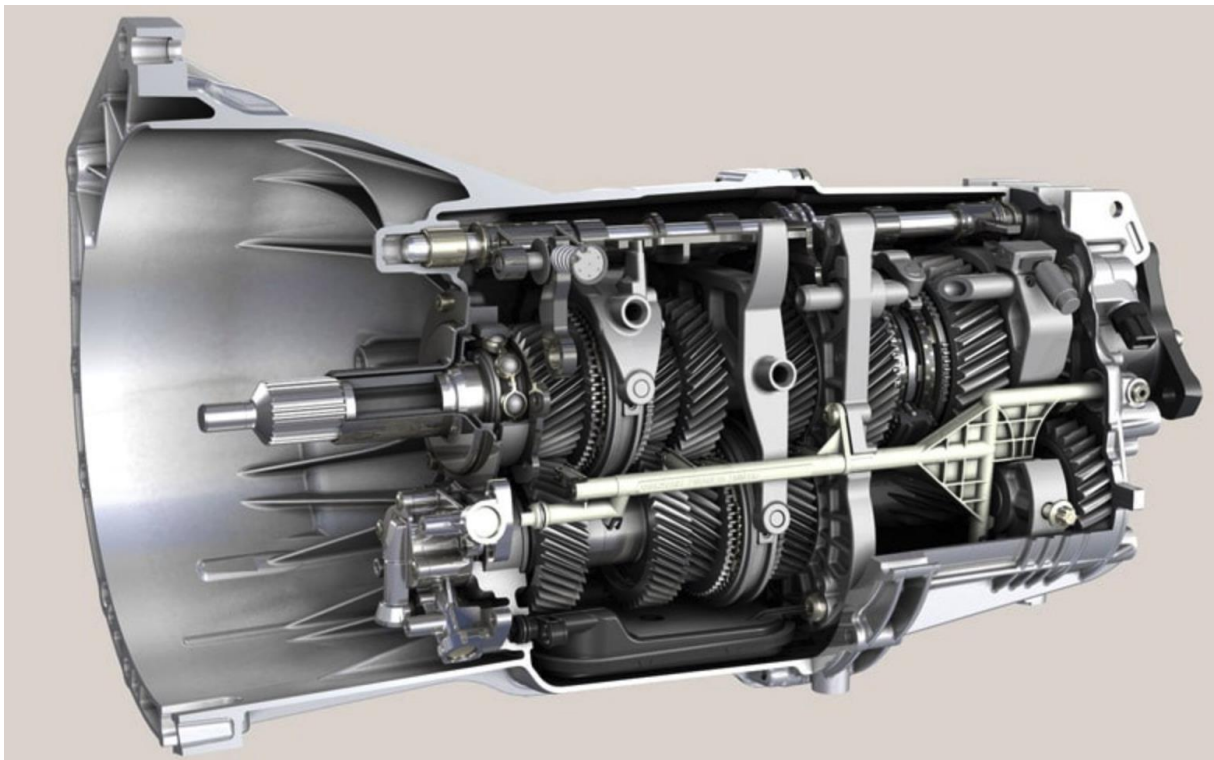


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΙΒΩΤΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ, ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΑ, ΑΥΤΟΜΑΤΑ ΚΑΙ ΗΜΙΑΥΤΟΜΑΤΑ



ΚΑΡΑΝΤΩΝΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ (ΑΜ) 6466
ΓΙΑΤΑΓΑΝΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ (ΑΜ) 6552

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2022

Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου και αποτελεί ένα από τα σημαντικά και ενδιαφέροντα κομμάτια που διδαχτήκαμε κατά τη φοίτησή μας. Κατά τη διάρκεια συγγραφής της εργασίας διευρύνσαμε περισσότερο τις γνώσεις μας στα κιβώτια ταχυτήτων και στα συστήματα μετάδοσης κίνησης γενικότερα. Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα τον επιβλέποντα αναπληρωτή καθηγητή Γιαννόπουλο Ανδρέα, ο οποίος με την κατάλληλη καθοδήγησή του και τις χρήσιμες υποδείξεις του μας βοήθησε στη διεκπεραίωση αυτής της εργασίας.

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

Οι σπουδαστές

(Ονοματεπώνυμο)

.....

(Ονοματεπώνυμο)

.....

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στα χειροκίνητα, αυτόματα και ημιαυτόματα κιβώτια ταχυτήτων των οχημάτων. Τα κιβώτια ταχυτήτων είναι απαραίτητα για τη χρήση των κινητήρων, για να διατηρούν την ταχύτητα σε όλες τις συνθήκες φορτίου και ταχύτητας του οχήματος. Επίσης, για να μπορεί ο κινητήρας να λειτουργεί ταχύτερα στο δρόμο καθώς και για να πολλαπλασιάσει τη ροπή, απαιτείται ένα κιβώτιο ταχυτήτων.

Η ανάπτυξη του θέματος πραγματοποιείται σε τέσσερα κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται στους κινητήρες και στις σχέσεις μετάδοσης. Πιο συγκεκριμένα, το κεφάλαιο αυτό χωρίζεται σε πέντε μέρη. Αναλυτικότερα, το πρώτο μέρος αναφέρεται στην ισχύ και τη ροπή των κινητήρων και το δεύτερο αναφέρεται στους παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργία των κινητήρων εσωτερικής καύσης. Το τρίτο μέρος του κεφαλαίου αυτού παρουσιάζει τα διάφορα κιβώτια. Τέλος, το τέταρτο μέρος παρουσιάζει την επιλογή των κατάλληλων σχέσεων μετάδοσης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται αναλυτικά τα κιβώτια ταχυτήτων. Πιο συγκεκριμένα το κεφάλαιο χωρίζεται σε τέσσερα μέρη. Στο πρώτο μέρος αναπτύσσονται τα μηχανικά κιβώτια ταχυτήτων, ενώ στο δεύτερο και στο τρίτο μέρος παρουσιάζονται τα αυτόματα και τα ημιαυτόματα κιβώτια ταχυτήτων αντίστοιχα. Το τέταρτο μέρος αναφέρεται στη σύγκριση των κιβωτίων ταχυτήτων.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται η σχετική βιβλιογραφία σχετικά με το θόρυβο και τη δόνηση των κιβωτίων ταχυτήτων, την απόδοση και τη βελτιστοποίηση της μετάδοσης, το σχεδιασμό, την προσομοίωση, τη βιομηχανοποίηση νέων τύπων κιβωτίων ταχυτήτων και τα CVT κιβώτια ταχυτήτων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρονται τα σχετικά συμπεράσματα της παρούσας πτυχιακής εργασίας, καθώς παρουσιάζεται και μια σύντομη ανασκόπηση για το μέλλον των κιβωτίων ταχυτήτων και τη χρήση τους.

Πίνακας περιεχομένων

<i>Πρόλογος</i>	<i>iii</i>
<i>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</i>	<i>v</i>
<i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: Κινητήρες και σχέσεις μετάδοσης</i>	<i>11</i>
1.1 Ισχύς και ροπή κινητήρων.....	11
1.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργία των κινητήρων εσωτερικής καύσης.....	13
1.3 Διάφορα κιβώτια ταχυτήτων.....	18
1.4 Ορισμός του συστήματος μετάδοσης της κίνησης.....	24
1.5 Κατάλληλος αριθμός σχέσης μετάδοσης.....	32
1.5.1 Υψηλότερη σχέση μετάδοσης.....	33
1.5.2 Πρώτη σχέση μετάδοσης.....	34
1.5.3 Ενδιάμεσες σχέσεις μετάδοσης.....	34
1.5.4 Καθορισμός του πλήθους των σχέσεων μετάδοσης.....	37
<i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΚΙΒΩΤΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ</i>	<i>39</i>
2.1 Μηχανικά κιβώτια ταχυτήτων.....	39
2.1.1 Διάταξη του συστήματος μετάδοσης της κίνησης και δομή του χειροκίνητου κιβωτίου ταχυτήτων.....	41
2.1.2 Συμπλέκτης μηχανικού κιβωτίου ταχυτήτων.....	48
2.1.3 Δομή του συμπλέκτη.....	49
2.2 Αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων.....	53
2.2.1 Δομή των αυτόματων κιβωτίων ταχυτήτων.....	54

2.2.2	Σύνθεση και ανάλυση των σχέσεων μετάδοσης.....	60
2.2.3	Διαδικασίες ελέγχου στα κιβώτια των ταχυτήτων.....	60
2.2.4	Εξαρτήματα και υδραυλικά κυκλώματα για έλεγχο της σχέσης μετάδοσης	64
2.3	Ημιαυτόματα κιβώτια ταχυτήτων	74
2.3.1	Σχεδιασμός και λειτουργία	75
2.3.2	Αυτοματοποιημένα χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων.....	77
2.3.3	Σειριακά χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων	79
2.4	Σύγκριση των αυτόματων και χειροκίνητων κιβωτίων ταχυτήτων	79
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΜΑΤΑ ΜΕ ΤΑ ΚΙΒΩΤΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ.....		81
3.1	Θόρυβος και δόνηση του κιβωτίου ταχυτήτων	81
3.1.1	Φάσμα συχνοτήτων κιβωτίου ταχυτήτων	83
3.2	Απόδοση και βελτιστοποίηση της μετάδοσης της κίνησης.....	86
3.3	Σχεδιασμός, ανάπτυξη και βιομηχανοποίηση νέων τύπων αυτόματου κιβωτίου ταχυτήτων	88
3.4	Προσομοίωση της απόδοσης και βελτιστοποίηση των αυτόματων κιβωτίων ταχυτήτων.....	91
3.5	Τεχνολογία CVT κιβωτίων ταχυτήτων	94
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ		96
Βιβλιογραφία.....		99

Εισαγωγή

Τα γρανάζια όταν εφευρέθηκαν αποτελούσαν μια λογική συνέχεια της εφεύρεσης του τροχού. Το ότι τα γρανάζια ονομάζονται η μεγαλύτερη εφεύρεση μετά τον τροχό δεν είναι τυχαίο. Σε κάθε περίπτωση, δε μπορεί ο άνθρωπος να ζήσει μια κανονική μέρα στη ζωή του χωρίς εργαλεία, χωρίς παραγωγή, χωρίς ενέργεια και χωρίς μεταφορά. Η τιμή της εφεύρεσης του τροχού έχει δοθεί στους Έλληνες, όπου υπολογίζεται ότι χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά το 300 π.Χ στην Αλεξάνδρεια.

Από ανεπίσημα γραπτά φαίνεται επίσης ότι στην Κίνα ήδη το 800 μ.Χ είχαν κατασκευαστεί κάποια είδη διαφορικών (σύστημα γραναζιών). Τα πρώτα γρανάζια ήταν ξύλινα, με ξύλινες ράβδους και δόντια. Τα φθαρμένα δόντια θα μπορούσαν έτσι να αντικατασταθούν ξεχωριστά.

Το γρανάζι από μία άποψη δεν είναι μια ανθρώπινη εφεύρεση των αρχαίων Ελλήνων, αλλά στην πραγματικότητα αποτελεί ένα μηχανισμό που προέκυψε μέσα από την εξέλιξη στη φύση.

Μέχρι το έτος 100 μ.Χ οι Έλληνες χρησιμοποιούσαν μεταλλικά γρανάζια με κυλινδρικά δόντια σε πολύπλοκο υπολογιστικό εξοπλισμό και αστρονομικά ημερολόγια. Αυτό είναι γνωστό από την ανακάλυψη του Μηχανισμού των Αντικυθήρων, της παλαιότερης γνωστής μηχανής γραναζιών. Μέσα στα χρόνια έχουν λάβει χώρα αρκετές εξελίξεις στη μηχανική, ωστόσο τα βασικά τμήματα συνεχίζουν να είναι τα ίδια. Τα κιβώτια ταχυτήτων που συζητούνται στην παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελούν την εξέλιξη του συστήματος των γραναζιών.

Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία ενός οχήματος. Είναι αυτό που μεταφέρει την ισχύ από τον κινητήρα στους τροχούς. Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία από κιβώτια ταχυτήτων αυτοκινήτου. Ορισμένα είναι αυτόματα, ενώ τα χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων απαιτούν από τον οδηγό την αλλαγή των ταχυτήτων (απαιτούνται δηλαδή επιπλέον βήματα για να λειτουργεί

αποτελεσματικά το όχημα). Συνήθως, ένα κιβώτιο ταχυτήτων τοποθετείται στο σασί ενός οχήματος στο μπροστινό μέρος.

Η διαδικασία της λειτουργίας της μετάδοσης της κίνησης ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο αυτής της μετάδοσης. Όποιος κι αν είναι ο τύπος της μετάδοσης, η απάντηση στο τι κάνει ένα κιβώτιο ταχυτήτων είναι να επιτρέψει την προσαρμογή της σχέσης μετάδοσης μεταξύ των κινητήριων τροχών και του κινητήρα, καθώς το αυτοκίνητο επιβραδύνει και επιταχύνει.

Όταν ένα όχημα είναι σταματημένο, το κιβώτιο ταχυτήτων αποσυνδέει τον κινητήρα από τους κινητήριους τροχούς, έτσι ώστε ο κινητήρας να μπορεί να παραμείνει στο ρελαντί όταν οι τροχοί δεν κινούνται. Τα κιβώτια ταχυτήτων επιτρέπουν επίσης τη γρήγορη επιτάχυνση από τη στάση και επιτρέπουν στον κινητήρα να λειτουργεί πιο αργά για να μειώσει τη φθορά ενώ το όχημα οδηγείται με σταθερές ταχύτητες.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζονται τα διάφορα είδη των κιβωτίων των ταχυτήτων και αναλύονται τα επιμέρους τμήματά τους. Επιπλέον, πραγματοποιείται αναφορά σε ένα ευρύ φάσμα τόσο ιστορικού, όσο και θεωρητικού ενδιαφέροντος. Για την κατανόηση της πτυχιακής εργασίας απαιτούνται βασικές γνώσεις μηχανικής, στοιχείων μηχανών και φυσικής. Για το λόγο αυτό αναφέρονται κάποια εισαγωγικά σημαντικά τμήματα και στο πρώτο κεφάλαιο. Για την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας, χρησιμοποιήθηκε επίσης τόσο εθνική, όσο και διεθνής βιβλιογραφία, με σκοπό την πιο εύστοχη και σφαιρική κατανόηση των ιδιοτήτων του θέματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: Κινητήρες και σχέσεις μετάδοσης

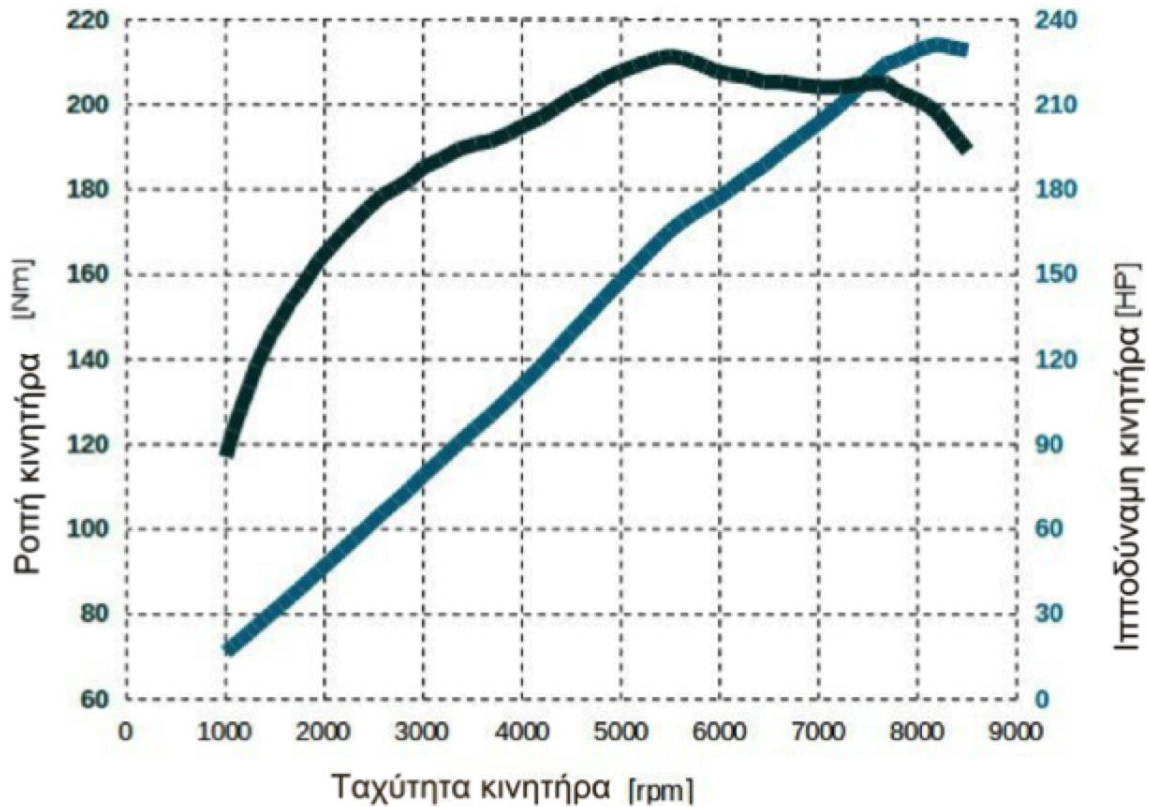
1.1 Ισχύς και ροπή κινητήρων

Η κατάσταση της λειτουργίας ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης ορίζεται από την ταχύτητα περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα και της ροπής εξόδου. Η ροπή και η ισχύς εξόδου εξαρτώνται από το άνοιγμα του γκαζιού και τις στροφές του κινητήρα, δηλαδή την ταχύτητα περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα σε στροφές ανά λεπτό (RPM). Πρέπει να σημειωθεί ότι η ροπή εξόδου και η ισχύς εξόδου δεν είναι ανεξάρτητες αφού η ισχύς είναι το γινόμενο της ροπής και της γωνιακής ταχύτητας.

Το σχήμα της ροπής και της ιπποδύναμης ενός τυπικού κινητήρα εσωτερικής καύσης φαίνεται στην Εικόνα 1.1: Σχήμα ροπής και ιπποδύναμης ενός τυπικού κινητήρα εσωτερικής καύσης, όπου ο οριζόντιος άξονας είναι αντίστοιχα η ταχύτητα του κινητήρα σε στροφές ανά λεπτό.

Ο αριστερός κατακόρυφος άξονας δείχνει τη ροπή εξόδου του κινητήρα σε Nm. Χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η μεταβατική συμπεριφορά του κινητήρα, η στατική ροπή εξόδου του κινητήρα μπορεί να βρεθεί συνήθως με αριθμητική παρεμβολή, για ένα δεδομένο σύνολο στροφών. Σημαντικό ρόλο παίζει επίσης το άνοιγμα της πεταλούδας ως ποσοστό του ευρέως ανοιχτού γκαζιού (WOT), ή ο βαθμός της γωνίας του γκαζιού και η ταχύτητα του κινητήρα σε στροφές ανά λεπτό. Η παραπάνω αναφορά στη ροπή αντικατοπτρίζει το φορτίο στο οποίο ο κινητήρας φθάνει σε δυναμική ισορροπία στις καθορισμένες στροφές και στο άνοιγμα του γκαζιού.

Στην πράξη, συχνά η ροπή εξόδου του κινητήρα απεικονίζεται ως καμπύλη έναντι των στροφών του κινητήρα για συγκεκριμένα ανοίγματα της πεταλούδας, όπου το άνοιγμα της πεταλούδας για κάθε καμπύλη της ροπής αναπαρίσταται ως το ποσοστό της γωνίας του ανοικτού γκαζιού. Σαφώς, η ροπή της εξόδου του κινητήρα είναι συνάρτηση των στροφών του κινητήρα για ένα δεδομένο άνοιγμα του γκαζιού και υπάρχει μια αντίστοιχη καμπύλη της ροπής.



Εικόνα 1.1: Σχήμα ροπής και ιπποδύναμης ενός τυπικού κινητήρα εσωτερικής καύσης

Πηγή: www.researchgate.net

Η ισχύς της ροπής του κινητήρα, ή η ισχύς εξόδου επιτυγχάνεται στο τέρμα ανοιχτό γκάζι (WOT). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η μέγιστη ροπή του κινητήρα και η μέγιστη ισχύς του κινητήρα εμφανίζονται μόνο σε δύο ξεχωριστές τιμές RPM στις καμπύλες ροπής και ισχύος WOT. Οι δύο ευρέως αναφερόμενες προδιαγραφές της απόδοσης του κινητήρα, η ισχύς και η ροπή του κινητήρα, είναι στην πραγματικότητα οι μέγιστες τιμές για την ισχύ και τη ροπή στο σχήμα εξόδου WOT. Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης παρέχουν σταθερή ισχύ εξόδου εντός ενός εύρους στροφών περιστροφής του κινητήρα, που ορίζεται από τις λεγόμενες στροφές ρελαντί και «κόκκινες» στροφές ανά λεπτό. Κάτω από το ρελαντί, ο κινητήρας δε λειτουργεί σταθερά, αλλά σταματά, χωρίς να μπορεί να παράσχει οποιαδήποτε αξιοποιήσιμη ισχύ. Από την άλλη πλευρά, η λειτουργία του κινητήρα πέρα από την ταχύτητα της κόκκινης γραμμής μπορεί να προκαλέσει υπερβολική ζημιά στον κινητήρα.

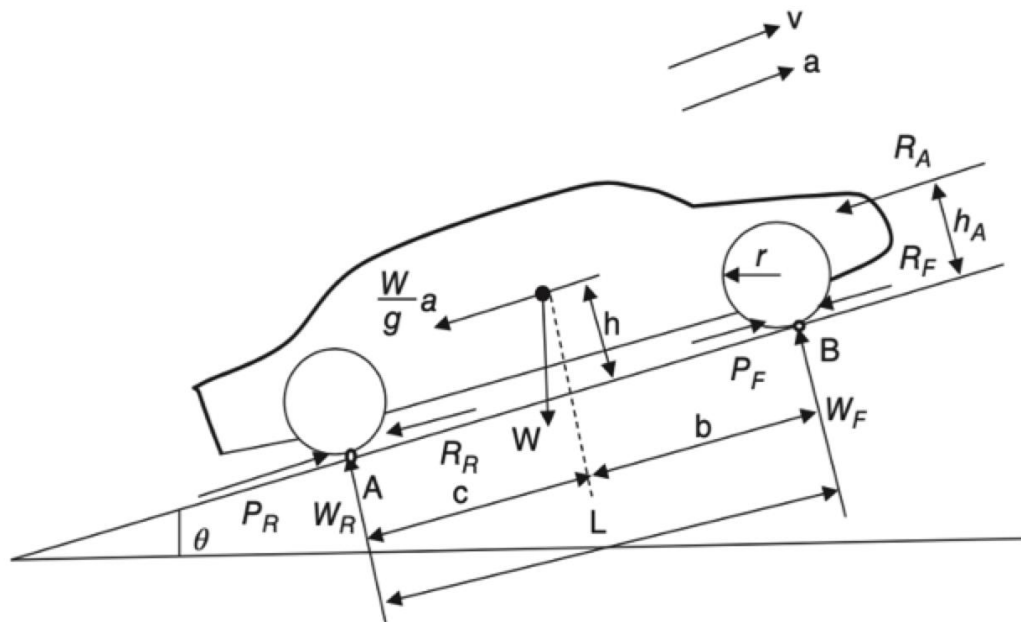
Το σχήμα της ροπής στο εύρος λειτουργίας που ορίζεται από το ρελαντί και την κόκκινη γραμμή είναι χαρακτηριστικό του θερμικού κινητήρα (IC), ανάλογα με τη σχεδιάσή του, τη μέθοδο ψεκασμού του καυσίμου, τον έλεγχο και τη

βαθμονόμηση που υπάρχει. Για παράδειγμα, μια τυπική ροπή σχηματικά μπορεί να έχει μια τοπική κορυφή στις 2.500 RPM περίπου και η μέγιστη ροπή του κινητήρα να εμφανίζεται γύρω στις 4.800 RPM. Η ισχύς του κινητήρα στη συνέχεια θα μπορεί στο παράδειγμα αυτό να αυξάνεται από το σημείο του ρελαντί σχεδόν γραμμικά μέχρι την κορυφή στις περίπου 6.100 RPM.

Σε γενικές γραμμές, οι διάφορες καμπύλες που δημιουργούνται σχηματικά από τα σημεία της ροπής για ατμοσφαιρικούς κινητήρες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως ανερχόμενες και έπειτα φθίνουσες, ενώ για κινητήρες με στροβιλοσυμπιεστή (τουρμπίνα), οι καμπύλες είναι επίπεδες από ένα ορισμένο χαμηλό RPM έως ένα σχετικά υψηλό RPM. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία του στροβιλοσυμπιεστή, η μέγιστη ροπή εξόδου μπορεί να αυξηθεί περισσότερο από το 50% για τον ίδιο κυβισμό του κινητήρα. Για να βελτιωθούν τα πράγματα, αυτή η μέγιστη ροπή γίνεται διαθέσιμη σε πολύ χαμηλότερες RPM σε σύγκριση με τους ατμοσφαιρικούς κινητήρες και παραμένει σταθερή μέχρι τις υψηλές RPM. Αυτό παρέχει στο όχημα πολύ καλύτερες επιδόσεις επιτάχυνσης, ειδικά σε χαμηλή ταχύτητα. Οι κινητήρες στροβιλοσυμπιεστή με μικρούς κυβισμούς παρέχουν ροπή και ισχύ ισοδύναμη με αυτές των κινητήρων ατμοσφαιρικής αναρρόφησης πολύ μεγαλύτερου κυβισμού, αλλά καταναλώνουν λιγότερο καύσιμο. Λόγω αυτών των πλεονεκτημάτων, τα οχήματα που κινούνται με κινητήρες στροβιλοσυμπιεστή είναι ολοένα και πιο δημοφιλή και αντιπροσωπεύουν την τάση στην αυτοκινητοβιομηχανία.

1.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργία των κινητήρων εσωτερικής καύσης

Όταν ένα όχημα κινείται σε ένα οδόστρωμα εφαρμόζονται διάφορες δυνάμεις. Αυτές οι δυνάμεις περιλαμβάνουν τη βαρύτητα, τις δυνάμεις επαφής τροχού-δρόμου, το φορτίο του δρόμου και την κινητήρια δύναμη, η οποία ονομάζεται επίσης έλξη. Το φορτίο του δρόμου είναι αντίθετο στην κίνηση του οχήματος, ενώ η ελκτική δύναμη, ή η κινητήρια δύναμη, ωθεί την κίνηση του οχήματος. Η κινητήρια δύναμη ενός οχήματος προέρχεται από τον κινητήρα μέσω του κιβωτίου ταχυτήτων και περιορίζεται θεμελιωδώς από το όριο της πρόσφυσης στο δρόμο. Το συνολικό φορτίο του δρόμου είναι το αποτέλεσμα τριών χωριστών φορτίων: της αντίστασης της κύλισης, του βαθμού του φορτίου και της αντίστασης του αέρα. Η Εικόνα 1.2: Σχήμα ελεύθερου αμαξώματος επιταχυνόμενου οχήματος σε ανηφόρα είναι το σχήμα του ελεύθερου αμαξώματος ενός οχήματος βάρους W που επιταχύνεται σε ανηφόρα.



Εικόνα 1.2: Σχήμα ελεύθερου αμαξώματος επιταχυνόμενου οχήματος σε ανηφόρα

Πηγή: www.researchgate.net

$$\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot \frac{W}{g} \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{W}{g} \cdot v^2 + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} J_i \cdot \omega_i^2$$

Στο σχήμα του ελεύθερου αμαξώματος, το v και το a είναι η ταχύτητα και η επιτάχυνση του οχήματος αντίστοιχα και το R_A είναι η αντίσταση του αέρα. Η αντίσταση του αέρα είναι ένα κατανεμημένο φορτίο, αλλά για λόγους απλότητας, υποτίθεται ότι είναι ένα σημειακό φορτίο που ενεργεί σε ύψος h_A . Τα R_F και R_R είναι η αντίσταση της κύλισης από τους μπροστινούς και τους πίσω τροχούς αντίστοιχα. Το P_F και το P_R είναι η κινητήρια δύναμη από τους εμπρός και τους πίσω τροχούς αντίστοιχα. Τα W_F και W_R είναι τα φορτία του άξονα, τα οποία είναι αντίστοιχα της δύναμης επαφής μεταξύ των μπροστινών τροχών και του οδοστρώματος και μεταξύ των πίσω τροχών και του οδοστρώματος.

Τα A και B δηλώνουν τα σημεία επαφής μεταξύ των τροχών και της επιφάνειας του δρόμου. θ είναι η γωνία του βαθμού της κλίσης και r είναι η ακτίνα κύλισης του ελαστικού. Το ύψος του κέντρου βάρους και το ύψος της αντίστασης του

αέρα συμβολίζονται αντίστοιχα ως h και h_A . Για τα επιβατικά αυτοκίνητα, αυτά τα δύο ύψη υποτίθεται ότι είναι τα ίδια. Το μεταξόνιο του οχήματος είναι L και η διαμήκης θέση του κέντρου βαρύτητας προσδιορίζεται από τα b και c , που είναι η απόσταση από το κέντρο βαρύτητας στον μπροστινό και στον πίσω άξονα αντίστοιχα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η δύναμη αδράνειας γWg , a στο διάγραμμα του ελεύθερου σώματος είναι αντίθετη από την επιτάχυνση, με βάση την αρχή του D'Alembert., ενώ γ είναι ο ισοδύναμος συντελεστής μάζας που εισάγεται για να ληφθούν υπόψη οι ροπές αδράνειας της μάζας όλων των περιστροφικών στοιχείων στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης, συμπεριλαμβανομένων των αξόνων εισόδου και εξόδου της μετάδοσης, των γραναζιών στη διαδρομή της ροής ισχύος, του κινητήριου άξονα, του διαφορικού, των τροχών κ.λπ. Το γ μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια βάσει της συνολικής ισοδύναμης κινητικής ενέργειας του οχήματος ως εξής:

$$\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot \frac{W}{g} \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{W}{g} \cdot v^2 + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} J_i \cdot \omega_i^2 \quad (1.1)$$

Στην παραπάνω εξίσωση (1.1), J_i είναι η ροπή της μάζας αδράνειας κάθε περιστροφικής συνιστώσας και n είναι ο συνολικός αριθμός περιστροφικών στοιχείων στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης. Ο ισοδύναμος συντελεστής μάζας στη συνέχεια προσδιορίζεται ως:

$$\gamma = 1 + \sum_{i=1}^n \frac{g \cdot J_i}{W} \left(\frac{\omega_i}{v} \right)^2 \quad (1.2)$$

Για ένα δεδομένο όχημα, ο λόγος $\frac{\omega_i}{v}$ είναι μια σταθερά για κάθε περιστροφικό στοιχείο που το v εξαρτάται από τις σχέσεις μετάδοσης. Γενικά, διατίθενται εμπειρικοί τύποι και πίνακες για την προσέγγιση του ισοδύναμου συντελεστή μάζας. Για τα επιβατικά αυτοκίνητα, η τιμή του γ είναι μικρή και μπορεί να θεωρηθεί ίση με ένα για την ανάλυση της επιτάχυνσης των οχημάτων και τις επιλογές της σχέσης μετάδοσης.

Οι δυνάμεις στο σχήμα του ελεύθερου σώματος σχηματίζουν ένα σύστημα ισορροπίας και μπορούν να γραφτούν τρεις βαθμωτές εξισώσεις βάσει αυτής της συνθήκης ισορροπίας. Όπως φαίνεται παρακάτω, οι δύο πρώτες εξισώσεις

βασίζονται στις συνθήκες όπου το άθροισμα των ροπών που δημιουργούνται από όλες τις δυνάμεις γύρω από το σημείο A και το σημείο B πρέπει να είναι ίσο με μηδέν. Η τρίτη εξίσωση είναι ότι το άθροισμα όλων των δυνάμεων, συμπεριλαμβανομένης της δύναμης της αδράνειας, όπου πρέπει να είναι ίσο με μηδέν ως προς την κατεύθυνση της κίνησης του οχήματος.

$$\Sigma M_A = 0$$

$$\Sigma M_B = 0 \tag{1.3}$$

$$\Sigma F = 0$$

Αυτές οι εξισώσεις μπορούν να αναλυθούν περαιτέρω ώστε να εκφράζουν τα φορτία του άξονα και τη δύναμη αδράνειας ως:

$$W_F = \frac{1}{L} \cdot (W_c \cdot \cos\theta - R_A \cdot h_A - \gamma \cdot \frac{W}{g} \cdot a \cdot h - W \cdot h \cdot \sin\theta) \tag{1.4}$$

$$W_F = \frac{1}{L} \cdot (W_b \cdot \cos\theta - R_A \cdot h_A - \gamma \cdot \frac{W}{g} \cdot a \cdot h - W \cdot h \cdot \sin\theta) \tag{1.5}$$

$$\gamma \cdot \frac{W}{g} \cdot \alpha = P_F + P_R - R_F - R_R - R_A - W \cdot \sin\theta \tag{1.6}$$

Οι δύο πρώτες εξισώσεις καθορίζουν τα δυναμικά βάρη των αξόνων για το όχημα. Κατά την επιτάχυνση, υπάρχει μια μεταφορά του βάρους ίση με το μέγεθος της δύναμης της αδράνειας από τον μπροστινό άξονα στον πίσω άξονα, όπως φαίνεται στις εξισώσεις (1.4) και (1.5). Τα στατικά βάρη του άξονα στο επίπεδο του εδάφους λαμβάνονται από τις εξισώσεις έχοντας τη γωνία κλίσης θ , την αντίσταση του αέρα R_A και την επιτάχυνση ίση με μηδέν. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η πρόσφυση είναι διαθέσιμη τόσο από τους εμπρός όσο και από

τους πίσω τροχούς μόνο για τετρακίνητο όχημα. Το P_R είναι μηδέν για την κίνηση στους μπροστινούς τροχούς και το P_F είναι ίσο με μηδέν για την κίνηση στους πίσω τροχούς. Η συνολική κινητήρια δύναμη και η αντίσταση της κύλισης τόσο από τους μπροστινούς όσο και από τους πίσω τροχούς είναι:

$$P = P_F + P_R \quad (1.7)$$

$$R = R_F + R_R$$

Η αντίσταση της κύλισης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το υλικό του ελαστικού, την υφή, το πέλμα, το φούσκωμα, την ταχύτητα κ.λπ. Ο ακριβής υπολογισμός της αντίστασης της κύλισης είναι πολύ δύσκολος.

Υπάρχουν τρία είδη οδικών φορτίων που είναι αντίθετα στην κίνηση του οχήματος όταν το όχημα κινείται σε οδόστρωμα. Αυτά είναι η αντίσταση της κύλισης, η αντίσταση του αέρα και ο βαθμός του φορτίου.

Ο βαθμός του φορτίου είναι η συνιστώσα της βαρύτητας στην κατεύθυνση της κλίσης και ισούται με το $W \sin\theta$. Σε επίπεδο έδαφος, υπάρχουν μόνο η αντίσταση της κύλισης και η αντίσταση του αέρα. Σε υψηλή ταχύτητα του οχήματος, η αντίσταση του αέρα γίνεται πιο σημαντική από την αντίσταση της κύλισης.

Υπάρχουν δύο αιτίες για τη δημιουργία της αντίστασης του αέρα. Αυτές είναι η τριβή μεταξύ του αέρα και της επιφάνειας του αμαξώματος του οχήματος, καθώς και οι αναταράξεις του αέρα που σχηματίστηκαν γύρω από το αμάξωμα του οχήματος. Η τελευταία είναι η κύρια αιτία της αντίστασης του αέρα για τα οχήματα εδάφους. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το μέγεθος της αντίστασης του αέρα περιλαμβάνουν το σχήμα και το φινίρισμα του αμαξώματος του οχήματος, την μετωπική προβαλλόμενη περιοχή του οχήματος, την πυκνότητα του αέρα, την ατμοσφαιρική κατάσταση και το πιο σημαντικό, την ταχύτητα του οχήματος. Είναι πολύ δύσκολο να προσδιοριστεί ακριβώς η αντίσταση του αέρα με αναλυτικά μέσα. Στο πρότυπο της Εταιρείας Μηχανικών Αυτοκινήτων (SAE), η αντίσταση του αέρα υπολογίζεται με συγκεκριμένη μεθοδολογία.

1.3 Διάφορα κιβώτια ταχυτήτων

Τη σημερινή εποχή υπάρχουν διάφορα είδη κιβωτίων ταχυτήτων. Τις δύο κύριες κατηγορίες αποτελούν τα μηχανικά, ή χειροκίνητα και τα αυτόματα. Υπάρχει ακόμα μία ενδιάμεση κατηγορία η οποία βασίζεται στα ημι-αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων (Εικόνα 1.3: Είδη κιβωτίων ταχυτήτων).

Στα μηχανικά κιβώτια ταχυτήτων (MT) απαιτούνται κάποιες συγκεκριμένες λειτουργίες από τον οδηγό ώστε να μπορεί να οδηγηθεί το αυτοκίνητο αποτελεσματικά (π.χ. πάτημα του συμπλέκτη με το πόδι και αλλαγή της ταχύτητας μέσω του λεβιέ με το χέρι). Στα αυτόματα και ημιαυτόματα από την άλλη πλευρά, υπάρχει μεγαλύτερη ελευθερία του οδηγού αφού δεν απαιτούνται καθόλου επιπρόσθετες λειτουργίες, ή κάποιες λιγότερες αντίστοιχα. Ο τρόπος της αλλαγής της ταχύτητας στον κάθε διαφορετικό τύπο κιβωτίου ταχυτήτων εξαρτάται από την κάθε διαφορετική τεχνολογία που έχει εφαρμοστεί. Τα μηχανικά κιβώτια ταχυτήτων είναι ιδανικά για χρήση εκτός δρόμου και για υψηλή χρήση ροπής σε φορτίο.



Εικόνα 1.3: Είδη κιβωτίων ταχυτήτων

Πηγή: www.carwale.com

Στην ίδια κατηγορία των χειροκίνητων κιβωτίων ταχυτήτων ανήκουν τα έξυπνα χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων (iMT). Τα συγκεκριμένα κιβώτια ταχυτήτων δεν έχουν κάποιο πεντάλ του συμπλέκτη όπου χρειάζεται να πατάει ο οδηγός. Απαιτείται μόνο η χρήση του λεβιέ από τον οδηγό για την αλλαγή των ταχυτήτων. Επιπλέον, σε ένα τέτοιο κιβώτιο ταχυτήτων δεν υπάρχει η δυνατότητα της εντελώς αυτόματης αλλαγής των ταχυτήτων.

Τα αυτόματα χειροκίνητα κιβώτια (AMT) αποτέλεσαν μια μεγάλη αναβάθμιση των προηγούμενων τεχνολογιών. Στην ουσία, είναι ακριβώς τα ίδια με τα μηχανικά κιβώτια ταχυτήτων, εκτός από το γεγονός ότι οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές αντικαθιστούν τη λειτουργία του συμπλέκτη και την αλλαγή των ταχυτήτων. Σε αυτή την κατηγορία δεν υπάρχει πεντάλ του συμπλέκτη. Επιπλέον, οι αλλαγές στις ταχύτητες γίνονται πιέζοντας προς τα πάνω το λεβιέ για το ανέβασμα και αντίστοιχα προς τα κάτω για το κατέβασμα των ταχυτήτων. Σε αυτό το σύστημα υπερτερούν τόσο τα υδραυλικά, όσο και τα υπολογιστικά συστήματα συνδεδεμένα με την ηλεκτρονική μονάδα (ECU) του αυτοκινήτου. Τα μοτίβα των αλλαγών των ταχυτήτων είναι ήδη προγραμματισμένα σε αυτή τη μονάδα, ώστε να λειτουργούν σε συγκεκριμένο εύρος στροφών ανά λεπτό.

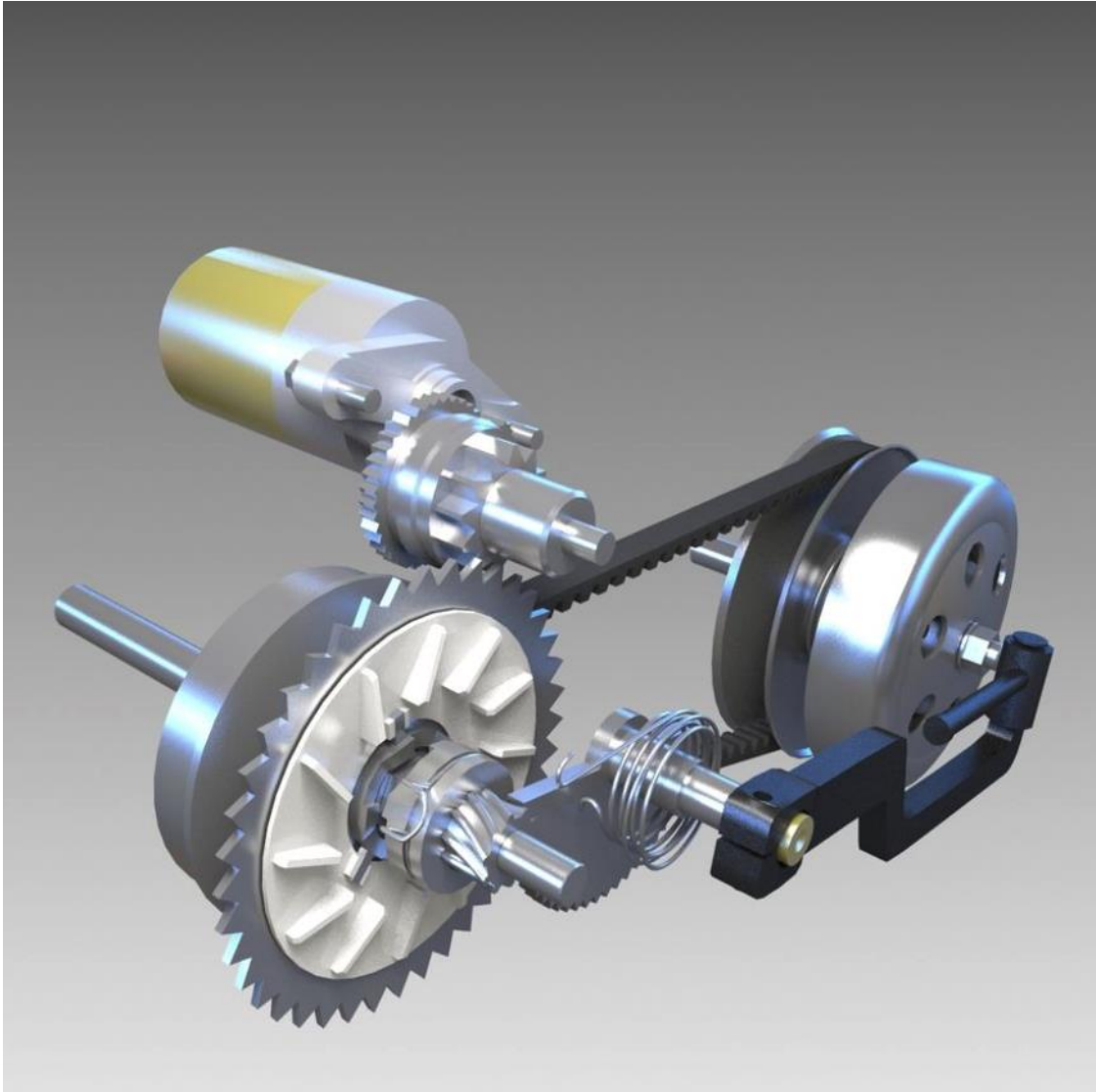
Τα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων αλλάζουν τις ταχύτητες εντελώς αυτόματα. Ο κινητήρας είναι συνδεδεμένος με ένα μετατροπέα της ροπής, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με ένα σύστημα γραναζιών και έπειτα με τη μετάδοση.

Τα κιβώτια ταχυτήτων με συνεχώς μεταβαλλόμενη μετάδοση (CVT) αποτελούν κιβώτια ταχυτήτων βασισμένα σε τροχαλίες τα οποία κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται σε μικρά αυτοκίνητα με μικρούς κινητήρες ή σε σκούτερ. Εικόνα 1.4: Σύστημα μετάδοσης της κίνησης σε σκούτερ, Εικόνα 1.5: Σύστημα μετάδοσης της κίνησης στον τροχό του σκούτερ.

Η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ των σκούτερ και των μοτοσυκλετών (όσον αφορά τα κιβώτια ταχυτήτων που χρησιμοποιούν) είναι ότι σχεδόν κάθε σύγχρονο σκούτερ χρησιμοποιεί αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων ενώ σχεδόν κάθε μοτοσυκλέτα χρησιμοποιεί κάποιο χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων. Τα σκούτερ θεωρούνται πιο άνετα, απλά και εύκολα στην οδήγηση και αυτός είναι ίσως ο κύριος λόγος για τον οποίο οι περισσότεροι κατασκευαστές των σκούτερ έχουν επιλέξει να χρησιμοποιούν αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων αντί για χειροκίνητα.

Η μη απαίτηση από τον οδηγό να αλλάζει μόνος του ενεργά τις ταχύτητες σίγουρα απλοποιεί την οδηγική εμπειρία και κάνει την οδήγηση ενός σκούτερ πολύ πιο προσιτή. Επιπλέον, τα δίτροχα οχήματα συνήθως πρέπει να έχουν χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων που λειτουργούν με τα πόδια, αλλά τα αυτόματα σκούτερ σημαίνουν ότι ο χώρος που διαφορετικά θα καταλάμβαναν τα χειριστήρια του κιβωτίου ταχυτήτων μπορεί τώρα να χρησιμοποιηθεί ως υποπόδιο. Αυτό είναι ένα

άλλο χαρακτηριστικό που βοηθά τα σκούτερ να είναι λίγο πιο άνετα από τις μοτοσυκλέτες.



Εικόνα 1.4: Σύστημα μετάδοσης της κίνησης σε σκούτερ

Πηγή: free3d.com/3d-model.com

Αυτά τα CVT κιβώτια ταχυτήτων χρησιμοποιούνταν από παλαιότερα σε μηχανές του χιονιού και έχουν γίνει αρκετά δημοφιλή για τα υβριδικά οχήματα. Τα CVT προσφέρουν την ίδια οδηγική εμπειρία με τα AT αλλά λειτουργούν με εντελώς διαφορετικό μηχανισμό. Στην πραγματικότητα δεν υπάρχουν γρανάζια, αλλά χρησιμοποιούν ένα σύστημα με ιμάντες και τροχαλίες για να παράξουν ένα τεράστιο εύρος από λόγους ταχυτήτων. Στην περίπτωση των σκούτερ μία από αυτές τις τροχαλίες συνδέεται με τον κινητήρα, ενώ η άλλη συνδέεται με τον κινούμενο τροχό.

Ο υπολογιστής που υπάρχει σε αυτού του είδους τα αυτοκίνητα αποφασίζει στο πως να ρυθμίσει τις τροχαλίες, ώστε να δημιουργήσει το βέλτιστο λόγο για τη συγκεκριμένη οδηγική συνθήκη. Αυτό το σύστημα αποτελείται από κώνους σε κάθε τροχαλία ενωμένους με μάντα. Οι κώνοι μετακινούνται ώστε να αυξήσουν, ή να μειώσουν τη διάμετρο του μάντα, ώστε να αλλάξουν οι λόγοι των ταχυτήτων. Η μία τροχαλία είναι συνδεδεμένη στον κινητήρα και η άλλη μεταδίδει την ισχύ στους τροχούς. Το πάχος των κώνων αλλάζει ανάλογα την απαιτούμενη ισχύ.



Εικόνα 1.5: Σύστημα μετάδοσης της κίνησης στον τροχό του σκούτερ

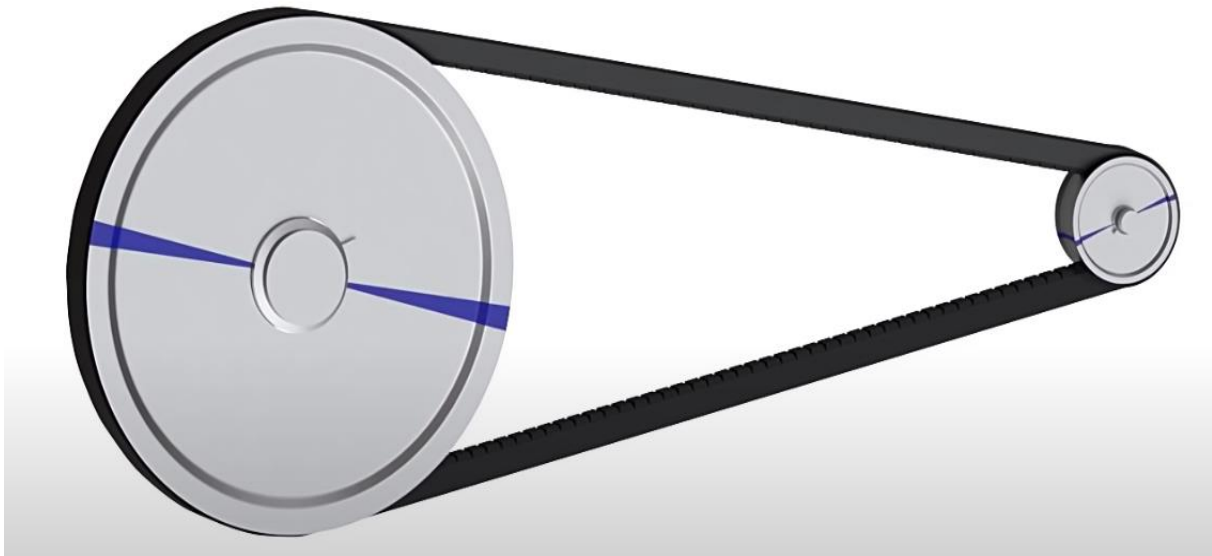
Πηγή: free3d.com/3d-model.com

Τα CVT είναι ίσως το καλύτερο είδος μετάδοσης για χρήση σε σκούτερ. Ωστόσο, δεν αποτελούν τέλειες μεταδόσεις τις κίνησης και σίγουρα έχουν τα μειονεκτήματά τους. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα που έχουν τα CVT σε σχέση με τα συμβατικά αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων είναι η βελτιωμένη οικονομία καυσίμου.

Επειδή οι σχέσεις μετάδοσης σε ένα CVT μπορούν να ρυθμιστούν σχεδόν απεριόριστα, αυτό επιτρέπει στον κινητήρα να λειτουργεί όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά ανεξάρτητα από την ταχύτητα με την οποία λειτουργεί. Τα CVT

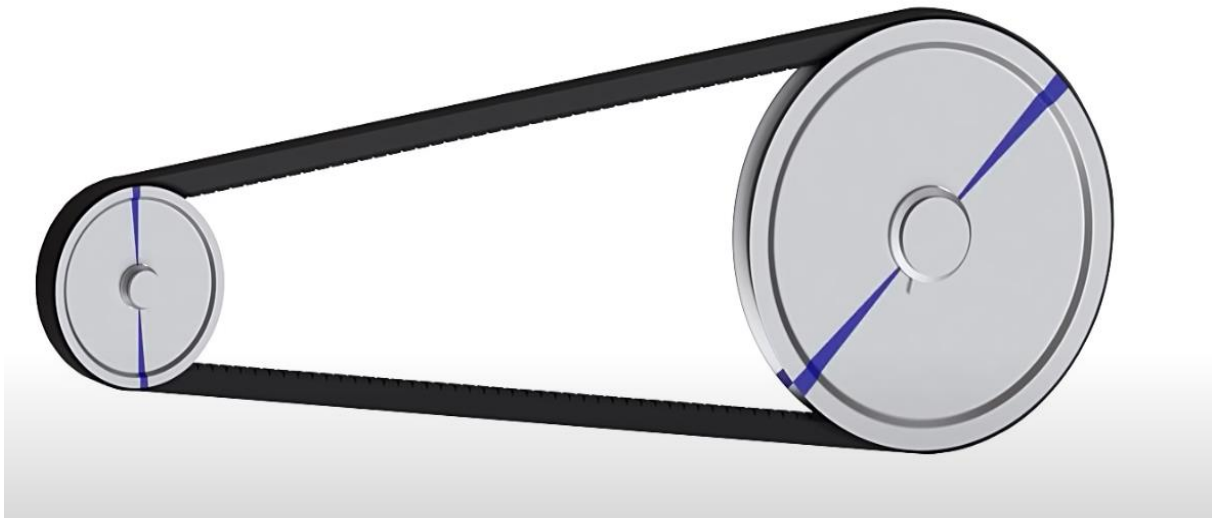
είναι επίσης πολύ ελαφρύτερα από τα συμβατικά αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων χάρη στο γεγονός ότι περιέχουν λιγότερα συνολικά εξαρτήματα. Το χαμηλό τους βάρος είναι ένα άλλο χαρακτηριστικό που συμβάλλει στη βελτίωση της οικονομίας του καυσίμου στα οχήματα που τα χρησιμοποιούν, καθώς ο κινητήρας έχει προφανώς λιγότερο βάρος.

Λόγω των σχεδόν πολλών σχέσεων μετάδοσης σε ένα CVT, ένα όχημα έχει συνήθως πολύ μεγαλύτερη απόκριση στο πάτημα του πεντάλ του γκαζιού. Αυτό οφείλεται στην έλλειψη διακριτών γραναζιών. Αυτό συμβαίνει επειδή ένα CVT μπορεί να προσαρμόσει τη σχέση μετάδοσης εν κινήσει για κάθε οδηγική κατάσταση. Ένα άλλο πλεονέκτημα των CVT είναι η ομαλή λειτουργία τους. Επειδή τα CVT λειτουργούν ρυθμίζοντας την απόσταση μεταξύ των δύο μισών της τροχαλίας αντί να αλλάζουν συνδέσεις μεταξύ πολλαπλών ταχυτήτων, αυτό σημαίνει ότι οι αλλαγές των ταχυτήτων δε συμβαίνουν στην πραγματικότητα σε ένα CVT. Λόγω του μικρού τους μεγέθους και του γεγονότος ότι προορίζονται για εύκολη οδήγηση, είναι αρκετά σαφές γιατί τα CVT είναι το ιδανικό κιβώτιο ταχυτήτων για τα περισσότερα σκούτερ. Στην Εικόνα 1.6: Σύστημα ιμάντα και τροχαλιών προσαρμοσμένο για υψηλές στροφές του κινητήρα αποτυπώνεται το σύστημα ιμάντα και τροχαλιών προσαρμοσμένο για υψηλές στροφές του κινητήρα και στην Εικόνα 1.7: Σύστημα ιμάντα και τροχαλιών προσαρμοσμένο για υψηλή ροπή αποτυπώνεται το ίδιο σύστημα προσαρμοσμένο για υψηλή ροπή.



Εικόνα 1.6: Σύστημα ιμάντα και τροχαλιών προσαρμοσμένο για υψηλές στροφές του κινητήρα

Πηγή: www.youtube.com



Εικόνα 1.7: Σύστημα ιμάντα και τροχαλιών προσαρμοσμένο για υψηλή ροπή

Πηγή: www.youtube.com

Φυσικά, καμία τεχνολογία δεν είναι τέλεια και τα CVT δεν αποτελούν εξαίρεση. Πιθανώς το μεγαλύτερο μειονέκτημα των CVT έχει να κάνει με την αντοχή και το κόστος συντήρησής τους. Αν και τα CVT δεν είναι αναξιόπιστα, τείνουν να φθείρονται λίγο πιο γρήγορα από τα συμβατικά αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων. Αυτό συμβαίνει επειδή τα εξαρτήματα σε ένα CVT μετακινούνται και έρχονται σε επαφή μεταξύ τους πιο συχνά από τα εξαρτήματα ενός συμβατικού αυτόματου κιβωτίου ταχυτήτων, επομένως τα εξαρτήματα στο εσωτερικό μπορεί μερικές φορές να υποβαθμίζονται πιο γρήγορα.

Ένα από τα πιο κοινά παράπονα σχετικά με τα CVT είναι ο θόρυβος που κάνουν κατά την επιτάχυνση. Λόγω του τρόπου λειτουργίας τους, ο κινητήρας πρέπει να λειτουργεί σε σχετικά υψηλές στροφές για να κάνει το όχημα να κινείται από την κατάσταση της στάσης. Αν και αυτό είναι περισσότερο ενοχλητικό παρά ένα πραγματικό μειονέκτημα, αποτελούσε ένα σημαντικό λόγο στο παρελθόν για να παρεμποδίσει κάπως τη δημοτικότητα των CVT. Αυτό δεν αποτελεί ουσιαστικό πρόβλημα με τα σκούτερ, καθώς όλα τα σκούτερ είναι αρκετά μικρά και ελαφριά (τα CVT βέβαια δε λειτουργούν πολύ καλά σε μεγάλα και βαρέα οχήματα). Οι ιμάντες και οι τροχαλίες σε ένα CVT που μεταδίδουν την ισχύ δεν είναι αρκετά ισχυρές για να αντιμετωπίσουν τις απαιτήσεις βάρους και ροπής που έχουν τέτοια οχήματα. Ως εκ τούτου, τα CVT όχι μόνο δεν είναι ιδανικά για μεγάλα οχήματα, αλλά ούτε και για χρήση σε ρυμούλκηση. Τέλος, ένα από τα κύρια μειονεκτήματα των CVT είναι ότι είναι συχνά πιο ακριβά στην επισκευή από τα συμβατικά αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων παρά το γεγονός ότι έχουν λιγότερα ανταλλακτικά. Αυτό συμβαίνει επειδή τα ίδια τα εξαρτήματα σε ένα CVT είναι πιο δαπανηρά για αντικατάσταση. Τα CVT είναι επίσης λιγότερο κοινά, επομένως μπορεί να

είναι πιο δύσκολο να βρεθεί κάποιος που ξέρει πραγματικά πώς να τα επιδιορθώσει σε περίπτωση ζημιάς.

Τα ημι-αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων αποτελούν μηχανικά κιβώτια ταχυτήτων χωρίς το πεντάλ του συμπλέκτη, τα οποία αποτελούν μια εναλλακτική λύση έναντι των αυτόματων, ή χειροκίνητων τμημάτων. Αυτού του είδους τα κιβώτια ταχυτήτων είναι ίδια με τα χειροκίνητα αλλά χωρίς το πεντάλ του συμπλέκτη. Στην πραγματικότητα λειτουργούν με βάση έναν υπολογιστή ο οποίος χρησιμοποιεί επεξεργαστές και αισθητήρες οι οποίοι πιέζουν το συμπλέκτη αυτόματα, όταν ο οδηγός μετακινεί το λεβιέ για να αλλάξει ταχύτητα. Αυτός ο υπολογιστής ρυθμίζει τη ροπή, την ταχύτητα, τη θέση του πεντάλ του γκαζιού και άλλες λειτουργίες (π.χ. πεντάλ φρένου).

Στα κιβώτια ταχυτήτων διπλού συμπλέκτη υπάρχουν διαφορετικοί συμπλέκτες για τα μονά και τα ζυγά γρανάζια, όπου επιτρέπουν τις υπερβολικά γρήγορες αλλαγές των ταχυτήτων. Αυτά τα κιβώτια ταχυτήτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια πλήρως αυτόματη λειτουργία, ή και σε χειροκίνητη με αντίστοιχα πεντάλ στο τιμόνι. Κυρίως αυτά τα κιβώτια ταχυτήτων υπάρχουν στα αγωνιστικά αυτοκίνητα.

1.4 Ορισμός του συστήματος μετάδοσης της κίνησης

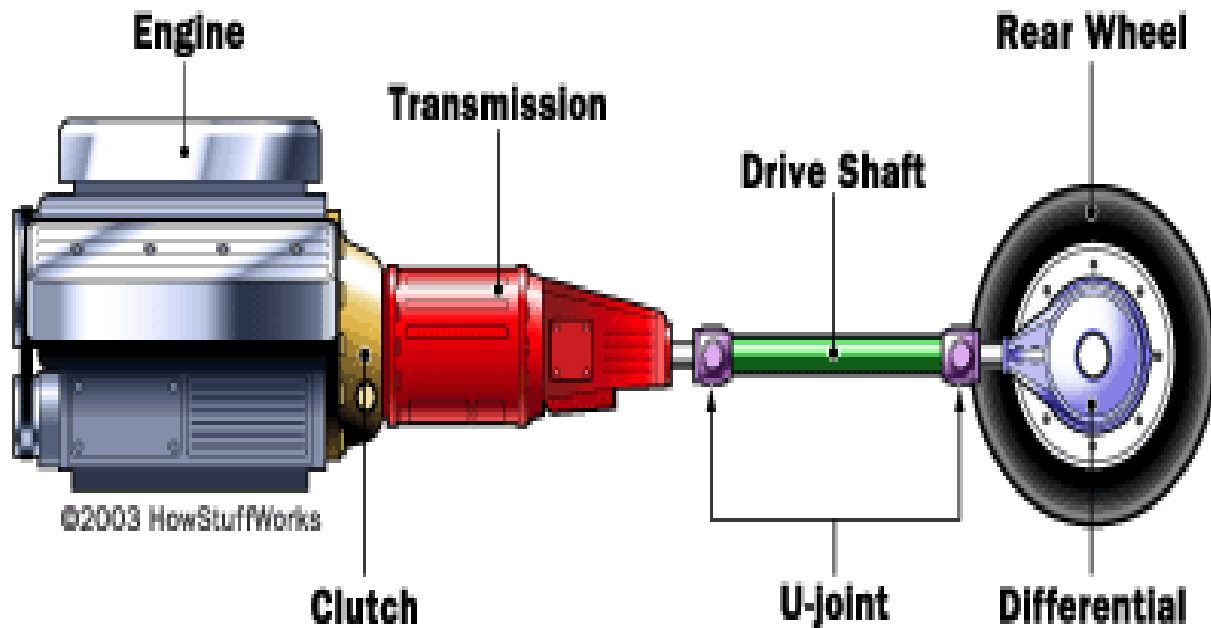
Ο μηχανισμός που μεταδίδει την ισχύ που αναπτύσσει ο κινητήρας του αυτοκινήτου στους κινητήριους τροχούς ονομάζεται σύστημα μετάδοσης της κίνησης (Εικόνα 1.8: Σύστημα μετάδοσης της κίνησης).

Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης στον κινητήρα (engine) αποτελείται κυρίως από τα εξής:

- Συμπλέκτης (Clutch)
- Κιβώτιο ταχυτήτων (Transmission)
- Άξονας μετάδοσης της κίνησης (Drive shaft)
- Σύνδεσμοι (U-joint)

- Πίσω άξονας
- Διαφορικο (Differential)
- Τροχος-ελαστικά (Rear wheel)

Στα παραπάνω μπορούν να συμπεριληφθούν και η θήκη μεταφοράς και ο τελικός δίσκος.



Εικόνα 1.8: Σύστημα μετάδοσης της κίνησης

Πηγή: differenttypesofengineering.blogspot.com

Οι απαιτήσεις του συστήματος μετάδοσης της κίνησης είναι οι εξής:

- Παρέχει μέσα σύνδεσης και αποσύνδεσης του κινητήρα με το υπόλοιπο σύστημα ισχύος χωρίς κραδασμούς και με ομαλότητα.
- Παρέχει ποικίλη μόχλευση μεταξύ του κινητήρα και των κινητήριων τροχών.
- Παρέχει τα μέσα για τη μεταφορά της ισχύος σε αντίθετη κατεύθυνση.
- Ενεργοποιεί τη μετάδοση της ισχύος σε ποικίλες γωνίες και διαφορετικά μήκη.

- Ενεργοποιεί τη μείωση της ταχύτητας μεταξύ του κινητήρα και των κινητήριων τροχών στην αναλογία (π.χ. από 5:1).
- Ενεργοποιεί την εκτροπή της ροής ισχύος σε ορθή γωνία.
- Παρέχει τα μέσα για την κίνηση των κινητήριων τροχών με διαφορετικές ταχύτητες όταν απαιτείται.
- Ανέχεται αποτελεσματικά την επίδραση της αντίδρασης της ροπής, της ώθησης της οδήγησης και της προσπάθειας πέδησης.

Οι παραπάνω απαιτήσεις μπορούν να εκπληρωθούν μέσω των παρακάτω εξαρτημάτων/μερών:

- Συμπλέκτης
- Κιβώτιο ταχυτήτων
- Θήκη μεταφοράς
- Άξονας και αρθρώσεις
- Τελικός δίσκος
- Διαφορικό
- Άξονας ροπής
- Τροχός

Γενικότερα, τα συστήματα μετάδοσης της κίνησης μπορούν να χωριστούν σε υδραυλικά και μηχανικά. Ο σύνδεσμος ρευστού είναι μια υδροδυναμική συσκευή που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση της περιστρεφόμενης μηχανικής ισχύος. Έχει χρησιμοποιηθεί σε κιβώτια ταχυτήτων αυτοκινήτων ως εναλλακτική λύση σε σχέση με ένα μηχανικό συμπλέκτη (για την αυτοματοποίησή του). Σε εφαρμογές αυτοκινήτων, η αντλία συνήθως συνδέεται με το σφόνδυλο του κινητήρα.

Ο στρόβιλος συνδέεται με τον άξονα εισόδου του κιβωτίου των ταχυτήτων. Ενώ, το κιβώτιο ταχυτήτων βρίσκεται στη θέση του, όταν αυξάνουν οι στροφές του κινητήρα, αυξάνει η ροπή που μεταφέρεται από τον κινητήρα στον άξονα εισόδου

με την κίνηση του ρευστού, προωθώντας το όχημα. Έτσι, η συμπεριφορά της ζεύξης του ρευστού μοιάζει πολύ με αυτή ενός μηχανικού συμπλέκτη που οδηγεί ένα χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων.

Αυτό το σύστημα αποτελείται από μια αντλία-γενικά γνωστή ως περωτή και έναν στρόβιλο γενικά γνωστό ως ρότορα, ενώ και τα δύο εγκλείονται κατάλληλα σε ένα περίβλημα. Αντικρίζουν το ένα το άλλο με κενό αέρα μεταξύ τους. Η περωτή είναι κατάλληλα συνδεδεμένη με την κύρια κίνηση, ενώ ο ρότορας έχει έναν άξονα βιδωμένο σε αυτόν. Αυτός ο άξονας συνδέεται περαιτέρω με το κινούμενο μηχανήμα μέσω κατάλληλης διάταξης. Γεμίζεται λάδι από το πώμα πλήρωσης που παρέχεται στο σώμα του. Δεν υπάρχει μηχανική διασύνδεση μεταξύ της περωτής και του ρότορα και η ισχύς μεταδίδεται χάρη στο ρευστό.

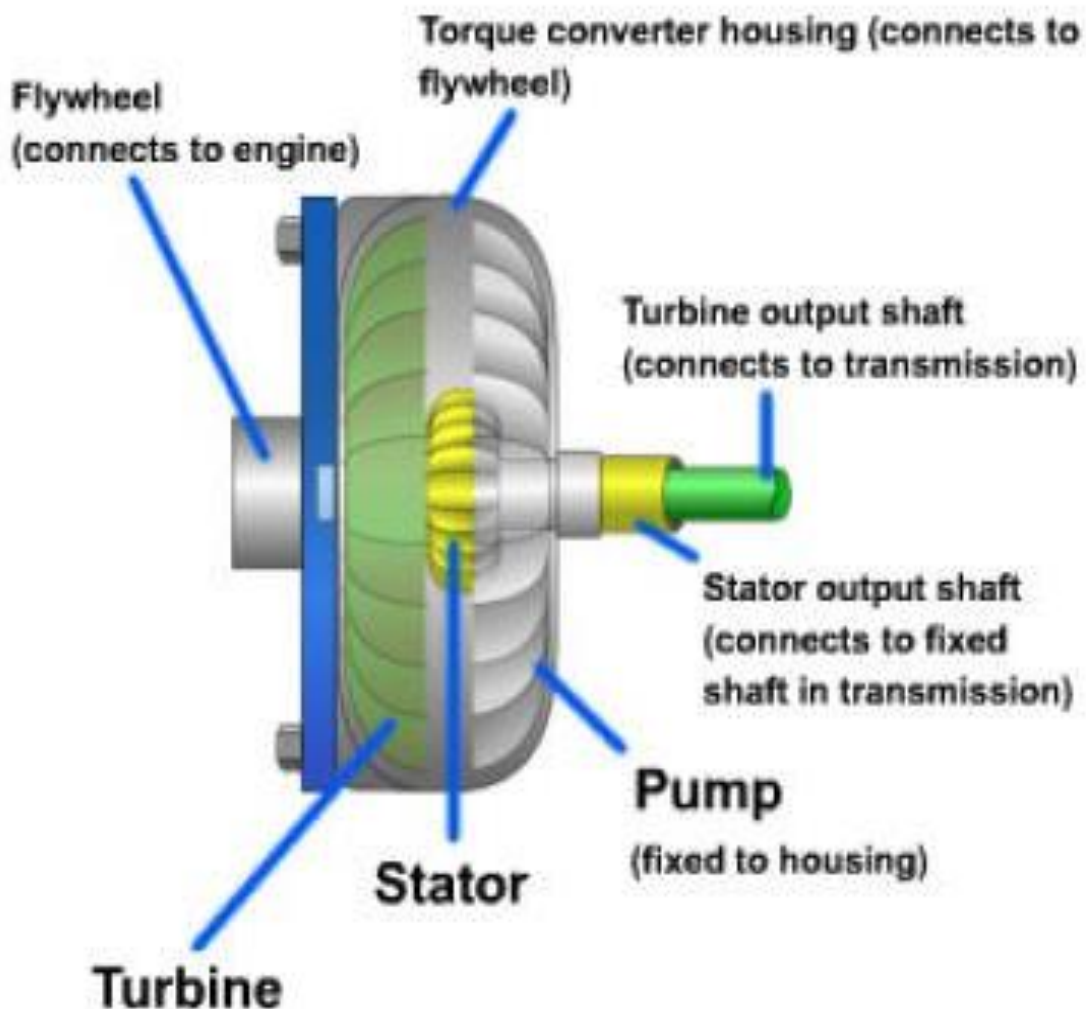
Η περωτή όταν περιστρέφεται από τον κύριο κινητήρα προσδίδει ταχύτητα και ενέργεια στο ρευστό, όπου υπάρχει μετατροπή σε μηχανική ενέργεια στο ρότορα μέσω της περιστροφής του. Το ρευστό ακολουθεί ένα κλειστό κύκλωμα ροής από την περωτή στο ρότορα μέσω του διακένου αέρα στην εξωτερική περιφέρεια και από ρότορα στην περωτή ξανά μέσω του διακένου αέρα στην εσωτερική περιφέρεια. Για να μπορέσει το ρευστό να ρέει από την περωτή στον ρότορα, είναι απαραίτητο να υπάρχει διαφορά στη "θερμότητα" μεταξύ των δύο. Καθώς αυξάνεται η ολίσθηση, όλο και περισσότερο ρευστό μπορεί να μεταφερθεί από την περωτή στον ρότορα και μεταδίδεται περισσότερη ροπή.

Ο μετατροπέας της ροπής είναι ένα υδραυλικό κιβώτιο ταχυτήτων που αυξάνει τη ροπή του οχήματος μειώνοντας την ταχύτητά του. Παρέχει μια συνεχή μεταβολή της αναλογίας από χαμηλή σε υψηλή. Το βασικό χαρακτηριστικό ενός μετατροπέα της ροπής είναι η ικανότητά του να πολλαπλασιάζει τη ροπή όταν υπάρχει ουσιαστική διαφορά μεταξύ της ταχύτητας περιστροφής της εισόδου και της εξόδου, παρέχοντας έτσι το ισοδύναμο μιας μείωσης της ταχύτητας. Τα αυτοκίνητα με αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων δεν έχουν συμπλέκτη που αποσυνδέει το κιβώτιο ταχυτήτων από τον κινητήρα. Έτσι, χρησιμοποιούν στην ουσία αυτή τη συσκευή (Εικόνα 1.9: Αντλία, στρόβιλος, στάτορας).

Υπάρχουν τέσσερα εξαρτήματα μέσα στο πολύ ισχυρό περίβλημα του μετατροπέα της ροπής:

- Αντλία (Pump)
- Στρόβιλος (Turbine)
- Στάτορας (Stator)
- Υγρό μετάδοσης

Το βολάν (Flywheel) συνδέεται στον κινητήρα, το περίβλημα του μετατροπέα ροπής (Torque converter housing) συνδέεται στο βολάν, ενώ ο άξονας εξόδου τους στροβίλου (Turbine output shaft) συνδέεται στο κιβώτιο ταχυτήτων. Ο άξονας εξόδου του στάτορα (stator output shaft) συνδέεται σε σταθερό άξονα στο κιβώτιο ταχυτήτων.



Εικόνα 1.9: Αντλία, στρόβιλος, στάτορας

Πηγή: www.waybuilder.net

Το περίβλημα του μετατροπέα της ροπής είναι βιδωμένο στο σφόνδυλο του κινητήρα, ώστε να περιστρέφεται σε οποιαδήποτε ταχύτητα λειτουργεί ο κινητήρας. Η αντλία μέσα σε ένα μετατροπέα ροπής είναι ένας τύπος φυγοκεντρικής αντλίας. Όταν περιστρέφεται, το υγρό εκτοξεύεται προς τα έξω. Καθώς το υγρό εκτοξεύεται προς τα έξω, δημιουργείται κενό που τραβάει περισσότερο υγρό στο κέντρο. Στη συνέχεια, το υγρό εισέρχεται στα πτερύγια

του στροβίλου, όπου συνδέονται με το κιβώτιο ταχυτήτων. Ο στρόβιλος κάνει το κιβώτιο ταχυτήτων να περιστρέφεται, το οποίο ουσιαστικά κινεί το αυτοκίνητο. Τα περύγια του στροβίλου είναι κυρτά. Αυτό σημαίνει ότι το ρευστό, που εισέρχεται από το εξωτερικό, πρέπει να αλλάξει κατεύθυνση πριν βγει από το κέντρο του στροβίλου. Αυτή η αλλαγή της κατεύθυνσης είναι που προκαλεί στην ουσία την περιστροφή του στροβίλου.

Για να αλλάξει η κατεύθυνση ενός κινούμενου αντικείμενου, πρέπει να εφαρμοστεί μια δύναμη σε αυτό το αντικείμενο (δεν έχει σημασία αν το αντικείμενο είναι αυτοκίνητο, ή μια σταγόνα ρευστού). Καθώς ο στρόβιλος αναγκάζει το ρευστό να αλλάξει κατεύθυνση, το ρευστό προκαλεί την περιστροφή του στροβίλου. Το υγρό εξέρχεται από το στρόβιλο στο κέντρο, κινούμενο προς διαφορετική κατεύθυνση από ό,τι όταν εισήλθε. Το υγρό επίσης εξέρχεται από τον στρόβιλο κινούμενο αντίθετα από την κατεύθυνση που περιστρέφεται η αντλία (και ο κινητήρας). Εάν το υγρό αφηθεί να χτυπήσει την αντλία, θα επιβράδυνε τον κινητήρα, σπαταλώντας την ισχύ. Αυτός, είναι ο λόγος που ένας μετατροπέας ροπής έχει ένα στάτορα. Ο στάτορας βρίσκεται στο κέντρο του μετατροπέα της ροπής. Η δουλειά του είναι να ανακατευθύνει το υγρό που επιστρέφει από το στρόβιλο πριν χτυπήσει ξανά στην αντλία. Αυτό αυξάνει δραματικά την απόδοση του μετατροπέα της ροπής. Ο στάτορας έχει ένα σχέδιο σαν λεπίδα που αντιστρέφει σχεδόν πλήρως την κατεύθυνση του ρευστού.

Ένας μονόδρομος συμπλέκτης (μέσα στο στάτορα) συνδέει το στάτορα με ένα σταθερό άξονα στο κιβώτιο ταχυτήτων. Λόγω αυτής της διάταξης, ο στάτορας δε μπορεί να περιστραφεί με το ρευστό, αλλά μπορεί να περιστραφεί μόνο προς την αντίθετη κατεύθυνση, αναγκάζοντας το ρευστό να αλλάξει κατεύθυνση, καθώς χτυπά τις λεπίδες του στάτορα.

Τα γρανάζια είναι ένα από τα πιο σημαντικά εξαρτήματα για τα μηχανικά συστήματα (Εικόνα 1.10: Δημιουργία γραναζιών με κόφτη). Αν και τα γρανάζια εφαρμόζονται σε όλα τα μηχανήματα, η αυτοκινητοβιομηχανία είναι μακράν ο μεγαλύτερος χρήστης λόγω του τεράστιου αριθμού πωλήσεων των οχημάτων. Στα συστήματα μετάδοσης της κίνησης των αυτοκινήτων, τα γρανάζια είναι απαραίτητα, ανεξάρτητα από το είδος του κιβωτίου ταχυτήτων που χρησιμοποιείται για το όχημα.

Για διαφορετικούς τύπους κιβωτίων ταχυτήτων εφαρμόζονται διαφορετικά σχέδια γραναζιών. Τα γρανάζια του άξονα χρησιμοποιούνται κυρίως για χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων και μερικές φορές επίσης για κάποια αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων, όπου όλα τα γρανάζια περιστρέφονται γύρω από σταθερούς άξονες και επιτυγχάνονται πολλαπλές σχέσεις μετάδοσης με πολλαπλά ζεύγη ταχυτήτων που περιστρέφονται γύρω από παράλληλους άξονες.

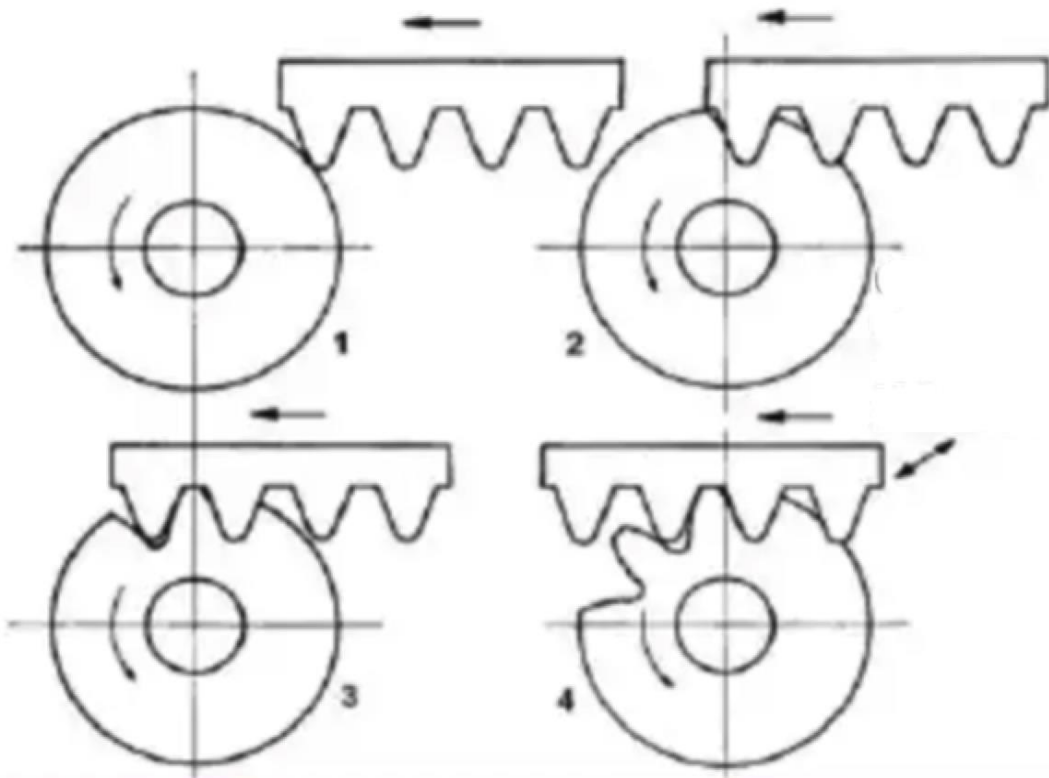
Τα συμβατικά αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων χρησιμοποιούν πλανητικά γρανάζια για τη μετάδοση της ισχύος όπως έχει ήδη αναφερθεί για την επίτευξη πολλαπλών σχέσεων μετάδοσης, με πολλαπλούς συμπλέκτες για τον έλεγχο των ροών ισχύος. Διαφορετικά από τα συστήματα των γραναζιών άξονα, δεν περιστρέφονται όλα τα γρανάζια γύρω από σταθερούς άξονες στα συστήματα των πλανητικών γραναζιών. Τα συνεχώς μεταβαλλόμενα κιβώτια δεν χρειάζονται τόσες ταχύτητες όπως τα χειροκίνητα, ή τα συμβατικά αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων, αλλά εξακολουθούν να χρησιμοποιούν γρανάζια στην τελική μετάδοση για να αυξήσουν τη συνολική σχέση μετάδοσης της κίνησης.

Η ιστορία των γραναζιών χρονολογείται χιλιάδες χρόνια πίσω στον ανθρώπινο πολιτισμό, αλλά μόλις τον δέκατο όγδοο αιώνα άρχισε να διαμορφώνεται η βιομηχανία των εργαλείων. Η συντριπτική πλειονότητα των γραναζιών στη βιομηχανία των εργαλείων σήμερα είναι τα ελικοειδή γρανάζια (δηλαδή γρανάζια με προφίλ ελικοειδών δοντιών), τα οποία σχεδιάστηκαν αρχικά από τον Leonhard Euler. Τα γρανάζια με κυκλοειδή προφίλ δοντιών χρησιμοποιούνται επίσης για ορισμένες εφαρμογές, όπως στα μηχανικά ρολόγια και σε άλλες συσκευές, που περιλαμβάνουν κυρίως τη μετάδοση της κίνησης.

Πολλοί τύποι γραναζιών έχουν αναπτυχθεί για διάφορες εφαρμογές. Στα συστήματα μετάδοσης της κίνησης των οχημάτων, οι οδοντωτοί τροχοί με έλικα, τα ελικοειδή και τα κωνικά γρανάζια (συμπεριλαμβανομένων των ευθύγραμμων, σπειροειδών και υποειδών κωνικών γραναζιών) χρησιμοποιούνται κυρίως για τη μετάδοση της ισχύος. Λόγω του μεγάλου όγκου και της ευρείας εφαρμογής, τα γρανάζια είναι τυποποιημένα μηχανικά εξαρτήματα στη βιομηχανία.

Τα ελικοειδή γρανάζια χρησιμοποιούνται ευρέως ως γρανάζια μετάδοσης της κίνησης των αυτοκινήτων. Ο σχεδιασμός των γραναζιών μετάδοσης βασίζεται στην ίδια αρχή και θεωρία όπως και για άλλες εφαρμογές και θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις συνθήκες και τις απαιτήσεις λειτουργίας του οχήματος. Γενικά, η ανθεκτικότητα, η συμπαγής κατασκευή, το κόστος και ο θόρυβος είναι οι προτεραιότητες του σχεδιασμού για τα γρανάζια αυτοκινήτου, ειδικά για τα επιβατικά οχήματα.

Λόγω της ωριμότητας της αυτοκινητοβιομηχανίας, ο σχεδιασμός των γραναζιών για την ανάπτυξη νέων κιβωτίων μπορεί να βασίζεται στην εμπειρία και τα δεδομένα που αποκτήθηκαν από υπάρχοντα προϊόντα. Τα πρότυπα AGMA για τη σχεδίαση των αντίστοιχων γραναζιών παρέχουν κατευθυντήριες γραμμές για την εξαιρετικά εμπειρική διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης.



Εικόνα 1.10: Δημιουργία γραναζιών με κόφτη

Πηγή: www.slideshare.net

Για το σχεδιασμό των γραναζιών μετάδοσης, θα πρέπει να γίνεται αναφορά, ή να ακολουθείται μια σειρά προτύπων σχεδιασμού γραναζιών AGMA, όπως αναφέρονται παρακάτω:

- AGMA 933-B03: Βασική Γεωμετρία
- AGMA 913-A98: Μέθοδος για τον καθορισμό της γεωμετρίας των οδοντωτών τροχών και ελικοειδών γραναζιών
- AGMA 2000-A88: Εγχειρίδιο ταξινόμησης και επιθεώρησης των γραναζιών
- AGMA 2002-B88: Προδιαγραφή και μέτρηση του πάχους των δοντιών
- AGMA 2001-D04: Θεμελιώδεις παράγοντες αξιολόγησης και μέθοδοι υπολογισμού για στερεά ελικοειδή δόντια γραναζιού

- AGMA 6002-B93: Οδηγός σχεδίασης για μηχανισμούς κίνησης των οχημάτων και για ελικοειδείς μηχανισμούς κίνησης
- AGMA 908-B89: Φύλλο πληροφοριών – Παράγοντες γεωμετρίας για τον προσδιορισμό της διάτρησης, της αντίστασης, της κάμψης και της δύναμης για τα δόντια γραναζιού, ελικοειδούς και ψαροκόκαλου
- AGMA 918-A93: Σύνοψη αριθμητικών παραδειγμάτων που αποδεικνύουν τις διαδικασίες για τον υπολογισμό της γεωμετρίας

Για το σχεδιασμό των γραναζιών της μετάδοσης, τα ακόλουθα δεδομένα είναι συνήθως γνωστά ή καθορίζονται:

- Μέγιστη ροπή και ισχύς του κινητήρα
- Βάρος του οχήματος και δεδομένα των διαστάσεων
- Σχέσεις μετάδοσης
- Σχέδιο για τον οριοθετημένο χώρο του κιβωτίου ταχυτήτων

1.5 Κατάλληλος αριθμός σχέσης μετάδοσης

Τα κύρια ζητήματα για την επιλογή των σχέσεων μετάδοσης είναι η απόδοση του οχήματος και η οικονομία του καυσίμου. Η διαδικασία επιλογής του πλήθους της σχέσης μετάδοσης είναι από τη φύση της η μέθοδος δοκιμής και λάθους, στην οποία η εμπειρία και τα δεδομένα από προηγούμενα οχήματα παίζουν σημαντικό ρόλο. Δεν υπάρχει συγκεκριμένος τύπος που να παρέχει τις ακριβείς τιμές για τις σχέσεις μετάδοσης που ταιριάζουν με την ισχύ του κινητήρα με στόχο τα καλύτερα αποτελέσματα στη δυναμική απόδοση και την απόδοση του καυσίμου. Ωστόσο, οι κατά προσέγγιση τιμές της σχέσης μετάδοσης μπορούν να υπολογιστούν αναλυτικά μέσα από διαφορετικούς συνδυασμούς των εξισώσεων.

Αυτές οι κατά προσέγγιση αναλογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αρχικές τιμές για την οριστικοποίηση των σχέσεων μετάδοσης γενικότερα. Αυτές οι τιμές μετάδοσης στην ουσία προσδιορίζονται από την αναλογία μετάδοσης, δηλαδή το λόγο του αριθμού των δοντιών του κινούμενου γραναζιού ως προς τον αριθμό των δοντιών του οδοντωτού τροχού. Αν είναι υψηλός ο λόγος, η μετάδοση είναι μικρότερη και ισχυρότερη (αλλά υπάρχει ανάγκη για συχνές αλλαγές ταχυτήτων).

1.5.1 Υψηλότερη σχέση μετάδοσης

Η υψηλότερη σχέση μετάδοσης είναι αυτή για τη μεγαλύτερη ταχύτητα και έχει τη χαμηλότερη τιμή. Αυτή η αναλογία επιλέγεται συνήθως έτσι ώστε το όχημα να επιτυγχάνει τη μέγιστη ταχύτητα σε επίπεδο έδαφος που επιτρέπεται από τη μέγιστη ισχύ του κινητήρα. Η μέγιστη ταχύτητα του οχήματος εμφανίζεται στη διασταύρωση μεταξύ της διαθέσιμης καμπύλης ισχύος για την υψηλότερη ταχύτητα και της καμπύλης ισχύος του φορτίου του δρόμου σε επίπεδο έδαφος. Υπάρχει μια μοναδική σχέση μετάδοσης για την υψηλότερη ταχύτητα, έτσι ώστε η διαθέσιμη καμπύλη ισχύος που ορίζεται από αυτή την αναλογία, η γραμμή μέγιστης ισχύος και η καμπύλη ισχύος του φορτίου του δρόμου σε επίπεδο έδαφος να τέμνονται στο ίδιο σημείο. Προφανώς, η ταχύτητα του οχήματος που αντιστοιχεί στο σημείο τομής είναι η μέγιστη ταχύτητα του οχήματος όπως επιτρέπεται από την ισχύ του κινητήρα. Στο σημείο αυτό, η μέγιστη ισχύς του κινητήρα ταιριάζει πλήρως με την υψηλότερη σχέση μετάδοσης για να εξισορροπηθεί η ισχύς του φορτίου του δρόμου στη μέγιστη ταχύτητα του οχήματος.

Η μέγιστη ισχύς του κινητήρα εμφανίζεται σε μια μοναδική ταχύτητα και αυτή η ταχύτητα αντιστοιχεί στη μέγιστη ταχύτητα του οχήματος που υπολογίζεται ως εξής:

$$V_{\max} = \frac{\pi \cdot n_{\max p}}{30 \cdot (i_{th} \cdot i_a)} \cdot r \quad (1.8)$$

όπου $n_{\max p}$ είναι οι στροφές του κινητήρα στις οποίες η ισχύς εξόδου του κινητήρα είναι η μέγιστη, r είναι η ακτίνα της κύλισης του ελαστικού και $i_{th} i_a$ είναι ο συνολικός λόγος του συστήματος μετάδοσης της κίνησης. Μέσα από αντιστοιχίες και υπολογισμούς με βάση την προηγούμενη εξίσωση μπορεί να

υπολογιστεί η σχέση μετάδοσης στην τελευταία ταχύτητα, i_{th} , εάν είναι γνωστή η τελική σχέση μετάδοσης της κίνησης i_a .

1.5.2 Πρώτη σχέση μετάδοσης

Η πρώτη σχέση μετάδοσης έχει τη μεγαλύτερη τιμή και είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε το όχημα να είναι σε θέση να λειτουργήσει με το θεωρητικά μέγιστο βαθμό που επιτρέπεται από τη μέγιστη ροπή εξόδου του κινητήρα. Όταν το όχημα διαπραγματεύεται το μέγιστο βαθμό στην πρώτη ταχύτητα με σταθερή χαμηλή ταχύτητα, η επιτάχυνση του οχήματος είναι μηδενική και η αντίσταση του αέρα μπορεί να αγνοηθεί στον υπολογισμό του φορτίου του δρόμου.

Η πρώτη σχέση μετάδοσης που προσδιορίζεται με αυτόν τον τρόπο επιτρέπει στο όχημα τη μέγιστη βαθμιδωτή ικανότητα που επιτρέπει η ροπή του κινητήρα. Η τιμή της πρώτης σχέσης μετάδοσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το βάρος του οχήματος και τη μέγιστη ροπή εξόδου του κινητήρα.

Για τα οχήματα που έχουν υψηλή αναλογία μεταξύ του συνολικού βάρους του οχήματος και της ροπής εξόδου του κινητήρα, όπως ένα φορτηγό βαρέως τύπου, πρέπει να υπάρχει πολύ μεγάλη σχέση της πρώτης ταχύτητας για την ικανότητα κλιμάκωσης και επιτάχυνσης κατά την εκκίνηση.

1.5.3 Ενδιάμεσες σχέσεις μετάδοσης

Η χαμηλή και η υψηλή ταχύτητα ορίζουν το εύρος της σχέσης μετάδοσης και το χάσμα μεταξύ των χαμηλών και υψηλών σχέσεων πρέπει να γεφυρωθεί με έναν αριθμό ενδιάμεσων γραναζιών. Αυτές οι αναλογίες επηρεάζουν το εύρος των στροφών του κινητήρα σε διάφορες καταστάσεις λειτουργίας του οχήματος. Γενικά, οι κινητήρες εσωτερικής καύσης έχουν ένα συγκεκριμένο εύρος στροφών εντός του οποίου η ροπή εξόδου του κινητήρα είναι κοντά στη μέγιστη. Η χαμηλότερη ειδική κατανάλωση του καυσίμου συνήθως εμπίπτει σε αυτό το εύρος. Για ένα δεδομένο κινητήρα, τα χαμηλά και τα υψηλά όρια αυτού του εύρους μπορούν να επιλεγούν από το διάγραμμα ροπής εξόδου του κινητήρα. Προφανώς, για καλύτερα αποτελέσματα στην επιτάχυνση και την απόδοση του καυσίμου, οι ενδιάμεσες σχέσεις μετάδοσης θα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε

οι στροφές του κινητήρα να διατηρούνται εντός αυτού του εύρους, ενώ το όχημα λειτουργεί ανάμεσα στις διαφορετικές ταχύτητες.

Οι ενδιάμεσες σχέσεις μετάδοσης είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε οι στροφές του κινητήρα να διατηρούνται εντός του προκαθορισμένου εύρους όταν το κιβώτιο ταχυτήτων αλλάζει σχέσεις. Στην υπόθεση ότι το όχημα επιταχύνεται με την τρέχουσα ταχύτητα, ή με μια χαμηλότερη ταχύτητα, καθώς αυξάνεται η ταχύτητα του οχήματος, οι στροφές του κινητήρα αυξάνονται επίσης προς το υψηλό όριο. Για να διατηρηθούν οι στροφές του κινητήρα εντός του εύρους, πρέπει να υπάρξει μια ανοδική ταχύτητα όταν επιτευχθεί το υψηλό όριο M . Αμέσως μετά την αλλαγή της ταχύτητας, οι στροφές του κινητήρα θα πρέπει να πέφτουν ξανά στο χαμηλό όριο, ενώ η ταχύτητα του οχήματος να παραμένει σχεδόν αμετάβλητη, επειδή η αλλαγή διαρκεί μόνο για ένα μικρό χρονικό διάστημα.

Οι επόμενες συνολικές σχέσεις μετάδοσης κίνησης υπολογίζονται ως εξής:

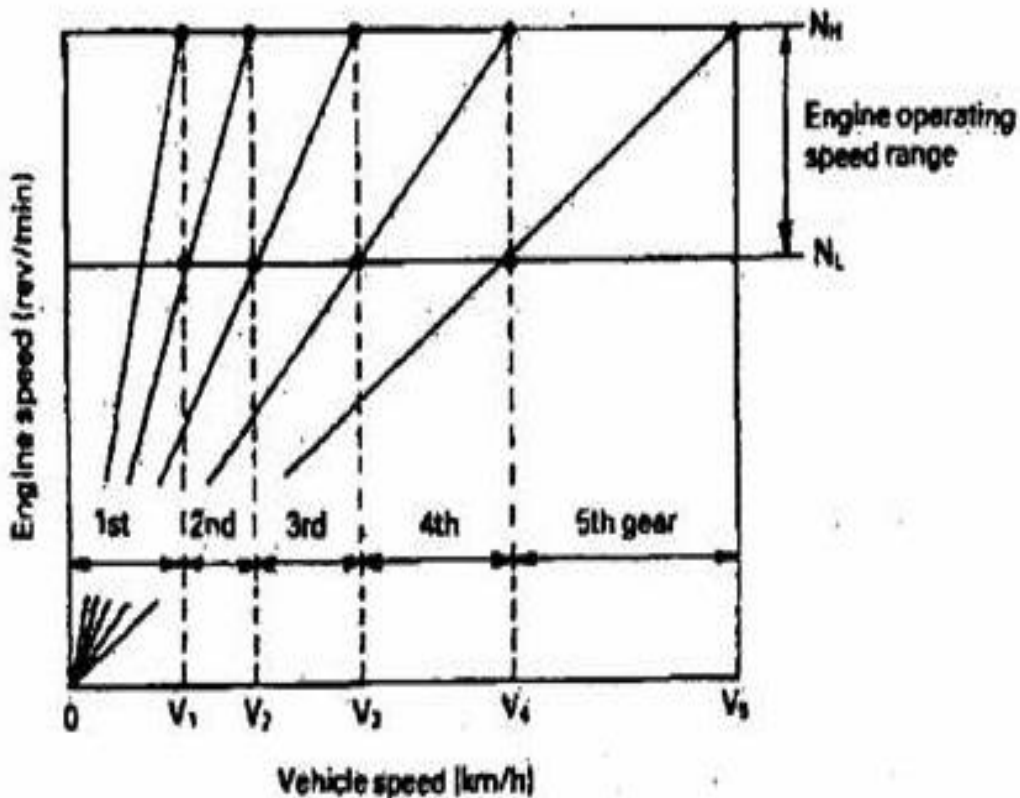
$$i_H = \frac{L}{M} \cdot i_L = c \cdot i_L \quad (1.9)$$

Όπου L είναι το κατώτατο όριο και M το ανώτατο όριο στο εύρος που περιγράφηκε. Επίσης το i_L είναι η τρέχουσα χαμηλότερη συνολική σχέση μετάδοσης. Επιπλέον, το c μπορεί να θεωρηθεί ως μια σταθερά, αφού έχουν προσδιοριστεί το ανώτερο και το κατώτερο όριο.

Για να κατανοηθεί καλύτερα το παραπάνω, μπορεί να γίνει η εξής υπόθεση ως παράδειγμα. Έστω ότι υπάρχει ένα όχημα με πέντε χειροκίνητες ταχύτητες και υπάρχει γεωμετρική πρόοδος στο σχεδιασμό τους. Τότε θα ισχύει ότι:

$$\frac{i_5}{i_4} = \frac{i_4}{i_3} = \frac{i_3}{i_2} = \frac{i_2}{i_1} = \frac{L}{M} = c \quad (1.10)$$

Η παραπάνω υπόθεση αποτυπώνεται και στην Εικόνα 1.11: Στροφές κινητήρα έναντι ταχύτητας οχήματος για σχέσεις μετάδοσης σε γεωμετρική πρόοδο.



Εικόνα 1.11: Στροφές κινητήρα έναντι ταχύτητας οχήματος για σχέσεις μετάδοσης σε γεωμετρική πρόοδο

Πηγή: <http://www.thecartech.com/>

Εάν, όλες οι αλλαγές των ταχυτήτων γίνονται με τις ίδιες στροφές ανά λεπτό του κινητήρα, τότε οι στροφές του κινητήρα θα μειωθούν κατά το ίδιο ποσό. Σαφώς, οι στροφές του κινητήρα διατηρούνται μεταξύ του χαμηλού και του υψηλού ορίου.

Ο αριθμός των ταχυτήτων που απαιτούνται για να ταιριάζουν με την ισχύ του κινητήρα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το σχήμα της καμπύλης της ροπής εξόδου του κινητήρα και από τον τύπο του οχήματος. Για έναν κινητήρα με απότομη καμπύλη ροπής, ο λόγος μεταξύ του χαμηλού ορίου και του υψηλού ορίου $c = ML$ είναι υψηλότερος από αυτόν για έναν κινητήρα με πιο επίπεδη καμπύλη ροπής. Αυτό σημαίνει ότι χρειάζονται περισσότερες σχέσεις μετάδοσης για να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ της χαμηλής ταχύτητας και της υψηλής ταχύτητας. Όσο υψηλότερη είναι η τιμή του ML , τόσο περισσότερα γρανάζια μετάδοσης χρειάζονται. Με άλλα λόγια, όσο πιο στενό είναι το εύρος των στροφών εντός του οποίου διατηρείται για να λειτουργεί ο κινητήρας, τόσο περισσότερες σχέσεις μετάδοσης χρειάζονται. Εάν, ένας σχετικά μικρός κινητήρας χρησιμοποιείται ως μονάδα παραγωγής της ενέργειας για ένα μεγάλο όχημα, όπως η περίπτωση ενός ημιφορτηγού, είναι πολύ επιθυμητός και

απαραίτητος ένας μεγάλος αριθμός γραναζιών στο κιβώτιο ταχυτήτων για τη διατήρηση των στροφών.

Συνοψίζοντας, η πρώτη σχέση μετάδοσης για ολόκληρο το σύστημα μετάδοσης της κίνησης έχει σχεδιαστεί για τη μέγιστη διαβάθμιση, ή επιτάχυνση. Η υψηλότερη σχέση μετάδοσης έχει σχεδιαστεί για τη μέγιστη ταχύτητα του οχήματος που επιτρέπεται από τη μέγιστη ισχύ του κινητήρα και οι ενδιάμεσες σχέσεις μετάδοσης δημιουργούνται βάσει γεωμετρικής προόδου, έτσι ώστε οι στροφές του κινητήρα να διατηρούνται στο ίδιο εύρος για βελτιστοποιημένη απόδοση του κινητήρα σε ροπή και απόδοση καυσίμου. Η τελική σχέση μετάδοσης της κίνησης είναι πάντα σταθερή και πραγματοποιείται χωριστά από το κιβώτιο ταχυτήτων. Επομένως, η πρώτη σχέση μετάδοσης και η υψηλότερη σχέση μετάδοσης του κιβωτίου ταχυτήτων γίνονται γνωστές μετά την επιλογή της τελικής σχέσης μετάδοσης της κίνησης.

1.5.4 Καθορισμός του πλήθους των σχέσεων μετάδοσης

Οι τιμές της σχέσης μετάδοσης που μπορούν να υπολογιστούν με βάση τα παραπάνω μπορεί να μην είναι οι τελικές σχέσεις μετάδοσης που χρησιμοποιούνται για το κιβώτιο ταχυτήτων, αλλά αυτές οι τιμές χρησιμεύουν ως ένα καλό σημείο εκκίνησης για την επιλογή της σχέσης μετάδοσης. Αφού, υπολογιστούν αυτές οι τιμές εκκίνησης, μπορούν στη συνέχεια να σχεδιαστούν το διάγραμμα συνθηκών της οδήγησης και το διάγραμμα ισχύος-ταχύτητας για να κριθεί για το όχημα το πόσο καλή είναι η αντιστοιχία κινητήρα-κιβωτίου ταχυτήτων.

Με τις επιλεγμένες σχέσεις μετάδοσης, η απόδοση της επιτάχυνσης του οχήματος και η οικονομία καυσίμου μπορούν επίσης να προσομοιωθούν σε διάφορες περιοχές μετάδοσης της κίνησης. Με βάση τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, μπορούν να γίνουν απαραίτητες τροποποιήσεις στις σχέσεις μετάδοσης δίνοντας προτεραιότητα στην απόδοση της επιτάχυνσης, ή στην οικονομία του καυσίμου, ή στη βελτιστοποιημένη αντιστάθμιση μεταξύ των δύο.

Επιπλέον, εκτός από τη μέθοδο της γεωμετρικής προόδου που αναφέρθηκε, οι σχέσεις μετάδοσης της κίνησης μπορούν επίσης να σχεδιαστούν σε προοδευτικά βήματα. Όταν οι σχέσεις μετάδοσης είναι σχεδιασμένες σε προοδευτικά βήματα, η διαφορά μεταξύ των δύο γειτονικών γραναζιών γίνεται μικρότερη ως προς τις υψηλές ταχύτητες. Αυτό σημαίνει ότι οι στροφές ανά λεπτό του κινητήρα δε θα πέφτουν το ίδιο κατά τα ανεβάσματα. Αντίθετα, η πτώση των στροφών του κινητήρα μειώνεται για ανεβάσματα σε υψηλότερες σχέσεις. Οι σχέσεις

μετάδοσης για τα κιβώτια ταχυτήτων των επιβατικών αυτοκινήτων έχουν συχνά χαμηλές σχέσεις μετάδοσης κοντά σε μια γεωμετρική σειρά και υψηλές σχέσεις μετάδοσης με τα χαρακτηριστικά των προοδευτικών βημάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΚΙΒΩΤΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

Οι σχέσεις μετάδοσης που συζητήθηκαν στο 1^ο Κεφάλαιο και ταιριάζουν με τις εξόδους του κινητήρα για βελτιστοποιημένη απόδοση του οχήματος και οικονομία καυσίμου πραγματοποιούνται από διαφορετικούς τύπους κιβωτίων ταχυτήτων. Τα χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων (MT) είναι ο παλαιότερος τύπος και έχουν ιστορία τόσο παλιά όσο και η αυτοκινητοβιομηχανία. Μέσα στα χρόνια έχουν δημιουργηθεί και διαφορετικοί τύποι κιβωτίων ταχυτήτων όπως είναι τα αυτόματα και τα ημιαυτόματα κιβώτια ταχυτήτων.

2.1 Μηχανικά κιβώτια ταχυτήτων

Σε ένα χειροκίνητο μηχανικό κιβώτιο ταχυτήτων, η ισχύς του κινητήρα μεταδίδεται με ζεύγη ταχυτήτων σε σταθερούς άξονες από την είσοδο στην έξοδο και οι αλλαγές των ταχυτήτων γίνονται χειροκίνητα από τον οδηγό. Αν και η βασική δομή και οι αρχές λειτουργίας έχουν παραμείνει σχεδόν ίδιες από την εμφάνιση των αυτοκινήτων, τα χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων έχουν υποστεί μια εξέλιξη αλλαγών με στόχο τη βελτίωση της ευκολίας της λειτουργίας και της ομαλότητας των αλλαγών.

Τα πρώτα χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων χρησιμοποιούσαν συρόμενα γρανάζια για τις αλλαγές των ταχυτήτων. Για να κάνει μια αλλαγή ο οδηγός χώριζε ένα ζεύγος ταχυτήτων τραβώντας ένα από τα γρανάζια και στη συνέχεια πίεζε και τοποθετούσε μια άλλη ταχύτητα. Ήταν πολύ δύσκολο να γίνουν αλλαγές με αυτόν τον τρόπο και η λείανση των γραναζιών των ταχυτήτων ήταν αναπόφευκτη κατά τη διάρκεια των αλλαγών. Οι μεταγενέστερες εκδόσεις είχαν σχεδιασμό γραναζιών με σταθερό σύστημα στο οποίο τα γρανάζια που ήταν υπεύθυνα για τις αλλαγές είχαν προσαρτημένο δακτύλιο δοντιού. Κατά τη διάρκεια μιας αλλαγής, ο οδηγός πίεζε ένα χιτώνιο με εσωτερικά δόντια σπирάλ στον άξονα του κιβωτίου ταχυτήτων και το έσερνε με το δακτύλιο του δοντιού. Το τρίξιμο των δοντιών ήταν ακόμα αναπόφευκτο, καθώς η ταχύτητα του χιτωνίου και του δακτυλίου του δοντιού ήταν διαφορετική κατά τις αλλαγές.

Στη δεκαετία του 1930 εφαρμόστηκαν ευρέως οι συγχρονιστές στα χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων. Η χρήση των συγχρονιστών βελτίωσε σημαντικά την ικανότητα οδήγησης του οχήματος και έκανε την οδήγηση πολύ πιο εύκολη και πιο ευχάριστη για τον οδηγό. Σε κάποιο βαθμό, τα συγχρονισμένα χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων συνέβαλαν στην ευρεία εξάπλωση των αυτοκινήτων στην καθημερινή ζωή του πληθυσμού.

Ο σχεδιασμός των συγχρονισμένων χειροκίνητων κιβωτίων ταχυτήτων δεν έχει αλλάξει πολύ για πολλές δεκαετίες, αλλά η πρόοδος στις τεχνολογίες των υλικών και της κατασκευής έχει κάνει αυτά τα προϊόντα να είναι πιο ανθεκτικά και πιο αξιόπιστα.

Σε σύγκριση με τα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων (AT) που προσφέρουν καλύτερη άνεση στον οδηγό, τα χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων είναι λιγότερο δαπανηρά και γενικά πιο αποδοτικά ως προς το καύσιμο. Για ορισμένους οδηγούς, τα οχήματα με χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων είναι η προτιμώμενη επιλογή επειδή προσφέρουν πιο σπορ τεχνικές οδήγησης και εμπειρία από τα αντίστοιχα αυτόματα. Επιπλέον, τα χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων με πολλαπλές σχέσεις μετάδοσης είναι πιο κατάλληλα για βαρέα φορτηγά λόγω των πλεονεκτημάτων τους στο κόστος και την οικονομία καυσίμου. Για αυτούς τους λόγους, μπορεί να θεωρηθεί ότι τα χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων είναι ένα ώριμο και διαχρονικό προϊόν στην αυτοκινητοβιομηχανία.

Το μερίδιο αγοράς των χειροκίνητων κιβωτίων ταχυτήτων ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο του οχήματος και την αγορά. Για τα επιβατικά οχήματα, τα χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων έχουν λιγότερο από το 20% στο μερίδιο αγοράς στη Βόρεια Αμερική, αλλά ο αριθμός αυτός είναι πιο κοντά στο 80% στην Ευρώπη. Στην κινεζική αγορά, η οποία είναι σήμερα η μεγαλύτερη στον κόσμο, το μερίδιο αγοράς του χειροκίνητου κιβωτίου ταχυτήτων είναι περίπου στο 60%. Για τα φορτηγά, συμπεριλαμβανομένων των pickup και των βαρέων επαγγελματικών οχημάτων, το μερίδιο του χειροκίνητου κιβωτίου ταχυτήτων είναι πολύ πιο πάνω από το 50% σε όλες τις αγορές. Για την παγκόσμια αγορά συνολικά, το μερίδιο αγοράς των μηχανικών κιβωτίων ταχυτήτων κυμαίνεται γύρω στο 58%. Αυτοί οι αριθμοί δείχνουν τη σημαντική κατάσταση των χειροκίνητων κιβωτίων ταχυτήτων στη σημερινή αγορά του αυτοκινήτου.

Το συνολικό σύστημα μετάδοσης της κίνησης του οχήματος περιλαμβάνει τον κινητήρα, το κιβώτιο ταχυτήτων, τη θήκη μεταφοράς για την τετρακίνηση (4WD), τον άξονα μετάδοσης της κίνησης, την τελική μετάδοση της κίνησης και το διαφορικό, τους ημιάξονες και τους κινητήριους τροχούς. Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι ο πυρήνας στη γραμμή μετάδοσης της κίνησης από την έξοδο του κινητήρα έως τους τροχούς. Το χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων είναι ένα μηχανικό σύστημα που αποτελείται από δεκάδες εξαρτήματα, όπως συμπλέκτη, γρανάζια, άξονες, συγχρονιστές, ρουλεμάν και τσιμούχες.

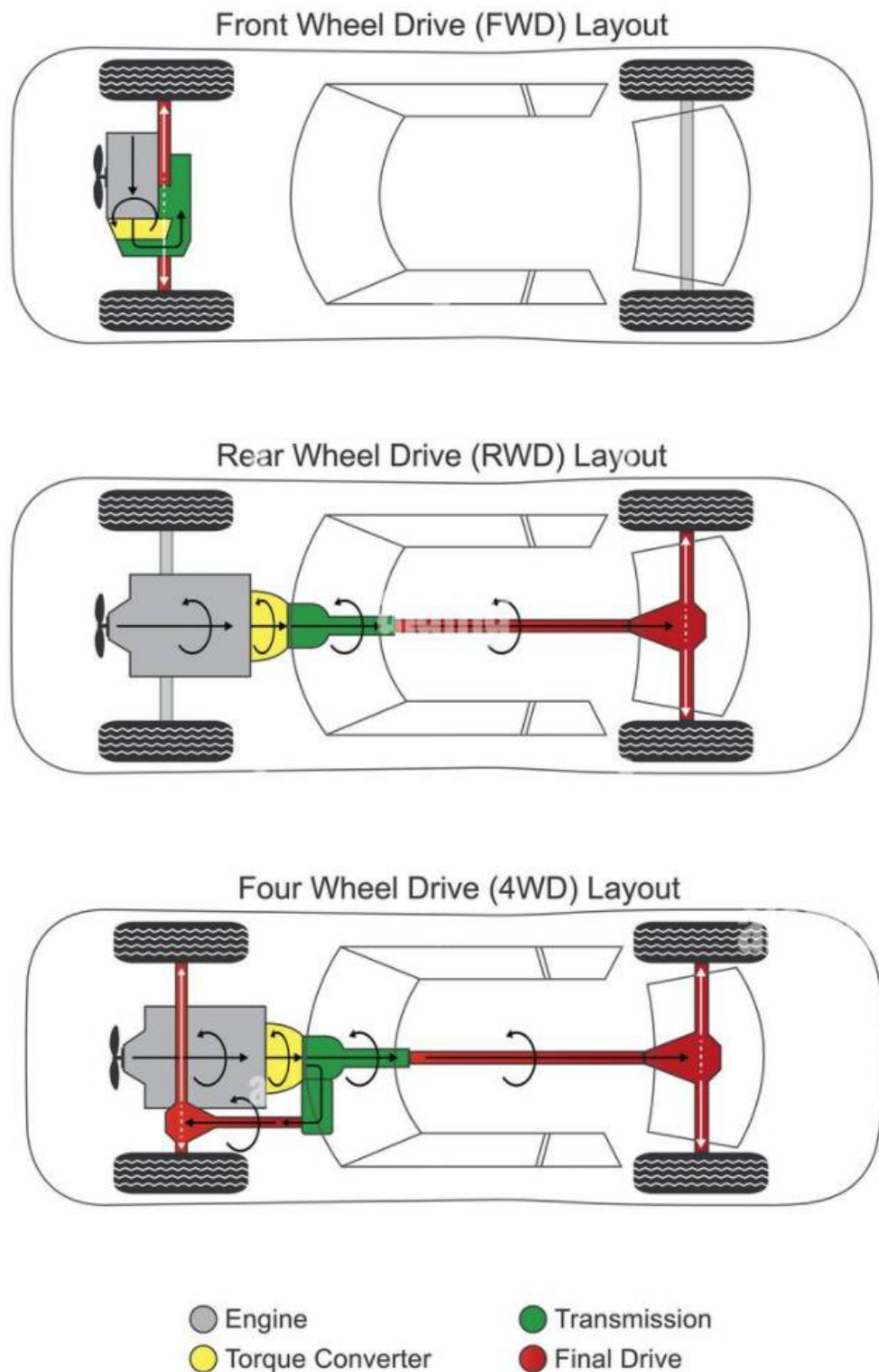
2.1.1 Διάταξη του συστήματος μετάδοσης της κίνησης και δομή του χειροκίνητου κιβωτίου ταχυτήτων

Οι διατάξεις του συστήματος μετάδοσης της κίνησης του οχήματος εξαρτώνται από το αν το όχημα έχει κίνηση στους μπροστινούς τροχούς (FWD), κίνηση στους πίσω τροχούς (RWD) ή τετρακίνηση (4WD). Για οχήματα FWD, το κιβώτιο ταχυτήτων και η τελική μετάδοση της κίνησης, που περιέχει το διαφορικό, είναι ενσωματωμένα στο ίδιο συγκρότημα. Τα οχήματα FWD έχουν συνήθως εγκάρσια τοποθετημένους κινητήρες, με το στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα να βρίσκεται παράλληλα με τον κινητήριο άξονα. Ένα όχημα FWD μπορεί επίσης να έχει τον κινητήρα τοποθετημένο κατά μήκος, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.1:Μετάδοση κίνησης στους μπροστινούς τροχούς (FWD), στους πίσω τροχούς (RWD) ή τετρακίνηση (4WD) (γκρι χρώμα: κινητήρας, πράσινο χρώμα: κιβώτιο ταχυτήτων, κίτρινο χρώμα: μετατροπέας ροπής, κόκκινο χρώμα: τελικός άξονας κίνησης).

Τότε πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα ζεύγος σπειροειδών κωνικών γραναζιών για τη μετάδοση της ισχύος στους κινητήριους τροχούς από τον άξονα εξόδου του κιβωτίου ταχυτήτων που είναι κάθετος στον άξονα. Σε σύγκριση με τη διάταξη RWD, η διάταξη FWD προσφέρει χαμηλότερο κόστος κατασκευής και καλύτερο χώρο για τους επιβάτες. Προσφέρει επίσης κάπως καλύτερη πρόσφυση σε κρύες καιρικές συνθήκες, επειδή ο μπροστινός άξονας έχει το μεγαλύτερο μέρος της κατανομής του βάρους. Τα περισσότερα επιβατικά αυτοκίνητα, ή φορτηγά σήμερα έχουν μπροστινή διάταξη FWD λόγω αυτών των πλεονεκτημάτων.

Τα οχήματα RWD έχουν πάντα διαμήκη τοποθετημένους κινητήρες. Το κιβώτιο ταχυτήτων και η τελική μετάδοση της κίνησης είναι ξεχωριστά συγκροτήματα, με έναν άξονα μετάδοσης της κίνησης που συνδέει την έξοδο του κιβωτίου ταχυτήτων και την τελική είσοδο της μετάδοσης της κίνησης. Οι ενώσεις γενικής χρήσης (αρθρώσεις) χρησιμοποιούνται στα δύο άκρα του άξονα μετάδοσης της κίνησης για να προσαρμόζονται στην κατάσταση συναρμολόγησης και στην ευελιξία της γραμμής μετάδοσης της κίνησης.

Το τελικό συγκρότημα μετάδοσης της κίνησης σε ένα όχημα RWD περιέχει ένα ζεύγος σπειροειδών κωνικών γραναζιών που παρέχουν την τελική σχέση μετάδοσης της κίνησης και το διαφορικό που επιτρέπει μια διαφορά της ταχύτητας μεταξύ των δύο κινητήριων τροχών. Η κατανομή του βάρους των αυτοκινήτων RWD μπορεί να σχεδιαστεί κοντά στο τέλειο 50/50 μεταξύ του μπροστινού και του πίσω άξονα. Αυτή η βελτιστοποιημένη κατανομή του βάρους οδηγεί σε βελτιωμένη οδική συμπεριφορά σε σύγκριση με αυτά των οχημάτων FWD.



Εικόνα 2.1: Μετάδοση κίνησης στους μπροστινούς τροχούς (FWD), στους πίσω τροχούς (RWD) ή τετρακίνηση (4WD)

Πηγή: www.alamy.es

Υπάρχουν οδηγοί που προτιμούν τα αυτοκίνητα RWD λόγω της καλύτερης οδηγικής ικανότητας (τουλάχιστον όπως την αντιλαμβάνονται) στο τιμόνι και στις στροφές. Αυτός μπορεί να είναι ένας από τους λόγους για τους οποίους το RWD χρησιμοποιείται για τα περισσότερα πολυτελή και спор αυτοκίνητα. Η διάταξη RWD χρησιμοποιείται επίσης για τα κινητήρια σύνολα ελαφρών έως και μεσαίων φορτηγών. Αυτή η διάταξη μπορεί εύκολα να τροποποιηθεί ώστε να ταιριάζει σε ένα σύστημα 4WD. Για οχήματα 4WD, υπάρχουν δύο συγκροτήματα τελικής μετάδοσης της κίνησης και διαφορικού, ένα για κάθε κινητήριο άξονα. Άλλες διατάξεις 4WD μπορεί να προέρχονται από διαμόρφωση FWD με εγκάρσια τοποθετημένο κινητήρα. Σε ένα σύστημα μετάδοσης της κίνησης 4WD, η ισχύς του κιβωτίου ταχυτήτων διαιρείται από τη θήκη μεταφοράς στους τελικούς κινητήρες, στον μπροστινό και τον πίσω άξονα. Η κατανομή της ροπής εξόδου του κιβωτίου των ταχυτήτων μεταξύ του μπροστινού και του πίσω άξονα εξαρτάται από τη σχεδίαση και τον έλεγχο της θήκης μεταφοράς.

Η συντριπτική πλειονότητα των μη εμπορικών επιβατικών οχημάτων έχει αρκετά συγκεκριμένες διατάξεις μετάδοσης της κίνησης, ίσως με πολύ λίγες εξαιρέσεις για κάποια спор αυτοκίνητα. Μπορούν επίσης να υιοθετηθούν και άλλες διατάξεις του συστήματος μετάδοσης της κίνησης για να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των διαφορετικών τύπων και λειτουργιών των οχημάτων. Για παράδειγμα, υπάρχει μια τυπική διάταξη του συστήματος μετάδοσης της κίνησης για ημι-φορτηγά με δύο κινητήριους άξονες σε σειρά.

Τα τυπικά κιβώτια είναι τοποθετημένα πάνω από τους διπλούς άξονες που παρέχουν μαζί πρόωση. Τα σπειροειδή κωνικά γρανάζια μπορούν να χρησιμοποιηθούν στους τελικούς μηχανισμούς μετάδοσης της κίνησης για τη μετάδοση της ισχύος από το διαμήκη κινητήριο άξονα στους άξονες. Στην τελική οδήγηση των φορτηγών, ή των λεωφορείων βαρέως τύπου χρησιμοποιούνται τόσο σπειροειδή κωνικά γρανάζια (με το γρανάζι και τους άξονες του γραναζιού που τέμνονται) όσο και τα υποειδή γρανάζια. Μερικές φορές χρησιμοποιείται ένα ζεύγος ελικοειδών γραναζιών για την παροχή πρόσθετης αναλογίας μείωσης στο τελικό συγκρότημα μετάδοσης της κίνησης. Σε κάποια μεγάλα επιβατικά λεωφορεία ο κινητήρας είναι τοποθετημένος κατά μήκος στο πίσω μέρος. Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ, ότι μπορούν να τοποθετηθούν, είτε ένα χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων, είτε ένα αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων στην ίδια διάταξη του συστήματος μετάδοσης της κίνησης ενός οχήματος γενικότερα.

Τα περισσότερα από τα χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων που χρησιμοποιούνται για τα επιβατικά αυτοκίνητα και φορτηγά σήμερα έχουν πέντε, ή έξι ταχύτητες για την κίνηση εμπρός και μία όπισθεν. Μόνο λίγα спор αυτοκίνητα, ή μοντέλα υψηλών προδιαγραφών είναι εξοπλισμένα με κιβώτια ταχυτήτων με έξι, ή περισσότερες ταχύτητες προς τα εμπρός για οικονομία καυσίμου και απόδοση (ή συνήθως τα πετρελαιοκίνητα οχήματα). Τα χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων είναι

ένα ώριμο προϊόν στην αυτοκινητοβιομηχανία που μοιράζεται παρόμοιες δομές. Η Εικόνα 2.2: Τομή χειροκίνητου κιβωτίου πέντε σχέσεων δείχνει την τομή ενός τυπικού χειροκίνητου κιβωτίου ταχυτήτων FWD πέντε ταχυτήτων που ταιριάζει στη διάταξη του συστήματος μετάδοσης της κίνησης που έχει αναφερθεί για τα επιβατικά αυτοκίνητα.

Τα βασικά εξαρτήματα στο χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων που επισημαίνονται στο σχέδιο είναι τα εξής:

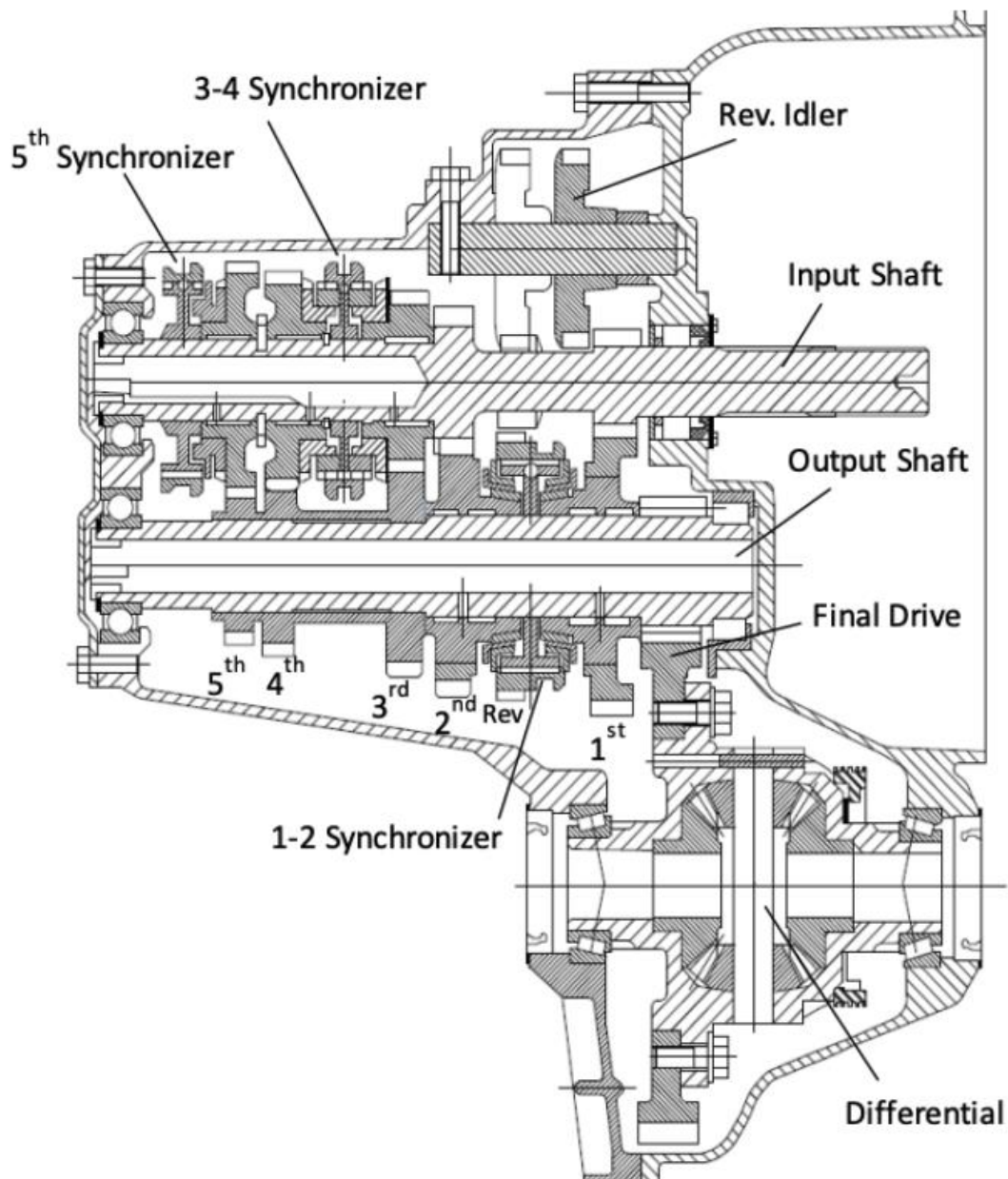
- Συγχρονιστές (Synchronizer)
- Άξονας εισόδου (Input shaft)
- Άξονας εξόδου (Output shaft)
- Τελευταίο γρανάζι κίνησης (Final drive)
- Μηχανισμός λειτουργίας όπισθεν (Rev. Idler)

Τα ζεύγη των ταχυτήτων για διαφορετικές ταχύτητες και οι συγχρονιστές είναι τοποθετημένα στον άξονα εισόδου και στον άξονα εξόδου. Το τελευταίο γρανάζι της κίνησης είναι αυτό που χρησιμοποιείται κατά τη μετάδοση της ισχύος του κινητήρα στους τροχούς και έχει δύο σκοπούς. Πρώτον, στρέφει τη ροή της ισχύος στη σωστή γωνία στον πίσω άξονα και δεύτερον, παρέχει ένα μηχανικό πλεονέκτημα (μόχλευση) στον πίσω άξονα.

Όλα τα γρανάζια εκτός από τα γρανάζια της όπισθεν είναι κυλινδρικά ελικοειδή γρανάζια. Υπάρχουν έξι γρανάζια σε κάθε άξονα, αφού υπάρχουν πέντε γρανάζια εμπρός και ένα για την όπισθεν. Τόσο οι άξονες εισόδου όσο και εξόδου στηρίζονται σε κυλινδρικά ρουλεμάν στην πλευρά του κινητήρα και σε ρουλεμάν με βαθιές αυλακώσεις στο εξωτερικό.

Ολόκληρος ο άξονας εξόδου και ένα τμήμα του άξονα εισόδου είναι κοίλα για τη μείωση του βάρους και της ροπής αδράνειας της μάζας. Η 1^η και η 5^η ταχύτητα βρίσκονται στα δύο άκρα του άξονα, κοντά στα ρουλεμάν, για να ελαχιστοποιηθεί η παραμόρφωση του άξονα. Ο συγχρονιστής για την πρώτη και τη δεύτερη ταχύτητα βρίσκεται στον άξονα εξόδου. Ο συγχρονιστής 3–4 και ο 5^{ος} συγχρονιστής είναι τοποθετημένοι στον άξονα εισόδου.

Το γρανάζι της όπισθεν πραγματοποιεί τη λειτουργία του με ένα συρόμενο ρελαντί μεταξύ των αξόνων εισόδου και εξόδου. Αυτό απαιτεί λίγη περισσότερη προσπάθεια από την αλλαγή της ταχύτητας προς τα εμπρός, αλλά έχει μικρή επίδραση στην ικανότητα οδήγησης, καθώς η όπισθεν ενεργοποιείται πάντα όταν το όχημα βρίσκεται σε ηρεμία.



Εικόνα 2.2: Τομή χειροκίνητου κιβωτίου πέντε σχέσεων

Πηγή: www.euromotor.org

Το γρανάζι εξόδου για την όπισθεν είναι προσαρτημένο στο συγκρότημα συγχρονιστή 1–2 και υποβάλλεται σε μηχανική επεξεργασία στο περίβλημα του συγχρονιστή 1–2. Το γρανάζι εισόδου της τελικής μετάδοσης της κίνησης αφορά τον άξονα εξόδου και το γρανάζι της τελικής εξόδου μετάδοσης της κίνησης βιδώνεται στο φορέα του διαφορικού, ο οποίος στηρίζεται και στις δύο πλευρές από κωνικά ρουλεμάν κυλίνδρων που αντιστέκονται στις ωθήσεις.

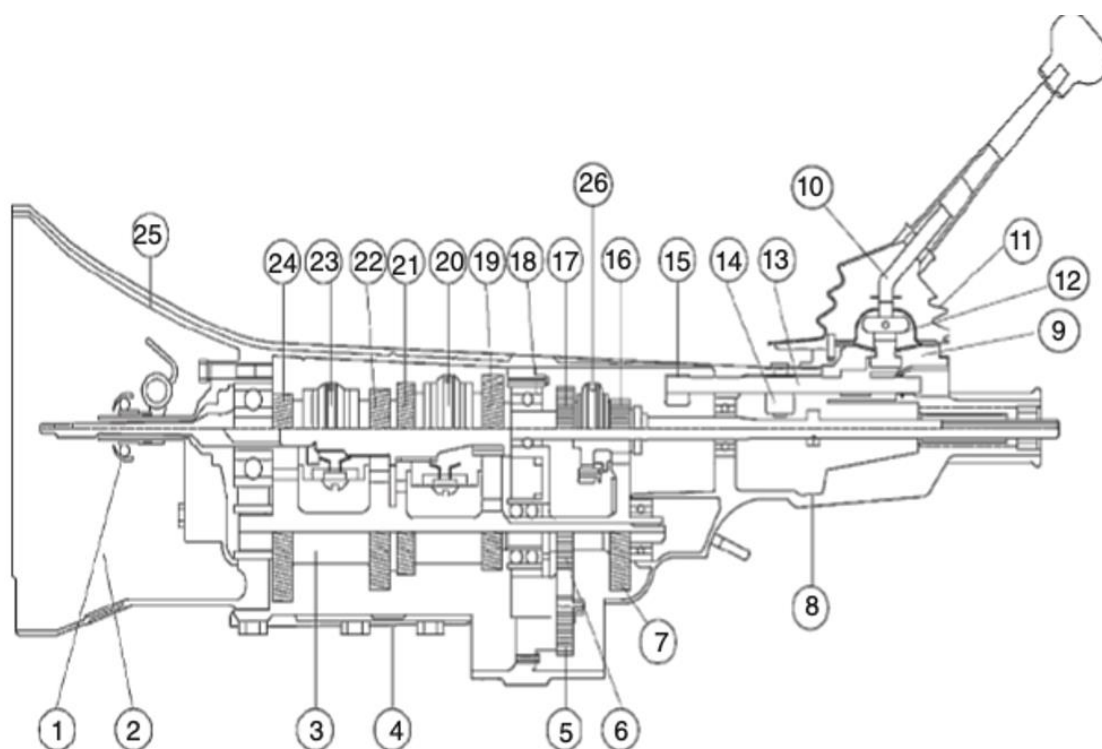
Καθένα από τα δύο πλευρικά γρανάζια του διαφορικού συνδέεται με τον κινητήριο τροχό μέσω ενός άξονα, ο οποίος συνδέεται με το πλευρικό γρανάζι και τον τροχό με αρθρώσεις. Το περίβλημα του κιβωτίου ταχυτήτων αποτελείται από δύο τεμάχια βιδωμένα μαζί με στεγανοποίηση και στερεώνεται στο συγκρότημα του κινητήρα με μπουλόνια. Το περίβλημα έχει σχεδιαστεί με έναν κενό χώρο στην πλευρά εισόδου, που ονομάζεται φρεάτιο συμπλέκτη, για τη συναρμολόγηση του συμπλέκτη. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι άξονες και το σύστημα της τελικής μετάδοσης της κίνησης στην πραγματικότητα δε βρίσκονται εντός ενός επιπέδου, αλλά σε γωνίες μεταξύ τους για λόγους συναρμολόγησης και ευελιξίας.

Ένα τυπικό χειροκίνητο κιβώτιο πέντε ταχυτήτων για επιβατικό όχημα RWD φαίνεται στην

Εικόνα 2.3: Τομή ενός χειροκίνητου κιβωτίου ταχυτήτων πέντε σχέσεων RWD. Αυτό το κιβώτιο ταχυτήτων ταιριάζει στη διάταξη του συστήματος μετάδοσης της κίνησης που αναφέρθηκε προηγουμένως. Υπάρχουν τρεις άξονες σε αυτό το σχέδιο μετάδοσης. Ο άξονας εισόδου υποστηρίζεται στο περίβλημα από ένα ρουλεμάν βαθιάς αυλάκωσης και στο κέντρο του σφονδύλου του κινητήρα από ένα ακόμα ρουλεμάν. Για να ελαχιστοποιηθεί η απόκλιση του άξονα, τόσο ο άξονας αντιστάθμισης όσο και ο άξονας εξόδου υποστηρίζονται σε τρεις θέσεις. Ο αντίστροφος άξονας φέρει όλα τα γρανάζια πάνω του και στηρίζεται από ένα κυλινδρικό ρουλεμάν στην πλευρά του κινητήρα, ένα ρουλεμάν διπλής σειράς στο τοίχωμα στήριξης του περιβλήματος και ένα ακόμη ρουλεμάν στην άλλη πλευρά.

Ο άξονας εξόδου υποστηρίζεται από ρουλεμάν στο τοίχωμα στήριξης και στην πλευρά εξόδου, καθώς και από ένα ρουλεμάν κυλίνδρου στο κέντρο του γραναζιού εισόδου. Η πρώτη, η δεύτερη και η πέμπτη ταχύτητα τοποθετούνται με ρουλεμάν για να ελαχιστοποιηθούν οι παραμορφώσεις του άξονα.

Οι ταχύτητες της όπισθεν είναι συνεχώς δικτυωμένες και η όπισθεν εμπλέκεται από τον συγχρονιστή R-5. Και οι τρεις συγχρονιστές είναι τοποθετημένοι στον άξονα εξόδου και επομένως όλα τα γρανάζια περιστρέφονται ελεύθερα στον άξονα εξόδου, εκτός εάν έχουν εμπλακεί.



1. Ρουλεμάν αποδέσμευσης	2. Συμπλέκτης	3. Αντίθετος άξονας
4. Κάλυμμα θήκης	5. Μηχανισμός όπισθεν	6. Γρανάζι όπισθεν
7. Αντίθετος άξονας γραναζιού 5ης ταχύτητας	8. Περίβλημα επέκτασης	9. Έδρανο λεβιέ
10. Λεβιές ταχύτητων	11. Λαστιχένια βάση	12. Υποδοχή
13. Άξονας	14. Ουδέτερο δάχτυλο επιστροφής	15. Δάχτυλο ελέγχου
16. Γρανάζι εξόδου 5ης ταχύτητας	17. Γρανάζι εξόδου όπισθεν	18. Ρουλεμάν
19. Γρανάζι εξόδου 1ης ταχύτητας	20. 1-2 Συγχρονιστής	21. Γρανάζι εξόδου 2ης ταχύτητας
22. Γρανάζι εξόδου 3ης ταχύτητας	23. 3-4 Συγχρονιστής	24. Γρανάζι εισόδου
25. Περίβλημα	26. R-5 Συγχρονιστής	

Εικόνα 2.3: Τομή ενός χειροκίνητου κιβωτίου ταχυτήτων πέντε σχέσεων RWD

Πηγή: www.euromotor.org

Το περίβλημα έχει σχεδιαστεί με επιπλέον χώρο στην πλευρά εξόδου για τη συναρμολόγηση του μηχανισμού αλλαγής των ταχυτήτων, του ταχύμετρου, ή του αισθητήρα της ταχύτητας. Υπάρχουν γενικά παραλλαγές των χειροκίνητων κιβωτίων RDW με πέντε, ή έξι ταχύτητες. Στις νεότερες εκδόσεις, το τοίχωμα στήριξης στο περίβλημα του κιβωτίου ταχυτήτων και τα έδρανα εξαλείφονται επειδή η επαρκής ακαμψία και η αντοχή εγγυώνται από νέα υλικά και τεχνολογίες κατασκευής για το περίβλημα.

Η δομή ενός χειροκίνητου κιβωτίου ταχυτήτων, ή οποιουδήποτε άλλου μηχανικού συστήματος γενικά, μπορεί να απεικονιστεί με ένα απλό και διαισθητικό σχήμα, που συνήθως ονομάζεται «διάγραμμα ραβδιών» στην αυτοκινητοβιομηχανία. Ένα τέτοιο διάγραμμα χρησιμοποιεί ένα σύνολο συμβόλων για να αναπαραστήσει διάφορα εξαρτήματα και διασυνδέσεις μεταξύ τους σε ένα μηχανικό σύστημα. Τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται σε ένα τέτοιο διάγραμμα είναι εύκολα αναγνωρίσιμα και χρησιμοποιούνται με συνέπεια για την αναπαράσταση των στοιχείων του συστήματος μετάδοσης της κίνησης σε ολόκληρη την αντίστοιχη βιβλιογραφία.

2.1.2 Συμπλέκτης μηχανικού κιβωτίου ταχυτήτων

Όπως αναφέρθηκε στο 1^ο Κεφάλαιο, οι κινητήρες εσωτερικής καύσης δε μπορούν να παρέχουν σταθερή ροπή εξόδου κάτω από τις στροφές του ρελαντί. Όταν ένα όχημα ξεκινάει από την κατάσταση ηρεμίας, η ταχύτητα του οχήματος είναι μηδέν, αλλά οι στροφές του κινητήρα πρέπει να είναι πάνω από το ρελαντί. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να υπάρχει μια διάταξη εκκίνησης που να επιτρέπει την ολίσθηση κατά τη μετάδοση της ροπής του κινητήρα στην είσοδο του κιβωτίου ταχυτήτων. Η ολίσθηση τελειώνει τη στιγμή που η ταχύτητα του οχήματος αυξάνεται σταδιακά στην ικανοποιητική τιμή.

Σε ένα όχημα με χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων, ο συμπλέκτης λειτουργεί ως η διάταξη εκκίνησης που γεφυρώνει το χάσμα μεταξύ των στροφών του κινητήρα και της ταχύτητας του οχήματος. Ο συμπλέκτης έχει μια άλλη σημαντική λειτουργία σε ένα όχημα χειροκίνητου κιβωτίου ταχυτήτων. Όταν αποδεσμεύεται, παρέχει αποσύνδεση μεταξύ της εξόδου του κινητήρα και της εισόδου του κιβωτίου ταχυτήτων. Κατά τη διάρκεια μιας αλλαγής της ταχύτητας, ο συμπλέκτης αποδεσμεύεται για λίγο για να διακοπεί η παροχή ένωσης στο κιβώτιο ταχυτήτων, έτσι ώστε η απεμπλοκή της τρέχουσας ταχύτητας και η εμπλοκή της επόμενης ταχύτητας να μπορούν να πραγματοποιηθούν ομαλά από τον οδηγό. Οι περισσότεροι από τους συμπλέκτες στα χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων ενεργοποιούνται χειροκίνητα μέσω της πίεσης του πεντάλ του

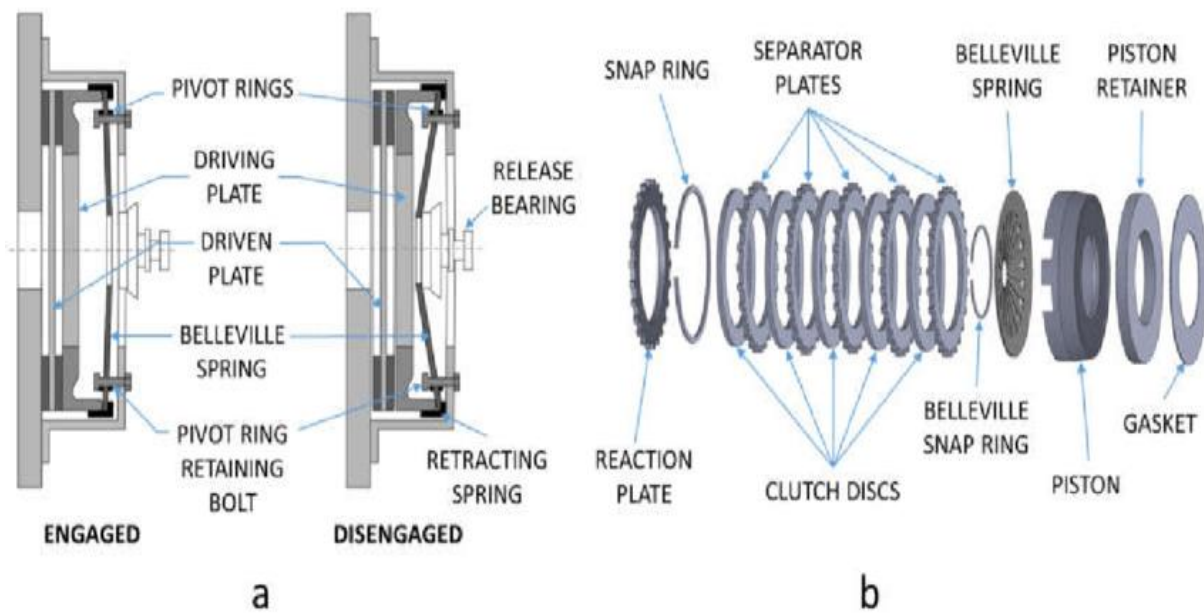
συμπλέκτη από τον οδηγό, αλλά ορισμένοι είναι αυτοματοποιημένοι υδραυλικά, ή ηλεκτρικά για ευκολία στη λειτουργία.

2.1.3 Δομή του συμπλέκτη

Οι συμπλέκτες του μηχανικού κιβωτίου ταχυτήτων είναι συσκευές τριβής που απαιτούν δύναμη σύσφιξης, ή κανονική δύναμη στις επιφάνειες τριβής για τη δημιουργία τριβής. Η δύναμη σύσφιξης δημιουργείται από τη συμπίεση των ελατηρίων. Υπάρχουν δύο τύποι ελατηρίων που χρησιμοποιούνται σε συμπλέκτες τέτοιων κιβωτίων ταχυτήτων, τα σπειροειδή ελατήρια και τα ελατήρια Belleville, ή με διάφραγμα. Οι συμπλέκτες σπειροειδών ελατηρίων έχουν μεγαλύτερη ικανότητα ροπής και επομένως χρησιμοποιούνται κυρίως για φορτηγά. Οι συμπλέκτες Belleville χρησιμοποιούνται κυρίως για επιβατικά οχήματα λόγω της δομικής απλότητας και της συμπαγούς κατασκευής τους. Η δομή ενός συμπλέκτη σπειροειδούς ελατηρίου απεικονίζεται από μια τομή στην Εικόνα 2.4: Μέρη συμπλέκτη μετάδοσης με ελατήριο Belleville (διάφραγμα) και η λειτουργία του.

Όπως φαίνεται, το συγκρότημα του συμπλέκτη αποτελείται από το δίσκο τριβής, την πλάκα πίεσης, το κάλυμμα του συμπλέκτη, το μοχλό απελευθέρωσης, τα σπειροειδή ελατήρια και το ρουλεμάν απελευθέρωσης. Δημιουργείται τριβή στις δύο όψεις του δίσκου τριβής που είναι «στρυμωγμένος» στον άξονα εισόδου του κιβωτίου ταχυτήτων και τοποθετείται μεταξύ της πλάκας πίεσης και του σφονδύλου του κινητήρα που είναι κατεργασμένος με μια επίπεδη επιφάνεια επαφής. Ο δίσκος τριβής συναρμολογείται με ένα στρεπτικό αποσβεστήρα ελατηρίου που έχει σχεδιαστεί για να μειώνει τις δυναμικές κρούσεις που προκαλούνται από την ενεργοποίηση του συμπλέκτη.

Η πλάκα πίεσης στερεώνεται στο κάλυμμα του συμπλέκτη με εύκαμπτους συνδέσμους. Οι εύκαμπτοι σύνδεσμοι φέρουν την πλάκα πίεσης σε περιστροφή με το κάλυμμα του συμπλέκτη που είναι βιδωμένο στο σφόνδυλο και επιτρέπουν στην πλάκα πίεσης να κινηθεί ελαφρά προς την αξονική κατεύθυνση. Ένα σετ σπειροειδών ελατηρίων τοποθετείται περιφερειακά μεταξύ της πλάκας πίεσης και του καλύμματος του συμπλέκτη. Η συμπίεση στα σπειροειδή ελατήρια δημιουργείται κατά τη συναρμολόγηση όταν το κάλυμμα του συμπλέκτη βιδωθεί στο σφόνδυλο. Αυτή η συμπίεση ρυθμίζεται από τη στεγανότητα των μπουλονιών συναρμολόγησης.



Περιστροφικοί δακτύλιοι (Pivot rings)	Πλάκα-οδηγός (Driving plate)	Κινούμενη πλάκα (Driven plate)
Ελατήριο Belleville (Belleville spring)	Βίδα συγκράτησης περιστροφικού δακτυλίου (Pivot ring retaining bolt)	Ρουλεμάν απελευθέρωσης (Release bearing)
Δαχτυλίδι (Snap ring)	Πλάκα αντίδρασης (Reaction plate)	Διαχωριστικές πλάκες (Separator plates)
Δίσκοι συμπλέκτη (Clutch discs)	Δαχτυλίδι Belleville (Belleville ring)	Έμβολο (Piston)
Πλάκα συγκράτησης εμβόλου (Piston retainer)	Φλάντζα/Τσιμούχα (Gasket)	

Εικόνα 2.4: Μέρη συμπλέκτη μετάδοσης με ελατήριο Belleville (διάφραγμα) και η λειτουργία του

Πηγή: www.researchgate.net

Ο συμπλέκτης κανονικά εμπλέκεται αφού το σπειροειδές ελατήριο κατά τη συναρμολόγηση δημιουργεί ένα επαρκές μέγεθος της δύναμης σύσφιξης. Αυτή η δύναμη σύσφιξης εφαρμόζεται από την πλάκα πίεσης στο δίσκο τριβής. Η ροπή του κινητήρα μεταδίδεται από την τριβή που δημιουργείται στις δύο όψεις επαφής του δίσκου τριβής, η μία μεταξύ του δίσκου και του σφονδύλου και η άλλη μεταξύ του δίσκου και της πλάκας πίεσης στον άξονα εισόδου του κιβωτίου ταχυτήτων.

Η απεμπλοκή του συμπλέκτη και ο έλεγχος της δύναμης σύσφιξης (δηλαδή της ροπής του συμπλέκτη) πραγματοποιούνται μέσω συμμετρικά τοποθετημένων μοχλών απελευθέρωσης, καθένας από τους οποίους βρίσκεται στην κεντρική

γραμμή μεταξύ δύο σπειροειδών ελατηρίων, που περιστρέφονται γύρω από έναν σύνδεσμο πείρου στο κάλυμμα του συμπλέκτη.

Το επάνω άκρο του μοχλού απελευθέρωσης έρχεται σε επαφή με την πλάκα πίεσης και το κάτω άκρο έρχεται σε επαφή με το ρουλεμάν απελευθέρωσης. Πριν από την εκκίνηση του οχήματος, ο οδηγός θα πατήσει πρώτα το πεντάλ του συμπλέκτη πλήρως για να απεμπλακεί ο συμπλέκτης μέσω της σύνδεσης ενεργοποίησης του συμπλέκτη. Το ρουλεμάν απελευθέρωσης κινείται προς τα αριστερά και η πλάκα πίεσης κινείται προς τα δεξιά καθώς πιέζεται το πεντάλ του συμπλέκτη, τοποθετώντας τον συμπλέκτη στη θέση απεμπλοκής. Καθώς το όχημα ξεκινάει, ο οδηγός θα σηκώσει σταδιακά το πεντάλ του συμπλέκτη έτσι ώστε το ρουλεμάν απελευθέρωσης να κινηθεί προς τα δεξιά λόγω της δύναμης του ελατηρίου και η πλάκα πίεσης να κινηθεί προς τα αριστερά μέχρι να εμπλακεί ο συμπλέκτης. Η λειτουργία του συμπλέκτη κατά τις αλλαγές του κιβωτίου ταχυτήτων είναι η ίδια με την εκκίνηση του οχήματος. Για να αυξηθεί η ικανότητα μετάδοσης της ροπής, μπορούν να χρησιμοποιηθούν γενικότερα περισσότεροι από έναν δίσκοι τριβής, με μια επιπλέον πλάκα πίεσης μεταξύ τους (όχι απαραίτητα) για πρόσθετες επιφάνειες τριβής.

Η δομή του συμπλέκτη Belleville, ή του διαφραγματικού συμπλέκτη είναι παρόμοια με αυτή των συμπλεκτών σπειροειδών ελατηρίων, αλλά διαφέρει μόνο στο ελατήριο που δημιουργεί τη δύναμη σύσφιξης. Σε ένα συμπλέκτη Belleville, το κωνικό ελατήριο διαφράγματος χρησιμεύει τόσο ως γεννήτρια της δύναμης σύσφιξης όσο και ως μοχλός απελευθέρωσης. Στο διαφραγματικό ελατήριο υπάρχουν πολλαπλές εγκοπές έτσι ώστε η εσωτερική του πλευρά να σχηματίζει θέσεις επαφής για να έρθει σε επαφή με το ρουλεμάν απελευθέρωσης. Αυτές οι εγκοπές ευνοούν επίσης την ομοιόμορφη παραμόρφωση της εσωτερικής πλευράς κατά μήκος της αξονικής κατεύθυνσης όταν υπάρχει ώθηση από το ρουλεμάν απελευθέρωσης. Το ελατήριο συνδέεται στο κάλυμμα του συμπλέκτη με πείρους που εφαρμόζουν στις οπές στην επάνω πλευρά των υποδοχών. Δύο κυκλικοί δακτύλιοι τοποθετούνται στους πείρους, σε κάθε πλευρά του ελατηρίου διαφράγματος. Αυτοί οι δύο κυκλικοί δακτύλιοι διατηρούν τη θέση του ελατηρίου του διαφράγματος και επίσης του επιτρέπουν να περιστρέφεται γύρω από τους πείρους.

Η εξωτερική πλευρά του ελατηρίου διαφράγματος είναι προσαρτημένη στην πλάκα πίεσης. Αυτό το εξάρτημα επιτρέπει μια ελαφρά σχετική κίνηση μεταξύ του ελατηρίου διαφράγματος και της πλάκας πίεσης. Πριν βιδωθεί το κάλυμμα του συμπλέκτη στο σφόνδυλο του κινητήρα, το ελατήριο του διαφράγματος δεν παραμορφώνεται και υπάρχει ένα μικρό κενό μεταξύ του καλύμματος του συμπλέκτη και του σφονδύλου, παρόλο που ο σφόνδυλος, ο δίσκος τριβής και η πλάκα πίεσης ακουμπούν το ένα το άλλο.

Όταν το κάλυμμα του συμπλέκτη βιδωθεί στο σφόνδυλο του κινητήρα, το μικρό κενό εξαλείφεται και το ελατήριο του διαφράγματος παραμορφώνεται προς την αξονική κατεύθυνση, δημιουργώντας τη δύναμη σύσφιξης στην πλάκα πίεσης. Αυτό, έχει ως αποτέλεσμα την κάμψη στο άνω τμήμα του ελατηρίου του διαφράγματος και μια αξονική απόκλιση στο σημείο περιστροφής που ισούται με το διάκενο. Από τη σχεδιάσή του, αυτή η εκτροπή του ελατηρίου διαφράγματος δημιουργεί επαρκή δύναμη σύσφιξης για την πλήρη εμπλοκή του συμπλέκτη κατά τη συναρμολόγηση. Στη συνέχεια, ο δίσκος τριβής σφίγγεται μεταξύ της πλάκας πίεσης και του σφονδύλου. Όταν πρέπει να απελευθερωθεί ο συμπλέκτης, ο σύνδεσμος ενεργοποίησης του συμπλέκτη σπρώχνει το ρουλεμάν απελευθέρωσης προς τα αριστερά, μεταφέροντας το ελατήριο του διαφράγματος προς τα αριστερά επίσης.

Η απόκλιση προς τα αριστερά στην εσωτερική πλευρά μειώνει τη δύναμη σύσφιξης στην πλάκα πίεσης λόγω της επίδρασης του μοχλού του ίδιου του ελατηρίου διαφράγματος. Εάν το ρουλεμάν απελευθέρωσης μετακινηθεί αρκετά προς τα αριστερά, τότε η συνδυασμένη επίδραση της παραμόρφωσης του ελατηρίου θα τραβήξει την πλάκα πίεσης εντελώς εκτός επαφής με το δίσκο τριβής, αποδεσμεύοντας πλήρως τον συμπλέκτη.

Ο μηχανισμός ενεργοποίησης του συμπλέκτη είναι αρκετά απλός στη δομή. Το ρουλεμάν απελευθέρωσης ενεργοποιείται από το σύστημα απελευθέρωσης του συμπλέκτη που περιστρέφεται γύρω από ένα σύνδεσμο που είναι συνδεδεμένος στο περίβλημα του κιβωτίου ταχυτήτων.

Το σύστημα απελευθέρωσης συνδέεται με το πεντάλ του συμπλέκτη, είτε με συρματόσχοινο (ντίζα), είτε με σύνδεσμο. Σε ορισμένα σχέδια, το σύστημα απελευθέρωσης του συμπλέκτη συνδέεται με το πεντάλ του συμπλέκτη με έναν υδραυλικό σωλήνα με έναν κύριο έμβολο στην πλευρά του οδηγού και ένα εξαρτημένο έμβολο στην πλευρά του συμπλέκτη. Το βοηθητικό έμβολο μπορεί επίσης να τοποθετηθεί με το ρουλεμάν απελευθέρωσης στον άξονα εισόδου του κιβωτίου ταχυτήτων, με το έμβολο να πιέζει απευθείας το ρουλεμάν απελευθέρωσης.

2.2 Αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων

Τα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων (AT) που χρησιμοποιούν πλανητικά γρανάζια (PGT) και συμπλέκτες για τη μετάδοση της ισχύος και τις αλλαγές των σχέσεων είναι ο κυρίαρχος τύπος μετάδοσης στην αυτοκινητοβιομηχανία. Αυτός ο τύπος μετάδοσης χρονολογείται από τα τέλη της δεκαετίας του 1930 και ονομάζονται συμβατικά αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων, καθώς ήταν ο μόνος τύπος παραγωγής για πολλές δεκαετίες πριν εφαρμοστούν σε κλίμακα άλλοι τύποι αυτόματου κιβωτίου ταχυτήτων, όπως τα CVT και DCT.

Τα πρώιμα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων για οχήματα με κίνηση στους πίσω τροχούς (RWD) παρείχαν τρεις ταχύτητες εμπρός και μία όπισθεν και σχεδιάστηκαν σε μια αρχιτεκτονική, που αποτελούνταν από ένα μετατροπέα ροπής, πλανητικά σετ ταχυτήτων και υδραυλικά ελεγχόμενους συμπλέκτες. Αυτή η σχεδιαστική αρχιτεκτονική και οι παραλλαγές της παρέμειναν σχεδόν αμετάβλητες για περισσότερες από τρεις δεκαετίες. Πριν από τη δεκαετία του 1970, τα επιβατικά οχήματα ήταν σχεδόν αποκλειστικά RWD και η συντριπτική πλειοψηφία των αυτόματων κιβωτίων ταχυτήτων είχε τρεις ταχύτητες προς τα εμπρός. Μόνο μερικά μοντέλα υψηλών προδιαγραφών ήταν εξοπλισμένα με αυτόματα κιβώτια τεσσάρων ταχυτήτων. Η κρίση του πετρελαίου στη δεκαετία του 1970 απαιτούσε την ανάπτυξη επιβατικών οχημάτων με μεγαλύτερη απόδοση καυσίμου, ελαφρύτερα και με κίνηση στους μπροστινούς τροχούς (FWD). Σε ένα κιβώτιο ταχυτήτων FWD, το συγκρότημα της τελικής μετάδοσης κίνησης και διαφορικού είναι ενσωματωμένα στο κιβώτιο ταχυτήτων, αλλά το τμήμα αλλαγής της αναλογίας του κιβωτίου ταχυτήτων είναι παρόμοιο με αυτό στα κιβώτια ταχυτήτων RWD.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο αριθμός των ταχυτήτων σε ένα κιβώτιο ταχυτήτων επηρεάζει άμεσα το πόσο καλά μπορεί να προσαρμοστεί στον κινητήρα, όσον αφορά την απόδοση και την οικονομία καυσίμου. Γενικά, τα αυτόματα κιβώτια με περισσότερες ταχύτητες παρέχουν καλύτερη απόδοση του οχήματος, βελτιωμένη οικονομία καυσίμου και βελτιωμένη ικανότητα οδήγησης. Η αυτοκινητοβιομηχανία για να επιτύχει τον καλύτερο συμβιβασμό μεταξύ της απόδοσης και της οικονομίας καυσίμου για τα επιβατικά οχήματα άρχισε να αναπτύσσει αυτόματα κιβώτια τεσσάρων ταχυτήτων στα μέσα της δεκαετίας του 1970. Έκτοτε, έχουν χρησιμοποιηθεί σε όλες τις σειρές προϊόντων και μέχρι το 1990, τόσο το τετρατάχυτο, όσο και το αυτόματο κιβώτιο τριών ταχυτήτων (τα αυτόματα τριών ταχυτήτων άρχισαν κάποια στιγμή να καταργούνται σταδιακά από τη βιομηχανία). Τα τετρατάχυτα AT ήταν το κύριο τμήμα της βιομηχανίας μέχρι τις αρχές του αιώνα, με τους τύπους των πέντε ταχυτήτων να καταλαμβάνουν επίσης σημαντικό μερίδιο αγοράς. Σήμερα, τα εξατάχυτα AT είναι ο βασικός εξοπλισμός σε όλη τη βιομηχανία και τα κιβώτια ταχυτήτων με

οκτώ, ή περισσότερες ταχύτητες εφαρμόζονται ήδη σε επιβατικά αυτοκίνητα υψηλής ποιότητας και σε κάποια SUV.

2.2.1 Δομή των αυτόματων κιβωτίων ταχυτήτων

Τα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων που βασίζονται σε σχέδια πλανητικού γρاناζιού έχουν εξελιχθεί τις τελευταίες επτά δεκαετίες από την πρώτη γενιά με τις τρεις ταχύτητες στην τρέχουσα γενιά με τις οκτώ, ή τις περισσότερες ταχύτητες. Όσον αφορά τη μηχανική δομή, ωστόσο, αυτά τα κιβώτια ταχυτήτων εξακολουθούν να κατασκευάζονται από τα ίδια εξαρτήματα, τα οποία περιλαμβάνουν ένα μετατροπέα ροπής, πλανητικά γρανάζια και συμπλέκτες. Οι διαφορές μεταξύ ενός AT τριών ταχυτήτων πρώτης γενιάς και ενός AT οκτώ ταχυτήτων τρέχουσας γενιάς έγκεινται κυρίως στον αριθμό των πλανητικών γραναζιών και στη διάταξη τους, καθώς και στο συνδυασμό των συμπλεκτών που πραγματοποιούν τη λειτουργία πολλαπλών σχέσεων μετάδοσης.

Ένα από τα πρώτα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων αναπτύχθηκε από την Chrysler στα μέσα της δεκαετίας του 1950 με βάση το σετ πλανητικών εργαλείων τύπου Simpson και είχε εφαρμοστεί σε όλη τη σειρά προϊόντων της Chrysler. Αυτό το κιβώτιο ταχυτήτων ήταν αντιπροσωπευτικό παρόμοιων προϊόντων στην αυτοκινητοβιομηχανία μέχρι τη δεκαετία του 1970. Το σετ πλανητικών εργαλείων τύπου Simpson αποτελείται από δύο απλές πλανητικές ταχύτητες, με τα δύο γρανάζια να είναι συνδεδεμένα και το δακτυλιοειδές γρανάζι του μπροστινού συρμού να είναι συνδεδεμένο με το φορέα του πίσω συρμού. Η έξοδος μετάδοσης προέρχεται από το συγκρότημα δακτυλίου-φορέα. Το κιβώτιο ταχυτήτων χρησιμοποιεί δύο υδραυλικούς συμπλέκτες πολλαπλών δίσκων, C1 και C2, συμπλέκτες δύο ζωνών, B1 και B2 και ένα συμπλέκτη μονής κατεύθυνσης για να πραγματοποιήσει τη λειτουργία τριών ταχυτήτων εμπρός και μία όπισθεν. Οι συμπλέκτες δύο λωρίδων είναι συμπλέκτες αντίδρασης που ενώνουν το συγκρότημα του γρاناζιού και τον φορέα του μπροστινού PGT¹ αντίστοιχα όταν εφαρμόζεται.

Ο συμπλέκτης απενεργοποίησης για την ανοδική ταχύτητα 1–2 είναι ο μονόδρομος συμπλέκτης. Αυτό καθιστά το χειριστήριο ταχυτήτων 1–2 λιγότερο απαιτητικό και είναι σημαντικός παράγοντας για την επίτευξη της ομαλότητας στην αλλαγή των ταχυτήτων (εν απουσία προηγμένης τεχνολογίας ελέγχου τη στιγμή που αναπτύχθηκε το κιβώτιο ταχυτήτων). Η άλλη αλλαγή ταχυτήτων,

¹ Το PGT (Planetary gear train) είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη διαμόρφωση κιβωτίου ταχυτήτων, επειδή προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα σε μεγάλες σχέσεις μετάδοσης, έχει απλή και συμπαγή κατασκευή χάρη στην κοινή χρήση πολλαπλών πλανητικών γραναζιών.

δηλαδή η αλλαγή 2–3, είναι συμπλέκτης με συμπλέκτη, κάτι το οποίο είναι γενικά πιο δύσκολο να ελεγχθεί, αλλά σε αυτήν την περίπτωση, η αλλαγή των ταχυτήτων θα πραγματοποιηθεί σε υψηλότερη ταχύτητα του οχήματος και είναι λιγότερο εμφανής για τον οδηγό.

Γενικά, υπάρχουν ορισμένες ορολογίες που χρησιμοποιούνται συνήθως στον τομέα του κιβωτίου ταχυτήτων, όπως «συμπλέκτης σε αλλαγή συμπλέκτη μονής κατεύθυνσης», «αλλαγή συμπλέκτη σε συμπλέκτη», «συμπλέκτης αντίδρασης» και «συμπλέκτης ζεύξης». Σε αλλαγή συμπλέκτη σε μονόδρομο συμπλέκτη, ο συμπλέκτης απενεργοποίησης είναι συμπλέκτης μονής κατεύθυνσης και σε αλλαγή συμπλέκτη σε συμπλέκτη, ο συμπλέκτης απενεργοποίησης είναι ένας κανονικός υδραυλικά ενεργοποιούμενος συμπλέκτης. Ένας συμπλέκτης αντίδρασης απομονώνει ένα εξάρτημα και ένας συμπλέκτης ζεύξης συνδέει δύο εξαρτήματα όταν εφαρμόζεται.

Ένα από τα πρώτα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων αναπτύχθηκε από τη General Motors (GM) για επιβατικά αυτοκίνητα FWD τη δεκαετία του 1970 και εφαρμόστηκε σε όλη τη σειρά προϊόντων της GM για σχεδόν δύο δεκαετίες. Χρησιμοποίησε δύο πλανητικά γρανάζια για την αλλαγή των σχέσεων και ένα τρίτο PGT για την τελική μετάδοση της κίνησης. Για την προσαρμογή των συνθηκών συναρμολόγησης για εγκάρσια τοποθετημένο κινητήρα, χρησιμοποιούνταν μια αλυσίδα για τη μεταφορά της ισχύος από το μετατροπέα του στροβίλου στην είσοδο του κιβωτίου ταχυτήτων.

Τη δεκαετία του 1980 άρχισαν να μπαίνουν στην αγορά σε μεγάλη κλίμακα τα τετρατάχυτα αυτόματα κιβώτια, λόγω της ολοένα και πιο αυστηρής ζήτησης για οικονομία καυσίμου. Η Ford ανέπτυξε ένα αντίστοιχο τετρακίνητο κιβώτιο ταχυτήτων. Αυτό το κιβώτιο ταχυτήτων και οι παραλλαγές του εφαρμόστηκαν στα επιβατικά οχήματα της Ford για περισσότερες από δύο δεκαετίες μέχρι την εισαγωγή της τρέχουσας γενιάς των αυτόματων εξατάχυτων κιβωτίων ταχυτήτων. Σε αντίθεση με τον τύπο Simpson, το σετ των πλανητικών γραναζιών εδώ διαθέτει δύο δομικές συνδέσεις. Αυτές είναι ένας μπροστινός δακτύλιος και ένα συγκρότημα οπίσθιου φορέα και μπροστινό συγκρότημα φορέα και πίσω δακτυλίου. Το τελευταίο είναι το συγκρότημα εξόδου, με μια αλυσίδα που το συνδέει με την τελική είσοδο του δίσκου. Η αντλία ATF κινείται από τον κινητήρα μέσω ενός άξονα που διέρχεται από την κεντρική γραμμή της κύριας δομής του κιβωτίου ταχυτήτων. Οι συμπλέκτες μονής κατεύθυνσης χρησιμοποιούνται για τη διευκόλυνση των ανεβασμάτων 1–2 και 3–4. Ο άλλος συμπλέκτης (C3) εφαρμόζεται μόνο σε χειροκίνητες σειρές σε ορεινές περιοχές, ή σε συνθήκες χιονιού.

Το πλανητικό Ravigneaux είναι δομικά ο συνδυασμός ενός διπλού PGT και ενός απλού PGT με κοινό το δακτυλιοειδές γρανάζι και κοινόχρηστο φορέα. Τα σχέδια μετάδοσης που βασίζονται σε Ravigneaux PGT είναι πιο συμπαγή σε σύγκριση

με αυτά που βασίζονται σε PGT τύπου Simpson. Αρκετά κιβώτια ταχυτήτων RWD τεσσάρων ταχυτήτων βασίζονται σε πλανητικά γρανάζια Ravigneaux. Αυτό το σχέδιο για το κιβώτιο ταχυτήτων αναπτύχθηκε από τη Ford τη δεκαετία του 1980 και χρησιμοποιήθηκε σε φορτηγά Ford για σχεδόν δύο δεκαετίες. Το κιβώτιο ταχυτήτων χρησιμοποιεί συνολικά οκτώ συμπλέκτες. Αυτοί στην ουσία είναι τέσσερις συμπλέκτες πολλαπλών δίσκων, δύο συμπλέκτες ζώνης και δύο συμπλέκτες μονής κατεύθυνσης. Οι αλλαγές ταχυτήτων 1–2 και 2–3 είναι με συμπλέκτη μονής κατεύθυνσης.

Μεταξύ της δεκαετίας του 1980 και των αρχών του 21ου αιώνα υπήρξαν πολλές διαφορετικές διατάξεις για τα τετρατάχυτα AT. Μεταξύ των πολλών δομικών σχεδίων AT, ξεχωρίζει όσον αφορά την απρόσκοπτη ομαλότητα αλλαγής των ταχυτήτων το FWD τεσσάρων ταχυτήτων AT που ονομάζεται Hydra-matic 4 T80-E και αναπτύχθηκε από την General Motors στις αρχές της δεκαετίας του 1990. Το κιβώτιο ταχυτήτων χρησιμοποιεί δύο απλά πλανητικά γρανάζια, με το μπροστινό δακτύλιο και τον πίσω φορέα να βρίσκονται δομικά συνδεδεμένα ως ένα συγκρότημα εξόδου.

Ο μπροστινός φορέας και ο πίσω δακτύλιος δε συνδέονται δομικά, αλλά συνδέονται μέσω τεσσάρων συμπλεκτών, C4, C5, R2 και R3, σε διαφορετικές ταχύτητες. Μια αλυσίδα συνδέει το στρόβιλο με την είσοδο της μετάδοσης. Αποτελείται από συνολικά 10 συμπλέκτες. Αυτό είναι το κιβώτιο ταχυτήτων που χρησιμοποιεί το μεγαλύτερο αριθμό συμπλεκτών. Ο συμπλέκτης C5 είναι ένας συμπλέκτης που εφαρμόζεται μόνο για να ενεργοποιήσει το φρενάρισμα του κινητήρα σε χειροκίνητες σειρές. Όλα τα ανεβάσματα των ταχυτήτων, 1–2, 2–3 και 3–4, αποτελούνται από συμπλέκτη μονής κατεύθυνσης. Αυτό απλοποιεί τον έλεγχο της αλλαγής των ταχυτήτων και έχει ως αποτέλεσμα την εξαιρετική ποιότητα της αλλαγής των ταχυτήτων.

Σαφώς, υπάρχει ένα τίμημα για τη βελτιωμένη ομαλότητα της αλλαγής των ταχυτήτων, καθώς οι δέκα συμπλέκτες που χρησιμοποιούνται στο κιβώτιο ταχυτήτων σίγουρα αυξάνουν το κόστος του υλικού. Αυτό είναι το κιβώτιο ταχυτήτων και οι παραλλαγές του χρησιμοποιήθηκαν σε όλη τη σειρά των προϊόντων της General Motors μέχρι περίπου το 2005. Η τρέχουσα γενιά των αυτόματων κιβωτίων FWD έξι σχέσεων είχε αρχίσει από τότε να αποτελεί το κύριο κιβώτιο ταχυτήτων.

Σε αντίθεση με το τετρατάχυτο AT της General Motor που συζητήθηκε προηγουμένως, το τετρατάχυτο FWD AT που αναπτύχθηκε από την Chrysler στα τέλη της δεκαετίας του 1980 χρησιμοποιεί μικρότερο αριθμό συμπλεκτών. Το κιβώτιο ταχυτήτων της Chrysler χρησιμοποιεί μόνο πέντε συμπλέκτες για να πραγματοποιήσει τη λειτουργία τεσσάρων ταχυτήτων εμπρός και μία όπισθεν. Όλες οι αλλαγές είναι τύπου συμπλέκτη με συμπλέκτη, καθώς δε χρησιμοποιείται μονόδρομος συμπλέκτης σε αυτό το κιβώτιο ταχυτήτων. Επιπλέον, αυτή είναι η

πρώτη μετάδοση που χρησιμοποιεί μόνο πολλαπλούς συμπλέκτες δίσκου. Ελλείπει συμπλεκτών μονής κατεύθυνσης κατά τις αλλαγές, αυτό το κιβώτιο ταχυτήτων ήταν το πρώτο που βασίστηκε αποκλειστικά στην προηγμένη τεχνολογία ηλεκτρονικού ελέγχου για να επιτύχει την ομαλότητα της αλλαγής. Η σχεδίαση αυτού του κιβωτίου αντανακλά την τάση της τρέχουσας γενιάς των έξι και οκτώ ταχυτήτων AT, που χρησιμοποιούν μόνο πολλαπλούς συμπλέκτες δίσκου στον ελάχιστο δυνατό αριθμό, για τη μείωση του κόστους υλικού και βασίζονται στην τεχνολογία ελέγχου για την εγγύηση της ποιότητας αλλαγής των ταχυτήτων.

Εκτός από τα σχέδια των πλανητικών γραναζιών, είχαν επίσης αναπτυχθεί διαφορετικά αυτόματα κιβώτια τεσσάρων ταχυτήτων. Τα κιβώτια ταχυτήτων με άξονα διαφέρουν από τα κιβώτια ταχυτήτων με πλανητικά γρανάζια κυρίως ως προς τη δομική διάταξη. Τα συστήματα ελέγχου και για τους δύο τύπους είναι παρόμοιας φύσης. Η Honda και το τμήμα Saturn της General Motors είναι οι δύο μεγάλες εμπορικές επωνυμίες που είχαν αναπτύξει και χρησιμοποιήσαν αυτόματους άξονες για διάφορα επιβατικά αυτοκίνητα και SUV.

Η διάταξη ενός Honda τεσσάρων ταχυτήτων στροφικού άξονα AT αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1980. Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι εξοπλισμένο με μετατροπέα ροπής και οι αλλαγές των ταχυτήτων πραγματοποιούνται με υδραυλικά ενεργοποιούμενους συμπλέκτες πολλαπλών δίσκων. Ένας υδραυλικά ενεργοποιούμενος επιλογέας ταχυτήτων, που ονομάζεται "servo", εμπλέκει ταχύτητες προς τα εμπρός στην περιοχή D και την όπισθεν στην περιοχή R. Ένας μονόδρομος συμπλέκτης είναι στερεωμένος στην πρώτη ταχύτητα στον άξονα που επιτρέπει στο ανέβασμα 1-2 ώστε να λειτουργεί ως συμπλέκτης με συμπλέκτη μονής κατεύθυνσης. Οι αλλαγές ταχυτήτων 2-3 και 3-4 αφορούν συμπλέκτη με συμπλέκτη. Ο συμπλέκτης συγκράτησης της πρώτης ταχύτητας εφαρμόζεται σε χειροκίνητες σειρές για να ενεργοποιηθεί το φρενάρισμα του κινητήρα όταν οι συνθήκες οδήγησης το κρίνουν απαραίτητο.

Σε σύγκριση με τα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων πλανητικού γραναζιού, τα υπόλοιπα αυτόματα κιβώτια έχουν το πλεονέκτημα ότι πολλά από τα μηχανικά εξαρτήματα είναι παρόμοια με εκείνα στα χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων που έχουν παρόμοιο σχεδιασμό στον άξονα της διάταξης. Επίσης η ανάπτυξη ενός αυτόματου κιβωτίου ταχυτήτων βασισμένου στην υπάρχουσα τεχνολογία χειροκίνητου κιβωτίου ταχυτήτων έχει παρουσιαστεί ως πιο αποδοτική σε σχέση με το κόστος (ως προς τους τεχνικούς πόρους από το να αναπτυχθεί ένα αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων πλανητικών ταχυτήτων από την αρχή). Ωστόσο, αυτά τα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων δεν είναι τόσο συμπαγή όσο τα αντίστοιχα με πλανητικά γρανάζια.

Σε ένα τέτοιο κιβώτιο ταχυτήτων, οι άξονες μετάδοσης είναι τοποθετημένοι παράλληλα και οι πολλαπλοί συμπλέκτες συναρμολογούνται χωριστά στους

άξονες τοποθέτησης, αντί να βρίσκονται τοποθετημένοι στα αυτόματα συστήματα του πλανητικού γραναζιού. Αυτό καθιστά τα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων με άξονα πιο μεγάλα από τα αντίστοιχα με πλανητικά γρανάζια. Για μεταδόσεις με τέσσερις, πέντε, ή ακόμα και έξι ταχύτητες προς τα εμπρός, εξακολουθεί να είναι τεχνικά εφικτό να συσκευάζονται όλα τα εξαρτήματα, συμπεριλαμβανομένων των συμπλεκτών, των γραναζιών και των αξόνων στον περιορισμένο όγκο που επιτρέπεται από έναν εγκάρσια τοποθετημένο κινητήρα. Λόγω των εγγενών δομικών περιορισμών όμως θα ήταν πολύ δύσκολο να σχεδιαστεί ένα αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων οκτώ ταχυτήτων που θα μπορούσε να τοποθετηθεί σε ένα επιβατικό αυτοκίνητο FWD.

Γενικότερα, έχουν αναπτυχθεί βελτιωμένες εκδόσεις από τη Honda με βάση το αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων. Ο συμπλέκτης μονής κατεύθυνσης και ο συμπλέκτης συγκράτησης της πρώτης ταχύτητας εξαλείφθηκαν σε μια μεταγενέστερη έκδοση. Αυτή η έκδοση είναι μικρότερη σε συνολικές διαστάσεις λόγω της εξάλειψης των περιττών εξαρτημάτων και οι αλλαγές των ταχυτήτων γίνονται από συμπλέκτη σε συμπλέκτη. Τα κιβώτια ταχυτήτων τύπου «lay-shaft» χρησιμοποιήθηκαν σε όλη τη σειρά προϊόντων της Honda και τελικά αντικαταστάθηκαν από άλλους τύπους αυτόματων κιβωτίων ταχυτήτων με έξι, ή και περισσότερες ταχύτητες.

Τα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων με τέσσερις ταχύτητες ήταν η κύρια επιλογή για τα επιβατικά αυτοκίνητα FWD, ή τα SUV με 4WD που επεκτάθηκαν από τις διατάξεις FWD μέχρι περίπου το 2005. Τα κιβώτια πέντε ταχυτήτων αναπτύχθηκαν επίσης και χρησιμοποιήθηκαν για διάφορα οχήματα κατά τη διάρκεια της μετάβασης.

Οι συμπλέκτες ζώνης απαιτούν έμβολα ενεργοποίησης που δε μπορούν να τοποθετηθούν συμμετρικά στην κυλινδρική δομή της μετάδοσης και γενικά δεν είναι τόσο συμπαγείς όσο οι συμπλέκτες πολλαπλών δίσκων. Επιπλέον, οι συμπλέκτες ζώνης δεν ανταποκρίνονται τόσο όσο οι συμπλέκτες πολλαπλών δίσκων κατά την εμπλοκή, ή την απεμπλοκή κατά τις αλλαγές της μετάδοσης. Για αυτούς τους λόγους, οι συμπλέκτες ζώνης δεν εφαρμόζονται πλέον στην τρέχουσα γενιά των αυτόματων κιβωτίων έξι, ή οκτώ σχέσεων και είναι πλέον ξεπερασμένοι, παρόλο που εφαρμόζονταν ευρέως στην αυτοκινητοβιομηχανία για σχεδόν 70 χρόνια από τότε που ήρθε το πρώτο αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων στην παραγωγή.

Το αυτόματο κιβώτιο RWD έξι ταχυτήτων που αναπτύχθηκε από τη Ford βασίζεται σε μια διάταξη πλανητικού γραναζιού διαφορετική από την προηγούμενη έκδοση. Αυτή η μετάδοση χρησιμοποιείται επί του παρόντος σε οχήματα Ford RWD, συμπεριλαμβανομένων των δημοφιλών pickup της σειράς F. Το εξατάχυτο αυτόματο RWD βασίζεται σε μια διάταξη που αποτελείται από ένα πλανητικό σύστημα ταχυτήτων Ravigneaux και ένα απλό πλανητικό γρανάζι.

Η αρχιτεκτονική του κιβωτίου των ταχυτήτων μπορεί να θεωρηθεί ως μια επέκταση της δομής AT τεσσάρων ταχυτήτων, με ένα απλό PGT που προστίθεται μπροστά από το Ravigneaux PGT. Το γρανάζι του μπροστινού απλού PGT είναι στερεωμένο δομικά και το γρανάζι είναι συνδεδεμένο στην είσοδο του κιβωτίου ταχυτήτων.

Όλες οι αλλαγές είναι συμπλέκτης με συμπλέκτη, καθώς δε χρησιμοποιείται μονόδρομος συμπλέκτης στο κιβώτιο ταχυτήτων. Αυτό το κιβώτιο ταχυτήτων χρησιμοποιεί πέντε συμπλέκτες πολλαπλών δίσκων για να πραγματοποιήσει έξι ταχύτητες εμπρός και μία ταχύτητα όπισθεν. Συγκριτικά, η προηγούμενη γενιά των αυτόματων τεσσάρων ταχυτήτων RWD, χρησιμοποιεί οκτώ συμπλέκτες για να πραγματοποιήσει μόνο τέσσερις ταχύτητες εμπρός και μία ταχύτητα όπισθεν. Οι βελτιώσεις είναι σημαντικές, όχι μόνο όσον αφορά τις προδιαγραφές απόδοσης του κιβωτίου ταχυτήτων, αλλά και το κόστος των εξαρτημάτων, καθώς ο αριθμός των συμπλεκτών μειώνεται από οκτώ σε πέντε. Αυτές οι βελτιώσεις γίνονται δυνατές χάρη στην προηγμένη τεχνολογία στο υλικό και το λογισμικό του ελέγχου της μετάδοσης.

Η ολοένα και πιο αυστηρή ζήτηση για οικονομία καυσίμου οδήγησε στην ανάπτυξη των αυτόματων κιβωτίων ταχυτήτων με οκτώ ή περισσότερες ταχύτητες. Αυτά τα κιβώτια ταχυτήτων έχουν μια ευρεία αναλογία που ορίζεται από την πρώτη σχέση μετάδοσης και την αναλογία της υψηλότερης σχέσης μετάδοσης. Επίσης, επιτρέπουν την αντιστοίχιση του κινητήρα κοντά στην ιδανική κατάσταση λόγω της διαθεσιμότητας των πολλαπλών σχέσεων μετάδοσης. Επιπλέον, οι σχέσεις μετάδοσης μεταξύ των γειτονικών ταχυτήτων είναι πιο κοντά μεταξύ τους σε σύγκριση με τα κιβώτια με έξι, ή λιγότερες ταχύτητες, μειώνοντας εγγενώς τη «σκληρότητα» που προκαλείται από τη δυναμική αλλαγή των ταχυτήτων.

Ο σχεδιασμός των κιβωτίων ταχυτήτων με οκτώ, ή περισσότερες ταχύτητες είναι τεχνικά δύσκολος λόγω των περιορισμών στη συνολική διάσταση του κιβωτίου ταχυτήτων και στον αριθμό των συμπλεκτών. Γενικά, αυτές οι μεταδόσεις χρειάζονται μια διάταξη πλανητικού γραναζιού που είναι δύσκολο να επιτευχθεί με βάση την επέκταση από υπάρχουσες μεταδόσεις με λιγότερες ταχύτητες. Στα κιβώτια ταχυτήτων με οκτώ, ή περισσότερες ταχύτητες που παράγονται αυτήν τη στιγμή, χρησιμοποιούνται σε διάφορες διατάξεις για να παρέχουν την πολλαπλότητα του λόγου.

Χρησιμοποιώντας ένα PGT σε μια διάταξη, μπορεί να εμφανιστεί μεγαλύτερη ευελιξία αναλογίας μετάδοσης λόγω των παραλλαγών του πρόσημου της χαρακτηριστικής εξίσωσης. Τα στοιχεία αυτών των πλανητικών γραναζιών συνδέονται δομικά και μέσω συμπλεκτών σε μια ποικιλία διατάξεων για να σχηματίσουν πολλαπλές ροές ισχύος από την είσοδο στην έξοδο. Ως προς την κινηματική, υπάρχουν γενικά έξι τύποι δομικών συνδέσεων.

2.2.2 Σύνθεση και ανάλυση των σχέσεων μετάδοσης

Οι σχέσεις μετάδοσης σε αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων που βασίζονται σε σχέδια πλανητικού γραναζιού επιτυγχάνονται με τη σύνδεση διαφορετικών στοιχείων PGT στην είσοδο και στο περίβλημα αντίστοιχα μέσω ενός συγκεκριμένου συνδυασμού συμπλέκτη σε κάθε ταχύτητα. Η κινηματική των πλανητικών κιβωτίων με γρανάζια είναι το κλειδί για την ανάλυση και τη σύνθεση των σχέσεων μετάδοσης. Γενικά χρησιμοποιούνται τρεις τύποι πλανητικού γραναζιού στη δομή της μετάδοσης: απλό PGT, PGT διπλής πλάκας και PGT Ravigneaux.

Ένα Ravigneaux PGT όπως έχει ήδη αναφερθεί είναι δομικά ένας συνδυασμός ενός απλού PGT και ενός PGT διπλού πλανητικού γραναζιού με κοινόχρηστο φορέα και δακτυλιοειδή. Υπάρχουν δύο διαδρομές σε ένα Ravigneaux PGT. Τα πιο συνήθη κιβώτια ταχυτήτων διαθέτουν δομικά σχέδια τυπικά της τρέχουσας γενιάς αυτόματων πολλαπλών σχέσεων. Οι έννοιες και οι μέθοδοι για την ανάλυση και τη σύνθεση των σχέσεων μπορούν εύκολα να επεκταθούν σε όλα τα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων με διαφορετικές δομικές διατάξεις.

2.2.3 Διαδικασίες ελέγχου στα κιβώτια των ταχυτήτων

Τα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων που χρησιμοποιούν πλανητικά γρανάζια πραγματοποιούν πολλαπλές σχέσεις μετάδοσης εμπλέκοντας και αποδεσμεύοντας εναλλάξ τους υδραυλικά ενεργοποιούμενους συμπλέκτες σύμφωνα με τον πίνακα συμπλέκτη του κιβωτίου ταχυτήτων. Η αλλαγή της ταχύτητας στο κιβώτιο ταχυτήτων περιλαμβάνει την εμπλοκή ενός επερχόμενου συμπλέκτη και την απελευθέρωση ενός συμπλέκτη που «βγαίνει».

Προκύπτουν δύο τεχνικά ζητήματα φυσικά τα οποία είναι τότε πρέπει να ξεκινούν οι αλλαγές της μετάδοσης και πώς πρέπει να ελέγχονται οι συμπλέκτες που εμπλέκονται σε μια αλλαγή, ώστε η αλλαγή να γίνεται γρήγορα και ομαλά. Επομένως, οι πρωταρχικές λειτουργίες των συστημάτων ελέγχου της μετάδοσης είναι η αντιμετώπιση αυτών των δύο ζητημάτων.

Οι συμπλέκτες στα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων των πρώιμων τύπων ενεργοποιούνταν και ελέγχονταν υδραυλικά. Μια αλλαγή ταχυτήτων ξεκινούσε από ένα σύστημα που κινούνταν από τον άξονα εξόδου του κιβωτίου ταχυτήτων. Το συγκρότημα του ρυθμιστή είναι στην πραγματικότητα ένας φυγοκεντρικός μηχανισμός που έχει βάρη που περιστρέφονται μαζί με το ρυθμιστή και

αιωρούνται γύρω από έναν άξονα συνδεδεμένο στο ρυθμιστή. Καθώς ο ρυθμιστής περιστρέφεται, τα βάρη θα αιωρούνται προς τα έξω λόγω του φυγόκεντρου φαινομένου. Η θέση των ταλαντευόμενων βαρών εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής του ρυθμιστή, η οποία με τη σειρά της σχετίζεται γραμμικά με την ταχύτητα εξόδου της μετάδοσης. Καθώς το βάρος ταλαντεύεται προς τα έξω, ενεργοποιεί μια υδραυλική βαλβίδα για να ενεργοποιήσει μια αλλαγή που αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη ταχύτητα του οχήματος. Μόλις ξεκινήσει μια αλλαγή, η απόκριση και η ομαλότητα εξαρτώνται από το κύκλωμα του υδραυλικού ελέγχου που ελέγχει τις πιέσεις της εφαρμογής των εμπλεκόμενων συμπλεκτών. Τα υδραυλικά ελεγχόμενα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων εφαρμόζονταν αποκλειστικά στην αυτοκινητοβιομηχανία μέχρι τη δεκαετία του 1970.

Τα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων με μερικό ηλεκτρονικό έλεγχο χρονολογούνται από τις αρχές της δεκαετίας του 1970. Σε αυτούς τους πρώιμους τύπους ελέγχονταν ηλεκτρονικά μόνο ο έλεγχος των σημείων των ταχυτήτων, ή το πρόγραμμα των ταχυτήτων. Σε μια μετάδοση που ελέγχεται πλήρως ηλεκτρονικά, ένας μικροϋπολογιστής χρησιμοποιείται για τον έλεγχο τόσο του χρονοδιαγράμματος της αλλαγής, όσο και των διαδικασιών αλλαγής των ταχυτήτων μέσω των υδραυλικών συστημάτων.

Τα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων που είναι πλήρως ελεγχόμενα από ηλεκτρονικά συστήματα αναπτύχθηκαν από την αυτοκινητοβιομηχανία από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 και έτυχαν καλής υποδοχής από την αγορά των αυτοκινήτων, λόγω της βελτιωμένης οικονομίας καυσίμου και της ικανότητας οδήγησης του οχήματος. Μετά το 1990, όλα τα νέα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων, συνήθως με τέσσερις ταχύτητες και μετατροπείς ροπής, ελέγχονταν πλήρως ηλεκτρονικά. Στα συστήματα ελέγχου αυτών των κιβωτίων ταχυτήτων χρησιμοποιούνται ως διακόπτες στα υδραυλικά κυκλώματα δύο ή τρεις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες αλλαγής των ταχυτήτων. Αυτές βοηθούν στον προγραμματισμό της αλλαγής και χρησιμοποιείται επίσης μία ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ελέγχου της πίεσης για τον έλεγχο της πίεσης της γραμμής και της πίεσης της εφαρμογής του συμπλέκτη.

Αυτή η διάταξη του συστήματος ελέγχου και οι παραλλαγές του εφαρμόστηκαν εκτενώς στα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων μέχρι τις αρχές του αιώνα, όταν αναπτύχθηκαν τα σημερινά αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων και άρχισαν να εισέρχονται στην παραγωγή. Σε σύγκριση με την προηγούμενη γενιά, τα AT της τρέχουσας γενιάς έχουν γενικά περισσότερες ταχύτητες, κυρίως με έξι και μερικά με οκτώ ταχύτητες και πιο προηγμένες τεχνολογίες ελέγχου που παρέχουν ανεξάρτητο έλεγχο για την πίεση του συμπλέκτη και την πίεση της γραμμής μέσω ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων ελέγχου πίεσης (PCS) ή ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες μεταβλητής δύναμης (VFS). Γενικά, το σύστημα ελέγχου των σημερινών αυτόματων κιβωτίων ταχυτήτων διαθέτει τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Έλεγχος του χρονοδιαγράμματος αλλαγής των ταχυτήτων:

Το χρονοδιάγραμμα αναφέρεται στη σωστή εκτέλεση των απαραίτητων βημάτων για την αλλαγή των ταχυτήτων, μέσα στα πλαίσια του χρονικού περιθωρίου. Για παράδειγμα οι διαδικασίες για την αλλαγή των ταχυτήτων θα πρέπει να πραγματοποιούνται στα σωστά χρονικά πλαίσια ώστε να είναι αποτελεσματικές.

Το πρόγραμμα της αλλαγής των ταχυτήτων σχετίζεται άμεσα με την απόδοση της επιτάχυνσης του οχήματος, την οικονομία του καυσίμου και την ικανότητα της οδήγησης. Η μονάδα ελέγχου του κιβωτίου ταχυτήτων (TCU), ή η μονάδα ελέγχου του συστήματος μετάδοσης της κίνησης (PCM), η οποία ελέγχει ολόκληρο το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, λαμβάνει τις αποφάσεις αλλαγής της ταχύτητας με τα σήματα εισόδου στην ταχύτητα του οχήματος και το άνοιγμα του γκαζιού του κινητήρα και άλλα συμπληρωματικά σήματα εισόδου στο όχημα (όπως η κατάσταση της λειτουργίας για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης, της οικονομίας του καυσίμου και της ικανότητας της οδήγησης). Το χρονοδιάγραμμα των ταχυτήτων καθορίζεται μέσω εντατικής βαθμονόμησης και μπορεί να σχεδιαστεί με δυνατότητες προσαρμογής και αυτό-εκμάθησης για να ταιριάζει στον τύπο της οδήγησης μεμονωμένων οδηγών. Μπορεί επίσης να σχεδιαστεί με διαφορετικές λειτουργίες, όπως «κανονικό», «οικονομικό» και «αθλητικό», ώστε να ταιριάζει στις προτεραιότητες του οδηγού και στις συνθήκες του δρόμου.

- Έλεγχος της διαδικασίας αλλαγής των ταχυτήτων:

Η απόκριση και η ομαλότητα της αλλαγής των σχέσεων του κιβωτίου ταχυτήτων εξαρτώνται από τον ακριβή έλεγχο της ροπής για τους συμπλέκτες που εισέρχονται και βγαίνουν. Μόλις η TCU στείλει το σήμα εντολής για αλλαγή, η πίεση της εφαρμογής για τον επερχόμενο συμπλέκτη πρέπει να αυξηθεί και η πίεση απελευθέρωσης στον συμπλέκτη εκκίνησης πρέπει να μειωθεί, σύμφωνα με τις σχεδιασμένες στρατηγικές ελέγχου που επικυρώνονται με βαθμονόμηση. Τεχνικά, ο έλεγχος της διαδικασίας αλλαγής των ταχυτήτων είναι η πιο απαιτητική εργασία στην ανάπτυξη ενός συστήματος ελέγχου της μετάδοσης. Για κιβώτια ταχυτήτων με έξι, ή περισσότερες ταχύτητες, υπάρχει ήδη ένας μεγάλος αριθμός άμεσων αλλαγών, δηλαδή αλλαγές συμπλέκτη σε συμπλέκτη, με βάση τη σχεδίαση του κιβωτίου ταχυτήτων. Κάθε μία από αυτές τις άμεσες αλλαγές αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη κατάσταση λειτουργίας του οχήματος και κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα και εγγυάται τον ξεχωριστό έλεγχο ροπής του συμπλέκτη και τη βαθμονόμηση, προκειμένου να επιτευχθεί μια βελτιστοποιημένη ποιότητα αλλαγής των ταχυτήτων στο συνολικό εύρος της κίνησης.

- Έλεγχος του κλειδώματος του μετατροπέα της ροπής:

Η κατάσταση του μετατροπέα της ροπής αφορά την απόδοση του συστήματος μετάδοσης της κίνησης και την ομαλότητα της αλλαγής των ταχυτήτων. Ένας ανοιχτός μετατροπέας λειτουργεί ως ζεύγος υγρών και ευνοεί τις ομαλές αλλαγές, αλλά σε βάρος της απόδοσης που μπορεί να είναι έως και 3% απώλεια της οικονομίας καυσίμου. Για να πραγματοποιηθεί πλήρης εκμετάλλευση των χαρακτηριστικών του μετατροπέα της ροπής, χωρίς να θυσιάζεται η οικονομία καυσίμου, πρέπει να σχεδιαστεί και να βαθμονομηθεί ένα πρόγραμμα κλειδώματος του μετατροπέα της ροπής ως ένα σημαντικό μέρος του συνολικού συστήματος ελέγχου της μετάδοσης. Όταν ο μετατροπέας ροπής είναι κλειδωμένος, ή απελευθερωμένος, ο συμπλέκτης κλειδώματος ασκεί πίεση, ή η πίεση απελευθέρωσης αυξάνεται προς τα πάνω, ή προς τα κάτω, χρησιμοποιώντας μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ελέγχου της πίεσης για την ελαχιστοποίηση των μεταβατικών συνθηκών μετάδοσης της κίνησης.

- Έλεγχος της ροπής του κινητήρα κατά την αλλαγή:

Αυτό επιτυγχάνεται συνήθως με την επιβράδυνση του σπινθήρα σε επιλεγμένο αριθμό κυλίνδρων του κινητήρα. Η επιβράδυνση του σπινθήρα κατά τη διάρκεια της αλλαγής των ταχυτήτων μειώνει τη ροπή του κινητήρα για να μειώσει τη ροπή του συμπλέκτη που απαιτείται για την ολοκλήρωση της αλλαγής, βελτιώνοντας έτσι την απόκριση και την ομαλότητα της αλλαγής. Προφανώς, η επιβράδυνση των σπινθήρων μπορεί να καταστεί δυνατή μόνο τεχνικά σε οχήματα που είναι εξοπλισμένα με ηλεκτρονικά ελεγχόμενα αυτόματα κιβώτια των ταχυτήτων.

- Διάγνωση του συστήματος και διαχείριση της λειτουργίας αστοχίας:

Σε περίπτωση δυσλειτουργίας των εξαρτημάτων, το σύστημα ελέγχου θα παρέχει προειδοποιητικά σήματα στον πίνακα οργάνων και θα επιτρέψει τη λειτουργία του οχήματος υπό ασφαλείς συνθήκες στη λειτουργία διαχείρισης των αστοχιών. Στη συνέχεια, το όχημα μπορεί να οδηγηθεί σε συνεργείο για διάγνωση και επισκευή. Επιπλέον, οι μεταβλητές ελέγχου και βαθμονόμησης ενδέχεται να τροποποιηθούν για περαιτέρω βελτιώσεις στην ποιότητα της μετάδοσης, ή μπορεί ακόμη και να χρειαστεί να διορθωθούν αφού το μοντέλο του οχήματος είναι ήδη στην αγορά. Επομένως, το λογισμικό του συστήματος ελέγχου της μετάδοσης, συμπεριλαμβανομένων των κωδικών ελέγχου και των δεδομένων, θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα ενημέρωσης, εάν είναι απαραίτητο.

2.2.4 Εξαρτήματα και υδραυλικά κυκλώματα για έλεγχο της σχέσης μετάδοσης

Το σύστημα ελέγχου των αυτόματων κιβωτίων ταχυτήτων είναι συνήθως ένας συνδυασμός μηχανικών, υδραυλικών και ηλεκτρονικών υποσυστημάτων, ή εξαρτημάτων. Για την καλύτερη κατανόηση των λειτουργιών των συστημάτων ελέγχου της μετάδοσης, είναι απαραίτητο να υπάρχει μια γενική γνώση των χαρακτηριστικών των επιμέρους εξαρτημάτων και των υδραυλικών κυκλωμάτων.

- Κύκλωμα τροφοδοσίας υγρού συστήματος αυτόματης μετάδοσης (ATF) και ελέγχου πίεσης της γραμμής:

Με κίνηση από τον κινητήρα, η υδραυλική αντλία παράγει τη ροή και την πίεση ATF στο υδραυλικό κύκλωμα του συστήματος ελέγχου της μετάδοσης. Οι αντλίες με γρανάζια και οι αντλίες τύπου περυγίου έχουν εφαρμοστεί και οι δύο σε αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων. Η αντλία καταναλώνει ισχύ ανάλογα με τη χωρητικότητά της και μια αντλία σταθερού όγκου μπορεί να αντλεί περισσότερο ATF από όσο χρειάζεται σε μια δεδομένη λειτουργία μετάδοσης, με αποτέλεσμα την απώλεια της οικονομίας καυσίμου. Οι αντλίες μεταβλητής χωρητικότητας παρέχουν μια ποσότητα ATF στο σύστημα ελέγχου σε αναλογία με τις στροφές του κινητήρα για να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του συστήματος με βελτιωμένη απόδοση της αντλίας. Γενικά υπάρχουν συγκεκριμένες οδηγίες σχεδιασμού των υδραυλικών αντλιών στη βιβλιογραφία, όπως στις εκδόσεις SAE. Συνήθως, η υδραυλική αντλία σχηματίζει το κύκλωμα παροχής της πίεσης του συστήματος με μια βαλβίδα ρύθμισης της πίεσης, μια βαλβίδα ορίου της πίεσης και μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ελέγχου της πίεσης, ή ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα μεταβλητής δύναμης (VFS) για την παροχή και τον έλεγχο της πίεσης της γραμμής ρυθμίζοντας τον όγκο της ροής ATF που εισέρχεται στο κύριο κύκλωμα. Αυτός ο σχεδιασμός του κυκλώματος και οι παραλλαγές του εφαρμόζονται γενικά στα συστήματα ελέγχου της τελευταίας γενιάς και των σημερινών αυτόματων κιβωτίων ταχυτήτων, όπως το GM τεσσάρων ταχυτήτων Hydra-Matic 4 T80-E και το GM εξατάχυτο AT Hydra-Matic 6 T40/45.

- Βαλβίδα ρύθμισης της πίεσης:

Αυτές οι βαλβίδες μπορούν να σχεδιαστούν με παραλλαγές in-port και out-port. Μια βαλβίδα ρύθμισης της πίεσης ρυθμίζει την ποσότητα ATF που εισέρχεται στο κύριο κύκλωμα, ή την πίεση ισοδύναμα, μέσω του συνδυασμού του ελατηρίου της βαλβίδας και της πίεσης του σήματος της ροπής, η οποία ονομάζεται επίσης πίεση σήματος πεταλούδας. Η θύρα του

κάρτερ της βαλβίδας έχει ένα μεταβλητό άνοιγμα για να αφήνει το αντλούμενο ATF να διαρρέει στο κύκλωμα αναρρόφησης της αντλίας. Για την ενίσχυση της πίεσης της γραμμής, η πίεση του σήματος της ροπής που ελέγχεται από μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ελέγχου πίεσης δρα με το ελατήριο της βαλβίδας προς τα κάτω έναντι της δύναμης πίεσης της γραμμής προς τα πάνω στο σώμα της βαλβίδας, μειώνοντας το άνοιγμα της θύρας του κάρτερ και αφήνοντας περισσότερο ATF. Στα περισσότερα κυκλώματα, υπάρχει μια αντίστροφη θύρα ATF στη βαλβίδα του ρυθμιστή της πίεσης. Όταν το κιβώτιο ταχυτήτων μετατοπίζεται στην όπισθεν, η πίεση ATF στο κύκλωμα της όπισθεν κατευθύνεται στη θύρα της όπισθεν, πιέζοντας το σώμα της βαλβίδας προς τα κάτω με το ελατήριο της βαλβίδας για να ενισχύσει την πίεση της γραμμής που απαιτείται για τη δημιουργία μεγάλης ροπής αντίδρασης στο συμπλέκτη της όπισθεν. Αυτό έχει επίσης ως αποτέλεσμα να γεμίζει γρήγορα το κύκλωμα του υδραυλικού συστήματος ώστε να είναι έτοιμο για τις λειτουργίες αλλαγής. Το κύκλωμα της τροφοδοσίας της πίεσης παρέχει σταθερή πίεση στη γραμμή στο κύκλωμα του συστήματος ελέγχου με ελαχιστοποιημένη πίεση που προκαλείται από την αντλία.

- Βαλβίδα ορίου πίεσης:

Αυτή η βαλβίδα θέτει ένα όριο στην πίεση της γραμμής σε μια πολύ απλή δομή. Η πίεση της γραμμής δρα στο σώμα της βαλβίδας έναντι του ελατηρίου της βαλβίδας. Όταν η πίεση της γραμμής υπερβαίνει το όριο που επιτρέπεται από το ελατήριο της βαλβίδας, το σώμα της βαλβίδας θα ωθηθεί από την πίεση της γραμμής για να ανοίξει η θύρα εξαγωγής, περιορίζοντας έτσι την πίεση ATF που διέρχεται από τη βαλβίδα. Η πίεση ATF μετά τη βαλβίδα δρομολογείται στην ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ελέγχου της πίεσης και στις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες της αλλαγής των ταχυτήτων που ενεργοποιούν τις αλλαγές της μετάδοσης. Αυτή η πίεση λοιπόν ονομάζεται πίεση τροφοδοσίας ενεργοποιητή.

- Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ελέγχου πίεσης:

Αυτή είναι η βασική βαλβίδα που ελέγχει ηλεκτρονικά την πίεση ATF με υψηλή ακρίβεια. Ονομάζεται επίσης ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα μεταβλητής δύναμης (VFS), ή ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα μεταβλητής εξαέρωσης (VBS) και λειτουργεί με βάση την αρχή της διαμόρφωσης εύρους παλμού (PWM). Γενικά, η λειτουργία της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας ελέγχου της πίεσης μπορεί να εξηγηθεί από τον κύκλο λειτουργίας και τη συχνότητα. Ένας κύκλος λειτουργίας είναι το ποσοστό του χρόνου που το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει μέσω του πηνίου της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας σε έναν κύκλο του οποίου η χρονική

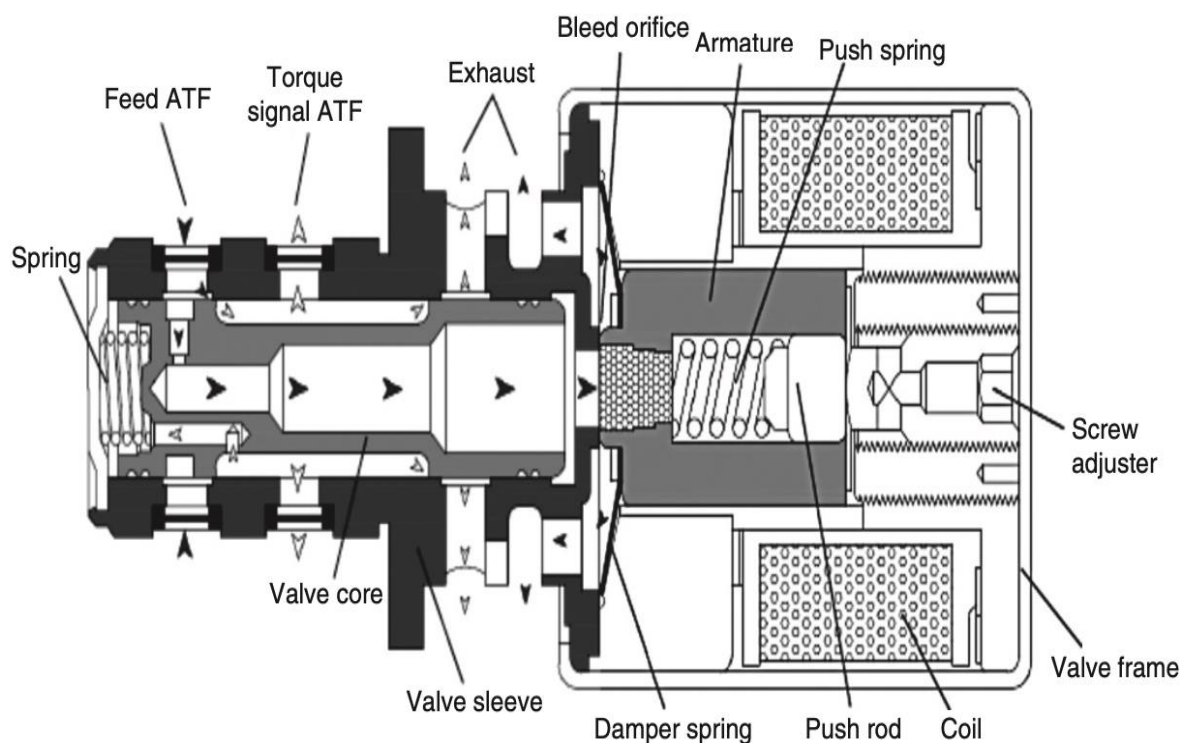
διάρκεια ορίζεται από τη συχνότητα. Με άλλα λόγια, ένας κύκλος λειτουργίας είναι το ποσοστό του χρόνου σε έναν κύκλο που η TCU στέλνει ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του πηνίου. Μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ελέγχου της πίεσης λειτουργεί σε μια δεδομένη καθορισμένη συχνότητα. Το ρεύμα στο πηνίο ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο που γεμίζει το κέντρο του ηλεκτρονικού τμήματος στο οποίο βρίσκεται ο οπλισμός. Η μαγνητική δύναμη, η δύναμη του ελατηρίου της ράβδου ώθησης, η δύναμη της υδραυλικής πίεσης στο άκρο του πυρήνα της βαλβίδας και η δύναμη του ελατηρίου στον πυρήνα της βαλβίδας αλληλεπιδρούν μεταξύ τους για να διαφοροποιήσουν τις θέσεις του οπλισμού και του πυρήνα της βαλβίδας για τον ακριβή έλεγχο της πίεσης του σήματος ροπής. Σε μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ελέγχου της πίεσης υπάρχουν δύο τμήματα. Το ένα είναι το ηλεκτρονικό τμήμα και το άλλο το υδραυλικό τμήμα. Το ηλεκτρονικό τμήμα αποτελείται από ένα συγκρότημα πηνίου, οπλισμό, ράβδο ώθησης και ελατήριο που στεγάζεται μέσα στο κυλινδρικό πλαίσιο. Το υδραυλικό τμήμα αποτελείται από τον πυρήνα της βαλβίδας, το ελατήριο, το χιτώνιο της βαλβίδας και το κέλυφος της βαλβίδας. Υπάρχουν τρεις θύρες στο υδραυλικό τμήμα στο κέλυφος της βαλβίδας τα οποία είναι το υγρό τροφοδοσίας του ενεργοποιητή στη θύρα από τη βαλβίδα πίεσης, η θύρα εξόδου της πίεσης του σήματος ροπής και η θύρα εξαγωγής. Επιπλέον, το υγρό της τροφοδοσίας του ενεργοποιητή μπορεί να εξατληθεί από το μεταβλητό στόμιο εξαέρωσης μεταξύ του περιβλήματος της βαλβίδας και του οπλισμού. Η λειτουργία της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας ελέγχου της πίεσης είναι να ελέγχει το υγρό της τροφοδοσίας του ενεργοποιητή και να το μετατρέπει στην πίεση του ρευστού σήματος της ροπής με μεγάλη ακρίβεια. Προφανώς, η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ελέγχου πίεσης είναι ζωτικής σημασίας για την αίσθηση της αλλαγής του κιβωτίου ταχυτήτων, καθώς είναι το κύριο, αν όχι το μοναδικό, εξάρτημα για τον έλεγχο της πίεσης της εφαρμογής του συμπλέκτη σε πραγματικό χρόνο. Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ελέγχου της πίεσης που φαίνεται στην

Εικόνα 2.5: Τομή μιας βαλβίδας ελέγχου είναι στην πραγματικότητα μια μεταβλητή βαλβίδα εξαέρωσης (VBS) και μπορεί να είναι είτε «κανονικά υψηλή», είτε «κανονικά χαμηλή». Μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ελέγχου υψηλής πίεσης κανονικά ρυθμίζει την πίεση του σήματος ροπής σε αντίστροφη αναλογία με το ρεύμα στο πηνίο. Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ελέγχου της πίεσης της γραμμής είναι συνήθως χαμηλή. Ελέγχει την πίεση της γραμμής εξαερώνοντας περισσότερο, ή λιγότερο ATF από τη βαλβίδα όπως ελέγχεται από το TCU σύμφωνα με το φορτίο του κινητήρα και τις συνθήκες λειτουργίας του οχήματος. Η πίεση της γραμμής που απαιτείται για τη διασφάλιση της λειτουργίας του ελέγχου του κιβωτίου των ταχυτήτων ποικίλλει ανάλογα με το φορτίο του κινητήρα που αντανακλάται από το άνοιγμα του γκαζιού του κινητήρα. Καθώς το γκάζι

του κινητήρα αυξάνεται, η πίεση της γραμμής αυξάνεται επίσης με την εξαέρωση λιγότερου ATF από τη βαλβίδα ελέγχου της πίεσης μέσω της μείωσης των κύκλων λειτουργίας. Αντίθετα, μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ελέγχου υψηλής πίεσης ρυθμίζει την πίεση εξόδου σε ίδια αναλογία με το ρεύμα στο πηνίο. Δηλαδή, για να αυξήσει την πίεση εξόδου, η TCU αυξάνει τους κύκλους λειτουργίας του πηνίου. Το PCS, ή το VFS ενεργοποιούνται με κύκλους λειτουργίας μέσω PWM από το TCU, αλλά η ελεγχόμενη πίεση ATF βαθμονομείται έναντι του ρεύματος μέσω του πηνίου της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας. Όταν εφαρμόζεται στο σύστημα ελέγχου της μετάδοσης, η TCU παρακολουθεί το ρεύμα στο ηλεκτρικό κύκλωμα από την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα και το χρησιμοποιεί ως ανάδραση για να προσαρμόσει τους κύκλους λειτουργίας με σκοπό τον ακριβή έλεγχο της πίεσης του σήματος της ροπής.

- Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα αλλαγής των ταχυτήτων:

Αυτή είναι στην πραγματικότητα μια ηλεκτρονικά ελεγχόμενη βαλβίδα διακόπτη στο υδραυλικό κύκλωμα του κιβωτίου ταχυτήτων και έχει μόνο δύο καταστάσεις άνοιγμα (On) ή κλείσιμο (Off). Ένας συνδυασμός καταστάσεων On και Off των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων αλλαγής των ταχυτήτων καθορίζει μια συγκεκριμένη θέση της ταχύτητας. Για παράδειγμα, δύο ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες αλλαγής των ταχυτήτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ορίσουν μοναδικά τις τέσσερις ταχύτητες σε ένα τετρατάχυτο AT μέσω των τεσσάρων συνδυασμών των καταστάσεων On και Off. Μια διαδοχική μετατόπιση μπορεί στη συνέχεια να ενεργοποιηθεί από την αλλαγή της κατάστασης μιας από τις δύο ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες αλλαγής. Το κύκλωμα μιας ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας αλλαγής ταχυτήτων απεικονίζεται στην Εικόνα 2.6: Κύκλωμα ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδα αλλαγής ταχυτήτων. Πρόκειται για ένα κιβώτιο ταχυτήτων τεσσάρων ταχυτήτων που διαθέτει δύο ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες αλλαγής ταχυτήτων που ελέγχονται από υπολογιστή που βρίσκονται στο σώμα της βαλβίδας



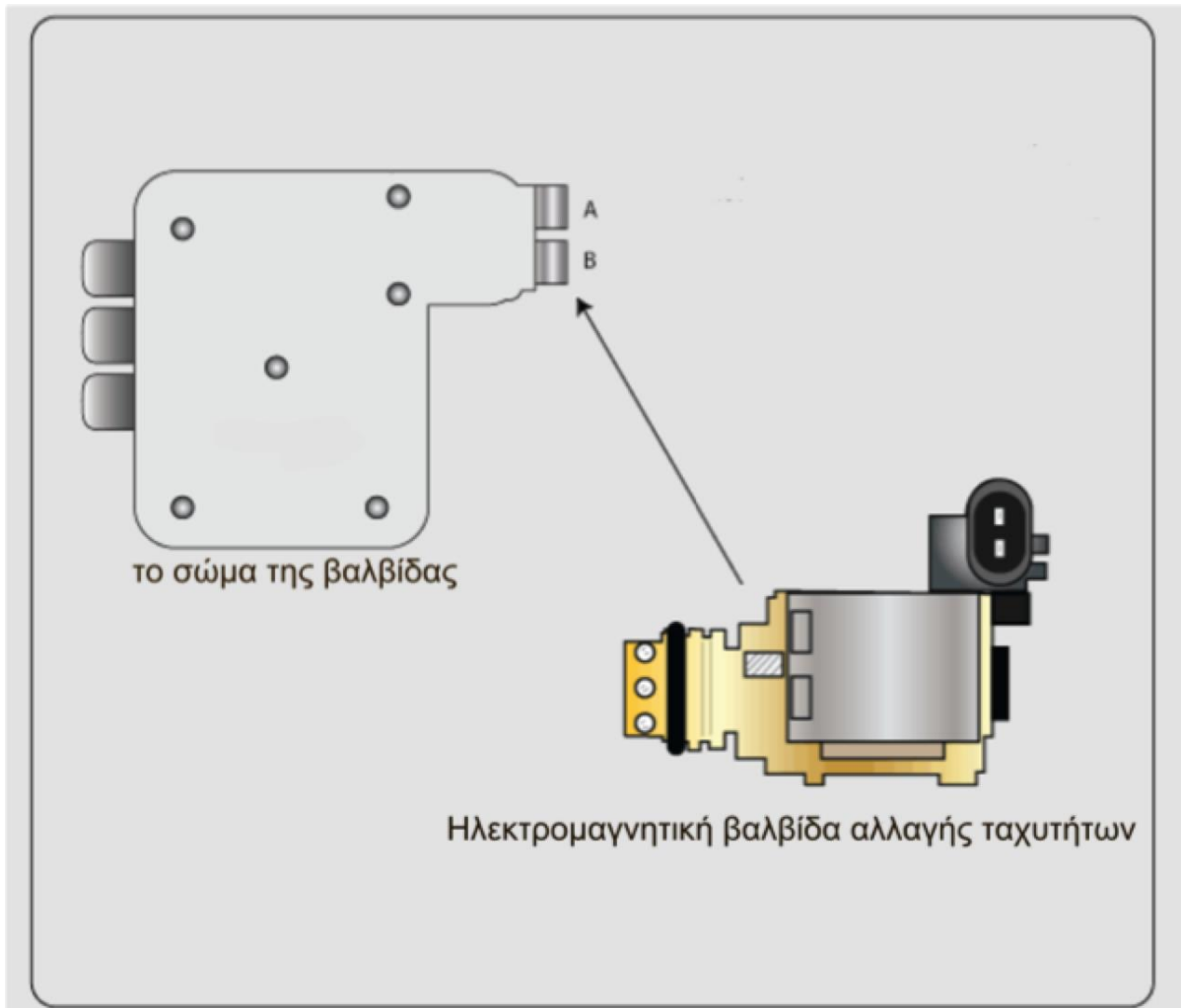
Ελατήριο (Spring)	Τροφοδοσία ATF	Σήμα ροπής ATF
Εξάτμιση (Exhaust)	Στόμιο εξαέρωσης (Bleed orifice)	Οπλισμός (Armature)
Ελατήριο ώθησης (Push spring)	Πυρήνας βαλβίδας (Valve core)	Χιτώνιο βαλβίδας (Valve sleeve)
Ελατήριο αποσβεστήρα (Damper spring)	Άξονας ώθησης (Push rod)	Πηνίο (Coil)
Πλαίσιο βαλβίδας (Valve frame)	Ρυθμιστής βίδας (Screw adjuster)	

Εικόνα 2.5: Τομή μιας βαλβίδας ελέγχου

Πηγή: www.sonnax.com

Η πίεση της γραμμής κάτω από το όριο δρομολογείται στην ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα αλλαγής των ταχυτήτων μέσω ενός στομίου και δρα στη σφαίρα του ελέγχου. Όταν απενεργοποιείται από τη μονάδα TCU, η συνδυασμένη δύναμη της πίεσης ATF και του ελατηρίου απομακρύνει το έμβολο από τη σφαίρα μέτρησης, επιτρέποντας τη λειτουργία της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας ATF. Όταν ενεργοποιείται, το ρεύμα στο πηνίο δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο, το οποίο με τη σειρά του δημιουργεί μια μαγνητική δύναμη στο έμβολο και το μετακινεί για να τοποθετήσει τη σφαίρα μέτρησης, εμποδίζοντας το υγρό της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας από το κύκλωμα εξάτμισης. Η πίεση

ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας ATF χρησιμοποιείται στη συνέχεια για τον έλεγχο των θέσεων των βαλβίδων αλλαγής ταχυτήτων, οι οποίες στη συνέχεια κατευθύνουν την πίεση ATF για τις εφαρμογές του συμπλέκτη σε διαφορετικές ταχύτητες. Μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ελέγχου της πίεσης μπορεί επίσης να λειτουργήσει ως ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα διακόπτη με καταστάσεις On ή Off, εκτός από την ικανότητα ελέγχου της πίεσης.



Εικόνα 2.6: Κύκλωμα ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδα αλλαγής ταχυτήτων

Πηγή: www.gearsmagazine.com

- Βαλβίδες υδραυλικού συστήματος:

Αυτές οι βαλβίδες χρησιμοποιούνται στο κύκλωμα του υδραυλικού συστήματος για τη μονάδα ελέγχου του κιβωτίου των ταχυτήτων για τη δρομολόγηση της ροής ATF σε διάφορες λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένων των λειτουργιών στάθμευσης, σταθερού κιβωτίου

ταχυτήτων και αλλαγών. Συνήθως, χρησιμοποιείται μία βαλβίδα για την αλλαγή μεταξύ δύο γειτονικών γραναζιών. Σε κάθε θέση, μια βαλβίδα αλλαγής των ταχυτήτων είτε θα εμποδίσει το ATF να εισέλθει στο κύκλωμα εφαρμογής του συμπλέκτη, είτε θα αφήσει την πίεση του ATF μέσω αυτού για να γίνει συμπλέκτης και να ασκήσει πίεση στο κύκλωμα εφαρμογής του συμπλέκτη. Η χειροκίνητη βαλβίδα που συνδέεται με το μοχλό αλλαγής των ταχυτήτων μπορεί επίσης να θεωρηθεί ως βαλβίδα αλλαγής των ταχυτήτων που ελέγχεται χειροκίνητα από τον οδηγό.

- Συμπλέκτης:

Οι σχέσεις μετάδοσης ενός αυτόματου κιβωτίου ταχυτήτων πραγματοποιούνται με την εφαρμογή διαφορετικών συμπλεκτών σύμφωνα με τον πίνακα συμπλέκτη του κιβωτίου ταχυτήτων. Τρεις τύποι συμπλεκτών, ο συμπλέκτης πολλαπλών δίσκων, ο συμπλέκτης ζώνης και ο συμπλέκτης μονής κατεύθυνσης χρησιμοποιούνται στα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων. Ο μονόδρομος συμπλέκτης ενεργοποιείται μόνος του και δεν χρειάζεται έλεγχο. Τα AT της τρέχουσας γενιάς χρησιμοποιούν μόνο συμπλέκτες πολλαπλών δίσκων λόγω της συμπαγούς ιδιότητάς τους και των χαρακτηριστικών τους κατά την εφαρμογή και την απελευθέρωση. Μερικά AT έξι ταχυτήτων της τρέχουσας γενιάς εξακολουθούν να χρησιμοποιούν συμπλέκτη μονής κατεύθυνσης για να διευκολύνουν τη μετατόπιση 1–2. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλαπλοί συμπλέκτες δίσκου τόσο για τη σύζευξη όσο και για την αντίδραση. Όταν εφαρμόζονται, τα δύο περιστρεφόμενα εξαρτήματα, το τύμπανο και το κέντρο, συνδέονται μεταξύ τους από την τριβή που δημιουργείται μεταξύ των δίσκων τριβής που είναι στρυμωγμένοι στο κέντρο και των χαλύβδινων πλακών που περιστρέφονται στο τύμπανο. Για να εφαρμοστεί ο συμπλέκτης, θα πρέπει να εφαρμόζει πίεση ATF από μια βαλβίδα αλλαγής των ταχυτήτων που εισέρχεται στο θάλαμο του εμβόλου για να γεμίσει την κοιλότητα του εμβόλου πριν αυξηθεί η πίεση στο έμβολο. Στη συνέχεια, το ATF σπρώχνει το έμβολο στο ελατήριο επιστροφής και στη συνέχεια στην πλάκα εφαρμογής. Στη συνέχεια, οι δίσκοι τριβής και οι χαλύβδινες πλάκες σφίγγονται μεταξύ τους και δημιουργείται τριβή σε κάθε μία από τις επιφάνειες επαφής μεταξύ των δίσκων τριβής και των χαλύβδινων πλακών. Καθώς η πίεση της εφαρμογής αυξάνεται μέσω της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας ελέγχου της πίεσης του συμπλέκτη, η ροπή του συμπλέκτη θα αυξηθεί στο επίπεδο για την πλήρη εμπλοκή του. Υπάρχουν πολλές σημαντικές μεταβλητές, ή χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τη διαδικασία εφαρμογής του συμπλέκτη. Η εφαρμογή του συμπλέκτη ATF θα γεμίσει την κοιλότητα του εμβόλου του συμπλέκτη για κάποιο χρονικό διάστημα όσο αυξάνεται η πίεση του συμπλέκτη και το έμβολο δε θα κινηθεί έως ότου η συσσώρευση της πίεσης να είναι αρκετά

υψηλή ώστε να υπερνικήσει τη δύναμη του ελατηρίου επιστροφής και να πιέσει την πλάκα εφαρμογής μετά. Το υλικό του συμπλέκτη έχει σχεδιαστεί με αυτόν τον τρόπο για να εξομαλύνει τη σκληρότητα του συμπλέκτη που εφαρμόζεται. Ωστόσο, τα χαρακτηριστικά της εφαρμογής του αρχικού συμπλέκτη επηρεάζουν αρνητικά το χρονισμό της αλλαγής των ταχυτήτων και πρέπει να βαθμονομηθούν για τον ακριβή έλεγχο του προφίλ ανύψωσης της πίεσης του συμπλέκτη. Για την εξάλειψη των επιπτώσεων της πλευρικής κοιλότητας της εφαρμογής του συμπλέκτη, η πλευρά του ελατηρίου επιστροφής μπορεί να σχεδιαστεί με ένα θάλαμο αντιστάθμισης. Το ATF χαμηλής πίεσης γεμίζει το θάλαμο αντιστάθμισης και το έμβολο εφαρμόζει την πλευρική κοιλότητα όταν ο συμπλέκτης είναι ανοιχτός. Αυτό βελτιώνει την ακρίβεια του χρονισμού της εφαρμογής του συμπλέκτη και της πίεσης του συμπλέκτη καθώς ξεκινούν οι αλλαγές.

- Κύκλωμα ελέγχου της πίεσης του συμπλέκτη με συσσωρευτή:

Στο σύστημα ελέγχου της προηγούμενης γενιάς των αυτόματων κιβωτίων ταχυτήτων, οι υδραυλικοί συσσωρευτές χρησιμοποιούνταν συνήθως για την απόσβεση της σκληρότητας της εφαρμογής του συμπλέκτη σε ένα κύκλωμα. Το ATF από το κύκλωμα ελέγχου της πίεσης της γραμμής δρομολογείται μέσω ενός ανοίγματος για να γεμίσει την πίσω πλευρά του συσσωρευτή (πλευρά ελατηρίου) και προς την αντίθετη πλευρά της βαλβίδας ελέγχου του. Το ελατήριο του συσσωρευτή τεντώνεται όταν δεν εφαρμόζεται ο σχετικός συμπλέκτης. Κατά την εφαρμογή του συμπλέκτη, το ATF από το κύκλωμα ελέγχου της πίεσης της γραμμής κατευθύνεται στη βαλβίδα του συσσωρευτή και κατευθύνεται από ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες αλλαγής των ταχυτήτων για να εισέλθει στο κύκλωμα εφαρμογής του συμπλέκτη. Εν τω μεταξύ, η πίεση του σήματος ροπής από την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ελέγχου πίεσης δρα στη βαλβίδα ελέγχου του συσσωρευτή έναντι της αντίθλιψης του συσσωρευτή, αναγκάζοντας το έμβολο του συσσωρευτή να μετατοπίζεται εμπρός και πίσω, ώστε να ελέγχει την εφαρμογή πίεσης του συμπλέκτη.

- Αισθητήρες ταχύτητας:

Οι αισθητήρες ταχύτητας τύπου Hall-effect χρησιμοποιούνται σε συστήματα ελέγχου μετάδοσης για τη μέτρηση των γωνιακών ταχυτήτων της εισόδου και της εξόδου μετάδοσης. Ένας αισθητήρας ταχύτητας είναι τοποθετημένος για να βλέπει έναν οδοντωτό τροχό (που ονομάζεται τροχός επαναφοράς) και μπορεί να περιστρέφεται με τον εκκεντροφόρο, ή το στροφαλοφόρο άξονα. Καθώς ο τροχός περιστρέφεται, ο αισθητήρας της ταχύτητας παράγει ένα ηλεκτρικό σήμα σε συχνότητα που σχετίζεται με τον αριθμό των δοντιών και την ταχύτητα περιστροφής του άξονα.

Συνήθως, υπάρχουν τρεις αισθητήρες ταχύτητας στο σύστημα ελέγχου ενός αυτόματου κιβωτίου ταχυτήτων: ένας στην είσοδο του κιβωτίου ταχυτήτων, ένας άλλος στην έξοδο του κιβωτίου ταχυτήτων και ο τρίτος στην έξοδο του κινητήρα, ή στην πτερωτή του μετατροπέα της ροπής. Οι πιο σημαντικοί είναι οι δύο. Αυτός που καταγράφει την ταχύτητα του άξονα εισόδου (πρωτεύον) και αυτός που μετρά την ταχύτητα του άξονα εξόδου (για το κιβώτιο ταχυτήτων μπροστινού τροχού, αυτή είναι η ταχύτητα του διαφορικού γραναζιού). Στα αυτόματα κιβώτια χρησιμοποιούνται οι ενδείξεις του πρώτου αισθητήρα για να προσδιοριστεί το τρέχον φορτίο του κινητήρα και να επιλεγεί η βέλτιστη ταχύτητα. Οι πληροφορίες του δεύτερου αισθητήρα χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της λειτουργίας του κιβωτίου ταχυτήτων, δηλαδή πόσο σωστά μπόρεσαν να εκτελεστούν οι εντολές της μονάδας ελέγχου και αν τελικά ενεργοποιήθηκε σωστά το γρανάζι που χρειαζόταν. Η TCU λαμβάνει σήματα από αυτούς τους τρεις αισθητήρες ταχύτητας μέσω του αντίστοιχου κυκλώματος και επεξεργάζεται αυτά τα σήματα για διάφορες λειτουργίες ελέγχου. Οι αισθητήρες της ταχύτητας είναι οι πιο σημαντικοί αισθητήρες στα συστήματα ελέγχου της μετάδοσης. Παρέχουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για την TCU για λήψη των αποφάσεων για τον έλεγχο του χρονοδιαγράμματος της αλλαγής, τον έλεγχο του σημείου της αλλαγής και τον έλεγχο του κλειδώματος και της απελευθέρωσης του μετατροπέα της ροπής.

- Αισθητήρας θερμοκρασίας ATF:

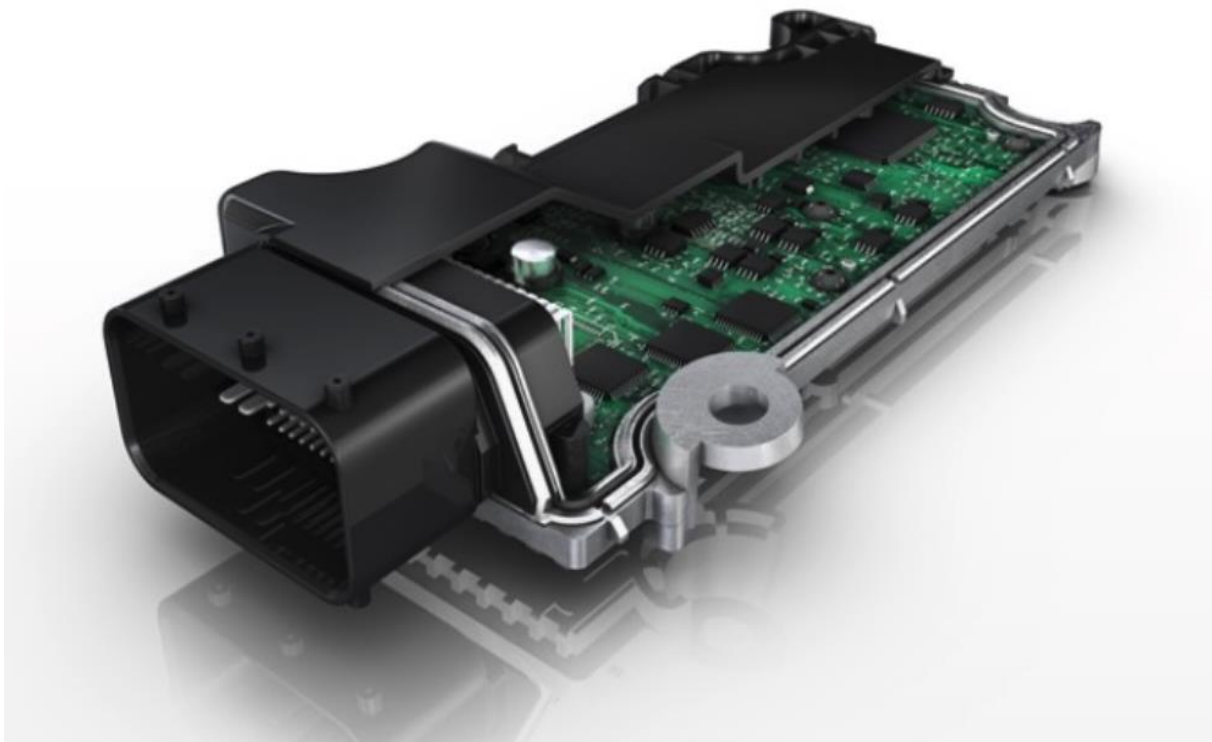
Ο αισθητήρας της θερμοκρασίας ATF είναι βασικά ένας θερμοστάτης που αλλάζει την αντίσταση σε αντίστροφη αναλογία με τις αλλαγές της θερμοκρασίας. Η TCU μετρά την αλλαγή της τάσης στο κύκλωμα ως μέτρο της θερμοκρασίας και μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτές τις πληροφορίες για να κάνει προσαρμογές στον έλεγχο του χρονοδιαγράμματος της αλλαγής των ταχυτήτων, στον έλεγχο του σημείου της αλλαγής των ταχυτήτων και στον έλεγχο του κλειδώματος και απελευθέρωσης του μετατροπέα της ροπής.

- Αισθητήρας ή διακόπτες εμβέλειας αλλαγής των ταχυτήτων:

Αυτός ο αισθητήρας παρέχει πληροφορίες σχετικά με την εμβέλεια της κίνησης που επιλέγει ο οδηγός. Για τα αυτόματα κιβώτια με δυνατότητα χειροκίνητης αλλαγής των ταχυτήτων, αυτός ο αισθητήρας στέλνει επίσης ένα σήμα στην TCU σχετικά με την πρόθεση του οδηγού να ξεκινήσει μια αλλαγή. Για μεταδόσεις που χρησιμοποιούν διακόπτη αλλαγής ταχυτήτων αντί για μοχλό αλλαγής ταχυτήτων, ο διακόπτης αλλαγής των ταχυτήτων παρέχει στη TCU παρόμοια σήματα με αυτά του αισθητήρα εύρους

αλλαγής των ταχυτήτων. Εκτός από τους αναφερόμενους αισθητήρες, το σύστημα ελέγχου της μετάδοσης μοιράζεται επίσης σήματα μέσω του δικτύου περιοχής ελέγχου (CAN) από πολλούς αισθητήρες που είναι τοποθετημένοι χωριστά για άλλα συστήματα οχημάτων, κυρίως το σύστημα ελέγχου του κινητήρα.

- Μονάδα ελέγχου της μετάδοσης: Ένα παράδειγμα του TCU φαίνεται στην Εικόνα 2.7: Μονάδα ελέγχου της μετάδοσης.



Εικόνα 2.7: Μονάδα ελέγχου της μετάδοσης

Πηγή: www.zf.com

Ως ο πυρήνας του συστήματος ελέγχου μετάδοσης, η TCU λαμβάνει και επεξεργάζεται σήματα από διάφορους αισθητήρες που περιγράφονται παραπάνω, εκτελεί υπολογισμούς με το λογισμικό και εφαρμόζει στρατηγικές ελέγχου για το χρονοδιάγραμμα των αλλαγών και τις διαδικασίες και στέλνει εντολές για την αλλαγή των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων και των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων ελέγχου της πίεσης για τον ακριβή έλεγχο της πίεσης της γραμμής, του σημείου αλλαγής των ταχυτήτων, των πιέσεων του συμπλέκτη κατά τις αλλαγές και της πίεσης για το κλείδωμα του μετατροπέα της ροπής και το συμπλέκτη της απελευθέρωσης. Η TCU των AT της τρέχουσας γενιάς μπορεί να

χρησιμοποιεί μικροεπεξεργαστές 32-bit ή 64-bit (CPU). Για παράδειγμα, ο ελεγκτής της μετάδοσης Delphi TCM8 χρησιμοποιεί μικροεπεξεργαστή 32 bit, 80 MHz με μνήμη flash 1,5 MB και μνήμη RAM 56 kB. Οι ελεγκτές της μετάδοσης, όπως το Delphi TCM8, πρέπει να διαθέτουν την ικανότητα επεξεργασίας υψηλής ταχύτητας που απαιτείται για τον έλεγχο της μετάδοσης σε πραγματικό χρόνο και επαρκή μνήμη για την αποθήκευση του λογισμικού ελέγχου και της βάσης των δεδομένων. Μια TCU με CPU 32 bit είναι συνήθως επαρκής για τον χειρισμό όλων των απαιτήσεων λειτουργίας για AT με έως και έξι ταχύτητες. Συνήθως, οι ελεγκτές της μετάδοσης είναι εξοπλισμένοι με ενσωματωμένες συσκευές εισόδου-εξόδου, ή μονάδες για τη λήψη του σήματος και την παράδοση των εντολών του ελέγχου. Το Delphi TCM8 διαθέτει ρυθμιζόμενη διαμόρφωση του πλάτους παλμού (PWM) και ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ελέγχου της πίεσης. Το λογισμικό ελέγχου της μετάδοσης το οποίο είναι αποθηκευμένο στην TCU ως EEPROM², αποτελείται από δύο μέρη: προγράμματα και βάση δεδομένων. Τα προγράμματα περιλαμβάνουν το λειτουργικό σύστημα της CPU, τη διεπαφή εισόδου/εξόδου και τις λειτουργίες προγράμματος της οδήγησης, τον κώδικα του λογισμικού για τις λειτουργίες ελέγχου της μετάδοσης, καθώς και τις λειτουργίες διάγνωσης και λειτουργίας κάποιας πιθανής αστοχίας. Η βάση των δεδομένων περιέχει δεδομένα σε διάφορες ομάδες: χαρακτηριστικά των υποσυστημάτων του συστήματος μετάδοσης της κίνησης, δεδομένα βαθμονόμησης του κιβωτίου ταχυτήτων, και χρονοδιαγράμματα των αλλαγών για διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας της μετάδοσης. Οι TCU της μετάδοσης είναι ικανές για πιθανή αναβάθμιση του λογισμικού και της βάσης των δεδομένων.

2.3 Ημιαυτόματα κιβώτια ταχυτήτων

Ένα ημιαυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων είναι ένα κιβώτιο πολλαπλών ταχυτήτων, όπου ένα μέρος της λειτουργίας του είναι αυτοματοποιημένο (συνήθως η ενεργοποίηση του συμπλέκτη), αλλά η συμβολή του οδηγού εξακολουθεί να απαιτείται για την εκκίνηση του οχήματος από τη θέση της στάσης και η χειροκίνητη αλλαγή των ταχυτήτων. Τα περισσότερα ημιαυτόματα κιβώτια ταχυτήτων που χρησιμοποιούνται σε αυτοκίνητα και μοτοσυκλέτες βασίζονται σε συμβατικά μηχανικά κιβώτια ταχυτήτων, ή σε παραλλαγές τους, αλλά χρησιμοποιούν κάποιο σύστημα αυτόματου συμπλέκτη. Ωστόσο, ορισμένα

² Η EEPROM (ηλεκτρικά διαγραφόμενη προγραμματιζόμενη μνήμη μόνο για ανάγνωση) είναι μνήμη μόνο για ανάγνωση (ROM) που μπορεί να τροποποιηθεί από το χρήστη, η οποία μπορεί να διαγραφεί και να προγραμματιστεί εκ νέου.

ημιαυτόματα κιβώτια ταχυτήτων έχουν επίσης βασιστεί σε τυπικά υδραυλικά αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων με μετατροπείς ροπής και πλανητικά γρανάζια.

Τα ονόματα για συγκεκριμένους τύπους των ημιαυτόματων κιβωτίων ταχυτήτων περιλαμβάνουν το χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων χωρίς συμπλέκτη, το αυτόματο χειροκίνητο, το χειροκίνητο αυτόματο συμπλέκτη και τα κιβώτια ταχυτήτων με πετάλια στο τιμόνι (paddle-shift). Αυτά τα συστήματα διευκολύνουν τις αλλαγές των ταχυτήτων για τον οδηγό, λειτουργώντας αυτόματα το σύστημα του συμπλέκτη, συνήθως μέσω διακοπών που ενεργοποιούν έναν ενεργοποιητή ή κάποιον σερβομηχανισμό, ενώ εξακολουθούν να απαιτούν από τον οδηγό να αλλάζει χειροκίνητα τις σχέσεις των ταχυτήτων. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με ένα κιβώτιο ταχυτήτων προεπιλογής, στο οποίο δηλαδή ο οδηγός χειρίζεται το συμπλέκτη και επιλέγει την επόμενη σχέση μετάδοσης, αλλά η αλλαγή της ταχύτητας στο κιβώτιο ταχυτήτων εκτελείται αυτόματα.

Η πρώτη χρήση των ημιαυτόματων κιβωτίων ταχυτήτων ήταν στα αυτοκίνητα, αυξάνοντας σε δημοτικότητα στα μέσα της δεκαετίας του 1930, όταν προσφέρθηκαν από αρκετούς Αμερικανούς κατασκευαστές αυτοκινήτων. Λιγότερο κοινά από τα παραδοσιακά υδραυλικά αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων, τα ημιαυτόματα κιβώτια ταχυτήτων διατίθενται σε διάφορα μοντέλα αυτοκινήτων και μοτοσικλετών και έχουν παραμείνει στην παραγωγή καθ' όλη τη διάρκεια του 21ου αιώνα. Τα ημιαυτόματα κιβώτια ταχυτήτων με λειτουργία αλλαγής των ταχυτήτων έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί σε διάφορα αγωνιστικά αυτοκίνητα και εισήχθησαν για πρώτη φορά για τον έλεγχο του ηλεκτροϋδραυλικού μηχανισμού αλλαγής ταχυτήτων του αυτοκινήτου της Ferrari 640 Formula 1 το 1989. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται σήμερα σε μια ποικιλία κορυφαίων βαθμίδων αγωνιστικών αυτοκινήτων, συμπεριλαμβανομένων των Formula 1, IndyCar κ.λπ. Άλλες επίσης εφαρμογές περιλαμβάνουν μοτοσικλέτες, φορτηγά, λεωφορεία και σιδηροδρομικά οχήματα.

2.3.1 Σχεδιασμός και λειτουργία

Τα ημιαυτόματα κιβώτια ταχυτήτων διευκολύνουν τις ευκολότερες αλλαγές ταχυτήτων, αφαιρώντας την ανάγκη να πατάει ο οδηγός ένα πεντάλ συμπλέκτη, ή κάποιο μοχλό ταυτόχρονα με την αλλαγή των ταχυτήτων. Ανάλογα με τη μηχανική κατασκευή, το σχεδιασμό και την ηλικία του οχήματος, μπορούν να χρησιμοποιήσουν οτιδήποτε, από υδραυλικούς, πνευματικούς, ή ηλεκτρικούς ενεργοποιητές, ηλεκτρικούς διακόπτες, κινητήρες και επεξεργαστές, ή

συνδυασμό τέτοιων συστημάτων, για να εκτελέσουν αλλαγές των ταχυτήτων όταν ζητείται από τον οδηγό, η οποία συνήθως ενεργοποιείται όταν ο οδηγός μετακινεί το μοχλό των ταχυτήτων. Τα περισσότερα αυτοκίνητα που διαθέτουν ημιαυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων δε διαθέτουν τυπικό πεντάλ συμπλέκτη, καθώς ο συμπλέκτης ελέγχεται από την απόσταση. Ομοίως, οι περισσότερες μοτοσυκλέτες με ημιαυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων δε διαθέτουν συμβατικό μοχλό συμπλέκτη στο τιμόνι.

Τα περισσότερα ημιαυτόματα κιβώτια ταχυτήτων βασίζονται σε συμβατικά χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων, αλλά συνήθως λειτουργούν με αυτόματο συμπλέκτη, ή με κάποιο άλλο είδος μερικώς αυτοματοποιημένου μηχανισμού μετάδοσης. Εάν η λειτουργία του συμπλέκτη είναι αυτοματοποιημένη, το κιβώτιο ταχυτήτων γίνεται ημιαυτόματο. Ωστόσο, αυτά τα συστήματα εξακολουθούν να απαιτούν χειροκίνητη επιλογή της ταχύτητας από τον οδηγό. Αυτός ο τύπος μετάδοσης ονομάζεται χειροκίνητος χωρίς συμπλέκτη, ή αυτοματοποιημένα χειροκίνητος.

Τα περισσότερα ημιαυτόματα κιβώτια ταχυτήτων σε παλαιότερα επιβατικά αυτοκίνητα διατηρούν το κανονικό σύστημα αλλαγής των ταχυτήτων ενός χειροκίνητου κιβωτίου ταχυτήτων. Ομοίως, τα ημιαυτόματα κιβώτια ταχυτήτων σε παλαιότερες μοτοσυκλέτες διατηρούν το συμβατικό μοχλό αλλαγής των ταχυτήτων (όπως για παράδειγμα μια μοτοσυκλέτα με πλήρως χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων). Ωστόσο, τα ημιαυτόματα συστήματα σε νεότερες μοτοσυκλέτες, αγωνιστικά αυτοκίνητα και άλλους τύπους οχημάτων χρησιμοποιούν συχνά μεθόδους επιλογής ταχυτήτων, όπως πεντάλ αλλαγής των ταχυτήτων κοντά στο τιμόνι.

Όλα αυτά τα χρόνια, έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες μορφές αυτοματισμού για την ενεργοποίηση του συμπλέκτη (υδραυλικοί, πνευματικοί και ηλεκτρομηχανικοί συμπλέκτες, μέχρι και συμπλέκτες που λειτουργούν υπό κενό, ηλεκτρομαγνητικοί, ακόμη και φυγοκεντρικοί). Οι σύνδεσμοι του ρευστού (παλαιότερα χρησιμοποιούμενοι σε πρώιμα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων) έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί από διάφορους κατασκευαστές, συνήθως μαζί με κάποια μορφή μηχανικού συμπλέκτη τριβής, για να αποτρέψουν την κύλιση του οχήματος όταν ακινητοποιηθεί, ή όταν βρίσκεται στο ρελαντί.

Ένας τυπικός σχεδιασμός ημιαυτόματου κιβωτίου ταχυτήτων μπορεί να λειτουργήσει χρησιμοποιώντας αισθητήρες, ή μικροδιακόπτες για την ανίχνευση της κατεύθυνσης της ζητούμενης αλλαγής, όταν χρησιμοποιείται ο μοχλός των ταχυτήτων. Η έξοδος αυτών των αισθητήρων, σε συνδυασμό με την έξοδο από έναν αισθητήρα συνδεδεμένο στο κιβώτιο ταχυτήτων, ο οποίος μετρά την τρέχουσα ταχύτητα, τροφοδοτείται σε μια μονάδα ελέγχου της μετάδοσης, (ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, ή μονάδα ελέγχου του κινητήρα, ή μικροεπεξεργαστή, ή άλλο είδος ηλεκτρονικού συστήματος ελέγχου). Αυτό το

σύστημα ελέγχου προσδιορίζει στη συνέχεια το βέλτιστο χρονισμό και τη ροπή που απαιτούνται για την ομαλή εμπλοκή του συμπλέκτη.

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου τροφοδοτεί έναν ενεργοποιητή, ο οποίος εμπλέκει και αποδεσμεύει το συμπλέκτη με ομαλό τρόπο. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ο συμπλέκτης ενεργοποιείται από ένα σερβοκινητήρα συνδεδεμένο με μια διάταξη γραναζιών, ο οποίος, μέσω ενός υδραυλικού κυλίνδρου γεμάτου με υδραυλικό υγρό από το σύστημα πέδησης, αποδεσμεύει το συμπλέκτη. Σε άλλες περιπτώσεις, ο εσωτερικός ενεργοποιητής του συμπλέκτη μπορεί να είναι εντελώς ηλεκτρικός, όπου ο κύριος ενεργοποιητής του συμπλέκτη τροφοδοτείται από έναν ηλεκτρικό κινητήρα ή μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα, ή ακόμα και πνευματικά (όπου ο κύριος ενεργοποιητής του συμπλέκτη είναι ένας πνευματικός ενεργοποιητής που αποδεσμεύει τον συμπλέκτη).

Ένα χειροκίνητο σύστημα χωρίς συμπλέκτη, που ονομάστηκε Autostick, ήταν ένα ημιαυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων που εισήχθη από τη Volkswagen για το μοντέλο του 1968 (Volkswagen Automatic Stickshift). Ένα συμβατικό χειροκίνητο κιβώτιο τριών ταχυτήτων συνδέθηκε με ένα αυτόματο σύστημα συμπλέκτη που λειτουργούσε με κενό. Το επάνω μέρος του μοχλού ταχυτήτων σχεδιάστηκε για να πιέζει και να ενεργοποιεί εύκολα έναν ηλεκτρικό διακόπτη, δηλαδή όταν αγγίζεται από το χέρι του οδηγού. Όταν πιεζόταν, ο διακόπτης λειτουργούσε μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα 12 volt, η οποία με τη σειρά της λειτουργούσε τον ενεργοποιητή του συμπλέκτη κενού, αποδεσμεύοντας έτσι το συμπλέκτη και επιτρέποντας την αλλαγή της ταχύτητας. Όταν το χέρι του οδηγού απομακρυνόταν από τον επιλογέα των ταχυτήτων, ο συμπλέκτης εμπλεκόταν ξανά αυτόματα. Το κιβώτιο ταχυτήτων ήταν επίσης εξοπλισμένο με ένα μετατροπέα ροπής, που επέτρεπε στο αυτοκίνητο να λειτουργεί στο ρελαντί όπως με ένα αυτόματο, καθώς και να σταματά και να ξεκινά από στάση σε οποιαδήποτε ταχύτητα.

2.3.2 Αυτοματοποιημένα χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων

Ξεκινώντας από τα τέλη της δεκαετίας του 1990, οι κατασκευαστές αυτοκινήτων παρουσίασαν αυτό που σήμερα ονομάζεται αυτοματοποιημένο χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων (AMT), το οποίο είναι μηχανικά παρόμοιο και έχει τις ρίζες του σε παλαιότερα συστήματα χειροκίνητου κιβωτίου ταχυτήτων χωρίς συμπλέκτη. Ένα AMT λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο όπως τα παλαιότερα ημιαυτόματα και χειροκίνητα κιβώτια χωρίς συμπλέκτη, αλλά με δύο εξαιρέσεις. Είναι σε θέση να χειρίζεται το συμπλέκτη και να πραγματοποιεί την αυτόματη αλλαγή των ταχυτήτων και δε χρησιμοποιεί μετατροπέα της ροπής. Η αλλαγή των ταχυτήτων γίνεται, είτε αυτόματα από μια μονάδα ελέγχου του κιβωτίου των

ταχυτήτων, είτε χειροκίνητα, είτε από το κουμπί αλλαγής των ταχυτήτων, είτε από τα χειριστήρια αλλαγής των ταχυτήτων που είναι τοποθετημένα πίσω από το τιμόνι.

Τα AMT συνδυάζουν την απόδοση του καυσίμου των χειροκίνητων κιβωτίων ταχυτήτων με την ευκολία της αλλαγής των ταχυτήτων των αυτόματων κιβωτίων των ταχυτήτων. Το μεγαλύτερο μειονέκτημά τους είναι η κακή άνεση στην αλλαγή των ταχυτήτων λόγω της απεμπλοκής του μηχανικού συμπλέκτη από το TCU, κάτι που γίνεται εύκολα αντιληπτό. Ορισμένοι κατασκευαστές κιβωτίων ταχυτήτων προσπάθησαν να λύσουν αυτό το πρόβλημα χρησιμοποιώντας μεγάλους δακτυλίους συγχρονισμού και χωρίς να ανοίγουν πλήρως τον συμπλέκτη κατά τη διάρκεια της αλλαγής των ταχυτήτων, κάτι που λειτουργεί θεωρητικά, αλλά από το 2007 και μετά δεν υπάρχουν αυτοκίνητα της σειράς παραγωγής με τέτοιες λειτουργίες. Στα επιβατικά αυτοκίνητα, τα σύγχρονα AMT έχουν γενικά έξι ταχύτητες (αν και μερικά έχουν επτά) και αρκετά μακρύ κιβώτιο ταχυτήτων. Σε συνδυασμό με ένα πρόγραμμα έξυπνης αλλαγής των ταχυτήτων, αυτό μπορεί να μειώσει σημαντικά την κατανάλωση του καυσίμου.

Γενικά, υπάρχουν δύο τύποι AMT, τα ενσωματωμένα AMT και τα πρόσθετα AMT. Τα ενσωματωμένα AMT σχεδιάστηκαν για να είναι αποκλειστικά AMT, ενώ τα πρόσθετα AMT είναι μετατροπές των τυπικών χειροκίνητων κιβωτίων ταχυτήτων σε AMT.

Ένα αυτοματοποιημένο χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων μπορεί να περιλαμβάνει μια πλήρως αυτόματη λειτουργία όπου ο οδηγός δε χρειάζεται να αλλάξει καθόλου τις ταχύτητες. Αυτά τα κιβώτια ταχυτήτων μπορούν να περιγραφούν ως τυπικά χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων με αυτοματοποιημένο συμπλέκτη και αυτοματοποιημένο έλεγχο της αλλαγής των ταχυτήτων, που τους επιτρέπει να λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο όπως τα παραδοσιακά αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων. Η TCU αλλάζει αυτόματα ταχύτητες εάν, για παράδειγμα, ο κινητήρας λειτουργεί σε κάποια κόκκινη γραμμή. Το AMT μπορεί να αλλάξει σε χειροκίνητη λειτουργία χωρίς συμπλέκτη, όπου μπορεί κανείς να ανεβάσει, ή να κατεβάσει ταχύτητα χρησιμοποιώντας έναν επιλογέα αλλαγής ταχυτήτων που είναι τοποθετημένος στην κονσόλα ή τον επιλογέα των ταχυτήτων. Γενικότερα, έχει χαμηλότερο κόστος από τα συμβατικά αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων.

Αυτά τα κιβώτια ταχυτήτων δεν πρέπει να συγχέονται με τα χειροκίνητα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων, τα οποία διατίθενται στην αγορά με εμπορικές ονομασίες όπως Tiptronic, Steptronic, Sportmatic και Geartronic. Ενώ, αυτά τα συστήματα φαίνονται επιφανειακά παρόμοια, είναι πιο κοντά στο σχεδιασμό στα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων παρά στα χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων

2.3.3 Σειριακά χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων

Αρκετά ημιαυτόματα κιβώτια ταχυτήτων που χρησιμοποιούνται από μοτοσυκλέτες και αγωνιστικά αυτοκίνητα βασίζονται στην πραγματικότητα σε μηχανικά και χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων. Τα ημιαυτόματα κιβώτια ταχυτήτων μοτοσυκλετών γενικά παραλείπουν τη μανέτα του συμπλέκτη, αλλά διατηρούν το συμβατικό μοχλό της αλλαγής των ταχυτήτων στη φτέρνα και τα δάχτυλα.

Τα ημιαυτόματα κιβώτια ταχυτήτων των μοτοσυκλετών βασίζονται σε συμβατικά διαδοχικά χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων και συνήθως χρησιμοποιούν φυγόκεντρο συμπλέκτη. Στο ρελαντί, ο κινητήρας αποσυνδέεται από τον άξονα εισόδου του κιβωτίου ταχυτήτων, επιτρέποντας τόσο σε αυτόν, όσο και στη μοτοσυκλέτα να κινηθούν ελεύθερα, σε αντίθεση με τον αυτόματο μετατροπέα ροπής (δεν υπάρχει ερπυσμός στο ρελαντί με σωστά ρυθμισμένο φυγόκεντρο συμπλέκτη). Καθώς οι στροφές του κινητήρα αυξάνονται, τα αντίβαρα μέσα στο συγκρότημα του συμπλέκτη περιστρέφονται σταδιακά προς τα έξω μέχρι να αρχίσουν να έρχονται σε επαφή με το εσωτερικό του εξωτερικού περιβλήματος και να μεταδίδουν μια αυξανόμενη ποσότητα ισχύος και ροπής του κινητήρα. Το πραγματικό «σημείο εμπλοκής» βρίσκεται αυτόματα από την ισορροπία, όπου η ισχύς μεταδίδεται μέσω του συμπλέκτη (που εξακολουθεί να γλιστράει) ίση με αυτό που μπορεί να προσφέρει ο κινητήρας. Αυτό επιτρέπει σχετικά γρήγορες επιταχύνσεις με πλήρες γκάζι (με το συμπλέκτη ρυθμισμένο έτσι ώστε ο κινητήρας να έχει τη μέγιστη ροπή) χωρίς ο κινητήρας να επιβραδύνει, καθώς και πιο χαλαρές εκκινήσεις και ελιγμούς χαμηλής ταχύτητας σε χαμηλότερο γκάζι και στροφές ανά λεπτό.

2.4 Σύγκριση των αυτόματων και χειροκίνητων κιβωτίων ταχυτήτων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στα αντίστοιχα υποκεφάλαια τα αυτόματα και τα χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων παρουσιάζουν κάποιες ομοιότητες αλλά κατά κύριο λόγο έχουν αρκετές διαφορές μεταξύ τους. Το ίδιο συνεπάγεται και για τα αντίστοιχα οχήματα τα οποία είναι εξοπλισμένα είτε με το ένα, είτε με το άλλο κιβώτιο ταχυτήτων.

Γενικότερα, τα αυτοκίνητα τα οποία είναι εξοπλισμένα με χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων είναι συνήθως φθηνότερα. Επιπλέον, τα χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων παρουσιάζουν καλύτερη οικονομία καυσίμου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η μετάδοσή τους έχει καλύτερη μηχανική απόδοση. Φυσικά, τα

τελευταία χρόνια έχει παρουσιαστεί αρκετή έρευνα στο κομμάτι της οικονομίας του καυσίμου των κιβωτίων ταχυτήτων και υπάρχει αρκετή εξέλιξη στην τεχνολογία των αυτόματων κιβωτίων ταχυτήτων. Σε αρκετές περιπτώσεις τα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων πλησιάζουν τις αντίστοιχες αποδόσεις των χειροκίνητων. Μία ακόμη αξιοσημείωτη διαφορά αποτελεί ο έλεγχος που προσδίδουν στον οδηγό τα χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων έναντι των αυτόματων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΜΑΤΑ ΜΕ ΤΑ ΚΙΒΩΤΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

3.1 Θόρυβος και δόνηση του κιβωτίου ταχυτήτων

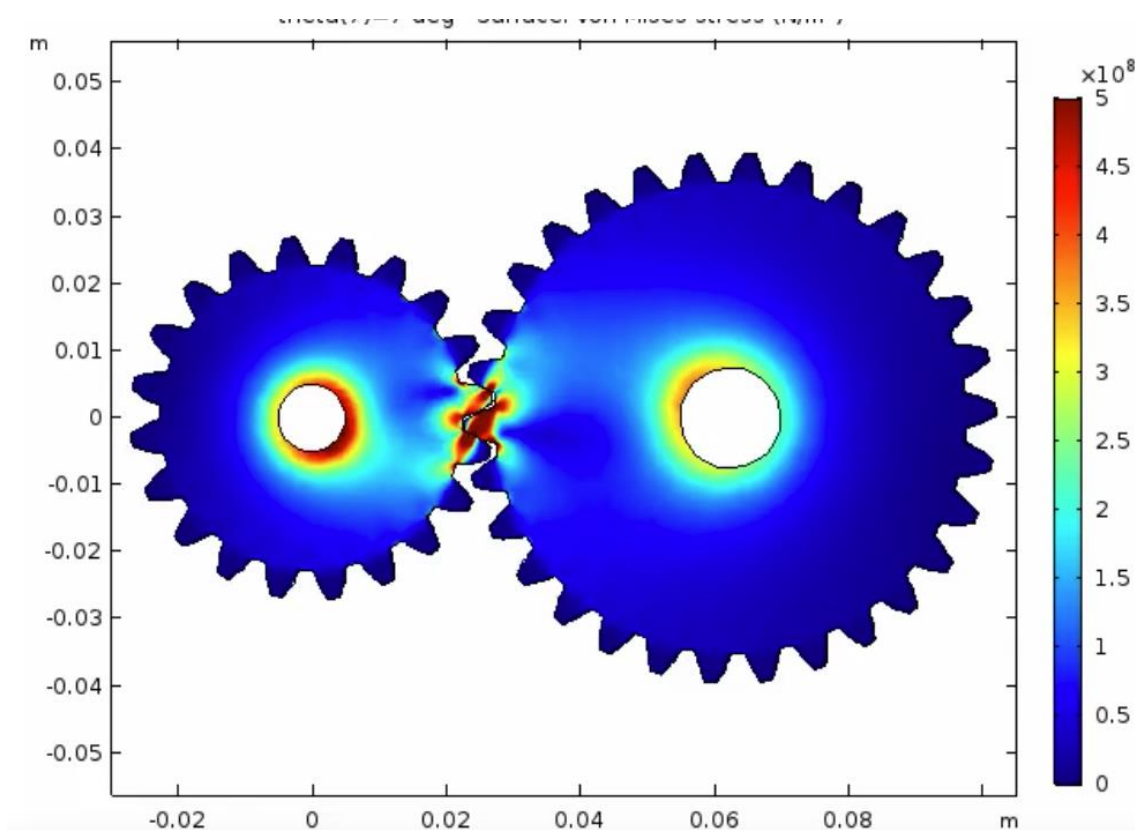
Το κιβώτιο ταχυτήτων δημιουργεί συχνά υψηλό ποσοστό θορύβου, αποτελώντας τον κύριο κρίκο στον κινητήρα και το σύστημα μετάδοσης της κίνησης. Εκτός από το γενικό θόρυβο που παράγεται, οι συχνότητες της μετάδοσης με γρανάζια είναι πολύ ενοχλητικές λόγω των διακριτών ήχων τους. Η πρωταρχική μείωση του θορύβου είναι επομένως απαραίτητη στο στάδιο του σχεδιασμού, στο στάδιο της προδιαγραφής του κιβωτίου ταχυτήτων και κατά τη διάρκεια της παραγωγής, σε συνδυασμό με τη διασφάλιση της ποιότητας.

Η κύρια πηγή θορύβου και κραδασμών είναι τα γρανάζια και τα ρουλεμάν. Πολλά έχουν γραφτεί για τις δονήσεις που διεγείρονται από τα ρουλεμάν. Ένα επιπλέον στοιχείο θορύβου είναι τα γρανάζια του συγκεκριμένου τύπου που μεταφέρουν τη γωνιακή ταχύτητα του μηχανισμού μετάδοσης της κίνησης στη γωνιακή ταχύτητα του κινούμενου γραναζιού, ακριβώς σύμφωνα με τη σχέση μετάδοσης και αυτή η σχέση μετάδοσης δεν είναι ευαίσθητη στην απόσταση των κέντρων των γραναζιών. Λόγω της τελικής συμμόρφωσης των δοντιών, η ακαμψία των δοντιών είναι πιο περίπλοκη από ό,τι φαίνεται. Η μετατροπή της γωνιακής ταχύτητας δεν είναι τόσο απλή για το φορτωμένο κιβώτιο ταχυτήτων, όσο για το γρανάζι χωρίς φορτίο και ως αποτέλεσμα προκύπτει ένα σφάλμα της μετάδοσης.

Ένα σύστημα μετάδοσης μπορεί να βρίσκεται σε διάφορους τρόπους λειτουργίας. Ένας από αυτούς τους τρόπους λειτουργίας είναι η κατάσταση όπου το κιβώτιο των ταχυτήτων δε μεταδίδει τη ροπή και τα δόντια κινούνται εντός του εύρους οπισθοδρόμησης τους. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας παράγει ένα «κουδούνισμα» του γραναζιού. Αυτός δεν είναι ο κύριος τρόπος λειτουργίας του κιβωτίου ταχυτήτων. Κάθε ζεύγος δοντιών πρώτα έρχεται σε επαφή σε ένα μόνο σημείο και στη συνέχεια γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο στην αξονική κατεύθυνση. Η εμπλοκή ενός γραναζιού μπορεί να προκαλέσει μια μικρή μηχανική κρούση η οποία διεγείρει τους δομικούς κραδασμούς καθώς αντιμετωπίζει ελαττώματα στην αυλάκωση των ρουλεμάν της κύλισης. Αυτοί οι κραδασμοί μεταδίδονται από τη δομή του κιβωτίου ταχυτήτων. Μπορεί να μετρηθεί η συχνότητα αυτών των κραδασμών ή παλμών, αλλά ο δομικός συντονισμός συνήθως δεν

αναγνωρίζεται. Υπάρχουν πολλές συχνότητες συντονισμού της δομής του κιβωτίου ταχυτήτων, αλλά δε σχετίζονται με ένα μεμονωμένο τμήμα του κιβωτίου ταχυτήτων, ή ένα γρανάζι. Ο μηχανικός κραδασμός δε συνοδεύεται από αποσβεσμένες ταλαντώσεις όπως στην περίπτωση των ελαττωμάτων στα ρουλεμάν της κύλισης.

Οι κραδασμοί των κιβωτίων ταχυτήτων μπορούν να εξηγήσουν επαρκώς ένα φαινόμενο που ονομάζεται παραμετρική διέγερση. Εάν τα μεμονωμένα δόντια εναλλάσσονται σε ένα πλέγμα (π.χ. μέσα σε ένα κιβώτιο ταχυτήτων), τότε η ακαμψία του οδοντικού πλέγματος αλλάζει ανάλογα με τον αριθμό των ζευγών των δοντιών στο πλέγμα. Επιπλέον, το σημείο επαφής των πλευρών των δοντιών κινείται στην ακτινική κατεύθυνση. Χωρίς αμφιβολία, μια βαθμιδωτή αλλαγή της ακαμψίας συμβαίνει όταν αλλάζει ο αριθμός των ζευγών των δοντιών στα πλέγματα. Ένα παράδειγμα που δείχνει την εξάρτηση της ακαμψίας από τη γωνία περιστροφής φαίνεται στην Εικόνα 3.1: Ακαμψία του πλέγματος γραναζιών σε ένα μοντέλο δυναμικής πολλαπλών σωμάτων.



Εικόνα 3.1: Ακαμψία του πλέγματος γραναζιών σε ένα μοντέλο δυναμικής πολλαπλών σωμάτων

Πηγή: www.comsol.com

Σε αυτή την εικόνα εισάγεται η αδιάστατη παράμετρος ea που ονομάζεται λόγος επαφής προφίλ. Αυτό δείχνει περίπου το μέσο αριθμό δοντιών στο πλέγμα κατά τη διάρκεια των κύκλων του πλέγματος.

Ο λόγος επαφής των δοντιών των γραναζιών μεταξύ 1 και 2 χαρακτηρίζεται ως χαμηλός λόγος επαφής (LCR) και ο λόγος επαφής των δοντιών των γραναζιών ίσος με 2 χαρακτηρίζεται ως υψηλός λόγος επαφής (HCR). Χωρίς υπολογισμό είναι προφανές ότι οι διακυμάνσεις της ακαμψίας του πλέγματος του γραναζιού είναι μικρότερες και επομένως προκαλούν μικρότερη παραμετρική διέγερση των κραδασμών του κιβωτίου ταχυτήτων. Υπάρχουν διάφορα ακαδημαϊκά μαθηματικά μοντέλα που περιγράφουν τη δυναμική συμπεριφορά του γραναζιού γενικότερα.

Η επαφή των εμπλεκόμενων δοντιών δεν είναι ένα σημείο αλλά μια ευθεία γραμμή. Η κατανομή των δυνάμεων κατά μήκος αυτής της γραμμής μπορεί να είναι ανομοιόμορφη. Η γραμμική επιτάχυνση μετριέται με ένα επιταχυνσιόμετρο, το οποίο τοποθετείται στο ρουλεμάν του άξονα όπου είναι τοποθετημένο το γρανάζι και είναι προσανατολισμένο σε κάθετη κατεύθυνση ως προς τον άξονα. Η γωνιακή επιτάχυνση μετράται με έναν αυξητικό περιστροφικό κωδικοποιητή (IRC).

3.1.1 Φάσμα συχνοτήτων κιβωτίου ταχυτήτων

Εξ' ορισμού, τα γρανάζια διαθέτουν δόντια στην περίμετρό τους, τα οποία χρησιμεύουν για τη μετάδοση της ροπής σε άλλο γρανάζι. Τα δόντια εξασφαλίζουν περιστροφή χωρίς ολίσθηση. Πρώτον, υποτίθεται ότι οι άξονες των γραναζιών δεν κινούνται. Όπως αναφέρθηκε ήδη, υπάρχουν πολλοί τύποι γραναζιών που παρατίθενται ανάλογα με τη σχετική θέση των αξόνων και το σχήμα των δοντιών.

Τα κιβώτια ταχυτήτων είναι μηχανές που λειτουργούν με κυκλικό τρόπο που έχει ως αποτέλεσμα το γεγονός ότι ο θόρυβος που παράγεται να είναι τονικός. Αυτό σημαίνει ότι το φάσμα των συχνοτήτων του θορύβου αποτελείται από ημιτονοειδείς συνιστώσες σε διακριτές συχνότητες με χαμηλού επιπέδου τυχαίο θόρυβο του περιβάλλοντος. Επειδή ο εκπεμπόμενος θόρυβος προέρχεται από τη δόνηση του κιβωτίου ταχυτήτων, το φάσμα της συχνότητας της δόνησης έχει την ίδια σύνθεση με το φάσμα του θορύβου. Η βασική συχνότητα των περιστρεφόμενων μηχανών είναι η ταχύτητα περιστροφής f_0 που δίνεται από τον αριθμό των στροφών ανά δευτερόλεπτο, με άλλα λόγια, σε Hz. Μια άλλη

μέτρηση για την ταχύτητα της μηχανής είναι ο αριθμός των στροφών ανά λεπτό, ο οποίος συμβολίζεται με τη συντομογραφία RPM. Η συχνότητα της πρόσκρουσης των δοντιών, ή της ταλάντωσης της ακαμψίας της επαφής με τα δόντια υπολογίζεται ως γινόμενο της ταχύτητας περιστροφής του γραναζιού σε Hz και ο αριθμός των δοντιών n αναφέρεται ως η θεμελιώδης συχνότητα, συχνότητα εμπλοκής με γρανάζια f_{GMF} .

Ένα ζεύγος γραναζιών σε πλέγμα σχηματίζει ένα απλό σύστημα ταχυτήτων που χαρακτηρίζεται από μία μόνο συχνότητα. Το ζεύγος των γραναζιών σε πλέγμα μπορεί να επεκταθεί προαιρετικά από ένα ρελαντί γρανάζι, το οποίο είναι ένα ενδιάμεσο γρανάζι που εισάγεται μεταξύ των δύο γραναζιών ενώ ενώνεται με αυτά χωριστά. Το ενδιάμεσο γρανάζι δεν επηρεάζει τη συχνότητα.

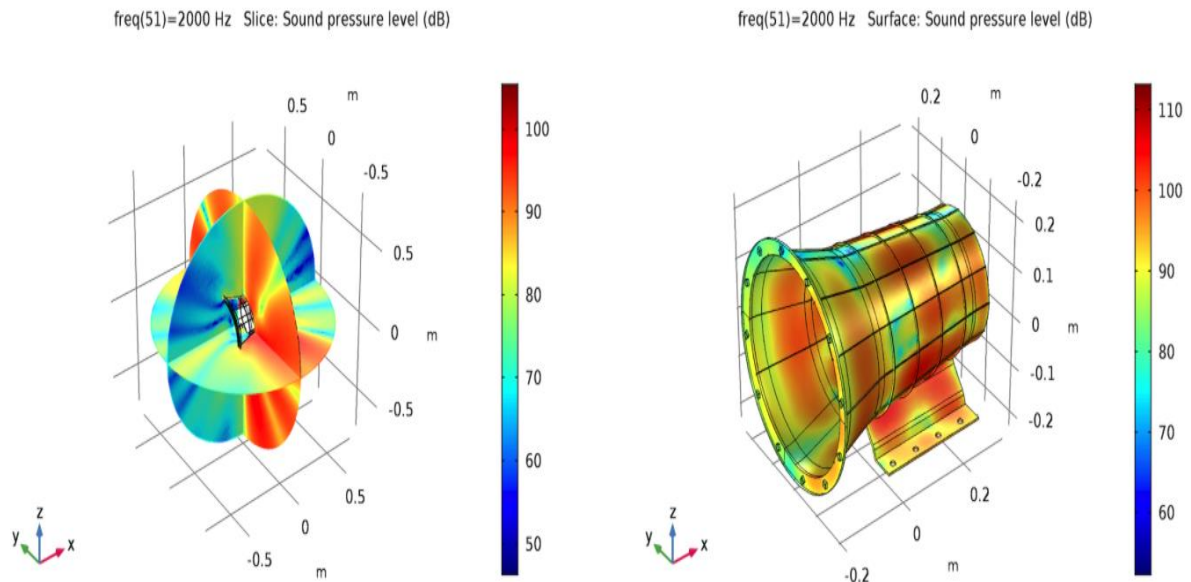
Οι χαμηλές αρμονικές της ταχύτητας του άξονα προέρχονται από ανισορροπία, κακές ευθυγραμμίσεις, λυγισμένο άξονα και έχουν ως αποτέλεσμα κραδασμούς χαμηλής συχνότητας, επομένως, χωρίς επίδραση στο επίπεδο θορύβου του κιβωτίου ταχυτήτων λόγω της στάθμισης της συχνότητας του τύπου A. Συγκεκριμένα, αφορά εξοπλισμό που συνδέεται με το κιβώτιο ταχυτήτων μέσω του συμπλέκτη, όπως ο κινητήρας, ή ο εξοπλισμός που κινείται μέσω του κιβωτίου ταχυτήτων. Εάν η συνιστώσα της ταχύτητας περιστροφής κυριαρχεί στο φάσμα συχνοτήτων των κραδασμών, τότε αντιμετωπίζεται το πρόβλημα της ανισορροπίας των περιστρεφόμενων μαζών. Μια ομάδα χαμηλών αρμονικών της συχνότητας περιστροφής δείχνει μια παράλληλη και γωνιακή κακή ευθυγράμμιση δύο αξόνων, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους.

Η χρονική πορεία των δυναμικών δυνάμεων που δρουν μεταξύ των δοντιών του γραναζιού δεν είναι ημιτονοειδής συνάρτηση του χρόνου, αλλά ιδανικά μόνο μια περιοδική συνάρτηση. Για το λόγο αυτό, το φάσμα των συχνοτήτων του θορύβου και των κραδασμών που παράγονται από τα δικτυωτά γρανάζια περιέχει αρκετές αρμονικές της θεμελιώδους συχνότητας οδοντικής δικτύωσης που ακούγονται καθαρά, επειδή η συχνότητα και οι αρμονικές της εμπίπτουν στο εύρος της ανθρώπινης ακοής. Για τους σκοπούς της ανάλυσης είναι σύνηθες να επιλέγεται το εύρος συχνοτήτων μέτρησης που συλλαμβάνει έως και πέντε αρμονικές της θεμελιώδους συχνότητας του οδοντικού πλέγματος που σχετίζεται με μια σειρά γραναζιών.

Υπάρχουν αναλυτές σήματος τύπου CPB (Constant Percentage Band) που λαμβάνονται συχνά υπόψη κατά τη λήψη των μετρήσεων του φάσματος των συχνοτήτων του ήχου. Αυτά περιλαμβάνουν τις αρμονικές της θεμελιώδους συχνότητας και τις πλευρικές τους ζώνες λόγω των φαινομένων διαμόρφωσης.

Οι συνθήκες λειτουργίας μιας αμαξοστοιχίας με γρανάζια δεν είναι σταθερές. Η μεταδιδόμενη ροπή με γρανάζια και η ταχύτητα περιστροφής ποικίλλουν κατά την περιστροφή, γεγονός που προκαλεί διαμόρφωση των αρμονικών συνιστωσών

του φάσματος των συχνοτήτων. Η διαμόρφωση έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των εξαρτημάτων της πλευρικής ζώνης που σχετίζονται με τα λεγόμενα εξαρτήματα μεταφοράς ή κέντρου, στην περίπτωση με τις αρμονικές της συχνότητας.



Εικόνα 3.2: Το επίπεδο ηχητικής πίεσης στο κοντινό πεδίο σε dB (αριστερά) και στην επιφάνεια του κιβωτίου ταχυτήτων (δεξιά)

Πηγή: www.comsol.com

Η διακύμανση της μεταδιδόμενης ροπής κατά τη διάρκεια μιας πλήρους περιστροφής προκαλεί διαμόρφωση του πλάτους ενός ημιτονοειδούς σήματος θορύβου, ή δόνησης ενώ η μεταβολή της ταχύτητας της γωνιακής περιστροφής προκαλεί διαμόρφωση της φάσης. Η συχνότητα της επανάληψης του κύκλου του οδοντικού πλέγματος και η συχνότητα της περιστροφής διαφέρουν λιγότερο από τα σήματα μεταφοράς και διαμόρφωσης στη ραδιομετάδοση. Και στις δύο περιπτώσεις είναι δυνατή η μοντελοποίηση αυτών των φαινομένων με διαμόρφωση. Η διακύμανση της ροπής προκαλεί αναλογικές μεταβολές των δυναμικών δυνάμεων που δρουν μεταξύ των δοντιών στο πλέγμα και επομένως κραδασμούς στην επιφάνεια του περιβλήματος του κιβωτίου ταχυτήτων και ως εκ τούτου εκπέμπεται θόρυβος. Οι διαμορφώσεις πλάτους και φάσης δρουν ταυτόχρονα.

3.2 Απόδοση και βελτιστοποίηση της μετάδοσης της κίνησης

Η κατανάλωση της ενέργειας των οχημάτων προκύπτει από την ενέργεια που απαιτείται για τις οδικές αντιστάσεις, την ενέργεια λόγω απωλειών στα εξαρτήματα του συστήματος μετάδοσης κίνησης και την ενέργεια που απαιτείται από τις βοηθητικές συσκευές όπως κλιματισμός, συστήματα ελέγχου κ.λπ.

Οι αντιστάσεις της οδήγησης έχουν την υψηλότερη επίδραση στην πλήρη κατανάλωση της ενέργειας του οχήματος. Η ενέργεια που απαιτείται από τις βοηθητικές συσκευές είναι σχετικά μικρή, ωστόσο, στο πλαίσιο της ηλεκτροδότησης του συστήματος ισχύος. Ακόμη και μικρές βελτιώσεις έχουν επομένως μεγάλη σημασία και έχουν θετική επίδραση στην αυτονομία του οχήματος. Οι αυξανόμενοι περιορισμοί στην κατανάλωση του καυσίμου και στις εκπομπές CO_2 , αλλά και η αυξανόμενη ηλεκτροδότηση του συστήματος μετάδοσης της κίνησης απαιτούν σημαντική αύξηση της απόδοσης των εξαρτημάτων του συστήματος μετάδοσης της κίνησης.

Σε ένα όχημα που κινείται με κινητήρα εσωτερικής καύσης, το μεγαλύτερο μέρος της απώλειας προέρχεται από τη μετατροπή της χημικής ενέργειας του καυσίμου σε μηχανική ενέργεια μέσα στον κινητήρα εσωτερικής καύσης. Μπορεί να υποθεθεί, για παράδειγμα, ότι μόνο το 23 % της αρχικής ενέργειας που βρίσκεται στα καύσιμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί μετά από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης.

Το κιβώτιο ταχυτήτων ως μετατροπέας στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης, προκαλεί απώλειες ισχύος, οι οποίες πρέπει να ελαχιστοποιηθούν. Αυτές οι απώλειες ισχύος επηρεάζονται από το σημείο της φόρτωσης (ταχύτητα, ροπή, εμπλοκή της ταχύτητας και θερμοκρασία). Για παράδειγμα σε ένα σύστημα η απόδοση της μετάδοσης μπορεί να ισούται με 85 %. Η απόδοση του συστήματος μετάδοσης της κίνησης σε αυτό το παράδειγμα είναι μόνο 20 % για το όχημα που κινείται με εσωτερική καύση. Από την άλλη σε περίπτωση που το όχημα είναι ηλεκτροκίνητο, λόγω της υψηλότερης απόδοσης της ηλεκτρονικής μηχανής (80%), η απόδοση του συστήματος μετάδοσης της κίνησης είναι 70%.

Τα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων έχουν μια βασική θέση από αυτή την άποψη. Η στρατηγική της αλλαγής των ταχυτήτων καθορίζει το σημείο λειτουργίας του κινητήρα και επομένως τη συνολική απόδοση του συστήματος μετάδοσης της κίνησης από τη μία πλευρά. Από την άλλη πλευρά όμως προκαλούν απώλεια ισχύος ως μετατροπείς στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης.

Το μοντέλο της μετάδοσης αποτελείται από δύο μοντέλα προσομοίωσης. Το πρώτο μοντέλο είναι υπεύθυνο για τον υπολογισμό των απωλειών της μετάδοσης

και παρέχει την απόδοση και την κατανάλωση της ενέργειας κάθε στοιχείου της μετάδοσης για το επιθυμητό σημείο φορτίου. Επιπλέον, αυτή η απώλεια της ενέργειας χρησιμοποιείται ως είσοδος για την αξιολόγηση της θερμικής διαχείρισης στο μοντέλο θερμικής μετάδοσης.

Η απώλεια της ισχύος των κιβωτίων ταχυτήτων προκαλείται από τα ρουλεμάν, τα γρανάζια, τις στεγανοποιήσεις, τις συσκευές συγχρονισμού, τους συμπλέκτες και την υδραυλική απώλεια, ανεξάρτητα από το φορτίο. Η συνολική απόδοση καθώς και οι απώλειες των επιμέρους εξαρτημάτων του κιβωτίου ταχυτήτων, ανάλογα με την ταχύτητα εισόδου και τη ροπή του κιβωτίου ταχυτήτων, την εμπλεκόμενη ταχύτητα και τη θερμοκρασία του λαδιού του κιβωτίου ταχυτήτων υπολογίζονται με ένα μοντέλο.

Υπάρχουν αρκετές σχετικές μεταβλητές, όπως οι γεωμετρικές τιμές (π.χ. κύκλοι βήματος), χαρακτηριστικά σχετικά με το σχεδιασμό των εξαρτημάτων (π.χ. επιφάνειες γραναζιών) καθώς και οι ιδιότητες του λαδιού μετάδοσης (π.χ. δυναμικό ιξώδες) του κιβωτίου ταχυτήτων και των στοιχείων του αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων. Όλες οι απαραίτητες ταχύτητες και ροπές κατανέμονται από ένα κινηματικό μοντέλο. Το μοντέλο της απώλειας της μετάδοσης καθορίζει τη διασπορά της ενέργειας κάθε στοιχείου μετάδοσης από φυσικές συνδέσεις και εμπειρικές παραδοχές.

Ένα μοντέλο θερμικής συν-προσομοίωσης περιλαμβάνει τα μοντέλα τριβής του κινητήρα και της μετάδοσης καθώς και τους κύκλους ψύξης. Ο κύκλος ψύξης του κινητήρα χωρίζεται σε κύκλο νερού, ο οποίος ανταλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον, τη θερμική μάζα του κινητήρα και τον κύκλο λαδιού. Ο κύκλος λαδιού του κινητήρα ανταλλάσσει θερμότητα με τον κύκλο νερού, τη θερμική μάζα του κινητήρα και τον κύκλο λαδιού του κιβωτίου ταχυτήτων μέσω του εναλλάκτη θερμότητας λαδιού και κιβωτίου ταχυτήτων. Η ροή της θερμότητας που παράγεται από την καύση και την τριβή μοντελοποιείται ως εισροή της θερμότητας στη θερμική μάζα του κινητήρα. Η θερμότητα μεταφέρεται μεταξύ της θερμικής μάζας του κινητήρα και του κιβωτίου των ταχυτήτων. Το σύστημα ψύξης του κινητήρα απλοποιείται στον κύκλο του νερού, για να μοντελοποιήσει τη ροή της θερμότητας από τη μάζα του μπλοκ του κινητήρα στο σύστημα ψύξης το οποίο στη συνέχεια εισέρχεται σε διαφορετικούς εναλλάκτες θερμότητας.

Το εφαρμοσμένο μοντέλο της θερμικής μετάδοσης είναι πιο περίπλοκο. Αφορά πολλές θερμικές μάζες (μετάδοση στο εσωτερικό των εξαρτημάτων όπως γρανάζια και άξονες, θήκη, στοιχεία αλλαγής των ταχυτήτων και αντλία). Οι θερμοκρασίες του λαδιού υπολογίζονται στο κάρτερ, την εισροή και την εκροή προς τα στοιχεία της μετατόπισης και την αντλία και τον εναλλάκτη της θερμότητας. Ένας επιπλέον κύκλος για τη χρήση της ενέργειας από άλλες πηγές θερμότητας (για παράδειγμα καυσάερια) μπορεί να ενεργοποιηθεί και να

απενεργοποιηθεί. Μια βαλβίδα αλλάζει τη ροή του νερού μεταξύ του εναλλάκτη της θερμότητας των καυσαερίων (για θέρμανση) και του ψυγείου.

Υπάρχουν ροές θερμότητας μεταξύ θερμικών μαζών γενικότερα και μεταξύ θερμικών μαζών και λαδιού, καθώς και μεταξύ του κιβωτίου ταχυτήτων και της μάζας του κινητήρα και του εξωτερικού αέρα. Οι πηγές θερμότητας είναι οι απώλειες της τριβής στα φέροντα στοιχεία του κιβωτίου ταχυτήτων, της αντλίας και η τριβή στα στοιχεία της αλλαγής των ταχυτήτων κ.λπ.

3.3 Σχεδιασμός, ανάπτυξη και βιομηχανοποίηση νέων τύπων αυτόματου κιβωτίου ταχυτήτων

Την τελευταία δεκαετία, οι ενεργειακοί πόροι και τα περιβαλλοντικά ζητήματα όπως οι εκπομπές των αυτοκινήτων έχουν γίνει ολοένα και πιο σημαντικά για την αυτοκινητοβιομηχανία και ακόμη και για την οικονομία του κόσμου. Ο κανονισμός των εκπομπών και η ενεργειακή πολιτική από τις κυβερνήσεις σε διάφορες χώρες ανάγκασαν τις αυτοκινητοβιομηχανίες να παράγουν οχήματα με ανώτερη απόδοση καυσίμου και καθαρότερα καυσαέρια βελτιώνοντας παράλληλα βασικά χαρακτηριστικά της απόδοσης όπως ο χρόνος επιτάχυνσης και το NVH (θόρυβος, κραδασμοί και σκληρότητα). Ως λύση για την κάλυψη αυτών των απαιτήσεων, η Shengrui σχεδίασε και ανέπτυξε το νέο SR 8AT με τη νέα τεχνολογία για τη χρήση SUV και σεντάν στην Κίνα.

Η Shengrui έχει αναπτύξει τα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων όχι μόνο για να προσαρμόζονται στις ροπές του κινητήρα, αλλά και να προσελκύνουν περισσότερους πελάτες και να έχουν καλύτερη οικονομία καυσίμου επεκτείνοντας τη σειρά προϊόντων από το SR 8AT 300 nm σε υβριδικό SR 8AT 300 nm, SR 8AT 400 nm και μέχρι και SR 8AT 200 nm. Αυτά τα κιβώτια ταχυτήτων είναι σε θέση να χειρίζονται τη ροπή μεταξύ 100 και 400 nm και να προσφέρουν μεγαλύτερη ικανοποίηση όσον αφορά την αντιστοίχιση του συστήματος της μετάδοσης κίνησης και την απόδοση του οχήματος.

Το SR 8AT υιοθετεί ένα συμπαγές και αποδοτικό σύστημα ταχυτήτων που σχεδιάστηκε από τον Peter Tenberge και απονεμήθηκε στη Shengrui ως εξαιρετική κατοχυρωμένη εφεύρεση από το Κινεζικό Κρατικό Γραφείο Πνευματικής Ιδιοκτησίας και τον Παγκόσμιο Οργανισμό Πνευματικής Ιδιοκτησίας το 2011. Η δομή του κιβωτίου με γρανάζια αποτελείται από 5 στοιχεία αλλαγής ταχυτήτων, 3 σετ ταχυτήτων και 3 σετ απλών πλανητικών γραναζιών για 8 ταχύτητες προς τα εμπρός και 1 ταχύτητα όπισθεν. Συνδυάζοντας το κιβώτιο ταχυτήτων με τα ακριβή χειριστήρια του συμπλέκτη με το συμπλέκτη

και τους δίσκους τριβής χαμηλότερης αντίστασης, το SR 8AT επιτυγχάνει εξαιρετική οικονομία καυσίμου μεταξύ των αυτόματων κιβωτίων ταχυτήτων. Η οικονομία του καυσίμου του οχήματος που είναι εξοπλισμένο με SR 8AT είναι βελτιωμένη κατά 6 % ή και περισσότερο σε σύγκριση με τα συμβατικά κιβώτια ταχυτήτων 4 και 6 ταχυτήτων.

Η διάταξη του κιβωτίου ταχυτήτων τόσο με σετ ταχυτήτων όσο και με απλά πλανητικά σετ ταχυτήτων επιτρέπει τη συμπαγή σχεδίαση του SR 8AT με μήκος 365 mm και το χαμηλότερο βάρος με 5 kg λιγότερο από το συγκρίσιμο κιβώτιο 6 σχέσεων.

Ο συμπλέκτης μονής κατεύθυνσης (OWC) δε χρησιμοποιείται στη σχεδίαση και το σετ ταχυτήτων στροφών λαμβάνει χώρα ως ο ρόλος του OWC μαζί με τον έλεγχο του συμπλέκτη σε συμπλέκτη. Τα γρανάζια διαφορικού και το σετ του πρωτεύοντος γραναζιού μείωσης της ταχύτητας συσκευάζονται καλά με την κατάλληλη αναλογία του διαφορικού στη συνολική σχεδίαση.

Η αντλία λαδιού του κιβωτίου ταχυτήτων συνδέεται απευθείας στον κινητήρα. Η ισχύς του κινητήρα κατευθύνεται μέσω ενός μετατροπέα ροπής στην είσοδο του κιβωτίου των ταχυτήτων. Το σώμα της βαλβίδας και τα χειριστήρια συσκευάζονται στο κάρτερ του κιβωτίου των ταχυτήτων. Το SR 8AT προσφέρει μια ευρεία γκάμα χαρακτηριστικών. Γενικότερα υπάρχει διαθεσιμότητα με κίνηση σε όλους τους τροχούς, διαθεσιμότητα TCC 1η-8η ταχύτητα, παράλειψη της αλλαγής των ταχυτήτων, κλείδωμα της όπισθεν, προστασία κατά της κατάχρησης του κιβωτίου ταχυτήτων, στρατηγική διπλής ταχύτητας, έλεγχος αλλαγής των ταχυτήτων, μονάδα ηλεκτροϋδραυλικού ελέγχου, χειμερινή λειτουργία, χειροκίνητη λειτουργία, ρύθμιση σε επιδόσεις, αλγόριθμος επιδόσεων, αυτόματο φρενάρισμα κ.λπ.

Η διάταξη της σχέσης μετάδοσης είναι βελτιστοποιημένη ώστε να ταιριάζει με τα χαρακτηριστικά του οχήματος και του κινητήρα. Συμβάλλει σε μια θεαματική πρόοδο στην απόδοση της επιτάχυνσης. Το SR 8AT χρησιμοποίησε τον πλήρως ανεπτυγμένο σχεδιασμό της γραμμικής ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας και συμπλέκτη χαμηλής τριβής που παρέχει ακριβή και γρήγορη απόκριση στον ηλεκτροϋδραυλικό έλεγχο της πίεσης, διατηρώντας παράλληλα καλή αίσθηση της αλλαγής των ταχυτήτων.

Τα απλά χαρακτηριστικά επιτυγχάνονται τόσο στην όπισθεν όσο και στην 5η ταχύτητα κίνησης. Συνολικά υπάρχουν 5 στοιχεία αλλαγής των ταχυτήτων που περιλαμβάνουν 1 φρένο και 4 συμπλέκτες και χρησιμοποιούνται για την επίτευξη της λειτουργίας 8 ταχυτήτων εμπρός και 1 ταχύτητας όπισθεν. Η δομή του γραναζιού SR 8AT είναι μια μοναδική διάταξη με τέσσερις βαθμούς ελευθερίας. Χρησιμοποιούνται επίσης τρία στοιχεία αλλαγής ταχυτήτων για την εκπλήρωση της εμπλοκής κάθε ταχύτητας.

Η μετατόπιση 1 και 2 βημάτων και η μετατόπιση πολλαπλών βημάτων, αποτελούν όλα «απλή μετατόπιση». Όλες οι μετατοπίσεις εκτελούνται με απλές αλλαγές αναλογίας μετάβασης. Επιτυγχάνεται με την απεμπλοκή του συμπλέκτη ανόδου (τρέχουσα ταχύτητα) και την εμπλοκή του εισερχόμενου συμπλέκτη (γρανάζι στόχου). Οι επιλεγμένες σχέσεις μετάδοσης παρέχουν μικρά μεγέθη βημάτων μεταξύ 3ης, 4, 5, 6, 7ης και 8ης ταχύτητας που επιτρέπουν βέλτιστες σχέσεις για τις περισσότερες συνθήκες λειτουργίας του οχήματος. Τα μεγάλα μεγέθη των βημάτων μεταξύ 1ης και 2ης ταχύτητας επιτρέπουν μια μεγάλη συνολική αναλογία 7.076, η οποία με τη σειρά της προσφέρει υψηλό πολλαπλασιασμό της ροπής κατά την εκκίνηση του οχήματος για βελτιωμένη απόδοση, ενώ ταυτόχρονα προσφέρει υψηλή οικονομία καυσίμου. Ειδικά η αλλαγή της ταχύτητας από τις υψηλότερες ταχύτητες στις χαμηλότερες ταχύτητες για τη συχνότερη στάση στην κίνηση της πόλης είναι ένα πραγματικά πλεονέκτημα για την περαιτέρω βελτίωση της οικονομίας του καυσίμου.

Το περίβλημα έχει σχεδιαστεί χρησιμοποιώντας πλήρως ένα τρισδιάστατο μοντέλο. Ο κύριος στόχος σε αυτή τη διαδικασία σχεδιασμού είναι η βελτίωση της κακής ποιότητας, όπως το πορώδες της χύτευσης.

Το σχήμα έχει σχεδιαστεί με σκοπό να ελαχιστοποιείται η κακή ποιότητα, χρησιμοποιώντας εξ αρχής την προσομοίωση υπολογιστή. Αυτή η δραστηριότητα συμβάλλει στη μείωση του αριθμού των πρωτοτύπων που χρειάζονται. Ένας άλλος στόχος είναι η εξασφάλιση της καλύτερης απόδοσης σε NVH και δύναμης με την επεξεργασία μιας προσομοίωσης υπολογιστή. Επίσης Οι νευρώσεις του περιβλήματος έχουν σχεδιαστεί για να έχουν τη βέλτιστη ακαμψία.

Όσον αφορά τον έλεγχο χρησιμοποιείται ατομικός υδραυλικός έλεγχος με βαλβίδα για να επιτευχθεί η γρήγορη, αξιόπιστη και ομαλή αλλαγή των ταχυτήτων. Η εστίαση στην ακριβή σχεδίαση του υδραυλικού συστήματος και στο σύστημα της ροπής του κινητήρα, στη λογική της αλλαγής ταχυτήτων προς τα κάτω και στη λογική των πολλαπλών ταχυτήτων γίνεται τόσο σε υλικό όσο και σε λογισμικό για την καλύτερη ποιότητα.

3.4 Προσομοίωση της απόδοσης και βελτιστοποίηση των αυτόματων κιβωτίων ταχυτήτων

Η τεχνολογία προσομοίωσης με CAE είναι η οργανική ενοποίηση της τεχνολογίας πεπερασμένων στοιχείων και του εικονικού πρωτοτύπου της τεχνολογίας της δυναμικής. Οι συναρτήσεις της ανάλυσης προσομοίωσης CAE αφορούν κυρίως τις ακόλουθες πτυχές:

- Πραγματοποίηση της ανάλυσης της δομής από γραμμικό και στατικό υπολογισμό σε μη γραμμικό και δυναμικό υπολογισμό.
- Πρόβλεψη και αξιολόγηση για την ασφάλεια της δομής, την αξιοπιστία, τη διάρκεια ζωής.
- Επίτευξη της τιμής και του κανόνα αλλαγής για την ταχύτητα, την επιτάχυνση, τη δύναμη και την τροχιά του μηχανισμού ή της μηχανής.

Για τα σημαντικά εξαρτήματα για το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, αναπτύσσονται διάφορα μοντέλα υπολογιστών σε χρήση διαφορετικών εργαλείων ανάλυσης CAE με βάση την πλήρη μελέτη για τη θεωρία μετάδοσης, η οποία προωθεί σε μεγάλο βαθμό την ανάπτυξη για έρευνα μετάδοσης με βάση την τεχνολογία του εικονικού πρωτοτύπου. Ειδικά στην έρευνα ανάπτυξης των συστημάτων αυτόματου κιβωτίου ταχυτήτων, χρειάζεται πιο προηγμένη υποστήριξη της τεχνολογίας των δοκιμών και προσομοίωσης. Η ανάλυση των δοκιμών και της προσομοίωσης είναι ο βασικός κρίκος στη διαδικασία της ανάπτυξης του προϊόντος. Μέσω της αποτελεσματικής και ακριβούς έρευνας προσομοίωσης μέσω της μοντελοποίησης και της ανάλυσης του συστήματος, συντομεύεται ο κύκλος της ανάπτυξης και μειώνεται το κόστος ανάπτυξης.

Πολλοί μελετητές έχουν πραγματοποιήσει την ανάλυση της προσομοίωσης στο αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων χρησιμοποιώντας διαφορετικά εργαλεία και μεθόδους μοντελοποίησης. Το εργαλείο Matlab/Simulink είναι γνωστό ευρέως για τη δημιουργία μαθηματικών μοντέλων για τα αυτόματα συστήματα συμπλέκτη βασισμένα στον οδηγό του ηλεκτρικού κινητήρα συνεχούς ρεύματος και τον έλεγχο σε πραγματικό χρόνο του αυτόματου συμπλέκτη (σε κάποιες από τις προσπάθειες μέσω βελτιωμένου ελεγκτή «fuzzy sliding mode» και προσαρμοζόμενων άλλων ελεγκτών). Επίσης έχει χρησιμοποιηθεί η βιβλιοθήκη

μοντέλων συστήματος μετάδοσης ισχύος AMESim για τη δημιουργία των μοντέλων AT, AMT και DCT (Μετάδοση κίνησης διπλού συμπλέκτη) και υπάρχουν έρευνες για την οικονομία καυσίμου σε διάφορες δομές του συστήματος μετάδοσης. Η SimulationX βοηθά στις προσομοιώσεις για συστήματα ελέγχου του συμπλέκτη AMT. Επιπλέον, η εταιρεία Ηνωμένων Πολιτειών Meritor Automotive ταξινόμησε τα μοντέλα ανάλυσης προσομοίωσης για το σύστημα μετάδοσης και μελέτησε έξι υπολογιστικά μοντέλα πρόβλεψης της απόδοσης του συστήματος μετάδοσης της ισχύος (γρανάζι-άξονας που φέρει το δυναμικό μοντέλο, μοντέλο πρόβλεψης απόδοσης οχήματος, μέρη μετάδοσης, μοντέλο δόνησης, μοντέλο κόπωσης των εξαρτημάτων, μοντέλο ολοκλήρωσης της ανάρτησης του κιβωτίου ταχυτήτων, δυναμικό μοντέλο πλέγματος γραναζιών) σε χρήση διαφορετικών τύπων εργαλείων και μεθόδων μοντελοποίησης (ADAMS, ANSYS, MATLAB, γλώσσα C/Fortran). Προς το παρόν, εταιρείες όπως η Geely Automobile, η FAW, η Shandong η Shengrui, η Hunan Rongda και τα πανεπιστήμια επιστημονικής έρευνας έχουν πραγματοποιήσει αρκετές μελέτες για το αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων.

Μπορεί να ληφθεί για παράδειγμα ένα κιβώτιο ταχυτήτων διπλού συμπλέκτη (DCT). Αυτό, βασίζεται στο χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων και είναι διαφορετικό από το παραδοσιακό αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων, ενώ ενσωματώνει τα πλεονεκτήματά του. Εκτός από την υψηλή απόδοση του χειροκίνητου κιβωτίου ταχυτήτων και την άνεση του αυτόματου κιβωτίου ταχυτήτων, εξακολουθεί να παρέχει αδιάκοπη ισχύ και έχει βελτιώσει σημαντικά την κατανάλωση του καυσίμου. Για να διασφαλιστεί ότι το DCT μπορεί να επιτύχει το επιθυμητό αποτέλεσμα στα στάδια της ανάπτυξης, έχει πραγματοποιηθεί ένας μεγάλος αριθμός αναλύσεων προσομοίωσης και έχουν επιτευχθεί καλά αποτελέσματα στο στάδιο του εικονικού πρωτοτύπου σε αρκετές έρευνες.

Στη λίπανση για κάθε αλλαγή ταχυτήτων στο DCT το κύριο συστατικό είναι η διολισθητική ράγα λαδιού (Εικόνα 3.3: Διολισθητική ράγα λαδιού για την αλλαγή των ταχυτήτων). Στο στάδιο του εικονικού πρωτοτύπου, η έρευνα για την ανάλυση της λειτουργίας της αλλαγής των ταχυτήτων σε συνδυασμό με τη λίπανση υιοθέτησε κυρίως τη μέθοδο του πολυφασικού μεταβατικού υπολογισμού, γενικά τον αλγόριθμο PISO.



Εικόνα 3.3: Διολισθητική ράγα λαδιού για την αλλαγή των ταχυτήτων

Πηγή: www.4-wheel-parts.de

Το σφάλμα της μετάδοσης του γραναζιού αποτελεί πηγή διέγερσης του θορύβου στο κιβώτιο ταχυτήτων. Ο έλεγχος της ακριβούς λειτουργίας του κιβωτίου ταχυτήτων και η βελτιστοποίησή του, καθώς και η μείωση της διακύμανσης του φορτίου μεταξύ των γραναζιών, είναι ευεργετικά για τη μείωση της διέγερσης της συχνότητας των γραναζιών και της χαμηλής συχνότητας ισχύος με στόχο το λιγότερο θόρυβο. Η δομή των συστημάτων της μετάδοσης της κίνησης παίζει σημαντικό ρόλο στον τρόπο εξάπλωσης του θορύβου μέσω των δονήσεων. Μέσω της μεθόδου προσομοίωσης, μπορούν να πραγματοποιηθούν αναλύσεις με σκοπό τη βελτιστοποίηση της δομής για μειωμένες δονήσεις και θορύβους.

Μια πλήρης προσομοίωση του σφάλματος μετάδοσης έχει περιγραφή σε μελέτες μέσω του λογισμικού MASTA (λαμβάνοντας υπόψη το σφάλμα συναρμολόγησης του γραναζιού, η ευελιξία του άξονα μετάδοσης και του κελύφους μετάδοσης στην προσομοίωση και βελτιστοποιώντας το σχεδιασμό των παραμέτρων με σκοπό την ελαχιστοποίηση της στατικής μετάδοσης λάθους).

Για την κατανόηση της επίδρασης στο θόρυβο της μετάδοσης για τη δομή, έχουν χρησιμοποιηθεί άλλα λογισμικά προσομοίωσης όπως τα HYPERWORKS, ANSYS και VIRTUALLAB (για την ανάλυση των δυναμικών χαρακτηριστικών της δομής της μετάδοσης και της προσομοίωσης του θορύβου της μετάδοσης).

3.5 Τεχνολογία CVT κιβωτίων ταχυτήτων

Η τεχνολογία CVT μπορεί να επιτύχει μια χαμηλή κατανάλωση καυσίμου, η οποία είναι χαμηλότερη από αυτή του χειροκίνητου κιβωτίου ταχυτήτων. Οι δύο πιο σημαντικοί παράγοντες είναι η μεταβλητότητα και η αποτελεσματικότητα. Η αποτελεσματικότητα αναδεικνύει την ποσότητα της εσωτερικής απώλειας. Μπορεί να χωριστεί σε 3 μέρη: απώλεια τριβής, απώλεια υδραυλικού συστήματος και απώλεια εξαρτημάτων μετάδοσης. Η μεταβλητότητα σημαίνει τη δυνατότητα αύξησης της απόδοσης του κινητήρα με τη βελτιστοποίηση των σχέσεων. Έτσι, για τα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων με κλιμακωτές σχέσεις μόλις καθοριστεί ο αριθμός των σχέσεων, σταθεροποιούνται και οι δυνατότητες βελτιστοποίησης των χειριστηρίων των σχέσεων. Οι μόνες διαφορές στην κατανάλωση του καυσίμου είναι οι διαφορές της εσωτερικής απώλειας. Στη μετάδοση με γρανάζια, μπορεί να επιτευχθεί μεγάλο εύρος σχέσεων με την επέκταση των σχέσεων πρώτης και τελευταίας ταχύτητας. Επεκτείνοντας το εύρος των σχέσεων, είναι δυνατό να παρέχεται μια σωστή αναλογία για την απόδοση του κινητήρα. Ωστόσο, όταν το εύρος της σχέσης επεκτείνεται, χρειάζεται περισσότερες ταχύτητες για να μειώσει το κενό μεταξύ των ταχυτήτων, να βελτιώσει την ικανότητα οδήγησης, την οικονομία καυσίμου και να κάνει ομαλή την αλλαγή των ταχυτήτων. Με αυτόν τον τρόπο, θα αυξηθεί το μέγεθος και η πολυπλοκότητα μιας μετάδοσης.

Για το κιβώτιο ταχυτήτων-CVT, υπάρχουν θεωρητικά άπειρες σχέσεις (μεταξύ LOW και OverDrive), επομένως η ικανότητα βελτιστοποίησης της απόδοσης του κινητήρα είναι η καλύτερη. Αλλά λόγω της μεγάλης απώλειας των εσωτερικών μερών όπως η τριβή και το υδραυλικό σύστημα, το πλεονέκτημα των άπειρων αναλογιών αποσύρεται. Επί του παρόντος, το μέσο επίπεδο κατανάλωσης καυσίμου του CVT τελευταίας τεχνολογίας είναι μικρότερο από αυτό του MT. Εν τω μεταξύ, αυτή η υψηλή εσωτερική απώλεια προσφέρει επίσης την ευκαιρία βελτίωσης της συμπεριφοράς του CVT, αφού γενικότερα εάν η εσωτερική απώλεια μπορεί να αντιμετωπιστεί σωστά, το CVT έχει τη μεγαλύτερη δυνατότητα βελτίωσης της απόδοσης του καυσίμου.

Στο CVT, η ροπή μεταφέρεται με τροχαλία ιμάντα (το λεγόμενο μεταβλητό). Η πυκνότητα ισχύος του μεταβλητού περιορίζεται από τις δυνάμεις εφελκυσμού του δακτυλίου στον ιμάντα: στα υπερσύγχρονα CVT, η επιφάνεια επαφής μεταξύ του ιμάντα και της τροχαλίας είναι ευθεία επιφάνεια με γωνία. Για να μεταφερθεί μια ορισμένη ροπή, ο ιμάντας πρέπει να συσφίγγεται με τροχαλίες και στις δύο πλευρές για να παρέχει την ελάχιστη κανονική δύναμη, από την οποία προκύπτει μια ακτινική ανυψωτική δύναμη. Για να διατηρείται ο ιμάντας σε σταθερή αναλογία (χωρίς κινήσεις στην ακτινική κατεύθυνση), αυτή η ακτινική δύναμη πρέπει να είναι ισορροπημένη. Στο σύστημα ιμάντα ώθησης, η δύναμη

ισορροπίας παρέχεται από πολύ μεγάλες δυνάμεις εφελκυσμού στο σύνολο των δακτυλίων (η δύναμη εφελκυσμού του δακτυλίου είναι η μεγαλύτερη δύναμη στο σύστημα ιμάντα, η πυκνότητα ισχύος μπορεί να μετρηθεί ως αυτή η δύναμη). Εάν η γωνία αλλάξει σε μικρότερη γωνία, η δύναμη σύσφιξης, η οποία απαιτείται για τη μεταφορά της ίδιας ροπής, μπορεί επίσης να είναι μικρότερη. Έτσι θα μειώσει πολύ τη δύναμη εφελκυσμού του δακτυλίου. Έτσι η μεταδιδόμενη ροπή μπορεί να μεγεθύνεται μειώνοντας τη γωνία. Έτσι, είναι δυνατό να σχεδιαστεί ένα πιο συμπαγές σύστημα για το ίδιο επίπεδο ροπής.

Ο λόγος της μεταβλητής καθορίζεται από την ακτίνα λειτουργίας του ιμάντα. Η αλλαγή της αναλογίας πραγματοποιείται αλλάζοντας τη θέση του άξονα της κινητής τροχαλίας για την αλλαγή της ακτίνας του ιμάντα. Ορισμένο εύρος αναλογιών χρειάζεται συγκεκριμένη διαδρομή του άξονα της τροχαλίας για να πραγματοποιηθεί. Μόλις η γωνία αλλάξει σε μικρότερη, η απαιτούμενη διαδρομή της τροχαλίας θα είναι επίσης μικρότερη. Τότε το μεταβλητό θα μπορούσε να είναι και πιο συμπαγές. Εάν, η διαδρομή της τροχαλίας είναι μικρότερη, ο όγκος του κυλίνδρου (πίσω από την κινητή τροχαλία) μπορεί επίσης να είναι μικρότερος. Έτσι οι ανάγκες ροής για το υδραυλικό σύστημα είναι μικρότερες. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα ένα πιο αποτελεσματικό υδραυλικό σύστημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Δεδομένου ότι το μικρό εύρος της ροπής του κινητήρα των οχημάτων δε μπορεί να προσαρμοστεί στις απαιτήσεις της οδήγησης κάτω από διάφορες οδικές συνθήκες έχει υιοθετηθεί το κιβώτιο ταχυτήτων. Το κιβώτιο ταχυτήτων μπορεί να αλλάξει την αναλογία της ταχύτητας και τη ροπή κίνησης στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης με σκοπό να παρέχει μεγαλύτερο εύρος ροπής και ταχύτητας που παράγονται από τον κινητήρα και τα άλλα συστήματα ισχύος.

Σε αυτή την πτυχιακή αναλύθηκαν οι σχέσεις μετάδοσης και τα διάφορα κιβώτια ταχυτήτων. Κάτω από διαφορετικές συνθήκες οδήγησης (αναρρίχηση, στροφή, επιτάχυνση) η ροπή και η ταχύτητα που απαιτείται από τον κινητήριο τροχό του οχήματος αλλάζουν συνεχώς, ενώ το εύρος της αλλαγής της ροπής και της ταχύτητας που μπορεί να προσφέρει ο κινητήρας είναι περιορισμένο. Το κιβώτιο ταχυτήτων προσαρμόζει την απόδοση του κινητήρα αλλάζοντας την σχέση μετάδοσης και μεταφέρει την ισχύ του κινητήρα στους τροχούς ομαλά, αξιόπιστα και οικονομικά, έτσι ώστε να προσαρμόζεται καλά στις απαιτήσεις του εξωτερικού φορτίου και στις συνθήκες του δρόμου και να επιτυγχάνεται η καλύτερη αντιστοιχία μεταξύ του χαρακτηριστικού πεδίου που παρέχεται από τον κινητήρα και αυτού που απαιτείται από το όχημα.

Το κιβώτιο ταχυτήτων των οχημάτων είναι ένα σύστημα υψηλού επιπέδου τεχνολογίας και διεργασίας τυπικών προϊόντων σε μαζική παραγωγή και η ανάπτυξη και ο σχεδιασμός του θα πρέπει να προσανατολίζονται στις απαιτήσεις της αγοράς. Θα πρέπει επίσης να λαμβάνονται πλήρως υπόψη οι απαιτήσεις των χρηστών ενώ θα πρέπει και να πληρούνται οι περιβαλλοντικές και οι κανονιστικές απαιτήσεις (όπως πολιτικές εξοικονόμησης ενέργειας και εκπομπών). Ο κύριος σχεδιαστικός στόχος του κιβωτίου ταχυτήτων είναι να επιτύχει το βέλτιστο μετασχηματισμό από την ισχύ του κινητήρα στην κινητήρια δύναμη του οχήματος εντός του εύρους ταχυτήτων του οχήματος, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η δυναμική ιδιότητα, η επιτάχυνση και η οικονομία καυσίμου του οχήματος. Η αξιοπιστία της εφαρμογής και η διάρκεια ζωής των νέων τεχνολογιών και των διαδικασιών θα πρέπει να λαμβάνονται και αυτά ως σημαντικοί παράμετροι.

Ο σχεδιασμός του κιβωτίου ταχυτήτων θα είναι ολοένα και πιο απαιτητικός δεδομένης της αυξανόμενης ζήτησης για κατανάλωση καυσίμου, τις εκπομπές των ρύπων και την οδηγική ικανότητα, ειδικά για άνεση στις αλλαγές των

σχέσεων ταχυτήτων και την ταχύτητα απόκρισης. Οι τρέχοντες τύποι κιβωτίων ταχυτήτων για τα επιβατικά οχήματα, συμπεριλαμβανομένου του χειροκίνητου κιβωτίου (MT), του αυτόματου κιβωτίου (AT), του συνεχούς μεταβλητού κιβωτίου (CVT), του κιβωτίου διπλού συμπλέκτη (DCT) και του αυτοματοποιημένου μηχανικού κιβωτίου (AMT) θα παραμείνουν σε μεγάλο βαθμό αμετάβλητοι για πολύ καιρό. Ωστόσο, τα υβριδικά κιβώτια θα χρησιμοποιούνται ευρύτερα και ο αριθμός τους θα αυξηθεί δραματικά τα επόμενα χρόνια.

Τα σύγχρονα οχήματα αποτελούνται από τεχνολογία αιχμής. Αυτός είναι ένας από τους κύριους λόγους που παρόλο που οι κατασκευαστές των αυτοκινήτων βρήκαν πολλά ελαφρύτερα και πιο ανθεκτικά υλικά για χρήση στην κατασκευή του αυτοκινήτου στο παρελθόν, τα ίδια τα αυτοκίνητα παραμένουν βαρύτερα κατά μέσο όρο από τα αυτοκίνητα του παρελθόντος. Το πρόσθετο βάρος των αισθητήρων, των μπαταριών ιόντων λιθίου, των καμερών και άλλου υλικού έχει προσθέσει εκατοντάδες κιλά στο βάρος των οχημάτων. Υπό αυτές τις συνθήκες το μέλλον των συστημάτων μετάδοσης της κίνησης αποτελεί μια συνθήκη που πολλοί κατασκευαστές οχημάτων θέλουν να ερευνήσουν. Επιπλέον, οι πολιτικές που έχουν δρομολογηθεί ήδη για το 2030 και μετά θα πρέπει να δουν μια τεράστια άνοδο στην υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων καθώς οι απαγορεύσεις στην πώληση νέων οχημάτων βενζίνης και πετρελαίου θα τεθούν σε ισχύ στο Ηνωμένο Βασίλειο και σε πολλές άλλες ευρωπαϊκές χώρες.

Η πρώτη και πιο σημαντική πτυχή του κιβωτίου ταχυτήτων του μέλλοντος είναι ότι θα είναι αυτόματο, ή τουλάχιστον το αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων θα κυριαρχήσει πραγματικά στην αγορά. Έχει γίνει ήδη η κυρίαρχη τάση στις πωλήσεις των νέων αυτοκινήτων (τα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων αποτελούν πλέον την κύρια επιλογή). Αυτό συμβαίνει εδώ και πολύ καιρό στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, αλλά στην Ευρώπη υπήρχε μεγάλη αφοσίωση στα μηχανικά κιβώτια ταχυτήτων τόσο για λόγους επιδόσεων όσο και για οικονομικούς λόγους.

Με την έλευση και τη μεγαλύτερη εξάπλωση της βελτιωμένης τεχνολογίας των κιβωτίων ταχυτήτων, φαίνεται ότι όλο και περισσότεροι άνθρωποι προτιμούν την άνεση και τη βελτιωμένη απόδοση του αυτόματου κιβωτίου ταχυτήτων. Επιπλέον, σήμερα δεν υπάρχει στην αγορά ένα πλήρως ηλεκτρικό αυτοκίνητο με χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων, ή ακόμα και ένα υβριδικό αυτοκίνητο με τέτοιο κιβώτιο ταχυτήτων. Μόνο η ήπια υβριδική τεχνολογία χρησιμοποιείται μαζί με κάποια χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων, ενώ όλες οι άλλες τεχνολογίες χρησιμοποιούν αυτόματα. Ως εκ τούτου, η αυξημένη υιοθέτηση των οχημάτων που φορτίζουν με ηλεκτρικό ρεύμα είτε είναι υβριδικά, είτε αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα, σημαίνει εξ' ορισμού ότι υπάρχει αυξημένη υιοθέτηση της τεχνολογίας του αυτόματου κιβωτίου ταχυτήτων. Τα πλήρως ηλεκτρικά οχήματα, σε γενικές

γραμμές, δε λειτουργούν σε κιβώτια ταχυτήτων πολλαπλών ταχυτήτων. Λειτουργούν με κιβώτιο ταχυτήτων μίας ταχύτητας που βοηθά στον έλεγχο των ηλεκτροκινητήρων.

Ακόμη και χωρίς την επανάσταση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, υπάρχουν άλλοι λόγοι που εξηγούν τη μείωση των μηχανικών κιβωτίων ταχυτήτων παντού, συμπεριλαμβανομένης της Ευρώπης. Η αποτελεσματικότητα του αυτόματου κιβωτίου ταχυτήτων έχει καταφέρει μέσα στα τελευταία χρόνια να έχει περισσότερες σχέσεις μετάδοσης από τα χειροκίνητα αυτοκίνητα. Ένα όχημα παλιότερα στη δεκαετία του 1970 ή του 1980 μπορεί να έβγαινε ως μηχανικό κιβώτιο 4 ταχυτήτων ή αυτόματο κιβώτιο 3 ταχυτήτων. Με τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα προέκυψε και μεγαλύτερη οικονομική αποδοτικότητα. Ενώ τα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων είναι πολύπλοκα και δαπανηρά στην επισκευή ή την αντικατάστασή τους, έχουν γίνει ο κανόνας σε σημείο που οι κατασκευαστές χρησιμοποιούν πλέον αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων σε μεγαλύτερο βαθμό.

Βιβλιογραφία

- Καλλικαρούδη Μ. και Βάου Ε., Αυτοκίνητα και μηχανήματα τεχνικών έργων, Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα, 1979
- American Gear Manufacturers Association: Geometry Factors for Determining the Pitting Resistance and Bending Strength of Spur, Helical and Herringbone Gear Teeth, AGMA 908-B89, April 1989, ISBN 1-55589-525-5.
- Buckingham, E.: Analytical Mechanics of Gears, Dover Publications, 1988, ISBN 13-9780486657127.
- Fenton, J.: Handbook of Automotive Powertrain and Chassis Design, Professional Engineering Publishing, 1998, ISBN 1-86058-075 0.
- Gert-Jan VS (2012) CVT pushes to fulfil market needs. In: SAE transmission symposium 2012.
- Gott, P.G.: Changing Gears: The Development of the Automotive, Society of Automotive Engineers, 1991, ISBN 1-56091-099-2.
- Isermann, R.: Engine Modelling and Control, Springer-Verlag, 2014, ISBN: 978-3-642- 39934-3.
- Lechner,G.;Naunheimer,H.:AutomotiveTransmissions:Fundamentals,Selection,Design and Application, Springer, 1999. ISBN 3-540-65903.
- Lee,S.,Zhang,Y.,Jung,D.,andLee,B.:2014,A Systematic Approach for Dynamic Analysis of Vehicles with Eight or More Speed Automotive, ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, Vol. 136, No. 5, 051008(1-11), 2014.
- Litvin, F.L. and Fuentes, A.: Gear Geometry and Applied Theory, Second Edition, Cambridge University Press, 2004, ISBN 0-521-81517 7.
- Lu J, Xu X, Tenberge P (2012) Shengrui automatic transmission design, development and manufacturing. Transmission symposium of China SAE, Apr 2012
- Lu J (2011) Industrialization of automotive transmission. Annual technical symposium of Chinese gear manufacture association, Sept 2011

- Ma Wenbo CAE analysis and research for new type of six speed automatic transmission [D]. Hefei University of Technology 2009, Anhui
- Mustafa R, Schulze M, Küçükay F, Eilts P (2012) Improved energy management using engine compartment isolation and grille shutter control. SAE 2012, Detroit
- Zhao L, Zhou Y, Zheng L (2009) Modeling and simulation of AMT clutch actuator based on simulationX. Comput Intell Softw Eng 2009:1–5