για κατηγορία ημιαυτόματων κιβωτίων που διαθέτουν τη βασική φιλοσοφία των μηχανικών αλλά οι συμπλέκτες είναι δυο αντί για ένας. Βασικός στόχος είναι να ελαχιστοποιηθεί ο νεκρός χρόνος της αλλαγής όπου η ισχύς προς τους τροχούς διακόπτεται, χαρακτηριστικό που διαθέτουν όλα τα μηχανικά κιβώτια έστω και σε ελάχιστη κλίμακα. Η ιδέα είναι ο ένας συμπλέκτης να αναλάβει τις μισές σχέσεις και ο άλλος τις υπόλοιπες, έτσι ώστε όταν έχει επιλεγεί μια σχέση, η χ+1 να είναι και αυτή μπλεγμένη και σε λειτουργία.

Η σκέψη υπήρχε και πριν τα μέσα του 20ου αιώνα, όμως οι πρώτες πραγματικά επιτυχημένες εφαρμογές έγιναν τη δεκαετία του '80 σε αγωνιστικό επίπεδο. Το κιβώτιο διπλού συμπλέκτη που διέθεταν οι Porsche 956 και μετέπειτα 962 του Group C, είναι το πεντατάχυτο Porsche Doppel Kupplugs-getriebe (PDK). Τέτοια κιβώτια εξόπλιζαν και τα Audi Sport Quattro και S1, αλλά πρόσφατα βρήκαν το δρόμο τους ως πολιτικά αυτοκίνητα παραγωγής με το Direct Shift Gearbox (DSG). Ως βάση για το DSG (αρχιτεκτονική, γρανάζια, συγχρονιζέ) χρησιμοποιήθηκε το εξατάχυτο MQ350/02M350 το οποίο έχει έναν παραπάνω άξονα από τα συμβατικά επειδή διαθέτει έναν πρωτεύοντα αλλά δυο δευτερεύοντες. Το απλό χειροκίνητο κιβώτιο ζυγίζει συνολικά 60Kg, ενώ με την προσθήκη των εξαρτημάτων του DSG το βάρος του έφτασε τα 90kg. Ο πρωτεύοντας άξονας αποτελείται από δυο ομόκεντρα κομμάτια, με το ένα να βρίσκεται μέσα στο άλλο. Το πρώτο, εξωτερικά κομμάτι διαθέτει τα γρανάζια της 2ας και το κοινό της 4ης - 6ης . Μέσα από το κενό κομμάτι περνάει το δεύτερο κομμάτι του πρωτεύοντα όπου διαθέτει τα γρανάζια της 1ης , της 3ης , της 5ης και της όπισθεν. Στο άκρο

της εισόδου καθενός κομματιού του πρωτεύοντα συνδέεται ένας ξεχωριστός πολυδίσκος υγρός συμπλέκτης. Με άλλα λόγια υπάρχει ένας συμπλέκτης για της μονές σχέσεις και ένας για τις ζυγές. Οι δυο συμπλέκτες είναι σε λάδι για καλύτερη απαγωγή θερμότητας, ενώ ανάλογα με τη θερμοκρασία τους που ελέγχεται από αισθητήρα στο κέλυφος του κιβωτίου, η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου καθορίζει την παροχή της αντλίας λαδιού του κιβωτίου. Η μέγιστη παροχή της αντλίας ανέρχεται στα 201lt/min και επιτρέπει θερμικές απώλειες μέχρι 70KW στους δυο συμπλέκτες χωρίς να περάσει τη θερμοκρασία λειτουργίας τους στο λάδι, το οποίο είναι κοινό για τους συμπλέκτες και για το υδραυλικό σύστημα αλλαγής σχέσεων.

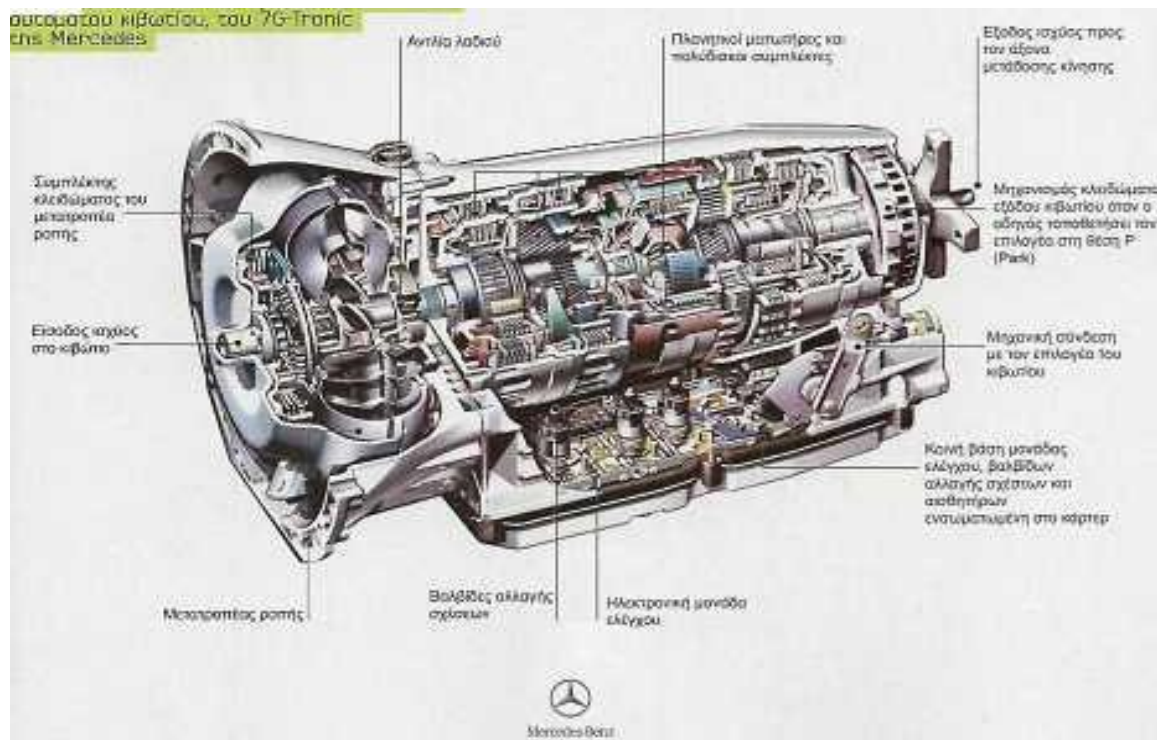
Εκατέρωθεν των δυο ομοαξονικών κομματιών του πρωτεύοντα βρίσκονται οι δυο δευτερεύοντες άξονες. Ο πρώτος διαθέτει τα γρανάζια της 1ης, της 2^{ης}, της 3ης και της 4^{ης}, ενώ ο δεύτερος αυτά της 5ης, της 6ης και της όπισθεν. Συνολικά υπάρχουν τέσσερις φουρκέτες: μια για την επιλογή 1ης και 3ης, μια για την 2α και την 4η, μια για την 5η και μια για την 6η και την όπισθεν. Αυτές παίρνουν κίνηση μέσω ενός υδραυλικού κυκλώματος που εργάζεται σε εύρος πιέσεων 0-20bar. Μέσω κατάλληλου αισθητήρα, η ECU του κιβωτίου γνωρίζει ανά πόσα στιγμή ακριβώς τη θέση της κάθε φουρκέτας.

Το σύστημα ελέγχου του DSG ονομάζεται "Mechatronic" και βρίσκεται στην εσωτερική πλευρά του κελύφους του κιβωτίου, δηλαδή βρίσκεται μέσα σε λάδι που φτάνει ακόμα και τους 140 C. Τα κυκλώματα ημιαγωγών του συστήματος είναι πολύ ευαίσθητα σε τέτοιες θερμοκρασίες, και έτσι την ψύξη τους έχει αναλάβει μια ευμεγέθους ψύκτρα τοποθετημένη στην εξωτερική πλευρά του κελύφους του κιβωτίου.

Το Mechatronic (εικ.2.10) έχει τρία κύρια υποσυστήματα: τη μονάδα λήψης δεδομένων (είσοδος), την ECU του κιβωτίου (επεξεργασία) και τη μονάδα ελέγχου του (έξοδος). Η πρώτη παίρνει σήματα από 12 αισθητήρες (π.χ. θερμοκρασία), και τα μεταβιβάζει στην ECU, η οποία με βάση τα παραπάνω δεδομένα, την κατάσταση του κινητήρα και τις επιθυμίες του οδηγού, δίνει τις αντίστοιχες εντολές εξόδου στο υδραυλικό κύκλωμα. Το τελευταίο έχει αναλάβει το χειρισμό των υδραυλικών κυλίνδρων που κινούν τις φουρκέτες, την πίεση που ασκείται στους δίσκους των συμπλεκτών (10 bar για μεταφορά ροπή στρέψης 35,7kgm) και την παροχή της αντλίας λαδιού.

Η λειτουργία στην πράξη του DSG είναι ως εξής (εικ.2.11) : Το κιβώτιο DSG

βασίζεται σε ένα εξατάχυτο χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων τριών αξόνων. Σε αντίθεση όμως με τη συμβατική διάταξη, στο DSG ο πρωτεύων άξονας αποτελείται από έναν εξωτερικό κοίλο άξονα και έναν εσωτερικό. Τα γρανάζια της 1ης, 3ης, 5ης ταχυτήτας, όπως και της όπισθεν, είναι τοποθετημένα στον εσωτερικό άξονα, ενώ ο εξωτερικός κοίλος άξονας συνεργάζεται με τα γρανάζια της 2ης, 4ης και 6ης. Ας υποθέσουμε ότι κινούμαστε με 3η και επιταχύνουμε. Στη φάση αυτή ο συμπλέκτης των μονών σχέσεων είναι κλειστός και αυτός των ζυγών ανοικτός. Μόλις η ECU του κιβωτίου ανιχνεύσει πρόθεση για αλλαγή σχέσης, προεπιλέγεται η 4η αλλά ο συμπλέκτης των ζυγών σχέσεων είναι φυσικά ακόμα ανοικτός.

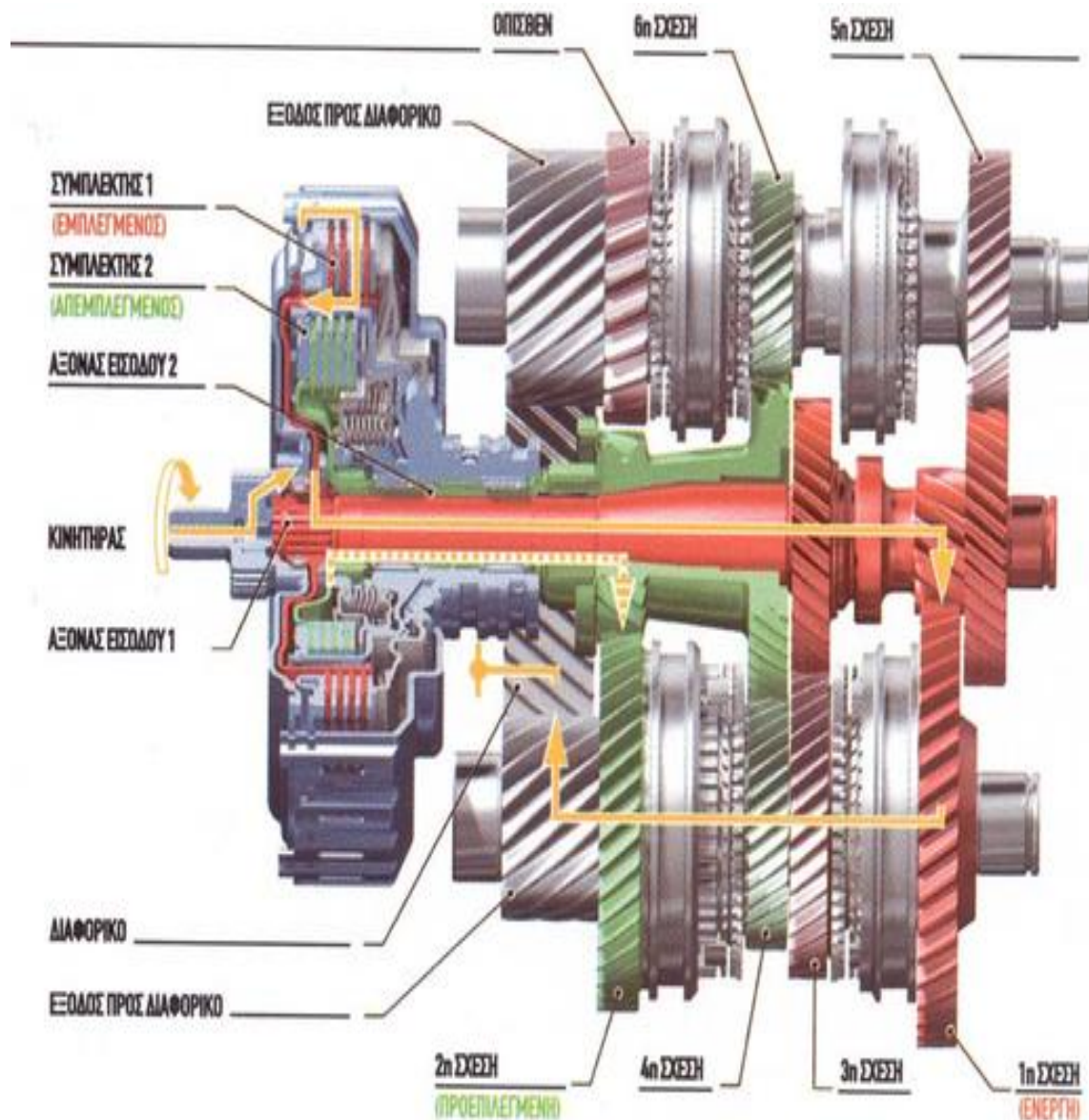


Εικόνα 2.10 : Αυτόματο κιβώτιο εφτά σχέσεων

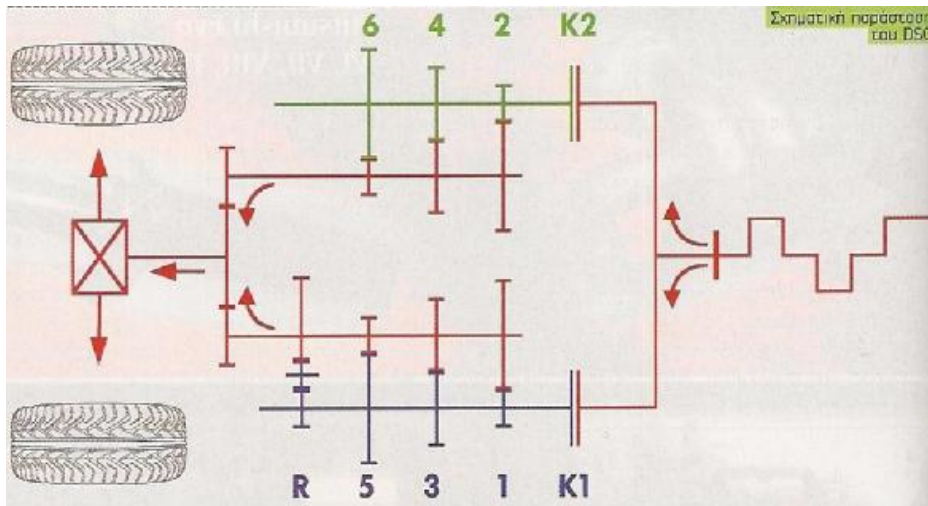
Όταν έρθει η ώρα για την αλλαγή σε 4η, σχεδόν ταυτόχρονα κλείνει ο συμπλέκτης των ζυγών σχέσεων και ανοίγει αυτός των μονών. Ο χρόνος της αλλαγής δηλαδή, δεν περιλαμβάνει πλέον την εμπλοκή-απεμπλοκή δυο ζευγών γραναζιών, αλλά μόνο τη στιγμιαία σύμπλεξη-αποσύμπλεξη. Τα ανεβάσματα απαιτούν 30-40 ms δηλαδή το μισό σχεδόν χρόνο από αυτόν που απαιτεί το SMG II. Τα κατεβάσματα είναι πιο πολύπλοκη και χρονοβόρα υπόθεση (ο χρόνος αλλαγής εδώ κυμαίνεται

στα 600 ms), αφού μπορεί να χρειαστεί να κατεβάσουμε πολλές σχέσεις μαζί χωρίς να περάσουμε από τις ενδιάμεσες.

Χειρότερη δοκιμασία για το DSG είναι αλλαγή από 6η σε 2α, αφού οι δυο αυτές σχέσεις ελέγχονται από διαφορετική φουρκέτα και από τον ίδιο συμπλέκτη. Σε αυτή την περίπτωση το κιβώτιο είναι αναγκασμένο να κατεβάσει σε 5η και έπειτα να επιλεγεί η 2α, ανεβάζοντας το χρόνο αλλαγής στα 900 ms.



Εικόνα 2.11 : Γραφική απεικόνιση του DSG και του τρόπου λειτουργίας του.



Εικόνα 2.12: Σχηματική παράσταση του DSG

Κατά τα κατεβάσματα, η ECU του κιβωτίου ζητάει από την ECU του κινητήρα να ανοίξει στιγμιαία την πεταλούδα ώστε να συγχρονιστούν ευκολότερα οι στροφές εισόδου και εξόδου του κιβωτίου, ότι ακριβώς δηλαδή θα έκανε και ένας οδηγός σε ένα χειροκίνητο σασμάν.

Το DSG (εικ.2.12) της Volkswagen και της Borgwarner που περιγράψαμε, έχει σχεδιαστεί για μέγιστη ισχύ 270Ps και μέγιστη ροπή 35,7kgm, δηλαδή δεν προορίζεται για κινητήρες πολύ μεγάλης ιπποδύναμης. Όταν η VW θέλησε να εξοπλίσει, το γρηγορότερο αυτοκίνητο παραγωγής στον κόσμο, με κιβώτιο τύπου DSG απευθύνθηκε στη βρετανική Ricardo. Το κιβώτιο θα έπρεπε να αντέχει τα 127kgm, το εγχείρημα φάνταζε σχεδόν ακατόρθωτο. Μετά από περίπου 5 χρόνια εξέλιξης ο στόχος επιτεύχθηκε και η Ricardo προμηθεύει Veyron με το 7τάχυτο Dual Clutch Trasmission (DCT).

2.10 ΑΥΤΟΜΑΤΑ ΚΙΒΩΤΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

Τα πρώτο αυτοκίνητα παραγωγής με αυτόματο κιβώτιο παρουσιάστηκαν το 1940 ενώ παγκοσμίως μεγάλο ποσοστό των αγοραστών προτιμάει τα αυτόματα κιβώτια. Στις ΗΠΑ μάλιστα το ποσοστό των αυτοκινήτων που πωλούνται με αυτόματα κιβώτια υπερβαίνει το 50%. Το αυτόματο κιβώτιο διαφέρει εντελώς από το μηχανικό: η πρώτη διαφορά αφορά στην έλλειψη συμπλέκτη τριβής επειδή απλά δεν χρειάζεται να υπάρχει σύστημα απομόνωσης της μετάδοσης από τον

κινητήρα. Όπως είδαμε και προηγούμενα, σε ένα μηχανικό σασμάν (χειροκίνητο η αυτοματοποιημένο) η ροή ισχύος διακόπτεται έστω και στιγμιαία για να γίνει εναλλαγή των γκραναζιών, δηλαδή δεν μπορεί να γίνει αλλαγή υπό φορτίο. Γι' αυτό το λόγο και χρειάζονται τη συνοδεία συμπλέκτη. Για λόγους που θα δούμε παρακάτω, στα αυτόματα σασμάν η ροή ισχύος δεν διακόπτεται και έτσι οι αλλαγές είναι ομαλότερες.

Στη θέση του συμπλέκτη τριβής, τα αυτόματα κιβώτια έχουν το "μετατροπέα ροπής" για την εξισορρόπηση της διαφοράς ταχύτητας κινητήρα και μετάδοσης. Ο μετατροπέας ροπής είναι ένα υδροδυναμικό σύστημα σύμπλεξης που αποτελείται ουσιαστικά από μια διάταξη τριών φτερωτών μέσα σε ένα κέλυφος γεμάτο ειδικό, σχετικά λεπτόρρευστο λάδι (ATF - Automatic Transmission Fluid). Το κέλυφος του μετατροπέα είναι πακτωμένο στο βολάν του κινητήρα και έτσι γυρνάει στις ίδιες στροφές με αυτόν. Στην επιφάνεια του κελύφους είναι πακτωμένα πτερύγια τα οποία μαζί με το κέλυφος γυρνάνε και αυτά με την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα. Αυτή είναι η πρώτη φτερωτή του συστήματος, η "αντλία". Η αντλία του μετατροπέα είναι ακτινική (φυγοκεντρική, όπως και ο συμπιεστής ενός turbo), δηλαδή καθώς περιστρέφεται αποβάλλει το λάδι περιφερειακά και τα μαζεύει από το κέντρο του άξονα της λόγω της υποπίεσης που δημιουργείται. Μόλις το λάδι φύγει από την αντλία πέφτει πάνω στα πτερύγια της δεύτερης φτερωτής, την "τουρμπίνα" του μετατροπέα (στρόβιλος) η οποία είναι συνδεδεμένη μόνιμα με την είσοδο του κιβωτίου. Η τουρμπίνα περιστρέφει τη μετάδοση και τελικά κινεί το αυτοκίνητο. Το λάδι εισέρχεται στην τουρμπίνα περιφερειακά και βγαίνει από το κέντρο της, μιλάμε δηλαδή και εδώ για ακτινικό στρόβιλο όπως σε ένα turbo. Αφού το λάδι περιστρέψει την τουρμπίνα, στη συνέχεια περνάει από το στάτορα, την τρίτη φτερωτή της διάταξης, και τελικά μέσω αυτού επιστρέφει στην αντλία και ο κύκλος του μέσα στο μετατροπέα ξαναρχίζει. Ο στάτορας είναι τοποθετημένος στο κέντρο του κυκλικού κελύφους, μπορεί να περιστραφεί μόνο ομόρροπα με τις άλλες δυο φτερωτές (συνδέεται μέσω καστάνιας με τον άξονα έδρασής του) και η συνεισφορά του είναι πολύ μεγαλύτερη: όταν η διάταξη περιστρέφεται με χαμηλές ταχύτητες, αν η ροή του λαδιού έμπαινε στην αντλία κατ' ευθείαν όπως έβγαινε από την τουρμπίνα, θα χτύπαγε στα πτερύγια της φτερωτής με αντίθετη φορά από την περιστροφή της αντλίας, και έτσι ο υδροδυναμικός βαθμός απόδοσης της διάταξης θα ήταν μικρός. Ο στάτορας αλλάζει διεύθυνση στο λάδι μετά την τουρμπίνα έτσι ώστε η γωνία πρόσπτωσης της ροής στην αντλία να είναι ιδανική.

Η καστάνια εμποδίζει το στάτορα να περιστραφεί αντίθετα από την τουρμπίνα καθώς το λάδι πέφτει πάνω του, και έτσι να μπορέσει να αλλάξει κατεύθυνση στη ροή.

Όταν οι ρυθμοί περιστροφής του συστήματος είναι μεγάλη, η αδράνεια του υγρού είναι τέτοια που η φορά του λαδιού καθώς εξέρχεται της τουρμπίνας αντιστρέφεται και πλέον συμπίπτει με αυτήν της αντλίας. Σε τέτοιους ρυθμούς περιστροφής, λοιπόν, ο στάτορας δεν χρειάζεται και απλά γυρνάει από την "ελεύθερη" φορά της καστανίας του ώστε να μην εμποδίζει τη ροή προς την αντλία αυξάνοντας έτσι τις απώλειες (το λάδι χτυπάει την "πίσω" πλευρά των πτερυγίων σε σχέση με αυτήν των μικρών ταχυτήτων περιστροφής). Η διαφορά ανάμεσα στις δυο ταχύτητες περιστροφής εντός του μετατροπέα (της αντλίας και της τουρμπίνας) είναι που τελικά καθορίζει κατά πόσο ο μετατροπέας θα πολλαπλασιάσει τη ροπή εισόδου του στην έξοδο.

Άλλωστε όπως φανερώνει και η ονομασία του, "μετατρέπει τη ροπή". Η διαφορά αυτή τώρα ανάμεσα στην ταχύτητα περιστροφής της αντλίας και της τουρμπίνας δεν μηδενίζεται ποτέ εξ ολοκλήρου, γι' αυτό υπάρχει η λεγόμενη "ολίσθηση". Η ολίσθηση είναι το αντίστοιχο "πατινάρισμα" των συμπλεκτών τριβής, δηλαδή η διαφορά ταχύτητας περιστροφής σε είσοδο και έξοδο (εσκεμμένη ή μη). Η ολίσθηση ενός μετατροπέα ροπής είναι εντός του "ψακέλου λειτουργίας" ενός αυτομάτου κιβωτίου αφού ούτως ή άλλως δεν θα θέλαμε μέγιστη ροπή στην έξοδο. Σε τέρμα γκάζι, όμως, και υψηλές στροφές, η ολίσθηση παραμένει (της τάξεως του 6-8%) και δεν είναι επιθυμητή αφού μέσω της αύξησης των υδροδυναμικών απωλειών που επιφέρει, μειώνεται ο συντελεστής απόδοσης της μετάδοσης. Εκεί οφείλεται το γεγονός ότι για δεδομένη ισχύ στο στρόφαλο, ένα αυτοκίνητο με αυτόματο σασμάν έχει λιγότερη ισχύ στον τροχό από το αντίστοιχο με χειροκίνητο. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το συνήθως μικρότερο αριθμό σχέσεων και το βάρος που θα δούμε παρακάτω, επηρεάζει αρνητικά τις επιδόσεις αλλά και την κατανάλωση που επιτυγχάνουν τα αυτοκίνητα με αυτόματο κιβώτιο. Γι' αυτό το λόγο πολλά σύγχρονα κιβώτια ενσωματώνουν στο μετατροπέα ροπής ένα δευτερεύοντα άξονα με υγρά συμπλέκτη που εγκλωβίζει το μετατροπέα πάνω από κάποια ταχύτητα ή rpm, εξαλείφοντας το παρατεταμένο σπινάρισμα ενός τυπικού αυτόματου κιβωτίου.

Αφού η ισχύς περάσει από τον υδραυλικό μετατροπέα, στη συνέχεια εισέρχεται στο κυρίως κέλυφος του αυτόματου κιβωτίου. Γρανάζια υπάρχουν και εδώ, όμως η

διάταξη και η λειτουργία τους είναι εντελώς διαφορετική σε σχέση με το μηχανικό σασμάν. Αντί για απλά ζεύγη δυο όμοιων ως προς τον τύπο τους συνεργαζόμενων γραναζιών έχουμε να κάνουμε με "πλανητικό σύστημα μειωτήρα". Το πλανητικό σύστημα περιλαμβάνει τρία διαφορετικά είδη συνεργαζόμενων γραναζιών: το πρώτο έχει κεντρική βάση, εξωτερική οδόντωση και ονομάζεται "ήλιος", το δεύτερο ονομάζεται δακτυλίδι και είναι τοποθετημένο ομόκεντρα με τον ήλιο, τον περιβάλλει και έχει εσωτερική οδόντωση, ενώ ανάμεσα στον ήλιο και το δακτυλίδι είναι τοποθετημένα μικρότερα γρανάζια με εξωτερική οδόντωση που περιστρέφονται ακολουθώντας την εξωτερική και την εσωτερική οδόντωση του δακτυλιδιού και του ήλιου αντίστοιχα. Τα τελευταία ονομάζονται "πλανήτες" και ο φορέας του άξονα τους "πλανητικός φορέας".

Έχοντας στη διάθεση μας ένα τέτοιο σύστημα μπορούμε να πετύχουμε διάφορες σχέσεις μετάδοσης ανάλογα με το ποια γρανάζια από τα 3 που προαναφέραμε κρατάμε ακίνητα, σε ποια αναθέτουμε την είσοδο της ισχύος και σε ποια την έξοδο. Εγκλωβίζοντας δυο από τα τρία μέρη του πλανητικού μειωτήρα, οι στρόφες εισόδου συμπίπτουν με αυτές της εξόδου, δηλαδή έχουμε ντιρέκτ σχέση μετάδοσης 1:1.

Ας δούμε πώς με ένα τέτοιο πλανητικό σύστημα μπορούμε να έχουμε ένα κιβώτιο με 2 σχέσεις + 1 της όπισθεν. Έστω ότι κρατάμε ακίνητο το δακτυλίδι, επιλέγουμε τον ήλιο ως είσοδο και ο πλανητικός φορέας είναι η έξοδος. Ο τύπος που δίνει τη σχέση μετάδοσης εδώ είναι $1 + \frac{\text{δόντια δακτυλιδιού}}{\text{δόντια ήλιου}}$. Αν το δακτυλίδι μας έχει 72 δόντια και ο ήλιος 30 παίρνουμε σχέση μετάδοσης 3,4:1. Αν τώρα κρατήσουμε ακίνητο τον ήλιο, επιλέξουμε για είσοδο τον πλανητικό φορέα και έχουμε το δακτυλίδι για έξοδο, ο τύπος που δίνει τη σχέση μετάδοσης εδώ είναι $\frac{1}{1 + \frac{\text{δόντια ήλιου}}{\text{δόντια δακτυλιδιού}}}$ και για το παράδειγμα μας παίρνουμε σχέση μετάδοσης 0,71:1. Αν τώρα κρατήσουμε ακίνητο τον πλανητικό φορέα, χρησιμοποιήσουμε για είσοδο τον ήλιο και για έξοδο το δακτυλίδι, ο αντίστοιχος τύπος γίνεται $\frac{\text{δόντια δακτυλιδιού}}{\text{δόντια ήλιου}}$, δηλαδή παίρνουμε σχέση μετάδοσης 2,4:1 αλλά η φορά είναι αντίθετη με τις προηγούμενες (όπισθεν).

Ο μηχανισμός επιλογής και ακινητοποίησης των διαφόρων μερών του πλανητικού μειωτήρα περιλαμβάνει συμπλέκτες και ταινιοπέδες οι οποίοι ελέγχονται από υδραυλικούς ή ηλεκτρομηχανικούς επενεργητές. Τοποθετώντας δυο πλανητικά συστήματα σαν αυτό που περιγράψαμε στη σειρά, διπλασιάζουμε τις διαθέσιμες σχέσεις μετάδοσης (4 + 1) κ.ο.κ. Πέραν της "σειριακής" τοποθέτησης πλανητικών

συστημάτων, στην πράξη συναντάμε και μια διάταξη που ονομάζεται "σύνθετος πλανητικός φορέας", που διαθέτει ένα δακτυλίδι (πάντα ως έξοδο), δυο ήλιους και δυο σετ πλανητών. Κάνοντας τους ανάλογους συνδυασμούς εισόδου/ακινητοποίησης μεταξύ ήλιων και φορέων, παίρνουμε τις 4+1 διαφορετικές σχέσεις μετάδοσης. Μέχρι πριν κάποια χρόνια τα περισσότερα αυτόματα κιβώτια διέθεταν 4+1 σχέσεις, όμως τα τελευταία χρόνια είναι ευρέως διαθέσιμα αυτόματα κιβώτια 5,6 ή και 7 σχέσεων: αυτό επιτυγχάνεται συνδυάζοντας σύνθετους και απλούς πλανητικούς μηχανισμούς.

Το υδραυλικό κύκλωμα ενός αυτόματου κιβωτίου είναι τρομερά περίπλοκο και ο μεγάλος αριθμός των υποσυστημάτων του είναι ο βασικός λόγος των κιβωτίων του είδους. Τα βασικά στοιχεία του υποσυστήματος ενός αυτόματου κιβωτίου μαζί με τις λειτουργίες τους είναι τα εξής:

- 1) Η γραναζωτή αντλία λαδιού, η οποία βρίσκεται στο κέλυφος του κιβωτίου, τραβάει λαδί από το "κάρτερ" του κιβωτίου και το διοχετεύει στο υδραυλικό κύκλωμα, το ψυγείο του κιβωτίου και το μετατροπέα ροπής.
- 2) Η βαλβίδα που "ενημερώνει" το κιβώτιο για την ταχύτητα του οχήματος. Είναι συνδεδεμένη με την έξοδο του κιβωτίου και όσο γρηγορότερα γυρνάει η έξοδος τόσο περισσότερο λάδι αφήνει η βαλβίδα να περάσει.
- 3) Η βαλβίδα θέσης επιλογέα, η οποία "ανιχνεύει" τη θέση που ο οδηγός έχει τοποθετήσει τον επιλογέα.
- 4) Η βαλβίδα κενού, όπου μέσω της υποπίεσης στην εισαγωγή καταλαβαίνει το άνοιγμα της πεταλούδας, δηλαδή το λεγόμενο "φορτίο" του κινητήρα. Μαζί με τη βαλβίδα πιο πάνω, καθορίζουν τα σημεία αλλαγής σχέσης.
- 5) Οι βαλβίδες αλλαγής σχέσεων που ασκούν υδραυλική πίεση στους συμπλέκτες και τους ιμάντες/ τανιοπέδες και είναι υπεύθυνες για την κίνηση των μερών του πλανητικού συστήματος και επομένως της κατάλληλης σχέσης.
- 6) Για τη λειτουργία "kickdown" των αυτόματων κιβωτίων. Πρόκειται για το άμεσο κατέβασμα ταχύτητας όταν ο οδηγός πατήσει το γκάζι μέχρι τέρμα. Η βαλβίδα του kickdown ανιχνεύει το απότομα πάτημα του δεξιού πεντάλ και δίνει εντολή για κατέβασμα σχέσης.

Όπως συνέβη σε όλους τους τομείς του αυτοκινήτου, έτσι και στα αυτόματα κιβώτια η επέλαση των ηλεκτρονικών ήταν ραγδαία. Ενώ τα παλαιότερα αυτόματα κιβώτια ήταν καθαρά μηχανικά και τα σήματα προς και από τους αισθητήρες και τους επενεργητές καθαρά αναλογικά (υδραυλικές μετατοπίσεις), τα σύγχρονα αυ-

τόματα κιβώτια έχουν ηλεκτρονικό έλεγχο των υποσυστημάτων τους. Μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχει τα ψηφιακά πλέον σήματα αισθητήρων και τους επενεργητές, ενώ μέσω αλγορίθμων τα κιβώτια σήμερα μπορούν να μαθαίνουν το οδηγικό στυλ του οδηγού.

Προηγούμενα αναφερθήκαμε στον υπολογισμό των ιδανικών σημείων αλλαγής σχέσης με δεδομένα το σασμάν και το διάγραμμα ισχύος του κινητήρα. Καταλήξαμε ότι το ιδανικό διάγραμμα έχει μικρές πτώσης ισχύος στις αλλαγές, δηλαδή κοιτάμε να βρισκόμαστε όσο το δυνατόν πιο κοντά στη μέγιστη ισχύ της καμπύλης-καμπάνας για όσο περισσότερο χρονικά διάστημα μπορούμε.

Γιατί τώρα όμως να μπούμε από την αρχή στη διαδικασία φορτώματος σχέσεων περνώντας από ένα εύρος που μόνο στιγμιαία δίνει μέγιστη ισχύ και να μην βρούμε ένα τρόπο να είμαστε συνέχεια στη μέγιστη ισχύ.

Πάνω σε αυτή την ιδέα στηρίζονται τα κιβώτια συνεχώς μεταβαλλόμενης σχέσης μετάδοσης (Continuously Variable Transmission) (εικ.2.13). Όπως φανερώνει το όνομά τους διαθέτουν άπειρες σχέσεις μετάδοσης και όχι προκαθορισμένο αριθμό. Αντί λοιπόν, επιταχύνοντας με δεδομένη σχέση, να ανεβάζουμε στροφές και μετά πάλι από την αρχή με την επόμενη, κρατάμε το στροφόμετρο στις στροφές μέγιστης ισχύος και μακραίνουμε συνεχώς τη σχέση μετάδοσης περνώντας από άπειρα ενδιάμεσα σημεία.



Εικόνα 2.13 : Συστήματα συνεχώς μεταβαλλόμενης μετάδοσης (CVT) της Nissan

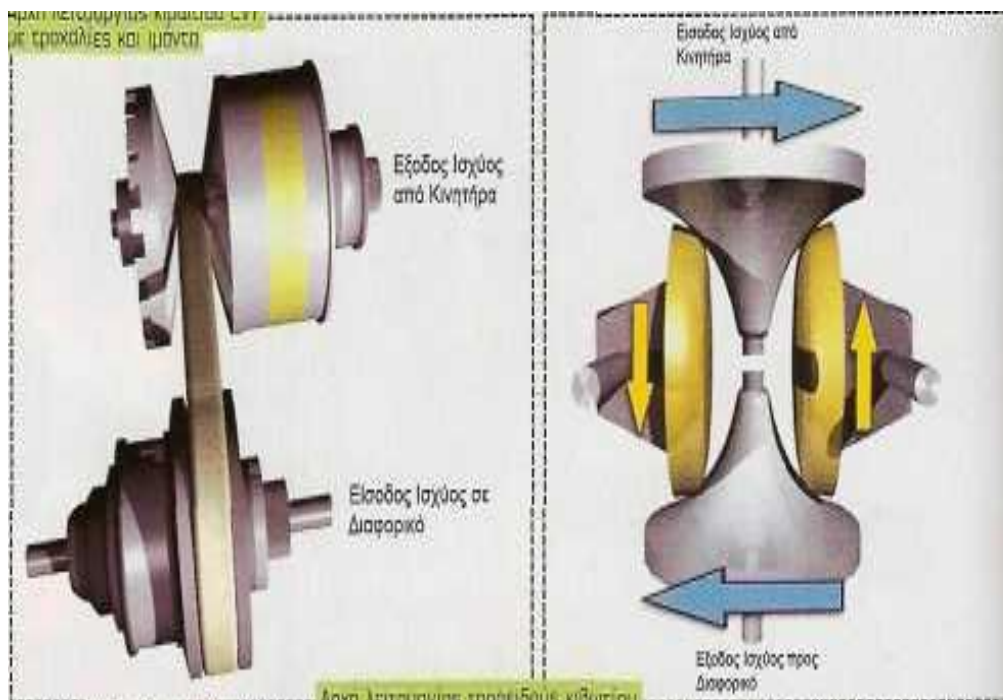
Τα πρώτα σχέδια CVT διατάξεων χρονολογούνται 500 χρόνια πριν, εφαρμογές CVT κιβωτίων σε πειραματικό στάδιο έλαβαν χώρα τον 18ο και 19ο αιώνα, όμως η πρώτη ευρεία εμπορική εφαρμογή έγινε από την DAF, το 1958. Βασικό πρόβλημα

των CVT στις πρώτες φάσεις εξέλιξης τους ήταν τα προβλήματα αξιοπιστίας σε εφαρμογές που απαιτούσαν το κιβώτιο να διαχειρισθεί σοβαρή ροπή. Σταδιακά κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '90 τα προβλήματα άρχισαν να βρίσκουν λύσεις.

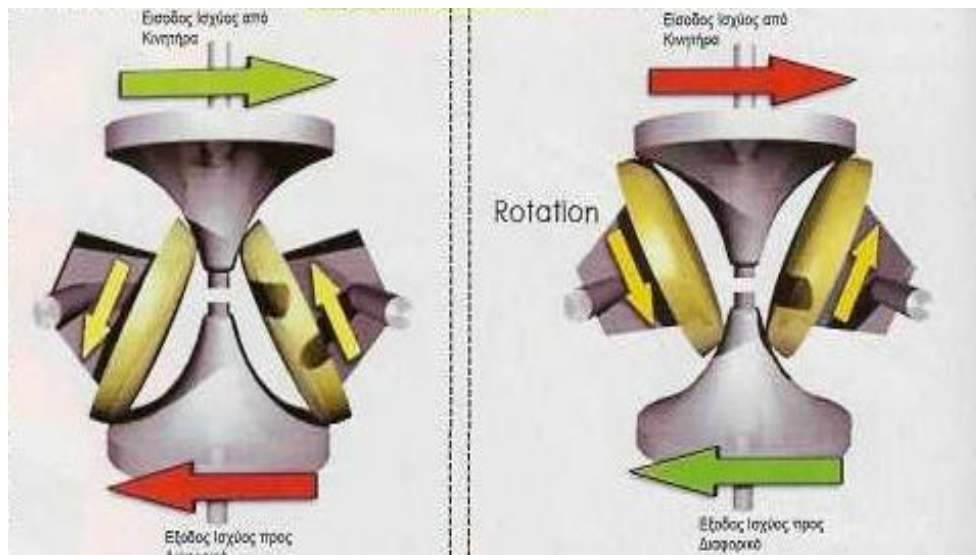
2.11 CVT (Continuous Variable Transmission) Συστήματα Συνεχώς Μεταβαλλόμενης Μετάδοσης

Η συνηθέστερη διάταξη CVT για κιβώτιο είναι αυτή με ιμάντα (εικ2.14). Ο ιμάντας έχει τραπεζοειδή διατομή και αποτελείται από ασάλινα σύρματα που συγκρατούν μεταλλικά πλακίδια. Επιπλέον είναι περασμένοι σε δυο διαιρούμενες τροχαλίες με κωνική εσωτερική διαμόρφωση. Η μια από αυτές συνδέεται με τον κινητήρα (αποτελεί δηλαδή την είσοδο του κιβωτίου) και η άλλη με την είσοδο του διαφορικού, δηλαδή την έξοδο του κιβωτίου. Καθεμία από τις δυο τροχαλίες μπορεί να "ανοίγει" ή να "κλείνει", καθώς τα δυο κινητά της μέρη απομακρύνονται ή πλησιάζουν αντίστοιχα μέσω υδραυλικού κυκλώματος, καθώς αυτό συμβαίνει και χάρη στην κωνική διαμόρφωση των εσωτερικών τμημάτων, ο ιμάντας πατάει σε συνεχώς μεταβαλλόμενη διάμετρο τροχαλίας, και έτσι για άπειρες διαμέτρους παίρνουμε και άπειρες σχέσεις μετάδοσης. Για να βρίσκεται ο ιμάντας συνεχώς σε σταθερή τάση και να μη χαλαρώνει, η μια τροχαλία ανοίγει και η άλλη κλείνει κατά το ίδιο ποσοστό, με αποτέλεσμα να αυξάνεται περαιτέρω το εύρος σχέσεων μετάδοσης που μπορούμε να πετύχουμε. Το επόμενο βήμα στην εξέλιξη των CVT ήταν η παρουσίαση του επαναστατικού Multitronic από την Audi, το 2000. Ο μεταλλικός ιμάντας αντικαταστάθηκε από ειδική αλυσίδα που αποτελείται από 1.025 μεταλλικά πλακίδια και 75 πείρους. Με τη χρήση αλυσίδας έναντι του ιμάντα, οι απώλειες ισχύος λόγω τριβών μειώθηκαν και αυξήθηκε η μέγιστη ροπή που μπορεί να διαχειρισθεί το κιβώτιο. Σύμφωνα με την Audi, η φθορά στις τριβόμενες επιφάνειες κυμαίνεται στα μόλις 0,1-0,2 mm ανά 300.000 km. Επιπλέον στο Multitronic ο μετατροπέας ροπής έχει δώσει τη θέση του σε ηλεκτρονικά ελεγχόμενο υγρό πολυδίσκο συμπλέκτη που δεν έχει τα μειονεκτήματα των μετατροπέων ροπής που είπαμε νωρίτερα. Η πλέον έξυπνη κατηγορία CVT κιβωτίων είναι τα τοροειδή κιβώτια CVT. Πρωτεργάτης αυτών των κιβωτίων ήταν η Nissan που εφοδίασε με τα κιβώτια "Extroid", τα Cedric και Cloria το 1999, αυτοκίνητα που δεν

εισήχθησαν στην ελληνική αγορά. Σε ένα τέτοιο κιβώτιο αντί για τροχαλίες συναντάμε δυο κωνικούς δίσκους (ένας εισόδου και ένας εξόδου) όπου ανάμεσα τους έχουν τοποθετηθεί κυλινδρικά κύλιστρα (εικ.2.15), τα οποία έρχονται σε επαφή με τους δίσκους και παίρνουν τη θέση των ιμάντων ενός κλασικού CVT. Η ισχύς μεταφέρεται από το δίσκο εισόδου στο δίσκο εξόδου μέσω των κύλιστρων καθώς μεταβάλλουν την κλίση τους ως προς τους δίσκους, αλλάζουν και την ταχύτητα περιστροφής τους, επομένως μεταβάλλεται και η γωνιακή ταχύτητα του δίσκου εξόδου και κατ' επέκταση η σχέση μετάδοσης. Ανάμεσα στις επιφάνειες που έρχονται σε επαφή υπάρχει ειδικό συνεκτικό υγρό που εμποδίζει την ολίσθηση. Βασικό μειονέκτημα των CVT είναι το "rubber band effect" που αποτελεί το "πατινάρισμα" των CVT πατώντας τέρμα το γκάζι οι στροφές ανεβαίνουν, όμως το αυτοκίνητο δεν επιταχύνει αμέσως εξαιτίας της ολίσθησης των επιφανειών τριβής της διάταξης.



Εικόνα 2.14 : Αρχή λειτουργίας κιβώτιου CVT με τροχαλίες και ιμάντα.



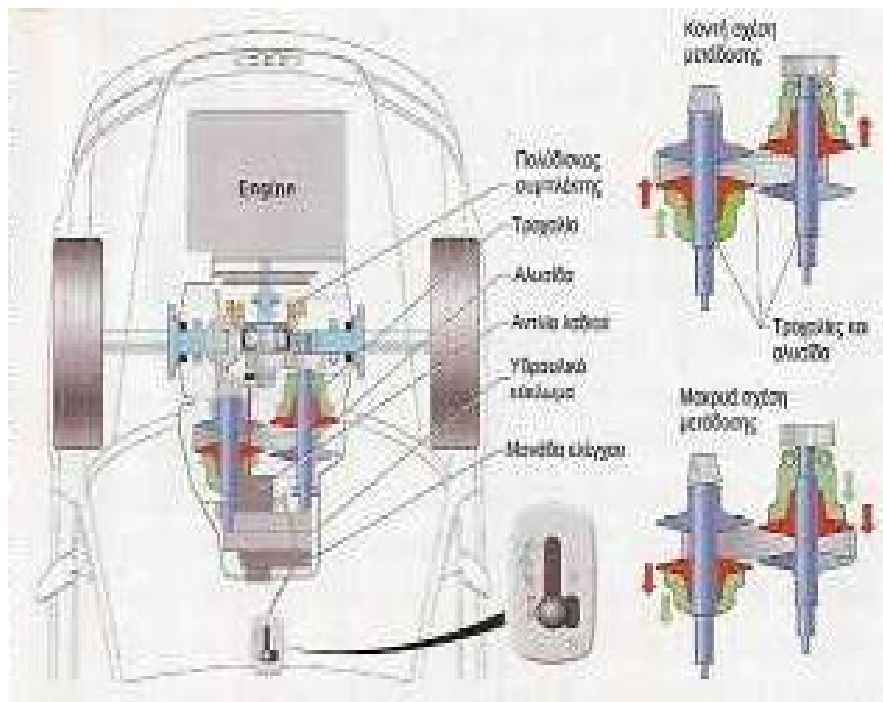
Εικόνα 2.15 : Αρχή λειτουργίας κιβωτίου CVT με δίσκους και κύλιστρα

Αυτό το φαινόμενο σε συνδυασμό με τη χρήση υδραυλικού μετατροπέα ως μέσω σύμπλεξης στα περισσότερα CVT σασμάν, ανεβάζει πολύ ψηλά τις απώλειες μετάδοσης, περισσότερο ακόμα και από τα επίπεδα ενός αυτόματου κιβωτίου.

Σε κάθε περίπτωση πάντως είναι πρωτόγνωρη η αίσθηση για κάποιον που οδηγεί πρώτη φορά αυτοκίνητο με CVT.

2.11.1 CVT με χειροκίνητη λειτουργία

Οι ιαπωνικές αυτοκινητοβιομηχανίες Nissan και Subaru θεωρούνται ως οι πρωτοπόροι στον τομέα των κιβωτίων συνεχώς μεταβαλλόμενης μετάδοσης (εικ.2.16). Το τελευταίο βήμα τους είναι η ανάπτυξη των κιβωτίων συνεχώς μεταβαλλόμενης μετάδοσης με δυνατότητα χειροκίνητης λειτουργίας. Πρόκειται για ένα σύστημα το οποίο είναι ότι το Tiptronic για τα αυτόματα κιβώτια. Προσομοιώνει δηλαδή έναν αριθμό σχέσεων τις οποίες ο οδηγός αλλάζει χειροκίνητα, από τον επιλογέα ή από μπουτόν στο τιμόνι.



Εικόνα 2.16 : Γραφική απεικόνιση του κιβωτίου συνεχώς μεταβαλλόμενων σχέσεων μετάδοσης.

Η κίνηση αυτή δεν βελτιώνει τις επιδώσεις ή την κατανάλωση, αφού η ηλεκτρονική μονάδα του κιβωτίου στην αυτόματη λειτουργία της επιλέγει πάντα την ιδανικότερη σχέση μετάδοσης. Ωστόσο το σύστημα αυτό προσφέρει στον οδηγό την αίσθηση της συμμετοχής στην οδήγηση. Ωστόσο η νέα αυτή γενιά κιβωτίων διαθέτει και ορισμένες άλλες καινοτομίες οι οποίες τα έχουν καταστήσει πάρα πολύ ομαλά κατά τη διαδικασία μεταβολής των σχέσεων αλλά και αρκετά γρήγορα ως προς την απόκρισή τους σε μεταβολές των συνθηκών οδήγησης.

Το γρηγορότερο όμως αναπτυσσόμενο τμήμα των συσκευών αυτών είναι φυσικά οι μονάδες ελέγχου. Πλέον ελέγχονται πάρα πολλές παράμετροι, όπως η γωνία στροφής του τιμονιού, η ποιότητα του οδοστρώματος, η μεταφορά βάρους κ.α. για την αυτόματη επιλογή της καταλληλότερης κάθε φορά σχέσης.

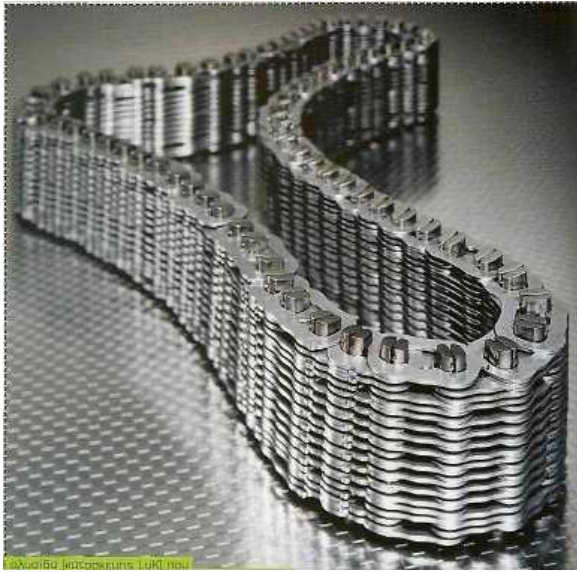
CVT με χειροκίνητη λειτουργία	
Πλεονεκτήματα	Φθηνότερο, ελαφρύτερο και μικρότερο από τα αυτόματα

Μειονεκτήματα	Ουσιαστικά δεν είναι ταχύτερο από ένα σύγχρονο αυτόματο κιβώτιο, δεν εμπλέκει πραγματικά τον οδηγό, έχει παράξενη αίσθηση επιτάχυνσης, αφού αλλάζουν οι σχέσεις ενώ οι στροφές του κινητήρα παραμένουν σταθερές, δεν αντέχει πολύ υψηλές τιμές ροπής στρέψης.
---------------	---

2.11.2 Audi Multitronic CVT

Θεωρητικά η συνεχώς μεταβαλλόμενη μετάδοση θα έπρεπε να βελτιώνει την κατανάλωση καυσίμου του κινητήρα, καθώς και τις επιδόσεις του οχήματος, σε σχέση με τα συμβατικά χειροκίνητα συστήματα μετάδοσης. Ωστόσο, στην πράξη τίποτα από τα παραπάνω δεν συμβαίνει. Έτσι τα κιβώτια τύπου CVT τοποθετούνται στον τομέα της κατανάλωσης και των επιδόσεων κάπου ανάμεσα στα συμβατικά χειροκίνητα και τα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων.

Το νέο όμως κιβώτιο CVT Multitronic υπόσχεται κατανάλωση και επιδόσεις καλύτερες και από το αντίστοιχο χειροκίνητο με ταυτόχρονα ομαλότητα λειτουργίας αντίστοιχη με αυτόματο κιβώτιο. Οι παραπάνω ενθαρρυντικές επιδόσεις επιτυγχάνονται χάρης σε τρεις καινοτομίες της γερμανικής εταιρίας. Αρχικά η Audi έχει αναπτύξει μια ειδική μεταλλική αλυσίδα (εικ.2.17) με την οποία αντικαθιστά τον κλασικό ιμάντα. Η αλυσίδα αυτή αποτελείται από 1025 διαμήκη τμήματα και 75 ζευγάρια πείρων τα οποία τα συγκρατούν. Η αλυσίδα λοιπόν αυτή είναι περίπου όσο εύκαμπτος είναι και ο ιμάντας, αλλά πολύ πιο ανθεκτική στις τριβές και τον εφελκυσμό. Προσδίδει λοιπόν τη δυνατότητα στο κιβώτιο να διαχειριστεί περίπου 60% περισσότερη ροπή.



Εικόνα 2.17 : Η αλυσίδα που χρησιμοποιείται στα κιβώτια της Audi

Η άλλη καινοτομία του κιβωτίου της Audi είναι η χρήση ενός ειδικού αισθητήρα ροπής. Ο αισθητήρας αυτός μέσω του κατάλληλου λογισμικού επιτρέπει στην κεντρική μονάδα ελέγχου του κιβωτίου, να διατηρεί συνεχώς τεντωμένο τον ιμάντα, χωρίς όμως να υπερβαίνει ορισμένα όρια πάνω από τα οποία εμφανίζεται μεγάλη απώλεια ισχύος λόγω τριβών.

Στα συμβατικά CVT ο ιμάντας είναι διαρκώς πολύ τεντωμένος έτσι ώστε να μπορέσει να αντεπεξέλθει σε τυχόν αυξημένα φορτία. Αυτή η συνεχής εφαρμοζόμενη τάση οδηγεί σε αύξηση της κατανάλωσης αλλά και φθορά του ιμάντα. Επιπλέον, στο CVT της Audi, υπάρχει η δυνατότητα επίτευξης πολύ μακριάς σχέσης μετάδοσης της τάξης του 6,05:1 (έναντι του 5:1 των συμβατικών CVT). Αυτό επιτρέπει στον κινητήρα να κινεί το όχημα σε ταχύτητες ταξιδιού λειτουργώντας στο οικονομικότερο φάσμα στροφών του.

Επίσης, το Multitronic της Audi διαθέτει πολύ εξελιγμένα (έξυπνα) ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου, τα οποία ελέγχουν την επιτάχυνση του πεντάλ του γκαζιού καθώς και του φρένου, και με τον τρόπο αυτό καταλαβαίνουν εάν κάθε στιγμή ο οδηγός σκοπεύει να κινηθεί περισσότερο οικονομικά ή περισσότερο γρήγορα.

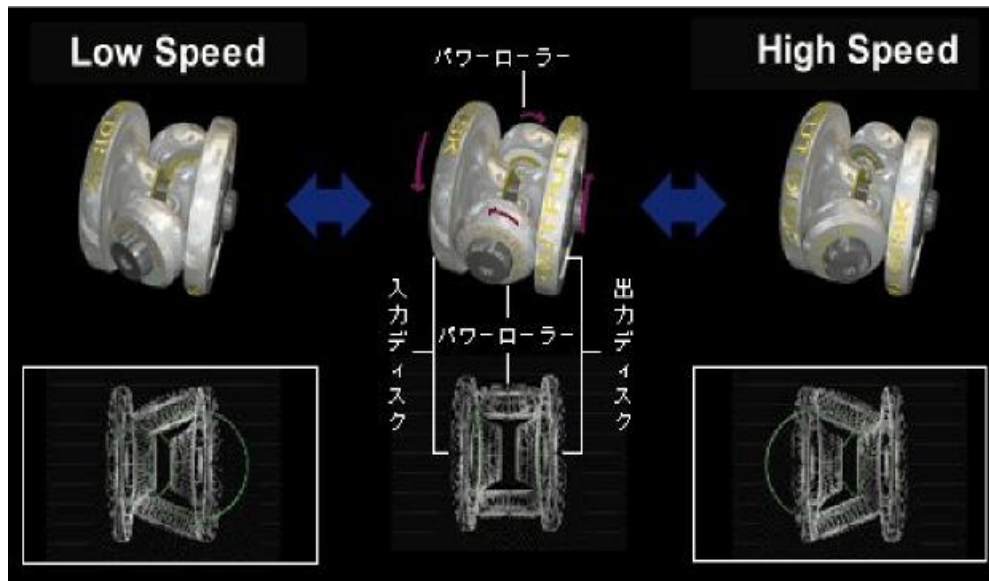
Έτσι επιλέγεται η κατάλληλη σχέση στο κιβώτιο. Τέλος υπάρχει η δυνατότητα μεγαλύτερης εμπλοκής του οδηγού στην οδήγηση με την επιλογή των προκαθορισμένων επιλεγόμενων σχέσεων καθώς επίσης και η δυνατότητα ύπαρξης φρένου του κινητήρα, όπως ακριβώς συμβαίνει και στα χειροκίνητα κιβώτια.

Για την ομαλή μεταβολή των σχέσεων, τα περισσότερα CVT χρησιμοποιούν υδραυλικούς συμπλέκτες ή μετατροπείς ροπής. Ωστόσο η Audi χρησιμοποιεί έναν πολυδίσκο συμπλέκτη, λύση με περισσότερη πολυπλοκότητα η οποία όμως προσφέρει πολύ ομαλές αλλαγές σχέσεων.

Audi Multitronic CVT	
Πλεονεκτήματα	Φθηνότερο, ελαφρύτερο και μικρότερο από τα αυτόματα. Γρήγορο και οικονομικό όπως ένα χειροκίνητο
Μειονεκτήματα	Υπάρχει ακόμα περιορισμός στη μέγιστη ροπή που μπορεί να διαχειριστεί, άρα δεν είναι δυνατή η χρήση του σε αυτοκίνητα επιδόσεων.

2.11.3 Nissan Extroid CVT

Εάν το Multitronic της Audi θεωρήθηκε σοβαρή εξέλιξη στο χώρο των συστημάτων συνεχώς μεταβαλλόμενης μετάδοσης, τότε το Extroid της Nissan αποτελεί επανάσταση. Αντί να χρησιμοποιεί ιμάντα για τη μετάδοση της κίνησης και τη μεταβολή της σχέσης μετάδοσης κάνει χρήση δύο ζευγών ολισθητήρων (εικ.2.18). Όπως φαίνεται και στο σχετικό σχήμα οι ολισθητήρες εφάπτονται στον δίσκο εισόδου (από τον στροφαλοφόρο) καθώς και στον δίσκο εξόδου (προς τους τροχούς). Μεταβάλλοντας λοιπόν τη γωνία των ολισθητήρων, μεταβάλλεται και η σχέση μετάδοσης. Για παράδειγμα μια "κοντή" σχέση μετάδοσης απαιτεί την επαφή των ολισθητήρων με τη μικρή διάμετρο του δίσκου εισόδου και τη μεγάλη του δίσκου εξόδου. Με τον τρόπο αυτό ο δίσκος εξόδου περιστρέφεται πιο αργά από τον δίσκο εισόδου. Η σχέση μετάδοσης που επιτυγχάνει το σύστημα αυτό φτάνει το 4,4:1.



Εικόνα 2.18 : Σύστημα μεταβαλλόμενων ολισθητήρων

Συγκρινόμενο με τα συστήματα που χρησιμοποιούν ιμάντα ή αλυσίδα, το σύστημα αυτό με τους μεταβαλλόμενους ολισθητήρες, είναι σε θέση να διαχειριστεί πολύ μεγαλύτερες τιμές ροπής από τον κινητήρα. Επιπλέον έχει πολύ περιορισμένες διαστάσεις, καθώς ο άξονας εισόδου και εξόδου είναι στο ίδιο ύψος. Το γεγονός αυτό επιτρέπει την τοποθέτησή του και σε διαμήκεις κινητήρες οι οποίοι κινούν τους πίσω τροχούς. Η αντοχή του συστήματος αυτού έχει ήδη δοκιμαστεί αφού κινεί την ιαπωνική έκδοση του Nissan Cedric/ Gloria του οποίου ο υπερτροφοδοτούμενος δκύλινδρος κινητήρας παράγει 286 lbft ροπής.

Η κίνηση των ολισθητήρων πραγματοποιείται από ηλεκτρο-υδραυλικούς μηχανισμούς. Επίσης, οι ολισθητήρες δεν έρχονται απ' ευθείας σε επαφή με τον δίσκο εισόδου και εξόδου. Ένα ειδικό παχύρρευστο λάδι παρέχει την απαραίτητη ελκτική δύναμη ενώ την ίδια στιγμή ψύχει και λιπαίνει το όλο σύστημα.

Τέλος η ηλεκτρονική μονάδα του κιβωτίου παρέχει τη δυνατότητα προεπιλογής 6 εικονικών σχέσεων, καθώς επίσης ομαλοποιεί τη μετάβαση του κιβωτίου από τη μια σχέση στην άλλη.

Nissan Extroid CVT	
Πλεονεκτήματα	Φθηνότερο, ελαφρύτερο και μικρότερο από τα αυτόματα. Ομαλή λειτουργία, ικανότητα διαχείρισης πολύ μεγαλύτερων τιμών ροπής.
Μειονεκτήματα	Ακριβό, όχι πολύ γρηγορότερο από ένα σύγχρονο αυτόματο, μικρό εύρος σχέσεων μετάδοσης

3. ΔΙΑΦΟΡΙΚΟ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Μετά το κιβώτιο, στη συνέχεια τη σκυτάλη στο σύστημα μετάδοσης παίρνει το διαφορικό. Γιατί το χρειαζόμαστε και γιατί ονομάζεται έτσι; Πώς λειτουργεί και πότε αυτό αντιμετωπίζει διάφορα προβλήματα ; Πού διαφέρουν τα απλά διαφορικά από τα πιο προχωρημένα;

Από τη στιγμή που η ισχύς εγκαταλείπει είτε ένα χειροκίνητο μηχανικό κιβώτιο, είτε κάποιο από τα πιο πολύπλοκα ή αυτοματοποιημένα, σε κάθε περίπτωση θα κατευθυνθεί προς τους κινητήριους τροχούς του οχήματος αλλά πριν καταλήξει εκεί, θα βρει μπροστά της άλλη μια διάταξη: το διαφορικό.

Το διαφορικό δεν παρεμβάλλεται αναίτια στη ροή ισχύος από τον κινητήρα προς τους τροχούς, αλλά έχει λόγους και σκοπούς ύπαρξης ενώ αν υποθέταμε ότι δεν θα υπήρχε, η δυναμική συμπεριφορά του αυτοκινήτου θα άλλαζε πολύ γρήγορα. Η πιο προφανής αρμοδιότητα του διαφορικού είναι η "Οδήγηση" της κατεύθυνσης της ισχύος προς τον ή τους κινητήριους άξονες και τελικά στους τροχούς, όμως πέραν αυτού ένα διαφορικό αναλαμβάνει:

- Να προσφέρει ένα δεύτερο (μετά το κιβώτιο) υποπολλαπλασιασμό στις στροφές της μετάδοσης, πολλαπλασιάζοντας αντίστοιχα την προερχόμενη από τον κινητήρα ροπή.
- Να κατανέμει κατάλληλα την ισχύ μεταξύ των κινητήριων τροχών
- Να επιτρέπει στους κινητήριους τροχούς να περιστρέφονται με ανεξάρτητη συχνότητα περιστροφής ο καθένας.

Το θέμα του υποπολλαπλασιασμού έχει να κάνει με τις διαφορετικές διαμέτρους των γραναζιών που υπάρχουν μέσα σε ένα διαφορικό και θα τα αναλύσουμε περισσότερο στη συνέχεια.

Η κατανομή ισχύος μεταξύ των κινητήριων τροχών σχετίζεται με τις δυνατότητες

του κάθε διαφορικού ώστε να έχουμε την επιθυμητή κατανομή για τις εκάστοτε συνθήκες κίνησης και εκφράζεται διαφορετικά σε κάθε τύπο διαφορικού.

Η ανεξάρτητη συχνότητα περιστροφής κάθε κινητήριου τροχού είναι η πιο σημαντική δουλειά του διαφορικού.

Όταν το αυτοκίνητο στρίβει οι τροχοί του διανύουν διαφορετικά μήκη τόξων, δηλαδή καλύπτουν διαφορετική απόσταση. Αυτό έχει να κάνει με τη "γεωμετρία Ackerman" η οποία υπαγορεύει ότι και οι τέσσερις τροχοί του αυτοκινήτου θα πρέπει να διαγράφουν τροχιές με κοινό κέντρο περιστροφής τόσο μεταξύ τους όσο και ως προς ολόκληρο το όχημα. Αυτό στο σύστημα διεύθυνσης αντικατοπτρίζεται στο γεγονός ότι σε μια π.χ. δεξιά στροφή ο μπροστινός δεξιάς τροχός πρέπει να στρίψει λίγο περισσότερο από τον αριστερό, ώστε οι άξονες που περνούν από τα κέντρα περιστροφής των δυο τροχών να τέμνονται στο κέντρο της τροχιάς του αυτοκινήτου. Αλλά γιατί οι τροχοί κατά το στρίψιμο διαγράφουν διαφορετικές αποστάσεις μεταξύ τους; Και γιατί (επειδή στην πράξη ένα αυτοκίνητο μπορεί έχει στηθεί ώστε να αποκλίνει ελαφρώς από το θεωρητικό μοντέλο) πρέπει να ακολουθούν τη γεωμετρία Ackerman;

Σε μια δεξιά στροφή ο αριστερός τροχός (εξωτερικός) διαγράφει τροχιά μεγαλύτερης ακτίνας από τον δεξιά (εσωτερικό): το μήκος του τόξου της τροχιάς ισούται με το γινόμενο της γωνίας του τόξου επί την ακτίνα της τροχιάς, συνεπώς για δεδομένη γωνία στροφής μεγαλύτερης ακτίνας συνεπάγεται μεγαλύτερο μήκος τόξου. Για να μπορέσει ο εξωτερικός τροχός να διανύσει κυλώντας και όχι ολισθαίνοντας το μεγαλύτερο τόξο που του αναλογεί στον ίδιο χρόνο με εκείνον που θα απαιτήσει ο εσωτερικός, θα πρέπει να περιστραφεί ανάλογα ταχύτερα. Και όταν λέμε "ταχύτερα", για κοινή διάμετρο τροχών εννοούμε ότι ο εξωτερικός θα έχει μεγαλύτερη γωνιακή ταχύτητα : η γραμμική ταχύτητα κάλυψης του τόξου ισούται με το γινόμενο της γωνιακής ταχύτητας επί την ακτίνα του τροχού.

Για ακόμα πιο εύκολη κατανόηση, όπου γωνιακή ταχύτητα βάλτε τη συχνότητα περιστροφής (γωνιακή ταχύτητα = συχνότητα * 2π). Στον μη κινητήριο άξονα (π.χ. τον πίσω για τα προσθιοκίνητα) η ύπαρξη διαφορετικής γωνιακής ταχύτητας στους δυο τροχούς δεν είναι πρόβλημα διότι δεν συνδέονται μεταξύ τους και ο καθένας περιστρέφεται ελεύθερα πάνω στα ρουλεμάν των άκρων. Αλλά στον κινητήριο άξονα, όπου η πηγή της ισχύος είναι μια και κοινή όπως αυτή έρχεται από το κιβώτιο, οι δυο τροχοί συνδέονται εμμέσως μεταξύ τους σε κάποια περιοχή του άξονα. Εκεί βρίσκεται το διαφορικό που θα δώσει διαφορετικές

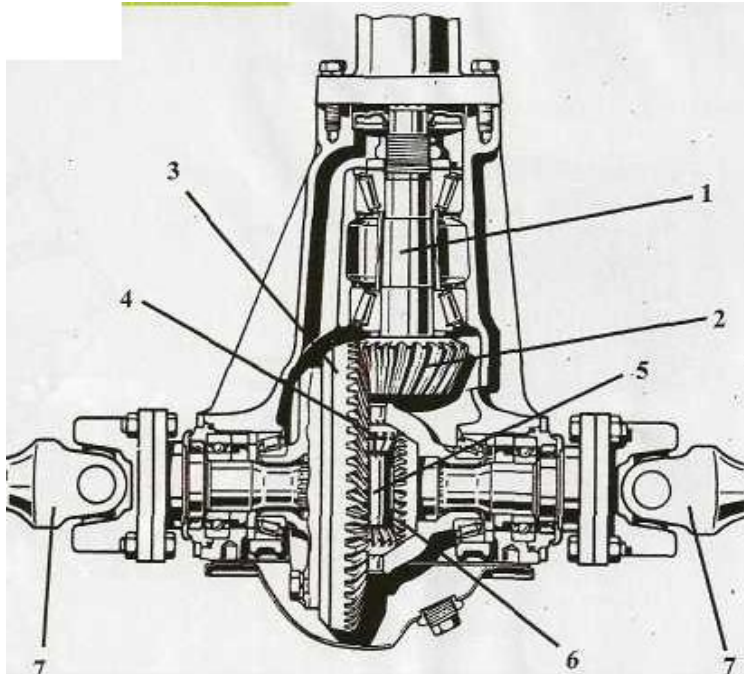
γωνιακές ταχύτητες σε κάθε τροχό, κατανέμοντας ταυτόχρονα μεταξύ τους και τη ροπή που παίρνει στην είσοδο του.

Αν στη θέση του διαφορικού υπήρχε ένας ενιαίος άξονας ο οποίος θα είχε στις δυο άκρες του σταθερά τοποθετημένους (πακτωμένους) τους δυο τροχούς, τότε λόγω της αδυναμίας του εξωτερικού να περιστραφεί με διαφορετική ταχύτητα από τον εσωτερικά, ο πρώτος θα αναγκαζόταν να ολισθήσει. Η διάταξη αυτή ονομάζεται "στερεό διαφορικό", τη χρησιμοποιούσαν τα πρώτα αυτοκίνητα αλλά δεν ήταν λειτουργική επειδή η φθορά του άξονα και των ελαστικών στις στροφές είναι μεγάλη αφού στη συνέχεια προστίθενται πολύ ισχυρές τριβές ολίσθησης. Τέτοια διάταξη θα παρατηρήσετε στον πίσω άξονα των Karts ή σε κάποια αγωνιστικά τα οποία είτε δεν στρίβουν είτε στρίβουν αλλά διαθέτουν μεγαλύτερη διάμετρο στον εξωτερικό τροχό όπως π.χ. σε κάποιους αγώνες σε οβάλ πίστα στις ΗΠΑ (η ακτίνα του τροχού είναι ανάλογη του τόξου που διανύει).

3.2 ΕΛΕΥΘΕΡΟ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟ

Το πιο συχνό είδος διαφορικού σε ένα καθημερινό αυτοκίνητο είναι το ελεύθερο (εικ.3.1&3.2) (open differential). Πρόκειται για "επικυκλικό" ή "πλανητικό" μηχανισμό, δηλαδή διάταξη όπου η ισχύς δεν περνά από μια μόνο βαθμίδα (ζεύγος) γραναζιών αλλά διαχωρίζεται σε περισσότερα τμήματα. Ας δούμε αυτό το μηχανισμό παρατηρώντας τα συνοδευτικά σχήματα. Αφού η ισχύς με έναν από τους τρόπους που συζητάμε παρακάτω φύγει από το κιβώτιο, εισέρχεται στο συγκρότημα του διαφορικού μέσω του ζεύγους γραναζιών που αποτελείται από το πηνιόν και την κορόνα. Το πηνιόν (το μικρό γρανάζι του ζεύγους) βρίσκεται στον άξονα εισόδου του διαφορικού (στο άκρο του άξονα που έρχεται από το κιβώτιο) και δίνει κίνηση στην κορόνα (το μεγάλο γρανάζι του ζεύγους). Το λεγόμενο και "κορονοπήνιο" είναι υπεύθυνο για τον υποπολλαπλασιασμό των στροφών και τον πολλαπλασιασμό της ροπής (μικρό γρανάζι δίνει κίνηση σε μεγαλύτερο). Η σχέση μετάδοσης κορόνας- πηνιόν (η διαφορικού) ονομάζεται και τελική σχέση μετάδοσης (final drive ratio), ακριβώς επειδή είναι συνήθως το δεύτερο και τελευταίο στάδιο.

Τα μέρη ενός ελεύθερου διαφορικού: 1) άξονας μετάδοσης 2) πηνίον 3) κορόνα 4) πλανήτης 5)φορέας πλανητών 6)ήλιος 7)ημιαξόνιο



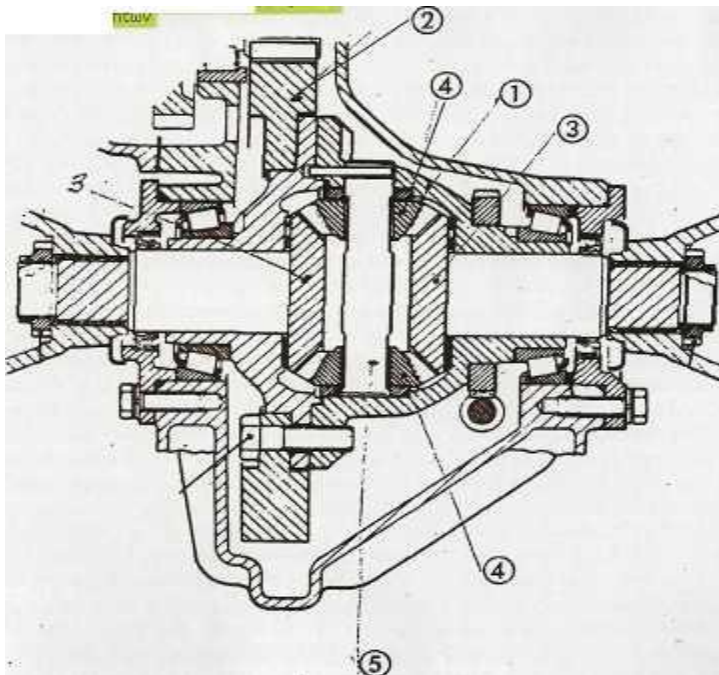
Εικόνα 3.1 : ελεύθερο διαφορικό

Πάνω στην κορόνα είναι στερεωμένος (γυρίζουν μαζί) ο πλανητικός φορέας, ένας μικρός άξονας στα άκρα του οποίου βρίσκονται δυο κωνικά γρανάζια που περιστρέφονται ελεύθερα γύρω από αυτόν και ονομάζονται "πλανήτες". Εκατέρωθεν του πλανητικού φορέα βρίσκονται δυο γρανάζια σε μόνιμη εμπλοκή με τους πλανήτες, οι ήλιοι. Ο ένας ήλιος είναι πακτωμένος μέσω πολύσφηνου στο αριστερό ημιαξόνιο και ο άλλος στο δεξί. Αντί για πλανήτες (planet gears) και ήλιους (sun gears) στη βιβλιογραφία μπορεί να συναντήσει κανείς αντίστοιχα τους όρους δορυφόροι και πλανήτες.

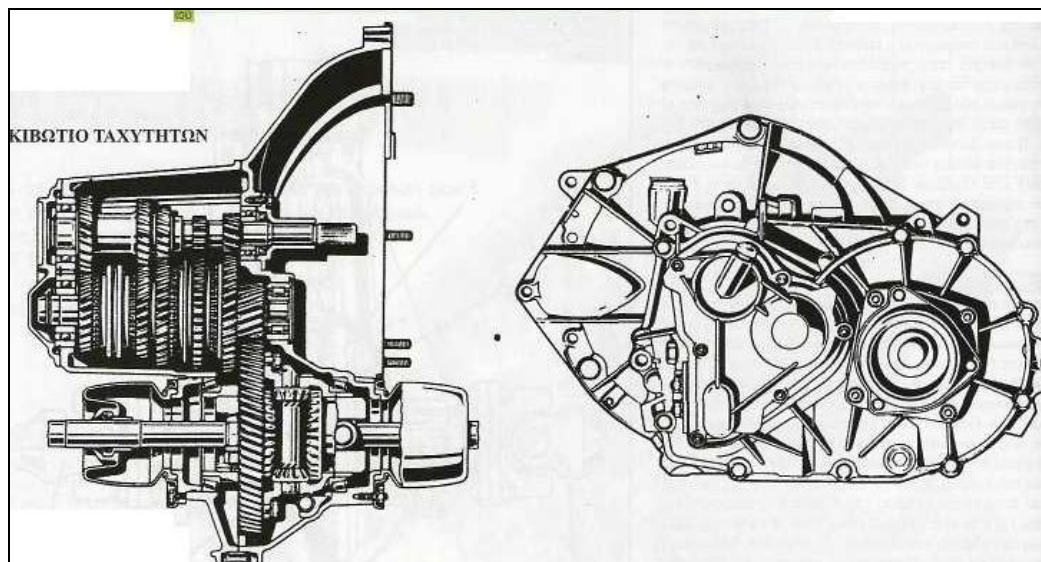
Ας δούμε τώρα τι συμβαίνει σε ένα ελεύθερο διαφορικό στις ευθείες αλλά και στις στροφές. Σε κάθε περίπτωση, από την κορόνα και τον πλανητικό φορέα η κίνηση μεταδίδεται στους ήλιους μέσω των πλανητών. Στις ευθείες όπου οι τροχοί του αυτοκινήτου έχουν ίδια γωνιακή ταχύτητα, οι ήλιοι περιστρέφονται και αυτοί με όμοια μεταξύ τους ταχύτητα (ίδια και με της κορόνας) και έτσι οι πλανήτες δεν περιστρέφονται γύρω από το φορέα τους αλλά είναι το ενδιάμεσο σκαλί της ροής

της ισχύος μεταξύ κορόνας και ήλιων. Από τη στιγμή τώρα που το αυτοκίνητο στρίψει, η διαφορά ταχύτητας περιστροφής μεταξύ των ήλιων θέτει σε περιστροφή τους πλανήτες, οι οποίοι παίρνουν ταχύτητα από τον ένα τροχό και τη μεταβιβάζουν στον άλλο: όσες στροφές χάνει ο εσωτερικός τροχός, τόσες κερδίζει ο εξωτερικός. Το άθροισμα επομένως των στροφών των δυο τροχών είναι σταθερό και ισούται με το διπλάσιο των στροφών της κορόνας (ή οι στροφές της κορόνας ισούνται με το ημίαθροισμα των στροφών των τροχών). Βασικό χαρακτηριστικό του ελεύθερου διαφορικού (και συνάμα μεγάλο μειονέκτημα) είναι ότι ισοκατανέμει τη ροπή της εισόδου του στους δυο τροχούς ανεξάρτητα από την ταχύτητα περιστροφής του. Κρατήστε λοιπόν για τη συνέχεια ότι οι δυο τροχοί ενός αυτοκινήτου με ελεύθερο διαφορικό δέχονται το ίδιο ποσό ροπής. Αυτά προκύπτουν και επιβεβαιώνονται μέσω της αρχής διατήρησης της ισχύος, η οποία (με τις απώλειες τριβών έστω αμελητέες) επιτάσσει ότι η ισχύς στην κορόνα (στροφές κορόνας επί ροπής κορόνας) ισούται με το άθροισμα της ισχύος των δυο ημιαξονίων (ροπή επί στροφές αριστερού συν ροπή επί στροφές δεξιού).

Μηχανολογικό σχέδιο με τομή ελεύθερου διαφορικού: 1) κέλυφος 2) κορόνα 3) ήλιος 4) πλανήτης 5) φορέας πλανητών



Εικόνα 3.2 : Τομή ελεύθερου διαφορικού



Εικόνα 3.3 : Τομή κιβωτίου - διαφορικού .

3.3 ΜΠΡΟΣΤΟΚΙΝΗΤΑ ΚΑΙ ΠΙΣΩΚΙΝΗΤΑ

Ας δούμε τώρα πού βρίσκεται το διαφορικό και πώς η ισχύς θα περάσει από το κιβώτιο σε εκείνο. Ξεκινάμε από τα (προσθιομήχανα) πισωκίνητα όπου ο κινητήρας είναι τοποθετημένος κατά τον διαμήκη άξονα και πάνω του επίσης σε διαμήκη διάταξη, είναι τοποθετημένο το κιβώτιο (εικ.3.3). Για να φτάσει η ισχύς στους πίσω τροχούς θα πρέπει αφενός από το κιβώτιο να μεταφερθεί με κάποιο τρόπο στον πίσω άξονα, και αφετέρου στη συνέχεια να στρίψει κατά 90° και να κατευθυνθεί προς τους τροχούς. Για το πρώτο είναι υπεύθυνος ο "κεντρικός άξονας μετάδοσης" (γνωστός ως "prop-shaft" από το "propeller shaft", από τους έλικες των αεροπλάνων και τις προπέλλες των πλοίων που βρίσκονται στα άκρα της ατράκτου και παίρνουν επίσης κίνηση από διαμήκη άξονα). Ο κεντρικός άξονας για δεδομένο υλικό κατασκευής του έχει διάμετρο ανάλογη με την τρίτη ρίζα της ροπής που θέλουμε να μεταφέρουμε και μπορεί να είναι ενιαίος ή σπαστός.

Η πρώτη περίπτωση πλέον χρησιμοποιείται όταν μπορούμε να έχουμε μικρό συνολικό μήκος (π.χ. σε δίπορτα πισωκίνητα αυτοκίνητα), ενώ η δεύτερη και συνηθέστερη περιλαμβάνει περισσότερα από ένα μέρη που συνδέονται με αρθρωτούς συνδέσμους ή συνδέσμους σταθερής ταχύτητας ("σταυρούς" ή

"μπιλιοφόρους" αντίστοιχα). Οι σύνδεσμοι αυτοί αποσβένουν τις αυξομειώσεις στην απόσταση των δυο άκρων του κεντρικού άξονα που μπορεί να συμβεί π.χ. κατά την έκταση ή τη συμπίεση της ανάρτησης. Μόλις η ισχύς φτάσει στο πίσω άκρου του κεντρικού άξονα, πρέπει να αλλάξει διεύθυνση κατά περίπου 90° αφού τα ημιάξονια που θα μεταφέρουν τελικά την ισχύ στους τροχούς έχουν εγκάρσια ως προς το αυτοκίνητο θέση. Αυτό επιτυγχάνεται με το ζεύγος κωνικών γραναζιών κορόνας-πινιόν. Η οδόντωση είναι στη συντριπτική πλειονότητα των περιπτώσεων ελικοειδής, ενώ άξονες περιστροφής των δυο γραναζιών σχηματίζουν ορθή γωνία μεταξύ τους και μπορεί είτε να τέμνονται είτε όχι: η δεύτερη περίπτωση των αξόνων όπου το πηνιόν έρχεται σε επαφή με την κορόνα χαμηλότερα από τον άξονα περιστροφής της (υποειδείς τροχοί), μας διευκολύνει περισσότερο στην πράξη και έχει επικρατήσει.

Ο λόγος είναι ότι για δεδομένη απόσταση από το έδαφος του κεντρικού άξονα μετάδοσης (και επομένως και το πινιόν) η διάταξη υποειδών τροχών επιτρέπει στην κορόνα και επομένως και στο κέλυφος του διαφορικού, αφού η διάσταση του καθορίζεται κυρίως από το μεγαλύτερο γρανάζι, δηλαδή την κορόνα να βρίσκεται ψηλότερα απ' ό,τι στην περίπτωση των τεμνόμενων αξόνων. Όσο πιο ψηλά βρίσκεται το διαφορικό τόσο πιο εγκλωβισμένο είναι στο τούνελ της μετάδοσης: τα εκτός δρόμου αυτοκίνητα (τζιπ) είναι λιγότερο εκτεθειμένο σε βράχους και κορώνες, ενώ στα αυτοκίνητα δρόμου αυξάνεται ο διαθέσιμος χώρος για την ανάρτηση και βελτιώνεται η αεροδυναμική του. Στα προσθιοκίνητα η διάταξη είναι πιο απλή και λειτουργική, στοιχείο που μειώνει το συνολικό κόστος της μετάδοσης και εξηγεί γιατί σήμερα οι περισσότεροι κατασκευαστές, από πλευράς ισχύος επιλέγουν προσθιοκίνητη διάταξη.

Εδώ το δίδυμο κινητήρας και κιβώτιο: είναι τοποθετημένα εγκάρσια και πολύ κοντά στον κινητήριο άξονα, επομένως δεν υπάρχει κανένα από τα δυο θέματα στη μεταφορά ισχύος που είδαμε στα πισωκίνητα. Ένα απλό ζεύγος μετοπικών (παράλληλοι άξονες περιστροφής) γραναζιών όπου το πινιόν βρίσκεται στην άκρη του άξονα εξόδου του κιβωτίου και η κορόνα στο παρακείμενο σύμπλεγμα του διαφορικού, είναι αρκετό για να κάνει τη δουλειά. Έτσι στα μπροστοκίνητα το κιβώτιο και το διαφορικό είναι ενοποιημένη μονάδα, που μπορεί να περιλαμβάνεται μέσα σε ενιαίο χυτό κέλυφος.

Μιλήσαμε πριν για το γεγονός ότι το ελεύθερο διαφορικό υπό όλες τις συνθήκες μεταφέρει την ίδια ροπή σε καθένα από τους δυο τροχούς του άξονα και το

χαρακτηρίσαμε μειονέκτημα.

Η ροπή που φτάνει σε κάθε τροχό είναι άμεσα συνυφασμένη με την ελκτική πρόσφυση που αυτός μπορεί να παράγει. Η ελκτική πρόσφυση που μπορεί να παράγει ένας τροχός κατά την κίνηση ενός οχήματος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και κατά περίπτωση μπορεί να έχει εντελώς διαφορετικό μέγεθος από του απέναντι τροχού (ή άξονα, στα τετρακίνητα): η κατακόρυφη φόρτιση του τροχού κατά τη μεταφορά βάρους στη στροφή, ο συντελεστής τριβής μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος, η ρύθμιση της ανάρτησης, είναι μονάχα μερικοί από τους παράγοντες που καθορίζουν την ελκτική δύναμη που μπορεί να αναπτύξει ο κάθε τροχός του αυτοκινήτου. Έστω για παράδειγμα ότι έχουμε ένα αυτοκίνητο με ελεύθερο διαφορικό όπου ο αριστερός τροχός πατά σε καλή άσφαλτο ενώ ο δεξιάς σε στρώμα πάγου. Παρόμοιο και ακόμα πιο ακραίο είναι το παράδειγμα όπου έχουμε σηκώσει το αυτοκίνητο με τον γρύλο από: τη μια πλευρά ώστε ο ένας τροχός να είναι στον αέρα. Αν στις περιπτώσεις αυτές πατήσουμε το γκάζι το αυτοκίνητο θα μείνει πρακτικά ακίνητο: ο τροχός με τη μικρότερη πρόσφυση θα γυρίζει και ο άλλος θα μοιάζει ακίνητος.

Από τη στιγμή λοιπόν που ένας από τους δυο τροχούς σπινάρει είμαστε καταδικασμένοι. Ακόμα κι αν οι δυο τροχοί πατούν στο ίδιο οδόστρωμα, αν αρχίσει για κάποιο λόγο ο ένας να σπινάρει (αυτός που έστω και στιγμιαία διαθέτει μικρότερη πρόσφυση), τότε και πάλι φαίνεται πως θα επιταχύνει ανώφελα ενώ ο απέναντι δεν θα κινείται. Αυτό συμβαίνει επειδή η ροπή αντίστασης που ασκείται στον προβληματικό τροχό είναι μικρή αφού μιλάμε για ελεύθερο διαφορικό, την ίδια ακριβώς ελάχιστη ροπή θα πάρει και ο τροχός με την καλύτερη πρόσφυση, που τελικά δεν είναι αρκετή για να κινήσει το όχημα. Αν επιμείνουμε στο γκάζι αυξάνοντας τη ροπή από το κινητήρα, η ροπή θα μετατραπεί σε περιστροφική κινητική ενέργεια του τροχού που σπινάρει αλλά και σε θερμότητα από υπερθέρμανση του ελαστικού. Έχουμε δηλαδή δυο τροχούς στους οποίους ασκείται από τα ημιαξόνια η ίδια ροπή, που για τον έναν έγινε υπεραρκετή ώστε να τον περιστρέφει γρήγορα αλλά για τον άλλο δεν αρκεί ούτε για να ξεκινήσει το όχημα. Ενώ λοιπόν η ροπή ισοκατανέμεται δεν ισχύει το ίδιο και για την ισχύ: αφού η ισχύς ισούται με τη ροπή επί την ταχύτητα περιστροφής, συμπεραίνουμε ότι σχεδόν ολόκληρη η ισχύς πηγαίνει στο τροχό με τη μικρότερη πρόσφυση, ο οποίος αντί να τη μετατρέψει σε ελκτική πρόσφυση και επομένως σε κινητική ενέργεια του οχήματος, την κρατάει και την ξοδεύει άσκοπα. Αν το

δούμε λίγο πιο παραστατικά, η ροή ισχύος θα ακολουθήσει το δρόμο με τη μικρότερη αντίσταση. Έτσι η μέγιστη ελκτική δύναμη που μπορεί να αναπτύξει το αυτοκίνητο ισούται με τη διπλάσια του τροχού που έχει τη μικρότερη πρόσφυση και επειδή δυο επί ελάχιστη ίσον ελάχιστη. Η παραπάνω διατύπωση μπορεί να γίνει πιστευτή με το παράδειγμα που ακολουθεί : αν έχεις κολλήσει σε λάσπη τον ένα τροχό και μαζί με το γκάζι και τα φρένο ταυτόχρονα (ή το χειρόφρενο στα πισωκίνητα), τότε η αυξημένη ροπή αντίστασης του τροχού με τη μικρή πρόσφυση θα "καθρεφτιστεί" και σε αυτόν με την καλύτερη πρόσφυση και τελικά ίσως καταφέρουμε να βγούμε από τη λάσπη.

Η πρώτη ιδέα σχετικά με την λύση των παραπάνω προβλημάτων του ελεύθερου διαφορικού ήταν η μετατροπή του στο ακόμα πιο πρωτόγονο στερεό διαφορικό που είδαμε προηγουμένως. Αν δηλαδή καταφέραμε με κάποιο τρόπο να μπλοκάρουμε τα ημιαξόνια μεταξύ τους ώστε να περιστρέφονται ενιαία σαν να ήταν άκρα του ίδιου άξονα, τότε οι δυο τροχοί θα γυρίζαν παντού και πάντοτε με την ίδια ταχύτητα. Ακόμα λοιπόν και στην πιο ακραία περίπτωση, όπου για κάποιο λόγο ο ένας τροχός είναι στον αέρα, ο τροχός αυτός θα γυρίζει στις ίδιες στροφές με εκείνον που πατά σε στερεό έδαφος. Τότε η μοναδική περίπτωση να ακινητοποιηθεί το όχημα θα ήταν όταν και οι δυο τροχοί βρεθούν σε συνθήκες μηδενικής πρόσφυσης.

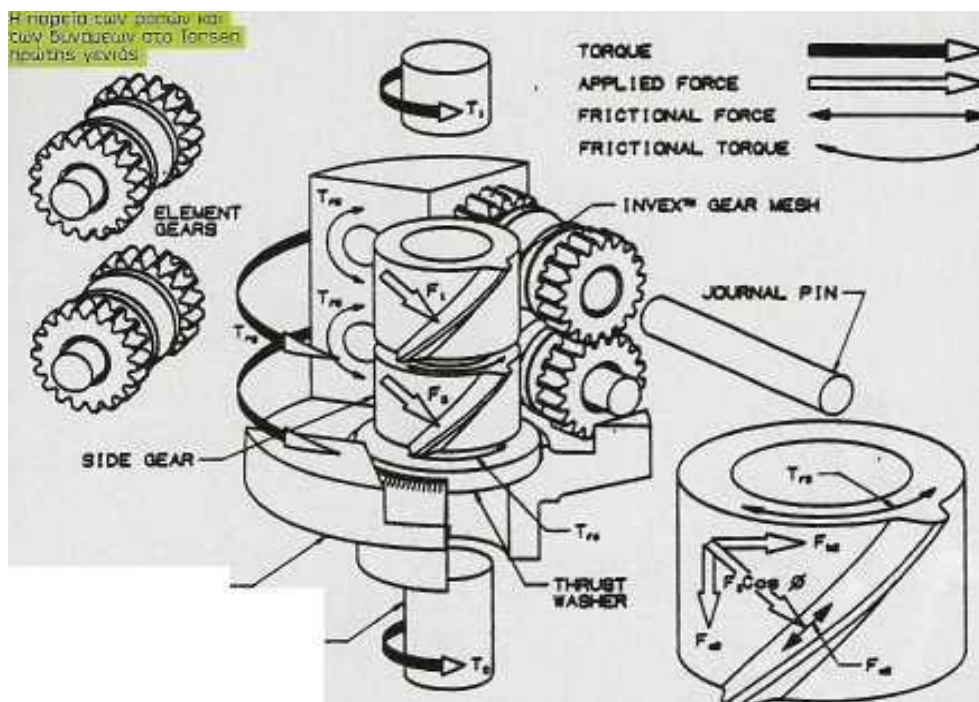
Όταν ένα μπλοκέ διαφορικό μετατραπεί από ελεύθερο σε στερεό λέμε ότι "κλειδώνει". Τα μπλοκέ διαφορικά συναντώνται σε οχήματα με εκτός δρόμου προσανατολισμούς. Η επιλογή μεταξύ της "ελεύθερης" ή της "στερεάς" κατάστασης γίνεται με ανάλογα χειριστήρια (μπουτόν) στην καμπίνα ή ακόμα και αυτοματοποιημένα όταν ανιχνευτεί ανάγκη για ελευθερία ή μπλοκάρισμα (αυτοματοποιημένα).

Πώς γίνεται το μπλοκάρισμα του διαφορικού; Αυτά που θέλουμε στο μηχανισμό που περιγράψαμε είναι να μπορέσει η κορόνα να περιστρέφεται μαζί με τα ημιαξόνια. Για να συμβεί αυτά αρκεί να πακτώσουμε το ένα από τα δυο ημιαξόνια στη κορόνα και μέσω ενδιάμεσων σταθερών γραναζιών όπως οι πλανήτες, να υποχρεωθούμε και το άλλο ημιαξόνιο να περιστρέφεται με την ίδια ταχύτητα.

Για να κλειδώσει η κορόνα με το ημιαξόνιο χρησιμοποιείται είτε διάταξη δίσκων συμπλέκτη όπου μέσω οδόντωσης κλειδώνουν τα δυο άκρα του (η μια πλευρά συνδεδεμένη στην κορόνα η άλλη στο ημιαξόνιο), είτε υδραυλική διάταξη με πείρο που πακτώνει το ημιαξόνιο.

Ανάμεσα στις δυο ακραίες περιπτώσεις των ελεύθερων και των μπλοκέ διαφορικών, υπάρχουν τα διαφορικά περιορισμένης ολίσθησης. Σκοπός τους είναι να συνδυάσουν λειτουργικά χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα και από τις δυο ακραίες κατηγορίες, δηλαδή να μπορούν να επιτρέπουν διαφορά στην ταχύτητα περιστροφής των δυο τροχών μέχρι ενός ορίου, το οποίο δεν πρέπει να ξεπεραστεί (για αυτό φροντίζει το διαφορικό). Ο περισσότερος κόσμος αποκαλεί μπλοκέ και τα διαφορικά περιορισμένης ολίσθησης, οπότε αν κάποιος μιλάει για μπλοκέ διαφορικό αλλά δεν αναφέρεται σε εκτός δρόμου αυτοκίνητο τότε πιθανότατα εννοεί διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης. Το ίδιο θα ισχύει και για εμάς από εδώ και πέρα όταν μιλάμε για μπλοκέ.

Το πόσο περιορισμένη είναι η ολίσθηση σε ένα μπλοκέ ποσοτικοποιείται με δυο μεγέθη: το λόγο κατανομής ροπής και το ποσοστό εμπλοκής. Πώς ορίζονται και πώς συσχετίζονται μεταξύ τους τα δυο αυτά μεγέθη.



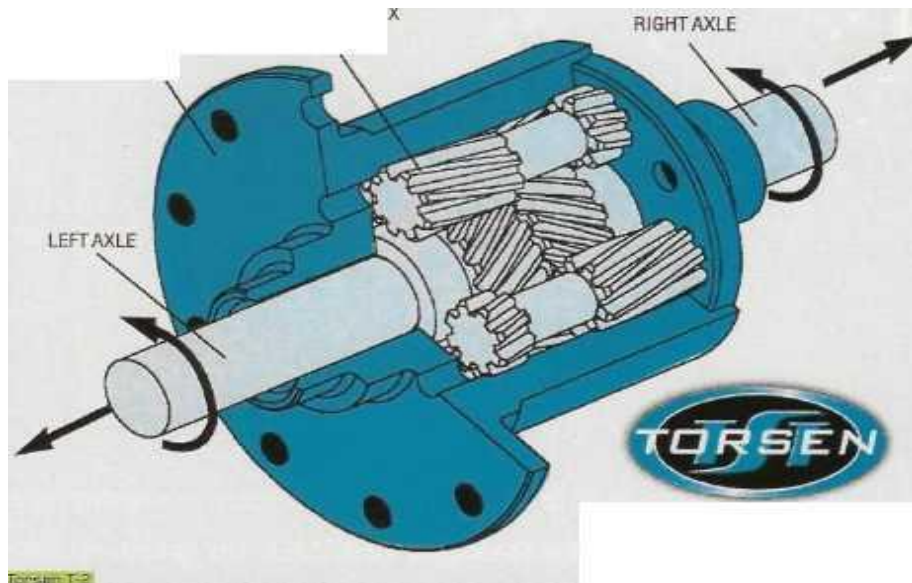
Εικόνα 3.4 : Η πορεία των ροπών και των δυνάμεων

Έστω $T(rg)$ η ροπή της κορόνας του διαφορικού, δηλαδή η ροπή του κινητήρα αυξημένη από τη σχέση μετάδοσης της κορόνας-πινιόν, και έστω $T(1)$ και $T(2)$ τα ποσοστά που μεταφέρονται στους δυο τροχούς. Υπό κανονικές συνθήκες κίνησης στην ευθεία είναι $T(1) = T(2) = T(rg)/2$. Αν για κάποιο λόγο ο δεύτερος

τροχός ολισθήσει, θέλουμε $T(1) > T(2)$, δηλαδή το διαφορικό να στείλει περισσότερη ροπή στον τροχό με τη μεγαλύτερη πρόσφυση. Αν ορίσουμε ως $T(d) = T(1) - T(2)$ τη διαφορά των ροπών που παίρνει κάθε άξονας, ισχύουν σύμφωνα με όσα είπαμε οι σχέσεις $T(1) = (T(rg) + T(d))/2$ και $T(2) = (T(rg) - T(d))/2$. Ο λόγος κατανομής ροπής ισούται με $TRB = T(1)/T(2)$, και εκφράζει το μέγιστο λόγο της ροπής του τροχού με τη μεγαλύτερη ροπή προς εκείνον με τη μικρότερη. Το ποσοστό εμπλοκής ισούται με: $(\text{locking percentage}) = T(d)/T(rg) * 100\%$.

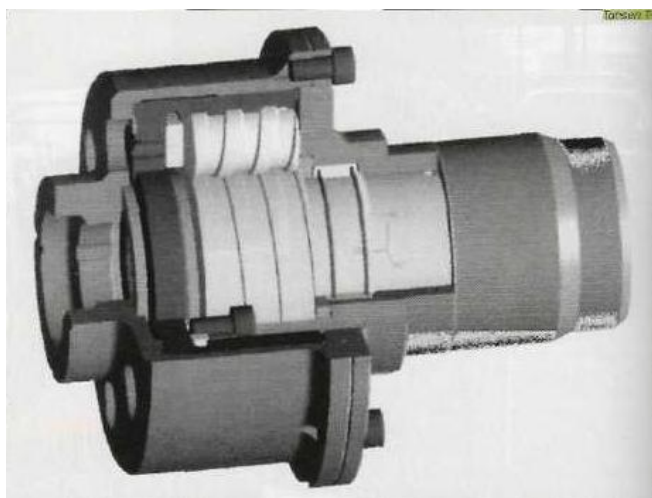
Κάποιοι κατασκευαστές προτιμούν το λόγο κατανομής και κάποιοι το ποσοστό εμπλοκής. Ας δούμε ένα αριθμητικό παράδειγμα. Έστω ότι έχουμε ένα 40% μπλοκέ διαφορικό. Τότε έχουμε $T(d)/T(rg) * 100 = 40$, δηλαδή $T(d) = 0,4 T(rg)$. Επειδή τώρα $T(rg) = T(1) + T(2)$, προκύπτει κρατώντας ως παράμετρο το $T(rg)$ ότι $T(1) = 0,7T(rg)$ και $T(2) = 0,3T(rg)$. Άρα ο λόγος κατανομής ισούται με $0,7/0,3:1 = 2,33$. Αυτό σημαίνει ότι ένα 40% μπλοκέ μπορεί να παρέχει μέχρι και 2,33 φορές περισσότερη ροπή στον ένα τροχό σε σχέση με τον άλλο.

Ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά ενός μπλοκέ διαφορικού είναι η αρχή σύμφωνα με την οποία μπλοκάρει τους δυο τροχούς κατά το ποσοστό που είδαμε. Η εμπλοκή μπορεί να γίνεται σύμφωνα με τη διαφορά ροπής των δυο πλευρών ή σύμφωνα με τη διαφορά ταχυτήτων περιστροφής. Η ροπή και η ταχύτητα περιστροφής δεν είναι ανεξάρτητα μεγέθη, οπότε τελικά οποιαδήποτε κατηγορία διαφορικού κι αν εξετάζουμε θα βρούμε μπροστά μας και τα δυο μεγέθη. Τώρα θα συνεχίσουμε με τον τυπικότερο εκπρόσωπο των διαφορικών που βασίζονται στην διαφορά ροπής των δυο τροχών, το διαφορικό Torsen μια εφεύρεση του Αμερικανού Vernon Gleasman. Το Torsen είναι ένα καθαρό μηχανικό διαφορικό, χωρίς δηλαδή τα ηλεκτρονικά, τα υδραυλικά ή τα συνεκτικά υποσυστήματα των διαφορικών. Υπό κανονικές συνθήκες όπου η ροπή ισοκατανέμεται στους δυο τροχούς (εικ.3.4), το Torsen λειτουργεί ακριβώς όπως και ένα ελεύθερο διαφορικό. Από τη στιγμή που ένας από τους δυο τροχούς χάσει πρόσφυση, ένα σύμπλεγμα γρاناζιών αναλαμβάνει να περάσει ποσοστά ροπής από τον ένα τροχό στον άλλο σύμφωνα με το λόγο κατανομής που είδαμε προηγουμένως: ένα 4:1 Torsen μπορεί να κατανέμει έως και 4 φορές περισσότερη ροπή στον τροχό με την καλύτερη πρόσφυση.



Εικόνα 3.5 : Διαφορικό Torsen T - 2

Η κατασκευή του είναι απλή: πυρήνας του Torsen είναι το σύμπλεγμα γρاناζιών (Inver gears), το οποίο συνήθως περιλαμβάνει τρία ζεύγη γρاناζιών που ονομάζονται (Element gears) βασικά γρανάζια. Όπως καταλαβαίνετε από τα σχήματα, τα βασικά γρανάζια παίζουν το ρόλο των πλανητών ενός ελεύθερου διαφορικού και έχουν αρκετά περίεργο σχήμα, αφού στο μέσο τους έχουν ελικοειδή οδόντωση και στα άκρα τους κανονική ευθεία μετωπική οδόντωση. Το βασικά γρανάζια εμπλέκονται με τα ελικοειδή που είναι τοποθετημένα στο κέντρο του διαφορικού.

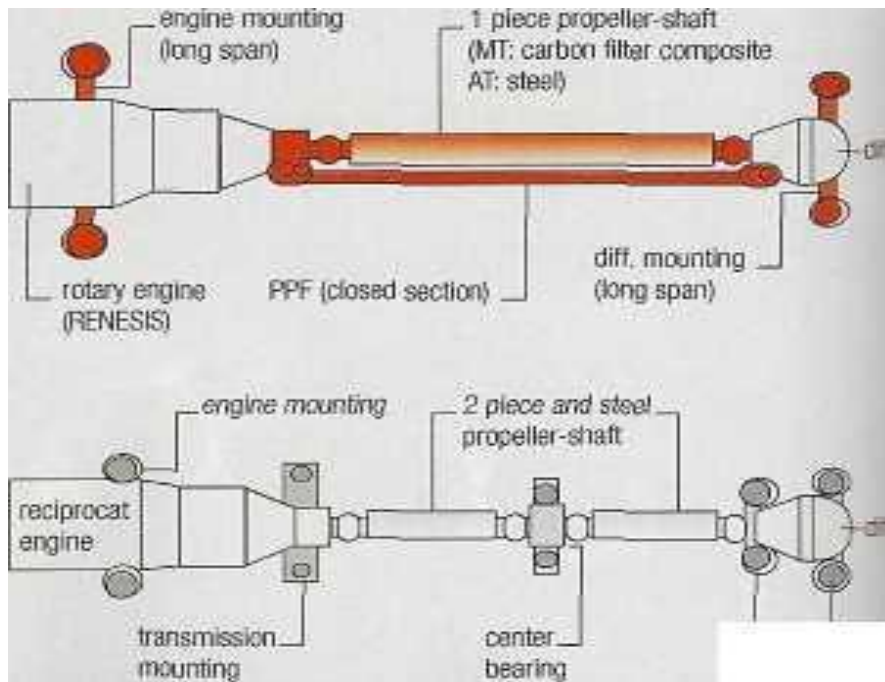


Εικόνα 3.6 : Διαφορικό Torsen – T3

Η διάταξη κορόνα-πινιόν υπάρχει και εδώ, και αφού η κίνηση περάσει από εκεί φτάνει στο ελικοειδές μέρος των βασικών γρاناζιών. Από εκεί περνάει στα ελικοειδή, μεταφέροντας τη ροπή από τη μια πλευρά στην άλλη. Οι δυνάμεις τριβής μεταξύ των διαφορετικών επιφανειών που έρχονται σε επαφή (γρανάζια και δακτύλιοι τριβής) καθώς και η γωνία της ελικοειδούς οδόντωσης, καθορίζουν το ποσοστό εμπλοκής του Torsen. Έτσι λειτουργεί το σύστημα του πρώτου μοντέλου Torsen, το T-1. Στη συνέχεια ακολούθησε το T-2 (εικ.3.5), όπου το σύμπλεγμα Inhex αντικαταστάθηκε από το σύμπλεγμα γρاناζιών Equivex. Σε αντίθεση με το T-1 όπου τα γρανάζια του Inhex ήταν τοποθετημένα με τον άξονα του κάθετα στον άξονα των ημιαξονίων, στα T-2 τα Equivex είναι τοποθετημένα παράλληλα, διάταξη που μείωσε το συνολικό όγκο του διαφορικού και επέτρεψε την εύκολη τοποθέτησή του και στον μπροστινό άξονα (πράγμα που με το T-1 στάθηκε αδύνατον). Τρίτη και τελευταία εξέλιξη του Torsen είναι το T-3 (εικ.3.6) που εξελίχθηκε για να χρησιμοποιηθεί ως κεντρικό διαφορικό σε μόνιμα τετρακίνητα.



Εικόνα 3.7 : Κινητήρας, κιβώτιο, κεντρικός άξονας και διαφορικό



Εικόνα 3.8 : Ο κεντρικός άξονας μετάδοσης

3.4 ΠΡΟΣΦΥΣΗ

Ένας σημαντικός παράγοντας για το κεφάλαιο που αναφερόμαστε είναι η πρόσφυση. Πρόσφυση είναι η δύναμη που θα επιταχύνει ή θα επιβραδύνει το αυτοκίνητο, εξαρτάται από την κάθετη δύναμη που ασκείται στον τροχό και επομένως στο ελαστικό και το συντελεστή τριβής του ζεύγους γόμα ελαστικού-δρόμος, όμως συχνά ξεχνούν τον τρίτο και σημαντικότερο για δεδομένο κινητήρα - σασί παράγοντα, που είναι η ολίσθηση ή το σπινάρισμα των τροχών. Το σπινάρισμα επηρεάζει και τον δεύτερο παράγοντα, αφού ο συντελεστής στατικής τριβής (οι ρόδες κυλούν χωρίς σπινάρισμα) είναι μεγαλύτερος από τον συντελεστή τριβής ολίσθησης όπου οι τροχοί σπινάρουν εκεί βασίζεται σε μεγάλο ποσοστό την λειτουργία του το ABS.

Η πρόσφυση χωρίζεται σε ελκτική (διαμήκης) και σε πλευρική (εγκάρσια). Η ελκτική μας δίνει γραμμική επιτάχυνση και η πλευρική μας δίνει τη κεντρομόλος ή πλευρική επιτάχυνση που πάει να μας πετάξει έξω από το αυτοκίνητο . Οι δυο αυτές δυνάμεις είναι εντελώς διαφορετικές μεταξύ τους, αλλά επειδή πολλοί τα μπερδεύουν ας πούμε ένα απλό παράδειγμα: στο λούνα παρκ, ο δίσκος που

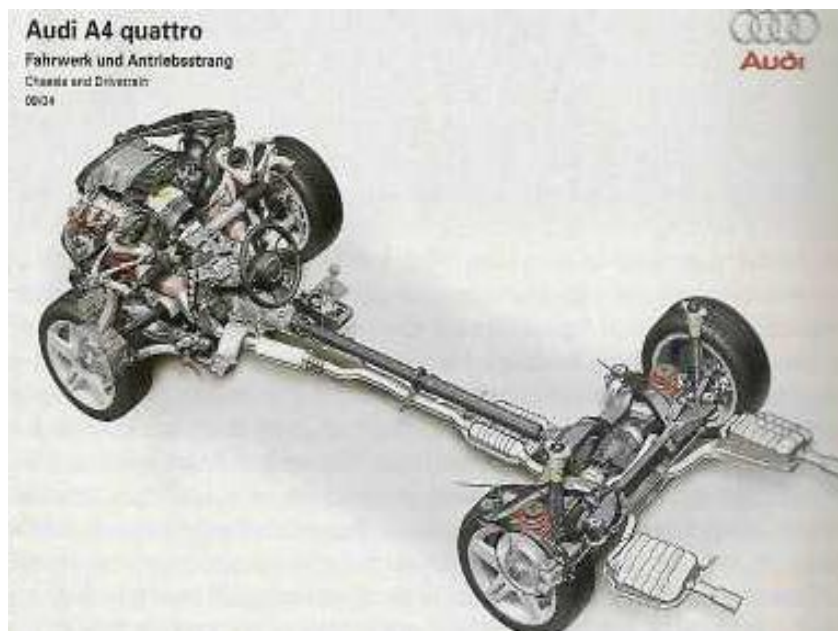
πέφτει προς τα κάτω με π.χ. "5g" αναφέρεται σε γραμμικά g και το σφυρί που γυρνάει με επίσης "5g," αναφέρεται σε πλευρικά. Τα 4-5 g που ακούγονται για τα F-16 είναι πλευρικά και το ίδιο συμβαίνει και στη Formula1, με εξαίρεση τα g του φρεναρίσματος που είναι γραμμικά. Έστω τώρα ένας κινητήρας που μετά το κιβώτιο αποδίδει x kgm ροπή. Αν αυτή η ροπή μοιράζεται σε δυο από τους τέσσερις τροχούς του αυτοκινήτου υπάρχει η πιθανότητα λόγω του μεγέθους της ή του συντελεστή πρόσφυσης οι τροχοί να σπινάρουν. Αν τώρα η ροπή αυτή διαιρεθεί στα τέσσερα αντί στα δυο, αυτομάτως οι πιθανότητες να σπινάρουν οι τροχοί ελαττώνονται αφού μπορούμε να εκμεταλλευτούμε (να μετατρέψουμε) περισσότερη ροπή σε πρόσφυση. Η τετρακίνηση αφορά κατά βάση στην ελκτική και όχι στην πλευρική πρόσφυση. Ένα TT και ένα TT Quattro θα δείξουν πρακτικά τα ίδια πλευρικά g, όμως αν ξεκινήσουν μαζί σε δρόμο με μικρή πρόσφυση, το δεύτερο θα επιταχύνει πολύ περισσότερο. Μια Ferrari με σωστές συνθήκες μπορεί να αναπτύξει πολλά πλευρικά g και ας είναι πισωκίνητη. Από το γεγονός πως εάν ο δρόμος δεν είναι καλός τότε τα πλευρικά και τα γραμμικά g ισοκατανέμονται, από τη στιγμή που το αυτοκίνητο χάνει την πρόσφυση του πάνω στη στροφή, η ελκτική πρόσφυση του τετρακίνητου θα το βοηθήσει να μπορέσει να αναπτύξει πάλι πλευρικά g πολύ πιο άμεσα από το δίκίνητο. Έτσι εξηγείται το τεράστιο πλεονέκτημα των τετρακίνητων σε συνθήκες μόνιμης πλαγιολίσθησης όπως στα χωμάτινα rally και WRC.

3.5 ΟΙ ΔΥΟ ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

Είδαμε ότι ανάμεσα στους τροχούς ενός άξονα χρειαζόμαστε διαφορικό ώστε να μπορεί να υπάρχει μόνιμα ελευθερία μεταξύ των τροχών ταυτόχρονα με την δυνατότητα παροχής ισχύος προς αυτούς. Το ίδιο θέλουμε και μεταξύ των δυο αξόνων του αυτοκινήτου. Σε ένα τετρακίνητο μετά το κινητήρα θέλουμε να μπορεί ο κάθε άξονας να περιστρέφεται ανεξάρτητα, όμως και οι δυο να μπορούν να δεχτούν ροπή. Όλα τα τετρακίνητα διαθέτουν εμπρός και πίσω διαφορικό, όμως από εκεί και μετά χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, σε αυτά που διαθέτουν και τρίτο κεντρικό διαφορικό και σε αυτά που αρκούνται σε δυο.

3.5.1 Κεντρικό διαφορικό

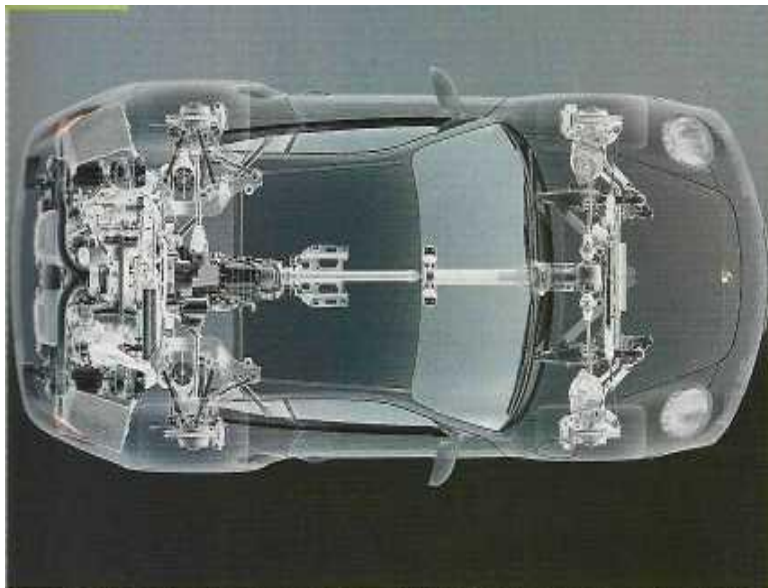
Στα πρώτα το κεντρικό διαφορικό είναι ο υπεύθυνος για το μοίρασμα της ροπής μεταξύ του εμπρός και του πίσω διαφορικού. Τα αυτοκίνητα με κεντρικό διαφορικό, όπως για παράδειγμα το Audi Quattro (εικ.3.9) έχουν μόνιμη τετρακίνηση δηλαδή σπινάρει δεν σπινάρει η ισχύς μοιράζεται. Το διαφορικό στο κέντρο επιτρέπει στον κάθε άξονα την δυνατότητα να κινηθεί με διαφορετική συχνότητα από τον άλλο (σπινάρισμα κίνηση σε καμπύλη τροχιά) χωρίς οι άξονες μετάδοσης δηλαδή να κοντράρουν μεταξύ των δυο άκρων του αυτοκινήτου.



Εικόνα 3.9 : Audi Quattro με διαμήκη κινητήρα

Στα αυτοκίνητα με δυο διαφορικά στη θέση του κεντρικού διαφορικού ο κανόνας λέει ότι συναντάμε διάταξη πολυδίσκου συμπλέκτη και συνήθως τα αυτοκίνητα αυτά είναι κατά συνθήκη τετρακίνητα . Από τη στιγμή που εδώ δεν υπάρχει κεντρικό διαφορικό η ισχύς μεταφέρεται κανονικά στον έναν, από τους δυο άξονες και μόνο στιγμιαία μεταφέρεται ροπή και στον άλλο μέσω του συμπλέκτη. Ας δούμε πιο αναλυτικά την πορεία της ισχύος σε κάθε περίπτωση, αφού έτσι θα καταλάβουμε εύκολα τη βασική λειτουργία που περιγράψαμε προηγουμένως.

Παντού και πάντα μετά το κινητήριο η ισχύς πηγαίνει στο κιβώτιο. Από εκεί σε ένα π.χ. προσθιομήχανο μόνιμα τετρακίνητο (Evo, Impreza, TT Quattro κ.λπ.) η ισχύς μεταφέρεται στο κεντρικό διαφορικό και από εκεί ξεκινά ένας άξονας μετάδοσης για το πίσω διαφορικό (κεντρικός άξονας ή πίσω άξονας μετάδοσης) ενώ ένας άλλος μικρότερος (εμπρός άξονας μετάδοσης) φεύγει προς το εμπρός διαφορικό. Φυσικά από κάθε διαφορικό φεύγουν δυο ημιαξόνια. Το κεντρικό διαφορικό παρέα με άλλα παρελκόμενα της μετάδοσης (ιμάντες, αλυσίδες, συνδέσμους κ.λπ.) περικλείεται στο "transfer case".



Εικόνα 3.10 : Σύστημα Porsche με ηλεκτρομαγνητικά ελεγχόμενο συμπλέκτη

Όταν λέμε κεντρικό διαφορικό, το κεντρικό αναφέρεται στη θέση του διαφορικού στη διάταξη της μετάδοσης και όχι στο αμάξωμα, στην πραγματικότητα το κεντρικό διαφορικό βρίσκεται μπροστά και δίπλα στο κιβώτιο και το μπροστινό διαφορικό ενώ όλα αυτά συχνά αποτελούν ενιαίο συγκρότημα (αν σηκώσεις το αυτοκίνητο στο αναβατώριο βλέπεις ένα ενιαίο κέλυφος).

Έστω τώρα ένα προσθιομήχανο χωρίς κεντρικό διαφορικό που είναι υπό κανονικές συνθήκες προσθιοκίνητο (Audi S3/ TT Quattro, Leon VT4). Εδώ η ισχύς μετά το κιβώτιο πηγαίνει στο εμπρός διαφορικό, το οποίο αφενός από τη μια οδηγεί τα εμπρός ημιαξόνια και αφετέρου τον κεντρικό άξονα, που αφού περάσει από τον κεντρικό συμπλέκτη καταλήγει στο πίσω διαφορικό και στα πίσω ημιαξόνια. Σε ένα προσθιομήχανο τετρακίνητο που είναι πισωκίνητο υπό

κανονικές συνθήκες μετά το κιβώτιο η ισχύς μέσω του κεντρικού άξονα πάει στο πίσω διαφορικό και από εκεί στους πίσω τροχούς, ενώ μέσω πολυδίσκου συμπλέκτη και μικρότερου άξονα μετάδοσης και πάλι μπορεί να εμπλακεί το μπροστινό διαφορικό.

Ανάλογη είναι η διάταξη για αυτοκίνητα με το κινητήρα στο κέντρο η πίσω, π.χ. σε μια τετρακίνητη 911 Porsche (εικ.3.10) η ισχύς μετά το κιβώτιο πηγαίνει στο πίσω διαφορικό και μετά από εκεί φεύγει στους πίσω τροχούς αλλά και προς το εμπρός διαφορικό.

Όπως όμως με ένα ελεύθερο διαφορικό σε ένα άξονα ο ένας τροχός μπορεί να σπινάρει πάρα πολύ έντονα, το ίδιο μπορεί να συμβεί και με τους δυο άξονες εκατέρωθεν ενός κεντρικού διαφορικού. Χρειαζόμαστε λοιπόν διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης και στο κέντρο. Εδώ η λύση είναι είτε το κεντρικό διαφορικό Torsen είτε ο συνδυασμός κεντρικού διαφορικού με πολυδίσκο συμπλέκτη. Όπως δηλαδή συμβαίνει με ένα ελεύθερο διαφορικό σε προσθιοκίνητο που με την προσθήκη πολυδίσκου συμπλέκτη στην έξοδο του γίνεται LSD, αναλόγως εάν χρησιμοποιήσουμε πολυδίσκο συμπλέκτη στην έξοδο του κεντρικού έχουμε λύσει το πρόβλημα. Ο πολυδίσκος συμπλέκτης του κεντρικού διαφορικού μπορεί να είναι είτε συνεκτικός είτε πιο ηλεκτρονικά ελεγχόμενος υδραυλικός. Σκοπός του συμπλέκτη στην έξοδο του κεντρικού διαφορικού είναι να μπλοκάρει το εμπρός και το πίσω διαφορικό στο ποσοστό που έχει επιλεγεί από τον κατασκευαστή κάθε μοντέλου, ανάλογα με το πατινάρισμα των δίσκων και τη δύναμη που ασκεί το υδραυλικό κύκλωμα (όταν αυτό υπάρχει) δηλαδή τα ποσοστά της κατανομής.

Οι απώλειες σε ένα δίκινητο από το κινητήρα μέχρι τους τροχούς είναι περίπου 10-15% και σε ένα μόνιμα τετρακίνητο 20-25%, πώς προκύπτουν αυτές οι τιμές. Ξεκινάμε από ένα μόνιμα τετρακίνητο με 200Ps στο στρόφαλο. Καθώς οι 200 ίπποι θα κατευθυνθούν στους τέσσερις τροχούς, στη πορεία θα πρέπει περάσουν από ζεύγη γρاناζιών και από έδρανα (ρουλεμάν). Σε κάθε ζεύγος γρاناζιών που περνάει η ισχύς χάνεται το 5% των ίππων του και σε κάθε έδρανο χάνεται το 2% ανάλογα με το πόσο καλή είναι η λίπανση του γρاناζιού ή του εδράνου αυτά τα νούμερα αυξάνονται ή ελαττώνονται ελαφρώς αλλά αυτές είναι οι τυπικές τιμές, Μετά το κιβώτιο λοιπόν η ισχύς έχει περάσει από το ζεύγος γρاناζιών πρωτεύοντα δευτερεύοντα και από τουλάχιστον ένα έδρανο, οπότε αυτομάτως στο κεντρικό διαφορικό φτάνουν μόνο $200 * 0,93 = 186Ps$. Στο κεντρικό

διαφορικό έχουμε άλλο ένα ζεύγος γραναζιών κορόνα - πινιόν και έδρανο, οπότε προς τα άλλα δυο διαφορικά δεν φεύγουν από $186/2 = 93Ps$ αλλά από $186 * 0,93/2 = 86Ps$. Οι 86 Ps κάθε άξονα γίνονται με τη σειρά τους 80 μετά το εμπρός/πίσω διαφορικό και έτσι μετά και από τα ρουλεμάν των τροχών μένουμε με 78Ps ανά άξονα. Αν κόψουμε και 2-3 ίππους (2%) ακόμα από τη μεσαία τριβή φτάνουμε στα $77 * 2 = 154Ps$ στους τροχούς. Χάσαμε δηλαδή 46 από τους 200Ps ή το 23% της ισχύς. Σε ένα προσθιοκίνητο έχουμε μόνο κιβώτιο, διαφορικό, τροχούς (δυο ζεύγη γραναζιών και δυο έδρανα) και οι απώλειες είναι λίγο πάνω από το 10% ή περίπου 177Ps στον τροχό. Σε ένα πισωκίνητο οι απώλειες είναι 1-2% μεγαλύτερες από ένα προσθιοκίνητο λόγω των απωλειών του κεντρικού άξονα (175Ps), ενώ σε ένα σύστημα Haldex οι απώλειες (υπό κανονικές συνθήκες χωρίς την εμπλοκή του πίσω άξονα αυξάνονται κατά άλλο ένα 5% περίπου λόγω της ύπαρξης και εμπρός διαφορικού και κεντρικού άξονα που γυρνάει μόνιμα τον μισό πολυδίσκο.

Θα δούμε πιο αναλυτικά κάποιες περιπτώσεις τετρακίνητων αυτοκινήτων που καθεμία τους έχει κάτι το ειδικό. Πρόκειται για συστήματα όπου το καθένα για το δικό του λόγο έχει γράψει μία μικρή ιστορία στην εξέλιξη των τετρακίνητων μεταδόσεων.

Audi Quattro: το σύστημα quattro ξεκίνησε από τους αγώνες, αλλά γρήγορα πέρασε στο δρόμο και αποτέλεσε την πρώτη τετρακίνηση για τον πολύ λαό. Η πρώτη πολιτική γενιά Quattro (1981-1987: Audi Quattro turbo coupe, Audi 80 δεύτερης γενιάς) δεν διέθετε το βασικό χαρακτηριστικό όλων των επόμενων γενεών, δηλαδή το κεντρικό διαφορικό Torsen αλλά είχε ελεύθερα και τα τρία διαφορικά. Το κεντρικό και το πίσω διαφορικό έκλειναν με μπουτόν. Το Quattro δεύτερη γενιάς (1988-1998: Audi S2/RS2) είχε ελεύθερο διαφορικό εμπρός, ελεύθερο πίσω με δυνατότητα κλειδώματος και για πρώτη φορά Torsen κεντρικό. Το τελευταίο έδινε 50%-50% κατανομή υπό κανονικές συνθήκες αλλά μπορούσε να δώσει μέχρι και το 80% σε οποιοδήποτε από τους δύο άξονες. Το Quattro τρίτης γενιάς μπήκε στα Audi με V8 κινητήρα από το 1990 και μετά, κάνοντας δυο τα Torsen διαφορικά, αφού πλέον μόνο το εμπρός έμεινε ελεύθερο. Φτάνουμε στο 1996 και στην τέταρτη γενιά Quattro όπου μπορεί Torsen να είναι μόνο το κεντρικό διαφορικό, όμως τόσο το εμπρός όσο και το πίσω ελεύθερο διαφορικό αντί για χειροκίνητο κλειδώμα από την καμπίνα διαθέτουν EDL. Το τελευταίο είναι μια ήπια εκδοχή του μηχανικού κλειδώματος, όπου ο περιορισμός της ολίσθησης

γίνεται ενεργοποιώντας τα φρένα στο τροχό που σπινάρει μέσω σήματος από τους αισθητήρες περιστροφής του ABS. Η πλέον πρόσφατη γενιά Quattro παρουσιάστηκε μέσα στο 2006. Το 50%-50% της στατικής ροπής μεταβλήθηκε στο πιο πισωκίνητο 40%-60% εμπρός - πίσω.

Porsche PSK: Η Porsche παρουσιάστηκε το 1986, είχε πάρα πολλές τεχνολογικές καινοτομίες για την εποχή της από τα πιο πολύπλοκα, ακριβά και αποτελεσματικά όλων των εποχών αφού είχε μοναδικά χαρακτηριστικά. Η κατανομή της ροπής σε αντίθεση με όλα τα άλλα συστήματα του είδους γίνεται συνεχώς, δηλαδή ακόμα και χωρίς να υπάρξει διαφορά στις ταχύτητες περιστροφής των δυο αξόνων. Υπό κανονικές συνθήκες η κατανομή της ροπής ήταν 40%-60% εμπρός - πίσω, όση δηλαδή και η κατανομή βάρους. Κατά την επιτάχυνση όπου ο πίσω άξονας βυθίζεται η κατανομή της ροπής ακολουθεί αυτήν του βάρους και έτσι το PSK μπορεί να στείλει μέχρι και 80% της ροπής πίσω. Σε συνθήκες χαμηλής πρόσφυσης η κατανομή είναι 50%-50%. Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του συστήματος έπαιρνε σήματα μεταξύ άλλων από την πεταλούδα την γωνία τιμονιού, το επιταχυνσιόμετρο και την πίεση του τούρμπο. Στη θέση του κεντρικού διαφορικού υπήρχε ένας πολυδίσκος συμπλέκτης, όμως σε αντίθεση με όλα τα ανάλογα συστήματα που είδαμε ως τώρα, αυτός δεν αποτελούταν από δυο ομάδες δίσκων όπου εμπλέκονται μεταξύ τους εναλλάξ και κινούνται όλοι μαζί: υπήρχαν 6 ζεύγη ανεξάρτητων δίσκων τριβής και ανάλογα με πόσα από τα ζεύγη αυτό κλείδωνε το υδραυλικό κύκλωμα ελέγχου υπό την επιτήρηση των ηλεκτρονικών, καθοριζόταν και το ποσοστό της ροπής που μεταφερόταν εμπρός. Για να μπορέσει το σύστημα να είναι μόνιμα τετρακίνητο χωρίς κεντρικό διαφορικό οι δίσκοι θα έπρεπε να βρίσκονται μόνιμα σε εμπλοκή και μερικό πατινάρισμα. Αυτό μπορούσε να συμβεί μόνο αν οι δυο άξονες περιστρέφονται με διαφορετική ταχύτητα συνέχεια και επετεύχθη μέσω χρήσης ελαστικών διαφορετικής διαμέτρου εμπρός και πίσω.



Εικόνα 3.11 : Ηλεκτρομαγνητικά ελεγχόμενος πολυδίσκος συμπλέκτης

Το PSK δεν εφαρμόστηκε σε άλλο μοντέλο της Porsche εκτός από την 959. Οι τετρακίνητες 993/996 (Carrera 4 και turbo) διέθεταν απλό συνεκτικό πολυδίσκο συμπλέκτη στο κέντρο (στατική κατανομή 5%-95% εμπρός-πίσω που φτάνει μέχρι και 40%-60%). Για την τελευταία γενιά της 911 Turbo (997) η Porsche εξέλιξε ένα σύστημα τετρακίνησης, όπου ένας ηλεκτρομαγνητικά ελεγχόμενος πολυδίσκος συμπλέκτης (εικ.3.11) έδωσε τη θέση του στον συνεκτικό.



Εικόνα 3.12 : Nissan ATTESA E-TS Pro

Nissan ATTESA E-TS Pro (εικ.3.12): αυτό είναι το σύστημα μετάδοσης των skyline GT-R, η ισχύς πηγαίνει από το κιβώτιο στο πίσω ηλεκτρονικά ελεγχόμενο LSD (υπάρχει δυνατότητα ελέγχου της κατανομής εκτός από εμπρός-πίσω και

αριστερά-δεξιά) και το αυτοκίνητο είναι 100% πισωκίνητο υπό κανονικές συνθήκες. Όταν όμως οι αισθητήρες του ABS σε συνδυασμό με τους αισθητήρες διαμήκους και εγκάρσιας επιτάχυνσης δείξουν ότι απαιτείται ροπή και εμπρός, η ECU του συστήματος δίνει εντολή σε μια υδραυλική αντλία να κλειδώσει έναν πολυδίσκο συμπλέκτη που βρίσκεται μπροστά και πίσω από το κιβώτιο. Ο συμπλέκτης αυτός βρίσκεται με μια ομάδα γραναζιών τα οποία παίρνουν ροπή από την έξοδο του κιβωτίου και τη μεταβιβάζουν σε έναν μικρό άξονα μετάδοσης που κινεί το εμπρός επίσης LSD διαφορικό.

Τα τεράστια πλεονεκτήματα του ATTESA E-TS Pro είναι σαφή, όταν δεν υπάρχει ανάγκη για ροπή εμπρός το Skyline έχει απώλειες πισωκίνητου και όχι μόνιμα τετρακίνητου με κεντρικό διαφορικό, ενώ όταν η ελκτική πρόσφυση είναι μικρή μπορεί να μεταφερθεί εμπρός οποιοδήποτε ποσοστό ροπής του μοτέρ με μέγιστη τιμή το 50%. Στην πράξη το Skyline με το ATTESA E-TS Pro έχει κατά βάση συμπεριφορά πισωκίνητου διαθέτοντας παράλληλα ελκτική πρόσφυση τετρακίνητου και ικανότητα ελεγχόμενου γλιστρήματος με τα τέσσερα μεταβάλλοντας συνεχώς την κατανομή εμπρός-πίσω και αριστερά-δεξιά.

Honda SH-AWD: το σύστημα μετάδοσης SH-AWD (Super Handling All Wheel Drive) είναι η τελευταία λέξη της τεχνολογίας στο συστήματα μετάδοσης. Το SH-AWD είναι μοναδικό διότι ενώ μπορεί να μεταβάλλει συνεχώς την ροπή εμπρός-πίσω και αριστερά-δεξιά στον πίσω άξονα, δεν διαθέτει ούτε κεντρικό διαφορικό ούτε πίσω διαφορικό. Το SH-AWD βασίζει τη λειτουργία του σε δυο ηλεκτρομαγνητικούς πολυδίσκους συμπλέκτες, καθένας υπεύθυνος για έναν πίσω τροχό. Όλα τα μέρη του συστήματος βρίσκονται συγκεντρωμένα στον πίσω άξονα, και αφού η ECU του αυτοκινήτου αναλύσει τα σήματα από τους αισθητήρες του συστήματος υπολογίζει πώς πρέπει να κατανεμηθεί η ροπή στους τέσσερις τροχούς. Στην πίσω άκρη του κεντρικού άξονα μετάδοσης υπάρχει ένας επιταχυντής ο οποίος μέσω πλανητικού συστήματος γραναζιών πολλαπλασιάζει τις στροφές εισόδου του στην έξοδο και στη συνέχεια οδηγεί τη ροπή στους δυο ηλεκτρομαγνητικούς συμπλέκτες. Το SH-AWD υπό κανονικές συνθήκες κίνησης σε ευθεία (στατική κατανομή) στέλνει το 70% της ροπής εμπρός και 30% πίσω, όμως όταν χρειαστεί κατανομή μπορεί να φτάσει μέχρι και το 30%-70% εμπρός-πίσω. Το φοβερό είναι ότι αυτό το 70% που υπάρχει η δυνατότητα να φτάσει στο πίσω άξονα μπορεί να διανεμηθεί στον ένα μόνο πίσω τροχό (τον εξωτερικό) και ο άλλος να μείνει με 0%, δηλαδή η ακραία θέση του

συστήματος είναι 30% της ροπής του V6 κινητήρα εμπρός, 0% στο πίσω εσωτερικό και 70% στον πίσω εξωτερικό.

3.6 ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΤΟ ΠΡΩΤΟ ΑΥC ΤΟΥ MITSUBISHI LANCER EVO IV

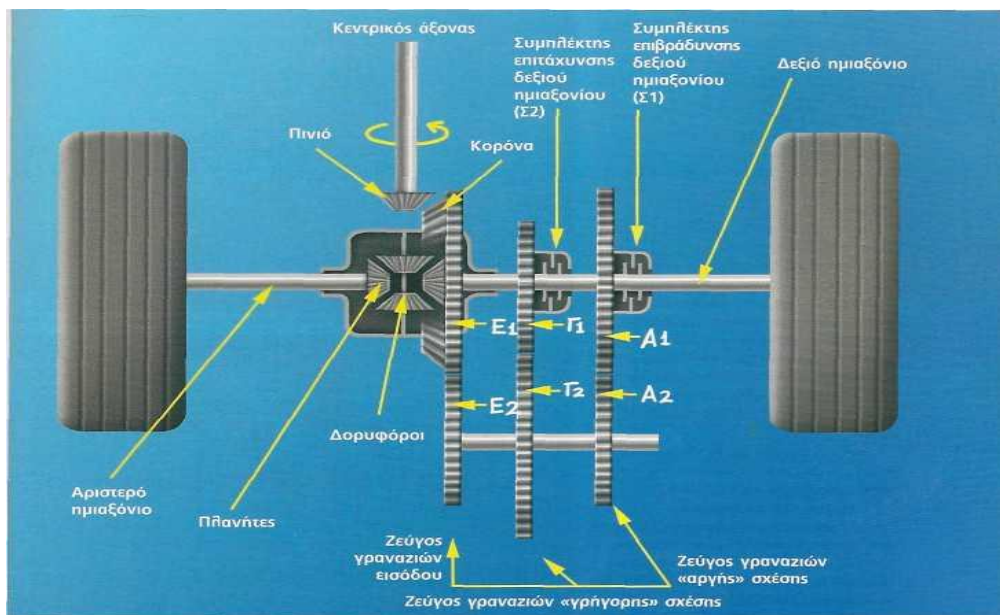
Το πρώτο διαφορικό με ενσωματωμένο Active Yaw Control (AYC) της Mitsubishi, βασιζόταν στην παραδοσιακή συνδεσμολογία των κωνικών γραναζιών.

Η κύρια ιδιότητα καθενός τέτοιου ανοικτού διαφορικού με τους κωνικούς πλανήτες-δορυφόρους, δεν είναι άλλη από την ισοκατανεμημένη ροπή που διοχετεύεται από τους πλανήτες στα δύο ημιαξόνια. Με έναν όμως περιορισμό το μέγεθος αυτής της ροπής που παίρνει κάθε ημιαξόνιο, δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερο από την αντίσταση που προβάλλει ο τροχός εκείνος (από τους δύο) που έχει τη μικρότερη πρόσφυση.

Όσον αφορά τη σύνδεση του διαφορικού AYC με τον αριστερό τροχό, δεν υπάρχει η παραμικρή διαφορά ανάμεσα σε αυτό και ένα συμβατικό. Οι καινοτομίες του διαφορικού της Mitsubishi είναι μαζεμένες, στη δεξιά πλευρά.

Εκεί εκτός από το ημιαξόνιο που συνδέει το δεξιό πλανήτη με το δεξιό τροχό, υπάρχει και ένα επιπρόσθετο κιβώτιο δύο ταχυτήτων, το οποίο συνδέει απ' ευθείας την κορόνα του διαφορικού με το δεξιό τροχό, παρακάμπτοντας το ίδιο το διαφορικό. Με τον τρόπο αυτόν (και ανάλογα με τη σχέση που έχει επιλεγεί αυτόματα στο συγκεκριμένο κιβώτιο), το AYC έχει τη δυνατότητα να προσθέτει ή να αφαιρεί ροπή από το δεξιό τροχό. Έτσι ελέγχεται έστω και εμμέσως, η ροπή που φτάνει και στον αριστερό τροχό. Αυτό επιτυγχάνεται με έναν πολύ ευφυή τρόπο. Εφόσον ο αριστερός πλανήτης παίρνει πάντοτε ίση ροπή με το δεξιό πλανήτη, το AYC έχει τη δυνατότητα να προσδιορίζει την αντίσταση που προβάλλει ο δεξιός πλανήτης (άρα και την ισόποση ροπή που παίρνει ο αριστερός) και στην πορεία να διαφοροποιεί κατά το δοκούν, το μέγεθος της ροπής που εν τέλει θα φτάσει στο δεξιό τροχό.

Για την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας του συστήματος AYC και της διάταξης των κυρίων μερών του, ας ρίξουμε μια ματιά στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 3.13 : Κύρια μέρη του συστήματος ΑΥC

Όπως βλέπουμε, από τον κεντρικό άξονα του αυτοκινήτου η ροπή μεταφέρεται στο πινιόν και από εκεί στην κορόνα. Από την κορόνα, η ροπή περνά στο διαφορικό και μέσω των δορυφόρων ισοκατανέμεται μεταξύ του δεξιού και του αριστερού πλανήτη από τον δεξιό και τον αριστερό πλανήτη μεταφέρεται στους αντίστοιχους τροχούς, μέσω των ημιαξονίων.

Εδώ όμως υπάρχει μία σημαντική διαφορά του ΑΥC, σε σχέση με τα συμβατικά διαφορικά κωνικών γρναζιών. Η ροπή που φτάνει στην κορόνα, δεν μεταβιβάζεται ολόκληρη προς το διαφορικό αλλά μόνον ένα μέρος της. Το υπόλοιπο διακλαδίζεται, παρακάμπτοντας το διαφορικό και μέσω των γρναζιών E_1 και E_2 , προωθείται προς ένα κιβώτιο δύο ταχυτήτων. Η μία ταχύτητα είναι η Αργή (γρναζία A_1 και A_2) και η άλλη είναι η Γρήγορη (γρναζία Γ_1 και Γ_2).

Παρατηρούμε επίσης ότι, μολονότι όλα τα γρναζία του κιβωτίου είναι σε συνεχή εμπλοκή μεταξύ τους, δεν ισχύει το ίδιο και για τις δύο εξόδους του κιβωτίου προς το δεξιό ημιαξόνιο καθώς αυτές ελέγχονται από τους συμπλέκτες $\Sigma 1$ και $\Sigma 2$ αντίστοιχα. Κάτω από συνήθεις συνθήκες οδήγησης, οι συμπλέκτες αυτοί παραμένουν ανοικτοί, επιτρέποντας την ελεύθερη περιστροφή των γρναζιών A_1 και Γ_1 , πάνω στο ημιαξόνιο, ανεξάρτητα από την ταχύτητα και φορά περιστροφής τους σε σχέση με το ίδιο το ημιαξόνιο.

Ας δούμε σε τι χρησιμεύουν όλα αυτά τα περιφερειακά εξαρτήματα που διαφοροποιούν το ΑΥC από τα συμβατικά διαφορικά. Ας υποθέσουμε ότι για οποιονδήποτε λόγο, το ΑΥC πρέπει τη ροπή που μεταφέρεται στο δεξιό τροχό (π.χ. επειδή είναι ο εξωτερικός, σε μία αριστερή στροφή) να είναι αυξημένη, σε σχέση με τη ροπή που θα μεταφερθεί στον αριστερό τροχό.

Στην περίπτωση αυτή θα δώσει εντολή ενεργοποίησης της γρήγορης σχέσης μετάδοσης του κιβωτίου ΑΥC. Κατά συνέπεια, θα κλείσει ο συμπλέκτης Σ2. Το γρανάζι Γ_1 , λόγω της σχέσης πολλαπλασιασμού Γ_2/Γ_1 , κινείται αισθητά ταχύτερα από το ημιαξόνιο και από τη στιγμή που θα ενεργοποιηθεί ο συμπλέκτης Σ2, θα τείνει να το επιταχύνει. Αντίστοιχα, θα επιταχυνθεί και ο δεξιός τροχός.

3.6.1 Τι γίνεται τώρα με τον αριστερό τροχό

Ας θυμηθούμε, στο σημείο αυτό, τη θεμελιώδη ιδιότητα του συμβατικού διαφορικού. Η συνολική ροπή που η κορόνα διανέμει, μέσω των δορυφόρων, στους δύο πλανήτες, είναι ίση με το διπλάσιο της ροπής που μπορεί να παραλάβει ο πλανήτης εκείνος που προβάλλει τη μικρότερη αντίσταση.

Στην προκειμένη περίπτωση, ο δεξιός πλανήτης είναι αυτός που προβάλλει τη μικρότερη αντίσταση καθώς ο τροχός του τροφοδοτείται εξωτερικά με επιπρόσθετη ροπή (έχοντας και αυξημένη ταχύτητα περιστροφής) από το κιβώτιο του ΑΥC, μέσω του συμπλέκτη Σ2. Η απομακρυσμένη αυτή προσθήκη ροπής στο δεξιό ημιαξόνιο, από σημείο εκτός του διαφορικού, έχει ως αποτέλεσμα να μικρύνει την αντίσταση που προβάλλει ο δεξιός πλανήτης, κάνοντάς τον να συμπεριφέρεται σαν να ανήκει σε τροχό που σπινάρει. Κατά συνέπεια, ο αριστερός πλανήτης, καθώς δεν μπορεί να παραλάβει μεγαλύτερη ροπή από τον δεξιό πλανήτη, δεν μπορεί να παραλάβει (άρα και να μεταδώσει στον αντίστοιχο τροχό του) πάρα πολύ μικρά, μόνο ποσά ροπής.

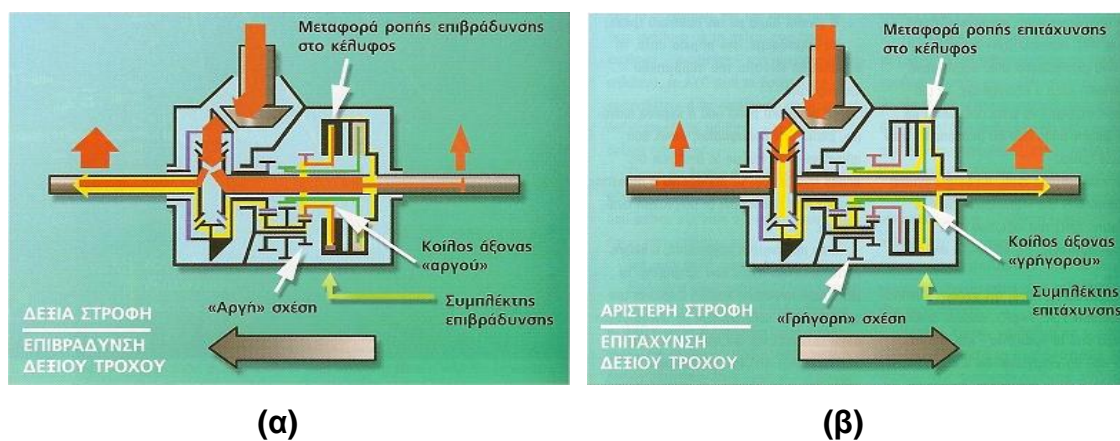
Σε ένα συμβατικό διαφορικό όταν ο ένας τροχός επιταχυνθεί στιγμιαία πάντοτε σε σχέση με τη γωνιακή ταχύτητα του κεντρικού άξονα, ο απέναντι τροχός θα επιβραδυνθεί κατά το ισόποσο. Για τον ίδιο ακριβώς λόγο που σε ένα ακινητοποιημένο αυτοκίνητο με τους δύο τροχούς στον αέρα, όταν στρίψουμε τον ένα τροχό προς τη μία κατεύθυνση, ο άλλος θα περιστραφεί αντίθετα.

Έτσι, όταν ο δεξιός τροχός επιταχυνθεί (εικ.3.14β) παραλαμβάνοντας ροπή μέσω του συμπλέκτη Σ2 από τη γρήγορη σχέση του κιβωτίου ΑΥC, ο αριστερός τροχός θα επιβραδυνθεί, υποβοηθώντας το αυτοκίνητο στην εκτέλεση της αριστερής στροφής. Τι γίνεται όμως στις δεξιές στροφές, από τη στιγμή που το ΑΥC ελέγχει μόνο τον δεξιό τροχό. Στην περίπτωση αυτή, το ΑΥC επιλέγει για τον δεξιό (τώρα εσωτερικό στην στροφή) τροχό την αργή σχέση (εικ.3.14α) αφήνοντας τον συμπλέκτη Σ2 ανοικτό και ενεργοποιώντας τον συμπλέκτη Σ1.

Λόγω της σχέσης υποπολλαπλασιασμού A_2/A_1 , το γρανάζι A_1 κινείται με γωνιακή ταχύτητα αισθητά μικρότερη από αυτή του δεξιού ημιαξονίου. Έτσι, από τη στιγμή που θα κλείσει ο συμπλέκτης Σ1, το γρανάζι A_1 θα φρενάρι το ημιαξόνιο και μαζί του και τον δεξιό τροχό. Τότε στο διαφορικό θα μεταφερθεί ισόποση ροπή και στους δύο πλανήτες, με συνεχώς επιταχυνόμενο τον αριστερό πλανήτη (σαν να ανήκει σε τροχό που σπινάρει) καθώς ο δεξιός πλανήτη αντιστοιχεί σε φρεναρισμένο ημιαξόνιο.

Το αποτέλεσμα για ακόμα μία φορά θα είναι να επιταχυνθεί ο εξωτερικός τροχός (ο αριστερός) και να επιβραδυνθεί ο εσωτερικός (ο δεξιός).

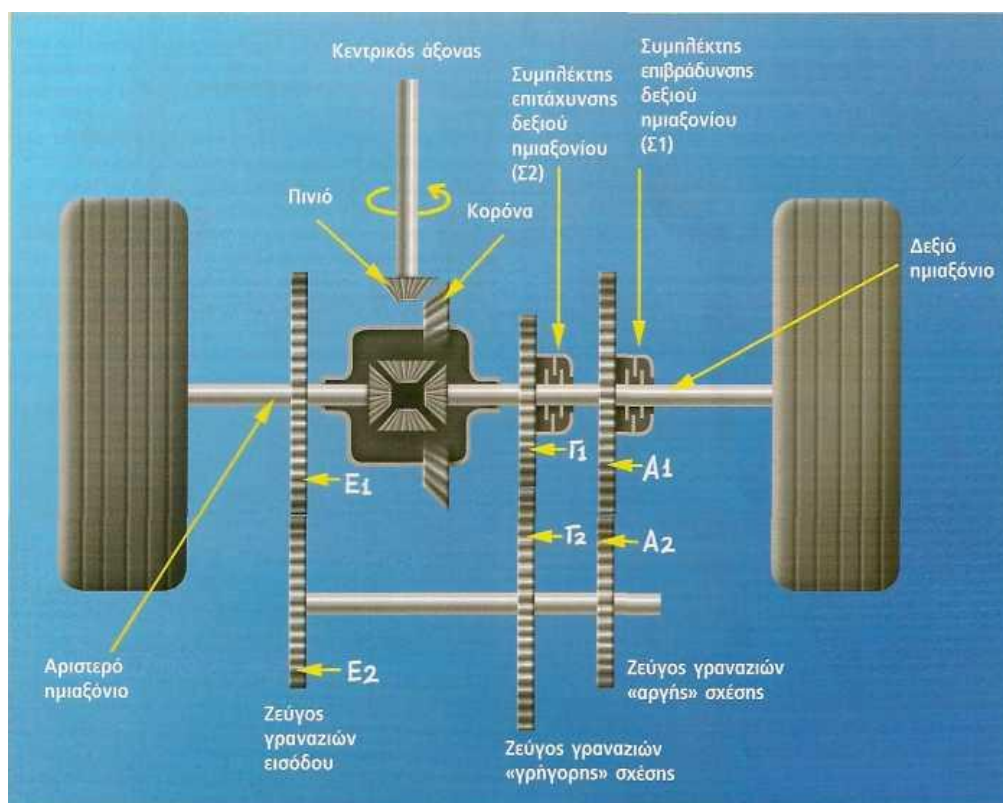
Στην πράξη, η συνδεσμολογία των επί μέρους τμημάτων του διαφορικού ΑΥC είναι παρόμοια με αυτή του επεξηγηματικού αναπτύγματος που μόλις περιγράψαμε. Εκείνο που διαφέρει είναι η χωροταξία των εξαρτημάτων, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο συνολικός όγκος της όλης κατασκευής. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο και οι περισσότεροι από τους άξονες της κατασκευής είναι στην ουσία κούφιοι σωλήνες οι οποίοι περιβάλλουν ομόκεντρα το δεξιό ημιαξόνιο, το αποτέλεσμα όμως είναι ακριβώς το ίδιο.



Εικόνα 3.14 : Αντίδραση δεξιού τροχού στο σύστημα ΑΥC

3.7 ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΤΟ SUPER-AYC ΤΟΥ MITSUBISHI LANCER EVO VIII

Το αρχικό AYC του Evo IV βασιζόταν στις επιλεκτικές διαφοροποιήσεις της γωνιακής ταχύτητας του δεξιού ημιαξονίου ως προς την ταχύτητα περιστροφής της κορόνας. Στην περίπτωση του Super-AYC, η κορόνα είναι αμέτοχη και ο έλεγχος γίνεται απευθείας μεταξύ των γωνιακών ταχυτήτων που έχουν ή εξαναγκάζονται να έχουν τα δύο ημιαξόνια.



Εικόνα 3.15 : κύρια μέρη του συστήματος AYC- SUPER

Εκείνο όμως που είναι καταπληκτικό, είναι το γεγονός ότι οι σχεδιαστές του Super-AYC κατάφεραν να χωρέσουν, μέσα στον ίδιο ακριβώς όγκο του διαφορικού του αρχικού AYC, μία εντελώς διαφοροποιημένη συνδεσμολογία, χρησιμοποιώντας όμως επί το πλείστον τα ίδια ακριβώς εξαρτήματα.

Ας ξεχάσουμε προς στιγμή ότι το διαφορικό του Super-AYC είναι για λόγους χωροταξίας, επικυκλικό και όχι συμβατικό, με κωνικά γρανάζια, και ας δεχτούμε

ότι η αρχή λειτουργίας του είναι παραπλήσια με αυτή του συνοδευτικού σχήματος. Ενός σχήματος απόλυτα συγκρίσιμου με αυτό του απλού AYC.

Όπως βλέπουμε, υπάρχει και εδώ το κιβώτιο AYC, με τις σχέσεις γρاناζιών A_1/A_2 και Γ_1/Γ_2 οι οποίες, επιλεκτικά, επιβραδύνουν ή επιταχύνουν το δεξιό ημιαξόνιο, ανάλογα με το αν είναι ενεργοποιημένοι, αντίστοιχα, οι συμπλέκτες $\Sigma 1$ (συμπλέκτης επιβράδυνσης του δεξιού ημιαξονίου) και $\Sigma 2$ (επιτάχυνσης).

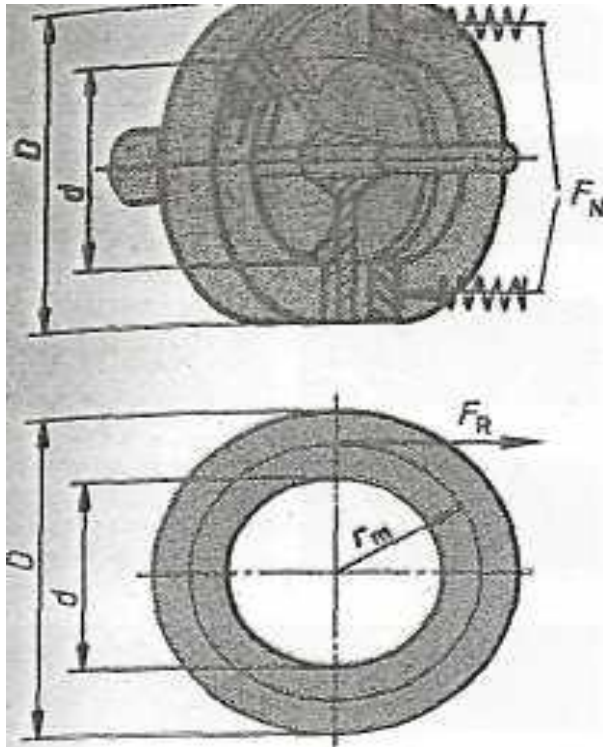
Η σημαντική όμως διαφορά βρίσκεται στη θέση του ζεύγους γρاناζιών εισόδου (E_1, E_2) της ροπής στο κιβώτιο AYC. Τα γρανάζια αυτά δεν συνδέουν πλέον την κορόνα με το κιβώτιο S-AYC αλλά απευθείας το αριστερό ημιαξόνιο.

Φυσικά στην πράξη δεν θα ήταν δυνατόν να επιτευχθεί μια τέτοια συνδεσμολογία χωρίς να μεταβληθεί ριζικά η αρχική (AYC) δομή του διαφορικού και των παρελκομένων, προκειμένου το AYC να αναβαθμιστεί σε Super-AYC. Αυτός ακριβώς ήταν και ο λόγος που το διαφορικό με τα κωνικά γρανάζια αντικαταστάθηκε και τη θέση του πήρε ένα επικυκλικό, του οποίου η εξωτερική στεφάνη είναι συνδεδεμένη με την κορόνα, ο ήλιος με το δεξιό ημιαξόνιο και ο φορέας των (κυλινδρικών) πλανητών με το αριστερό ημιαξόνιο. Με τον τρόπο αυτόν, ικανοποιείται και η αρχική, απαιτούμενη συνθήκη του διαφορικού. Όταν η κορόνα είναι ακίνητη, η περιστροφή του ενός ημιαξονίου προς τη μία κατεύθυνση, πρέπει να προκαλεί κίνηση του άλλου προς την αντίθετη κατεύθυνση.

4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

4.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΕΩΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ - ΣΥΜΠΛΕΚΤΗΣ

Είναι ο πρώτος μηχανισμός του συστήματος μετάδοσης κίνησης και βρίσκεται αμέσως μετά τον κινητήρα, δηλαδή μεσολαβεί μεταξύ σφονδύλου και κιβωτίου ταχυτήτων. Σκοπός του είναι να συνδέει και να αποσυνδέει τον στροφαλοφόρο άξονα (μέσω του σφονδύλου) και του πρωτεύοντα άξονα του κιβωτίου ταχυτήτων. Ο συμπλέκτης του αυτοκίνητου χρησιμεύει για τη μετάδοση της ροπής στρέψεως του κινητήρα στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης και για την προσωρινή αποσύνδεση του κινητήρα και ομαλή εκκίνηση. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε ένα ξερό μηχανικό συμπλέκτη ο οποίος χρησιμοποιείται σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα στα αυτοκίνητα με χεροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων. Ο συμπλέκτης μπορεί να είναι με ένα δίσκο τριβής ή με δυο δίσκους τριβής. Ο συμπλέκτης αποτελείται από δακτυλιοειδείς πλάκες (δίσκοι). Ανάμεσα τους βρίσκεται ένας λεπτός δίσκος επικαλυμμένος και από τις δύο μεριές με ειδικό υλικό που αυξάνει τη τριβή (φερμουίτ), ο οποίος ονομάζεται δίσκος τριβής του συμπλέκτη και μεταδίδει την κίνηση στο κιβώτιο ταχυτήτων. Ο δίσκος τριβής του συμπλέκτη είναι σφηνωμένος με τη δύναμη των ελατηρίων στο σφόνδυλο και την πλάκα πίεσης. Στο παρακατω σχημα θα υπολογισουμε την επιφανεια μιας επιστρωμενης πλευρας (A), τη συνολικη δυναμη πιεσεως (F_N), τη δύναμη τριβής μιας επιστρωμένης πλευράς (F_r), τη μεση ακτινα εφαρμογης (r_m) και τελος την μεταφερόμενη ροπή στρέψεως (M_k).



Εικόνα 4.1 : Δίσκος συμπλέκτη

- F_R δύναμη τριβής μιας επιστρωμένης πλευράς σε N
- F_N συνολική δύναμη πίεσεως σε N
- μ_H συντελεστής τριβής προσφύσεως
- A επιφάνεια μιας επιστρωμένης πλευράς σε cm^2
- ρ επιφανειακή πίεση σε N/cm^2
- D εξωτερική διάμετρος σε cm
- d εσωτερική διάμετρος σε cm
- z αριθμός δίσκων συμπλέκτη
- M_k μεταφερόμενη ροπή στρέψεως σε NM
- M_{\max} μέγιστη ροπή στρέψεως κινητήρα σε NM
- r_m Μέση ακτίνα σε cm
- Συντελεστής ασφαλείας ($S = 1,7 \dots 2,0$)

Παράδειγμα 1 : Συμπλέκτης ενός δίσκου

Δεδομένα : $D = 180 \text{ mm}$, $d = 125 \text{ mm}$, $\rho = 20 \text{ N}/\text{cm}^2$ $\mu_H = 0.3$

Ζητούμενα : $A = ;$, $F_N = ;$, $F_R = ;$, $r_m = ;$, $M_k = ;$

Λύση

Αρχικά θα υπολογίσουμε την επιφάνεια μιας πλευράς σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο :

$$A = (\pi/4) * (D^2 - d^2) = (\pi/4) * (18^2 - 12,5^2) \text{ cm}^2 = 131.75 \text{ cm}^2$$

Στη συνέχεια θα βρούμε πόσο είναι η συνολική δύναμη πίεσεως που ασκείται στο δίσκο :

$$F_N = A * \rho = 131.75 \text{ cm}^2 * 20 \text{ N/cm}^2 = 2635 \text{ N}$$

Αφού ξέρουμε τώρα τη συνολική δύναμη πίεσεως μπορούμε να βρούμε τη δύναμη τριβής μιας επιστρωμένης πλευράς :

$$F_R = F_N * \mu_H = 2635 \text{ N} * 0.3 = 790.5 \text{ N}$$

Για να υπολογίσουμε τώρα τη μεταφερόμενη ροπή στρέψεως στο δίσκο θα πρέπει αρχικά να βρούμε τη μέση ακτίνα του δίσκου :

$$r_m = (D + d) / 4 = (18 + 12.5) / 4 = 7.625 \text{ cm}$$

$$M_k = 2 * F_R * r_m * z = 2 * 790.5 \text{ N} * 7.625 \text{ cm} * 1 = 12055 \text{ Ncm} = 120.55 \text{ Nm}$$

Το δεύτερο παράδειγμα που ακολουθεί είναι για συμπλέκτη 2 δίσκων τριβής όπου εδώ μας δίνονται :

$$D = 160 \text{ mm} \quad d = 110 \text{ mm} \quad \rho = 20 \text{ N/cm}^2 \quad \mu_H = 0,32$$

Ζητούνται : $F_R = ;$ $M_k = ;$

Λύση

Για να βρούμε την δύναμη τριβής (F_R) θα πρέπει αρχικά να υπολογίσουμε την συνολική δύναμη πίεσεως των δυο δίσκων :

$$F_N = (\pi/4) * (D^2 - d^2) * \rho = \pi/4 * (16^2 \text{ cm}^2 - 11^2 \text{ cm}^2) * 20 \text{ N/cm}^2 = 2120.6 \text{ N}$$

Τώρα μπορούμε να υπολογίσουμε την δύναμη τριβής εφόσον γνωρίζουμε τη συνολική δύναμη πίεσεως :

$$F_R = F_N * \mu_H = 2120.6 \text{ N} * 0.32 = 678.6 \text{ N}$$

Για τον υπολογισμό της μεταφερομένης ροπής στρέψεως M_k για συμπλέκτη δυο δίσκων τριβής θα πρέπει να βρούμε πρώτα την περιφερειακή δύναμη των δίσκων και επιπλέον τη μέση ακτίνα αυτών :

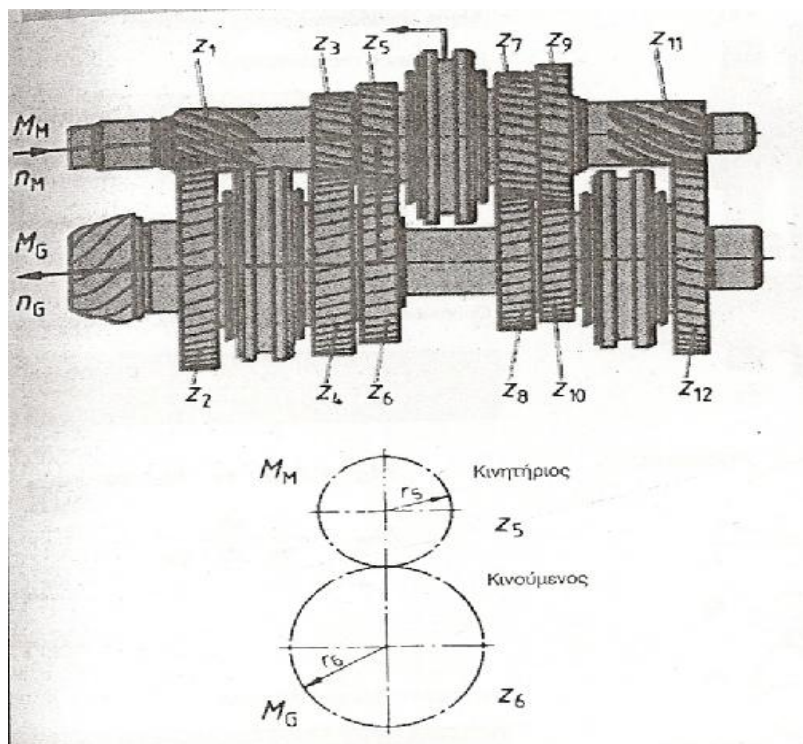
$$F_k = 2 * F_N * z = 2 * 2120.6 \text{ N} * 2 = 8482.4 \text{ N}$$

$$r_m = (D + d) / 4 = (16 \text{ cm} + 11 \text{ cm}) / 4 = 6.75 \text{ cm}$$

$$M_k = F_k * r_m = 8482.4 \text{ N} * 6.75 \text{ cm} = 572.6 \text{ Nm}$$

4.2 ΚΙΒΩΤΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ 5 ΣΧΕΣΕΩΝ

Οι λόγοι μεταδόσεως όλων των σχέσεων δημιουργούνται με ζεύξη κάθε φορά ενός ζεύγους οδοντοτροχών. Στη παρακάτω εικόνα βλέπουμε τέτοια ζεύγη οδοντωτών τροχών. Στόχος μας λοιπόν είναι να βρούμε τους λόγους μεταδόσεως στο κιβώτιο ταχυτήτων στις επιμέρους σχέσεις. Επίσης τις στροφές στην έξοδο του κιβωτίου ταχυτήτων και τη ροπή στρέψεως στην έξοδο του κιβωτίου ταχυτήτων.



Εικόνα 4.2 : Κιβώτιο ταχυτήτων 5 σχέσεων

Z_1, Z_3, Z_5, \dots	Αριθμοί δοντιών κινητήριων τροχών
Z_2, Z_4, Z_6, \dots	Αριθμοί δοντιών κινούμενων τροχών
M_M	Ροπή στρέψεως κινητήρα σε NM
M_G	Ροπή στρέψεως στην έξοδο του κιβώτιου ταχυτήτων
i_G	Λόγος μεταδόσεως κιβώτιο ταχυτήτων
i_{G1}, i_{G2}, \dots	Λόγος μεταδόσεως κιβώτιο ταχυτήτων στις επιμέρους σχέσεις
r_1, r_2	Ακτίνες αρχικών κύκλων
n_M	Στροφές κινητήρα σε 1/M1N
n_G	Στροφές στην έξοδο του κιβώτιου ταχυτήτων σε 1/MIN

Υπολογισμός διαφόρων μεγεθών για κιβώτιο ταχυτήτων 5 σχέσεων

Τα δεδομένα για το κιβώτιο είναι: $Z_1 = 12, Z_2 = 49, Z_3 = 19, Z_4 = 46, Z_5 = 28, Z_6 = 40, Z_7 = 36, Z_8 = 36, Z_9 = 45, Z_{10} = 30, Z_{11} = 12, Z_{12} = 47$. Επίσης οι στροφές του κινητήρα είναι $n_M = 3500$ 1/min, βαθμός απόδοσης κιβωτίου ταχυτήτων $\eta_G = 0.97$ και ροπή στρέψεως κινητήρα $M_M = 140$ Nm

Υπολογισμός του λόγου μεταδόσεως στο κιβώτιο ταχυτήτων σ' όλες τις σχέσεις :

$$i_{G1} = Z_2 / Z_1 = 49 / 12 = 4.08$$

$$i_{G2} = Z_4 / Z_3 = 46 / 19 = 2.42$$

$$i_{G3} = Z_6 / Z_5 = 40 / 28 = 1.43$$

$$i_{G4} = Z_8 / Z_7 = 36 / 36 = 1$$

$$i_{G5} = Z_{10} / Z_9 = 30 / 45 = 0.67$$

$$i_{GR} = Z_{12} / Z_{11} = 47 / 12 = 3.92$$

Στροφές στην έξοδο του κιβωτίου ταχυτήτων σ' όλες τις σχέσεις :

$$n_{G1} = n_M / i_{G1} = 3500 / 4.08 = 856$$
 1/min

$$n_{G2} = n_M / i_{G2} = 3500 / 2.42 = 1446$$
 1/min

$$n_{G3} = n_M / i_{G3} = 3500 / 1.43 = 2447$$
 1/min

$$n_{G4} = n_M / i_{G4} = 3500 / 1 = 3500$$
 1/min

$$n_{G5} = n_M / i_{G5} = 3500 / 0.67 = 5223$$
 1/min

$$n_{GR} = n_M / i_{GR} = 3500 / 3.92 = 893$$
 1/min

Ροπή στρέψεως στην έξοδο του κιβωτίου ταχυτήτων σ' όλες τις σχέσεις:

$$M_{G1} = M_M * i_{G1} * N_G = 140 \text{ Nm} * 4.08 * 0.97 = 554.1 \text{ Nm}$$

$$M_{G2} = M_M * i_{G2} * N_G = 140 \text{ Nm} * 2.42 * 0.97 = 328.6 \text{ Nm}$$

$$M_{G3} = M_M * i_{G3} * N_G = 140 \text{ Nm} * 1.43 * 0.97 = 194.2 \text{ Nm}$$

$$M_{G4} = M_M * i_{G4} * N_G = 140 \text{ Nm} * 1 * 0.97 = 135.8 \text{ Nm}$$

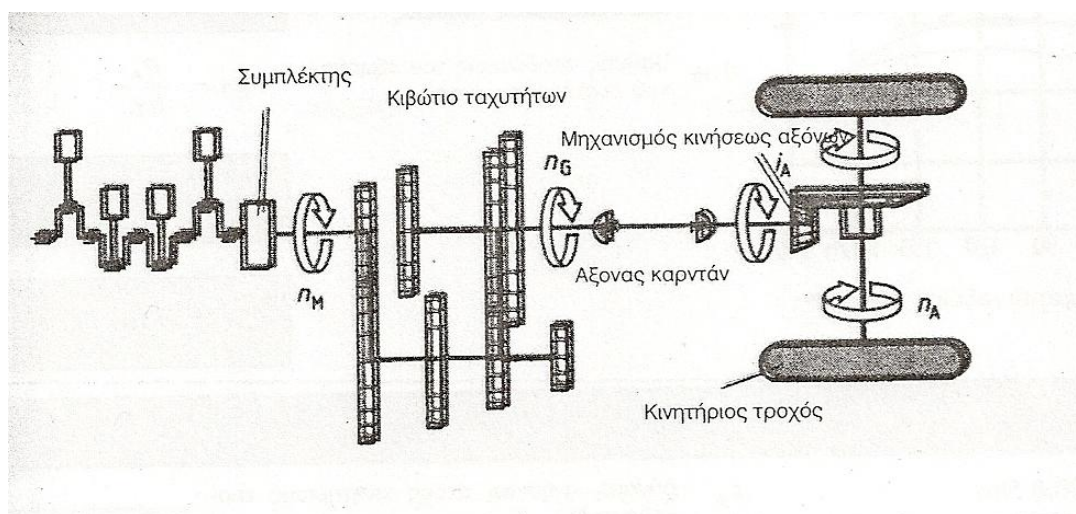
$$M_{G5} = M_M * i_{G5} * N_G = 140 \text{ Nm} * 0.67 * 0.97 = 91 \text{ Nm}$$

$$M_{GR} = M_M * i_{GR} * N_G = 140 \text{ Nm} * 3.92 * 0.97 = 532.3 \text{ Nm}$$

Παρατηρήσεις : Η μέγιστη ροπή κινήσεως είναι διαθέσιμη στην πρώτη σχέση. Ο λόγος μεταδόσεως για την πρώτη σχέση έχει υπολογιστεί έτσι, ώστε αυτός μαζί με τον λόγο μεταδόσεως στο σύστημα κορόνας - πινίων να επιτρέπει την κίνηση σε κλίση εδάφους με τον σκοπό χρησιμοποίησεως του οχήματος. Η μέγιστη ταχύτητα πραγματοποιείται εδώ με την πέμπτη σχέση.

4.3 ΛΟΓΟΣ ΜΕΤΑΔΟΣΕΩΣ ΟΛΟΚΛΗΡΟΥ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ

Στη παρακάτω εικόνα βλέπουμε την φορά των στροφών ολόκληρου του συστήματος κινήσεως. Μπορούμε να διακρίνουμε τις στροφές του κινητήρα (n_M), τις στροφές στην έξοδο του κιβωτίου ταχυτήτων (n_G), το λόγο μεταδόσεως κινήσεως των αξόνων (i_A) ο οποίος δίνεται από τη σχέση αριθμό δοντιών κορόνας (Z_T) προς αριθμό δοντιών πινίων (Z_K) και τέλος τις στροφές των κινητήριων τροχών (n_A)



Εικόνα 4.3 : Σύστημα κινήσεως οχήματος

Διάφοροι υπολογισμοί για το παραπάνω σύστημα κινήσεως

Αρχικά θα υπολογίσουμε το λόγο μεταδόσεως των αξόνων (i_A) αφού γνωρίζουμε τον αριθμό των δοντιών της κορόνας $Z_T = 57$ και τον αριθμό των δοντιών του πινιού $Z_K = 13$. Έτσι έχουμε :

$$i_A = Z_T / Z_K = 57 / 13 = 4.38$$

Εφόσον τώρα ξέρουμε το λόγο μεταδόσεως των αξόνων μπορούμε να υπολογίσουμε και τις στροφές των κινητήριων τροχών $n_A = n_G / i_A$. Όπου n_G οι στροφές στην έξοδο του κιβωτίου ταχυτήτων και ισούται με $n_G = 3015 \text{ 1/ min}$. Έτσι τώρα έχουμε :

$$n_A = n_G / i_A = 3015 / 4.38 = 688 \text{ 1/ min}$$

Για να υπολογίσουμε στη συνέχεια τις στροφές του κινητήρα θα πρέπει να βρούμε το λόγο μεταδόσεως στο κιβώτιο ταχυτήτων (i_G) ο οποίος δίνεται από τη σχέση $i_G = M_G /$

M_M , όπου M_G ροπή στρέψεως στην έξοδο του κιβωτίου ταχυτήτων και M_M ροπή στρέψεως κινητήρα. Γνωρίζουμε ότι $M_G = 170 \text{ Nm}$ και $M_M = 120 \text{ Nm}$. Άρα έχουμε :

$$i_G = M_G / M_M = 170 / 120 = 1.42$$

$$n_M = n_A * i_G * i_A = 688 * 1.42 * 4.38 = 4155 \text{ 1/ min}$$

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Πεχλιβάνογλου Σ., *Ηλεκτρονικά ελεγχόμενα κιβώτια ταχυτήτων*, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Αθήνα 2003
2. Βούλγαρης Μ., *Τεχνική Ατζέντα Μηχανικού Αυτοκινήτου*, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα 1998
3. Κωσταντινίδη Ν., *Εργαστήριο Αυτοκινήτου*, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα 1996
4. Barnes I., *Gearbox Overhaul Manual*, Εκδόσεις illustrated, London 2004
5. Barnes I., *Clutches*, Εκδόσεις illustrated, London 2001
6. Παπασπυρόπουλος Ν., *Μετάδοση – Συμπλέκτες- Διαφορικά*, Power Techniques, τεύχος 55, σελ. 45-78, Αθήνα 2003
7. Παύλου Γ., *Διαφορικά*, Power Techniques, τεύχος 88, σελ. 50 – 65, Αθήνα 2006
8. <http://el.wikipedia.org/wiki/Συμπλέκτης>
9. http://www.ketheyo.gr/ekpaideuteite/part1/1_1.asp
10. <http://www.ibiza.gr/forum/showthread.php?t=5426>
11. http://www.ketheyo.gr/ekpaideuteite/part1/1_2.asp

