

Α.Τ.Ε.Ι ΠΑΤΡΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: ΚΙΒΩΤΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΟ ΜΗΧΑΝΗΜΑ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΒΑΣΙΛΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΤΜΗΜΑ: ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΣΤΡΑΤΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ
ΤΣΟΥΤΣΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2006

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΚΙΒΩΤΙΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ	10
2. ΤΥΠΙΚΟ ΚΙΒΩΤΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ	12
2.1 ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΑ ΚΙΒΩΤΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ.....	14
3. Η ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΚΙΒΩΤΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ.	19
3.1 ΛΟΓΟΙ ΠΟΥ ΔΙΚΑΙΟΛΟΓΟΥΝ ΤΗΝ ΥΠΑΡΞΗ ΤΟΥ ΚΙΒΩΤΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ. 20	
3.1.α. Το Κιβώτιο Ταχυτήτων πρέπει να μεταβάλλει τις στροφές και την ροπή του κινητήρα.....	20
3.1.β. Το Κιβώτιο Ταχυτήτων πρέπει να Αντιστρέφει την Κίνηση.....	21
3.1.γ. Το Κιβώτιο Ταχυτήτων πρέπει να Διακόπτει την Κίνηση.	21
3.1.δ. Το Θέμα της Κατανάλωσης Καυσίμου.	21
3.1.ε. Συμπέρασμα.....	22
3.2 ΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΤΡΟΧΩΝ.	22
3.3 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΚΙΒΩΤΙΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ.....	23
3.4 ΝΕΩΤΕΡΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΑ ΚΙΒΩΤΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ.....	24
3.5 ΘΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΟΧΛΟΥ ΑΛΛΑΓΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ.....	25
4. ΟΙ ΕΠΙΚΥΚΛΟΕΙΔΕΙΣ ΤΡΟΧΟΙ - ΠΛΑΝΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.	28
5. ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ DE NORMANVILLE.....	33
6. ΚΙΒΩΤΙΑ ΜΕ ΤΡΟΧΟΥΣ-ΜΟΝΙΜΗΣ ΕΜΠΛΟΚΗΣ.....	34
6.1 ΚΙΒΩΤΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΙΖΟΜΕΝΟΥΣ ΤΡΟΧΟΥΣ	35
7. ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΥ.....	36
7.1 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΥ PORSCHE.....	38

7.2 ΤΥΠΟΙ ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΕΝΩΝ ΚΙΒΩΤΙΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ.....	40
8. ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΚΙΒΩΤΙΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ.....	41
9. ΚΙΒΩΤΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΜΕ ΥΠΕΡ-ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟ ΤΩΝ ΣΤΡΟΦΩΝ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ (OVERDRIVE).....	43
9.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΥΠΑΡΞΗΣ ΤΟΥ ΥΠΕΡ-ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΥ.....	44
9.2 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΥΠΕΡ-ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΥ LAYCOCK DE NORMANVILLE.	45
9.3 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΥΠΕΡ-ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΥ BORG-WARNER.....	50
10. ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ ΜΕ ΔΥΟ ΚΙΒΩΤΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ.(ΒΟΗΘΗΤΙΚΟ ΚΙΒΩΤΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ).....	54
11. ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΚΑΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	56
A. Το κιβώτιο παρουσιάζει θόρυβο.....	56
α. Έλλειψη λιπαντικού.....	58
β. Φθορά εδράνων κινητήριας ατράκτου (πριζντρέκτ).....	58
γ. Φθορά του ρουλεμάν στήριξης της κινούμενης ατράκτου στο κέλυφος.....	58
δ. Φθορά του ρουλεμάν στήριξης της κινούμενης ατράκτου στην κινητήρια.....	58
ε. Φθορά ή θραύση στους οδοντωτούς τροχούς.....	58
στ. Φθορά στους συγχρονιστές.....	59
B. Δυσκολία ή αδυναμία επιλογής των ταχυτήτων.....	59
α. Λανθασμένη ρύθμιση ρελαντί.....	59
β. Ο συμπλέκτης δεν κάνει κανονική αποσύμπλεξη.....	59
Γ. Πέταγμα της ταχύτητας.....	60
Δ. Λανθασμένη επιλογή ταχύτητας (μπέρδεμα ταχυτήτων).....	61
ΓΕΝΙΚΑ.....	62
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	68
2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ.....	69

ΜΕΡΟΣ

Α'

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία αυτή δημιουργήθηκε με σκοπό να παρουσιάσει ένα κιβώτιο ταχυτήτων για γεωργικό μηχάνημα. Στόχος της είναι να το αναλύσει όσο καλύτερα γίνεται ώστε να είναι κατανοητό. Σ' αυτό το μέρος της εργασίας θα μιλήσουμε για κιβώτια ταχυτήτων που χρησιμοποιούνται σε επιβατηγά οχήματα, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι ξεφεύγουμε απ' το θέμα μας, μιας και η μόνη διαφορά που έχουν τα κιβώτια των επιβατηγών οχημάτων από τα κιβώτια των γεωργικών μηχανημάτων είναι στο πολύσφηνο, που στα γεωργικά μηχανήματα προεξέχει για να διευκολύνει την σύνδεση του με, την κάθε φορά διαφορετικό, εργαλείο.

Γίνεται λοιπόν εκτενής αναφορά σε αρκετά κιβώτια ταχυτήτων παρουσιάζοντας τον τρόπο λειτουργίας τους, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους. Για να γίνει κατανοητός ο λόγος για τον οποίο τοποθετείται στο αυτοκίνητο το κιβώτιο ταχυτήτων, πρέπει να ξαναφέρουμε στο νου μας μερικές στοιχειώδεις γνώσεις απ' τη μηχανολογία και μηχανική.

Ένα από τα χαρακτηριστικά της λειτουργίας των κινητήρων εσωτερικής καύσης (και στην κατηγορία αυτή ανήκουν βενζινοκινητήρες και οι πετρελαιοκινητήρες των αυτοκινήτων), είναι ότι δεν μπορούν να ξεκινήσουν όταν είναι συνδεδεμένοι με το φορτίο τους και ότι αποδίδουν τη μέγιστη ισχύ τους σε υψηλό αριθμό στροφών, συγκεκριμένα γύρω στις 4.000 στρ/1'. Τέλος οι κινητήρες αυτοί δεν μπορούν ν' αλλάξουν φορά περιστροφής. Το αυτοκίνητο όμως στην κίνηση του συναντά περιπτώσεις που του χρειάζονται διάφοροι συνδυασμοί ταχύτητας, ροπής στρέψης καθώς και αλλαγής της φοράς κίνησης του (ΟΠΙΣΘΟΠΟΡΙΑ). Τη στιγμή που το αυτοκίνητο ξεκινά χρειάζεται μεγάλη ροπή στρέψης στους κινητήριους τροχούς του, αλλά με μικρό αριθμό στροφών. Σε μια κανονική πορεία με ταχύτητα 50- 60 KM/H σε οριζόντιο έδαφος, χρειάζεται μικρή σχετικά στρέψης στους κινητήριους τροχούς του, αλλά με μεγάλη ταχύτητα περιστροφής. Αν στην πορεία του συναντήσει έναν ανήφορο χρειάζεται μεγάλη ροπή στρέψης για να τον ανεβεί και αν δεν μειώσει την ταχύτητα του, γρήγορα ο οδηγός θα αντιληφθεί, αν ο ανήφορος είναι λίγο απότομος, ότι η ισχύς του κινητήρα του είναι αρκετή για να μπορέσει να συνεχίσει να ανεβαίνει τον ανήφορο, θα πρέπει να όμως μειώσει την ταχύτητα του αυτοκινήτου χωρίς να μειώσει τον αριθμό στροφών του κινητήρα. Άμα πέσουν οι στροφές μειώνεται και η ισχύς του κινητήρα.

ροπή στρέψης(σε Kgm)*στροφές ανά λεπτό

Ισχύς = -----

716.2

Από τον τύπο φαίνεται πώς όταν έχουμε ένα κινητήρα που βγάζει μια ορισμένη ιπποδύναμη σ' ένα ορισμένο αριθμό στροφών, για να μπορέσουμε

μ' αυτή την ιπποδύναμη ν' αντιμετωπίσουμε τις τόσο διάφορες, κάθε στιγμή, ανάγκες της κίνησης του αυτοκινήτου σε ροπή στρέψης, θα πρέπει να έχουμε κάποιο σύστημα που να μας επιτρέπει ν' αλλάζουμε τη ροπή στρέψης στους τροχούς, χωρίς ν' αλλάζουμε, τουλάχιστον σημαντικά, τον αριθμό στροφών του κινητήρα. Ένας άλλος λόγος που καθημερινά γίνεται και σοβαρότερος, είναι ότι η οικονομική ζώνη λειτουργίας του κινητήρα είναι ένας σχετικά περιορισμένος αριθμός στροφών και το συμφέρον της κατανάλωσης είναι να εργάζεται πάντοτε ο κινητήρας μέσα στα όρια αυτά των στροφών. Έτσι γίνεται φανερό πώς πρέπει να υπάρχει ένα σύστημα που να δίνει στο αυτοκίνητο τη δυνατότητα:

1) Να μπορεί να εργάζεται ο κινητήρας του χωρίς να κινείται το αυτοκίνητο (ο συμπλέκτης δίνει μια τέτοια δυνατότητα αλλά όχι μόνιμα, παρά μόνο όση ώρα είναι πατημένος). 2) Να μπορεί να δώσει στους κινητήριους τροχούς διάφορους συνδυασμούς ροπής και ταχύτητας με τον κινητήρα εργαζόμενο πάντα σε σχετικά στενά όρια στροφών και 3) Να μπορεί να κινηθεί προς τα πίσω, χωρίς βέβαια ν' αλλάξει ή φορά περιστροφής του κινητήρα.

Την εκπλήρωση των παραπάνω αποστολών έχει αναλάβει το κιβώτιο ταχυτήτων. Από ότι είπαμε, βγαίνει ότι το ιδανικό κιβώτιο ταχυτήτων θα ήταν εκείνο που μπορεί, με τον κινητήρα εργαζόμενο στον πιο αποδοτικό αριθμό στροφών του, να δίνει στους τροχούς τον απαιτούμενο κάθε στιγμή συνδυασμό ταχύτητας περιστροφής και ροπής στρέψης. Θα έπρεπε δηλαδή να δίνει μια συνεχή σειρά τέτοιων συνδυασμών από τη μεγαλύτερη ταχύτητα με τη μικρότερη ροπή, μέχρι τη μικρότερη ταχύτητα με τη μεγαλύτερη ροπή. Ένα τέτοιο κιβώτιο ταχυτήτων δεν έχει ακόμα κατασκευαστεί. Ακόμα και τα αυτόματα κιβώτια με μετατροπέα ροπής, όπως θα δούμε παρακάτω, βάζουν μερικούς περιορισμούς

στην απόδοση τους. Με τα μηχανικά και χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων, για τα όποια θα μιλήσουμε τώρα αμέσως, αρκούμαστε σ' ένα μικρό αριθμό, συνήθως 3 ως 5 βαθμίδων, αλλαγής σχέσεων μετάδοσης. Μέσα σε κάθε βαθμίδα επιτυγχάνεται ο επιθυμητός αριθμός στροφών των τροχών με την αυξομείωση των στροφών του κινητήρα, μέσα σε ορισμένα όρια στα όποια ευτυχώς, οι σύγχρονοι κινητήρες μπορούν να δίνουν την απαιτούμενη ροπή στρέψης με ανεκτές διαφορές στην οικονομία της λειτουργίας τους

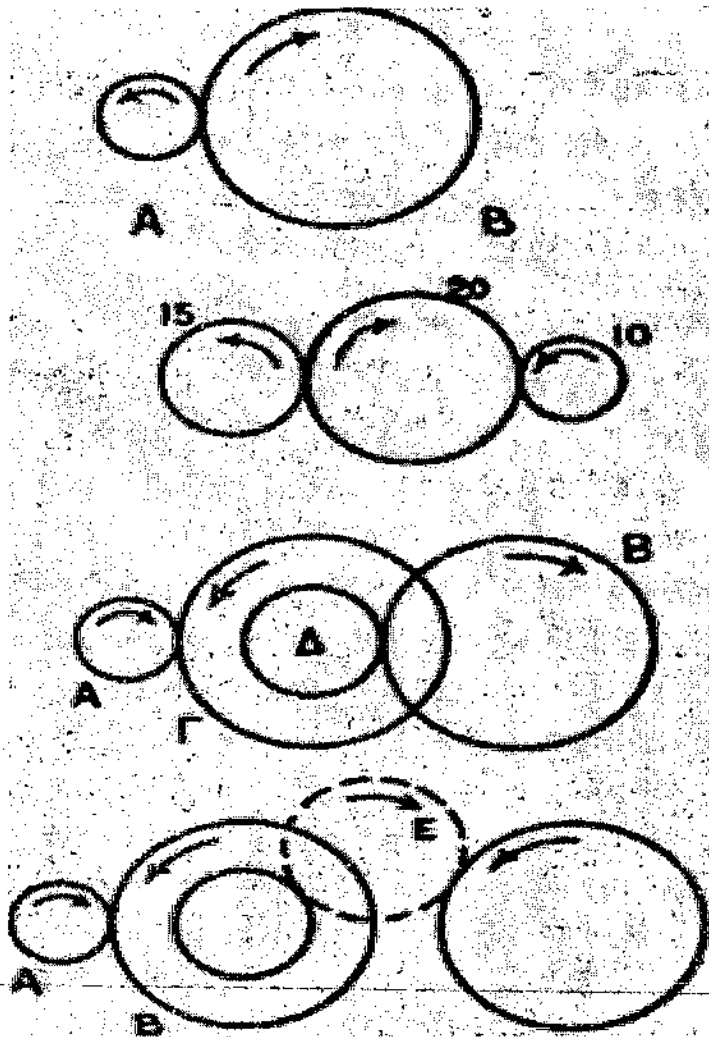
Από το σχήμα 1 φαίνεται ότι ο τροχός B στρέφεται κατά την αντίθετη φορά απ' αυτήν πού στρέφεται ο τροχός A. "Αν θέλουμε να κάνουμε τον τροχό B να

στρέφεται με την ίδια φορά πού στρέφεται ο τροχός A, πρέπει να βάλουμε ανάμεσα τους ένα τρίτο τροχό Γ, πού ονομάζεται «ενδιάμεσος» και πού δεν παίζει κανένα ρόλο στη σχέση μετάδοσης των στροφών μεταξύ των τροχών A και B. Αν μαζί με την τήρηση της φοράς περιστροφής θέλουμε και μια ακόμη αλλαγή της σχέσης μετάδοσης, τότε τοποθετείται ανάμεσα στους τροχούς A και B ένα ζεύγος τροχών Γ και Δ, πού βρίσκονται σφηνωμένοι πάνω στον ίδιο άξονα. Στην περίπτωση αυτή, ο λόγος των στροφών πού θα πάρει ο τροχός B ως προς τις στροφές του τροχού A, είναι ίσος με το γινόμενο των αντίστροφων λόγων των αριθμών των δοντιών των ζευγών A, B και Γ, Δ.

Αν ονομάσουμε α, β, γ, δ, τους αριθμούς των δοντιών των τροχών A, B, Γ, Δ αντίστοιχα και n_A και n_B τους αριθμούς των στροφών των τροχών A και B θα έχουμε:

$$n_A/n_B = (α/β)*(γ/δ)$$

Αν θέλουμε να υπάρχει ή δυνατότητα ν' αλλάζει ή φορά περιστροφής τελικού τροχού της σειράς των τροχών A, Γ, Δ, B, θα πρέπει να μπορεί ο τροχός B να αποσυμπλέκεται από τον Γ και να παρεμβαίνει μεταξύ τους ένας ενδιάμεσος τροχός E."



Σχ.1

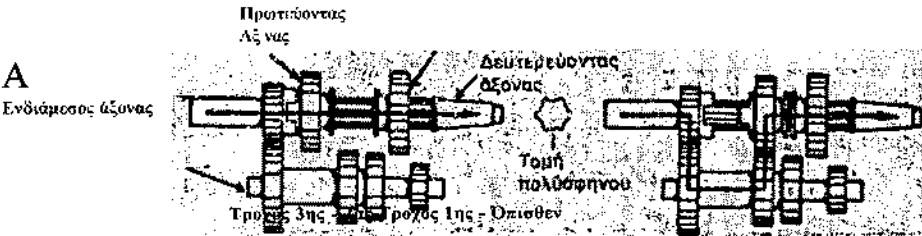
Στα πραγματικά κιβώτια ταχυτήτων ,οι τροχοί δεν είναι ο ένας δίπλα στον άλλο, αλλά βρίσκονται όλοι σε δύο άξονες με πολύσφηνα ,πάνω στα οποία μπορούν να ολισθαίνουν αξονικά και να σχηματίσουν τα επιθυμητά κάθε φορά ζεύγη τροχών που μπορούν να συνδεθούν και ν' αποτελέσουν ζεύγος κατά δύο τρόπους, είτε με πλευρική σύνδεση οπότε και οι δύο γυρίζουν με τον ίδιο αριθμό στροφών, είτε μέσω των δοντιών τους οπότε οι αριθμοί των στροφών τους είναι αντίστροφα ανάλογοι του αριθμού των δοντιών τους. Η σύμπλεξη στην πρώτη περίπτωση γίνεται με ολίσθηση πάνω σε δύο ομοαξονικούς άξονες (άξονες πού ο ένας είναι προέκταση του άλλου) και στη δεύτερη με ολίσθηση πάνω σε άξονες πού ο ένας είναι παράλληλος με τον άλλο.

Στην περίπτωση της πλευρικής εμπλοκής δύο ομοαξονικών τροχών, ή εμπλοκή μπορεί να γίνει είτε με τóρμους (προεξοχές), σχήμα 2, πού έχει ο ένας

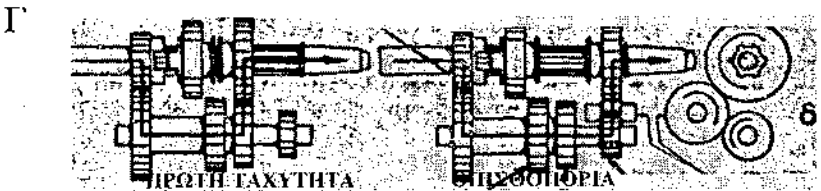
τροχός, και αντίστοιχες εγκαθίσεις που έχει ο άλλος, είτε με πλευρικές οδοντώσεις, ο ένας εξωτερική και ο άλλος εσωτερική που έχουν οι δύο τροχοί. Ο τελευταίος αυτός τρόπος πλευρικής εμπλοκής χρησιμοποιείται ευρύτατα στα κιβώτια ταχυτήτων για την εμπλοκή του οδοντωτού τροχού που είναι στο άκρο του πρωτεύοντα άξονα με τον τροχό της υψηλότερης ταχύτητας (κατευθείαν μετάδοση) που είναι στο δευτερεύοντα άξονα του κιβωτίου ταχυτήτων.

Όταν χρησιμοποιούνται τροχοί που εμπλέκονται με τα δόντια τους, συνηθίζεται να στρογγυλεύονται οι άκρες των δοντιών που έρχονται πρώτα σ' επαφή για να διευκολύνεται ή εμπλοκή.

Δευτερη ταχύτητα



ΤΡΟΧΟΣ ΠΡΩΤΕΥΟΝΤΑ



Σχήμα 2. Κιβώτιο ταχυτήτων με τρεις ταχύτητες

1.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΚΙΒΩΤΙΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

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

1. **Ανάλογα με τον τρόπο που αλλάζουν οι ταχύτητες:**
 - α. **Κοινά κιβώτια ταχυτήτων ή χειροκίνητα ή μηχανικά**
 - β. **Αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων ή υδραυλικά**
 - γ. **Ημιαυτόματα κιβώτια ταχυτήτων.**

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

Στ' αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων η αλλαγή των ταχυτήτων γίνεται εντελώς αυτόματα χωρίς καμιά επέμβαση του οδηγού. Επέμβαση του οδηγού απαιτείται για την τοποθέτηση ενός ειδικού μοχλού στην κατάλληλη θέση όταν τ' αυτοκίνητο πρέπει να κινηθεί προς τα πίσω ή να παρκάρει.

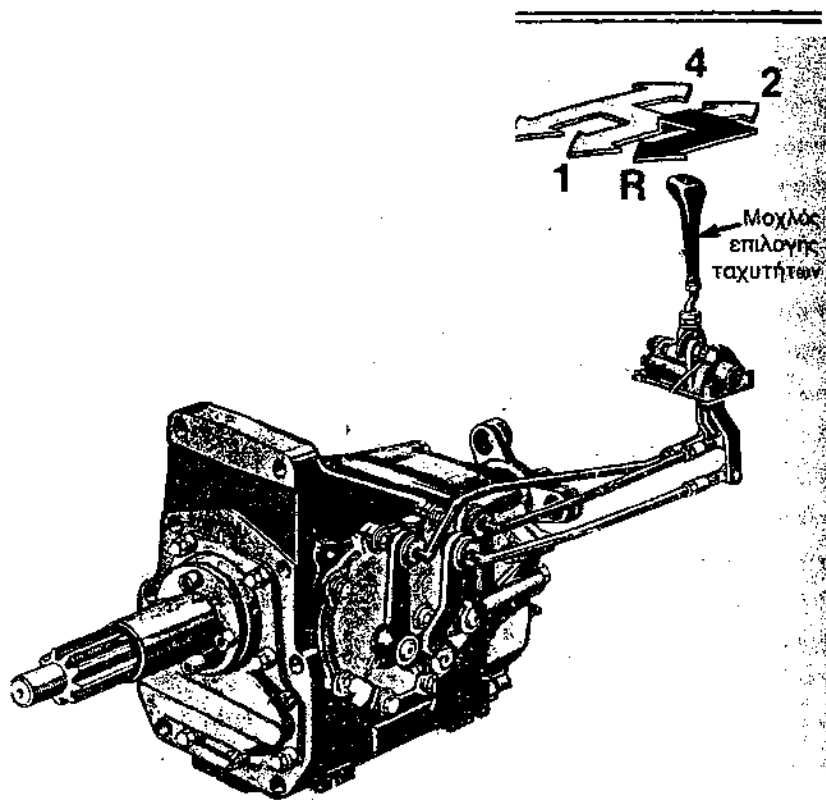
Τέλος στα ημιαυτόματα κιβώτια ταχυτήτων έχει καταργηθεί το πεντάλ του συμπλέκτη και η αλλαγή των ταχυτήτων γίνεται με την επίδραση του οδηγού σε ένα μικρό μοχλό επιλογής που βρίσκεται κοντά στο τιμόνι.

2. Ανάλογα με τις σχέσεις μετάδοσης που δίνουν

- α. **Κλιμακωτά κιβώτια ταχυτήτων**
- β. **Κιβώτια ταχυτήτων συνεχούς μεταβολής της σχέσης μετάδοσης ή κιβώτια CVT.**

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

Κιβώτια συνεχούς μεταβολής λέμε αυτά που δεν έχουν συγκεκριμένες σχέσεις μετάδοσεως, όπως τα προηγούμενα, αλλά λειτουργούν κατά τέτοιο τρόπο, ώστε η σχέση μετάδοσεως ν' αλλάζει διαρκώς, ανάλογα με την απαιτούμενη στους τροχούς ροπή και στροφές.



Σχ. 3. Κοινό (χειροκίνητο) κιβώτιο ταχυτήτων(MERCEDES)

3. Ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν

- α. Κύρια κιβώτια ταχυτήτων
- β. Κιβώτια βοηθητικής ταχύτητας και διανομής της ισχύος σε μπροστινούς και πίσω τροχούς.
- γ. Κιβώτια οβερντράιβ ή πολλαπλασιαστές στροφών

4. Ανάλογα με τον αριθμό των ταχυτήτων

- α. Κιβώτια τριών ταχυτήτων
- β. Κιβώτια τεσσάρων ταχυτήτων
- γ. Κιβώτια πέντε ταχυτήτων
- δ. Κιβώτια περισσότερων ταχυτήτων (6,8,...,16)

2. ΤΥΠΙΚΟ ΚΙΒΩΤΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

Όλα σχεδόν τα χειροκίνητα κιβώτια ταχυτήτων, αποτελούνται από τρεις άξονες. Ο πρωτεύοντας άξονας είναι εκείνος που έρχεται από το συμπλέκτη και καταλήγει σ' έναν οδοντωτό τροχό, μέσα στο κιβώτιο, που έχει δύο οδοντώσεις, μια κανονική στο κυλινδρικό του μέρος και μια πλευρική στο επίπεδο μέρος του.

Ομο-αξονικά, σε προέκταση του πρωτεύοντα άξονα, βρίσκεται ο δευτερεύοντας άξονας ο οποίος έχει πολύσφηνο σ' όλο το μήκος του και πάνω σ' αυτό μπορούν να ολισθαίνουν δύο τροχοί. Ο ένας με κανονική και με πλευρική οδόντωση που ονομάζεται τροχός της τρίτης και της δεύτερης ταχύτητας και ο άλλος μόνο με κανονική οδόντωση και που ονομάζεται τροχός της πρώτης ταχύτητας και της οπισθοπορίας. Και οι δύο τροχοί έχουν ένα λαιμό πάνω στον οποίο πιάνει από ένα δίχαλο, το οποίο τους μετακινεί κατά μήκος του δευτερεύοντα άξονα, αλλά και τους συγκρατεί στη θέση που πρέπει να βρίσκονται.

Όταν ο τροχός με την πλευρική οδόντωση εμπλακεί με την πλευρική οδόντωση του τροχού του πρωτεύοντα άξονα, τότε οι δύο άξονες, ο πρωτεύοντας και ο δευτερεύοντας, στρέφονται με την ίδια ταχύτητα σαν να ήταν ένας ολόσωμος άξονας. Τότε λέμε πώς το κιβώτιο ταχυτήτων βρίσκεται στην κατευθείαν μετάδοση ή στην ανώτατη ταχύτητα του, που εδώ είναι η τρίτη.

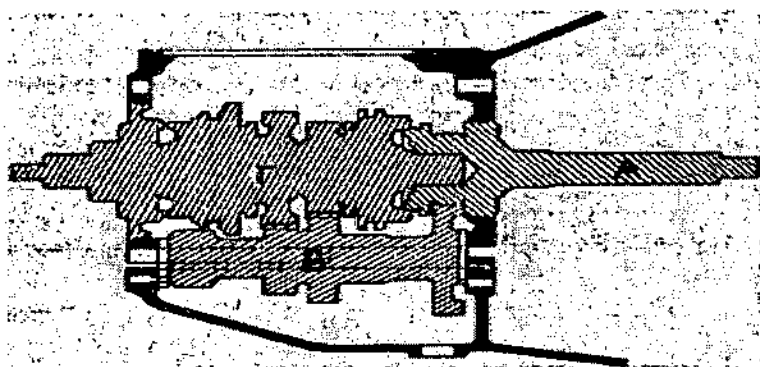
Κάτω από τους δύο άξονες, που είναι ο ένας προέκταση του άλλου, υπάρχει ένας τρίτος άξονας, που λέγεται ενδιάμεσος και πάνω σ' αυτόν στρέφεται ένας πολλαπλός οδοντωτός τροχός που αποτελείται από τέσσερις συνεχόμενους οδοντωτούς τροχούς. Ο πρώτος από αριστερά είναι μόνιμα συνδεδεμένος με την κανονική οδόντωση του τροχού του πρωτεύοντα άξονα (το πριζ-ντιρέκτ) και επομένως στρέφεται συνεχώς όσο στρέφεται ο πρωτεύοντας, με αριθμό στροφών που εξαρτάται από τη σχέση των δοντιών των δύο τροχών τους.

Αν ο τροχός της τρίτης ταχύτητας του δευτερεύοντα αποσυνδεθεί από τον τροχό του πρωτεύοντα και γλιστρώντας προς τα δεξιά έρθει σ' εμπλοκή με τον τροχό της δεύτερης ταχύτητας του ενδιάμεσου, τότε η μετάδοση της κίνησης στο δευτερεύοντα γίνεται μέσω του ενδιάμεσου και κατά την ίδια φορά αλλά με αριθμό στροφών πολλαπλασιασμένο με το γινόμενο των λόγων των δοντιών των δύο ζευγών τροχών που παρεμβαίνουν στη μετάδοση. Η ταχύτητα αυτή είναι βραδύτερη από την τρίτη και ονομάζεται δεύτερη.

Αν ο τροχός της τρίτης μείνει στο κενό ανάμεσα στους τροχούς του ενδιάμεσου και ο τροχός της πρώτης έρθει αριστερά και εμπλακεί με τον τροχό της πρώτης του ενδιάμεσου, τότε η μετάδοση της κίνησης από τον πρωτεύοντα στο δευτερεύοντα γίνεται πια μέσω του νέου αυτού ζευγαριού τροχών και έχει την αυτή μεν φορά αλλά με σχέση μετάδοσης το γινόμενο των λόγων των δύο ζευγαριών τροχών που είναι σε εμπλοκή. Η ταχύτητα αυτή ακόμα βραδύτερη από τη δεύτερη ονομάζεται πρώτη.

Για την οπισθοπορία του αυτοκινήτου υπάρχει ένας ανεξάρτητος τροχός που είναι σε μόνιμη εμπλοκή με ένα τέταρτο τροχό στο άκρο δεξιά του ενδιάμεσου. Με τον ανεξάρτητο αυτό τροχό έρχεται σ' εμπλοκή ο τροχός της πρώτης ταχύτητας του δευτερεύοντα και η μετάδοση της κίνησης γίνεται πια μέσω του ενδιάμεσου αλλά και του ανεξάρτητου τροχού της οπισθοπορίας. Λόγω της παρεμβολής του πέμπτου αυτού τροχού, η φορά της περιστροφής του ενδιάμεσου αναστρέφεται και το αυτοκίνητο κινείται προς τα πίσω.

Φυσικά, για να μη μπορούν από λάθος του οδηγού να εμπλακούν τροχοί που ανήκουν σε διαφορετικούς συνδυασμούς ταχυτήτων κατά την ίδια στιγμή, που θα είχε καταστρεπτικές συνέπειες



Σχήμα 4. Τομή κιβωτίου ταχυτήτων Austin

για το κιβώτιο ταχυτήτων, υπάρχει ειδικό σύστημα, για το οποίο θα μιλήσουμε παρακάτω. Στο σχήμα 4 φαίνονται διαγραμματικά οι τρεις ομάδες αξόνων και τροχών που αποτελούν το κιβώτιο ταχυτήτων. Ο άξονας Α είναι ο πρωτεύοντας που συνδέεται μέσω του συμπλέκτη με τον κινητήρα. Ο άξονας Β είναι ο ενδιάμεσος και ο άξονας Γ είναι ο δευτερεύοντος που συνδέεται με τον άξονα μετάδοσης της κίνησης, την άτρακτο, και με τους κινητήριους τροχούς.

2.1 Αμερικάνικα Κιβώτια Ταχυτήτων.

Για πολλά χρόνια τα αμερικάνικα αυτοκίνητα είχαν κιβώτια ταχυτήτων με τρεις ταχύτητες, όπως αυτό που φαίνεται στο σχήμα 4. Είχαν επίσης χρησιμοποιηθεί κιβώτια με ανάλογο μηχανισμό, αλλά με μια κωνική προεξοχή του κελύφους τους στην πλευρά του δευτερεύοντα άξονα και με ένσφαιρο τριβέα (ρουλεμάν) στο άκρο του για την καλύτερη στήριξη του άξονα αυτού, όπως είναι στο αγγλικό κιβώτιο.

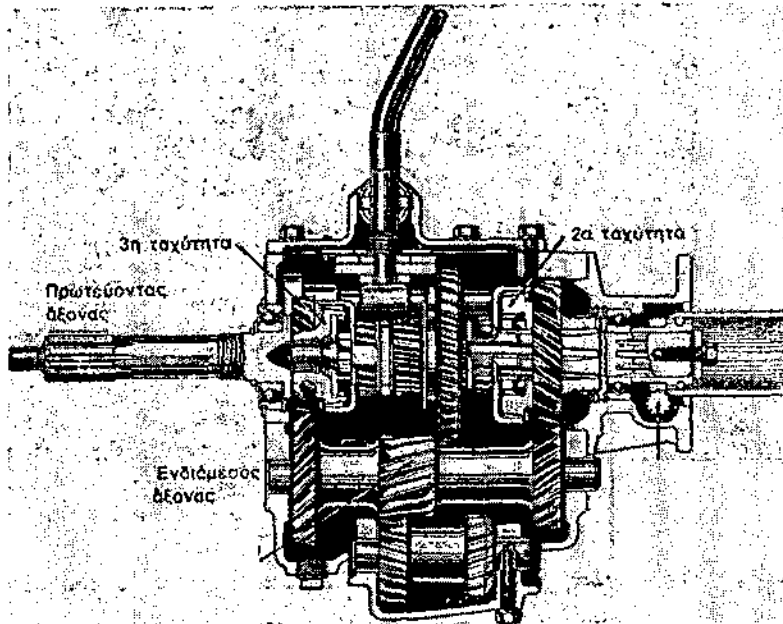
Αργότερα χρησιμοποιήθηκαν κιβώτια ταχυτήτων με τρεις ή τέσσερις ταχύτητες, αλλά με το μοχλό αλλαγής ταχυτήτων στη στήλη του συστήματος οδήγησης (την κολόνα του τιμονιού) ή στο δάπεδο δίπλα στη θέση του οδηγού και με ειδικό σύστημα μετάδοσης των κινήσεων του μοχλού αλλαγής ταχυτήτων, σχήμα 6.

Το σχήμα 6 παρουσιάζει το κιβώτιο ταχυτήτων που είχε χρησιμοποιηθεί από τη Chevrolet σε αυτοκίνητα Corvette. Το κιβώτιο αυτό είχε ελικοειδείς οδοντωτούς τροχούς γιατί η λειτουργία τους είναι πιο αθόρυβη. Τόσο ο πρωτεύοντας όσο και ο δευτερεύοντος άξονας στηρίζονται σε ένσφαιρους τριβείς (ρουλεμάν).

Στο κιβώτιο αυτό ο μοχλός αλλαγής ταχυτήτων δεν είναι ακριβώς πάνω από τους τροχούς, αλλά είναι μετατοπισμένος προς τα πίσω για να πάει κοντά στον οδηγό δίπλα στη θέση του στο δάπεδο. Η μετάδοση γίνεται μ' ένα σύστημα βραχιόνων και διωστήρων (ντίζες) που συνδέουν το μοχλό αλλαγής με το κιβώτιο.

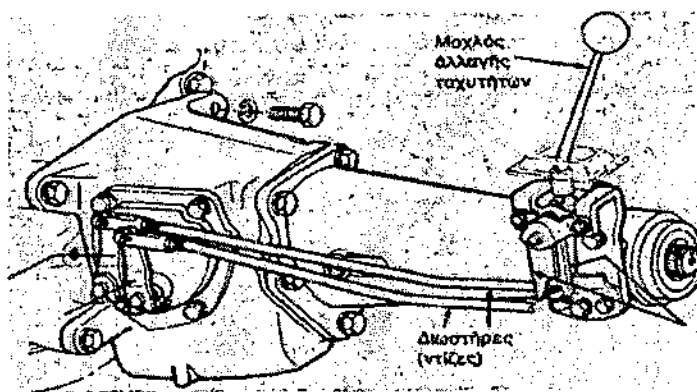
2.2 Ένα Τυπικό Κιβώτιο Τεσσάρων Ταχυτήτων.

Σε πολλά μικρά αυτοκίνητα οι τρεις βαθμίδες αλλαγής δεν είναι αρκετές για την ομαλή κίνηση τους, λόγω της μικρής ισχύος του κινητήρα τους και τότε.

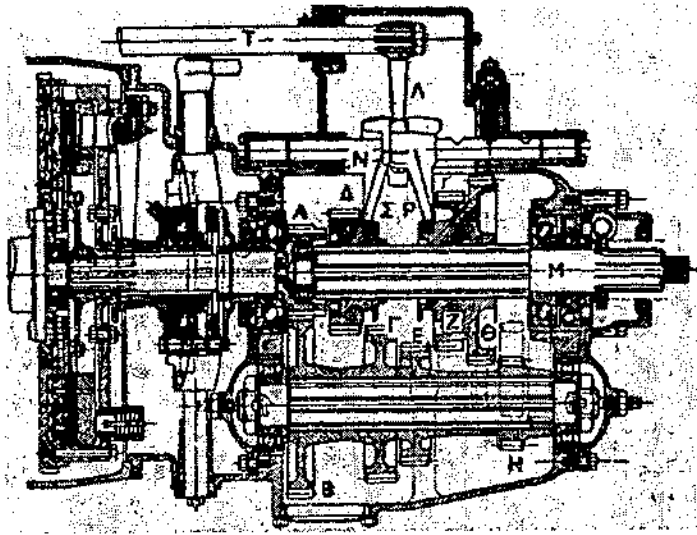


Σχήμα 5. Αμερικάνικο κιβώτιο τριών ταχυτήτων

χρησιμοποιούνται κιβώτια με τέσσερις ταχύτητες, όπως αυτό που φαίνεται στο σχήμα 7. Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις αυτοκινήτων με όχι πολύ μεγάλους κινητήρες που ενώ δεν μπορούν ν' ανεβούν έναν ανήφορο με τη μεγαλύτερη τους ταχύτητα, μπορούν



Σχήμα 6. συγχρονισμένο κιβώτιο τριών ταχυτήτων General Motors



Σχήμα 7. Κιβώτιο τεσσάρων ταχυτήτων

να το πετύχουν με μια σχέση μετάδοσης στο κιβώτιο ταχυτήτων λίγο μικρότερη. Στα κιβώτια με τρεις ταχύτητες, η δεύτερη ταχύτητα έχει σχέση μετάδοσης σημαντικά μικρότερη από την τρίτη, στην οποία η σχέση μετάδοσης είναι 1:1, δηλαδή όταν παίρνει μια στροφή ο πρωτεύοντας άξονας παίρνει μία στροφή και ο δευτερεύοντας (κατευθείαν μετάδοση). Στα κιβώτια με τέσσερις ταχύτητες, το διάστημα μεταξύ της μέγιστης και της μικρότερης ταχύτητας μοιράζεται σε τρία σκαλοπάτια αντί στα δύο που μοιράζεται στα κιβώτια με τρεις ταχύτητες, κι έτσι υπάρχει δυνατότητα καλύτερης προσαρμογής της ροπής στρέψης του κινητήρα στις ανάγκες της κυκλοφορίας. Σε πολλά αυτοκίνητα με αρκετά ισχυρό κινητήρα και κιβώτιο με τέσσερις ταχύτητες, η δεύτερη ταχύτητα έχει αρκετά χαμηλή σχέση μετάδοσης, ώστε το αυτοκίνητο όταν είναι σε οριζόντιο έδαφος και χωρίς μεγάλο φορτίο μπορεί να ξεκινήσει με την ταχύτητα αυτή και η πρώτη ταχύτητα μένει για το ξεκίνημα σε ανήφορο ή όταν υπάρχει μεγάλο φορτίο. Το σχήμα 7 παρουσιάζει ένα κιβώτιο τεσσάρων ταχυτήτων παλαιού τύπου, με ολισθαίνοντες τροχούς πάνω στο πολύσφηνο του δευτερεύοντα άξονα. Η κίνηση από τον κινητήρα έρχεται μέσω του συμπλέκτη στον οδοντωτό τροχό A που είναι στο άκρο του πρωτεύοντα άξονα. Ο τροχός αυτός, όπως είπαμε και παραπάνω, είναι μόνιμα σ' εμπλοκή με το μεγάλο τροχό B του πολλαπλού οδοντωτού τροχού του ενδιάμεσου.

Για να εμπλακεί η τέταρτη (μεγαλύτερη) ταχύτητα, θα πρέπει ο τροχός Δ που βρίσκεται στο αριστερό άκρο του δευτερεύοντα άξονα συνδέεται με τον τροχό A με μια πλευρική οδόντωση (εξωτερική για τον A, εσωτερική για τον B), κι έτσι ο

πρωτεύοντας άξονας συνδέεται κατευθείαν με το δευτερεύοντα και του δίνει τις ίδιες στροφές σαν να ήταν ένας ολόσωμος άξονας. Για την τρίτη ταχύτητα, ο τροχός Δ αποσυμπλέκεται από τον Α και γλιστρώντας πάνω στο πολύσφηνο του δευτερεύοντα, έρχεται δεξιά και εμπλέκεται με τον τροχό Γ του δευτερεύοντα. Αν ονομάσουμε α, β, γ, κλπ. τους αριθμούς των δοντιών των τροχών Α, Β, Γ, κλπ. αντίστοιχα, ο αριθμός των στροφών που θα πάρει ο δευτερεύοντας θα είναι ο αριθμός των στροφών του πρωτεύοντα πολλαπλασιασμένος με το γινόμενο:

$$a/\beta*\gamma/\delta$$

Για τη δεύτερη ταχύτητα ο τροχός Δ μένει στο κενό (όπως ακριβώς φαίνεται στο σχήμα) και ο τροχός Ζ έρχεται σε εμπλοκή με τον τροχό Ε. Τότε η σχέση μετάδοσης θα είναι:

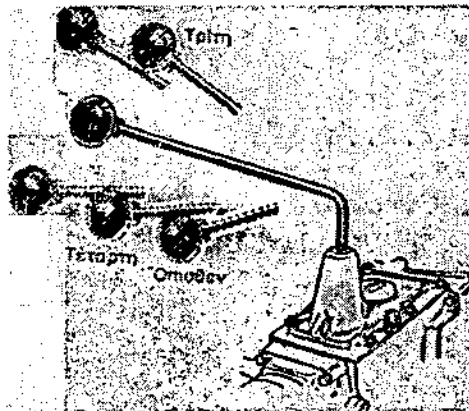
$$a/\beta*\epsilon/\zeta$$

Για την πρώτη ταχύτητα εμπλέκονται οι τροχοί Θ και Η και η σχέση μετάδοσης γίνεται:

$$a/\beta*\eta/\theta$$

Για την οπισθοπορία χρησιμοποιείται ένας ανεξάρτητος (ενδιάμεσος) τροχός που εμπλέκεται ανάμεσα στους τροχούς Η και Θ και δεν επεμβαίνει καθόλου στη σχέση μετάδοσης, αλλά αλλάζει μόνο τη φορά περιστροφής του δευτερεύοντα άξονα. Για τη μετακίνηση των τροχών Α και Ζ, πάνω στο πολύσφηνο του δευτερεύοντα άξονα, χρησιμοποιούνται δύο δίχαλα Ρ και Σ που είναι σφηνωμένα πάνω σε δύο ράβδους επιλογής Ν και κινούνται με το βραχίονα Α της ράβδου Τ που παίρνει την κίνηση της από το μοχλό αλλαγής ταχυτήτων που κινεί με το χέρι του ο οδηγός. Σ' ένα κιβώτιο ταχυτήτων, ο μοχλός αλλαγής ταχυτήτων (σχήμα 8) μπορεί να πάρει έξι θέσεις, μια για καθεμιά από τις τέσσερις ταχύτητες προς τα εμπρός, μια για την οπισθοπορία και μια ανάμεσα περίπου στις προηγούμενες θέσεις και στην οποία άμα βρίσκεται ο μοχλός αλλαγής ταχυτήτων δεν υπάρχει σε εμπλοκή κανένα ζευγάρι απ' τους τροχούς που μεταδίδουν κίνηση, και ο κινητήρας είναι μόνιμα

αποσυμπλεγμένος από το υπόλοιπο σύστημα μετάδοσης της κίνησης. Η κίνηση στην περίπτωση αυτή φτάνει στον τροχό του πρωτεύοντα, μεταδίδεται στον πολλαπλό τροχό του ενδιάμεσου αλλά δεν πάει στο δευτερεύοντα γιατί κανένας τροχός του δεν είναι σ' εμπλοκή με άλλο τροχό. Η θέση αυτή του μοχλού αλλαγής ταχυτήτων και κατ' επέκταση ο συνδυασμός των τροχών που προκαλεί, ονομάζεται «νεκρό σημείο».



Σχήμα 8. Θέσεις μοχλού αλλαγής ταχυτήτων

Η ράβδος T μπορεί να κινηθεί δεξιά ή αριστερά κατά τον άξονα της, αλλά συγχρόνως, μπορεί να πάρει και μια στροφή λίγων μοιρών και με τη γωνιακή αυτή κίνηση ο βραχίονας Λ μπορεί να πιάσει είτε το ένα είτε το άλλο δίχαλο και να του μεταδώσει την κίνηση δεξιά-αριστερά. Η κίνηση αυτή μεταδίδεται και στον αντίστοιχο τροχό πάνω στον οποίο είναι πιασμένο το κινούμενο δίχαλο.

Με την κίνηση του δίχαλου Σ γίνονται οι συνδυασμοί της τέταρτης και της τρίτης ταχύτητας και με την κίνηση του δίχαλου Ρ, οι συνδυασμοί της δεύτερης και της πρώτης. Για το συνδυασμό της οπισθοπορίας υπάρχει ένα τρίτο δίχαλο που δεν φαίνεται στο σχήμα.

Για να πηγαίνουν οι τροχοί πάντοτε στην κανονική τους θέση, οι ράβδοι επιλογής έχουν εγκοπές που αντιστοιχούν στις θέσεις που πρέπει να πάρει ο τροχός ο οποίος κινείται με το δίχαλο που είναι στερεωμένο σε κάθε ράβδο επιλογής. Στις εγκοπές αυτές πιάνει ένας συρτής με ελατήριο και με ημισφαιρικό άκρο. Έτσι ο οδηγός αντιλαμβάνεται από την αλλαγή της αντίστασης που

παρουσιάζεται στην κίνηση του μοχλού αλλαγής ταχυτήτων, αν η εμπλοκή των τροχών πού θέλει να επιτύχει έγινε ή όχι. Επίσης, ο σύρτης αυτός κρατά τους τροχούς στη θέση πού τους έβαλε ο οδηγός και χρειάζεται κάποια δύναμη να καταβληθεί πάνω στο μοχλό αλλαγής ταχυτήτων για να υπερνικηθεί ή δύναμη του ελατηρίου του σύρτη και να κινηθεί ο τροχός . Έκτος από τον υποβιβασμό του αριθμού των στροφών πού γίνεται με το κιβώτιο ταχυτήτων, όταν είναι σε εμπλοκή άλλες ταχύτητες, υπάρχει πάντοτε στο αυτοκίνητο και άλλο ένα ζεύγος οδοντωτών τροχών πού έχει σταθερή σχέση μετάδοσης, συνήθως γύρω στο 4:1 ή 5:1. Το ζεύγος αυτό βρίσκεται στο σημείο πού ο άξονας μετάδοσης της κίνησης, η άτρακτος, συνδέεται με τον κινητήριο άξονα καί αποτελείται είτε από δύο κωνικούς οδοντωτούς τροχούς ειδικής μορφής ή σπανιότερα από έναν ατέρμονα κοχλία κι ένα οδοντωτό τροχό. Η συνολική σχέση μετάδοσης μεταξύ κινητήρα και τροχών είναι το γινόμενο της σχέσης μετάδοσης του ζεύγους τροχών πού είναι σ' εμπλοκή κάθε στιγμή στο κιβώτιο ταχυτήτων επί τη σταθερή σχέση μετάδοσης του κωνικού ζεύγους ή του ατέρμονα.

Έτσι, αν σ'ένα κιβώτιο ταχυτήτων η σχέση μετάδοσης της πρώτης ταχύτητας είναι 4:1 και η σχέση του κωνικού ζεύγους είναι 5:1, η συνολική σχέση μετάδοσης του αυτοκινήτου, όταν είναι σε εμπλοκή η πρώτη ταχύτητα του, θα είναι 20:1.

3. Η Θέση του Κιβωτίου Ταχυτήτων.

Στα σημερινά αυτοκίνητα το κιβώτιο ταχυτήτων συνδέεται κατευθείαν πάνω στον κινητήρα με μια κωνική προεξοχή του κελύφους του η οποία καλύπτει και το συμπλέκτη, έτσι σχηματίζεται μια ολόσωμη μονάδα πού περιλαμβάνει κινητήρα, συμπλέκτη και κιβώτιο ταχυτήτων και ευκολύνει πολύ την κατασκευή και την εγκατάσταση πάνω σ' αυτοκίνητο. Απ' την άλλη μεριά όμως κάνει δύσκολη την επιθεώρηση και τυχόν επισκευή του συμπλέκτη και την αφαίρεση του κιβωτίου ταχυτήτων για συντήρηση. Η στήριξη της ολόσωμης αυτής μονάδας γίνεται σε τρία ή τέσσερα σημεία με ελαστικά στηρίγματα. Παλαιότερα το κιβώτιο ταχυτήτων τοποθετούνταν μακρύτερα από τον κινητήρα και η μετάδοση της κίνησης γινόταν μ' έναν εύκαμπτο σύνδεσμο πού παρεμβάλλονταν σε κάποιο σημείο του άξονα. Η ύπαρξη ενός τέτοιου συνδέσμου ήταν απαραίτητη τόσο ,γιατί ή τοποθέτηση σε

απόλυτη ευθυγράμμιση κινητήρα και κιβωτίου ταχυτήτων ήταν πολύ δύσκολη, αλλά γιατί και αν ακόμα τα δύο αυτά συγκροτήματα έμπαιναν σε ευθυγράμμιση οι παραμορφώσεις που έπαιρνε το πλαίσιο άλλαζαν τη σχετική τους θέση.

3.1 Λόγοι που Δικαιολογούν την Υπαρξη του Κιβωτιού Ταχυτητων.

3.1.α. Το Κιβώτιο Ταχυτήτων πρέπει να μεταβάλλει τις στροφές και την ροπή του κινητήρα.

Για να ικανοποιηθούν κάθε φορά οι διαφορετικές ανάγκες των τροχών σε στροφές και ροπή χρειάζεται ένας **μηχανισμός μετασχηματισμού της ροπής και των στροφών.**

Ο μηχανισμός που κάνει το μετασχηματισμό της ροπής και των στροφών είναι το κιβώτιο ταχυτήτων.

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

Από την μηχανική όπως είναι γνωστό ότι στην περιστροφική κίνηση η ισχύς P , η ροπή στρέψεως M και η περιστροφική ταχύτητα η συνδέονται με την σχέση:

$$P = (M \cdot \eta) / 716,2 \text{ (PS)}$$

οταν η ροπή μετριέται σε Kpm και οι στροφές ανα λεπτό.

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

Η μετάδοση των στροφών μέσα από το κιβώτιο ταχυτήτων γίνεται με την βοήθεια των οδοντωτών τροχών.

Έτσι για να αποκριθεί ένα κιβώτιο ταχυτήτων στις διαφορετικές ανάγκες των τροχών σε ροπή και στροφές, πρέπει να διαθέτει μια σειρά οδοντωτών τροχών με διαφορετική σχέση μετάδοσης.

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

3.1.β. Το Κιβώτιο Ταχυτήτων πρέπει να Αντιστρέφει την Κίνηση.

Ένα απο τα χαρακτηριστικά του κινητήρα εσωτερικής καύσεως είναι οτι περιστρέφεται πάντοτε προς την ίδια φορά περιστροφής, χωρίς να μπορούμε ν'αντιστρέψουμε την κίνηση για να κινηθεί τ'αυτοκίνητο προς τα πίσω.

Η κίνηση του κινητήρα αντιστρέφεται μέσα στο κιβώτιο ταχυτήτων. Η αντιστροφή επιτυγχάνεται με την βοήθεια ενδιάμεσου τροχού.

3.1.γ. Το Κιβώτιο Ταχυτήτων πρέπει να Διακόπτει την Κίνηση.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό του κινητήρα εσωτερικής καύσεως είναι η αδυναμία του να ξεκινά με φορτίο, γιατί οταν είναι κρύος έχει ατελή καύση και δεν μπορεί ν'αναπτύξει αμέσως αυξημένη ροπή. Για τον λόγο αυτο πρέπει να έχουμε δυνατότητα να διακόπτουμε τη σύνδεση του κινητήρα με το υπόλοιπο σύστημα μεταδόσεως, ώστε ο κινητήρας να ξεκινάει χωρίς φορτία. Η αποσύνδεση αυτή, που έχει μόνιμο χαρακτήρα, επιτυγχάνεται μέσα στο κιβώτιο ταχυτήτων και λέγεται "νεκρό σημείο".

Αν δεν υπήρχε το νεκρό σημείο θα έπρεπε, κατά το ξεκίνημα του κινητήρα, να διατηρήσουμε το πεντάλ του συμπλέκτη πατημένο και ετσι δεν θα υπήρχε και η δυνατότητα ν'απομακρυνθεί ο οδηγός απο την θέση του κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κινητήρα.

3.1.δ. Το Θέμα της Κατανάλωσης Καυσίμου.

Ένα άλλο σοβαρό θέμα που πρέπει να εξετάσουμε είναι αυτο της κατανάλωσης καυσίμου. Η κατανάλωση ενός κινητήρα εξαρτάται απο τον αριθμό των στροφών που λειτουργεί. Για τον λόγο αυτο ο κινητήρας πρέπει να εργάζεται, όσο το δυνατόν

περισσότερο, στην περιοχή όπου η κατανάλωση είναι μικρότερη απ'ότι είναι στο υπόλοιπο φάσμα των στροφών λειτουργίας του. Αυτό επιτυγχάνεται με την επιλογή, για κάθε περίπτωση κινήσεως, της κατάλληλης ταχύτητας, δηλαδή με την επιλογή του κατάλληλου ζευγαριού οδοντωτών τροχών μέσα στο κιβώτιο ταχυτήτων. Τέλος για να εργάζεται ο κινητήρας στην περιοχή ελάχιστης κατανάλωσης χρησιμοποιείται και ο συνδιασμός μετατροπέα ροπής και αυτόματου κιβωτίου ταχυτήτων.

3.1.ε. Συμπέρασμα

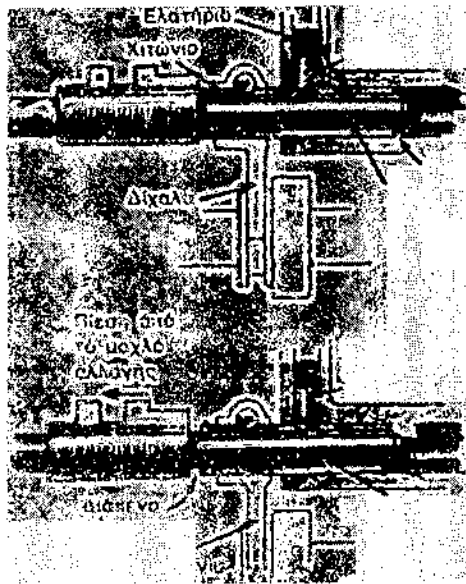
Μετά τα όσα αναφέραμε καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ένα κιβώτιο ταχυτήτων πρέπει να έχει τις εξής δυνατότητες:

1. Να αποσυμπλέκει τον κινητήρα από το υπόλοιπο σύστημα μεταδόσεως κατά μόνιμο τρόπο, δηλαδή να δίνει "νεκρό σημείο".
2. Να πραγματοποιεί αλλαγή της φοράς περιστροφής της κίνησης, ώστε το αυτοκίνητο να έχει δυνατότητα κινήσεως προς τα πίσω ενώ ο κινητήρας θα εργάζεται συνεχώς με ίδια φορά περιστροφής.
3. Να προσαρμόζει την κίνηση του κινητήρα στις ανάγκες των τροχών, δηλαδή να δίνει συνδυασμούς ροπής και στροφών ώστε τ'αυτοκίνητο να κινείται σε δεδομένη περίπτωση (ανηφόρα, ίσιο δρόμο κ.λπ.) με την απαιτούμενη ταχύτητα και με την όσο το δυνατόν μικρότερη απόκλιση από την ελάχιστη κατανάλωση.

3.2 Τήρηση της Θέσης των Τροχών.

Όπως αναφέραμε προηγουμένως, σ' όλα τα κιβώτια ταχυτήτων με οδοντωτούς τροχούς υπάρχει σύστημα που εξασφαλίζει τη σταθερότητα της εμπλοκής των τροχών και την αποφυγή της αναίτιας αποσύμπλεξης τους.

Το σχήμα 9 παρουσιάζει μια βελτιωμένη μορφή του συστήματος τήρησης της θέσης των τροχών που είχε χρησιμοποιηθεί σε αυτοκίνητα Vauxhall. Στην παρακάτω εικόνα του σχήματος ο τροχός



Σχήμα 9. μηχανισμός αλληλένδεσης ταχυτήτων

βρίσκεται στη θέση της εμπλοκής. Το δίχαλο με το οποίο κινείται ο τροχός αυτός εμποδίζεται να μετακινηθεί από ένα συρτή ο οποίος έχει εισχωρήσει στην εγκάθισή που έχει το χιτώνιο το οποίο περιβάλλει τη ράβδο επιλογής. Στην εικόνα φαίνεται ότι συμβαίνει όταν ο μοχλός αλλαγής ταχυτήτων αρχίζει να κινείται προς το «νεκρό σημείο» του. Η ράβδος επιλογής κινείται πρώτα μέσα στο χιτώνιο της όσο της επιτρέπει το διάκενο που υπάρχει ανάμεσα σ' ένα περιλαίμιο που βρίσκεται στο άκρο της ράβδου και της επίπεδης επιφάνειας στο άκρο του χιτωνίου. Η μικρή αυτή κίνηση βοηθά το παράλληλο μέρος του συρτή να βγει από την εγκοπή της ράβδου επιλογής και έτσι το κωνικό μέρος του πηδά ευκολότερα έξω από την εγκοπή και ευκολύνεται πολύ η αλλαγή της ταχύτητας.

3.3 Συντήρηση των Κιβωτίων Ταχυτήτων.

Αν η λίπανση του κιβωτίου ταχυτήτων είναι καλή, σπάνια παρουσιάζονται ανωμαλίες στη λειτουργία του. Η λίπανση γίνεται με εμβάπτιση, ένα μέρος δηλαδή του κιβωτίου είναι γεμάτο λάδι, συνήθως το ύψος του λαδιού φτάνει μέχρι τη μέση του ενδιάμεσου άξονα και οι υπόλοιποι τριβείς και τροχοί

λιπαίνονται με το λάδι που εκτοξεύεται προς όλες τις κατευθύνσεις από τους τροχούς του ενδιάμεσου που στρέφονται μέσα στο λάδι. Υπερβολική ποσότητα λαδιού δεν βοηθά στην καλύτερη λίπανση. Αυξάνει μόνο τις τριβές και προκαλεί απώλειες ισχύος και υπερθέρμανση του κιβωτίου. Τέλος, υπάρχει πάντα ο κίνδυνος, όταν η στάθμη του λαδιού είναι πολύ ψηλά, να περάσει στο στεγανωτικό δακτύλιο, που είναι ανάμεσα στο χώρο του συμπλέκτη και στο κιβώτιο ταχυτήτων, και να λερώσει το δίσκο, προκαλώντας ολίσθηση.

Εκτός από την ποσότητα και η ποιότητα του λαδιού παίζει ρόλο στην καλή λειτουργία του κιβωτίου και γι' αυτό πρέπει πάντα να ακολουθούνται οι οδηγίες του κατασκευαστή. Ακατάλληλη ποιότητα λαδιού μπορεί να προκαλέσει ζημιές στους τροχούς και μείωση της απόδοσης του κιβωτίου. "Αν δεν υπάρχουν άλλες οδηγίες από τον κατασκευαστή, τα λάδια του κιβωτίου ταχυτήτων πρέπει ν' αλλάζουν κάθε 8.000 ως 10.000 KM διαδρομής. Για την αλλαγή ανοίγει το πάνω και το κάτω πώμα του κιβωτίου και αφού στραγγίσει τελείως το παλιό λάδι πλένεται το κιβώτιο με λίγο φωτιστικό πετρέλαιο, αφήνεται και πάλι να στραγγίσει καλά και μετά τοποθετείται η κανονική ποσότητα λαδιού.

3.4 Νεώτερες Τάσεις στα Κιβώτια Ταχυτήτων.

Τα κιβώτια ταχυτήτων που περιγράψαμε παραπάνω, απαιτούσαν σημαντικές ικανότητες από τον οδηγό για να μπορέσει ν' αλλάξει ταχύτητα χωρίς να διαμαρτυρηθεί πολύ έντονα το κιβώτιο. Η μεγάλη διάδοση του αυτοκινήτου και η ανάληψη της οδήγησης του από ανθρώπους άσχετους τελείως προς την τεχνική της κατασκευής και της λειτουργίας του, ανάγκασε τους κατασκευαστές του να βρουν τρόπους απλοποίησης της αλλαγής των ταχυτήτων. Έτσι δημιουργήθηκε μια ολόκληρη σειρά βελτιωμένων και εξελιγμένων κιβωτίων, τα οποία είτε απαιτούν πολύ μικρή επιδεξιότητα από τον οδηγό για την αλλαγή των ταχυτήτων ή δεν απαιτούν καθόλου γιατί είναι τελείως αυτόματα. Έτσι δημιουργήθηκαν κιβώτια ταχυτήτων με επικυκλοειδείς τροχούς, κιβώτια με τροχούς μόνιμης εμπλοκής, κιβώτια με συγχρονιζόμενους τροχούς, κιβώτια προεπιλογής ταχυτήτων, κιβώτια με ηλεκτρικά ή μαγνητικά συστήματα αλλαγής και τέλος η ατέλειωτη σειρά των ημιαυτόματων και των τελείως αυτόματων κιβωτίων, που έχουν τα περισσότερα

αμερικάνικα και πολλά από τα ευρωπαϊκά αυτοκίνητα και για τα οποία θα μιλήσουμε παρακάτω.

Στα αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων δεν υπάρχει μοχλός αλλαγής ούτε ποδόπληκτρο συμπλέκτη. Οι αλλαγές γίνονται μόνες τους τις στιγμές που κανονίζει ένα σύστημα αισθητηρίων που λειτουργεί με τις στροφές του κινητήρα. Για το ξεκίνημα, το παρκάρισμα, την οπισθοπορία, και ορισμένες άλλες ειδικές περιπτώσεις πορείας, ο οδηγός διαθέτει ένα μικρό μοχλό επιλογής και μια θυρίδα στην οποία ένας μικρός δείκτης του λέει σε ποιο συνδυασμό βρίσκεται κάθε στιγμή ο μοχλός επιλογής των ταχυτήτων του.

3.5 Θέσεις του Μοχλού Αλλαγής Ταχυτήτων.

Για πολλά χρόνια ήταν πολύ της μόδας τα αυτοκίνητα που είχαν κιβώτια ταχυτήτων κλασικού τύπου, στα οποία η αλλαγή γινόταν με το χέρι, και είχαν το μοχλό αλλαγής ταχυτήτων εγκαταστημένο δίπλα στη στήλη του συστήματος οδήγησης του αυτοκινήτου, οπότε χρειαζόταν, βέβαια, μια ολόκληρη κινηματική αλυσίδα για τη μεταφορά της κίνησης του μοχλού μέχρι τους τροχούς του κιβωτίου. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα ενός τέτοιου συστήματος ήταν:

1. Ο μοχλός αλλαγής ταχυτήτων ήταν πολύ κοντά στο χειροτροχό οδήγησης κι έτσι το χέρι του οδηγού χρειαζόταν μικρή διαδρομή για να τον φτάσει.
2. Έμενε τελείως ελεύθερος ο χώρος δίπλα στον οδηγό, με κατάλληλη βέβαια τακτοποίηση του μοχλού της πέδης με το χέρι, και μπορούσε να καθήσει άνετα τρίτος επιβάτης στην εμπρόσθια θέση, αν το αυτοκίνητο είχε ένα μονοκόμματο κάθισμα (πάγκο) εμπρός και όχι δύο ανεξάρτητα καθίσματα.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα του ήταν:

1. Παρουσίαζε δυσκολία στους αρχάριους οδηγούς, να αντιλαμβάνονται σε ποιο σημείο κάθε φορά βρίσκεται ο μοχλός της αλλαγής ταχυτήτων, γιατί έτσι όπως ήταν οριζόντιος ο μοχλός ήταν δύσκολη ή επισήμανση των θέσεων του.

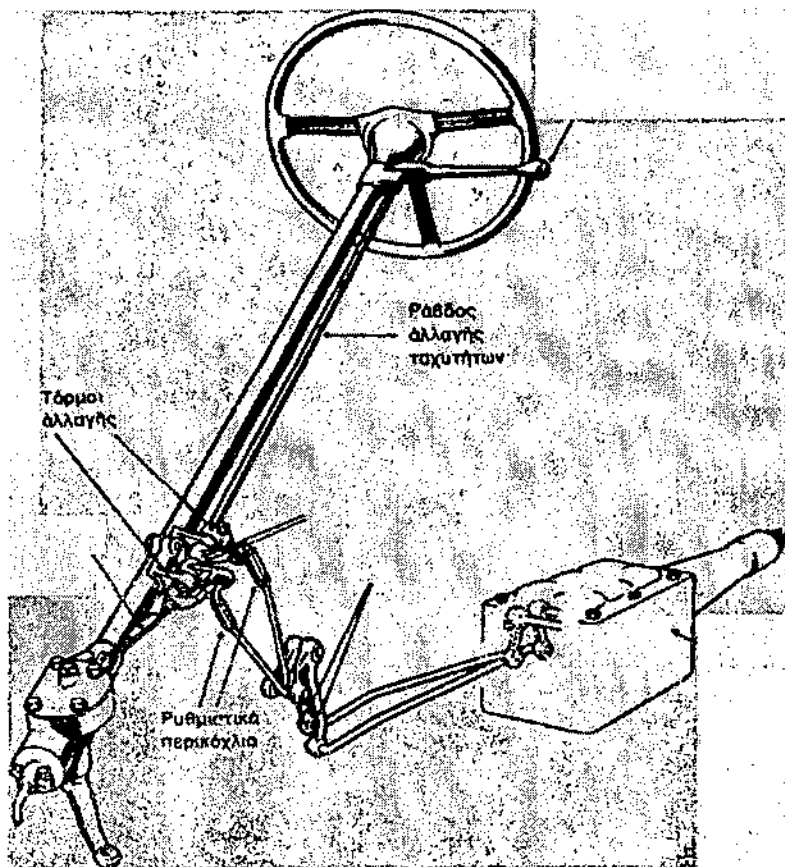
2. Η κινηματική αλυσίδα μεταξύ μοχλού και τροχών γίνεται αρκετά πολύπλοκη και έχει πολλά σημεία που παρουσιάζουν φθορές και χρειάζονται επιθεώρηση και συντήρηση.
3. Είναι πιο πολυδάπανο στην κατασκευή. Όταν παρουσιάσει φθορές η επισκευή και η ρύθμιση του είναι αρκετά πολύπλοκη.

Το σχήμα 10 παρουσιάζει την κινηματική αλυσίδα ενός μηχανισμού αλλαγής ταχυτήτων της Vauxhall για κιβώτιο τριών ταχυτήτων. Ο μοχλός αλλαγής ταχυτήτων μπορεί να κινηθεί και να διαγράψει ένα τόξο σε επίπεδο παράλληλο προς το χειροτροχό οδήγησης και επίσης να κινηθεί και να διαγράψει τόξο στο επίπεδο το κάθετο προς το προηγούμενο.

Η πρώτη κίνηση έχει σαν αποτέλεσμα τη στροφή της ράβδου αλλαγής ταχυτήτων, που είναι παράλληλη με τη στήλη οδήγησης και η δεύτερη κίνηση του μοχλού έχει σαν αποτέλεσμα την αξονική μετακίνηση της ίδιας ράβδου. Ο συνδυασμός των κινήσεων αυτών επιτρέπει στο μοχλό, και αντίστοιχα και στη ράβδο, να πάρουν πέντε διαφορετικές θέσεις, δηλαδή τρεις για τις ταχύτητες εμπρός και μία για την οπισθοπορία, καθώς και μια ενδιάμεση θέση για το νεκρό σημείο.

Ανάλογα με τη θέση στην οποία πηγαίνει η ράβδος αλλαγής πιάνει έναν από τους δύο μοχλούς αλλαγής ο οποίος με τη σειρά ελκυστήρων και μοχλών που έχει, δρα πάνω στα δίχαλα του κιβωτίου ταχυτήτων και μετακινεί τους τροχούς του.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί πως το κιβώτιο ταχυτήτων που φαίνεται στο σχήμα, έχει μια κωνική προέκτασή στο πίσω μέρος του.



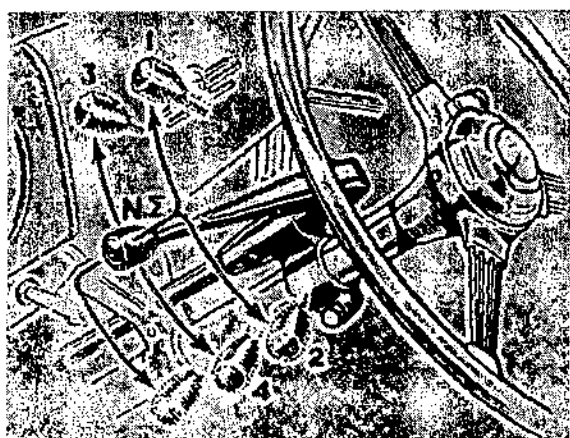
Σχήμα 10. Σύστημα αλλαγής ταχυτήτων Vauxhall με το μοχλό στη στήλη οδήγησης

μέσα στην οποία βρίσκεται ο πολυσφηνωτός σύνδεσμος μεταξύ του κιβωτίου ταχυτήτων και της ατράκτου, για τον οποίο θα μιλήσουμε παρακάτω. Έτσι εξασφαλίζεται η λίπανση του συνδέσμου αυτού και δεν χρειάζεται ιδιαίτερος λιπαντήρας.

Υπάρχουν διάφορες κατασκευές κιβωτίων ταχυτήτων με το μοχλό αλλαγής στη στήλη του συστήματος οδήγησης, οι οποίες μπορεί να διαφέρουν από άποψη σχεδίασης και κατασκευής, όλες όμως εργάζονται με την ίδια αρχή. Σε μερικές περιπτώσεις η κινηματική αλυσίδα είναι με μοχλούς και ελκυστήρες και σε άλλες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται εύκαμπτα συρματόσχοινα για να αποφεύγονται οι φθορές και η ανάγκη συντήρησης που έχουν οι μοχλοί και οι άξονες των υπομοχλίων τους.

Το σχήμα 11 παρουσιάζει τις διάφορες θέσεις που μπορεί να πάρει ο μοχλός αλλαγής ταχυτήτων σ' ένα κιβώτιο ταχυτήτων B. M. C. τεσσάρων ταχυτήτων. Για την επιλογή της πρώτης και της δεύτερης ταχύτητας χρειάζεται η έλξη του μοχλού πρώτα κατά τον άξονα της ράβδου επιλογής και μετά στροφή προς τα

επάνω ή προς τα κάτω. Για την τρίτη, την τέταρτη και το νεκρό σημείο αρκεί μόνο στροφή προς τα επάνω ή προς τα κάτω. Τέλος για την οπισθοπορία χρειάζεται πρώτα αξονική πίεση αντίθετη από την αξονική πίεση της πρώτης και δεύτερης ταχύτητας και στροφή προς τα κάτω. Το κιβώτιο ταχυτήτων της B. M. C. έχει σύστημα συγχρονισμού, για το οποίο θα μιλήσουμε παρακάτω, στη δεύτερη, τρίτη και τέταρτη ταχύτητα του



Σχήμα 11. Θέσεις μοχλού αλλαγής ταχυτήτων σε αυτοκίνητο B.M.C

Στα τελευταία χρόνια το σύστημα αλλαγής ταχυτήτων με το μοχλό στη στήλη του συστήματος οδήγησης έχει εγκαταλειφθεί τόσο στην Αμερική όσο και στην Ευρώπη και ο μοχλός ξαναγύρισε στο δάπεδο δίπλα στη θέση του οδηγού. Οι κυριότεροι λόγοι για την επάνοδο στα παλιά, είναι οι συχνές φθορές της κινηματικής αλυσίδας μεταξύ μοχλού και τροχών, όταν ο μοχλός είναι στη στήλη οδήγησης, το υψηλό κόστος κατασκευής του και η χρησιμοποίηση ανεξάρτητων καθισμάτων ανατομικού (εργονομικού) τύπου για τον οδηγό και τον επιβάτη του εμπρός καθίσματος μεταξύ των οποίων υπήρχε χώρος για το μοχλό αλλαγής ταχυτήτων.

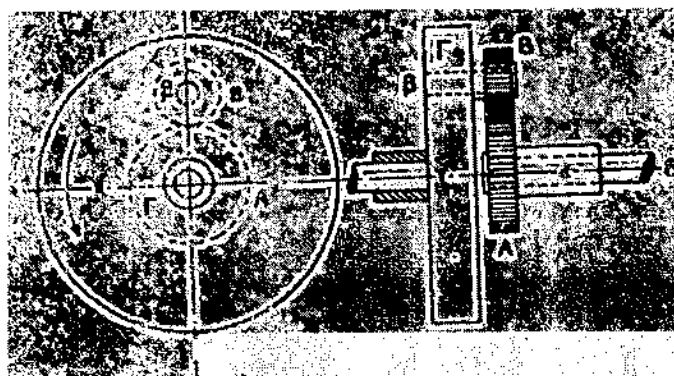
4. Οι Επικυκλωειδείς Τροχοί - Πλανητικά Συστήματα.

Το σύστημα αλλαγής της σχέσης μετάδοσης μεταξύ κινητήρα και τροχών με την παρεμβολή οδοντωτών τροχών που η κίνηση του ενός πάνω στον άλλο είναι επικυκλική ή υποκυκλική και που κατά κάποιο, όχι πολύ σωστό τρόπο

ονομάζουμε το σύστημα τους επικυκλοειδές και τους τροχούς επικυκλοειδείς, είναι γνωστό από τις πρώτες μέρες του αυτοκινήτου. Τα πρωτοποριακά αυτοκίνητα Lancaster και Ford είχαν τέτοια συστήματα, τα οποία αφού για πολλά χρόνια πέρασε σε αφάνεια, ξαναγύρισαν με εντονότατη παρουσία στα ημιαυτόματα ή αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων.

Το ειδικό χαρακτηριστικό των επικυκλοειδών συστημάτων είναι ότι για την αλλαγή της σχέσης μετάδοσης δεν χρειάζεται ν' αλλάξει η εμπλοκή τροχών, πράγμα αρκετά δύσκολο για τροχούς την ώρα που κινούνται. Αρκεί μόνο να σφίξει μια ταινιοπέδη γύρω από ένα κινούμενο τύμπανο για ν' αλλάξει η σχέση μετάδοσης. Με τους επικυκλοειδείς τροχούς η αλλαγή ταχύτητας γίνεται πολύ εύκολη.

Για να γίνει αντιληπτή η αρχή λειτουργίας του επικυκλοειδούς συστήματος τροχών, θα βοηθήσει πολύ το απλοποιημένο σχήμα 12, στο οποίο φαίνεται ένας

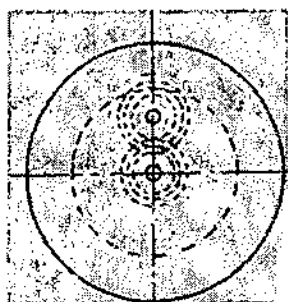


Σχήμα 12.
Επικυκλοειδής κίνηση

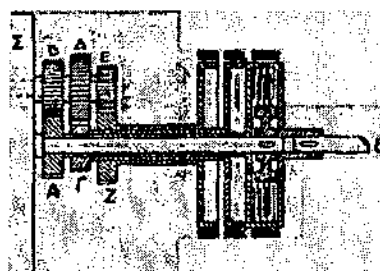
σφόνδυλος Γ, σ'ένα σημείο του οποίου υπάρχει ένας αξονίσκος β, γύρω από τον οποίο μπορεί να στρέφεται ένας μικρός τροχός Β, ο οποίος είναι σε μόνιμη εμπλοκή με τον τροχό Α ο οποίος μπορεί να στρέφεται ελεύθερα γύρω από τον

άξονα δ. Ο τροχός Α ονομάζεται «ήλιος» και ο τροχός Β ονομάζεται «πλανήτης» και όλο το σύστημα ονομάζεται και πλανητικό. Αν υποθέσουμε για μια στιγμή ότι ο τροχός Α κατά κάποιο τρόπο σταθεροποιείται και ότι ο σφόνδυλος Γ κινείται, είναι φανερό πώς ο τροχός Β θα αναγκαστεί να κυλίεται πάνω στο σταθερό τροχό Α και να πάρει δύο κινήσεις. Μία από την περιστροφή του άξονα του, πού ακολουθεί το σφόνδυλο και μία από την κύλιση του πάνω στον τροχό Α. Αν ο αριθμός των δοντιών του Α είναι τετραπλάσιος από τον αριθμό των δοντιών του Β, ο τροχός Β για κάθε στροφή του σφονδύλου Γ θα κάνει πέντε στροφές, δηλαδή μία από τη στροφή του σφονδύλου του οποίου μέρος είναι ο άξονας του τροχού Β και τέσσερις από την αναγκαστική κύλιση του πάνω στον τροχό Α. Ας υποθέσουμε στη συνέχεια πώς ο τροχός Α είναι ελεύθερος να στραφεί γύρω από τον άξονα τους αλλά ο τροχός Β είναι σφηνωμένος πάνω στο δικό του άξονα. Στην περίπτωση αυτή ο τροχός Β δρα σαν μια μικρή σφήνα μεταξύ του σφονδύλου Γ και του τροχού Α κι έτσι καθεμιά στροφή πού θα πάρει ο σφόνδυλος Γ θα μεταδοθεί αυτούσια στον τροχό Α, θα έχουμε δηλαδή κάτι ανάλογο με την κατευθείαν μετάδοση των κλασικών κιβωτίων ταχυτήτων. Με λίγη σκέψη μπορεί ν' αντιληφθεί κανείς πώς αν μια εξωτερική δύναμη έκανε τον τροχό Β να στραφεί πιο γρήγορα, ενώ ο σφόνδυλος θα στρέφεται σιγά κατά τη φορά του βέλους πού είναι στο σχήμα, τότε ο τροχός Α θα αναγκαστεί να στραφεί κατά την αντίστροφη φορά απ' αυτήν πού κινείται ο σφόνδυλος Γ.

Έχουμε λοιπόν ένα σύστημα με το οποίο μπορούμε να πετύχουμε δύο διαφορετικές ταχύτητες και μία οπισθοπορία. Αφού πήραμε μια ιδέα του τρόπου λειτουργίας ενός πλανητικού συστήματος, μπορούμε να δούμε πώς εργάζεται ένα πλανητικό κιβώτιο ταχυτήτων με δύο ταχύτητες εμπρός και μία ταχύτητα οπισθοπορίας, πού εμφανίζεται διαγραμματικά στο σχήμα 13. Εδώ υπάρχουν τρεις μικροί τροχοί, στη θέση του πλανήτη, πού αποτελούν έναν ολόσωμο πολλαπλό οδοντωτό τροχό, και ας ονομάσουμε τους τροχούς αυτούς Β, Δ και Ε. Οι τρεις αυτοί τροχοί εμπλέκονται ο καθένας μ' έναν ήλιο πού ονομάζουμε αντίστοιχα Α, Γ και Ζ. Οι τροχοί αυτοί συνδέονται με ομοκεντρικά χιτώνια, πού μπορεί ελεύθερα να στρέφονται το ένα πάνω στο άλλο με τρία τύμπανα έξω από τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν ταινιοπέδες



ΠΡΟΣΘΙΑ ΟΨΗ



ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΟΨΗ

Σχήμα 13. Σύστημα επικυκλοειδών τροχών δύο ταχυτήτων

πού σημειώνουμε αντίστοιχα με τα γράμματα Η, θ και Ι. Πρέπει να παρατηρήσουμε ότι ο άξονας του σφονδύλου Σ προεκτείνεται και αποτελεί τον άξονα περιστροφής του τροχού Α και όλων των συγκεντρικών χιτωνίων που συνδέουν τους τροχούς-ήλιους με τα τύμπανα τους. Στο άκρο του άξονα αυτού υπάρχει ένας συμπλέκτης με πολλαπλούς δίσκους που μπορεί να συμπλέξει σταθερά τον άξονα γ του σφονδύλου με τον άξονα δ που πάει στους τροχούς. Έτσι, όταν ενεργοποιηθεί ο συμπλέκτης αυτός έχουμε μια κατευθείαν μετάδοση από τον κινητήριο άξονα γ στον κινούμενο άξονα δ.

Η χαμηλή σχέση μετάδοσης επιτυγχάνεται αφήνοντας ελεύθερο το συμπλέκτη και εφαρμόζοντας την ταινιοπέδη που ακινητοποιεί το τύμπανο θ και οι δύο αυτοί χειρισμοί γίνονται με την πίεση ενός ποδόπληκτρου (ονομαζόμενο ποδόπληκτρο χαμηλής ταχύτητας) που βρίσκεται στα πόδια του οδηγού. Με την εφαρμογή της ταινιοπέδης θα ακινητοποιείται ο τροχός Γ και καθώς ο σφόνδυλος Σ αναγκάζει τους τροχούς Β και Δ να στρέφονται μαζί του, αναγκάζει τον τροχό Δ να κυλήσει γύρω από τον ακινητοποιημένο τροχό Γ και να στρέφεται με μικρότερη ταχύτητα. Τον αριθμό αυτό των στροφών μεταδίδει ο Δ στο Β και ο Β στον Α. Ο τροχός Α είναι συνδεδεμένος με το χιτώνιο του με το τύμπανο Κ, με το οποίο όμως είναι συνδεδεμένος και ο κινούμενος άξονας δ. Έτσι ο μειωμένος αριθμός στροφών του Δ μεταδόθηκε στον κινούμενο άξονα δ.

Αν υποθέσουμε ότι τα δόντια των τροχών είναι $B = 27$, $\Delta = 33$, $E = 24$, $A = 27$, $\Gamma = 21$ και $Z = 30$, τότε το ποσοστό της στροφής που θα έχει ο τροχός Δ από την κύλιση του πάνω στον τροχό Γ θα είναι:

$$1 - 21/33 = 12/33$$

για καθεμιά στροφή που θα παίρνει ο σφόνδυλος Σ . Τις μειωμένες αυτές στροφές ο τροχός Δ μέσω του B που είναι ολόσωμος με αυτόν, τις μεταδίδει αυτούσιες στον τροχό A , γιατί ο τροχός A έχει τον ίδιο αριθμό δοντιών με τον B . Έτσι ο ίδιος αριθμός στροφών φτάνει στον κινούμενο άξονα δ .

Η σχέση αυτή μετάδοσης μπορεί να εκφραστεί και διατυπωθεί και σαν σχέση $2,75:1$ ($2,75$ είναι το αντίστροφο της σχέσης $12/33$), πράγμα που σημαίνει ότι για κάθε $2,75$ στροφές του κινητήριου άξονα, ο κινούμενος άξονας παίρνει 1 στροφή.

Για την οπισθοπορία, πιέζοντας το ποδόπληκτρο της οπισθοπορίας λύνονται όλοι οι άλλοι συνδυασμοί και δένεται ή ταινιοπέδη H , ή οποία ακινητοποιεί τον τροχό Z και καθώς ο σφόνδυλος Σ στρέφεται, ο τροχός E αναγκάζεται να κυλήσει πάνω στον τροχό Z με ταχύτητα μεγαλύτερη από την ταχύτητα του σφονδύλου Σ , γιατί ο αριθμός των δοντιών του E είναι μικρότερος από τον αριθμό των δοντιών του Z . Θα αναγκαστεί δηλαδή για καθεμιά στροφή του Σ να πάρει:

$$30/24 = 1 \frac{1}{4}$$

Οι στροφές αυτές μέσω του τροχού B μεταδίδονται στον A και αφαιρούνται από τις στροφές που του δίνει ο Σ . Για καθεμιά λοιπόν στροφή του Σ θα έχουμε:

$$1 - 1 \frac{1}{4} = -1/4$$

στροφή του A και του κινούμενου άξονα δ που είναι μόνιμα συνδεδεμένος με αυτόν.

Το αρνητικό σημείο του αποτελέσματος της αφαίρεσης σημαίνει ότι το ένα τέταρτο αυτό της στροφής που θα πάρει ο δ θα έχει φορά αντίθετη από τη φορά των στροφών του Σ . Στην περίπτωση αυτή, δηλαδή, το πλανητικό αυτό σύστημα

δρα όπως ένα κλασικό κιβώτιο που είναι μπλεγμένοι οι τροχοί της οπισθοπορίας του.

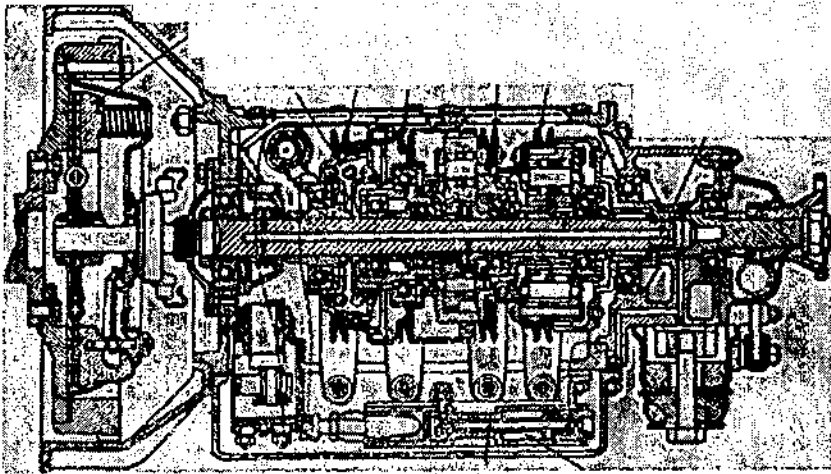
Για το ξεκίνημα του ο κινητήρας δεν πρέπει να είναι μπλεγμένος με το σύστημα μετάδοσης της κίνησης. Η διάταξη αυτή στο συγκεκριμένο κιβώτιο επιτυγχάνεται με το συνδυασμό του μοχλού του χειρόφρενου με το συμπλέκτη. Όταν ο μοχλός της πέδης με το χέρι βρίσκεται στη μέση της διαδρομής του δρα πάνω στο συμπλέκτη και τον κρατά αποσυμπλεγμένο.

Πρέπει να σημειωθεί, ότι όταν και οι δύο ταινιοπέδες είναι ελεύθερες, είναι αποσυμπλεγμένος και ο συμπλέκτης και ότι υπάρχει σύστημα που εξασφαλίζει το δέσιμο μόνο μιας από τις πέδες κάθε φορά.

5. Το Σύστημα Μετάδοσης De Normanville.

Ένας ενδιαφέρων συνδυασμός πλανητικών οδοντωτών τροχών είχε χρησιμοποιηθεί παλαιότερα σε αυτοκίνητα Humber, γνωστός με το όνομα σύστημα De Normanville. Αν και το σύστημα αυτό έχει από πολλά χρόνια πάψει να χρησιμοποιείται, εξακολουθεί να έχει ενδιαφέρον σαν ένας έξυπνος συνδυασμός συστημάτων επικυκλοειδών τροχών που λειτουργούσαν με ταινιοπέδες οι οποίες ενεργοποιούνταν με υδραυλικά συστήματα.

Το σχήμα 14 παρουσιάζει μια τομή του συστήματος De Normanville, το οποίο μπορούσε να δώσει τέσσερις ταχύτητες εμπρός και μια πίσω, επιπλέον είχε και ένα μονόφορο συμπλέκτη, που επέτρεπε αυτόματη αποσύμπλεξη όταν το αυτοκίνητο κατέβαινε κατήφορο ή όταν κινούνταν με την κινητική του ενέργεια. Για το χειρισμό δεν υπήρχε ο κανονικός μοχλός αλλαγής ταχυτήτων, αλλά μόνο ένας μικρός μοχλός και μια θυρίδα ένδειξης της θέσης του μοχλού στο επάνω μέρος της στήλης του συστήματος οδήγησης σε μέρος εύκολο για χρήση από τον οδηγό. Για την αλλαγή ταχύτητας πιεζόταν πρώτα το ποδόπληκτρο του συμπλέκτη για να αποσυνδεθεί το σύστημα μετάδοσης από τον κινητήρα, μετά ο μικρός μοχλός μετακινούνταν στη θέση της επιθυμητής ταχύτητας, και αφηνόταν προοδευτικά ο συμπλέκτης. Η νέα ταχύτητα εμπλεκόταν αυτόματα και πολύ ομαλά



Σχήμα 14. Κιβώτιο ταχυτήτων De Normanville

Δοκιμές πού έγιναν με δυναμομετρική πέδη τύπου Heenan Highfield έδειξαν ότι ο βαθμός απόδοσης του συστήματος αυτού ήταν 99 % για την τρίτη ταχύτητα και 98 % για τη δεύτερη.

6. Κιβώτια με Τροχούς Μόνιμης Εμπλοκής.

Για ν' αποφύγουν την αλλαγή της εμπλοκής των τροχών την ώρα πού αυτοί βρίσκονται σε κίνηση και μάλιστα όταν έχουν διαφορετική περιφερειακή ταχύτητα ο ένας από τον άλλο, οι κατασκευαστές αυτοκινήτων δημιούργησαν κιβώτια μέσα στα όποια οι τροχοί του δευτερεύοντα άξονα γυρίζουν ελεύθεροι πάνω σ' αυτόν και είναι μόνιμα σ' εμπλοκή με τους αντίστοιχους τροχούς του ενδιάμεσου. Δίπλα από κάθε τροχό του δευτερεύοντα υπάρχει ένας δακτύλιος συνδεδεμένος με το δευτερεύοντα άξονα με πολύσφηνο, αλλά ελεύθερος να κινηθεί αξονικά πάνω σ' αυτόν. Το δίχαλο από τη ράβδο επιλογής πιάνει σ' ένα λαιμό του δακτυλίου αυτού. Καθένας από τους δακτυλίους αυτούς και ο τροχός στον όποιο αντιστοιχεί, έχουν από μια σειρά πλευρικών δοντιών με τα όποια ο καθένας δακτύλιος μπορεί να εμπλακεί με τον τροχό του όταν το δίχαλο του τον πιέσει προς την κατεύθυνση του τροχού. Όταν έχουμε συνδυασμό τροχών, τροχός και δακτύλιος είναι σε εμπλοκή, τότε ο συνδυασμός αυτός μεταφέρει ισχύ από τον ενδιάμεσο στο δευτερεύοντα, όπως ακριβώς γίνεται και στα κιβώτια πού λειτουργούν με ολίσθηση και εμπλοκή των δοντιών των ίδιων των τροχών.

6.1 Κιβώτια Ταχυτήτων με Συγχρονιζόμενους Τροχούς

Οποιαδήποτε βελτίωση της λειτουργίας των κιβωτίων ταχυτήτων κι αν παρουσίασε η εισαγωγή των συστημάτων της μόνιμης εμπλοκής των τροχών, δεν έπαυε να χρειάζεται μια επιδεξιότητα εκ μέρους του οδηγού για να μπορέσει να εμπλέξει δύο τροχούς ή ένα τροχό και ένα δακτύλιο που κινούνταν με διαφορετική ταχύτητα ο καθένας. Ιδιαίτερη δυσκολία παρουσιαζόταν για την εμπλοκή κατώτερης ταχύτητας, και δεν ήταν καθόλου σπάνιες οι περιπτώσεις που τα κιβώτια ταχυτήτων διαμαρτύρονταν πολύ έντονα για την έλλειψη επιδεξιότητας του οδηγού. Αποτελέσματα της προσπάθειας για τη δημιουργία κιβωτίων ταχυτήτων που να διευκολύνουν τους οδηγούς στην αλλαγή των ταχυτήτων, είναι η δημιουργία των κιβωτίων με συγχρονιζόμενους τροχούς, ή όπως απλούστερα λέγονται των συγχρονισμένων κιβωτίων.

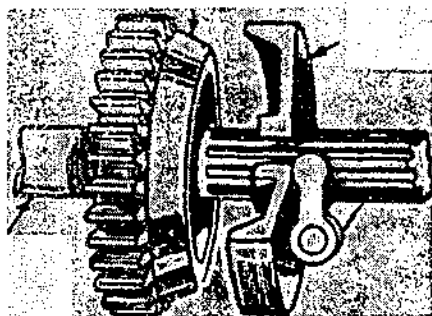
Τα πρώτα συγχρονισμένα κιβώτια ταχυτήτων κατασκευάστηκαν εδώ και πολλά χρόνια από τη General Motors της Αμερικής και αμέσως διαδόθηκαν σ' όλο τον κόσμο και σήμερα δεν κατασκευάζεται χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων που να μην έχει συγχρονιζόμενους τροχούς. Η αρχή της λειτουργίας του είναι πολύ απλή. Η δυσκολία στην εμπλοκή δύο τροχών ή δύο αξόνων γενικά που βρίσκονταν σε κίνηση, ήταν η διαφορετική ταχύτητα με την οποία κινούνταν. Αν πριν επιχειρήσει κανείς να εμπλέξει τους δύο αυτούς τροχούς μπορούσε να τους συγχρονίσει, να τους κάνει δηλαδή να κινούνται με την ίδια ταχύτητα, η εμπλοκή θα ήταν πολύ εύκολη και χωρίς κακόηχες διαμαρτυρίες από το κιβώτιο.

Το σχήμα 15 παρουσιάζει έναν απλό μηχανισμό συγχρονισμού. Ο τροχός που κινείται ελεύθερος πάνω στον άξονα και πρόκειται να συγχρονιστεί με αυτόν, έχει μια κωνική επιφάνεια στο πλευρό της οδόντωσης του. Πάνω στο πολύσφηνο του άξονα μπορεί να κινηθεί αξονικά ένας δίσκος που έχει μια εσωτερική κωνική επιφάνεια που αντιστοιχεί στην εξωτερική επιφάνεια του τροχού. Μ' ένα δίχαλο ή μ' ένα ωστήριο πιέζεται ο δίσκος προς τον τροχό και οι δύο κωνικές επιφάνειες έρχονται σ' επαφή και δρουν σαν κωνικός συμπλέκτης. Όσο περισσότερο πιέζεται ο δίσκος πάνω στον τροχό τόσο η επαφή των δύο κώνων γίνεται καλύτερη και ο τροχός παρασύρεται από τον άξονα, λόγω της τριβής μεταξύ των δύο κώνων, και ο αριθμός των στροφών του τροχού και του άξονα εξισώνεται. Αν τώρα η κυλινδρική επιφάνεια του δίσκου είχε τον ίδιο αριθμό δοντιών με τον τροχό και υπήρχε μια οδοντωτή στεφάνη αρκετά πλατιά που να μπορεί να καλύψει και τους

δύο τροχούς, θα ήταν εύκολο να ολισθήσει από τον ένα στον άλλο και να εξασφαλίσει θετική σύμπλεξη των δύο τροχών.

Το σχήμα 16 παρουσιάζει ένα σύστημα συγχρονισμού που είχε χρησιμοποιηθεί παλαιότερα και που εφαρμόζονταν στα ζεύγη των τροχών που συνδυάζονταν για να γίνει η δεύτερη, η τρίτη και η τέταρτη ταχύτητα. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνταν δύο συστήματα συγχρονισμού (σύστημα Synchromesh).

Το σύστημα συγχρονισμού μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε είδος οδοντώσεων και έτσι οι τροχοί μπορούν να έχουν ελικοειδή δόντια, που ή λειτουργία τους είναι πολύ πιο αθόρυβη από τα ευθύγραμμα δόντια. Για να γίνει η σύμπλεξη των τροχών όσο είναι δυνατό πιο ομαλή στο μοχλό που προκαλούσε την εμπλοκή, είχαν προστεθεί δύο χαλινωτήρια με λάδι.

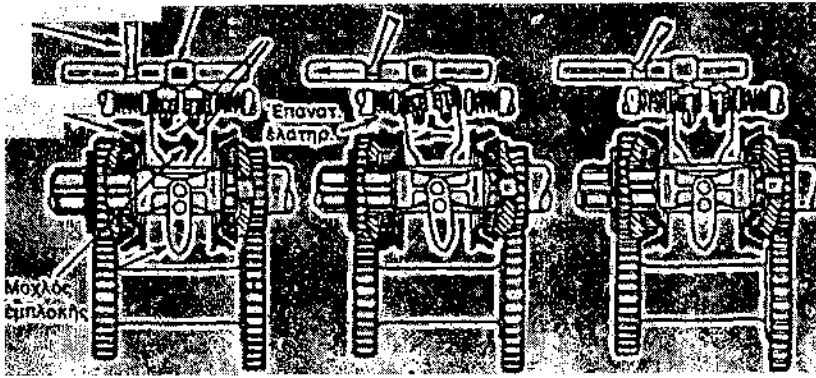


Σχήμα 15. Απλό σύστημα συγχρονισμού

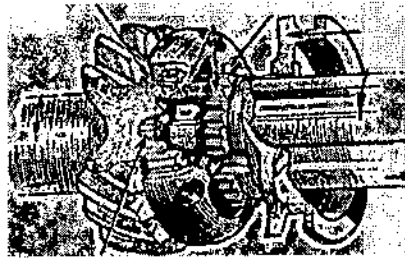
7. Βελτιώσεις στα Συστήματα Συγχρονισμού.

Τα πρώτα συστήματα συγχρονισμού είχαν μερικά μειονεκτήματα, τα κυριότερα από τα οποία ήταν ο θόρυβος που έκαναν αν η κίνηση του μοχλού αλλαγής της ταχύτητας ήταν πολύ γρήγορη και η φθορά που η γρήγορη αλλαγή προκαλούσε στους κώνους συγχρονισμού.

Ο τρόπος που υπερνικήθηκαν τα μειονεκτήματα αυτά φαίνεται στο σχήμα 17, που παρουσιάζει το σύστημα συγχρονισμού που είχε χρησιμοποιηθεί σε αυτοκίνητα Vauxhall. Η εικόνα παρουσιάζει την αρχή της κίνησης συγχρονισμού.



Σχήμα 16. Λειτουργία συστήματος συγχρονισμού



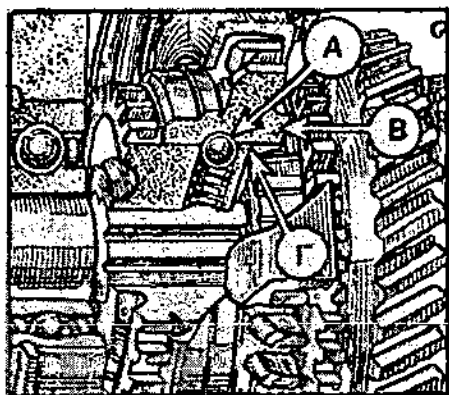
Σχήμα 17. Σύστημα συγχρονισμού Vauxhall

Η αρχική κίνηση του μοχλού αλλαγής ταχυτήτων καταλήγει στους κώνους συγχρονισμού και τους φέρνει σε ελαφρά επαφή, όσο ο μοχλός αλλαγής ταχυτήτων προχωρεί προς τη νέα θέση του, η πίεση ανάμεσα στους κώνους αυξάνει και συγχρόνως έχει αρχίσει η εμπλοκή των βοηθητικών τórμων μέσα στις εγκαθίσεις τους. Στη φάση αυτή γίνεται ο πλήρης συγχρονισμός των ταχυτήτων και εμποδίζεται ο μοχλός αλλαγής ταχυτήτων να προχωρήσει στη νέα θέση του αν δεν τελειώσει ο συγχρονισμός. Όταν ο συγχρονισμός τελειώσει, οι οδοντώσεις εμπλοκής εισέρχονται η μία μέσα στην άλλη και εξασφαλίζεται η μετάδοση της ισχύος από τον έναν άξονα στον άλλο.

Μια πολλή διαδομένη μέθοδος συγχρονισμού είναι αυτή των αυτοκινήτων B. M. C. που χρησιμοποιεί μια σειρά από σφαίρες με ελατήρια στο εξάρτημα που έχει τον εσωτερικό κώνο. Το εξάρτημα αυτό αποτελείται από δύο κομμάτια, ένα εσωτερικό που φέρει τον εσωτερικό κώνο και από ένα εξωτερικό συγκεντρικό με το εσωτερικό που μπορεί να γλιστρά πάνω στην οδόντωση του πρώτου όταν η πίεση γίνει τόσο

ώστε να αναγκάσει τα ελατήρια των σφαιρών που είναι ανάμεσα στα δύο κομμάτια να υποχωρήσουν. Όταν το εξωτερικό κομμάτι αναγκάσει τις σφαίρες να υποχωρήσουν, η πίεση μεταξύ των δύο κώνων έχει γίνει τόση ώστε ο συγχρονισμός έχει ολοκληρωθεί και μπορεί τώρα το εξωτερικό κομμάτι προχωρώντας να εμπλακεί με την οδόντωση που είναι στο πλευρό του τροχού και να αποκαταστήσει τη μετάδοση της ισχύος.

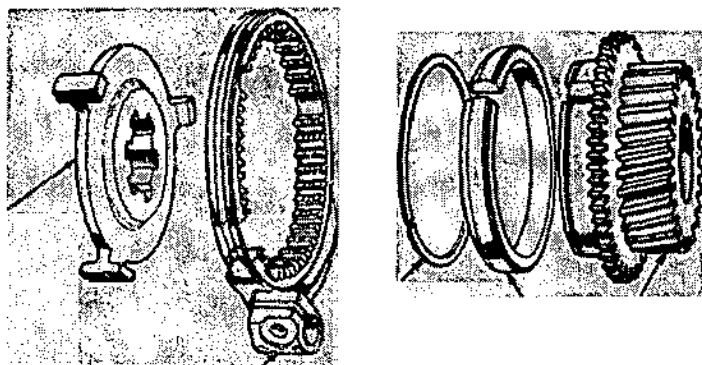
Το σχήμα 18 παρουσιάζει το σύστημα αυτό όπως είχε εφαρμοστεί σε αυτοκίνητα Austin. Το εσωτερικό κομμάτι Γ φέρει τον εσωτερικό κώνο, ενώ το εξωτερικό Β φέρει την οδόντωση που εμπλέκεται με την πλευρική οδόντωση του τροχού. Ανάμεσα από τα δύο κομμάτια φαίνεται μία από τις σφαίρες Α με το ελατήριο της. Όταν ο μοχλός αλλαγής ταχυτήτων αρχίζει να πιέζει, το εσωτερικό και το εξωτερικό κομμάτι κινούνται μαζί και αρχίζει η επαφή των δύο κωνικών επιφανειών και ξεκινά ο συγχρονισμός. Όταν η πίεση του μοχλού γίνει τόση ώστε να υποχωρήσουν οι σφαίρες και να κινηθεί προς τα δεξιά το επάνω κομμάτι Β, ο συγχρονισμός έχει τελειώσει και μπορεί άνετα το κομμάτι Β να εμπλακεί με την πλευρική οδόντωση του τροχού.



Σχήμα 18. Λειτουργία συγχρονισμού με σφαίρες και ελατήρια

7.1 Το Σύστημα Συγχρονισμού Porsche.

Το σύστημα αυτό έχει μελετηθεί από το γερμανό μηχανικό Porsche, τον μελετητή των αυτοκινήτων Volkswagen και Porsche. Είναι σχετικά απλό, συμμαζεμένο και εύκολο στην αλλαγή των ταχυτήτων. Τα κιβώτια ταχυτήτων που κατασκευάζονται με το σύστημα αυτό δεν έχουν μεγαλύτερες διαστάσεις από τα κοινά κιβώτια ή τα κιβώτια με τα απλά συστήματα συγχρονισμού.



Σχήμα 19. Σύστημα συγχρονισμού Porsche

Το σχήμα 19 παρουσιάζει τα κομμάτια που αποτελούν το σύστημα συγχρονισμού Porsche. Ο κινούμενος τροχός, ο τροχός δηλαδή που πρόκειται να συνδεθεί με τον κινητήριο άξονα, έχει εκτός από την οδόντωση με ελικοειδή δόντια πάνω στην οποία «πιάνει» ο τροχός με τον οποίο αποτελεί ζευγάρι, και μια οδόντωση μεγαλύτερης διαμέτρου και μικρότερου πλάτους, καθώς και ένα λαιμό πάνω στον οποίο στερεώνεται με έναν ασφαλιστικό δακτύλιο ένας κωνικός δακτύλιος που έχει ένα άνοιγμα στην περιφέρεια του, όπως έχουν τα ελατήρια του εμβόλου. Ο κωνικός δακτύλιος είναι από σκληρυμένο χάλυβα. Έκτος από το συγκρότημα του τροχού υπάρχει ένας συμπλεκτικός δακτύλιος που έχει εσωτερική οδόντωση που αντιστοιχεί στη στενή οδόντωση του τροχού. Πίσω από το συμπλεκτικό δακτύλιο υπάρχει ο πολυσφηνωτός δακτύλιος που πιάνει στο πολύσφηνο του κινητήριου άξονα. Ο δακτύλιος αυτός έχει τρεις προεξοχές που «πιάνουν» μέσα σε αντίστοιχες εγκαθίσεις του συμπλεκτικού δακτυλίου, έτσι οι στροφές του κινητήριου άξονα μεταδίδονται από συμπλεκτικό δακτύλιο. Όταν ο συμπλεκτικός δακτύλιος πιέζεται από το δίχαλο προς τον κινούμενο τροχό, έρχεται πρώτα σ' επαφή με το κωνικό μέρος του κωνικού δακτυλίου και η τριβή που σχηματίζεται ανάμεσα τους μεταδίδει τις στροφές του κινητήριου άξονα στον κινούμενο τροχό κι έτσι τον συγχρονίζει. Όταν ο συμπλεκτικός δακτύλιος κινηθεί ακόμη περισσότερο προς τον τροχό, η εσωτερική οδόντωση του συμπλέκεται με τη στενή οδόντωση του τροχού

και αποκαθιστά τη μετάδοση της ισχύος. Λόγω της γρήγορης ανταπόκρισης του κωνικού δακτυλίου στην τριβή του συμπλεκτικού δακτυλίου, ο συγχρονισμός είναι πολύ ταχύς και η διαδικασία συγχρονισμού και εμπλοκής γίνεται πολύ γρήγορα.

7.2 Τύποι Συγχρονισμένων Κιβωτίων Ταχυτήτων.

Όταν πρωτοχρησιμοποιήθηκαν συστήματα συγχρονισμού ήταν περιορισμένα στις δύο υψηλότερες ταχύτητες του κιβωτίου, σιγά σιγά όμως το σύστημα επεκτάθηκε σ' όλες τις ταχύτητες της προς τα εμπρός κίνησης και μένει ασυγχρόνιστη η ταχύτητα όπισθοπορίας γιατί δεν πρόκειται ποτέ να χρησιμοποιηθεί την ώρα που κινείται το αυτοκίνητο.

Το συγχρονισμένο κιβώτιο ταχυτήτων Austin του σχήματος 3, έχει σύστημα συγχρονισμού στη δεύτερη, στην τρίτη και την τέταρτη ταχύτητα. Το κιβώτιο αυτό είναι ένα καλό παράδειγμα του τρόπου στήριξης του δευτερεύοντα άξονα με μια κωνική προεξοχή του κελύφους του κιβωτίου προς τα πίσω, στην άκρη της οποίας υπάρχει ένας ένσφαιρος τριβέας (ρουλεμάν). Με τη διάταξη αυτή μεγαλώνει η ζωή ολόκληρου του κιβωτίου και βελτιώνεται ο τρόπος στήριξης του εμπρόσθιου αρθρωτού συνδέσμου (σταυρού) της ατράκτου (του άξονα μετάδοσης της κίνησης).

Το σχήμα 3 περιλαμβάνει τον άξονα χειρισμού του συμπλέκτη και τους βραχίονες του, το μοχλό αλλαγής ταχυτήτων και τις ράβδους επιλογής. Οι τροχοί του έχουν ελικοειδή δόντια (λοξά δόντια). Οι σχέσεις μετάδοσης που δίνει το κιβώτιο αυτό είναι:

πρώτη ταχύτητα 4,03:1

δεύτερη ταχύτητα 2,43:1

τρίτη ταχύτητα 1,53:1

τέταρτη ταχύτητα 1:1

ταχύτητα όπισθοπορίας 5,17:1

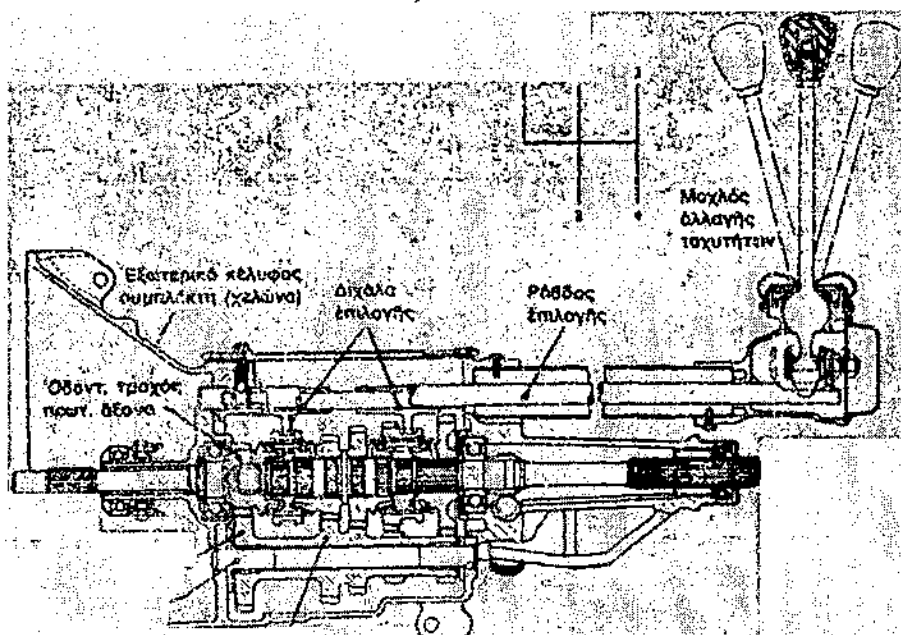
Αν οι παραπάνω σχέσεις μετάδοσης πολλαπλασιαστούν με τη σχέση μετάδοσης του κωνικού ζεύγους, που είναι αμέσως πριν από το διαφορικό, ή οποία είναι 5,43:1, θα έχουμε τις τελικές σχέσεις μετάδοσης μεταξύ κινητήρα και τροχών όπως παρακάτω:

πρώτη ταχύτητα 21,88:1
δεύτερη ταχύτητα 13,19:1
τρίτη ταχύτητα 8,30:1
τέταρτη ταχύτητα 5,43:1
οπισθοπορία 28,07:1

Ο ενδιάμεσος άξονας στο κιβώτιο αυτό στηρίζεται σε άπλά έδρανα ολίσθησης.

8. Τηλεχειρισμός Κιβωτίων Ταχυτήτων.

Σε πολλά αυτοκίνητα η θέση του μοχλού αλλαγής ταχυτήτων, ο οποίος βρίσκεται στο δάπεδο δίπλα στον οδηγό, είναι αρκετά μακριά από το ίδιο το κιβώτιο και χρειάζεται κάποιο ενδιάμεσο σύστημα για να μεταφέρει τις κινήσεις του μοχλού στο σύστημα επιλογής. Ένα καλό παράδειγμα τρόπου χειρισμού του κιβωτίου ταχυτήτων από τη θέση του οδηγού, είναι στο σχήμα 20, που παρουσιάζει το κιβώτιο



Σχήμα 20. Σύστημα αλλαγής ταχυτήτων με το μοχλό στο δάπεδο

ταχυτήτων που χρησιμοποιείται σε αυτοκίνητα Viva της Vauxhall. Ο πρωτεύοντας άξονας (το πριζ-ντιρέκτ) που βρίσκεται αριστερά μέσα στο κέλυφος (χελώνα) του συμπλέκτη, φέρνει την κίνηση μέσω του οδοντωτού τροχού του, στον πολλαπλό τροχό του ενδιάμεσου, που κινείται πάνω στον άξονα αυτόν με κυλίνδρους (βελόνες) και από τον πολλαπλό τροχό του ενδιάμεσου παίρνουν κίνηση οι τροχοί και ο ίδιος ο δευτερεύοντας.

Το κιβώτιο αυτό έχει τέσσερις ταχύτητες προς τα εμπρός, όλες συγχρονιζόμενες. Και η αλλαγή των ταχυτήτων γίνεται με την ευθύγραμμη και γωνιακή κίνηση της ράβδου επιλογής, η οποία κινεί αντίστοιχα τα δίχαλα που «πιάνουν» πάνω στις δύο μονάδες συγχρονισμού, μια για την τέταρτη και την τρίτη ταχύτητα και μια για τη δεύτερη και την πρώτη.

Ένα απλό, αλλά έξυπνο σύστημα, ασφαλίζει τα δύο δίχαλα επιλογής στη θέση του νεκρού σημείου πριν επιτρέψει σ' ένα τρίτο δίχαλο, που δεν φαίνεται στο σχήμα, να κινηθεί για να εμπλέξει ένα τροχό. Έτσι δεν υπάρχει κίνδυνος να είναι ελεύθερο για κίνηση περισσότερο από ένα δίχαλο κάθε φορά για εμπλοκή τροχού. Υπάρχει επίσης και ένα δίχαλο για την εμπλοκή του τροχού οπισθοπορίας τοποθετημένο στο πλευρό του κιβωτίου. Για να εμπλακεί η ταχύτητα οπισθοπορίας πρέπει να τραβηχτεί προς τα επάνω ο μοχλός αλλαγής ταχυτήτων, αντίθετα προς τη δύναμη ενός ελατηρίου που τον κρατά χαμηλά. Οι διάφορες θέσεις που παίρνει ο μοχλός αλλαγής ταχυτήτων, για τις διάφορες ταχύτητες του κιβωτίου, φαίνονται στο μικρό διάγραμμα που είναι αριστερά από το μοχλό στο σχήμα 20. Το μήκος του μοχλού είναι 15 περίπου εκατοστά.

Οι σχέσεις μετάδοσης είναι:

πρώτη ταχύτητα 3,765:1

δεύτερη ταχύτητα 2,213:1

τρίτη ταχύτητα 1,494:1

τέταρτη ταχύτητα 1:1

οπισθοπορία 3,707:1

Η σχέση μετάδοσης του κωνικού ζεύγους του κινητήριου άξονα (διαφορικού) είναι 4,12:1

Κιβώτια Ταχυτήτων με Δύο Ανώτερες Ταχύτητες.

Κατά τα τελευταία χρόνια παρατηρήθηκε ότι με τη χρησιμοποίηση σχετικά ισχυρών κινητήρων, η διαφορά σχέσεων μετάδοσης μεταξύ ανώτερης ταχύτητας και της αμέσως παρακάτω απ' αυτήν, ήταν πολύ μεγάλη και εμφανιζόταν πολύ μεγάλη πτώση ταχύτητας κατά την αλλαγή από την ανώτερη στην αμέσως κατώτερη ταχύτητα. Έτσι σε πολλά μοντέρνα αυτοκίνητα η μείωση της σχέσης μετάδοσης από την ανώτερη (τέταρτη) ταχύτητα στην αμέσως παρακάτω (τρίτη) είναι πολύ μικρότερη απ' ότι ήταν στα προηγούμενα κιβώτια που περιγράψαμε. Έτσι, ενώ στα δύο παραπάνω κιβώτια ο αριθμός στροφών στην τρίτη ταχύτητα είναι μικρότερος κατά 50% περίπου απ' ότι είναι στην τέταρτη, σ' ορισμένα σημερινά αυτοκίνητα η μείωση αυτή είναι γύρω στα 25 ως 30%. Ο συνδυασμός αυτός χρησιμοποιείται κυρίως σε αυτοκίνητα μεγάλης ισχύος ανά τόνο βάρους και τα όποια χρησιμοποιούν τις δύο μεγαλύτερες ταχύτητες τους σχεδόν αποκλειστικά. Τη μεν ανώτερη ταχύτητα τους έξω από τις πόλεις στους ανοιχτούς δρόμους, τη δε αμέσως μικρότερη μέσα στις πόλεις ή σε μεγάλη κυκλοφορία. Επειδή η διαφορά στροφών στις δύο αυτές ταχύτητες είναι μικρή, λένε, καταχρηστικά, πώς τα κιβώτια ταχυτήτων τους έχουν δύο ανώτερες ταχύτητες.

Το αυτοκίνητο με κινητήρα 1.500 cm^3 έχει συνολική σχέση μετάδοσης στην ανώτερη ταχύτητα του κιβωτίου ταχυτήτων του 3,73:1, ενώ τα συνηθισμένα αυτοκίνητα έχουν συνολική σχέση μετάδοσης στην ανώτερη ταχύτητα τους 4,55:1. Έτσι το αυτοκίνητο είναι σαν να έχει υπέρ-πολλαπλασιασμό στροφών, στην ανώτερη ταχύτητα του, ενώ στην επόμενη ταχύτητα του έχει σχέση μετάδοσης 5,12:1, δηλαδή η μείωση των στροφών από την ανώτερη, την τέταρτη στην αμέσως επόμενη, την τρίτη, είναι 37% περίπου.

Το πλεονέκτημα του συνδυασμού αυτού είναι ότι το αυτοκίνητο μπορεί να κινηθεί με ταχύτητα 80 KM/H με 3.000 στρ/1' στον κινητήρα του, ενώ αν είχε το συνηθισμένο κιβώτιο ταχυτήτων θα έπρεπε να πάρει ο κινητήρας του 4.100 περίπου στροφές.

9. Κιβώτια Ταχυτήτων με Υπέρ-πολλαπλασιασμό των Στροφών του Κινητήρα (Overdrive).

Όταν η περίσσεια ισχύς του κινητήρα είναι ακόμη μεγαλύτερη, το αυτοκίνητο έχει αρκετή ισχύ να κινηθεί, σε καλό δρόμο και με μικρή κλίση, χωρίς να χρειάζεται μεγάλος αριθμός στροφών από τον κινητήρα. Αυτό όμως δεν είναι δυνατό με τα

συνηθισμένα κιβώτια ταχυτήτων πού οι σχέσεις πού δίνουν σ' όλες τις ταχύτητες, εκτός βέβαια από την ανώτερη πού είναι όταν η ταχύτητα του αυτοκινήτου περάσει τα 50 KM/H ενεργοποιεί ένα σωληνοειδές και εμπλέκει ένα πλανητικό σύστημα πού δημιουργεί τον υπέρ-πολλαπλασιασμό. Όταν το αυτοκίνητο επιβραδυνθεί κάτω από το παραπάνω όριο, το σύστημα υπέρ-πολλαπλασιασμού αποσυμπλέκεται μόνο του. Αν όμως ο οδηγός θέλει να βγάλει τον υπέρ-πολλαπλασιασμό, ανεξάρτητα προς την ταχύτητα πού κινείται, μπορεί να το κάνει είτε πατώντας μέχρι κάτω τον επιταχυντή του είτε διακόπτοντας το ρεύμα πού τροφοδοτεί το σωληνοειδές.

Τα συστήματα αυτά έχουν ένα μονόφορο συμπλέκτη πού λειτουργεί στην κατευθείαν μετάδοση, δεν λειτουργεί όμως όταν είναι σε εμπλοκή το σύστημα υπέρ-πολλαπλασιασμού. Έτσι ο κινητήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν βοηθητική πέδη όταν είναι σε εμπλοκή ο υπέρ-πολλαπλασιασμός, δεν μπορεί όμως όταν ο υπέρ-πολλαπλασιασμός δεν είναι σε εμπλοκή εκτός αν υπάρχει ειδικό σύστημα αναστολής της λειτουργίας του.

Συνήθως ο υπέρ-πολλαπλασιασμός μπορεί να λειτουργήσει όταν στο κανονικό κιβώτιο ταχυτήτων είναι σε εμπλοκή η ανώτερη ή αμέσως επόμενη ταχύτητα πού στα συνηθισμένα αμερικάνικα αυτοκίνητα είναι η τρίτη και η δεύτερη. Έτσι ο οδηγός διαθέτει τέσσερις συνδυασμούς ταχυτήτων (δηλαδή τρίτη με υπέρ-πολλαπλασιασμό, τρίτη χωρίς, δεύτερη με και δεύτερη χωρίς υπέρ-πολλαπλασιασμό), όλες κοντά στην ανώτερη ταχύτητα και μπορεί να διαλέξει κάθε φορά τον πιο καλύτερα προσαρμοζόμενο, στις ανάγκες της στιγμής, συνδυασμό.

Η συνολική σχέση μετάδοσης με τον υπέρ-πολλαπλασιασμό είναι συνήθως γύρω στο 3,1:1 ή το 3,5:1 με σχέση μετάδοσης του κωνικού ζεύγους του κινητήριου άξονα γύρω στο 4,3:1 ή το 4,8:1, πράγμα πού σημαίνει πώς η σχέση μετάδοσης του υπέρ-πολλαπλασιασμού είναι γύρω στο 0,72:1.

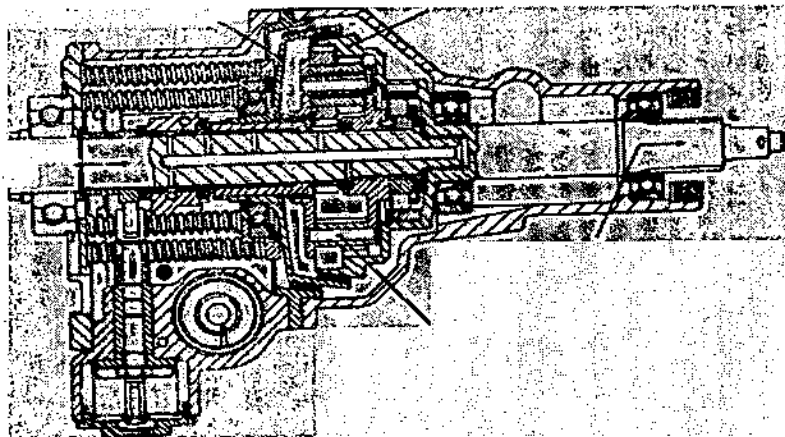
9.1 Πλεονεκτήματα της Ύπαρξης του Υπέρ-πολλαπλασιασμού.

Βασικό πλεονέκτημα της ύπαρξης συστήματος υπέρ-πολλαπλασιασμού σ' ένα αυτοκίνητο είναι ότι μπορεί να κινηθεί με μια ορισμένη ταχύτητα με μικρότερο αριθμό στροφών στον κινητήρα του απ' ό,τι θα χρειαζόταν αν δεν είχε υπέρ-πολλαπλασιασμό. Αποτέλεσμα αυτού είναι λιγότερη κατανάλωση καυσίμου και

λιπαντικών και μικρότερες φθορές στον κινητήρα, και τέλος πιο ομαλή λειτουργία. Στις περισσότερες περιπτώσεις, το σύστημα υπέρ-πολλαπλασιασμού είναι σ' ένα μικρό κιβώτιο προσαρμοσμένο στην έξοδο του κανονικού κιβωτίου ταχυτήτων και αποτελείται από ένα πλανητικό σύστημα με το μηχανισμό εμπλοκής και απεμπλοκής του.

9.2 Το Σύστημα Υπέρ-πολλαπλασιασμού Laycock De Normanville.

Στα ευρωπαϊκά αυτοκίνητα χρησιμοποιείται το σύστημα Normanville που κατασκευάζεται στα Εργοστάσια Laycock του Sheffield, σχήμα 21.



Σχήμα 21. Σύστημα υπέρ-πολλαπλασιασμού De Normanville

Το σύστημα υπέρ-πολλαπλασιασμού De Normanville αποτελεί μια ανεξάρτητη μονάδα που τοποθετείται σαν προέκταση του κανονικού κιβωτίου ταχυτήτων και δίνει μια σχέση υπέρ-πολλαπλασιασμού 0,82:1. Η μετάβαση από την κατευθείαν μετάδοση στον υπέρ-πολλαπλασιασμό, γίνεται με το χέρι και όχι αυτόματα ή ημιαυτόματα όπως στα αμερικάνικα κιβώτια υπέρ-πολλαπλασιασμού. Για το χειρισμό του υπέρ-πολλαπλασιασμού υπάρχει δίπλα στη στήλη του συστήματος οδήγησης (στην κολόνα του τιμονιού) ένας μικρός μοχλός, με τον οποίο αποκαθίσταται ή διακόπτεται το ρεύμα που ενεργοποιεί το σωληνοειδές που

κάνει την αλλαγή. Το σύστημα υπέρ-πολλαπλασιασμού μπορεί να εφαρμόζεται μόνο στην ανώτερη ταχύτητα του κιβωτίου ταχυτήτων ή στην ανώτερη και στην αμέσως επόμενη. Το σύστημα χρησιμοποιεί ένα κωνικό συμπλέκτη που λειτουργεί με υδραυλική πίεση. Ο συμπλέκτης αυτός σταθεροποιεί το πλανητικό σύστημα στη θέση της κατευθείαν μετάδοσης, πιάνει δε ομαλά και βαθμιαία. Όταν είναι πλήρως συμπλεγμένος κάνει ολόκληρο το σύστημα υπέρ-πολλαπλασιασμού να στρέφεται σαν ένα ολόσωμο κομμάτι που επιτρέπει στον κινητήρα να δρα σαν πέδη όταν το αυτοκίνητο κατεβαίνει ένα κατήφορο. Υπάρχει και ένας μονόφορος συμπλέκτης που δεν επιτρέπει στον κινητήρα να επιταχύνεται κατά το κατέβασμα των ταχυτήτων. Όταν ο οδηγός θέλει να εμπλέξει το σύστημα υπέρ-πολλαπλασιασμού, πιέζει τον ειδικό μοχλό και με ένα ηλεκτρικό σύστημα ανοίγει μια βαλβίδα, η οποία θέτει σε λειτουργία το υδραυλικό σύστημα το οποίο τραβά προς τα πίσω το συμπλέκτη που σταθεροποιεί τον ήλιο (το μεσαίο τροχό) του πλανητικού συστήματος και τον σταθεροποιεί πάνω στο κέλυφος του κιβωτίου. Έτσι θέτει σε λειτουργία το πλανητικό σύστημα για να κάνει τον υπέρ-πολλαπλασιασμό των στρεφών. Για την αλλαγή αυτή δεν χρειάζεται να πατηθεί ούτε το ποδόπληκτρο του συμπλέκτη ούτε ο επιταχυντής. Αρκετή ισχύς μεταδίδεται από το μονόφορο συμπλέκτη μέχρι να σταθεροποιηθεί αρκετά ο κωνικός συμπλέκτης και να προκαλέσει τη λειτουργία του υπέρ-πολλαπλασιασμού. Οι συμπλέκτες που χρησιμοποιούνται στα κιβώτια αυτά είναι υγρού τύπου και εργάζονται μέσα σε λάδι.

Από δοκιμές που έγιναν με αρκετούς τύπους αυτοκινήτων εφοδιασμένων με σύστημα υπέρ-πολλαπλασιασμού De Normanville, στο αυτοκινητοδρόμιο του Silverstone, βγήκε το συμπέρασμα ότι η ύπαρξη του συστήματος αυτού δημιουργεί μια οικονομία καυσίμου περίπου 16%. Επιπλέον, επειδή ο κινητήρας εργαζόταν σε σημαντικά χαμηλότερο αριθμό στρεφών, η λειτουργία του ήταν ομαλότερη και οι φθορές του μικρότερες. Το κιβώτιο υπέρ-πολλαπλασιασμού του σχήματος 22 είναι μια βελτιωμένη μορφή του ίδιου συστήματος και εργάζεται με βάση τις ίδιες αρχές και σε μερικές περιπτώσεις με κατάλληλο συνδυασμό ρυθμιστήρων έχει γίνει αυτόματο ή ημιαυτόματο. Στα αυτοκίνητα Austin A50 μπορούσε να τοποθετηθεί σαν έκτακτο εξάρτημα ένα αυτόματο κιβώτιο υπέρ-πολλαπλασιασμού που δρούσε σε συνδυασμό με τη δεύτερη, την τρίτη και την τέταρτη ταχύτητα του κιβωτίου ταχυτήτων, και έδινε τις παρακάτω συνολικές σχέσεις μετάδοσης:

Χωρίς υπέρπολλαπλασιασμό Με υπέρπολλαπλασιασμό

τέταρτη ταχύτητα	5,125:1	3,587: 1
τρίτη ταχύτητα	7,650:1	5,348: 1
δεύτερη ταχύτητα	12,310:1	8,617: 1

δηλαδή η σχέση υπέρ-πολλαπλασιασμού ήταν 0.70:1

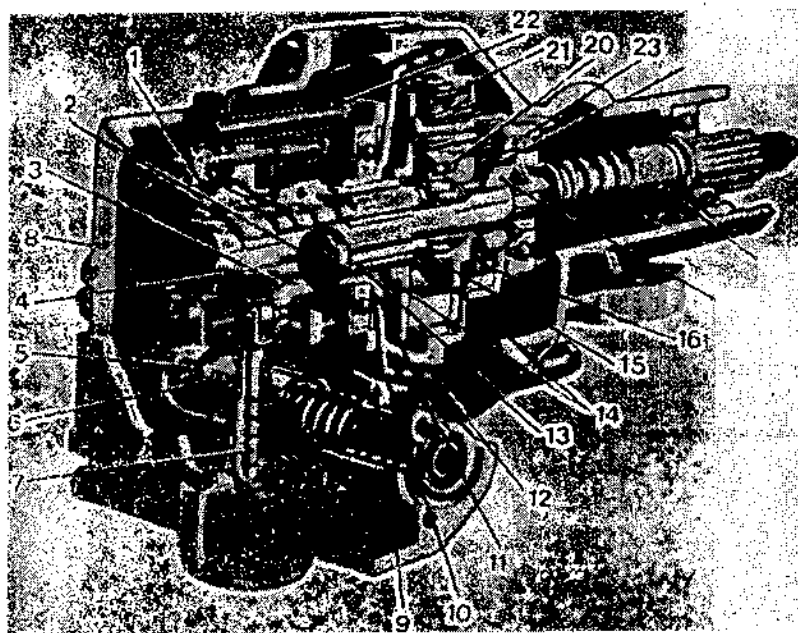
Το σχήμα 22 παρουσιάζει ένα κιβώτιο υπέρ-πολλαπλασιασμού Laycock De Normanville σε τομή, στην οποία φαίνονται το πλανητικό σύστημα, ο κωνικός συμπλέκτης και οι μηχανισμοί λειτουργίας. Στη θέση κατεύθεϊαν μετάδοσης, η ισχύς μεταδίδεται μέσω ενός μονόφωρου συμπλέκτη, ενώ το πλανητικό σύστημα είναι αδρανοποιημένο και γυρίζει όλο μαζί σαν ένα ολόσωμο κομμάτι. Ο κωνικός συμπλέκτης κρατά ακινητοποιημένο τον ήλιο με την οδοντωτή στεφάνη και ακινητοποιεί τα κομμάτια του συστήματος μεταξύ τους. Έτσι, το αυτοκίνητο μπορεί να κατέβει μια κλίση, με τον κινητήρα σαν βοηθητική πέδη, καθώς επίσης να κινηθεί σε οπισθοπορία με τη δύναμη του κινητήρα.

Στη θέση υπέρ-πολλαπλασιασμού η υδραυλική δύναμη, που δημιουργεί μια εμβολοφόρος αντλία που είναι μέσα στο κέλυφος του κιβωτίου, αναγκάζει τα ελατήρια, που κρατούν τον κωνικό συμπλέκτη με τη στεφάνη, να υποχωρήσουν και ο συμπλέκτης με τον εξωτερικό κώνο του συμπλέκεται σε μια ειδική κωνική στεφάνη που είναι στο εσωτερικό του κελύφους του υπέρ-πολλαπλασιασμού. Έτσι ο ήλιος του πλανητικού συστήματος, που είναι σε μόνιμη εμπλοκή με τον κώνο του συμπλέκτη, ακινητοποιείται. Τότε η κίνηση του κινητήρα που έρχεται στο φορέα των πλανητών, μεταδίδεται υπέρ-πολλαπλασιασμένη στη στεφάνη. Ο κινητήρας και πάλι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πέδη γιατί υπάρχει ο μονόφωρος συμπλέκτης που δρά σε συνδυασμό με τον κωνικό συμπλέκτη.

Για το χειρισμό του πλανητικού συστήματος χρησιμοποιείται ένα ηλεκτρικό σωληνοειδές το οποίο μ' έναν άξονα 5 στο σχήμα 22, ανασηκώνει την υδραυλική βαλβίδα 1. Ο άξονας χρειάζεται να στραφεί μόνο 6° για να ανασηκώσει τη βαλβίδα με μια σχέση μοχλών 3:1.

Η βαλβίδα 1 χρειάζεται ν' ανασηκωθεί μόνο 1,6 mm και για να ανασηκωθεί χρειάζεται μια δύναμη 4,53 KP από το σωληνοειδές, το οποίο έχει δύο παράλληλα

τύλιγμα, ένα ισχυρό για να ανασηκώσει τη βαλβίδα κι ένα ασθενέστερο για να την κρατά ανασηκωμένη. Ένας ειδικός διακόπτης με έμβολο ενεργοποιεί το δεύτερο τύλιγμα.



Σχήμα 22. Κιβώτιο υπέρ-πολλαπλασιασμού Laycock De Normanville

1. Βαλβίδα τρίσεψ
2. Έμβολο λειτουργίας ελατηρίων (22)
3. Έκκεντρο αντλίας
4. Κεντρικός άξονας
5. Άξονας που ανασηκώνει τη βαλβίδα (1)
6. Έμβολο δοχείου πίεσης
7. Έμβολο αντλίας
8. Κέλυφος κιβωτίου υπέρ-πολλαπλασιασμού
9. Σταθερός κώνος συμπλέκτη
10. Εξωτερική επένδυση κωνικού συμπλέκτη

11. Κωνικός συμπλέκτης
12. Εσωτερική επένδυση κώνου συμπλέκτη
13. Πολυσφηνωτό χιτώνιο κωνικού συμπλέκτη
14. Φορέας πλανητών
15. Ήλιος
16. Κυλινδρικοί μονόφορου συμπλέκτη.
17. Εσωτερικός δακτύλιος μονόφορου συμπλέκτη
18. Εξερχόμενος άξονας
19. Κεκλιμένα επίπεδα μονόφορου συμπλέκτη
20. Πλανήτες
21. Οδοντωτή στεφάνη
22. Ελατήρια κωνικού συμπλέκτη
23. Εξωτερικός δακτύλιος μονόφορου συμπλέκτη

Το σύστημα αλλαγής μπορεί να είναι είτε χειροκίνητο, όπως περιγράψαμε παραπάνω, είτε αυτόματο με ένα φυγοκεντρικό ρυθμιστήρα που ενεργοποιεί το σωληνοειδές σε ορισμένη ταχύτητα του αυτοκινήτου. Στα αυτόματα συστήματα υπάρχει πάντα και ένας χειροκίνητος διακόπτης που επιτρέπει στον οδηγό να επέμβει αν χρειάζεται. Αν θέλουν να περιορίσουν τη χρήση του υπέρ-πολλαπλασιασμού σ'ορισμένες ταχύτητες μόνο, τοποθετούν στο κιβώτιο ταχυτήτων ένα διακόπτη που απομονώνει το σύστημα ελέγχου του υπέρ-πολλαπλασιασμού, σ' όσες ταχύτητες δεν χρειάζεται.

Τέλος, στα αυτόματα συστήματα προστίθεται ένας διακόπτης που εξασφαλίζει ότι η παροχή ρεύματος στο σωληνοειδές δεν διακόπτεται όταν κλείσει το διάφραγμα του επιταχυντή (πεταλούδα του γκαζιού), ακόμα και αν η ταχύτητα πορείας του αυτοκινήτου, πέσει κάτω από το όριο λειτουργίας του υπέρ-πολλαπλασιασμού. Ο διακόπτης αυτός προλαβαίνει την απεμπλοκή του συστήματος υπέρ-πολλαπλασιασμού αν αφηθεί απότομα ο επιταχυντής όταν μειώνεται η ταχύτητα πορείας και αυτό γιατί η πείρα έδειξε ότι μια τέτοια απεμπλοκή του υπέρ-

πολλαπλασιασμού και επάνοδο στην απευθείας μετάδοση, προκαλεί απότομη επιβράδυνση και ισχυρή διαμαρτυρία των ελαστικών.

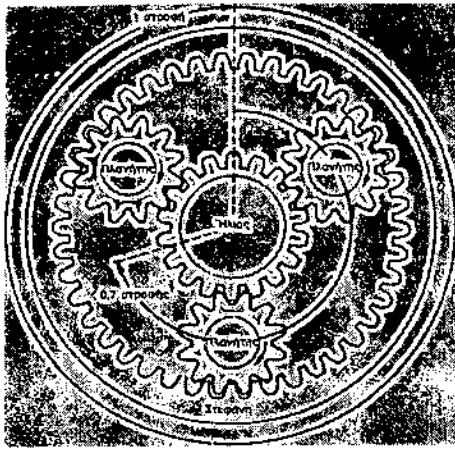
9.3 Το Σύστημα Υπέρ-πολλαπλασιασμού Borg-Warner.

Το σύστημα αυτό έχει εφαρμοστεί σε εκατομμύρια αμερικάνικα και σε λίγα αγγλικά αυτοκίνητα. Τοποθετείται πίσω από ένα συνηθισμένο συγχρονισμένο κιβώτιο ταχυτήτων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό είτε με μόνο την ανώτερη ταχύτητα του κιβωτίου ή με τις δύο ανώτερες. Για την αύξηση του αριθμού των στροφών χρησιμοποιείται ένα πλανητικό σύστημα. Όταν το πλανητικό σύστημα είναι εκτός λειτουργίας έχουμε τη χαμηλή σχέση μετάδοσης και όταν λειτουργεί έχουμε την υψηλή.

Υπάρχει και εδώ μονόφορος συμπλέκτης που επιτρέπει ελεύθερη κύλιση του αυτοκινήτου όταν το πλανητικό σύστημα είναι εκτός ενέργειας και η ταχύτητα πορείας πέσει κάτω από την ταχύτητα εμπλοκής του υπέρ-πολλαπλασιασμού.

Έτσι, η αλλαγή ταχυτήτων για ταχύτητα κάτω των 50 KM/H είναι εύκολη χωρίς να πατηθεί ο συμπλέκτης.

Η αρχή λειτουργίας του πλανητικού συστήματος που χρησιμοποιείται στον υπέρ-πολλαπλασιασμό αυτό φαίνεται στο σχήμα 23. Ο δευτερεύοντας άξονας του κιβωτίου ταχυτήτων συνδέεται με το φορέα των πλανητών, ενώ η στεφάνη συνδέεται με τον εξωτερικό δακτύλιο του μονόφορου συμπλέκτη και με αυτόν συνδέεται με τον άξονα που πηγαίνει στους κινητήριους τροχούς, μέσω βέβαια της ατράκτου και των αρθρωτών συνδέσμων (σταυρών). Όταν ο ήλιος κατά κάποιο τρόπο σταθεροποιηθεί, ο φορέας των πλανητών μεταδίδει την κίνηση που παίρνει από το δευτερεύοντα άξονα του κιβωτίου ταχυτήτων, πολλαπλασιασμένη επί το λόγο των στροφών του ως προς τις στρόφες της στεφάνης. Ο λόγος αυτός στο συγκεκριμένο σύστημα υπέρ-πολλαπλασιασμού είναι 0,70, δηλαδή όταν ο δευτερεύοντας άξονας και ο συνδεδεμένος με αυτόν φορέας των πλανητών παίρνουν 0,70 της στροφής, η στεφάνη θα παίρνει μια ολόκληρη στροφή.



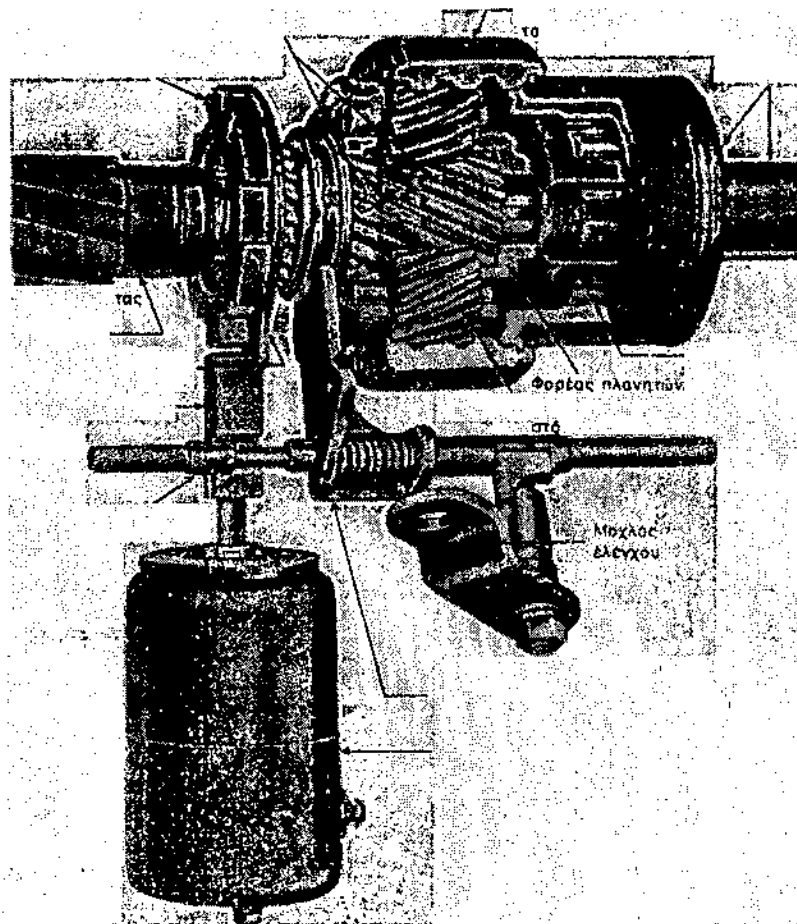
Σχήμα 23. Σύστημα πλανητικών τροχών.

Έτσι, αν η συνολική σχέση μετάδοσης ενός συγκεκριμένου αυτοκινήτου στη μεγαλύτερη ταχύτητα του κιβωτίου ταχυτήτων του και χωρίς υπέρ-πολλαπλασιασμό ήταν 5,0:1, όταν εφαρμοστεί το σύστημα υπέρ-πολλαπλασιασμού η συνολική σχέση μετάδοσης θα γίνει:

$$0,70 * 5: 1$$

δηλαδή 3,5:1

Το σχήμα 23 παρουσιάζει το σύστημα Borg-Warner όπως εφαρμόζεται σε αμερικάνικα αυτοκίνητα Ford και Mercury και φαίνονται καθαρά οι τροχοί του πλανητικού συστήματος, ο εισερχόμενος και εξερχόμενος άξονας, το σύστημα ελέγχου και το σωληνοειδές. Για να λειτουργήσει ο υπέρ-πολλαπλασιασμός πρέπει, όπως είπαμε, να σταθεροποιηθεί, να κρατηθεί δηλαδή ακίνητος ο ήλιος. Ένας φυγοκεντρικός διακόπτης ενεργοποιεί το σωληνοειδές όταν η ταχύτητα πορείας του αυτοκινήτου ξεπεράσει τα 50 KM/H. Η δύναμη του σωληνοειδούς πιέζει προς τα επάνω έναν οπλισμό που φέρει ένα τόρμο, ο οποίος έρχεται κοντά σ' ένα τροχό που έχει εγκοπές και βρίσκεται πάνω στο δευτερεύοντά άξονα του κιβωτίου ταχυτήτων, στο σημείο που μπαίνει μέσα στο σύστημα υπέρ-πολλαπλασιασμού.



Σχήμα 24. Σύστημα υπέρ-πολλαπλασιασμού Borg-Warner

Για να μην εμπλακεί απότομα ο δακτύλιος με τις εγκοπές στον τόρνο του σπλισμού του σωληνοειδούς, υπάρχει ένας ανασταλτικός δακτύλιος που δρα σαν το σύστημα συγχρονισμού του κιβωτίου ταχυτήτων. Για την ομαλή εμπλοκή πρέπει ο οδηγός ν' αφήσει στιγμιαία τον επιταχυντή του, για να επιβραδυνθεί στιγμιαία ο κινητήρας. Η κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου κάνει τη στεφάνη να εξακολουθήσει να στρέφεται και η κίνηση της αυτή ανάγκάζει τον ήλιο και τον ανασταλτικό δακτύλιο να κινηθούν προς την αντίθετη κατεύθυνση και τότε ο ανασταλτικός δακτύλιος επιτρέπει στον τόρνο του σπλισμού του σωληνοειδούς να εμπλακεί σε μια από τις εγκοπές του δακτυλίου και να σταθεροποιήσει τον ήλιο.

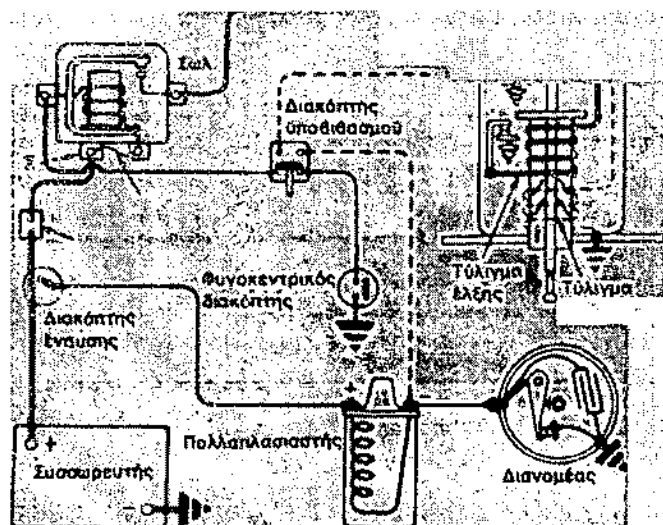
Για να σταματήσει η λειτουργία του υπέρ-πολλαπλασιασμού αφήνεται ο επιταχυντής ώσπου να πέσει η ταχύτητα πορείας κάτω από τα 50 KM/H. Τότε το ρεύμα στο σωληνοειδές διακόπτεται από το φυγοκεντρικό διακόπτη και ο

σπλισμός μαζί με τον τόρνο του από εμπλέκονται από το δακτύλιο με τις εγκοπές και ο ήλιος ελευθερώνεται.

Για τη μόνιμη εμπλοκή του υπέρ-πολλαπλασιασμού στη θέση της κατευθείαν μετάδοσης του κιβωτίου ταχυτήτων, υπάρχει ένα χειροκίνητο σύστημα, που φαίνεται στο κάτω μέρος του σχήματος 24, το οποίο όταν τραβηχτεί συνδέει μόνιμα ένα προεξέχοντα βραχίονα με ένα χιτώνιο με εγκοπές, το οποίο κινεί τότε προς τα δεξιά τον αριστερό πλανήτη και τον εμπλέκει με το φορέα των πλανητών.

Για την περίπτωση που θα χρειαστεί γρήγορα μια μεγάλη ροπή στρέψης, π.χ. για ένα ταχύ προσπέρασμα, ο οδηγός μπορεί να πατήσει ως κάτω τον επιταχυντή και τότε τίθεται έμμεσα σε λειτουργία ένας ειδικός διακόπτης υποβιβασμού, ο οποίος κόβει το ρεύμα από το σωληνοειδές και αμέσως το σύστημα μετάδοσης επανέρχεται από τον υπέρ-πολλαπλασιασμό στην κατευθείαν μετάδοση, με αντίστοιχη βέβαια αύξηση της ροπής στρέψης και της ικανότητας επιτάχυνσης του αυτοκινήτου. Για να επιστρέψει το σύστημα μετάδοσης στον υπέρ-πολλαπλασιασμό αρκεί ν' αφήσει λίγο ο οδηγός τον επιταχυντή.

Το σχήμα 25 παρουσιάζει τη συνδεσμολογία του ηλεκτρικού κυκλώματος ελέγχου του συστήματος υπέρ-πολλαπλασιασμού Borg-Warner, που περιλαμβάνει το φυγοκεντρικό διακόπτη, το σωληνοειδές και το διακόπτη

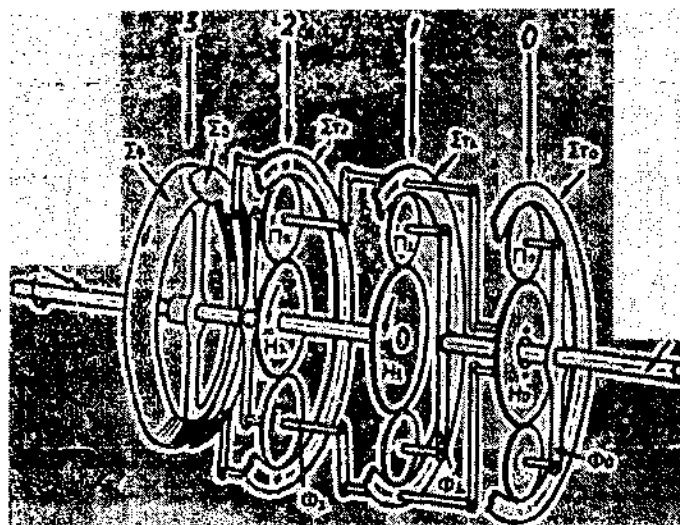


Σχήμα 25. Ηλεκτρικό σύστημα ελέγχου του Borg-Warner

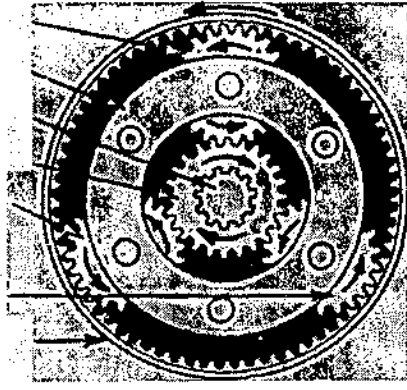
υποβιβασμού, καθώς και ένα διακόπτη υπερέντασης πού διακόπτει το κύκλωμα όταν η ένταση υπερβεί τα 20 αμπέρ. Το σωληνοειδές έχει δύο κυκλώματα, ένα ισχυρό για την αρχική προώθηση του σπλισμού του και ένα ασθενέστερο για τη συγκράτηση του στην έξω θέση του. Ένα ζεύγος επαφών κλείνει όταν κλείνει ο φυγοκεντρικός διακόπτης στην ταχύτητα των 50 KM/H και το άλλο απομονώνει το ισχυρό τύλιγμα όταν ο σπλισμός έρθει στην έξω θέση του.

10. Αυτοκίνητα με Δύο Κιβώτια Ταχυτήτων.(Βοηθητικό Κιβώτιο Ταχυτήτων).

Μια άλλη μέθοδος για να μεγαλώσει ο διατιθέμενος αριθμός βαθμίδων αλλαγής ταχυτήτων είναι να τοποθετηθεί, εκτός από το κανονικό κιβώτιο ταχυτήτων, με τρεις ή τέσσερις ταχύτητες, και ένα δεύτερο κιβώτιο σε σειρά με το πρώτο, σε κάποιο σημείο του συστήματος μετάδοσης της κίνησης, με δύο ή με τρεις βαθμίδες αλλαγής ταχυτήτων. Έτσι, το σύνολο των βαθμίδων πού αποκτά μ' αυτό τον τρόπο το αυτοκίνητο είναι το γινόμενο των αριθμών των βαθμίδων των δύο κιβωτίων. Κινητικά συστήματα έχουν απομακρυνθεί το ένα από το άλλο και οι πλανήτες έχουν περιοριστεί σε δύο για ευκολία κατανόησης. Στο σχήμα 26 φαίνεται η αρχή λειτουργίας των πλανητικών συστημάτων πού χρησιμοποιούνται στο σύστημα Wilson.



Σχήμα 26. Αρχή λειτουργίας κιβωτίου προεπιλογής Wilson.



Σχήμα 27. Αρχή λειτουργίας πλανητικού συστήματος οδοντωτών τροχών.

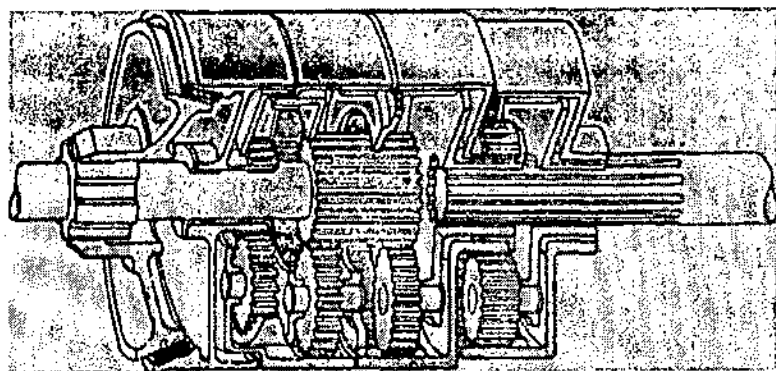
Αφήνοντας κατά μέρος προς στιγμή το σύστημα οπισθοπορίας O, σχήμα 26, το κυριότερο κινήτήριο μέλος είναι ο φορέας Φ των πλανητών του συστήματος 1 της πρώτης ταχύτητας. Ο ήλιος H₁ του συστήματος αυτού είναι συνέχεια του κινήτηριου άξονα του κινήτηρα. Αν η στεφάνη Σ₁ της πρώτης ταχύτητας ακινητοποιηθεί με το δέσιμο της ταινιοπέδης της, τότε η σχέση μετάδοσης είναι της πρώτης ταχύτητας και είναι ίση με:

$$1 + \eta_{\Sigma T_1} / \eta_{H_1} : 1$$

οπού $\eta_{\Sigma T_1}$ και η_{H_1} ο αριθμός των δοντιών της στεφάνης και του ήλιου αντίστοιχα.

Ας υποθέσουμε τώρα ότι λύνεται η ταινιοπέδη της πρώτης ταχύτητας και δένεται η ταινιοπέδη της δεύτερης. Ο ήλιος H₂ αυτού του πλανητικού συστήματος είναι και αυτός ολόσωμος με τον άξονα που έρχεται από τον κινήτηρα. Ο φορέας των πλανητών Φ₂ θα κινηθεί και εδώ με ένα κλάσμα των στροφών τον κινήτηρα και με την αυτή φορά. Τις στροφές αυτές τις μεταδίδει στη στεφάνη Σ₁ με την οποία είναι συνδεδεμένος και από τη στεφάνη Σ₁ οι στροφές έρχονται στο φορέα Φ₁ και του αυξάνουν τις δικές του στροφές. Έτσι, ο αριθμός στροφών που μεταδίδεται τώρα στην άτρακτο είναι μεγαλύτερος από ό,τι ήταν προηγουμένως.

Αυτή είναι η δεύτερη ταχύτητα



Σχήμα 28. Κιβώτιο προεπιλογής Wilson.

Για την ανώτατη ταχύτητα, την τέταρτη, όλες οι ταινιοπέδες είναι λυτές και δένεται μόνο ο κωνικός συμπλέκτης Σ_4 που είναι συνδεδεμένος με τον κινητήριο άξονα με τον κώνο Σ_3 που είναι συνδεδεμένος με τη στεφάνη Σ_{T2} . Οι ήλιοι H_2 και H_1 στρέφονται με την ταχύτητα του κινητήρα, εφόσον και η στεφάνη Σ_{T2} θα πάρει την ίδια ταχύτητα καμιά κίνηση μεταξύ των τροχών ολόκληρου του κιβωτίου δεν θα αλλάξει.

11. Συμπτώματα κακής λειτουργίας.

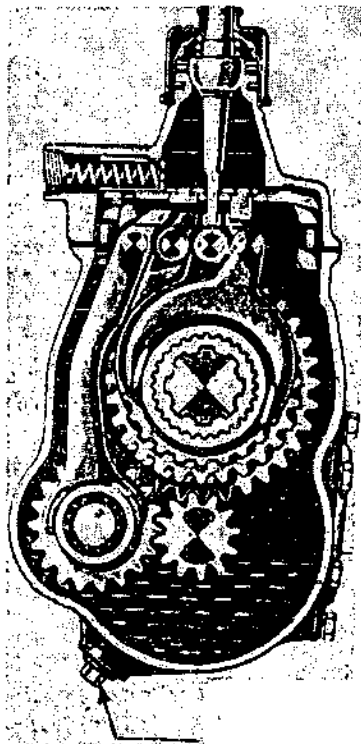
A. Το κιβώτιο παρουσιάζει θόρυβο.

Όταν λέμε ότι το κιβώτιο ταχυτήτων παρουσιάζει θόρυβο εννοούμε ότι λειτουργεί μ' έναν ασυνήθιστο θόρυβο (μικρής ή μεγάλης έντασης) που δεν ακούγεται σε κανονική κατάσταση.

Πρέπει να ξέρουμε ότι τα κιβώτια ταχυτήτων δημιουργούν θόρυβο ακόμη και όταν είναι σε καλή κατάσταση. Αυτός ο θόρυβος χαρακτηρίζεται φυσιολογικός. Για μείωση του φυσιολογικού θόρυβου και όχι αυτού που ακούγεται από κάποια βλάβη οι κατασκευαστές κάνουν μεγάλες προσπάθειες, όπως:

- Χρησιμοποιούν οδοντωτούς τροχούς με ελικοειδή οδόντωση.

- Φροντίζουν ώστε τα εξαρτήματα που δημιουργούν θόρυβο να είναι επιλεγμένης κατασκευής.



Σχήμα 29. Τομή κιβωτίου

- Τοποθετούν συστήματα συγχρονισμού για την αλλαγή των ταχυτήτων
- Κατασκευάζουν το κιβώτιο με ορισμένη μορφή ώστε να είναι αντηχητικό, δηλαδή να μην λειτουργεί σαν αντηχείο και να μην ενισχύει κάποιο θόρυβο που δημιουργείται από τη λειτουργία κάποιου εξαρτήματος . Οι αιτίες που προκαλούν έναν ασυνήθιστο θόρυβο μπορεί να είναι οι εξής:

α. Έλλειψη λιπαντικού

Ο θόρυβος προέρχεται από την εμπλοκή των δοντιών, από τους συγχρονιστές, από τις φουρκέτες που εφάπτονται στο αυλάκι και από τα ρουλεμάν. Η τριβή που δημιουργείται στα πιο πάνω εξαρτήματα προκαλεί υπερθέρμανση και φθορά. Παρατεταμένη λειτουργία χωρίς λιπαντικό ή με ελάχιστη ποσότητα θα έχει ως αποτέλεσμα την φθορά και αχρήστευση των εξαρτημάτων αυτών. Αν γίνει εντοπισμός του θορύβου έγκαιρα και ρίξουμε την κανονική ποσότητα λιπαντικού ο θόρυβος θα σταματήσει.

β. Φθορά εδράνων κινητήριας ατράκτου (πριζνιρέκτ)

Ο θόρυβος από τη φθορά των εδράνων της κινητήριας ατράκτου ακούγεται σ' όλες τις ταχύτητες και στο νεκρό. Αν είναι φθαρμένο το ρουλεμάν που είναι στο κέλυφος, τότε μόλις πατήσουμε το συμπλέκτη ο θόρυβος σταματά γιατί σταματά να περιστρέφεται και η κινητήρια άτρακτος. Στη περίπτωση όμως που είναι φθαρμένο το δακτυλίδι ή το ρουλεμάν στο σφόνδυλο τότε ο θόρυβος είναι μόνιμος.

γ. Φθορά του ρουλεμάν στήριξης της κινούμενης ατράκτου στο κέλυφος

Στην περίπτωση αυτή ο θόρυβος ακούγεται σ' όλες τις ταχύτητες αλλά σταματά στο νεκρό. Ακούγεται επίσης όταν τ' αυτοκίνητο παρασύρεται από τους τροχούς και το κιβώτιο βρίσκεται στο νεκρό.

δ. Φθορά του ρουλεμάν στήριξης της κινούμενης ατράκτου στην κινητήρια

Ο θόρυβος απ' αυτή την αιτία ακούγεται σ' όλες τις ταχύτητες και στο νεκρό και σταματά μόνο όταν πατάμε το συμπλέκτη.

ε. Φθορά ή θραύση στους οδοντωτούς τροχούς

Σ' αυτή την περίπτωση ο θόρυβος γίνεται περισσότερο αισθητός στις ψηλές στροφές

και σταματά στην απ' ευθείας μετάδοση όπου η κίνηση δεν μεταδίδεται από τον ενδιάμεσο άξονα.

στ. Φθορά στους συγχρονιστές.

Ο θόρυβος αυτός είναι περισσότερο αισθητός στην επιβράδυνση και πολλές φορές μοιάζει σαν συνεχές κουδούνισμα.

β. Δυσκολία ή αδυναμία επιλογής των ταχυτήτων

Οι κυριότερες αιτίες που δημιουργούν δυσκολία στην αλλαγή των ταχυτήτων είναι οι εξής:

α. Λανθασμένη ρύθμιση ρελαντί

Όταν αφήνουμε το γκάζι ο κινητήρας πρέπει να εργάζεται σ' ορισμένες στροφές (ρελαντί). Αν οι στροφές είναι περισσότερες από το κανονικό τότε παρουσιάζεται πρόβλημα και στο πέρασμα από μια ταχύτητα στην άλλη. Ο θόρυβος οφείλεται στο γεγονός ότι τα συμπλεκόμενα μέρη δεν έχουν τον απαραίτητο συγχρονισμό ταχυτήτων. Δηλαδή αν και αφήνουμε το γκάζι ο κινητήρας εργάζεται κατά τέτοιο τρόπο σαν να είναι λίγο πατημένο το γκάζι.

β. Ο συμπλέκτης δεν κάνει κανονική αποσύμπλεξη

Για να διαπιστώσουμε ότι η δυσκολία αλλαγής των ταχυτήτων προέρχεται απ' αυτή την αιτία κάνουμε τις εξής ενέργειες:

- Ελέγχουμε το ρελαντί και ρυθμίζουμε ώστε να έχουμε κανονικές στροφές.
- Ελέγχουμε τη στάθμη λιπαντικού στο κιβώτιο.
- Λειτουργούμε το κιβώτιο στη θέση νεκρό μέχρι να ζεσταθεί το λιπαντικό.
- Σηκώνουμε τους κινητήριους τροχούς.

- Επιλέγουμε την πρώτη ταχύτητα. Αν παρουσιασθεί δυσκολία τότε η βλάβη οφείλεται σε κακή αποσύμπλεξη.

Άλλες αιτίες για τη δύσκολη αλλαγή των ταχυτήτων ή την αδυναμία επιλογής είναι και οι πιο κάτω:

1. Φθορά ή θραύση της άκρης του λεβιέ ταχυτήτων.
2. Σφικτοί αξονίσκοι φουρκετών.
3. Σφικτή άρθρωση του μοχλού(λεβιέ) αλλαγής ταχυτήτων. Η άρθρωση αυτή απαιτεί κατά διαστήματα λίπανση.
4. Ελαττωματικές φουρκέτες (χαλάρωση των κοχλιών στηρίξεως στους αξονίσκους, φθορά, στρέβλωση).
5. Βλάβη στους συγχρονιστές.
6. Δύσκολη μετακίνηση ολισθαινόντων τροχών κινούμενης ατράκτου (σε κιβώτια που δεν έχουν σύστημα συγχρονισμού). Αυτό μπορεί να συμβεί από κτυπήματα κατά την επισκευή.
7. Στρεβλωμένοι ή κολλημένοι αξονίσκοι φουρκετών.
8. Κακή ρύθμιση ή φθορά αρθρώσεων στις ντίζες αλλαγής των ταχυτήτων. Αυτό παρατηρείται στ' αυτοκίνητα που δεν έχουν το κιβώτιο ταχυτήτων κάτω ή πολύ κοντά στο μοχλό επιλογής. Στην περίπτωση αυτή για να φθάσει η κίνηση από το λεβιέ στο συμπλέκτη χρειάζεται μεγάλη ντίζα. Αυτό όμως μπορεί να δημιουργήσει κάποιο πρόβλημα.

Γ. Πέταγμα της ταχύτητας

Όταν λέμε πέταγμα της ταχύτητας κατά την κίνηση του αυτοκινήτου εννοούμε το πέραςμα του μοχλού ταχυτήτων από κάποια ταχύτητα στο νεκρό σημείο.

Τα πιο πιθανά αίτια για το πέταγμα των ταχυτήτων είναι τα εξής:

1. Φθορά στις σφαίρες των αξονίσκων των φουρκετών
2. Εξασθένηση ή θραύση των ελατηρίων που συγκρατούν τις σφαίρες των αξονίσκων στη θέση τους.
3. Στρεβλωμένες φουρκέτες.
4. Χαλάρωση κοχλιών συγκρατήσεως των φουρκετών στον άξονά τους.
5. Υπερβολική φθορά δοντιών.

6. Μονόπλευρη Φθορά δοντιών.

7. Κακή ευθυγράμμιση κιβωτίου ταχυτήτων και κινητήρα.

Αυτό μπορεί να προέλθει από χαλάρωση των κοχλιών που συνδέουν τον κινητήρα, το συμπλέκτη και το κιβώτιο ταχυτήτων, από χαλάρωση των κοχλιών στις βάσεις του κινητήρα, από λανθασμένη τοποθέτηση του κιβωτίου στο κέλυφος του συμπλέκτη, κλπ.

Πολλά απ'αυτά δημιουργούνται ή από κακή χρήση ή από κακή συναρμολόγηση.

Δ. Λανθασμένη επιλογή ταχύτητας (μπέρδεμα ταχυτήτων)

Μία άλλη βλάβη των κιβωτιών ταχυτήτων είναι η λανθασμένη επιλογή ταχύτητας, δηλαδή εμείς να επιλέγουμε μία ταχύτητα και το κιβώτιο να εργάζεται σ' άλλη ταχύτητα.

Η λανθασμένη επιλογή ταχύτητας (το μπέρδεμα) γίνεται αμέσως αντιληπτή γιατί αν επιλεγεί μεγαλύτερη από τη ζητούμενη (π.χ. 3η αντί για 1η) τότε ο κινητήρας δεν θα μπορεί ν' ανταποκριθεί στην απαίτησή μας (δεν θα «τραβάει»). Αν όμως επιλεγεί μικρότερη ταχύτητα τότε θα έχουμε φρενάρισμα της μηχανής και ψηλό θόρυβο.

Οι αιτίες της λανθασμένης επιλογής των ταχυτήτων είναι:

1. Η φθορά της άκρης του λεβιέ ταχυτήτων.
2. Η φθορά της σφαιρικής άρθρωσης του λεβιέ ταχυτήτων.
3. Η εσφαλμένη τοποθέτηση φουρκετών κατά τη συναρμολόγηση.

Γενικά

Αφού λοιπόν περιγράψαμε τα κιβώτια ταχυτήτων στα επιβατηγά οχήματα (αυτόματα, ημιαυτόματα, χειροκίνητα), την αρχή λειτουργίας, τους λόγους ύπαρξης του κιβτίου ταχυτήτων, αλλά και τους τρόπους αντιμετώπισης προβλημάτων που συχνά παρουσιάζουν σωστό θα ήταν, λίγο πριν περάσουμε στον υπολογισμό βασικών εξαρτημάτων του κιβωτίου (άξονες, οδοντωτοί τροχοί, ρουλεμάν, τσιμούχες, σφήνες και πολύσφηνα) ,να πούμε κάποια βασικά πράγματα για αυτά τα εξαρτήματα και για τον ρόλο που έχουν.

• Άξονες

Άξονες γενικά λέμε κάθε στοιχείο μίας μηχανής με κυλινδρική διατομή σε όλο το μήκος του ή με ενδιάμεσα τμήματα άλλης διατομής ,τετραγωνικής, εξαγωνικής κλπ. με κανονική όμως συμμετρική μορφή.

Τους άξονες τους χωρίζουμε σε δύο κατηγορίες.Στην 1^η κατηγορία που ανήκουν εκείνοι που κατά την λειτουργία τους μένουν ακίνητοι (ηρεμοούν) ή μπορεί να περιστρέφονται, όπου χρησιμοποιούνται κυρίως για έδραση άλλων στοιχείων μηχανών που περιστρέφονται ή ταλαντεύονται και καταπονούνται σε κάμψη. π.χ. άξονες βαγωνιών τρένου.

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν όλοι οι άξονες που στρέφονται και μεταδίδουν ροπή στρέψεως και καταπονούνται σε στρέψη ή στρέψη και κάμψη.Αυτοί οι άξονες λέγονται άτρακτοι.

• Οδοντωτοί τροχοί

Οι οδοντωτοί τροχοί χρησιμοποιούνται για την μετάδοση της κίνησης απο μια άτρακτο σε μια άλλη. Η μετάδοση αυτή πραγματοποιείται, όταν τα δόντια του ενός τροχού εμπλέκονται με τα δόντια του συνεργαζόμενου.

Πλεονεκτήματα χρήσης οδοντωτών τροχών:

1. Ακρίβεια στις στροφές.
2. Μικρή συντήρηση (λίπανση κλπ.)
3. Δέχονται υπερφορτίσεις.
4. Μεγάλη διάρκεια ζωής.

5. Μεγάλη ασφάλεια λειτουργίας.
6. Μεγάλη αποδοση.

Μειονεκτήματα χρήσης οδοντωτών τροχών:

1. Θορυβώδης μετάδοση.
2. Μη μαλακή μετάδοση.
3. Υψηλό κόστος (κυρίως για μεγάλες αποστάσεις ατράκτων).

Η ταξινόμηση των οδοντωτών τροχών γίνεται στις παρακάτω κατηγορίες:

Κατηγορία Α: Μετωπικοί οδοντωτοί τροχοί (άτρακτοι παράλληλοι)

1. Παράλληλοι οδοντωτοί τροχοί (ή με ευθύγραμμα δόντια)
2. Ελικοειδείς οδοντωτοί τροχοί (ή με κεκλιμένα δόντια)

Τα πλεονεκτήματα των ελικοειδών οδοντωτών τροχών σε σχέση με τους παράλληλους οδοντωτούς τροχούς είναι:

- α. Λιγότερος θόρυβος.
- β. Μεταφέρουν μεγαλύτερη ισχύ (γιατί δουλεύουν περισσότερα δόντια).

Το μειονέκτημα είναι:

α. Οτι εκτός από την περιφερειακή και ακτινική δύναμη υπάρχει και αξονική δύναμη που οφείλεται στην κλίση των δοντιών.

3. Γωνιώδεις τροχοί (με διπλή κλίση δοντιών).
4. Συνεργασία οδοντωτού τροχού με οδοντωτό κανόνα (κρεμαγιέρα).

Κατηγορία Β: Κωνικοί οδοντώτοι τροχοί (άτρακτο τεμνόμενοι)

Κατηγορία Γ:

1. Συνεργασία οδοντωτού τροχού με ατέρμονα κοχλία (άτρακτοι ασύμβατοι).

2. Κοχλιωτοί οδοντωτοί τροχοί ή γενικά ελικοειδείς οδοντωτοί τροχοί κατάλληλοι για σύνδεση ατράκτων ασύμβατων.

• **Τριβείς κυλίσεως(ρουλεμάν)**

Οι τριβείς κυλίσεως χρησιμοποιούνται για έδραση και είναι στοιχεία στηρίξεως για περιστρεφόμενα μέρη μηχανών όπως άξονες, άτρακτοι κλπ. Αυτοί παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα απέναντι της άλλης μεθόδου με έδρανα τριβείς ολισθήσεως (κουζινέτα) και γι' αυτό χρησιμοποιούνται περισσότερο.

Τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα που έχουν είναι :

- α) Σε όλα τα μεγέθη υπάρχει διεθνής τυποποίηση με αποτέλεσμα να εξασφαλίζεται η εναλλακτικότητα.
- β) Η μικρή τριβή κατά την εκκίνηση.
- γ) Η ελάχιστη απαίτηση συντήρησης.
- δ) Το μεγάλο φορτίο αντοχής και λειτουργίας.
- ε) Η μεγάλη διάρκεια ζωής.

Ανάλογα με την καταπόνηση που δέχονται τους χωρίζουμε στις εξής κατηγορίες:

- 1) Μονόσφαιροι τριβείς με βαθύ αυλάκι. Είναι οι απλοί και πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι τριβείς. Δέχονται μεγάλα κυρίως ακτινικά αλλά και αξονικά φορτία.
- 2) Τριβείς γωνιακής επαφής. Οι μονόσφαιροι τοποθετούνται πάντα κατά ζεύγη με αντίθετη φορά και αντίστοιχη ρύθμιση του διακένου. Δέχονται ακτινικά φορτία και αξονικά μόνο απο την μία κατεύθυνση. Οι δίσφαιροι τριβείς είναι συνδυασμός δύο μονόσφαιρων και δέχονται δυνάμεις και απο τις δύο πλευρές.
- 3) Δίσφαιροι αυτορύθμιστοι. Σε αυτούς το εξωτερικό δαχτυλίδι έχει σφαιρική τροχιά κυλίσεως. Έτσι το ένα απο τα δύο δαχτυλίδια μπορεί να ταλαντεύεται ως προς το άλλο και να παίρνει τη θέση που έχει ο άξονας. Δέχονται ακτινικές και αξονικές δυνάμεις.
- 4) Κυλινδρικοί τριβείς. Αυτοί είναι λυόμενοι ως προς το ένα δαχτυλίδι. Ανάλογα με την κατασκευή τους δέχονται μόνο μεγάλα ακτινικά φορτία ή και μικρά αξονικά. Για μεγαλύτερα φορτία προσφέρονται τριβείς με δύο σειρές κυλίνδρων, με κυλινδρική ή κωνική σπή.

- 5) Τριβείς αυτορύθμιστοι μονής και διπλής σειράς βαρελίσκων. Η τροχιά περιστροφής στο εξωτερικό δαχτυλίδι είναι σφαιρική. Έτσι και στις δύο περιπτώσεις οι τριβείς αυτορυθμίζονται και προσαρμόζονται στις παρουσιαζόμενες συνθήκες λειτουργίας. Μεταφέρουν μεγάλα ακτινικά φορτία, αλλά και αξονικά.
- 6) Κωνικοί τριβείς. Οι επιφάνειες των κυλιόμενων στοιχείων και των δαχτυλιδιών είναι κωνικές. Οι τριβείς δέχονται μεγάλα αξονικά και ακτινικά φορτία σε μία κατεύθυνση και επιτρέπουν ρύθμιση ακριβείας τόσο αξονικά αλλά και ακτινικά. Κυρίως τοποθετούνται κατά ζεύγη με αντίθετη φορά.
- 7) Τριβείς βελονοειδείς. Προτιμούνται για τις μικρές τους διαστάσεις και ιδιαίτερα εκεί που δεν έχουμε χώρο. π.χ. έδραση άξονα μέσα σε άξονα. Δέχονται κυρίως αξονικά φορτία.
- 8) Αξονικοί τριβείς. Οι τριβείς αυτοί αποτελούνται από επίπεδους δίσκους και σφαιροκλωβό. Δέχονται μόνο ακτινικά φορτία.
- 9) Τριβείς αξονικοί βαρελοειδείς. Οι τριβείς αυτοί δέχονται μεγάλα αξονικά αλλά και ακτινικά φορτία. Λόγω της σφαιρικής μορφής της τροχιάς κυλίσεως του εξωτερικού δαχτυλιδιού, τα δαχτυλίδια αυτορυθμίζονται μεταξύ τους, έτσι που να μην επηρεάζεται η λειτουργία τους από λάθη ευθυγραμμίσεως.

• Τσιμούχα

Η εξασφάλιση της στεγανότητας των σημείων έδρασης των αξόνων, δηλαδή από την μία μεριά η παρεμπόδιση της εκροής του λιπαντικού και από την άλλη της εισροής ξένων σωματιδίων (σκόνη, ριγίσματα, νερό κλπ.) γίνεται με διάφορες κατασκευές και μεθόδους. Σε μία από αυτές τις κατασκευές, πολύ συχνά συναντάμε το ακτινικό δαχτυλίδι στεγανότητας του άξονα, την τσιμούχα.

• Σφήνες

Τις σφήνες τις χρησιμοποιούμε για να εξασφαλίσουμε την ακτινική στερέωση των πλημνών των τροχαλιών, των οδοντωτών τροχών και γενικά των στοιχείων μιας μηχανής που περιστρέφονται.

Οι σφήνες που χρησιμοποιούνται είναι δύο ειδών:

- 1) Οι διαμήκεις σφήνες που τοποθετούνται παράλληλα προς τον άξονα.
- 2) Οι εγκάρσιες σφήνες που τοποθετούνται κάθετα προς τον άξονα.

- **Πολύσφηνο**

Τα πολύσφηνα τα χρησιμοποιούμε για την μεταφορά μεγάλων και κρουστικών ροπών στρέψεως που οι πλήμνες είναι μετατοπιζόμενες αξονικά. Η ροπή στρέψεως μεταφέρεται μέσω περισσότερων επιφανειών. Τα πολύσφηνα είναι όργανα σύνδεσης μεταξύ των διαφόρων στοιχείων μηχανών. Η σύνδεση με πολύσφηνο είναι κυρίως διαδεδομένη στις εργαλειομηχανές και στα οχήματα.

ΜΕΡΟΣ Β'

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αφού ολοκληρώσαμε την γενικότερη θεωρία για την δημιουργία και τον υπολογισμό των κιβωτίων ταχυτήτων θα συνεχίσουμε κάνοντας μια εισαγωγή στο κιβώτιο που θα υπολογίσουμε και στην συνέχεια θα σχεδιάσουμε.

Σκοπός μας είναι να υπολογίσουμε και να σχεδιάσουμε ένα απλό κιβώτιο ταχυτήτων για μικρό γεωργικό μηχάνημα το οποίο θα διαθέτει δύο ταχύτητες για κίνηση προς τα εμπρός και μία ταχύτητα για κίνηση προς τα πίσω, ώστε να δείξουμε όσο πιο απλά γίνεται την λειτουργία του κιβωτίου αλλά και να κατανοήσουμε μέσα από τα σχέδια τον όρο "μετάδοση κίνησης". Η σύμπλεξη και η αποσύμπλεξη του κιβωτίου από τον κινητήρα θα γίνεται μέσω συμπλέκτη, στον οποίο όμως δεν θα αναφερθούμε περισσότερο.

Το κιβώτιο που θα υπολογίσουμε και θα σχεδιάσουμε θα αποτελείται από τρεις παράλληλους μεταξύ τους άξονες οι οποίοι θα φέρουν, αφού υπολογιστούν, τους κατάλληλους οδοντωτούς τροχούς μέσω των οποίων θα γίνεται η μετάδοση της κίνησης από τον κινητήρα στους τροχούς. Ο κινητήρας που επιλέξαμε και πάνω στον οποίο θα προσαρμόσουμε το κιβώτιο ταχυτήτων έχει απόδοση 17HP για τις 2200rpm και η στρεπτική ροπή σε αυτές τις στροφές είναι 53Nm.

Οι οδοντωτοί τροχοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα έχουν δόντια ελικοειδούς μορφής, των οποίων τη γωνία κλίσης (β_0) θα υπολογίσουμε παρακάτω. Η επιλογή των ελικοειδών οδοντωτών τροχών έγινε λόγω της ύπαρξης πλεονεκτημάτων όπως λιγότερος θόρυβος και μεγαλύτερη μεταφορά ισχύς λόγω των περισσότερων δοντιών που συνεργάζονται.

Επίσης το υλικό κατασκευής των οδοντωτών τροχών όπως και των ατράκτων επιλέξαμε να είναι χάλυβας St60 λόγω του χαμηλού κόστους και της υψηλής αντοχής που έχει.

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Αρχικά επιλέγω τις σχέσεις μετάδοσης που θα υπάρχουν μεταξύ των ταχυτήτων :

- Για την 1^η ταχύτητα : $i=4$
- Για την 2^η ταχύτητα : $i=3$
- Για την οπισθοπορεία : $i=4$

-Για το γρανάζι (1) :

Η αρχική διάμετρος του γραναζιού θα δίνεται από τον τύπο :

$$d_{01} = (4000/P_0) \times ((N_1 \times P_0 \times (i+1)) / (\eta_1 \times \psi_d \times i))^{1/3} \quad (1)$$

$$\psi_d = 0,45 \text{ (πίνακας 25)}$$

$$P_0 = 62 \text{ Kp/mm}^2 \text{ (πίνακας 26)}$$

$$\text{Άρα } d_{01} = (4000/62) \times ((17 \times 62 \times 2)/(3000 \times 0,45 \times 1))^{1/3} \Leftrightarrow$$

$$\underline{d_{01} = 75\text{mm}}$$

$$U_1 = (3000 \times 75)/(19,1 \times 10^3) \Leftrightarrow \underline{U_1 = 11,7\text{m/sec.}}$$

$$\text{Από τον πίνακα 46 διαλέγω } \underline{z_1 = 23}$$

$$\underline{z_2 = z_1} \text{ γιατί } i=1 \quad (z_2 : \text{αριθμός δοντιών γραναζιού 2)}$$

$$m_s = d_{01}/z_1 = 75/23 \quad \Leftrightarrow \quad \underline{m_s = 3,26\text{mm}} \quad (\text{μετωπικό module})$$

Πλάτος Δοντιών :

$$b_1 = \psi_d \times d_{01} = 0,45 \times 75 = 33,75 \text{mm} \Leftrightarrow b_1 = 34 \text{mm} \quad (1)$$

$$b_1 = \psi_m \times m = 20 \times 3,26 = 65,2 \text{mm} \Leftrightarrow b_1 = 65 \text{mm} \quad (2)$$

Παίρνω τον μ.ο. από (1),(2) και έχω : $b_1 = 50 \text{mm}$

Το πλάτος του γραναζιού 2 θα είναι $b_2 = b_1 - 5 \text{mm}$ για καλύτερη προσαρμογή ,άρα :

$$b_2 = 45 \text{mm}$$

$$\epsilon\phi\beta_0 = 3,5 \times (m_g/b_1) = 3,5 \times (3,25/50) \Leftrightarrow \beta_0 = 13^\circ$$

$$m_n = m_s \times \cos\beta_0 = 3,26 \times 0,97 = 3,17 \text{mm} \Leftrightarrow \underline{m_0 = 3,17 \text{mm}}$$

Από τον πίνακα 44 παίρνω το αμέσως επόμενο τυποποιημένο :

$$\underline{m_0 = 3,25}$$

$$\text{Άρα } d_{01} = m_s \times z_1 = 3,25 \times 23 = 75 \text{mm} \Leftrightarrow$$

$$\underline{d_{01} = d_{02} = 75 \text{mm}}$$

$$\underline{d_{k1} = d_{01} + 2 \times m_0 = 81,5 \text{mm} = d_{k2}}$$

$$\text{Απόσταση μεταξύ των αξόνων : } \alpha = (d_{02} + d_{01})/2 = 75 \text{mm} \Leftrightarrow$$

$$\underline{\alpha = 75 \text{mm}}$$

Η διάμετρος της ατράκτου του γραναζιού (1) θα είναι :

$$d_{ατρ.(1)} = \alpha_2 \times (N_1/n_1)^{1/3} \quad (1)$$

$$\alpha_2 = 12 \text{ (πίνακας 1)} \quad (2)$$

Απο (1) ,(2) έχουμε : $d_{ατρ.(1)} = 12 \times (17/3000)^{1/3} \Leftrightarrow \underline{d_{ατρ.(1)} = 22\text{mm}}$

Ελέγχουμε αν είναι αρκετή η αρχική διάμετρος του γραναζιού (1) για να κατασκευαστεί με σφήνα.

$$d_{01} = (1,8 \times d_{ατρ.(1)} \times z_1) / (z_1 - 2,5) \quad \Leftrightarrow \quad \underline{d_{01} = 45\text{mm} < 75\text{mm}}$$

Μπορούμε να κατασκευάσουμε το γρανάζι με σφήνα!!

Έλεγχος Κάμψης :

$$\sigma_{r\max} = (P_u/b_1 \times m_n \times c \times \varphi) \times q_k \quad (1)$$

$$P_u = (75 \times N_1) / U_1 \quad \Leftrightarrow \underline{P_u = 109 \text{ Kp/mm}^2}$$

$$\varphi = 1,33 \text{ (πίνακας 32)} \quad (2)$$

$$c = 1,35 \text{ (πίνακας 28)} \quad (3)$$

$$q_k = 3,2 \text{ (πίνακας 27)} \quad (4)$$

Απο (1) ,(2) ,(3) ,(4) έχουμε : $\underline{\sigma_{r\max} = 1,2 \text{ Kp/mm}^2}$

Φανταστικά Δόντια :

$$z_{n1} = z_1 / \cos^3 \beta_0 = 23 / \cos^3 13^\circ \Leftrightarrow \underline{z_{n1} = 25 = z_{n2}}$$

Έχουμε εναλλασσόμενη κάμψη ,άρα :

$$\sigma_{b,επ.} = \sigma_{b,w} / 2 = 30 / 2 \Leftrightarrow \underline{\sigma_{b,επ.} = 15 \text{ Kp/mm}^2}$$

$$\sigma_{b,w} = 30 \text{ Kp/mm}^2 \text{ (πίνακας 26)}$$

Άρα

$$\underline{\sigma_{\max} \leq \sigma_{b,επ.}}$$

Έλεγχος σε Πίεση Επιφάνειας :

$$P_c = ((P_u \times (i+1)) / (b_1 \times d_{01} \times i))^{1/2} \times y_w \times y_c \times y_L \quad (1)$$

$$y_w = 60 \text{ (πίνακας 30)} \quad (2)$$

$$y_c = 1,76 \quad (3)$$

$$y_1 = 1 \quad (4)$$

Απο (1), (2), (3), (4) έχουμε : $P_c = 25,5 \text{ Kp/mm}^2$

$$P_{\text{επ.}} = (P_0 \times y_1 \times y_2) / 1,4 \quad (1)$$

$$y_2 = 0,9 \text{ (πίνακας 31)} \quad (2)$$

$$y_1 = 1 \text{ (πίνακας 44)} \quad (3)$$

Αρα απο (1), (2), (3) έχουμε : $P_{\text{επ.}} = 39,9 \text{ Kp/mm}^2$

$$P_c < P_{\text{επ.}}$$

Δηλαδή , $\underline{z_1 = z_2}$ και $\underline{d_{\text{ατο}(1)} = d_{\text{ατο}(2)}}$

Οι παραπάνω υπολογισμοί ισχύουν και για το 2^ο γρανάζι αφού η σχέση μετάδοσης μεταξύ τους είναι 1:1.

Για το γρανάζι (3) :

$$i = n_3 / n_4 \Leftrightarrow n_4 = n_3 / i \Leftrightarrow n_4 = 3000 / 4 \Leftrightarrow \underline{n_4 = 750 \text{ rpm}}$$

Η αρχική διάμετρος του γραναζιού θα δίνεται απο τον τύπο :

$$d_{03} = (4000/P_0) \times ((N_1 \times P_0 \times (i+1)) / (n_1 \times \psi_d \times i))^{1/3} \quad (1)$$

$$\psi_d = 0,8 \text{ (πίνακας 25)}$$

$$P_0 = 62 \text{ Kp/mm}^2 \text{ (πίνακας 26)}$$

$$\text{Άρα } d_{03} = (4000/62) \times ((17 \times 62 \times 5)/(3000 \times 0,8 \times 4))^{1/3} \Leftrightarrow$$

$$\underline{d_{03} = 55\text{mm}}$$

$$U_3 = (3000 \times 75)/(19,1 \times 10^3) \quad \Leftrightarrow \quad \underline{U_3 = 8,7\text{m/sec.}}$$

$$\text{Απο τον πίνακα 46 διαλέγω } \underline{z_3 = 23}$$

$$m_s = d_{03}/z_3 = 55/23 \quad \Leftrightarrow \quad \underline{m_s = 2,39\text{mm}} \quad (\text{μετωπικό module})$$

Πλάτος Δοντιών :

$$b_3 = \psi_d \times d_{03} = 0,8 \times 55 = 44\text{mm} \quad \Leftrightarrow \quad b_1 = 44\text{mm} \quad (1)$$

$$b_3 = \psi_m \times m = 20 \times 2,39 = 48\text{mm} \quad \Leftrightarrow \quad b_3 = 48\text{mm} \quad (2)$$

Παίρνω τον μ.ο. απο (1),(2) και έχω : $b_3 = 46\text{mm}$

Το πλάτος του γραναζιού 4 θα είναι $b_4 = b_3 - 5\text{mm}$ για καλύτερη προσαρμογή, άρα :

$$\underline{b_4 = 41\text{mm}}$$

$$\varepsilon\phi\beta_0 = 3,5 \times (m_s/b_1) = 3,5 \times (2,39/46) \Leftrightarrow \underline{\beta_0 = 10^\circ}$$

$$m_n = m_s \times \cos\beta_0 = 2,39 \times 0,98 = 2,35\text{mm} \Leftrightarrow \underline{m_n = 2,35\text{mm}}$$

Απο τον πίνακα 44 παίρνω το αμέσως επόμενο τυποποιημένο :

$$\underline{m_n = 2,5}$$

$$\text{Άρα } d_{03} = m_s \times z_3 = 2,5 \times 23 = 57,5\text{mm} \Leftrightarrow$$

$$\underline{d_{03} = 57,5\text{mm}}$$

$$z_4 = i \times z_3 = 4 \times 23$$

\Leftrightarrow

$$\underline{z_4 = 92}$$

$$d_{04} = m_n \times z_4 = 2,5 \times 92$$

\Leftrightarrow

$$\underline{d_{04} = 230\text{mm}}$$

$$\text{Απόσταση μεταξύ των αξόνων : } a = (d_{03} + d_{04}) / 2 = 143,75\text{mm} \Leftrightarrow$$

$$\underline{a = 143,75\text{mm}}$$

Ελέγχουμε αν είναι αρκετή η αρχική διάμετρος του γραναζιού (3) για να κατασκευαστεί με σφήνα.

$$d_{03} = (1,8 \times d_{\text{ατρ.}(3)} \times z_3) / (z_3 - 2,5) \Leftrightarrow$$

$$\underline{d_{03} = 44,5\text{mm} < 55\text{mm}}$$

Μπορούμε να κατασκευάσουμε το γρανάζι με σφήνα!!

Έλεγχος Κάμψης :

$$\sigma_{\max} = (P_u / b_3 \times m_n \times c \times \varphi) \times q_k \quad (1)$$

$$P_u = (75 \times N_1) / U_3$$

$$\Leftrightarrow \underline{P_u = 146,5 \text{ Kp/mm}^2}$$

$$\varphi = 1,28 \text{ (πίνακας 32)} \quad (2)$$

$$c = 1,55 \text{ (πίνακας 28)} \quad (3)$$

$$q_k = 3,2 \text{ (πίνακας 27)} \quad (4)$$

Απο (1), (2), (3), (4) έχουμε :

$$\underline{\sigma_{\max} = 2,1 \text{ Kp/mm}^2}$$

Φανταστικά Δόντια :

$$z_{n3} = z_3 / \cos^3 \beta_0 = 23 / \cos^3 10^\circ$$

\Leftrightarrow

$$\underline{z_{n3} = 24}$$

$$z_{n4} = z_4 / \cos^3 \beta_0 = 23 / \cos^3 10^\circ$$

\Leftrightarrow

$$\underline{z_{n4} = 97}$$

Έχουμε εναλλασόμενη κάμψη ,άρα :

$$\sigma_{b,\text{επ.}} = \sigma_{b,w} / 2 = 30 / 2$$

\Leftrightarrow

$$\underline{\sigma_{b,\text{επ.}} = 15 \text{ Kp/mm}^2}$$

$$\sigma_{b,w} = 30 \text{ Kp/mm}^2 \text{ (πίνακας 26)}$$

Άρα

$$\sigma_{\max} < \sigma_{b, \text{επ.}}$$

Έλεγχος σε Πίεση Επιφάνειας :

$$P_c = ((P_u \times (i+1)) / (b_3 \times d_{03} \times i))^{1/2} \times y_w \times y_c \times y_L \quad (1)$$

$$y_w = 60 \text{ (πίνακας 30)} \quad (2)$$

$$y_c = 1,76 \quad (3)$$

$$y_L = 1 \quad (4)$$

Άπο (1), (2), (3), (4) έχουμε : $P_c = 28 \text{ Kp/mm}^2$

$$P_{\text{επ.}} = (P_0 \times y_1 \times y_2) / 1,4 \quad (1)$$

$$y_2 = 0,9 \text{ (πίνακας 31)} \quad (2)$$

$$y_1 = 1 \text{ (πίνακας 44)} \quad (3)$$

Άρα απο (1), (2), (3) έχουμε : $P_{\text{επ.}} = 37,2 \text{ Kp/mm}^2$

$$P_c < P_{\text{επ.}}$$

-Για το γρανάζι (4) (1^η ταχύτητα):

Σχέση μετάδοσης :

$$i = 4 \Leftrightarrow n_4 = 750 \text{rpm}$$

$$\underline{d_{04} = 230 \text{mm}} \text{ (απο προηγούμενους υπολογισμούς)}$$

$$z_4 = i \times z_3 \Leftrightarrow z_4 = 4 \times 23$$

\Leftrightarrow

$$\underline{z_4 = 92 \text{ δόντια}}$$

Πλάτος Δοντιών :

$$b_4 = 41 \text{ mm (για καλύτερη συνεργασία με το γρ.(3))}$$

$$d_{k4} = d_{04} + 2 \times m_n = 230 + 2 \times 2,5 \Leftrightarrow \underline{d_{k4} = 235 \text{ mm}}$$

Η διάμετρος της ατράκτου του γρ. (4) θα είναι :

$$d_{\text{ατρ.}(4)} = a_2 \times (N_1/n_4)^{1/3} \quad (1)$$

$$a_2 = 12 \text{ (πίνακας 1)} \quad (2)$$

$$\text{Απο (1),(2) έχουμε : } d_{\text{ατρ.}(4)} = 12 \times (17/750)^{1/3} \Leftrightarrow \underline{d_{\text{ατρ.}(4)} = 34 \text{ mm}}$$

Ελέγχουμε αν είναι αρκετή η αρχική διάμετρος του γραναζιού (4) για να κατασκευαστεί με σφήνα :

$$d_{04} = (1,8 \times d_{\text{ατρ.}(4)} \times z_4) / (z_4 - 2,5) \quad \Leftrightarrow \underline{d_{04} = 61 \text{ mm}}$$

Θα γίνει κατασκευή με σφήνα!!

Έλεγχος Κάμψης :

$$\sigma_{\max} = (P_u / b_4 \times m_n \times c \times \varphi) \times q_k \quad (1)$$

$$\varphi = 1,33 \text{ (πίνακας 32) } \quad (2)$$

$$c = 1,55 \text{ (πίνακας 28) } \quad (3)$$

$$q_k = 2,5 \text{ (πίνακας 27) } \quad (4)$$

$$P_u = (75 \times N_1) / U_4 \quad (5)$$

$$U_4 = (n_4 \times d_{04}) / 19,1 \times 10^3 \quad \Leftrightarrow \quad \underline{U_4 = 9 \text{ m/sec.}}$$

$$\text{Απο (1) ,(2) ,(3) ,(4) ,(5) ,(6) έχουμε :} \quad \underline{\sigma_{\max} = 1,67 \text{ Kp/mm}^2}$$

Φανταστικά Δόντια :

$$z_{n4} = 94 / \cos^3 \beta_0 = 94 / \cos^3 10^\circ \quad \Leftrightarrow \quad \underline{z_{n4} = 98 \text{ δόντια}}$$

Έχουμε εναλλασόμενη κάμψη ,άρα :

$$\sigma_{b,\text{επ.}} = \sigma_{b,w} / 2 = 30 / 2 \quad \Leftrightarrow \quad \underline{\sigma_{b,\text{επ.}} = 15 \text{ Kp/mm}^2}$$

$$\text{Άρα} \quad \underline{\sigma_{\max} \leq \sigma_{b,w}}$$

Έλεγχος σε Πίεση Επιφάνειας :

$$P_c = ((P_u \times (i+1)) / (b_4 \times d_{04} \times i))^{1/2} \times \gamma_w \times \gamma_c \times \gamma_L \quad (1)$$

$$\gamma_w = 80 \text{ (πίνακας 30)} \quad (2)$$

$$\gamma_c = 1,76 \quad (3)$$

$$\gamma_L = 1 \quad (4)$$

Απο (1), (2), (3), (4) έχουμε : $P_c = 19,3 \text{ Kp/mm}^2$

$$P_{επ.} = (P_0 \times \gamma_1 \times \gamma_2) / 1,5 \quad (1)$$

$$\gamma_2 = 0,9 \text{ (πίνακας 31)} \quad (2)$$

$$\gamma_1 = 1 \text{ (πίνακας 44)} \quad (3)$$

Απο (1), (2), (3) έχουμε : $P_{επ.} = (62 \times 1 \times 0,9) / 1,4 \Leftrightarrow$ $P_{επ.} = 37,2 \text{ Kp/mm}^2$

Άρα ισχύει :

$$\underline{P_c < P_{επ.}}$$

-Για το γρανάζι (5) (2^η ταχύτητα) με δεδομένη την απόσταση των ατράκτων

(α):

Σχέση μετάδοσης : $i=3 \Leftrightarrow n_4=1000\text{rpm}$

Η αρχική διάμετρος του γρ. (5) θα είναι η ίδια με αυτή του γρ. (4) άρα:

$$d_{05}=230\text{mm}$$

$$U_5=(n_5 \times d_{05})/19,1 \times 10^3=(1000 \times 230)/19,1 \times 10^3 \Leftrightarrow \underline{U_5=12 \text{ m/sec.}}$$

$$z_5=i \times z_3=23 \times 3 \quad \Leftrightarrow \quad \underline{z_5=69}$$

$m=2.5$ (για καλύτερη συνεργασία με το γρ. (3))

Ελέγχουμε αν είναι αρκετή η αρχική διάμετρος του γραναζιού (6) για να κατασκευαστεί με σφήνα :

$$d_{05}=(1,8 \times d_{\text{ατρ.}(5)} \times z_5)/(z_5 - 2,5) \quad \Leftrightarrow \quad \underline{d_{05}=62 \text{ mm}}$$

Θα γίνει κατασκευή με σφήνα!!

Πλάτος Δοντιών :

$$b_5=b_4=41\text{mm} \text{ (για καλύτερη συνεργασία με το γρ. (3))}$$

Έλεγχος Κάμψης :

$$\sigma_{\max} = (P_u / b_s \times m \times c) \times q_k \quad (1)$$

$$c = 1,5 \text{ (πίνακας 28)} \quad (2)$$

$$q_k = 2,7 \text{ (πίνακας 27)} \quad (3)$$

$$P_u = (75 \times N_1) / U_5 = (75 \times 17) / 12 \Leftrightarrow \underline{P_u = 106,25 \text{ Κρ}} \quad (4)$$

Απο (1), (2), (3), (4) έχουμε :

$$\underline{\sigma_{\max} = 1,45 \text{ Κρ/mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{βεπ.}} = \sigma_{b,w} / 2 = 30 / 2.$$

$$\Leftrightarrow \underline{\sigma_{\text{βεπ.}} = 15 \text{ Κρ/mm}^2}$$

Άρα :

$$\underline{\sigma_{\max} < \sigma_{\text{βεπ.}}}$$

Έλεγχος σε Πίεση Επιφάνειας :

$$P_c = ((P_u \times (i+1)) / (b_1 \times d_{01} \times i))^{1/2} \times \gamma_w \times \gamma_c \times \gamma_L \quad (1)$$

$$\gamma_w = 50 \text{ (πίνακας 30)} \quad (2)$$

$$\gamma_c = 1,76 \quad (3)$$

$$\gamma_L = 1 \quad (4)$$

Απο (1), (2), (3), (4) έχουμε : $P_c = 10,8 \text{ Kp/mm}^2$

$$P_{\text{επ.}} = (P_0 \times y_1 \times y_2) / 1,3 \quad (1)$$

$$y_2 = 0,8 \text{ (πίνακας 31)} \quad (2)$$

$$y_1 = 1 \text{ (πίνακας 44α)} \quad (3)$$

Απο (1), (2), (3) έχουμε : $P_{\text{επ.}} = (62 \times 1 \times 0,82) / 1,5 \Leftrightarrow P_{\text{επ.}} = 33 \text{ Kp/mm}^2$

Αρα ισχύει :

$$P_c < P_{\text{επ.}}$$

Για το γρανάζι (6) :

Το γρ. (6) επιλέγουμε να είναι όμοιο με το γρ. (3) οπότε θα έχει τα ίδια χαρακτηριστικά, τα οποία έχουν υπολογιστεί παραπάνω.

Για το γρανάζι (7) :

$$m = 2,5 \text{ (για καλύτερη συνεργασία)}$$

Με δεδομένη την απόσταση των ατράκτων $\alpha = 187,5 \text{ mm}$ έχουμε :

$$d_{k7}/2 = a - d_{k6} - d_{k3}/2 \quad \Leftrightarrow \quad \underline{d_{k7}=107,5\text{mm}}$$

$$\text{άρα} \quad \underline{d_{07}=102,5\text{mm}}$$

$$m = d_{07} / z_7 \quad \Leftrightarrow \quad \underline{z_7=49}$$

$$U_7 = (n_7 \times d_{07}) / 19,1 \times 10^3 \quad \Leftrightarrow \quad \underline{U_7=4,8 \text{ m/sec.}}$$

Ελέγχουμε αν είναι αρκετή η αρχική διάμετρος του γραναζιού (7) για να κατασκευαστεί με σφήνα :

$$d_{07} = (1,8 \times d_{\text{σφρ.}(7)} \times z_7) / (z_7 - 2,5) \quad \Leftrightarrow \quad \underline{d_{07}=65 \text{ mm}}$$

Θα γίνει κατασκευή με σφήνα!!

$$\text{Σχέση μετάδοσης : } i=4 \quad \Leftrightarrow \quad \underline{n_7=750\text{rpm}}$$

Πλάτος Δοντιών :

$$\underline{b_7=41\text{mm}} \text{ (για καλύτερη συνεργασία)}$$

Ελεγχος Κάμψης :

$$\sigma_{\text{max}} = (P_u / b_5 \times m \times c) \times q_k \quad (1)$$

$$\varphi = 1,28 \text{ (πίνακας 32)} \quad (2)$$

$$c = 1,55 \text{ (πίνακας 28)} \quad (3)$$

$$q_k = 2,5 \text{ (πίνακας 27)} \quad (4)$$

$$P_u = (75 \times N_1) / U_7 = (75 \times 17) / 4,8 \Leftrightarrow \underline{P_u = 265 \text{ Kp}} \quad (4)$$

Απο (1) ,(2) ,(3) ,(4) έχουμε :

$$\underline{\sigma_{\max} = 4,3 \text{ Kp/mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{βεπ.}} = \sigma_{b,w} / 2 = 30 / 2 \quad \Leftrightarrow \quad \underline{\sigma_{\text{βεπ.}} = 15 \text{ Kp/mm}^2}$$

Άρα :

$$\underline{\sigma_{\max} < \sigma_{\text{βεπ.}}}$$

Έλεγχος σε Πίεση Επιφάνειας :

$$P_c = ((P_u \times (i+1)) / (b_7 \times d_{07} \times i))^{1/2} \times y_w \times y_c \times y_L \quad (1)$$

$$y_w = 80 \text{ (πίνακας 30)} \quad (2)$$

$$y_c = 1,76 \quad (3)$$

$$y_L = 1 \quad (4)$$

Απο (1) , (2) ,(3) , (4) έχουμε : $\underline{P_c = 36,7 \text{ Kp/mm}^2}$

$$P_{\text{επ.}} = (P_0 \times y_1 \times y_2) / 1,5 \quad (1)$$

$$y_2 = 0,9 \text{ (πίνακας 31)} \quad (2)$$

$$y_1 = 1 \text{ (πίνακας 44α)} \quad (3)$$

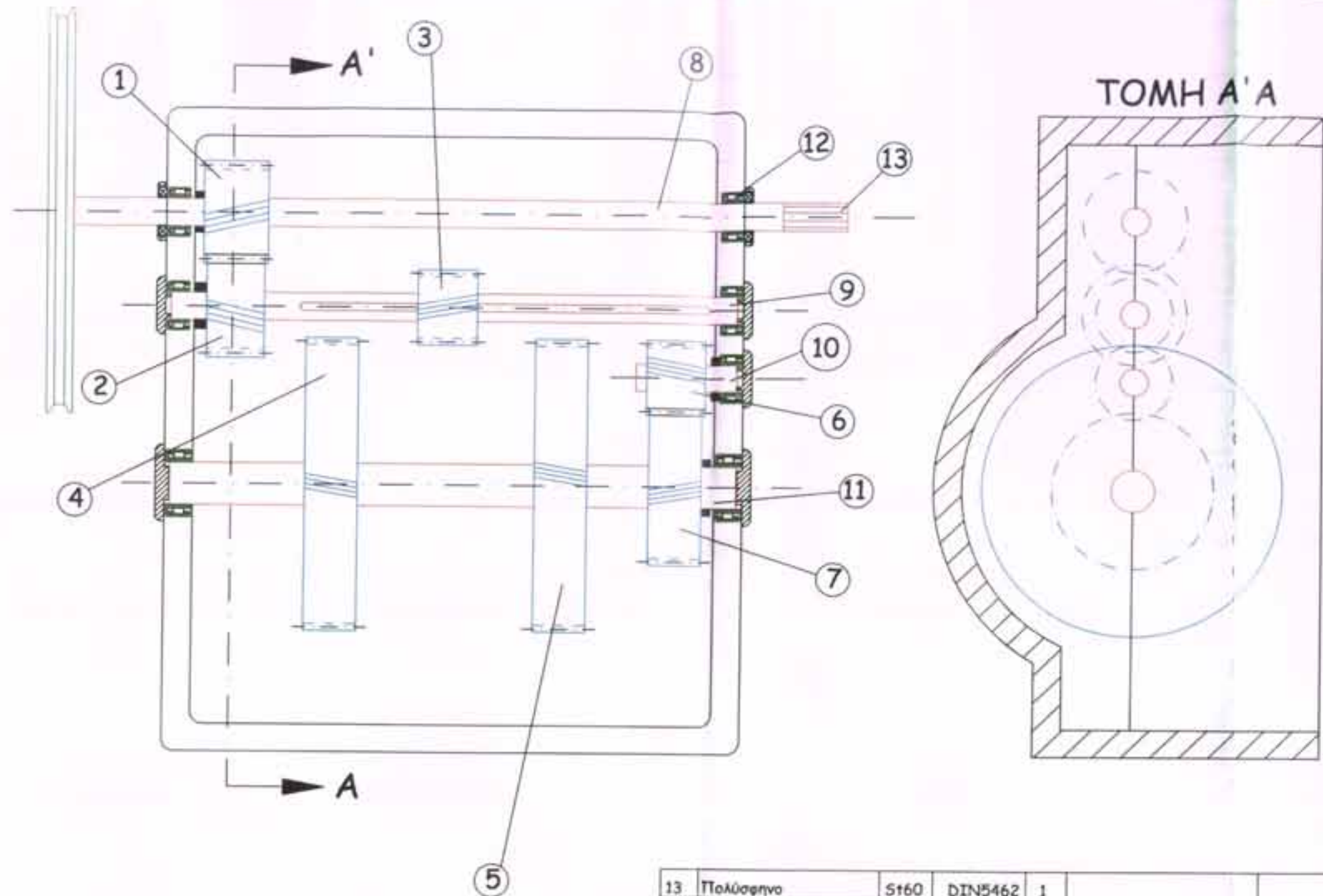
Απο (1), (2) ,(3) έχουμε : $P_{επ}=(62 \times 1 \times 0,9)/1,5 \Leftrightarrow \underline{P_{επ}=37,2 \text{ Kp/mm}^2}$

Άρα ισχύει :

$$\underline{P_c < P_{επ}}$$

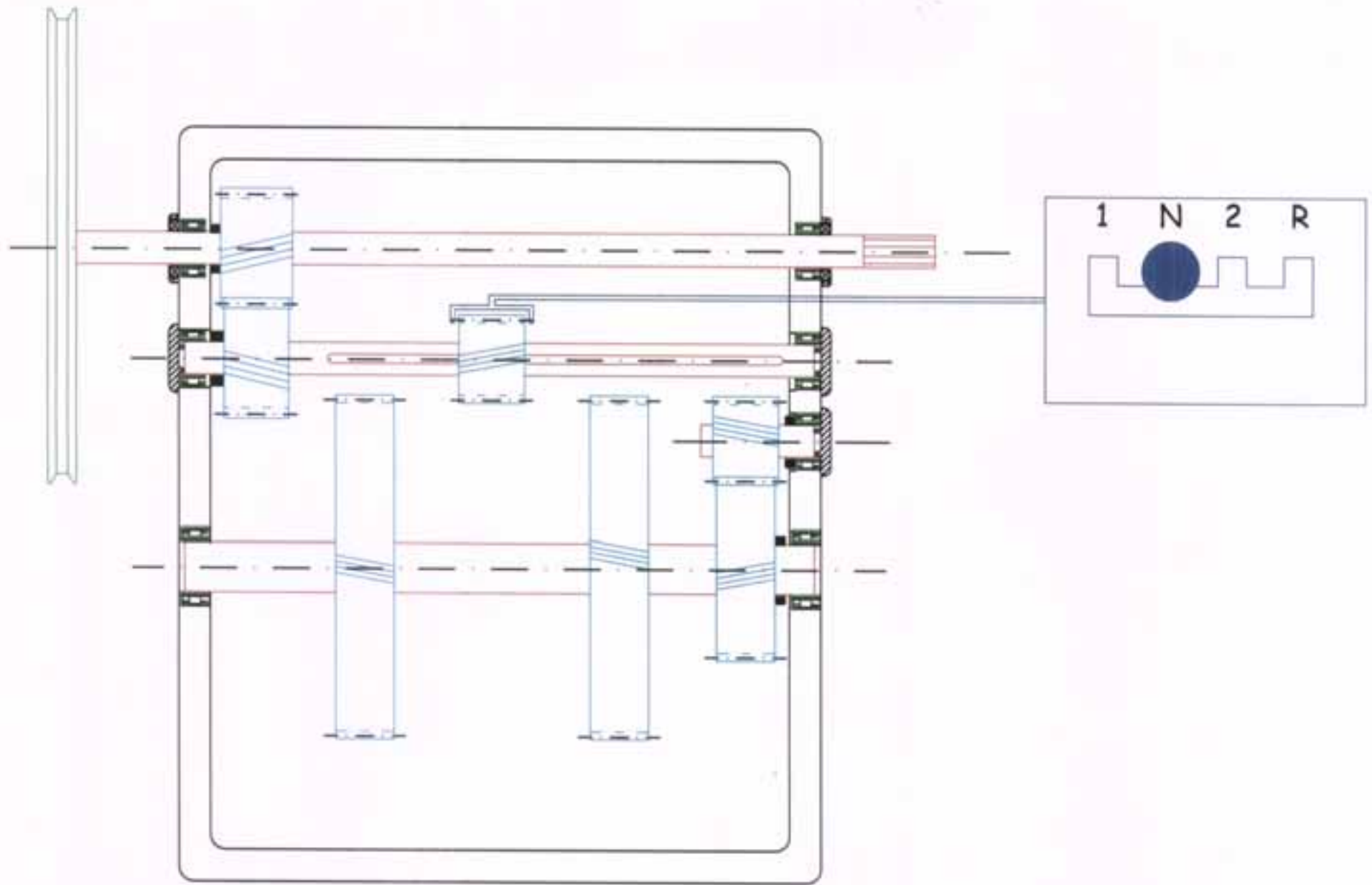
ΜΕΡΟΣ Γ΄

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΙΒΩΤΙΟΥ ΤΑΧ.

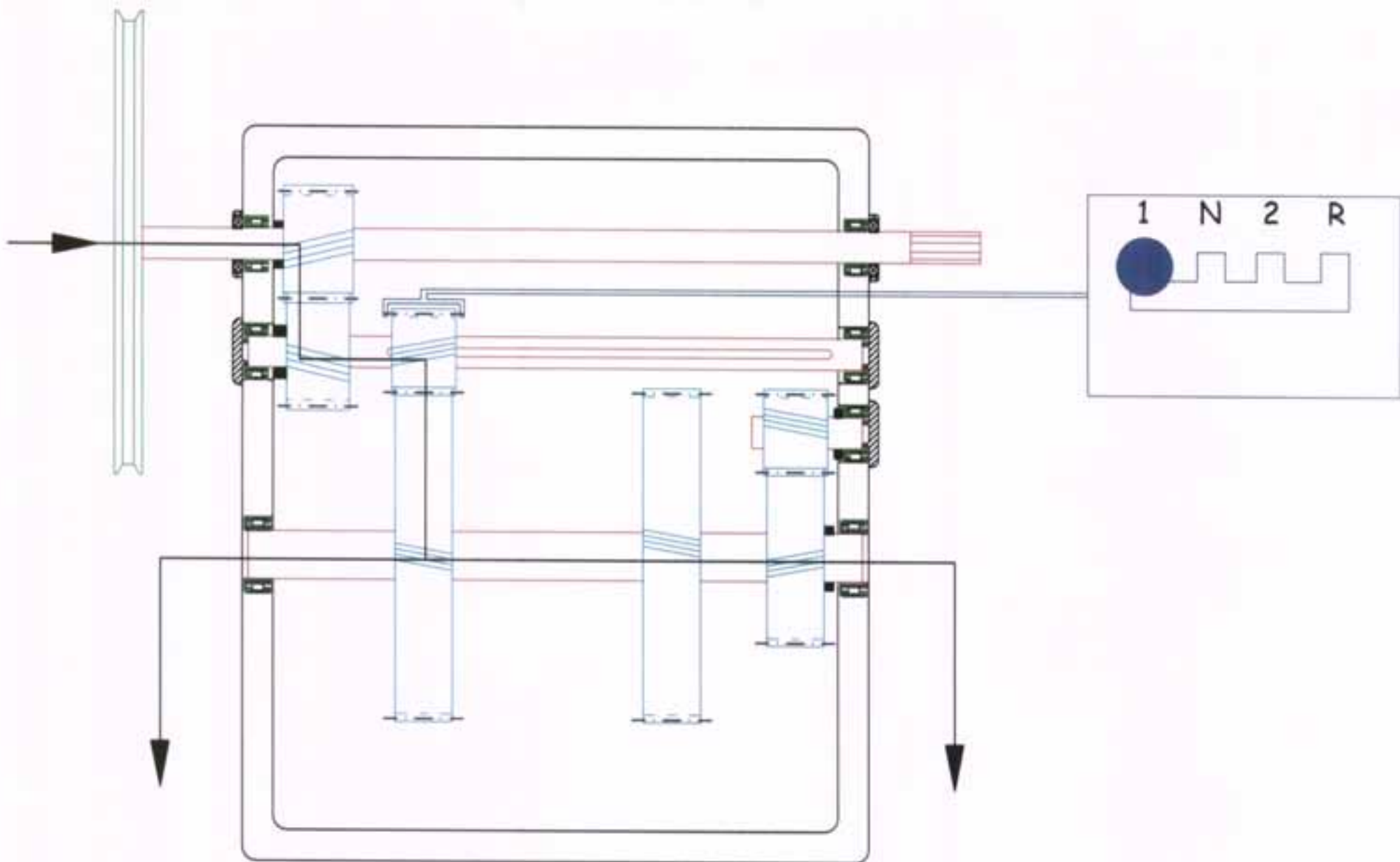


13	Πολύσφηνα	St60	DIN5462	1			
12	Τριβείς Αξόνων	St60	DIN5412	2			
11	Άξονας 4	St60		1	L=100mm d=34mm		
10	Άξονας 3	St60		1	L=100mm d=22mm		
9	Άξονας 2	St60		1	L=480mm d=22mm		
8	Άξονας 1	St60		1	L=600mm d=22mm		
7	Οδοντ. τροχ. 7	GG24	DIN868	1	D _o =65mm m=2.5 z=49		
6	Οδοντ. τροχ. 6	GG24	DIN868	1	D _o =55mm m=2.5 z=23		
5	Οδοντ. τροχ. 5	GG24	DIN868	1	D _o =230mm m=2.5 z=69		
4	Οδοντ. τροχ. 4	GG24	DIN868	1	D _o =230mm m=2.5 z=92		
3	Οδοντ. τροχ. 3	GG24	DIN868	1	D _o =55mm m=2.5 z=23		
2	Οδοντ. τροχ. 2	GG24	DIN868	1	D _o =75mm m=2.5 z=23		
1	Οδοντ. τροχ. 1	GG24	DIN868	1	D _o =75mm m=3.25 z=23		
a/a	Ονομασία	Υλικό	Τυποποίηση	Τεμ.	Διάφορες Πληροφορίες	Kg/τεμ.	Παρατηρήσεις

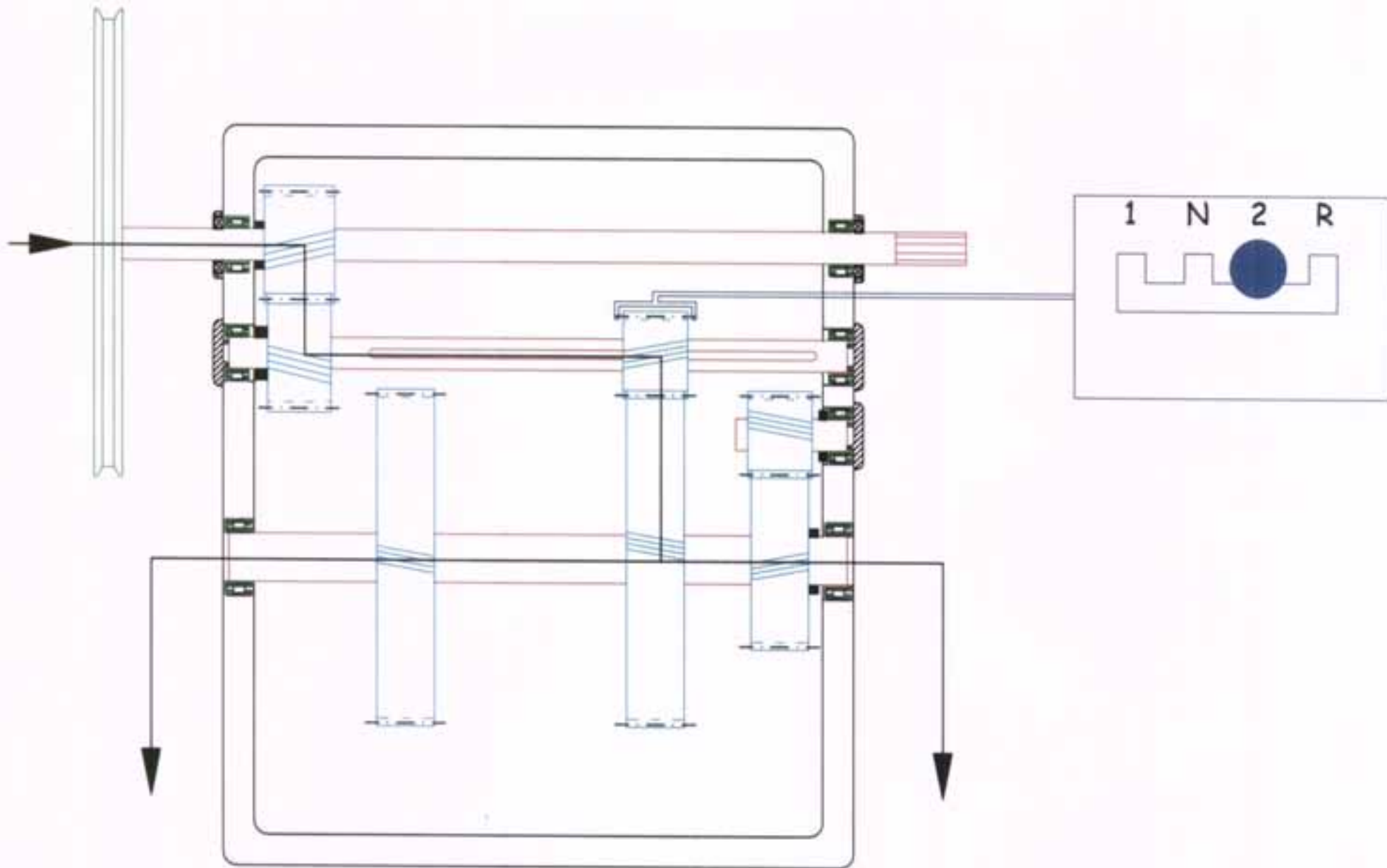
Σχήμα 1. Πρόοψη και τομή του κιβωτίου



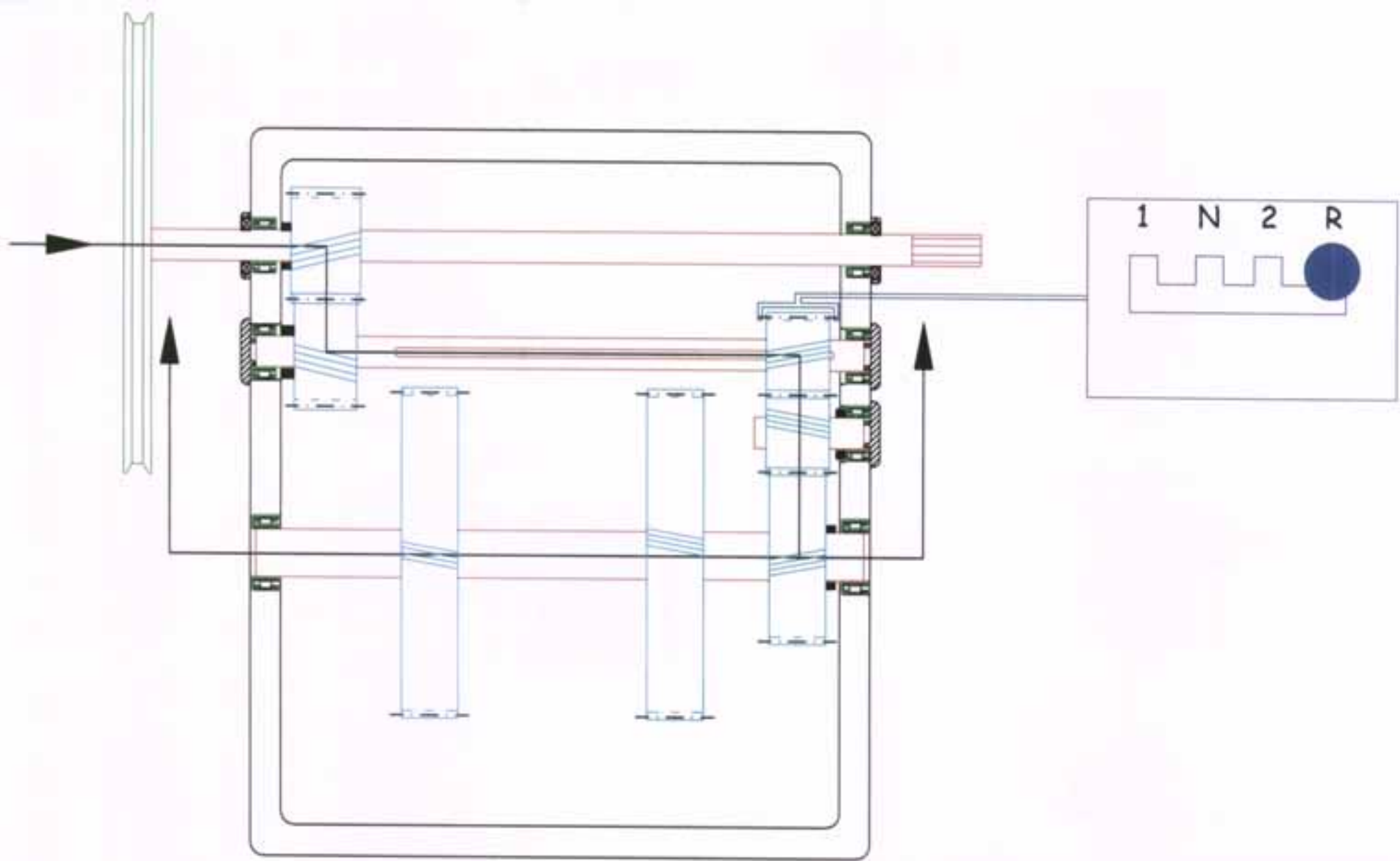
Σχήμα 2. Νεκρά ταχύτητα
 Η Μετάδοση της κίνησης στις ταχύτητες.



Σχήμα 3. Πρώτη ταχύτητα
 Η Μετάδοση της κίνησης στις ταχύτητες.



Σχήμα 4. Δεύτερη ταχύτητα
 Η Μετάδοση της κίνησης στις ταχύτητες.

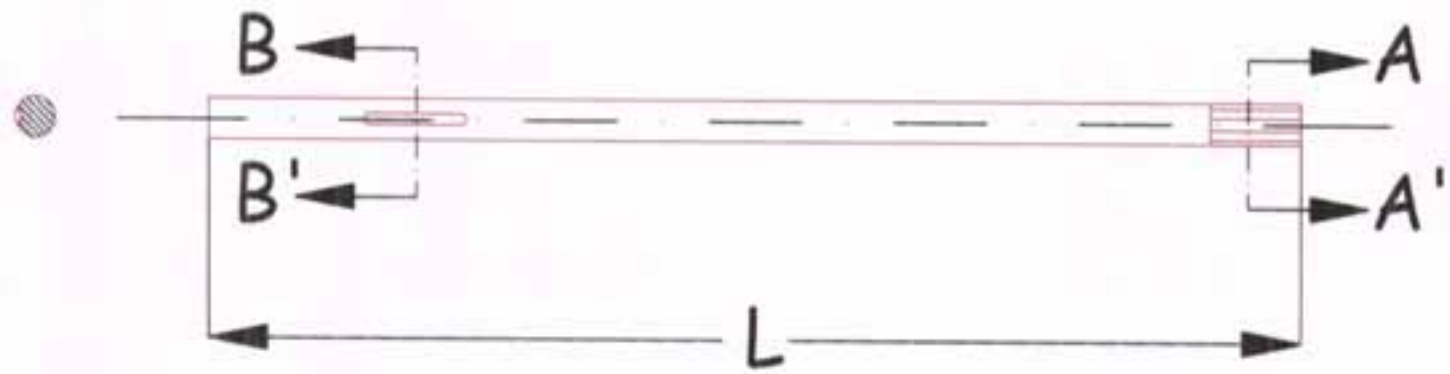


Σχήμα 5. Όπισθεν
 Η Μετάδοση της κίνησης στις ταχύτητες.

ΤΟΜΗ ΒΒ'

ΠΡΟΟΨΗ

ΤΟΜΗ ΑΑ'

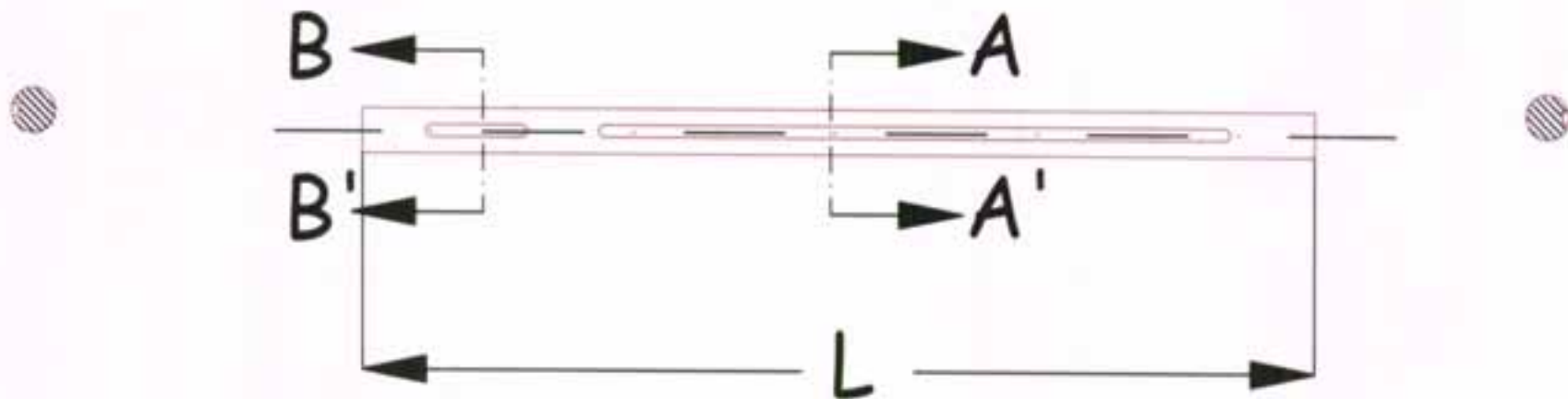


Σχήμα 6. Άξονας 1

ΤΟΜΗ ΒΒ'

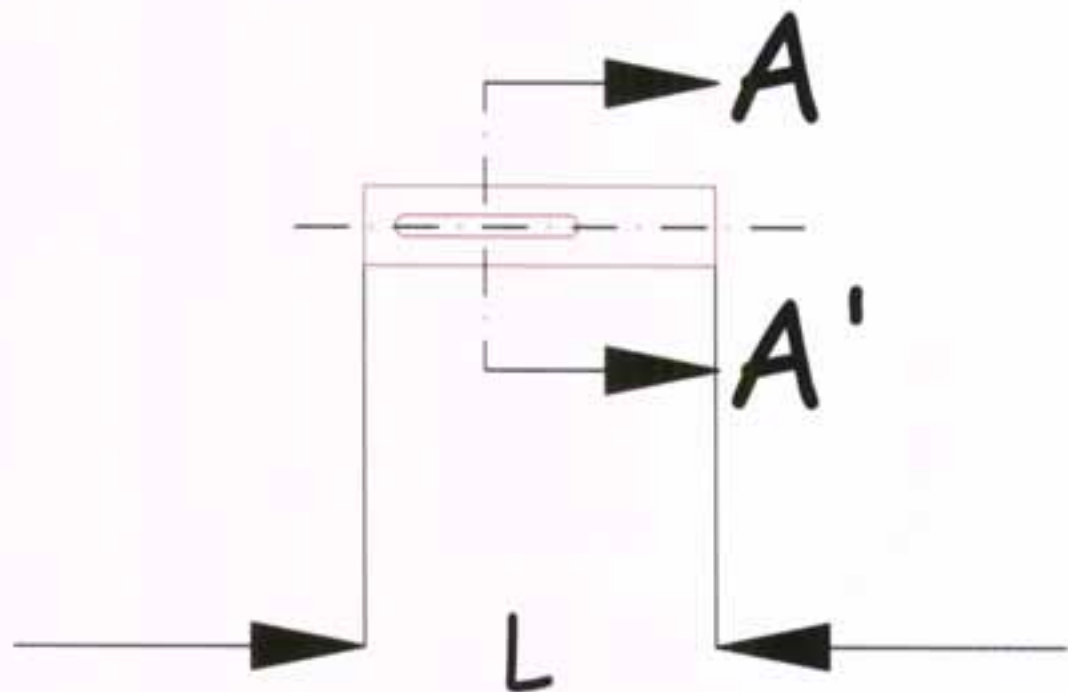
ΠΡΟΟΨΗ

ΤΟΜΗ ΑΑ'



Σχήμα 7. Άξονας 2

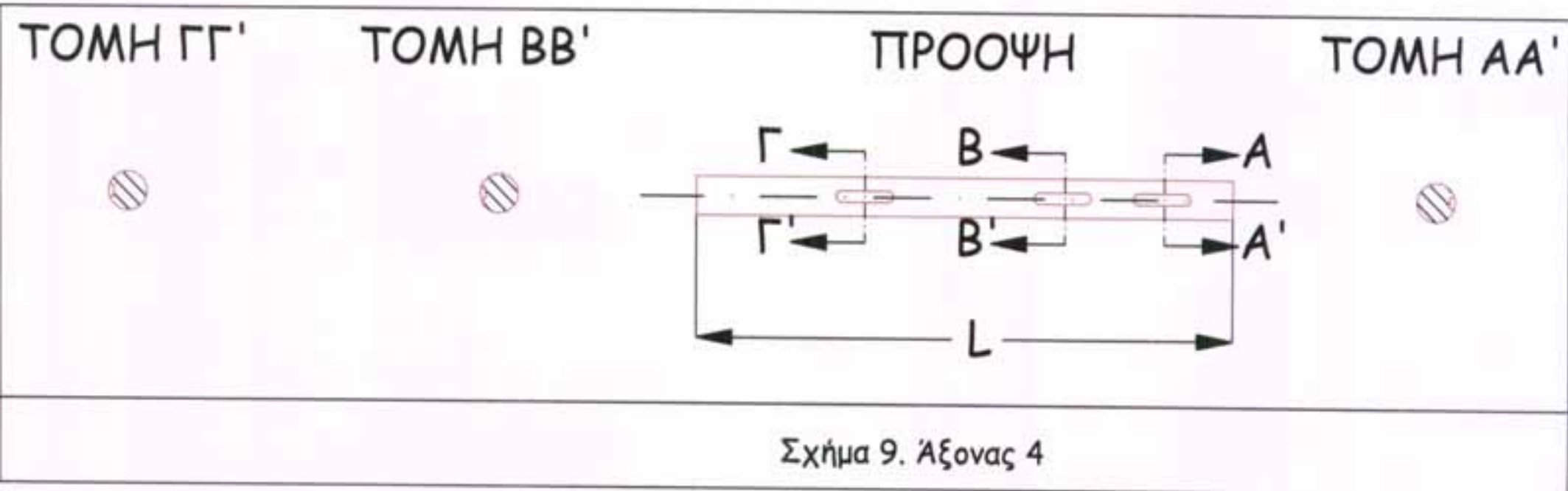
ΠΡΟΟΨΗ

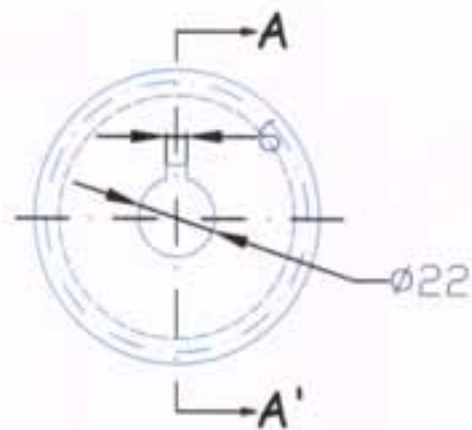
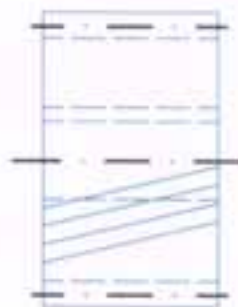


ΤΟΜΗ ΑΑ'

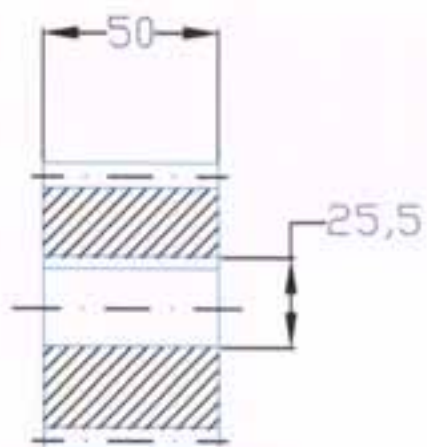


Σχήμα 8. Άξονας 3

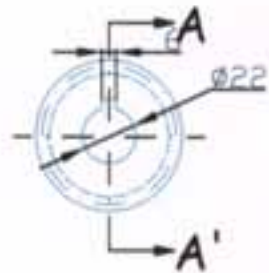
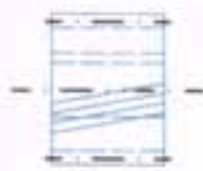




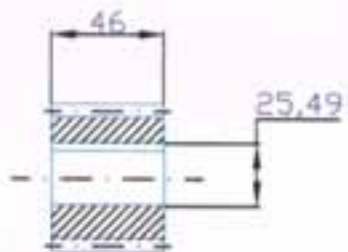
ΤΟΜΗ Α'Α



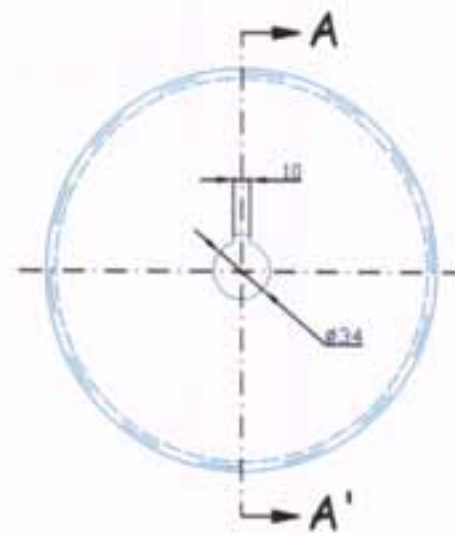
Σχήμα 10. Οδοντωτοί τροχοί 1,2



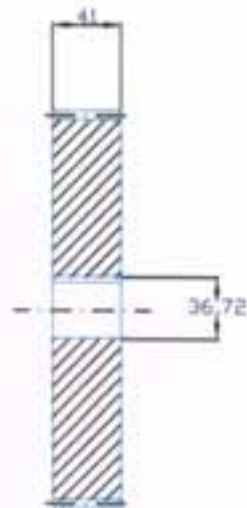
ΤΟΜΗ Α'Α



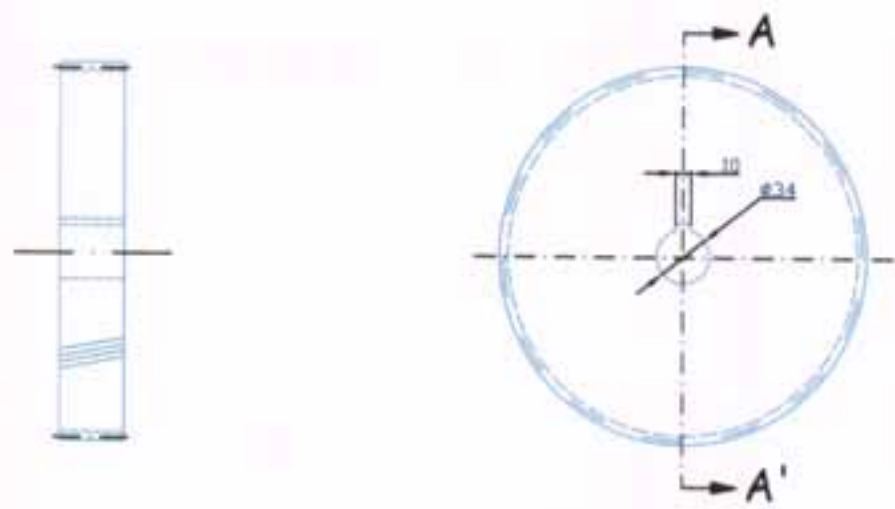
Σχήμα 11. Οδοντωτός τροχός 3



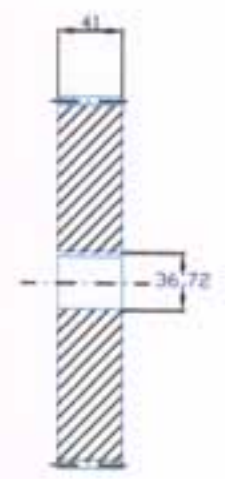
ΤΟΜΗ Α'Α



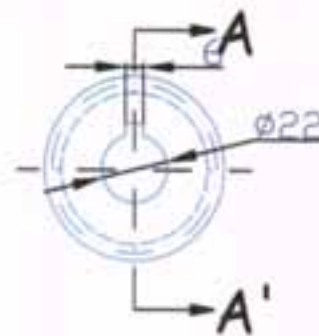
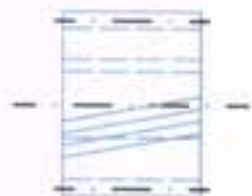
Σχήμα 12. Οδοντωτός τροχός 4



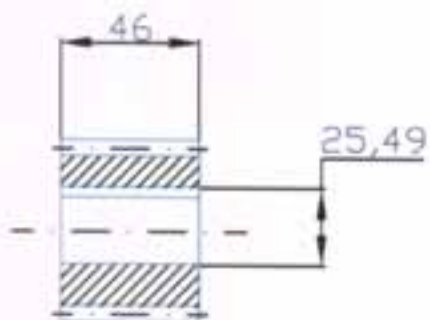
ΤΟΜΗ Α'Α



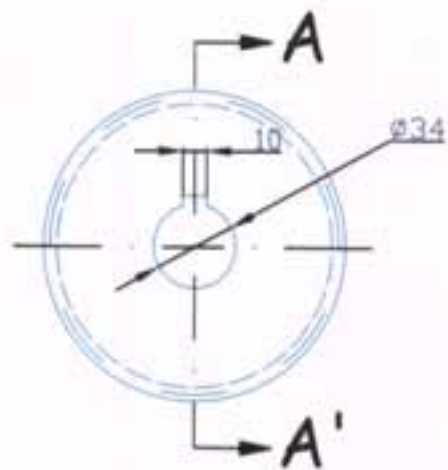
Σχήμα 13. Οδοντωτός τροχός 5



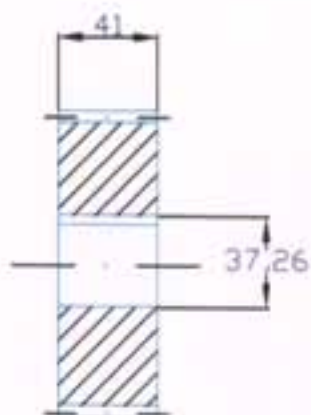
ΤΟΜΗ Α'Α



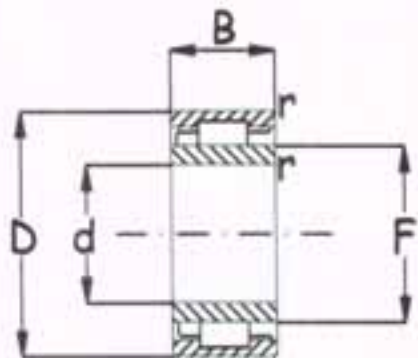
Σχήμα 14. Οδοντωτός τροχός 6



ΤΟΜΗ Α'Α

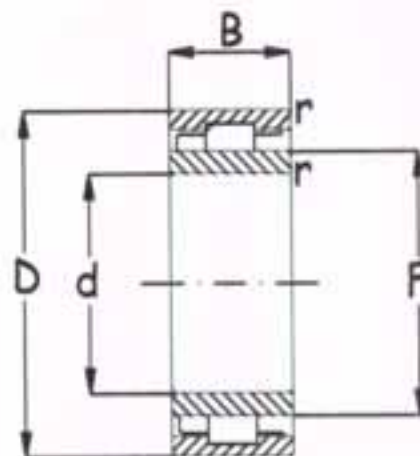


Σχήμα 15. Οδοντωτός τροχός 7



ΥΠΟΜΟΝΗΜΑ
$D=39\text{mm}$ $d=22\text{mm}$ $B=17\text{mm}$ $r=0,5\text{mm}$ $F=28\text{mm}$

Τριβέας άξονα 1,2,3 (22mm)
 Κυλινδρικός τριβέας DIN 5412
 Κατασκευή NU 49/22



ΥΠΟΜΟΝΗΜΑ
$D=55\text{mm}$ $d=34\text{mm}$ $B=20\text{mm}$ $r=0,5\text{mm}$ $F=42\text{mm}$

Τριβέας άξονα 4 (34mm)
 Κυλινδρικός τριβέας DIN 5412
 Κατασκευή NU 49 08

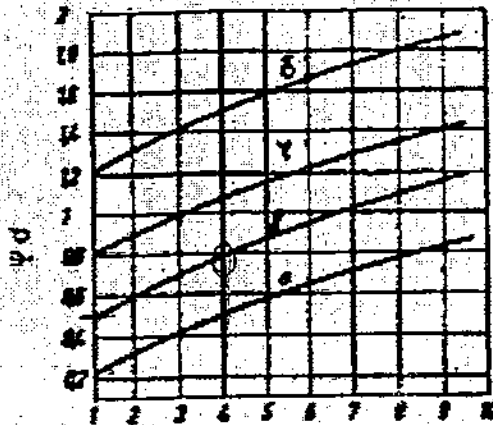
Σχήμα 16. Τριβείς αξόνων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΙ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ψ_d	από πίνακα (25) συναρτήσει της σχέσης μετάδοσης i
$\psi_m = 8 \div 10$	για χυτούς ακατέργαστους οδόντες
$\psi_m = 10 \div 15$	για κατεργασμένους οδόντες και κανονική έδραση ή για μονόπλευρη έδραση (πρόβολος)
$\psi_m = 15 \div 30$	για κατεργασμένους οδόντες και προσεγγμένη παράλληλη έδραση π.χ. για μειωτήρες
$\psi_m > 30$	για άριστη ποιότητα οδόντωσης και έδραση σταθερή μεγάλης ακρίβειας

πίνακας (24)



$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

καμπύλη (α): Τροχοί κιβωτίων με μικρό αριθμό στροφών. Οδόντωση και έδραση μέσης ποιότητας. Μονόπλευρη έδραση πινιόν (πρόβολος).

καμπύλη (β): Τροχοί μεσαίων ταχυτήτων. Ποιότητα οδόντωσης και έδρασης η συνήθης του εμπορίου.

καμπύλη (γ): Τροχοί μεγάλων ταχυτήτων. Η οδόντωση και η έδραση αυτών είναι υψηλής ακρίβειας.

καμπύλη (δ): Τροχοί πολύ μεγάλων ταχυτήτων και μεγάλης διάρκειας ζωής. Οδόντωση και έδραση κατασκευασμένες με μέγιστη ακρίβεια.

πίνακας (25): σχέση μετάδοσης $i = z_2 / z_1$

Τύπος		Αριθμός		Αριθμός		Αριθμός		Αριθμός		Αριθμός		Αριθμός		Αριθμός	
Κωδ.	Περιγραφή	Αριθμός	Αριθμός	Αριθμός		Αριθμός		Αριθμός		Αριθμός		Αριθμός		Αριθμός	
				Αριθμός	Αριθμός	Αριθμός	Αριθμός	Αριθμός	Αριθμός	Αριθμός	Αριθμός	Αριθμός	Αριθμός	Αριθμός	Αριθμός
1	Κυτταρίνη	00 18	25	170	0,16	3,5	18	32							
2	Κυτταρίνη	00 26	26	220	0,33	6,6	26	42							
3	Κυτταρίνη	05 53	53	150	0,21	15,0	47	38							
4	Κυτταρίνη	05 60	60	175	0,30	17,5	52	47							
5	Κυτταρίνη	05 67	67	120	0,23	16,0	45	42							
6	Κυτταρίνη	05 72	72	150	0,24	19,0	55	51							
7	Κυτταρίνη	05 75	75	180	0,33	21,0	63	62							
8	Κυτταρίνη	05 78	78	205	0,30	24,0	80	72							
9	Κυτταρίνη	05 80	80	140	0,23	19,0	60	41							
10	Κυτταρίνη	05 85	85	185	0,40	23,0	80	54							
11	Κυτταρίνη	05 90	90	210	0,31	25,0	90	61							
12	Κυτταρίνη	05 95	95	230	0,40	30,0	90	76							
13	Κυτταρίνη	05 100	100	260	0,55	30,0	80	73							
14	Κυτταρίνη	05 110	110	300	0,80	31,0	110	76							
15	Κυτταρίνη	05 120	120	330	1,20	31,0	110	76							
16	Κυτταρίνη	05 130	130	360	1,60	31,0	110	76							
17	Κυτταρίνη	05 140	140	400	2,00	31,0	110	76							
18	Κυτταρίνη	05 150	150	440	2,40	31,0	110	76							
19	Κυτταρίνη	05 160	160	480	2,80	31,0	110	76							
20	Κυτταρίνη	05 170	170	520	3,20	31,0	110	76							
21	Κυτταρίνη	05 180	180	560	3,60	31,0	110	76							
22	Κυτταρίνη	05 190	190	600	4,00	31,0	110	76							
23	Κυτταρίνη	05 200	200	640	4,40	31,0	110	76							
24	Κυτταρίνη	05 210	210	680	4,80	31,0	110	76							
25	Κυτταρίνη	05 220	220	720	5,20	31,0	110	76							
26	Κυτταρίνη	05 230	230	760	5,60	31,0	110	76							
27	Κυτταρίνη	05 240	240	800	6,00	31,0	110	76							
28	Κυτταρίνη	05 250	250	840	6,40	31,0	110	76							
29	Κυτταρίνη	05 260	260	880	6,80	31,0	110	76							
30	Κυτταρίνη	05 270	270	920	7,20	31,0	110	76							
31	Κυτταρίνη	05 280	280	960	7,60	31,0	110	76							
32	Κυτταρίνη	05 290	290	1000	8,00	31,0	110	76							
33	Κυτταρίνη	05 300	300	1040	8,40	31,0	110	76							
34	Κυτταρίνη	05 310	310	1080	8,80	31,0	110	76							
35	Κυτταρίνη	05 320	320	1120	9,20	31,0	110	76							
36	Κυτταρίνη	05 330	330	1160	9,60	31,0	110	76							
37	Κυτταρίνη	05 340	340	1200	10,00	31,0	110	76							
38	Κυτταρίνη	05 350	350	1240	10,40	31,0	110	76							
39	Κυτταρίνη	05 360	360	1280	10,80	31,0	110	76							
40	Κυτταρίνη	05 370	370	1320	11,20	31,0	110	76							
41	Κυτταρίνη	05 380	380	1360	11,60	31,0	110	76							
42	Κυτταρίνη	05 390	390	1400	12,00	31,0	110	76							
43	Κυτταρίνη	05 400	400	1440	12,40	31,0	110	76							
44	Κυτταρίνη	05 410	410	1480	12,80	31,0	110	76							
45	Κυτταρίνη	05 420	420	1520	13,20	31,0	110	76							
46	Κυτταρίνη	05 430	430	1560	13,60	31,0	110	76							
47	Κυτταρίνη	05 440	440	1600	14,00	31,0	110	76							
48	Κυτταρίνη	05 450	450	1640	14,40	31,0	110	76							
49	Κυτταρίνη	05 460	460	1680	14,80	31,0	110	76							
50	Κυτταρίνη	05 470	470	1720	15,20	31,0	110	76							

πίνακας (26) : στοιχεία υλικών για παράλληλους και κωνικούς οδοντωτούς τροχούς

εξωτερική οδόντωση									
αριθμός οδόντων	12	13	14	15	16	17	18	21	24
q_k	4,5	4,3	4,1	3,9	3,75	3,6	3,5	3,3	3,2
αριθμός οδόντων	28	34	40	50	65	80	100	∞	
q_k	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,45	
εσωτερική οδόντωση									
αριθμός οδόντων	20	24	30	38	50	70	100	200	∞
q_k	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,45

πίνακας (27) : συντελεστής οδόντωσης q_k

αριθμός οδόντων	1	2	14	18	28	50	100
αριθμός οδόντων	12	1,25	1,25	1,25	1,35	1,45	1,50
αριθμός οδόντων	18	1,30	1,30	1,30	1,45	1,50	1,55
συνεργαζόμενου τροχού	50	1,30	1,35	1,35	1,50	1,60	1,65
	100	1,30	1,35	1,40	1,55	1,65	1,70
	∞	1,30	1,35	1,45	1,60	1,70	1,75

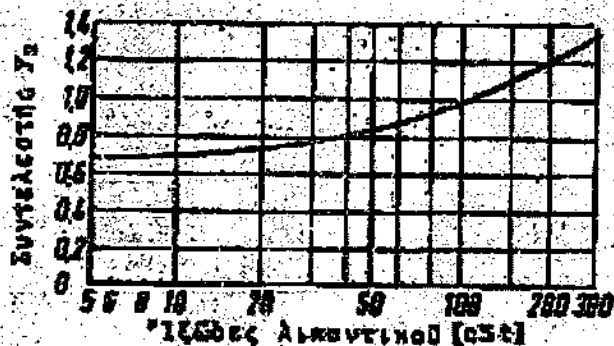
πίνακας (28) : συντελεστής διόρθωσης c

υλικό πινιόν	υλικό συνεργαζόμενου τροχού	τιμές συντελεστού υλικού γ_w
χάλυβας St	χάλυβας St	86
	χυτοχάλυβας GS	85
	σφαιρ. χυτοσίδηρος GGG	82
	χυτό κασσίτ. ορείχ. G-SnBz	70
	χυτοσίδηρος GG	74
χυτοχάλυβας GS	χυτοχάλυβας GS	35
	σφαιρ. χυτοσίδηρος GGG	81
	χυτοσίδηρος GG	73
σφαιρ. χυτοσίδηρος GGG	σφαιρ. χυτοσίδηρος GGG	78
	χυτοσίδηρος GG	71
χυτοσίδηρος GG	χυτοσίδηρος GG	65

πίνακας (29) : τιμές συντελεστή υλικού γ_w

U (m / sec)	V_{80} (cSt) από	έως
0,25	175	350
0,4	145	290
0,63	120	240
1,0	100	200
1,6	83	166
2,5	60	138
4,0	57	114
6,3	47	94
10	39	78
16	32	64
25	27	54
40	22	44
63	18	36

πίνακας (30) : εκλογή λιπαντικού συναρτήσει της περιφερειακής ταχύτητας U



πίνακας (31) : τιμές παραμέτρου λιπάνσεως γ_2 για την εκλογή του κατάλληλου λιπαντικού (βλέπε πίνακα (30) παραπάνω)

$\phi =$	1,0	1,20	1,28	1,33	1,35	1,36	1,36	1,36	1,35	1,34
$\beta_0 =$	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°

πίνακας (32) : συντελεστής φορτίσεως ϕ

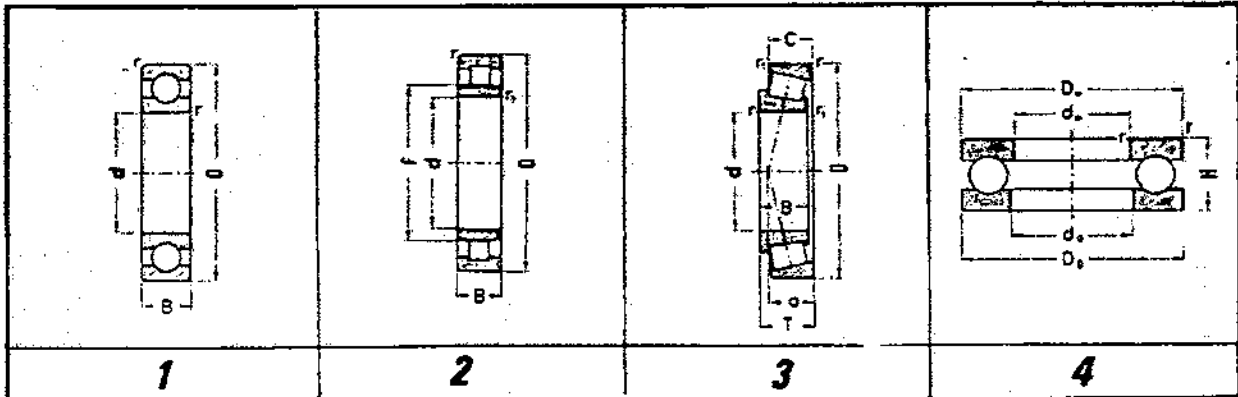
0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
3,25	3,50	3,75	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
6,50	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00
14,00	15,00	16,00	18,00	20,00	22,00	24,00	27,00
30,00	33,00	36,00	39,00	42,00	45,00	50,00	55,00
60,00	65,00	70,00	75,00				

πίνακας (44) : τιμές moduli κατά DIN 780

παράμετρος υλικού	
$y_1 = 1$	για τροχούς από το ίδιο υλικό ή χάλυβα με χυτοχάλυβα
$y_2 = 1,5$	για τροχούς από χάλυβα ή χυτοχάλυβα που συνεργάζονται με τροχούς από χυτοσίδηρο

πίνακας (44 α)

Πίνακας Τυποποίησης Τριβέων Κυλίσεως DIN 625, 5412, 720, 711



1: Μονόσφαιρος τριβέας DIN 625 **2:** Κυλινδρικός τριβέας DIN 5412

Κατα- σκευή	d	D	B	r
	mm			
62 00	10	30	9	1
62 01	12	32	10	1
62 02	15	35	11	1
62 03	17	40	12	1
62 04	20	47	14	1,5
62 05	25	52	15	1,5
62 06	30	62	16	1,5
62 07	35	72	17	2
62 08	40	80	18	2
62 09	45	85	19	2
62 10	50	90	20	2
62 11	55	100	21	2,5
62 12	60	110	22	2,5
62 13	65	120	23	2,5
62 14	70	125	24	2,5
62 15	75	130	25	2,5
62 16	80	140	26	3
62 17	85	150	28	3
62 18	90	160	30	3
62 19	95	170	32	3,5
62 20	100	180	34	3,5
62 21	105	190	36	3,5

Κατα- σκευή	d	D	B	r	F
	mm				
NU 49 00	10	22	13	0,5	14
NU 49 01	12	24	13	0,5	16
NU 49 02	15	28	13	0,5	20
NU 49 03	17	30	13	0,5	22
NU 49 04	20	37	17	0,5	25
NU 49/22	22	39	17	0,5	28
NU 49 05	25	42	17	0,5	30
NU 49/28	28	45	17	0,5	32
NU 49 06	30	47	17	0,6	35
NU 49/32	32	52	20	1	40
NU 49 07	35	55	20	1	42
NU 49 08	40	62	22	1	48
NU 49 09	45	68	22	1	52
NU 49 10	50	72	22	1	58
NU 49 11	55	80	25	1,5	63
NU 49 12	60	85	25	1,5	68
NU 49 13	65	90	25	1,5	72
NU 49 14	70	100	30	1,5	80
NU 49 15	75	105	30	1,5	85
NU 49 16	80	110	30	1,5	90
NU 49 17	85	120	35	2	100
NU 49 18	90	125	35	2	105

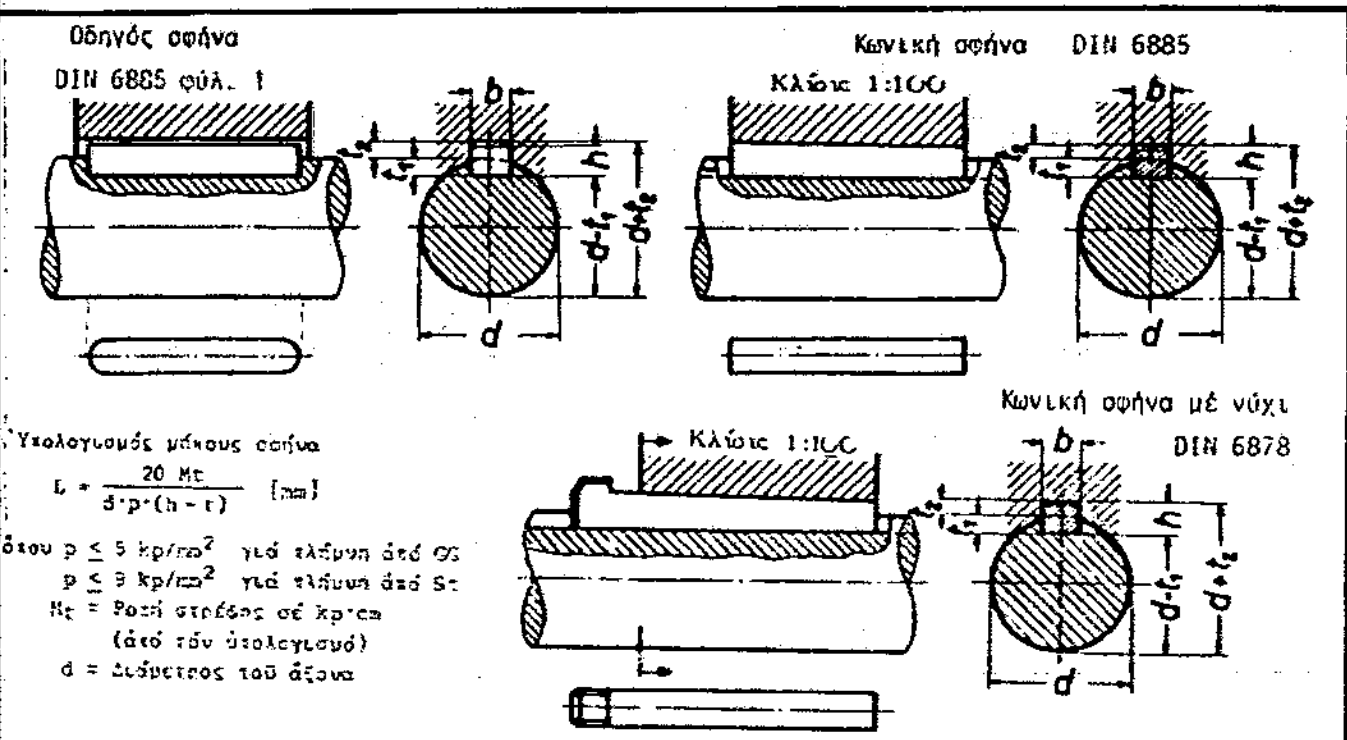
3: Κωνικός τριβέας DIN 720

Κατα- σκευή	d	D	B	C	T	r	r ₁	α
	mm							
302 02	15	35	11	10	11,75	1	0,3	8
302 03 A	17	40	12	11	13,25	1,5	0,5	9
302 04 A	20	47	14	12	15,25	1,5	0,5	11
302 05 A	25	62	15	13	16,25	1,5	0,5	12
302 06 A	30	62	16	14	17,25	1,5	0,5	14
302 07 A	35	72	17	15	18,25	2	0,8	15
302 08 A	40	80	18	16	19,75	2	0,8	16
302 08 A	45	85	19	16	20,75	2	0,8	18
302 10 A	50	90	20	17	21,75	2	0,8	19
302 11 A	55	100	21	18	22,75	2,5	0,8	20
302 12 A	60	110	22	19	23,75	2,5	0,8	21
302 13 A	65	120	23	20	24,75	2,5	0,8	23
302 14 A	70	125	24	21	26,25	2,5	0,8	25
302 15 A	75	130	25	22	27,25	2,5	0,8	27
302 16 A	80	140	26	22	28,25	3	1	27
302 17 A	85	150	28	24	30,5	3	1	29
302 18 A	90	160	30	26	32,5	3	1	31
302 19 A	95	170	32	27	34,5	3,5	1,2	33
302 20 A	100	180	34	29	37	3,5	1,2	35
302 21 A	105	190	36	30	39	3,5	1,2	37
302 22 A	110	200	38	32	41	3,5	1,2	39
302 24 A	120	215	40	34	43,5	3,5	1,2	43
302 26 A	130	230	40	34	43,75	4	1,5	45

4: Άξονικός τριβέας DIN 711

Κατα- σκευή	d _w	d _g	D _w	D _g	H	r
	mm					
512 00	10	12	26	26	11	1
512 01	12	14	28	28	11	1
512 02	15	17	32	32	12	1
512 03	17	19	35	35	12	1
512 04	20	22	40	40	14	1
512 05	25	27	47	47	15	1
512 06 x ¹⁾	30	32	52	52	16	1
512 07	35	37	62	62	18	1,5
512 08	40	42	68	68	19	1,5
512 09	45	47	73	73	20	1,5
512 10	50	52	78	78	22	1,5
512 11	55	57	90	90	25	1,5
512 12	60	62	95	95	26	1,5
512 13	65	67	100	100	27	1,5
512 14	70	72	105	105	27	1,5
512 15	75	77	110	110	27	1,5
512 16	80	82	115	115	28	1,5
512 17	85	88	125	125	31	1,5
512 18	90	93	135	135	35	2
512 20	100	103	150	150	38	2
512 22	110	113	160	160	38	2
512 24	120	123	170	170	39	2
512 26	130	133	187	190	45	2,5
512 28	140	143	197	200	46	2,5
512 30	150	153	212	215	50	2,5
512 32	160	163	222	226	51	2,5

Πίνακας Τυποποίησης Σφηνών DIN 6885, 6878



Υπολογισμός μήκους σφήνας
 $L = \frac{20 M_t}{\delta \cdot p \cdot (h - r)}$ [mm]

όπου $p \leq 5 \text{ kp/cm}^2$ για ελάττωμα από σ_s
 $p \leq 3 \text{ kp/cm}^2$ για ελάττωμα από S_t
 M_t = Ροπή στρέψης σε $\text{kp} \cdot \text{cm}$
 (από τόν υπολογισμό)
 d = Διάμετρος του άξονα

Διά Φ άξονος		Διατομή σφήνας πλάτος χύψος $b \times h$	Βάθος σύλουος άξονος t_1		Βάθος σύλουος		πλήμνις $d + t_2$			
					DIN 6885		DIN 6886		DIN 6887	
άνω	έως			έπιτρεπ. απόκλιση	mm	έπιτρεπ. απόκλιση	mm	έπιτρεπ. απόκλιση	mm	έπιτρεπ. απόκλιση
6	8	2x2	1,1	+0,1	d+1	+0,1	d+0,6	+0,1	—	—
8	10	3x3	1,7	+0,1	d+1,4	+0,1	d+1	+0,1	—	—
10	12	4x4	2,4	+0,1	d+1,7	+0,1	d+1,3	+0,1	d+1,3	+0,1
12	17	5x5	2,9	+0,1	d+2,2	+0,1	d+1,8	+0,1	d+1,8	+0,1
17	22	6x6	3,5	+0,2	d+2,6	+0,1	d+2,1	+0,1	d+2,1	+0,1
22	30	8x7	4,1	+0,2	d+3,0	+0,1	d+2,4	+0,1	d+2,4	+0,1
30	38	10x8	4,7	+0,2	d+3,4	+0,2	d+2,8	+0,1	d+2,8	+0,1
38	44	12x8	4,9	+0,2	d+3,2	+0,2	d+2,6	+0,1	d+2,6	+0,1
44	50	14x9	5,5	+0,2	d+3,6	+0,2	d+2,9	+0,1	d+2,9	+0,1
50	58	16x10	6,2	+0,2	d+3,9	+0,2	d+3,2	+0,2	d+3,2	+0,2
58	65	18x11	6,8	+0,2	d+4,3	+0,2	d+3,5	+0,2	d+3,5	+0,2
65	75	20x12	7,4	+0,2	d+4,7	+0,2	d+3,9	+0,2	d+3,9	+0,2
75	85	22x14	8,5	+0,2	d+5,6	+0,2	d+4,8	+0,2	d+4,8	+0,2
85	95	25x14	8,7	+0,2	d+5,4	+0,2	d+4,6	+0,2	d+4,6	+0,2
95	110	28x16	9,9	+0,2	d+6,2	+0,2	d+5,4	+0,2	d+5,4	+0,2
110	130	32x18	11,1	+0,3	d+7,1	+0,2	d+6,1	+0,2	d+6,1	+0,2
130	150	36x20	12,3	+0,3	d+7,9	+0,2	d+6,9	+0,2	d+6,9	+0,2
150	170	40x22	13,5	+0,3	d+8,7	+0,2	d+7,7	+0,2	d+7,7	+0,2
170	200	45x25	15,3	+0,3	d+9,9	+0,2	d+8,9	+0,2	d+8,9	+0,2
200	230	50x28	17	+0,3	d+11,2	+0,3	d+10,1	+0,3	d+10,1	+0,3
230	260	56x32	19,3	+0,3	d+12,9	+0,3	d+11,8	+0,3	d+11,8	+0,3
260	290	63x32	19,6	+0,3	d+12,6	+0,3	d+11,5	+0,3	d+11,5	+0,3
290	330	70x36	22	+0,3	d+14,2	+0,3	d+13,1	+0,3	d+13,1	+0,3
330	380	80x40	24,6	+0,3	d+15,6	+0,3	d+14,5	+0,3	d+14,5	+0,3
380	440	90x45	27,5	+0,3	d+17,7	+0,3	d+16,6	+0,3	d+16,6	+0,3
440	500	100x50	30,4	+0,3	d+19,8	+0,3	d+18,7	+0,3	d+18,7	+0,3

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ 9^{ος} τόμος, ΣΥΜΠΛΕΚΤΕΣ ,ΚΙΒΩΤΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ , ΔΙΑΦΟΡΙΚΑ ,ΒΕΛΛΩΡΑΣ Ι. ,ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΩΝ.**
2. **ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ 2 ,Γ.Κ. ΜΠΑΡΑΚΟΥ ,ΕΚΔΟΣΕΙΣ Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ.**
3. **ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ 2 ,ΚΑΒΑΛΛΙΕΡΑΤΟΥ ΝΙΚΟΥ , ΜΟΥΖΑΚΙΤΗ ΑΛΙΚΗΣ ,ΕΚΔΟΣΕΙΣ Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ.**