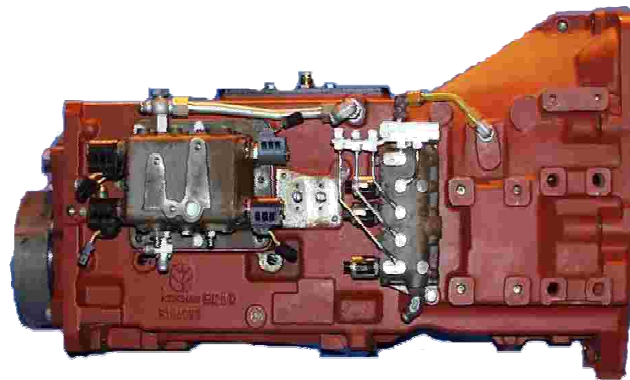


Α.Τ.Ε.Ι ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΣΤΕΓ & ΤΕΤΡΟΔ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΚΙΒΩΤΙΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΟΥΣ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥΣ
ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΔΑΣΚΑΛΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΜΠΙΖΡΕΜΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ

2015

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οφείλω και θέλω να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου, για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και υπομονή που έδειξαν όλα αυτά τα χρόνια σε όλους τους τομείς, δίνοντάς μου έτσι την ευκαιρία, να μπορώ να αφοσιωθώ στον τομέα των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο γεωργικός ελκυστήρας είναι το μοναδικό μηχάνημα της γεωργίας το οποίο έχει την δυνατότητα να παράγει ισχύ που χρησιμοποιείται όχι μόνο για την ώθησή του, αλλά την μεταδίδει και σε άλλα Γεωργικά μηχανήματα μέσω του δυναμοδότη ή της τροχαλίας. Η ισχύς αυτή προέρχεται από τον κινητήρα του Γεωργικού ελκυστήρα μεταδίδεται μέσω του στροφαλοφόρου άξονα στο κιβώτιο μετάδοσης ισχύος και στην συνέχεια στα μέσα προώσεως και στον δυναμοδότη. Είναι βασικό να μπορούμε να εκμεταλλευτούμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο ποσοστό της παραγόμενης από τον κινητήρα ισχύς, για τις διάφορες γεωργικές εργασίες. Αυτή η «απαίτηση» ήταν βασική επιδίωξη των κατασκευαστών των γεωργικών ελκυστήρων, από τα πρώιμα χρόνια της κατασκευής τους. Επειδή την ισχύ από τον κινητήρα την λαμβάνουμε μέσω του κιβωτίου μετάδοσης ισχύος όλη η έρευνα των κατασκευαστών επικεντρώθηκε στην βελτίωση των κιβωτίων αυτών, έτσι ώστε να έχουν μεγάλο Βαθμό απόδοσης. Στην προσπάθεια για βελτίωση του βαθμού απόδοσης και με αφετηρία τα «πρωτόγονα» μηχανικά κιβώτια με τροχούς σταθεράς εμπλοκής ή ολισθαίνοντας τροχούς, φτάσαμε στα κιβώτια με υδραυλική υποβοήθηση (Power shift) και στα κιβώτια συνεχούς μεταβαλλόμενης ταχύτητας τα γνωστά (continuously variable transmission, CVT). Βέβαια στην εξέλιξη των κιβωτίων ταχυτήτων (κιβώτια μετάδοσης ισχύος) συνέβαλαν και άλλοι παράγοντες εκτός από την βελτίωση του βαθμού απόδοσης όπως είναι η οικονομία καύσιμου, η ασφάλεια, η ταχύτητα εκτέλεσης των εργασιών και η σχετική άνεση του χειριστή. Η εξέλιξη της τεχνολογίας έδωσε μεγάλη ώθηση στην ανάπτυξη μορφών και δομών του κιβωτίου μετάδοσης ισχύος του Γεωργικού ελκυστήρα. Στην εργασία που ακολουθεί γίνεται αρχικά μια αναφορά στην ιστορία και την εξέλιξη του Γεωργικού ελκυστήρα. Στην συνέχεια αναλύονται οι κυριότεροι τύποι κιβωτίου ταχυτήτων οι οποίοι έχουν αποδοθεί, όσο το δυνατόν με ιστορική σειρά. Προχωρώντας έχει γίνει αναφορά στους τύπους του δυναμοδότη (PTO) ο οποίος είναι ο βασικός άξονας για την μεταφορά της ισχύος από το κιβώτιο μετάδοσης προς τα Γεωργικά μηχανήματα και γίνεται μια αναφορά στην ασφάλεια εργασίας με τον δυναμοδότη. Τέλος γίνεται αναφορά στις βασικές βλάβες ανά τύπο κιβωτίου ταχυτήτων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ		
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Ορισμός	ΣΕΛ. 7
1	Ιστορική Εξέλιξη	ΣΕΛ. 7
1.1	Οι πρώτες απόπειρες κατασκευής Γεωργικού Ελκυστήρα	ΣΕΛ. 7
1.2	Τελική Εξέλιξη	ΣΕΛ. 9
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Ταξινόμηση Γεωργικών Ελκυστήρων	ΣΕΛ. 11
2.1	Γενική ταξινόμηση	ΣΕΛ. 11
2.2	Ειδική ταξινόμηση	ΣΕΛ. 11
2.2.1	Ταξινόμηση με βάση την ισχύ τους	ΣΕΛ. 11
2.2.2	Ταξινόμηση με βάση τις γεωργικές εργασίες	ΣΕΛ. 11
2.3	Ταξινόμηση ανάλογα με τα μέσα προώσεώς τους	ΣΕΛ.12
2.3.1	Τροχοφόροι ελκυστήρες	ΣΕΛ. 12
2.3.2	Ερπυστριοφόροι ελκυστήρες	ΣΕΛ. 12
2.3.3	Ημιερπυστριοφόροι ελκυστήρες	ΣΕΛ. 13
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : Το έργο του γεωργικού ελκυστήρα	ΣΕΛ. 15
3.1	Έργο γεωργικού ελκυστήρα σε κίνηση	ΣΕΛ. 15
3.2	Έργο γεωργικού ελκυστήρα σε στάση	ΣΕΛ. 16
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Τα μέρη του γεωργικού ελκυστήρα	ΣΕΛ. 17
4.1	Το σώμα του ελκυστήρα	ΣΕΛ. 17
4.2	Ο κινητήρας	ΣΕΛ. 17
4.3	Το σύστημα μετάδοσης κίνησης	ΣΕΛ. 18
4.4	Οι μηχανισμοί οδήγησης και πέδησης	ΣΕΛ. 19

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : Ισχύς και Ιπποδύναμη		ΣΕΛ. 20
5.1	Κύριο σύστημα μετάδοσης ισχύος	ΣΕΛ. 22
5.2	Μηχανικό Σύστημα Μετάδοσης Ισχύος	ΣΕΛ. 23
5.3	Υδραυλικό Σύστημα Μετάδοσης Κίνησης	ΣΕΛ. 23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : Κιβώτια Μετάδοσης Ισχύος		ΣΕΛ. 24
6.1	Κιβώτια ταχυτήτων	ΣΕΛ. 24
6.1.1	Απαιτήσεις από ένα σύγχρονο κιβώτιο μετάδοσης	ΣΕΛ. 25
6.1.2	Στάδια εξέλιξης των κιβωτίων μετάδοσης	ΣΕΛ. 26
6.2	Τύποι κιβωτίων	ΣΕΛ. 27
6.2.1	Κιβώτια με Ολισθαίνοντες Οδοντοτούς Τροχούς	ΣΕΛ. 28
6.2.2	Κιβώτια με τροχούς σταθεράς εμπλοκής	ΣΕΛ. 33
6.2.3	Συγχρονισμένα κιβώτια	ΣΕΛ. 36
6.2.4	Κιβώτια αυτόματης αλλαγής βαθμίδων με υδραυλική υποβοήθηση	ΣΕΛ. 41
6.2.5	Κιβώτια Συνεχώς Μεταβαλλόμενης Μετάδοσης CVT	ΣΕΛ. 53
6.2.6	Υβριδικό σύστημα μετάδοσης της ισχύος	ΣΕΛ. 62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : Άξονες Μετάδοσης Ισχύος		ΣΕΛ. 65
7.1	Δυναμοδότης P.T.O	ΣΕΛ. 65
7.1.1	Ιστορική Αναδρομή	ΣΕΛ. 66
7.1.2	Τεχνικά Χαρακτηριστικά	ΣΕΛ. 67
7.1.3	Τύποι Δυναμοδότη	ΣΕΛ. 68
7.1.4	Πρόσθιος άξονας P.T.O	ΣΕΛ. 73
7.1.5	Μετάδοσης Κίνησης του Δυναμοδότη	ΣΕΛ. 74

7.1.6	Κίνδυνοι κατά την χρήσης P.T.O	ΣΕΛ. 75
7.1.7	Γεωργικά Μηχανήματα και σύνδεση με P.T.O	ΣΕΛ. 76
7.2	Τροχαλία	ΣΕΛ. 77
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 : Συνήθεις Βλάβες Κιβωτίου Ταχυτήτων		ΣΕΛ. 79
8.1	Βλάβες πιθανά αίτια και αντιμετώπιση Μηχανικών Κιβωτίων Ταχυτήτων	ΣΕΛ. 80
8.2	Βλάβες πιθανά αίτια και αντιμετώπιση Κιβωτίων Ταχυτήτων με Υδραυλικό Σύστημα	ΣΕΛ. 83
8.3	Βλάβες πιθανά αίτια και αντιμετώπιση Υδροδυναμικών Κιβωτίων Ταχυτήτων	ΣΕΛ. 85
8.4	Βλάβες πιθανά αίτια και αντιμετώπιση Υδροστατικών Κιβωτίων Ταχυτήτων	ΣΕΛ. 87
	Συμπέρασμα	
	Βιβλιογραφία	ΣΕΛ. 89

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΟΡΙΣΜΟΣ

Με τον όρο Γεωργικός ελκυστήρας¹ εννοούμε ένα αυτοκινούμενο όχημα που χρησιμοποιείται στις γεωργικές εργασίες για έλξη, ώθηση, ανάρτηση γεωργικών εργαλείων και μηχανημάτων. Χρησιμοποιείται επίσης για την λειτουργία των μηχανισμών των διαφόρων γεωργικών μηχανημάτων είτε αυτά είναι εν κινήσει είτε είναι εν στάση.

Το όνομα γεωργικός ελκυστήρας έχει δοθεί στα αυτοκινούμενα αυτά οχήματα γιατί είναι έτσι κατασκευασμένα ώστε να παρέχουν ισχυρή έλξη σε σχέση με το βάρος τους.

1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ

1.1 ΟΙ ΠΡΩΤΕΣ ΑΠΟΠΕΙΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ

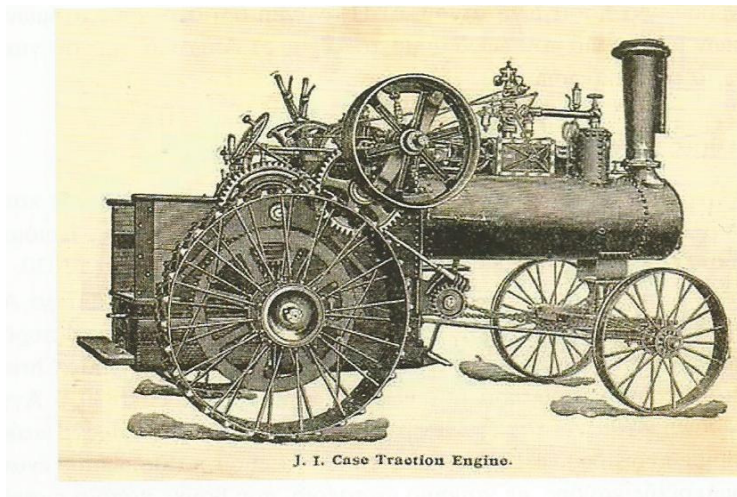
Από την αρχή² της ιστορίας της γεωργίας φάνηκε η ανάγκη της χρήσης μιας πηγής ενέργειας για τις διάφορες γεωργικές εργασίες. Αρχικά η πηγή ενέργειας ήταν η μυϊκή δύναμη του ανθρώπου και αργότερα των εξημερωμένων ζώων. Η χρήση της μυϊκής ενέργειας φτάνει μέχρι τις αρχές του 18^{ου} αιώνα. Τότε και συγκεκριμένα το 1712 κατασκευάστηκε από τον Th. Newcomen η πρώτη ατμομηχανή, η οποία βελτιώθηκε από τον Γάλλο J. Gugnot έτσι ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί σε αυτοκινούμενο όχημα. Βασικός σκοπός της εξέλιξης αυτής ήταν η αύξηση της ισχύος στις γεωργικές εργασίες, έτσι οι πρώτες ατμομηχανές χρησιμοποιήθηκαν για να μεταδώσουν ισχύ και τελικά κίνηση σε αλωνιστικές και άλλες στατικές μηχανές.

Στην εξέλιξη των ατμομηχανών φάνηκε από τα πρώτα χρόνια η ανάγκη να γίνουν αυτοκινούμενες και να χρησιμοποιηθούν, αρχικά τουλάχιστον για την έλξη αρότρων. Το 1858 κατασκευάστηκε από τον J.W. Fawkes το πρώτο αυτοκινούμενο

¹ Νάτσης Αθανάσιος, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σημειώσεις Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας Αθήνα 1993.

² Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος Α, Γεωργικοί Ελκυστήρες, 2η Έκδοση, Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη 2011.

ατμάροτρο που χρησιμοποιήθηκε για όργωμα. Στην δεκαετία 1870 – 1880 υπήρξε μια σημαντική βελτίωση των γεωργικών ελκυστήρων που άρχισαν να αποκτούν τον τελικό σκοπό τους που είναι η άροση και η μετάδοση ισχύος σε άλλες γεωργικές μηχανές. Οι ελκυστήρες αυτοί είχαν μεγάλο βάρος και όγκο οπότε ήταν ακατάλληλοι για κατευθείαν έλξη υναρότρων. (εικ. 1 κ 2). Οι ατμοκίνητοι ελκυστήρες χρησιμοποιούσαν ξύλα ή κάρβουνα ως καύσιμη ύλη για την παραγωγή ατμού. Έτσι παρουσιάζουν πολλά μειονεκτήματα όπως το μεγάλο βάρος ανά μονάδα ισχύος, οι μεγάλες ποσότητες καύσιμης ύλης και νερού, η απασχόληση πολλών ατόμων για τον εφοδιασμό τους, ο μεγάλος χρόνος για την εκκίνηση και κυρίως η έλλειψη ευελιξίας.



Εικ.1 αυτοκινούμενος ελκυστήρας.

Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος 2011



Εικ.2 ατμοκίνητος ελκυστήρας.

Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος 2011

1.2 ΤΕΛΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ

Τα προβλήματα αυτά άρχισαν³ να λύνονται όταν το 1889 κατασκευάστηκε στις ΗΠΑ ο πρώτος βενζινοκίνητος ελκυστήρας εσωτερικής καύσης, από τον Carter Ιλινόις των ΗΠΑ και θεωρείται ως το πρότυπο των μετέπειτα Γεωργικών Ελκυστήρων. Μια δεκαετία αργότερα η εταιρία Hart – Parr στο Charles City της Αϊόβα κατασκευάζει ελκυστήρες με βιομηχανική παραγωγή οι οποίοι είναι πιο εξελιγμένοι από τον ελκυστήρα του John Carter. Από τότε άρχισε σιγά - σιγά η παραγωγή βενζινοκίνητων ελκυστήρων εσωτερικής καύσης που αρχικά όμως ήταν βαριές κατασκευές, δυσκίνητες και με μικρή ισχύ. Λόγω αυτών των προβλημάτων άρχισε να γίνεται έρευνα (ιδίως στις ΗΠΑ) γύρω από την ευελιξία και την απόδοση των ελκυστήρων. Από το 1915 και μετά άρχισε η κατασκευή των ελκυστήρων με βάση τις αρχές που χρησιμοποιούνται και σήμερα.

Η μεγάλη επανάσταση στην κατασκευή του κινητήρα των ελκυστήρων έγινε μετά το 1930 οπότε και άρχισε η παραγωγή ελκυστήρων με κινητήρες Diesel που χρησιμοποιούν ως καύσιμο, όχι πια την βενζίνη, αλλά πετρέλαιο. Οι κινητήρες αυτοί δίνουν μεγαλύτερη ισχύ από τους βενζινοκινητήρες (πάντα με την ίδια ποσότητα καυσίμου) και έχουν μεγαλύτερη οικονομία γιατί το πετρέλαιο είναι πάντα φθηνότερο καύσιμο από την βενζίνη. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά πετρελαιοκινητήρες και η χρήση των βενζινοκινητήρων έχει περιοριστεί σε μικρής ισχύος μονοαξονικούς ή και δυαξονικούς ελκυστήρες. Οπότε θα μπορούσαμε να πούμε ότι από το 1930 και μετά η εκμηχάνιση της γεωργίας έλαβε επαναστατική μορφή.

³ Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος Α, Γεωργικοί Ελκυστήρες, 2η Έκδοση, Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη 2011.

Το 1932 κατασκευάζεται για πρώτη φορά⁴ από την εταιρία Allis – Chambers το πρώτο μοντέλο ελκυστήρα στο οποίο τα ελαστικά ήταν γεμάτα αέρα. Αυτή η πρωτοτυπία έδινε την δυνατότητα στο ελκυστήρα να κινείται μέσα στο χωράφι με μικρότερη τριβή και λιγότερους κραδασμούς.

Στο τέλος του 1940 η Ελβετική εταιρία Hurlimann παράγει τον πρώτο ελκυστήρα με 4 – κύλινδρο diesel άμεσου ψεκασμού.

Μετά το Β΄ παγκόσμιο πόλεμο παρατηρείται ραγδαία εξέλιξη των ελκυστήρων και αυτό οφείλεται στην αυξημένη ζήτηση γεωργικών προϊόντων στην Ευρώπη και στην Αμερική. Έτσι στην προσπάθεια για βελτίωση της απόδοσης του Γεωργικού Ελκυστήρα κατασκευάζεται το 1953 ο πρώτος ελκυστήρας με κιβώτια μετάδοσης ισχύος τύπου Power shift (μετατόπιση ισχύος) που στο αρχικό στάδιο είχε πολλά προβλήματα αλλά σιγά σιγά βελτιώθηκε φτάνοντας στο σημερινό κιβώτιο. Συνεχίζοντας την προσπάθεια για μεγαλύτερη απόδοση του ελκυστήρα κατασκευάζεται το 1961 ο πρώτος ελκυστήρας με κινητήρα diesel turbo που αυξάνει κατακόρυφα την ισχύ του ελκυστήρα. Προχωρώντας στην σημερινή εποχή και στην προσπάθεια για μεγαλύτερη μετάδοση της ισχύος του κινητήρα προς τα μέσα προώσεως και το PTO, βελτιώθηκαν και αναπτύχθηκαν νέα κιβώτια μετάδοσης ισχύος, όπως είναι το Full Power Shift (πλήρης – μετατόπιση ισχύος) και το CVT (continuously variable transmission) που βγήκε στην παραγωγή από το 1997 και μετά από διάφορες εταιρίες, όπως είναι η Fendt, Steyr, Zf, John Deere και άλλες γνωστές εταιρίες.

⁴ www.cornways.de/hi_tractor.html

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ

2.1 ΓΕΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Σήμερα κατασκευάζονται διάφοροι τύποι γεωργικών ελκυστήρων⁵ γιατί δεν είναι δυνατόν ένα είδος ελκυστήρα να ικανοποιήσει σε ισχύ όλες τις ανάγκες των αγροτών. Οι διάφοροι τύποι ελκυστήρων ταξινομούνται ανάλογα με το έργο που προσφέρουν, το καύσιμο του κινητήρα που χρησιμοποιούν, την ισχύ του ελκυστήρα, τον αριθμό των αξόνων και τον αριθμό των κινητήριων τροχών. Βέβαια κάθε είδος ελκυστήρα έχει και κάποια ειδικά χαρακτηριστικά τα οποία χρησιμοποιούνται για την επιμέρους ταξινόμησή τους.

2.2 ΕΙΔΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

2.2.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΙΣΧΥ ΤΟΥΣ

Ένα κύριο χαρακτηριστικό των γεωργικών ελκυστήρων⁶ είναι η ισχύ την οποία αποδίδουν. Με βάση την αποδιδόμενη ισχύ χωρίζονται σε: α) πολύ μικρής ισχύος (1-20 kw) β) μικρής ισχύος (20-50 kw) γ) μέσης ισχύος (50-80 kw) δ) μεγάλης ισχύος (80-120 kw) και ε) πολύ μεγάλης ισχύος (120-140 kw)

2.2.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Οι ελκυστήρες δεν είναι όλοι κατάλληλοι για το σύνολο των γεωργικών εργασιών. Με βάση την καταλληλότητά τους για την εκτέλεση των εργασιών αυτών ταξινομούνται σε: α) ελκυστήρες γενικής χρήσης, β) ελκυστήρες γενικών καλλιεργειών, γ) κηπευτικοί ελκυστήρες, δ) ελκυστήρες διαφόρων ειδικών χρήσεων. Στις κατηγορίες αυτές που ταξινομούνται οι ελκυστήρες ανάλογα με την καταλληλότητά τους για την εκτέλεση γεωργικών εργασιών, υπάρχουν και υποκατηγορίες ταξινόμησης. Έτσι οι κηπευτικοί ελκυστήρες χωρίζονται σε:

⁵ Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , Ίδρυμα Ευγενίδου 1954 Έκδοση 1985.

⁶ Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , 2^η Έκδοση , Εκδόσεις Γιαχούδη , Θεσσαλονίκη 2011.

1. Δενδροκομικούς.
2. Αμπελουργικούς.
3. Κηπευτικούς μικρής ισχύος.

2.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΑ ΜΕΣΑ ΠΡΟΩΣΕΩΣ ΤΟΥΣ

Οι γεωργικοί ελκυστήρες χωρίζονται στις εξής κατηγορίες: Τους τροχοφόρους, ερπυστριοφόρους και τους ημιερπυστριοφόρους.

2.3.1 ΤΡΟΧΟΦΟΡΟΙ ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ

Η ισχύς των τροχοφόρων ελκυστήρων⁷ βρίσκεται ανάμεσα στα όρια ισχύος των 2 kw έως και 400 kw. Η μεγάλη αυτή διακύμανση οφείλεται στα πολλά είδη τροχοφόρων ελκυστήρων που υπάρχουν, οι οποίοι και είναι πολύ διαδεδομένοι σε ολόκληρο τον αγροτικό κόσμο.

Οι τροχοφόροι ελκυστήρες μπορεί να έχουν δύο τροχούς ή τρεις τροχούς (δύο πίσω και ένα μπροστά) ή τέσσερις τροχούς. Οι ελκυστήρες με δύο τροχούς έχουν και την μικρότερη ισχύ ενώ οι ελκυστήρες με τέσσερις τροχούς έχουν μεγάλη ισχύ που φτάνει μέχρι τα 400 kw.

Οι ελκυστήρες αυτού του τύπου έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν για ένα μεγάλο πλήθος γεωργικών εργασιών ανάλογα με το τύπο και το μέγεθος τους. Χρησιμοποιούνται για να προετοιμάσουν το έδαφος πριν από την σπορά (όργωμα), να σπείρουν και να περιποιηθούν την καλλιέργεια, για μεταφορές, αλλά κυρίως να παρέχουν ενέργεια και κίνηση σε άλλα γεωργικά μηχανήματα χρησιμοποιώντας τον δυναμοδότη (PTO) ή την υδραυλική ενέργεια.

2.3.2 ΕΡΠΥΣΤΡΙΟΦΟΡΟΙ ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ

Η ισχύς των ερπυστριοφόρων⁸ ελκυστήρων κυμαίνεται από 40 έως 400 kw δεν είναι κατάλληλοι για όλες τις γεωργικές εργασίες, αλλά χρησιμοποιούνται:

⁷ Σούτερ Χαράλαμπος Α, Γεωργική Μηχανολογία “ Ελκυστήρες – Κινητήρες “, Εκδόσεις Καραμπερόπουλος Αθήνα. 1972.

⁸ Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος Α, Γεωργικοί Ελκυστήρες, 2^η Έκδοση, Εκδόσεις Γιαγούδη, Θεσσαλονίκη 2011.

- A. Σε βαριές εργασίες όπως είναι εκχερσώσεις, οργώματα σε μεγάλο βάθος, χωματουργικές εργασίες.
- B. Σε χαλαρά εδάφη (τυρφώδη ή βαλτώδη) στα οποία εργάζονται χωρίς προβλήματα διότι λόγω του μεγάλου εμβαδού που έχουν οι ερπύστριες, ασκούν μικρή πίεση στο έδαφος (400 έως 500 gr/cm²). Για πολύ μαλακά εδάφη υπάρχουν ελκυστήρες με μεγάλο μήκος και πλάτος ερπυστριών που ασκούν πίεση στο έδαφος έως και 200 gr/cm².
- C. Όταν και όπου απαιτείται ευελιξία, ακριβής έλεγχος κατά την οδήγηση και μεγάλη ευστάθεια (έχουν χαμηλό το κέντρο βάρους τους). Οι ελκυστήρες αυτοί δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μεταφορές και μετακινήσεις (όπως οι τροχοφόροι ελκυστήρες) διότι αναπτύσσουν πολύ μικρή ταχύτητα και προκαλούν φθορές σε ασφαλτοστρωμένους δρόμους.

2.3.3 ΗΜΙΕΡΠΥΣΤΡΙΟΦΟΡΟΙ ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ

Οι ελκυστήρες⁹ αυτού του τύπου είναι αρχικά απλοί διαξονικοί τροχοφόροι (δηλαδή με δυο ζεύγη κινητήριων τροχών) στους οποίους μπορεί να προσαρμοστεί μια μορφή ερπύστριας συνήθως στους πίσω κινητήριους τροχούς. Αυτό γίνεται με την βοήθεια ενός ελεύθερου τροχού (ελεύθερος τροχός είναι ο τροχός που δεν παίρνει κίνηση από την μηχανή). Ο ελεύθερος τροχός έχει τοποθετηθεί ανάμεσα στους κινητήριους τροχούς κοντά στον πίσω κινητήριο τροχό. Η ερπύστρια που χρησιμοποιείται είναι ελαστική με ενίσχυση μεταλλικών νημάτων. Ο ελκυστήρας αυτός φέρει ειδικό μηχανισμό που «τεντώνει» την ερπύστρια. Η ερπύστρια μπορεί να μην είναι μόνιμη και εύκολα απομακρύνεται οπότε ο ελκυστήρας γίνεται τροχοφόρος.

Οι ημιερπυστριοφόροι ελκυστήρες έχουν το πλεονέκτημα να αναπτύσσουν μεγάλη ελκτική δύναμη και λόγω της ερπύστριας, αναπτύσσουν μικρή συμπίεση στο έδαφος. Για το λόγο αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε δύσκολες εδαφικές συνθήκες. Παρουσιάζουν ένα μεγάλο μειονέκτημα, έχουν πολύ μικρές ταχύτητες που σημαίνει ότι παράγουν ένα συγκεκριμένο έργο σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από τους ερπυστριοφόρους ελκυστήρες.

⁹ Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος Α, Γεωργικοί Ελκυστήρες, 2^η Έκδοση, Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη 2011.

Στις μέρες μας οι ελκυστήρες αυτοί έχουν σχεδόν εκλείψει, χρησιμοποιούνται μόνο σε κάποιες θεριζοαλωνιστικές μηχανές ειδικά για την συγκομιδή του ρυζιού που οι εδαφικές συνθήκες είναι δύσκολες.

Οι σύγχρονοι ημιαμπυλιοφόροι ελκυστήρες έχουν προέλθει από τους ελκυστήρες με τέσσερις κινητήριους τροχούς στους οποίους έχουν αντικατασταθεί και οι τέσσερις τροχοί με ειδικές ημιαμπύστριες και έχουν μεγάλη ισχύ και καλύτερη απόδοση από τους αντίστοιχους ερπυστριοφόρους, εικ.3



Εικ.3 σύγχρονος ημιαμπυλιοφόρος ελκυστήρας με τέσσερις ημιαμπύστριες.
Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος 2011.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΟ ΕΡΓΟ ΤΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ

Ο γεωργικός ελκυστήρας¹⁰ είναι μια πηγή ισχύος και σε αυτόν στηρίζεται το σύνολο της εκμηχάνισης των γεωργικών εργασιών οι οποίες είναι πολλές και διαφόρων τύπων. Έτσι ο σύγχρονος Γεωργικός ελκυστήρας είναι κατασκευασμένος για να χρησιμοποιείται σε ποικιλία γεωργικών εργασιών και να ικανοποιεί τις ανάγκες της σύγχρονης εκμηχανισμένης γεωργίας με την μεταφορά ισχύος σε διάφορα γεωργικά μηχανήματα ή εργαλεία είτε ο ελκυστήρας βρίσκεται σε κίνηση είτε σε στάση.

3.1 ΕΡΓΟ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ

Όταν ο γεωργικός ελκυστήρας βρίσκεται σε κίνηση μπορεί να εκτελέσει μια μεγάλη ποικιλία εργασιών.

- Μπορεί να χρησιμοποιείται απλά για την έλξη ή ρυμούλκηση ενός γεωργικού εργαλείου ή ενός γεωργικού μηχανήματος όπως π.χ ένα άροτρο ή μια ρυμούλκα.
- Μπορεί να έλκει ένα συρόμενο μηχάνημα και συγχρόνως να προσφέρει ισχύ μέσω του δυναμοδότη του (PTO) για να κινηθούν οι μηχανισμοί του συρόμενου μηχανήματος. Τέτοια μηχανήματα είναι διάφορες συλλεκτικές μηχανές όπως η καλαμποσυλλεκτική ή μια χορτοδετική μηχανή.
- Μπορεί να πραγματοποιεί ανάρτηση ενός μηχανήματος που έχει προσδεθεί στο πίσω μέρος του, όπως είναι η ανάρτηση ενός αρότρου στην φάση ελιγμού του ελκυστήρα.
- Να μεταδίδει κίνηση στους μηχανισμούς ενός μηχανήματος όπως είναι οι μηχανές συγκομιδής ή μηχανές διανομής λιπάσματος.

¹⁰ Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , Ίδρυμα Ευγενίδου 1954 Έκδοση 1985.

- Μπορεί να πραγματοποιεί ανάρτηση, έλξη, και ταυτόχρονα να μεταδίδει ισχύ στους μηχανισμούς του μηχανήματος όπως είναι τα περιστρεφόμενα άροτρα τα οποία παίρνουν ισχύ από τον δυναμοδότη.
- Όταν τα διάφορα γεωργικά μηχανήματα και οι εξαρτήσεις είναι τοποθετημένες στο εμπρόσθιο τμήμα του τότε ο ελκυστήρας μπορεί να πραγματοποιεί ανάρτηση και ώθηση ή ανάρτηση, ώθηση και μετάδοση κίνησης στα εργαλεία αυτά.

3.2 ΕΡΓΟ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ ΣΕ ΣΤΑΣΗ

Όταν ένας γεωργικός ελκυστήρας¹¹ βρίσκεται σε στάση τότε μπορεί να εκτελέσει ένα περιορισμένο αριθμό εργασιών που σχεδόν αποκλειστικά είναι η μετάδοση ισχύος. Ο ελκυστήρας σε στάση λοιπόν μεταδίδει την ισχύ του σε μηχανήματα που βρίσκονται σε στάση όπως π.χ σε μια αντλία κατά την άντληση νερού. Μπορεί επίσης να μεταδώσει την ισχύ του στην υδραυλική ανάρτησή του ώστε να ανυψώσει κάποιο μηχανήμα. Η μετάδοση ισχύος του ελκυστήρα σε στάση προς τα διάφορα μηχανήματα γίνεται με τον δυναμοδότη του ελκυστήρα ή με την τροχαλία του όταν πρόκειται για ανύψωση.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί η διαφορά ανάμεσα στο γεωργικά μηχανήματα και γεωργικά εργαλεία.

Με τον όρο γεωργικά εργαλεία αναφερόμαστε στα εργαλεία εκείνα που για να αποδώσουν ένα έργο χρησιμοποιούν την ισχύ του ελκυστήρα μόνο για την έλξη τους όπως είναι τα άροτρα.

Με τον όρο γεωργικά μηχανήματα αναφερόμαστε στα μηχανήματα εκείνα που για να κάνουν ένα έργο χρησιμοποιούν ισχύ από τον ελκυστήρα όχι μόνο για την έλξη τους αλλά και για την λειτουργία των διαφόρων μηχανισμών τους, όπως είναι μια φρέζα ή μια μηχανή δεματοποίησης.

¹¹ Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , 2^η Έκδοση , Εκδόσεις Γιαχούδη , Θεσσαλονίκη 2011.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΤΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ

Ο Γεωργικός¹² ελκυστήρας αποτελείται από ένα σύνολο εξαρτημάτων και μηχανισμών που είναι έτσι δομημένος ώστε να προσφέρει παραγωγικό έργο στον αγρότη με ποικίλους τρόπους. Αν και κάθε τύπος ελκυστήρα έχει την δική του ιδιομορφία στα εξαρτήματα και τους μηχανισμούς, οι γεωργικοί ελκυστήρες γενικά έχουν τα ίδια βασικά μέρη τα οποία είναι.:

- Το σώμα του ελκυστήρα
- Ο κινητήρας
- Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης
- Οι μηχανισμοί οδήγησης και πέδησης.

4.1 ΤΟ ΣΩΜΑ ΤΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ

Το σώμα του ελκυστήρα είναι μια κατασκευή από χυτοσίδηρο στην οποία ενσωματώνονται ο κινητήρας και το σύστημα μετάδοσης της κίνησης. Στηριγμένα βρίσκονται οι κινητήριοι μηχανισμοί (PTO, τροχαλία, βαρούλκο), το σύστημα διεύθυνσης και πέδησης, το δοχείο καυσίμου, οι προφυλακτήρες, τα φανάρια, η καμπίνα και το κάθισμα του χειριστή και τα διάφορα αντίβαρα για την ευστάθεια του ελκυστήρα.

4.2 Ο ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

Στους σύγχρονους ελκυστήρες¹³ χρησιμοποιούνται αποκλειστικά κινητήρες εσωτερικής καύσης (βλ. ιστορική εξέλιξη). Στον κινητήρα μετατρέπεται η πίεση που αναπτύσσεται μέσα στους κυλίνδρους σε ωφέλιμο έργο στον σφόνδυλο του κινητήρα.

¹² Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , Ίδρυμα Ευγενίδου 1954 Έκδοση 1985.

¹³ Σούτερ Χαράλαμπος Α , Γεωργική Μηχανολογία “ Ελκυστήρες – Κινητήρες “, Εκδόσεις Καραμπερόπουλος Αθήνα. 1972.

Τα κυριότερα μέρη του κινητήρα είναι:

1. Η μηχανή εσωτερικής καύσης αποτελείται από: Το σώμα των κυλίνδρων, τα έμβολα με τους πύρους, τον διωστήρα και τους στροφαλοφόρους άξονες που μετατρέπει την παλινδρομική κίνηση του εμβόλου σε περιστροφική.

2. Το σύστημα βαλβίδων.

3. Το σύστημα μεταφοράς και τροφοδοσίας καυσίμου το οποίο μεταφέρει το καύσιμο στους κυλίνδρους όπου γίνεται η καύση.

4. Σύστημα εισαγωγής αέρα.

5. Σύστημα εξαγωγής καυσαερίων.

6. Σύστημα ψύξης.

7. Σύστημα λίπανσης.

8. Ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό σύστημα¹⁴ είναι το σύστημα που περιλαμβάνει το σύστημα εκκίνησης, το σύστημα παραγωγής σπινθήρα του συσσωρευτή και το σύστημα φωτισμού και λειτουργίας των διαφόρων οργάνων του γεωργικού ελκυστήρα.

4.3 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης¹⁵ περιέχει γενικά τα διάφορα είδη: Τον συμπλέκτη, το κιβώτιο ταχυτήτων, το διαφορικό, τα κιβώτια τελικών μεταδόσεων και τους άξονες μετάδοσης με την τροχαλία

¹⁴ Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , 2η Έκδοση , Εκδόσεις Γιαχούδη , Θεσσαλονίκη 2011.

¹⁵ Προσωπική συνέντευξη New Holland.

4.4 ΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΟΔΗΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΕΔΗΣΗΣ

Οι μηχανισμοί¹⁶ αυτοί δίνουν την δυνατότητα στον χειριστή, να κατευθύνει τον ελκυστήρα όπου χρειάζεται. Η οδήγηση γίνεται με το τιμόνι το οποίο, στους σύγχρονες ελκυστήρες, είναι υδραυλικό ώστε να διευκολύνεται το έργο του χειριστή στο χωράφι και τους αγροτικούς δρόμους.

Οι μηχανισμοί πέδησης (σύστημα φρένου) χρησιμοποιούνται για την ακινητοποίηση του ελκυστήρα και με την πέδηση του ενός μόνο τροχού διευκολύνεται η ευελιξία του ελκυστήρα κατά τους ελιγμούς στο χωράφι.

¹⁶ Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , Ίδρυμα Ευγενίδου 1954 Έκδοση 1985.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΙΣΧΥΣ ΚΑΙ ΙΠΠΟΔΥΜΑΜΗ

Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης¹⁷ είναι η πιο αποδοτική θερμική μηχανή και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται στους γεωργικούς ελκυστήρες. Ένα σημαντικό στοιχείο του κινητήρα εσωτερικής καύσης, που εκφράζει την αποδοτικότητά του, είναι η ισχύς του.

Η ισχύς ενός κινητήρα¹⁸ είναι το έργο που αποδίδει σε ορισμένο χρόνο. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι εάν ο χρόνος που χρειάζεται για να αποδοθεί ένα έργο είναι μεγάλος τότε η ισχύς του κινητήρα είναι μικρή και αντίστροφα.

Συνήθως χρησιμοποιούμε δύο μονάδες μέτρησης ισχύος που αναφέρονται στο αγγλοσαξονικό σύστημα και στο μετρικό σύστημα.

Στο αγγλοσαξονικό σύστημα μονάδα μέτρησης της ισχύος είναι ο μηχανικός ίππος (HP). Ένας ίππος (1HP) είναι το έργο που πραγματοποιείται από 550 lb – ft ανά δευτερόλεπτο ($1HP = 550 \text{ lb} - \text{Ft} / \text{sec}$).

Στο μετρικό σύστημα η ισχύς του κινητήρα συμβολίζεται με PS και ισχύει ότι $1PS = 75 \text{ KP m} / \text{sec}$ δηλαδή εκφράζει το έργο που παράγεται από δύναμη 75 KP όταν μετακινεί ένα σώμα κατά ένα μέτρο σε ένα δευτερόλεπτο (1 sec). Η σχέση ανάμεσα στις δύο μονάδες μέτρησης είναι $1HP = 1,0139 \text{ PS}$.

Η ισχύς του κινητήρα ενός γεωργικού ελκυστήρα δεν μπορεί να μετρηθεί στο χώρο εργασίας του ελκυστήρα δηλαδή στο χωράφι γιατί οι συνθήκες εδάφους, θερμοκρασίας, υγρασίας του αέρα, μεταβάλλονται συνεχώς. Έτσι οι μετρήσεις γίνονται σε ειδικά εργαστήρια. Για το λόγο αυτό λέμε ότι η μέτρηση γίνεται με έμμεσο τρόπο.

¹⁷ Γράβαλος Ι. Γ , Ράπτης Ι. Κ , Γεωτεχνικά επιστημονικά θέματα σειρά – vi – τόμος 16 – τεύχος 2/2005
Ερευνητική εργασία – σελ 12-19.

¹⁸

<http://krekisd.blogspot.gr/search/label/%CE%B9%CF%80%CF%80%CE%BF%CE%B4%CF%8D%CE%BD%CE%B1%CE%BC%CE%B7>

Η μέτρηση της ισχύος¹⁹ του κινητήρα εσωτερικής καύσης του γεωργικού ελκυστήρα γίνεται με την βοήθεια δυναμόμετρου ή εναλλακτικά, με την μέθοδο της επιτάχυνσης άνευ φορτίου και στην μέθοδο αυτή μετράμε την γωνιακή επιτάχυνση του κινητήρα, η οποία είναι σημαντικό διαγνωστικό εργαλείο που μπορεί να συγκριθεί με την ροπή στρέψης και την ισχύ. Τα τελευταία χρόνια γίνονται έρευνες για την μέτρηση της ισχύος του κινητήρα ενός ελκυστήρα, σε συνθήκες εργασίας στον αγρό. Έτσι έχουν αναπτυχθεί συσκευές καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων που έχουν σχέση με την ισχύ.

Για τον χειριστή ενός γεωργικού ελκυστήρα²⁰ σημασία έχει η ισχύς στους κινητήριους μηχανισμούς μέσω των οποίων παρέχει έργο. Έτσι η ισχύς αυτή διακρίνεται:

- 1) Στην ισχύ στο σημείο έλξης.
- 2) Στην ισχύ στον δυναμοδότη (PTO) που είναι η ιπποδύναμη που διαθέτει ο ελκυστήρας στο PTO για την κίνηση διαφόρων γεωργικών μηχανημάτων (φρέζα, χορτοκοπτικό, χορτοδετικό κλπ).
- 3) Στην ισχύ που καταλήγει στην τροχαλία. Η ισχύς αυτή είναι η ιπποδύναμη που διαθέτει ο ελκυστήρας στην τροχαλία για την κίνηση γεωργικών μηχανημάτων που λειτουργούν σε στάση.

Κριτήριο για την επιλογή ενός γεωργικού ελκυστήρα είναι και οι τρεις περιπτώσεις διαχωρισμού της ισχύος που αναφέρθηκαν παραπάνω.

¹⁹ Γράβαλος Ι. Γ , Ράπτης Ι. Κ , Γεωτεχνικά επιστημονικά θέματα σειρά – vi – τόμος 16 – τεύχος 2/2005
ερευνητική εργασία – σελ 12-19.

²⁰

<http://krekisd.blogspot.gr/search/label/%CE%B9%CF%80%CF%80%CE%BF%CE%B4%CF%8D%CE%BD%CE%B1%CE%BC%CE%B7>

5.1 ΚΥΡΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Ανάμεσα στον κινητήρα και στο σύστημα κινητήριων τροχών²¹ και άλλων μηχανημάτων που έχει ο γεωργικός ελκυστήρας παρεμβάλλεται το σύστημα μεταφοράς ισχύος. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει τους παρακάτω μηχανισμούς:

- Τον συμπλέκτη.
- Το κιβώτιο αλλαγής ταχυτήτων.
- Τους άξονες μετάδοσης της κίνησης. (PTO)
- Το διαφορικό.
- Τους μειωτήρες ή ακραίες μεταδόσεις.
- Το ημιαξόνιο με τους τροχούς ή τις ερπύστριες.

Το σύστημα μετάδοσης ισχύος είναι έτσι κατασκευασμένο ώστε να ανταποκρίνεται στις παρακάτω απαιτήσεις:

- 1) Να αποδεσμεύει την μηχανή από κάθε φορτίο και να αντιμετωπίζει τις παρενέργειες της αδράνειας της συνολικής μάζας του οχήματος καθώς και τις τριβές του.
- 2) Να καταναλίσκει ενέργεια ανάλογα με την φύση και το φορτίο του έργου που εκτελεί για να μην υπάρχουν μεγάλες απώλειες ισχύος.
- 3) Να επιτρέπει την μεταβολή της ταχύτητας κίνησης του ελκυστήρα με ταυτόχρονη ανεξαρτησία των κινητήριων αξόνων.
- 4) Να μειώνει την ταχύτητα περιστροφής των κινητήριων τροχών ανεξάρτητα από την ταχύτητα περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα της μηχανής.
- 5) Να επιτρέπει την διανομή ισχύος σε περισσότερα σημεία εξόδου.

²¹ Αυγουστίνος Αυγουστής Χ , Γεωργικός Ελκυστήρας I , II , Α.Τ.Ε.Ι Μεσολογγίου , Μεσολόγγι 2000.

Τα συστήματα μετάδοσης ισχύος²² διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα μηχανικά, και τα υδραυλικά συστήματα.

5.2 ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Τα μηχανικά συστήματα αποτελούνται από ένα συμπλέκτη που έχει την δυνατότητα να διακόπτει την ισχύ από τον κινητήρα προς τους κινητήριους τροχούς. Αποτελείται από ένα κιβώτιο ταχυτήτων που δίνει την δυνατότητα στο όχημα να μεταβάλει την ταχύτητά τους ή να αναστρέφει την κίνησή του (όπισθεν). Αποτελείται επίσης από το κιβώτιο του διαφορικού (ή διαφορικό) που δίνει την δυνατότητα να διαφοροποιούνται οι στροφές των κινητήριων τροχών (γωνιακή ταχύτητα) ανάλογα με τις ανάγκες και τον τύπο του εδάφους. ((Σε πολλές περιπτώσεις ο ένας κινητήριος τροχός πρέπει να κινείται διαφορετικά από τον άλλον για να εξασφαλίζει καλύτερη πρόσφυση και ευελιξία κινήσεων)). Αποτελείται επίσης από τους άξονες μετάδοσης της κίνησης (άξονας ΡΤΟ) που με την βοήθειά τους μεταδίδεται κίνηση σε παρελκόμενα μηχανήματα. Η ενεργοποίηση των αξόνων ΡΤΟ γίνεται με ειδικούς συμπλέκτες και με τα κιβώτια τελικών μεταδόσεων μεταδίδεται ισχύς στα διάφορα μηχανήματα.

5.3 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Τα υδραυλικά συστήματα περιλαμβάνουν, τα κυριότερα τμήματα των συστημάτων μηχανικής μετάδοσης, αλλά όπου υπάρχουν οδοντωτοί τροχοί χρησιμοποιείται ειδικό λάδι το οποίο μεταδίδει την κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα στους κινητήριους τροχούς και στα άλλα σημεία εξόδου. (Άξονες ΡΤΟ, τροχαλία κλπ.)

²² Γσατσαρέλης Κωνσταντίνος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , 2^η Έκδοση , Εκδόσεις Γιαχούδη , Θεσσαλονίκη 2011.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΚΙΒΩΤΙΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

6.1 ΚΙΒΩΤΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

Το κιβώτιο ταχυτήτων²³ βρίσκεται ανάμεσα στον συμπλέκτη και το διαφορικό. Η σειρά τοποθέτησης είναι: συμπλέκτης – κιβώτιο ταχυτήτων – διαφορικό.

Το κιβώτιο ταχυτήτων αποτελείται γενικά: Από ένα σύστημα οδοντωτών τροχών μέσω του οποίου μεταφέρεται η ισχύς του κινητήρα στους κινητήριους τροχούς του ελκυστήρα και προσαρμόζεται ανάλογα με τις ανάγκες. Οι κυριότερες λειτουργίες των κιβωτίων ταχυτήτων είναι: Η επιλογή ταχυτήτων, η αντίστροφη της διεύθυνσης κίνησης του ελκυστήρα, η σύνδεση και αποσύνδεση του κινητήρα από το υπόλοιπο σύστημα μετάδοσης ισχύος.

Μια βασική λειτουργία του κιβωτίου ταχυτήτων²⁴ στους ελκυστήρες είναι η μετάδοση κίνησης στο ΡΤΟ και στις αντλίες. Η μεταφορά της ισχύος μπορεί να γίνει με την αυξομείωση των στροφών και της ροπής που παράγει ο κινητήρας έτσι ώστε ο ελκυστήρας να αποκτήσει την ταχύτητα και την ροπή που απαιτείται για κάποια εργασία.

Ο βασικότερος ρόλος του κιβωτίου ταχυτήτων είναι²⁵: Να τροποποιεί την ροπή και την ταχύτητα. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να τροποποιεί (να αυξάνει ή να μειώνει) την ταχύτητα κίνησης διατηρώντας σταθερό τον αριθμό στροφών του κινητήρα, με το να γίνεται συνεχώς υποπολλαπλασιασμός της σχέσης ανάμεσα στις στροφές του κινητήρα και τις στροφές των κινητήριων τροχών δηλαδή της ταχύτητας του ελκυστήρα.

²³ Γιακουμέτης Γ, Ελκυστήρες και Γεωργικά Μηχανήματα , Εκδόσεις ΙΩΝ 1992.

²⁴ Προσωπική συνέντευξη New Holland.

²⁵ Γιακουμέτης Γ, Ελκυστήρες και Γεωργικά Μηχανήματα , Εκδόσεις ΙΩΝ 1992.

Το κιβώτιο ταχυτήτων²⁶ με τις δυνατότητες που έχει και που περιγράφηκαν παραπάνω, δίνει την δυνατότητα στον χειριστή να επιλέξει κατά την εκκίνηση μικρή ταχύτητα που έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη ροπή στους τροχούς. Δίνει επίσης την δυνατότητα να επιλέξει ο χειριστής μεγαλύτερες ταχύτητες μετά το ξεκίνημα ανάλογα πάντα με το φορτίο και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες εργάζεται ο γεωργικός ελκυστήρας. Σε κάθε περίπτωση στις βαθμίδες του κιβωτίου ταχυτήτων αποτέλεσμα είναι η μείωση των στροφών του κινητήρα που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ροπής που αναπτύσσεται στην μηχανή.

Στους ελκυστήρες ο κινητήρας²⁷ εργάζεται επί πλήρες φορτίο, για αποδοτικότερη εργασία πρέπει το κιβώτιο ταχυτήτων να αποτελείται από μεγάλο αριθμό βαθμίδων, έτσι ώστε οι εργασίες να γίνονται με την μεγαλύτερη δυνατή ισχύ ανάλογα με την φύση της εργασίας

6.1.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΕΝΑ ΣΥΓΧΡΟΝΟ ΚΙΒΩΤΙΟ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

Ένα σύγχρονο κιβώτιο μετάδοσης είναι έτσι σχεδιασμένο και κατασκευασμένο ώστε να ικανοποιεί τις παρακάτω βασικές απαιτήσεις²⁸:

1. Να έχει την δυνατότητα γρήγορης και εύκολης επιλογής της κατάλληλης ταχύτητας που απαιτείται για κάποια εργασία.
2. Εύκολη επιλογή κατεύθυνσης.
3. Πολλές βαθμίδες (ταχύτητες) για την επιλογή της κατάλληλης βαθμίδας για κάθε εργασία.
4. Άνεση και ασφάλεια στο χειρισμό.
5. Οικονομία κατά την λειτουργία και ταυτόχρονα την μέγιστη απόδοση.
6. Μεγάλη διάρκεια ζωής και ευκολία στην συντήρηση.
7. Χαμηλή απώλεια ισχύος από τα μηχανικά μέρη κατά την μετάδοσή της στους τροχούς, ΡΤΟ και αντλίες.

²⁶ Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , Ίδρυμα Ευγενίδου 1954 Έκδοση 1985.

²⁷ Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , 2η Έκδοση , Εκδόσεις Γιαχούδη , Θεσσαλονίκη 2011.

²⁸ Προσωπική συνέντευξη New Holland.

8. Μεγάλη αντοχή.

6.1.2 ΣΤΑΔΙΑ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΩΝ ΚΙΒΩΤΙΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

Τα κιβώτια μετάδοσης ισχύος²⁹ δεν είχαν πάντα την μορφή και την λειτουργία που έχουν σήμερα. Τα πρώτα χρόνια ανάπτυξης του σύγχρονου ελκυστήρα χρησιμοποιούσαν βαριά και δυσκίνητα κιβώτια στα οποία έπρεπε κατά την αλλαγή μιας βαθμίδας να σταματήσει πρώτα ο ελκυστήρας. Με την πάροδο του χρόνου έγιναν προσπάθειες να μπορεί να γίνει η αλλαγή βαθμίδων όταν ο ελκυστήρας ήταν εν κινήσει. Έτσι φτάσαμε στα σύγχρονα κιβώτια μετάδοσης. Τα βασικά στάδια από τα οποία πέρασε η εξέλιξη των κιβωτίων μετάδοσης είναι τα εξής:

1^ο βασικό ασυγχρόνιστο μηχανικό κιβώτιο με μηχανικό συμπλέκτη ξηρού δίσκου.

2^ο συγχρονισμένο μηχανικό κιβώτιο με μηχανικό συμπλέκτη ξηρού δίσκου.

3^ο κιβώτια αυτόματης αλλαγής βαθμίδων με υδραυλική υποβοήθηση σε συνδυασμό με συγχρονισμένο κιβώτιο Semi-power shift, (Ημι - μετατόπιση ισχύος) χωρίς συμπλέκτη ξηράς τριβής.

4^ο κιβώτια αυτόματης αλλαγής βαθμίδων με υδραυλική υποβοήθηση για τις ταχύτητες και τις περιοχές (high – low) full- power shift, (πλήρης – μετατόπιση ισχύος)

5^ο κιβώτια συνεχώς μεταβαλλόμενης μετάδοσης (Continuously variable transmission, CVT) χωρίς κύριο συμπλέκτη που είναι ολοκληρωμένο αυτόματο κιβώτιο μηχανοϋδραυλικής ανάμειξης με συνεχή μεταβολή ταχύτητας, που είναι και τα πλέον σύγχρονα κιβώτια.

²⁹ Προσωπική συνέντευξη New Holland.

6.2 ΤΥΠΟΙ ΚΙΒΩΤΙΩΝ

Τα κιβώτια ταχυτήτων ταξινομούνται³⁰ ανάλογα με τον τρόπο που γίνεται η σύμπλεξη των οδοντωτών τροχών όταν επιλέγονται οι ταχύτητες αλλά και με τον τρόπο μετάδοσης και μεταφοράς της ισχύος σε:

- 1) Κιβώτια με ολισθαίνοντες οδοντωτούς τροχούς.
- 2) Κιβώτια με τροχούς σταθεράς εμπλοκής.
- 3) Συγχρονισμένα κιβώτια.
- 4) Κιβώτια αυτόματης αλλαγής βαθμίδων με υδραυλική υποβοήθηση.
- 5) Κιβώτια συνεχώς μεταβαλλόμενης μετάδοσης (CVT).

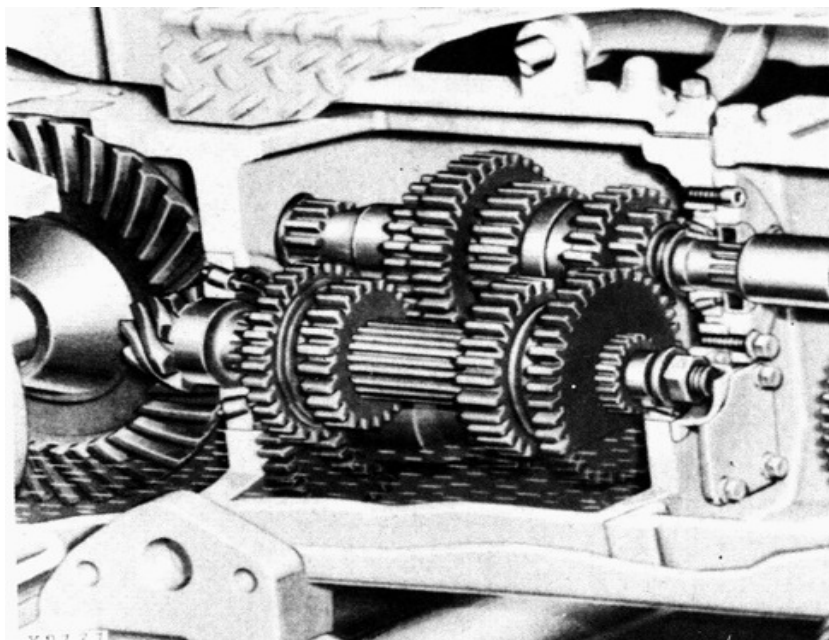
³⁰ Γσατσαρέλης Κωνσταντίνος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , 2η Έκδοση , Εκδόσεις Γιαχούδη , Θεσσαλονίκη 2011.

6.2.1 ΚΙΒΩΤΙΑ ΜΕ ΟΛΙΣΘΑΙΝΟΝΤΕΣ ΟΔΟΝΤΟΤΟΥΣ ΤΡΟΧΟΥΣ

Ο τύπος αυτός του κιβωτίου χρησιμοποιήθηκε από τα πρώτα χρόνια της κατασκευής των σύγχρονων ελκυστήρων και επειδή είναι απλός στην κατασκευή του εξακολουθεί να χρησιμοποιείται και σήμερα σε πολλούς τύπους ελκυστήρων. Αποτελούνται από έναν άξονα ο οποίος μεταφέρει την κίνηση από τον συμπλέκτη μέσα στο κιβώτιο ταχυτήτων (πρωτεύων άξονας), από έναν άξονα ο οποίος μεταφέρει την κίνηση προς το διαφορικό (δευτερεύων άξονας) και από έναν τρίτο άξονα για την όπισθεν ταχύτητα. Οι άξονες αυτοί μπορεί να είναι τοποθετημένοι σε παράλληλη διάταξη ή σε σειρά.

1. Παράλληλη διάταξη αξόνων

Στην παράλληλη διάταξη αξόνων ο πρωτεύων άξονας αποτελείται από τρεις οδοντωτούς τροχούς οι οποίοι είναι μόνιμα συνδεδεμένοι με αυτόν. Το ένα γρανάζι (Α) είναι για την πρώτη ταχύτητα και για την όπισθεν. Ο άξονας αυτός είναι μόνιμα συνδεδεμένος με τον ένα από τους δύο οδοντωτούς τροχούς της ταχύτητας όπισθεν εικ. 4.



Εικ.4 Κιβώτιο ταχυτήτων με ολισθαίνοντες οδοντωτούς τροχούς και με τους άξονες (πρωτεύων, δευτερεύοντα) παράλληλους

Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α, 1985

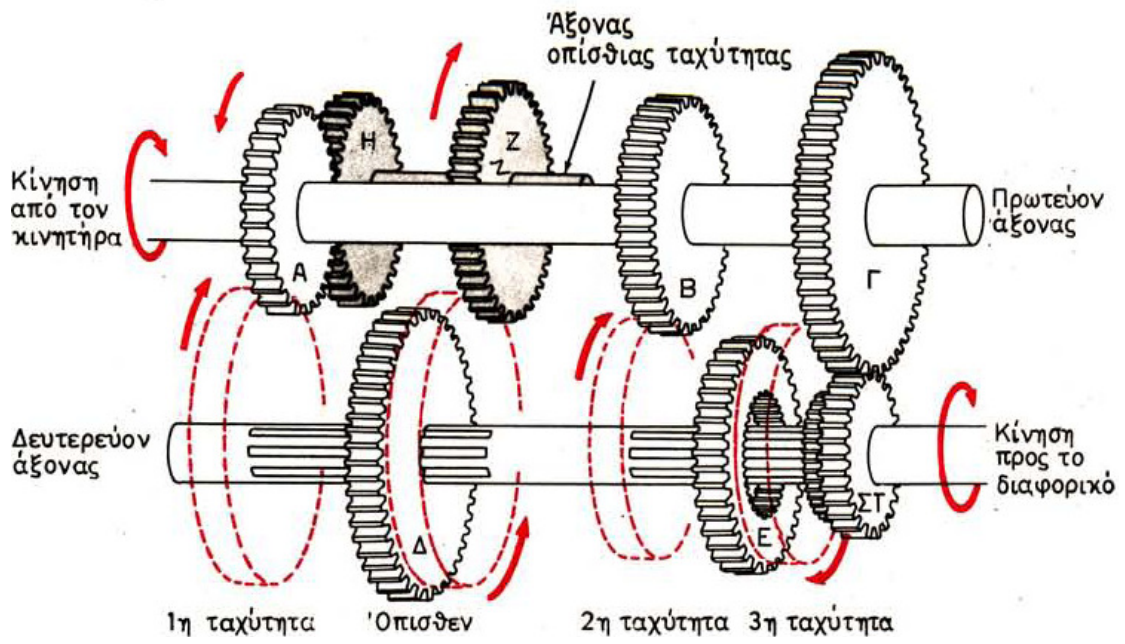
Αποτελείται από ένα οδοντωτό τροχό³¹ για την δεύτερη ταχύτητα και έναν για την τρίτη ταχύτητα ο οποίος συμπλέκεται μόνιμα με έναν από τους οδοντωτούς τροχούς του δευτερεύοντα άξονα που δίνει κίνηση προς το διαφορικό (τροχοί Γ και ΣΤ αντίστοιχα). Για την ταχύτητα όπισθεν υπάρχει ένας άξονας που αποτελείται από δύο οδοντωτούς τροχούς (Η) και (Ζ) από τους οποίους ο τροχός (Η) είναι μόνιμα συνδεδεμένος με τον τροχό (Α) της πρώτης ταχύτητας που αναφέραμε παραπάνω.

Ο δευτερεύων άξονας αποτελείται από τρεις οδοντωτούς τροχούς (Δ) , (Ε), (ΣΤ). Από τους τροχούς αυτούς ο τροχός (Δ) είναι για την πρώτη ταχύτητα και την όπισθεν ανάλογα με τον τροχό που συμπλέκεται στους άλλους δύο άξονες. Όταν ο τροχός (Δ) συμπλέκεται με τον τροχό (Α) του πρωτεύοντα άξονα (εικ. 5) τότε ο ελκυστήρας κινείται με την πρώτη ταχύτητα, ενώ όταν συμπλέκεται με τον τροχό (Ζ) του άξονα της όπισθεν τότε ο ελκυστήρας κινείται όπισθεν. Όταν ο τροχός (Ε) του δευτερεύοντα άξονα συμπλέκεται με τον τροχό (Β) του πρωτεύοντα τότε ο ελκυστήρας κινείται με την δεύτερη ταχύτητα, ενώ όταν ο τροχός (Ε) συμπλέκεται με τον τροχό (ΣΤ) (ο οποίος αποτελείται από δύο ειδών οδοντωτούς τροχούς) τότε ο ελκυστήρας κινείται με την τρίτη ταχύτητα.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειώσουμε ότι οι τροχοί (Δ),(Ε) ολισθαίνουν στον δευτερεύοντα άξονα αλλά δεν περιστρέφονται ελεύθερα γύρω από τον άξονα τους. Ο διπλός τροχός (ΣΤ) περιστρέφεται ελεύθερα στον δευτερεύοντα άξονα. Όλοι οι άλλοι τροχοί, δηλαδή του πρωτεύοντα άξονα και του άξονα της όπισθεν ταχύτητας είναι σταθερά συνδεδεμένοι πάνω στους άξονές τους.

Όταν οι οδοντωτοί τροχοί (Δ),(Ε),(Ζ) δεν συμπλέκονται με άλλον οδοντωτό τροχό του πρωτεύοντα άξονα ή τον άξονα της όπισθεν, τότε το κιβώτιο είναι στο νεκρό σημείο ή λέμε ότι έχουμε «νεκρά ταχύτητα».

³¹ Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , Ίδρυμα Ευγενίδου 1954 Έκδοση 1985.



Εικ. 5 Λειτουργία κιβωτίου ταχυτήτων με παράλληλους άξονες.

Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α, 1985

Το κιβώτιο δύο αξόνων³² δεν χρησιμοποιείται συνήθως σε ελκυστήρες με κίνηση και στους τέσσερις τροχούς λόγω χωροταξικών προβλημάτων που δημιουργούνται από την σύνθεση του κεντρικού άξονα με το κιβώτιο διαμονής.

2. Διάταξη αξόνων σε σειρά.

Στον τρόπο αυτόν διάταξης των αξόνων³³ ο πρωτεύων και ο δευτερεύων άξονας είναι σε σειρά. Στους άξονες αυτούς είναι συνδεδεμένοι οι οδοντωτοί τροχοί (Α),(Β),(Γ). Στον τύπο αυτόν του κιβωτίου υπάρχει και ένας ενδιάμεσος άξονας που αποτελείται από τέσσερις οδοντωτούς τροχούς μόνιμα συνδεδεμένους με αυτόν. Ο τελευταίος από τους τροχούς αυτούς χρησιμοποιείται για την όπισθεν .

Ο πρωτεύων άξονας (ο άξονας που παίρνει κίνηση από τον κινητήρα) έχει στο άκρο του ένα οδοντωτό τροχό (Α) που είναι μόνιμα συνδεδεμένος με τον τροχό (Δ) του ενδιάμεσου άξονα, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την συνεχή περιστροφή του ενδιάμεσου άξονα. Ο δευτερεύων άξονας (που δίνει κίνηση προς το διαφορικό) αποτελείται από δύο οδοντωτούς τροχούς (Β),(Γ) που έχουν μεν την δυνατότητα να ολισθαίνουν αλλά δεν έχουν την δυνατότητα της ελεύθερης περιστροφής γύρω από αυτόν. Όπως και στον προηγούμενο τύπο κιβωτίου έτσι και εδώ υπάρχει ειδικός άξονας για την όπισθεν στον οποίο υπάρχει μόνιμα στερεωμένος οδοντωτός τροχός (Η).

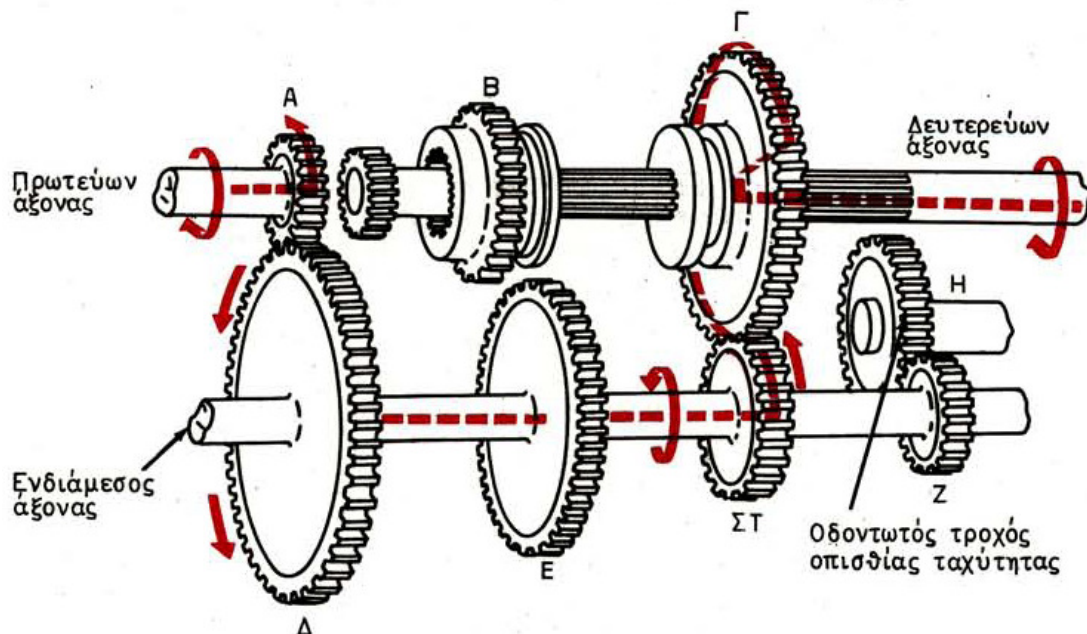
Η επιλογή των ταχυτήτων γίνεται ως εξής: Η πρώτη ταχύτητα επιτυγχάνεται όταν ο τροχός (Γ) συμπλέκεται με τον τροχό (ΣΤ) όπως φαίνεται στο (εικ. 6). Η δεύτερη ταχύτητα επιτυγχάνεται όταν ο τροχός (Β) του δευτερεύοντα άξονα συμπλεχθεί με τον τροχό (Ε) του ενδιάμεσου άξονα. Η τρίτη ταχύτητα επιτυγχάνεται όταν ο τροχός (Α) του πρωτεύοντα άξονα συμπλεχτεί με τον τροχό (Β) του δευτερεύοντα άξονα. Για κιβώτια που έχουν περισσότερες από τρεις ταχύτητες απαιτείται μεγαλύτερος αριθμός οδοντωτών τροχών στον πρωτεύοντα άξονα. Η όπισθεν ταχύτητα επιτυγχάνεται όταν ο τροχός (Γ) κατά την ολίσθησή του, συμπλέκεται με τον τροχό (Η) της όπισθεν. Παρατηρούμε στον τύπο αυτόν του κιβωτίου ότι όταν επιλέγουμε την τρίτη ταχύτητα (ή κάποιο άλλη μεγαλύτερη) παρακάμπτεται ο ενδιάμεσος άξονας και έτσι ο

³² Δρ. Παραδεισιάδης Γ, Σημειώσεις Οχήματα Ανωμάλου Εδάφους. Α.Τ.Ε.Ι Θεσσαλονίκης , 2012.

³³ Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , Ίδρυμα Ευγενίδου 1954 Έκδοση 1985.

δευτερέων άξονας αποτελεί προέκταση του πρωτεύοντα άξονα και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μετάδοσης της κίνησης κατευθείαν από τον κινητήρα στο διαφορικό.

Για την μετάδοση της κίνησης³⁴ στον παραπάνω τύπο κιβωτίου, είναι απαραίτητο δύο η τρία ζεύγη οδοντωτών τροχών ανάλογα με την βαθμίδα της ταχύτητας που χρησιμοποιούμε (δηλ. με ποια ταχύτητα κινείται ο ελκυστήρας). Σύμφωνα με τα παραπάνω, για την πρώτη βαθμίδα (1^η ταχύτητα) συμπλέκονται οι τροχοί (Γ) και (ΣΤ) αλλά, στον τύπο αυτού του κιβωτίου, είναι μόνιμα συμπλεγμένοι οι τροχοί (Α) και (Δ) όπως φαίνεται στην εικ. 6. Έτσι θα μπορούσαμε να πούμε ότι για την 1^η ταχύτητα συμπλέκονται τέσσερεις οδοντωτοί τροχοί.



Εικ.6 λειτουργία κιβωτίου ταχυτήτων με ολισθαίνοντες οδοντωτούς τροχούς και με τους άξονες (πρωτεύοντα , δευτερεύοντα) σε σειρά.

Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α, 1985

³⁴ Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , 2^η Έκδοση , Εκδόσεις Γιαχούδη , Θεσσαλονίκη 2011.

Αν N_A , N_Δ , N_Γ , $N_{\Sigma T}$ το πλήθος των δοντιών των τροχών (Α) , (Δ) , (Γ) , (ΣΤ) αντίστοιχα τότε η σχέση μετάδοσης για την πρώτη ταχύτητα είναι:

$$C_1 = N_A / N_\Delta \times N_{\Sigma T} / N_\Gamma$$

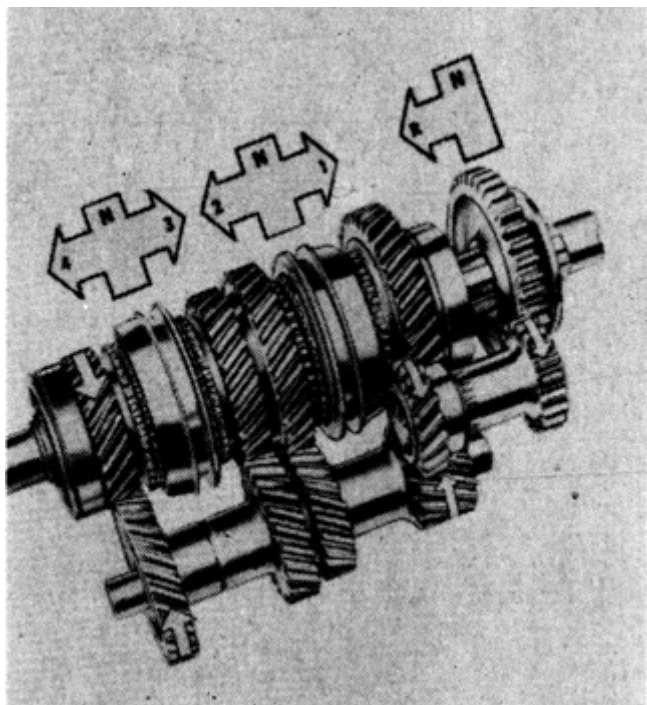
Στην 2^η ταχύτητα που εμπλέκονται οι τροχοί (Α) , (Δ) , (Β) , (Ε) η σχέση μετάδοσης είναι:

$C_2 = N_A / N_\Delta \times N_E / N_B$ με N_B και N_E το πλήθος των δοντιών των τροχών (Β) και (Ε) αντίστοιχα. Ενδιαφέρων παρουσιάζει η 3^η ταχύτητα στην οποία ο δευτερεύοντα άξονας εμπλέκεται κατ' ευθείαν με τον πρωτεύοντα άξονα οπότε δεν παρεμβάλλεται κίνηση μεταξύ οδοντωτών τροχών. Τότε η σχέση μετάδοσης είναι $C_3 = 1$. Τέλος για την όπισθεν όπου έχουμε μόνιμα εμπλοκή των τροχών (Ζ) Και (Η) οι οδοντωτοί τροχοί που εμπλέκονται είναι (Α) , (Δ) , (Γ) , (Ζ) , (Η) οπότε η σχέση μετάδοσης είναι:

$C_0 = N_A / N_\Delta \times N_Z / N_H \times N_H / N_\Gamma$ με N_Z και N_H το πλήθος των δοντιών των τροχών (Ζ) και (Η) αντίστοιχα.

6.2.2 ΚΙΒΩΤΙΑ ΜΕ ΤΡΟΧΟΥΣ ΣΤΑΘΕΡΑΣ ΕΜΠΛΟΚΗΣ

Τα κιβώτια αυτά έχουν μεγάλη ομοιότητα με τον τύπο των κιβωτίων με ολισθαίνοντας τροχούς διότι αποτελούνται από τον πρωτεύοντα, τον δευτερεύοντα και τον ενδιάμεσο άξονα με τους δύο πρώτους να βρίσκονται σε σειρά. Μια από τις διαφορές τους είναι η χρήση ελικοειδών (εικ.7) οδοντωτών τροχών. Οι τροχοί του ενδιάμεσου και του δευτερεύοντα άξονα είναι συνδεδεμένοι κατά ζεύγη χωρίς να ολισθαίνουν κατά μήκος των αξόνων τους αλλά οι τροχοί του δευτερεύοντα άξονα περιστρέφονται ελεύθερα γύρω από αυτόν. Η μετάδοση της κίνησης πραγματοποιείται όταν ενεργοποιηθεί ένα ζεύγος τροχών το οποίο αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη βαθμίδα.

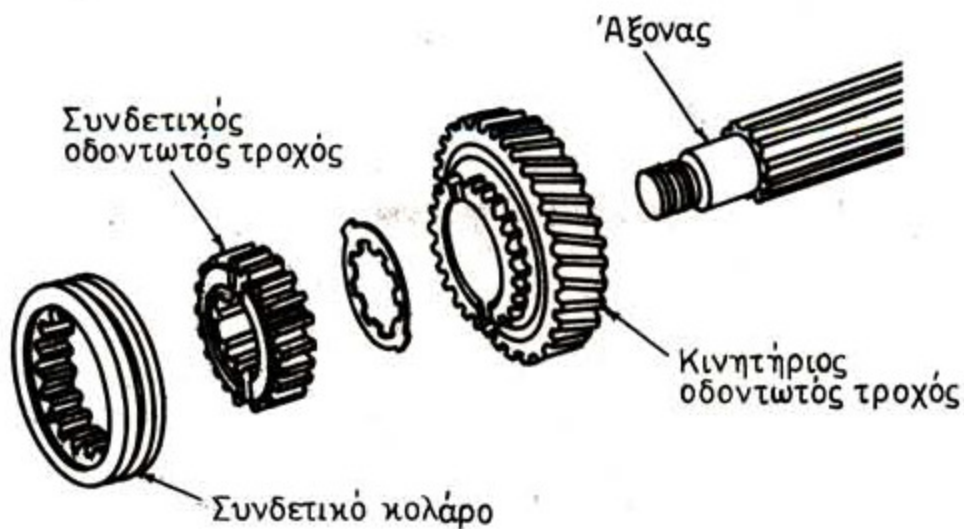


Εικ.7 Κιβώτιο ταχυτήτων με ολισθαίνοντα συνδετικά κολλάρα με τέσσερις εμπρόσθιες και μια όπισθεν ταχύτητα.

Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α, 1985

Για να ενεργοποιηθεί ο οδοντωτός τροχός³⁵ του δευτερεύοντα άξονα χρησιμοποιούνται ειδικοί σύνδεσμοι που είναι συνήθως μικρά γρανάζια τα οποία ολισθαίνουν κατά μήκος του άξονα αυτού (εικ.8). Οι σύνδεσμοι αυτοί χρησιμοποιούνται για την σταθεροποίηση του τροχού του δευτερεύοντα άξονα. Αυτό γίνεται όταν η εξωτερική οδόντωση του συνδέσμου εμπλέκεται με την εσωτερική οδόντωση του τροχού του δευτερεύοντα άξονα που όπως αναφέραμε προηγουμένως περιστρέφεται ελεύθερα γύρω από τον άξονα. Αλλά ο τροχός του ενδιάμεσου άξονα είναι μόνιμα σε εμπλοκή με τον τροχό του δευτερεύοντα άξονα, οπότε με την σταθεροποίηση του τροχού του δευτερεύοντα άξονα αναγκάζεται να περιστρέφεται ο άξονας αυτός και να μεταδίδει την κίνηση προς το διαφορεικό και όπου αλλού χρειάζεται.

³⁵ Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , 2^η Έκδοση , Εκδόσεις Γιαχούδη , Θεσσαλονίκη 2011.



Εικ. 8 Μηχανισμός για την ενσωμάτωση του ελευθέρου οδοντωτού τροχού στον άξονά του.

Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α, 1985

Τέλος πρέπει να σημειωθεί³⁶ ότι τα κιβώτια αυτά του τύπου είναι αθόρυβα και αυτό οφείλεται στους ελικοειδείς οδοντωτούς τροχούς και στην μόνιμη εμπλοκή των τροχών του ενδιάμεσου άξονα με τους τροχούς του δευτερεύοντα άξονα που περιστρέφεται ελεύθερα πάνω σε αυτόν.

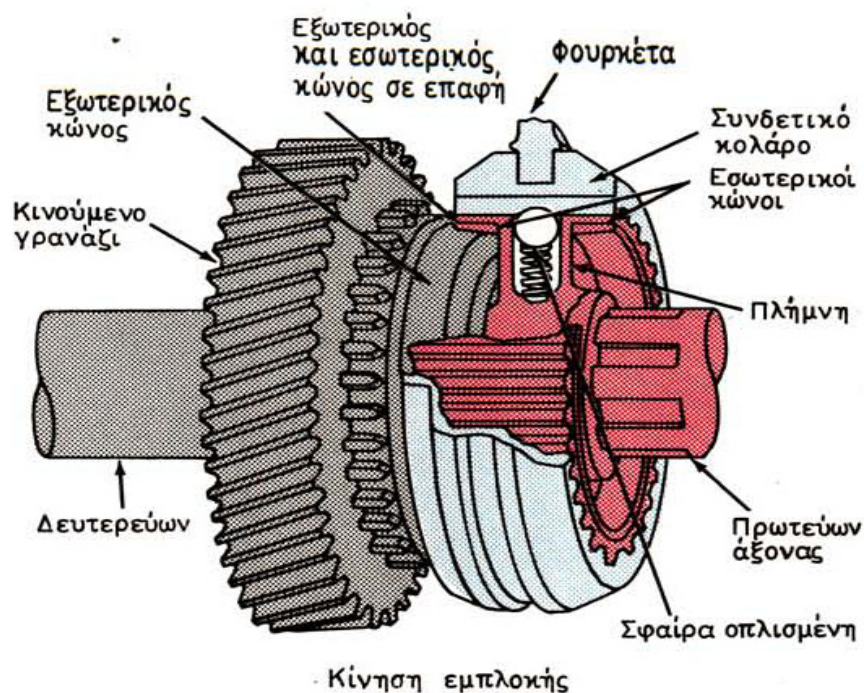
Παρατήρηση: στους προηγούμενους τύπους κιβωτίων³⁷ μια χαρακτηριστική δυσκολία είναι η αλλαγή βαθμίδων (ταχυτήτων) όταν το όχημα κινείται. Η αλλαγή αυτή μπορεί να επιφέρει ισχυρό σοκ στον κινητήρα και καταστροφές όχι μόνο στους τροχούς αλλά και στις εργασίες που κάνει ο ελκυστήρας. Για το λόγο αυτό χρειάζεται εμπειρία εξοικείωση από τον χειριστή. Οι δυσκολίες στις αλλαγές βαθμίδων οφείλεται στις διαφορετικές περιφερειακές ταχύτητες που έχουν οι οδοντωτοί τροχοί την συγκεκριμένη στιγμή και γίνεται δύσκολη η σύμπλεξη. Η δυσκολία αυτή αντιμετωπίζεται με τα συγχρονισμένα κιβώτια.

³⁶ Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , Ίδρυμα Ευγενίδου 1954 Έκδοση 1985.

³⁷ Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , 2η Έκδοση , Εκδόσεις Γιαχούδη , Θεσσαλονίκη 2011.

6.2.3 ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΕΝΑ ΚΙΒΩΤΙΑ

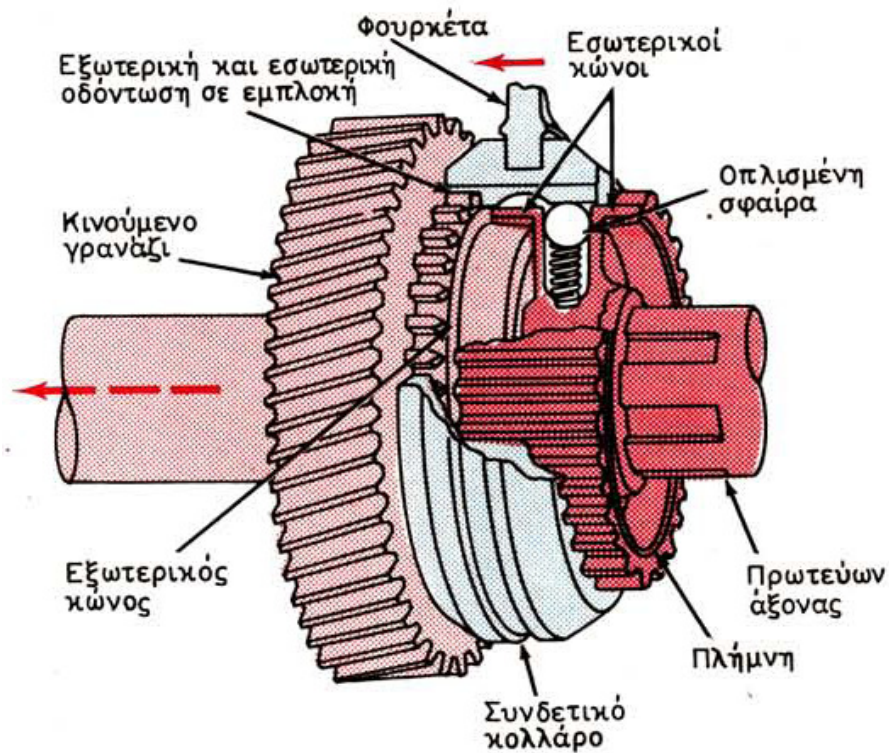
Τα κιβώτια αυτά έχουν³⁸ σε μόνιμη εμπλοκή τους οδοντωτούς τροχούς του ενδιάμεσου άξονα με τους αντίστοιχους τροχούς του δευτερεύοντα άξονα που περιστρέφονται ελεύθερα γύρω του. Τα κιβώτια αυτά έχουν μια γενική ομοιότητα με τα κιβώτια σταθερής εμπλοκής που περιγράφηκαν παραπάνω. Υπάρχει βέβαια μια μεγάλη διαφορά με τα κιβώτια αυτά. Η διαφορά αυτή συνιστάται στην ύπαρξη ειδικού μηχανισμού συγχρονισμού, ο οποίος εξομοιώνει τις περιφερικές ταχύτητες των τροχών που πρόκειται να εμπλακούν για μια βαθμίδα. Στον μηχανισμό αυτό οφείλεται η δυνατότητα αλλαγής βαθμίδας χωρίς να διακόπτεται η κίνηση του ελκυστήρα όπως συμβαίνει στα απλά κιβώτια ταχυτήτων. (βλ. παρατήρηση)



Εικ. 9 Ο μηχανισμός συγχρονισμού κατά την ώρα της επαφής των δυο κώνων του συγχρονισμού της ταχύτητας περιστροφής των δυο τροχών.

Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α, 1985

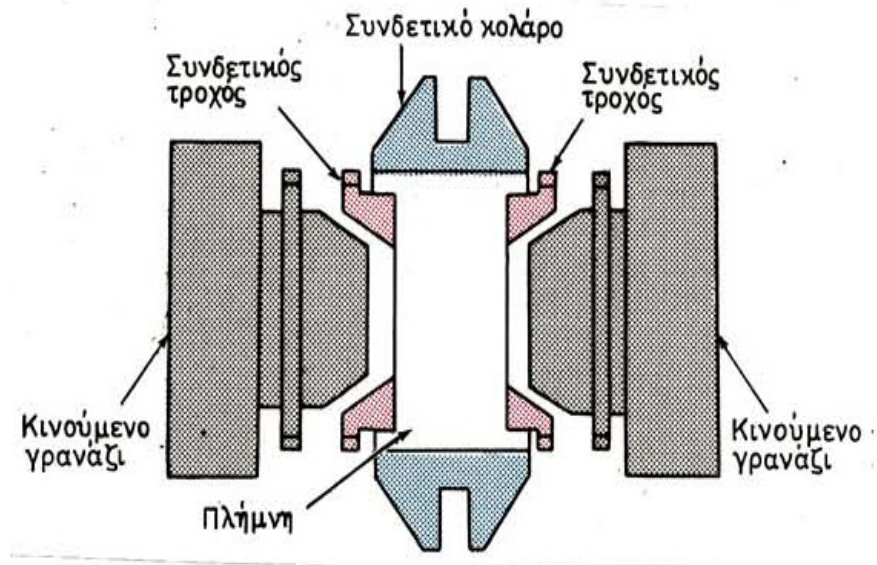
³⁸ Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α, Γεωργικοί Ελκυστήρες, Ίδρυμα Ευγενίδου 1954 Έκδοση 1985.



Εικ.10 Ο μηχανισμός συγχρονισμού την ώρα της εμπλοκής των δυο τροχών.
Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α, 1985

Η εξομοίωση των περιφερικών ταχυτήτων³⁹ των οδοντωτών τροχών που πρόκειται να συμπλεχθούν επιτυγχάνεται με την πέδηση (φρενάρισμα) των δύο επιφανειών που προστρίβονται και έρχονται σε επαφή πριν από την σύμπλεξη με το βοηθητικό γρανάζι. Αυτό σημαίνει ότι η αλλαγή βαθμίδας γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο γίνεται εξομοίωση περιφερικών ταχυτήτων και στο δεύτερο γίνεται κανονικά η σύνδεση. Στο εικ. 11

³⁹ Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος Α, Γεωργικοί Ελκυστήρες, 2^η Έκδοση, Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη 2011.



Εικ.11 Ο μηχανισμός συγχρονισμού σε κιβώτια ταχυτήτων με μόνιμη εμπλοκή στο νεκρό σημείο.

Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α, 1985

Όταν ο χειριστής επιλέγει μια ταχύτητα⁴⁰ (βαθμίδα) τότε μετακινεί με το μοχλό επιλογής την φουρκέτα (σφήνα) προς τον τροχό που θέλει να εμπλακεί. Η φουρκέτα μετακινεί τον συνδετικό τροχό πάνω στο πολύσφηνο του δευτερεύοντα τροχού έτσι ώστε ο εσωτερικός κόσμος του να εφάπτεται στον εξωτερικό κώνο του οδοντωτού τροχού της βαθμίδας που έχει επιλεγεί εικ. 9. Η ταχύτητα περιστροφής του συνδετικού τροχού με την επαφή των δύο Κώνων και λόγω της τριβής που αναπτύσσεται, επιτυγχάνεται ή επιβραδύνεται έτσι ώστε να εξομοιωθεί με την ταχύτητα περιστροφής του οδοντωτού τροχού.

Όταν ο χειριστής του ελκυστήρα πιέζει τον μοχλό επιλογής ταχυτήτων ώστε να φτάσει στο τέρμα της διαδρομής της ταχύτητας που έχει επιλέξει η φουρκέτα πιέζει τον συνδετικό τροχό. Έτσι το συνδετικό κολάρο εμπλέκεται στην πλευρική οδόντωση του τροχού της βαθμίδας που έχει επιλεγεί χωρίς να συναντήσει δυσκολία διότι οι ταχύτητες των δύο τροχών έχουν εξομοιωθεί δηλαδή είναι ίσες. Στην συνέχεια η κίνηση μεταδίδεται στον δευτερεύοντα άξονα εικ. 10.

⁴⁰ Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , Ίδρυμα Ευγενίδου 1954 Έκδοση 1985.

Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Συγχρονισμένων κιβωτίων

Πλεονεκτήματα⁴¹

1. Είναι κατασκευασμένο από μηχανικά εξαρτήματα και η τεχνολογία του είναι απλή.
2. Έχει σχετικά χαμηλό κόστος κατασκευής.
3. Μεταδίδει υψηλές ροπές ακόμη και σε χαμηλές στροφές.
4. Η διάγνωση των βλαβών και η επισκευή τους μπορεί να γίνει από τεχνικούς με περιορισμένες τεχνικές γνώσεις.
5. Έχει μικρές απώλειες ισχύος όταν μεταδίδει την ισχύ στους τροχούς.
6. Ο έλεγχος της λειτουργίας του μπορεί να γίνει με απλά συστήματα.

Μειονεκτήματα

1. Δεν έχει την δυνατότητα να μεταδώσει μεγάλα ποσά ισχύος.
2. Για την αλλαγή των βαθμίδων απαιτείται μηχανικός συμπλέκτης ο οποίος μεταφέρει χαμηλές ροπές, έχει αυξημένες τριβές και φθείρεται γρήγορα.
3. Έχει αντικοινωνική λειτουργία λόγω του περιορισμού στην επιλογή βαθμίδων.
4. Σε κάθε αλλαγή ταχυτήτων με την χρήση του συμπλέκτη διακόπτεται η ροή της ισχύος και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μεγάλη κατανάλωση ενέργειας για την επανάκτηση της τελικής ισχύος.
5. Σε κάθε αλλαγή ταχύτητας δημιουργείται αρκετός θόρυβος λόγω των μηχανικών μερών που χρησιμοποιούνται στην αλλαγή με αποτέλεσμα πρόωρες φθορές και συχνές ζημιές.
6. Η αντιστροφή της κίνησης (όπισθεν) είναι αργή και με αυξημένες φθορές.

⁴¹ Προσωπική συνέντευξη Mc Cormick.

7. Για την αλλαγή ταχυτήτων (βαθμίδων) χρησιμοποιούνται διάφοροι λεβιέδες με αποτέλεσμα οι αλλαγές να είναι κουραστικές και αργές.

6.2.4 ΚΙΒΩΤΙΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΒΑΘΜΙΔΩΝ ΜΕ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗ

Τα κιβώτια αυτά είναι γνωστά με την ονομασία Power Shift⁴² (μετατόπιση ισχύος) και η ιδιαιτερότητά τους είναι ότι η αλλαγή βαθμίδων (ταχυτήτων) γίνεται χωρίς να ενεργοποιηθεί κάποιος συμπλέκτης. Αυτό σημαίνει ότι για να αλλάξει μια βαθμίδα δεν διακόπτεται η ροή ισχύος προς τους τροχούς. Η ύπαρξη ενός κύριου συμπλέκτη δεν είναι αναγκαία γιατί μέσα στο μηχανισμό του κιβωτίου υπάρχουν συμπλέκτες και φρένα (πέδες) που ενεργοποιούνται υδραυλικά για τις αλλαγές των βαθμίδων. Για την ενεργοποίηση τους υπάρχει συνήθως ένας ποδομοχλός στην θέση του κλασικού ποδομοχλού του συμπλέκτη. Η μοναδική του χρήση είναι να φέρνει το κιβώτιο στο (νεκρό) σε περίπτωση επείγουσας διακοπής της κίνησης. Οι οδοντωτοί τροχοί είναι σε μόνιμη σύμπλεξη και υπάρχουν δυο ή περισσότεροι υδραυλικοί συμπλέκτες που σκοπός τους είναι να ελέγχουν την ροή της ισχύος από τον κινητήρα προς το υδραυλικό σύστημα χωρίς να διακόπτεται η κίνηση του Γεωργικού Ελκυστήρα.

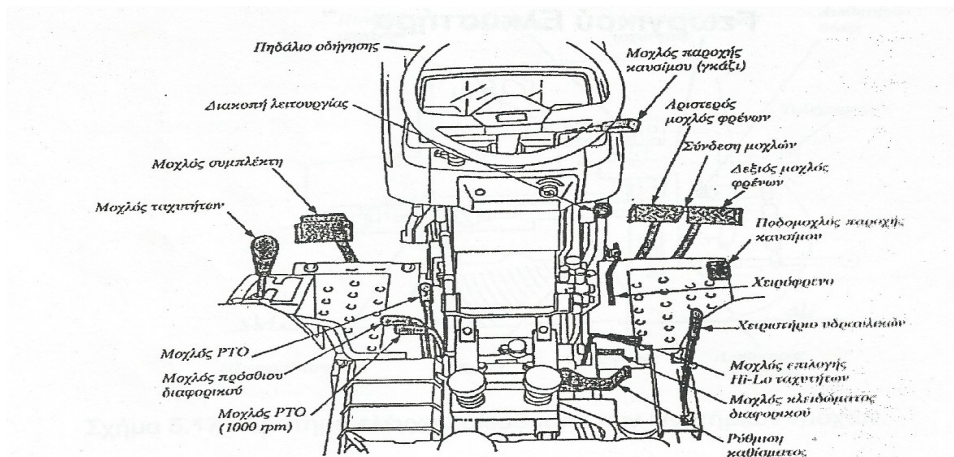
Όταν ο χειριστής θέλει να επιλέξει μια ταχύτητα,⁴³ μετακινεί όπως ξέρουμε, τον μοχλό επιλογής ταχυτήτων σε κάποια θέση εικ. 12 Τότε το λάδι κατευθύνεται με πίεση και συμπλέκει τον υδραυλικό συμπλέκτη, ο οποίος κατευθύνει την ροή της ισχύος που έρχεται από τον κινητήρα προς τους οδοντωτούς τροχούς που αντιστοιχούν στην ταχύτητα που έχει επιλεγεί.

Ένας υδραυλικός συμπλέκτης⁴⁴ του τύπου κιβωτίων ταχυτήτων με βοηθητικό υδραυλικό σύστημα, είναι πολλαπλού δίσκου και περιέχει δίσκους με εσωτερική οδόντωση οι οποίοι εναλλάσσονται με δίσκους που έχουν εξωτερική περιφερειακή οδόντωση εικ.13

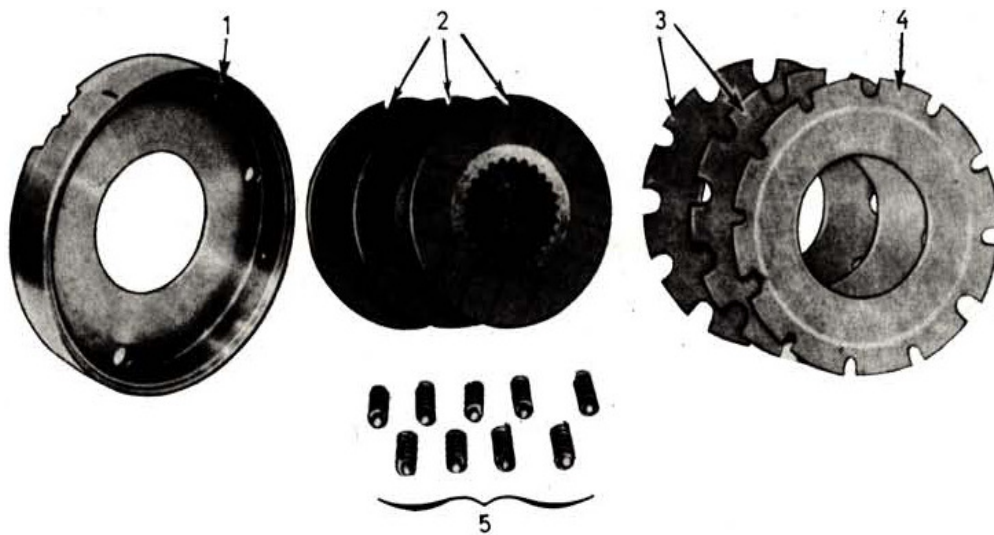
⁴² Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , 2^η Έκδοση , Εκδόσεις Γιαχούδη , Θεσσαλονίκη 2011.

⁴³ Μαυροθανάσης Φρειδερίκος Ι , Σημειώσεις θεωρίας Γεωργικός Ελκυστήρας ΙΙ , Α.Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου 2007.

⁴⁴ Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , Ίδρυμα Ευγενίδου 1954 Έκδοση 1985.



Εικ.12 Χειριστήρια στον θάλαμο προστασίας του γεωργικού ελκυστήρα. Μαυροθανάσης Φρειδερίκος Ι, 2007



Εικ. 13 Τα μέρη του υδραυλικού. 1) Τύμπανο. 2) Κινούμενοι δίσκοι. 3) Κινητήριοι δίσκοι. 4) Πλάκα πέσεως 5) πείροι και ελατήρια.

Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α, 1985

Υπάρχουν δυο κατηγορίες κιβωτίων Power shift,⁴⁵ τα Semi – Power Shift (Ημι – μετατόπιση ισχύος) και τα Foul – Power Shift (πλήρες μετατόπιση ισχύος). Η βασική τους διαφορά είναι ότι το Semi – Power Shift συνδυάζεται με συγχρονιζέ κιβώτια βαθμίδων, ενώ το Foul – Power Shift είναι πλήρως αυτόματο κιβώτιο χωρίς μηχανικό κιβώτιο βαθμίδων.

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των δυο κατηγοριών κιβωτίου Power Shift είναι:

Πλεονεκτήματα κιβωτίου Semi – Power Shift (Ημι – μετατόπιση ισχύος).

1. Έχει μικρές φθορές και ζημιές γιατί έχει λιγότερους άξονες και λιγότερα κινούμενα μέρη από τα κλασικά μηχανικά κιβώτια. (διότι δεν έχουν συγχρονιστές, λεβιέδες).
2. Δεν έχει μηχανικό συμπλέκτη διότι έχει υδραυλικούς συμπλέκτες που έχουν την δυνατότητα να μεταφέρουν μεγάλα ποσά ισχύος χωρίς υπερθέρμανση και διάφορες φθορές.
3. Η σύμπλεξη των ταχυτήτων γίνεται υδραυλικά, πολύ γρήγορα και η αλλαγή ταχύτητας γίνεται χωρίς να διακοπεί η κίνηση γιατί δεν υπάρχει συμπλέκτης οπότε δεν χάνεται ισχύς.
4. Η αλλαγή κατεύθυνσης (όπισθεν) γίνεται με πολύδισκους συμπλέκτες, γρήγορα και χωρίς ιδιαίτερη προσπάθεια του χειριστή.
5. Ο χειρισμός γίνεται με διάφορα πλήκτρα και διακόπτες, είναι άνετος για πολλές ώρες εργασίας.

Μειονεκτήματα κιβωτίου Semi – Power Shift.

1. Έχουν αυξημένο κόστος κατασκευής.
2. Η επισκευή τους και η διάγνωση των βλαβών απαιτεί ειδικά διαγνωστικά εργαλεία και ειδικευμένους τεχνικούς.
3. Χρησιμοποιούνται σε γεωργικούς ελκυστήρες μεγάλης ιπποδύναμης.
4. Το σύστημα χειρισμού και ελέγχου έχει μεγάλες απαιτήσεις συντήρησης και διαχείρισης.

⁴⁵ Προσωπική συνέντευξη Mc Cormick.

5. Έχει μηχανική ομάδα ταχυτήτων και κάθε φορά που επιλέγεται μια σχέση ταχυτήτων στην επόμενη ή προηγούμενη ομάδα, διακόπτεται η μετάδοση της κίνησης.

Πλεονεκτήματα κιβωτίου Full – Power Shift⁴⁶ (πλήρης – μετατόπιση ισχύος).

1. Έχει μικρές φθορές και ζημιές γιατί έχει λιγότερους άξονες και λιγότερα κινούμενα μέρη από τα κλασικά μηχανικά κιβώτια.
2. Δεν έχει μηχανικό συμπλέκτη διότι έχει υδραυλικούς συμπλέκτες που έχουν την δυνατότητα να μεταφέρουν μεγάλα ποσά ισχύος χωρίς υπερθέρμανση και διάφορες φθορές.
3. Η σύμπλεξη των ταχυτήτων γίνεται υδραυλικά, πολύ γρήγορα και η αλλαγή ταχύτητας γίνεται χωρίς να διακοπεί η κίνηση γιατί δεν υπάρχει συμπλέκτης οπότε δεν χάνεται ισχύς.
4. Η αλλαγή κατεύθυνσης (όπισθεν) γίνεται με πολύδισκους συμπλέκτες, γρήγορα και χωρίς ιδιαίτερη προσπάθεια του χειριστή.
5. Ο χειρισμός γίνεται με διάφορα πλήκτρα και διακόπτες, είναι άνετος για πολλές ώρες εργασίας.
6. Δεν έχει μηχανική ομάδα βαθμίδων και η εναλλαγή τμημάτων βαθμίδων γίνεται χωρίς διακοπή της κίνησης.

Μειονεκτήματα κιβωτίου Full – Power Shift

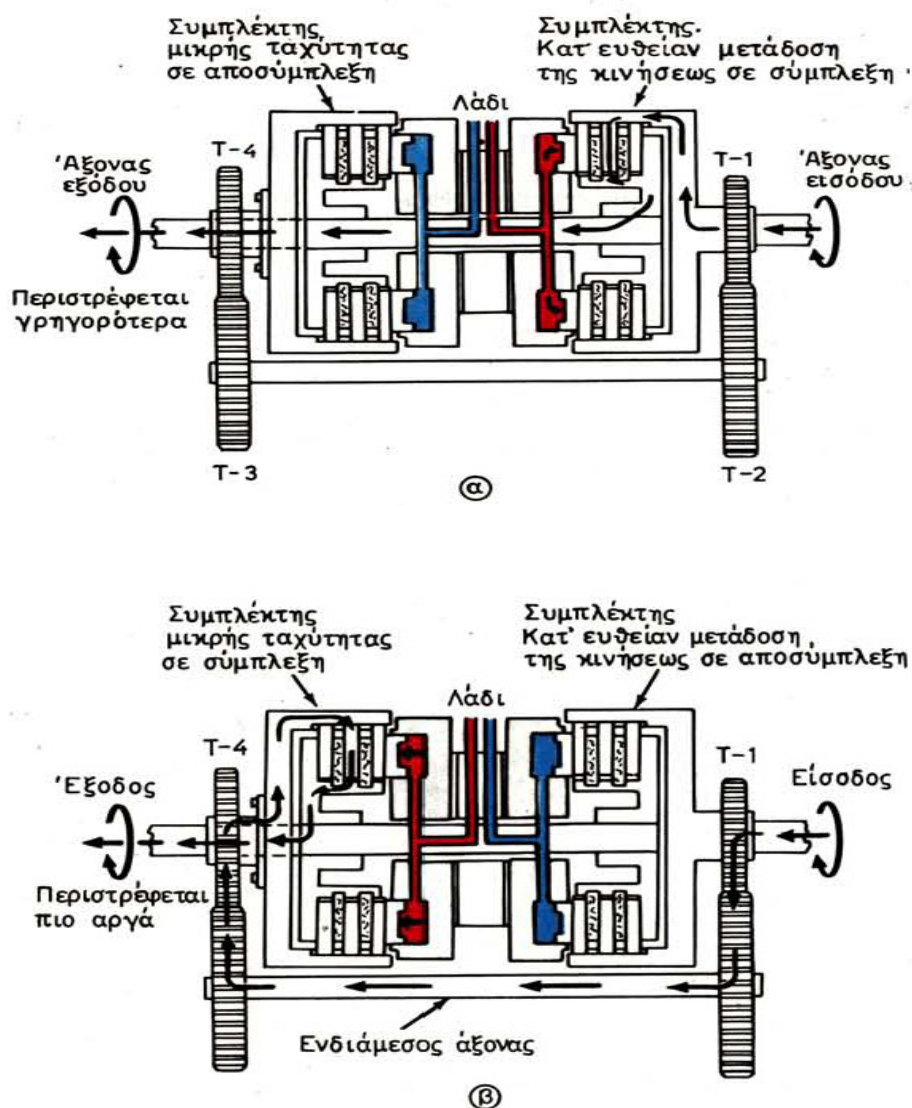
1. Έχουν αυξημένο κόστος κατασκευής γιατί απαιτούνται υλικά υψηλής ποιότητας.
2. Η επισκευή τους και η διάγνωση των βλαβών απαιτεί ειδικά διαγνωστικά εργαλεία και ειδικευμένους τεχνικούς.
3. Χρησιμοποιούνται σε γεωργικούς ελκυστήρες μεγάλης ιπποδύναμης.
4. Το σύστημα χειρισμού και ελέγχου έχει μεγάλες απαιτήσεις συντήρησης και διαχείρισης.

⁴⁶ Προσωπική συνέντευξη Mc Cormick.

Τα κιβώτια ταχυτήτων με βοηθητικό υδραυλικό σύστημα είναι δύο τύπων: 1) κιβώτιο με βοηθητικό άξονα, 2) πλανητικά κιβώτια.

1 κιβώτια με βοηθητικό άξονα:

1) Στα κιβώτια αυτά επιτρέπεται η εμπλοκή μιας ομάδας τροχών χωρίς να επηρεάζεται άλλη σχέση μετάδοσης. Αυτό σημαίνει ότι επιτρέπουν την επιλογή μιας ομάδας ταχυτήτων χωρίς να επηρεάζεται η σύμπλεξη των άλλων οδοντωτών τροχών του κιβωτίου ταχυτήτων. Ένα απλό κιβώτιο ταχυτήτων με βοηθητικό άξονα έχει συνήθως δύο μόνο βαθμίδες (high, low) εικ. 14.



Εικ.14 Κιβώτια ταχυτήτων με ενδιάμεσο άξονα α) Μεγάλη ταχύτητα. β) Μικρή ταχύτητα.

Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α, 1985

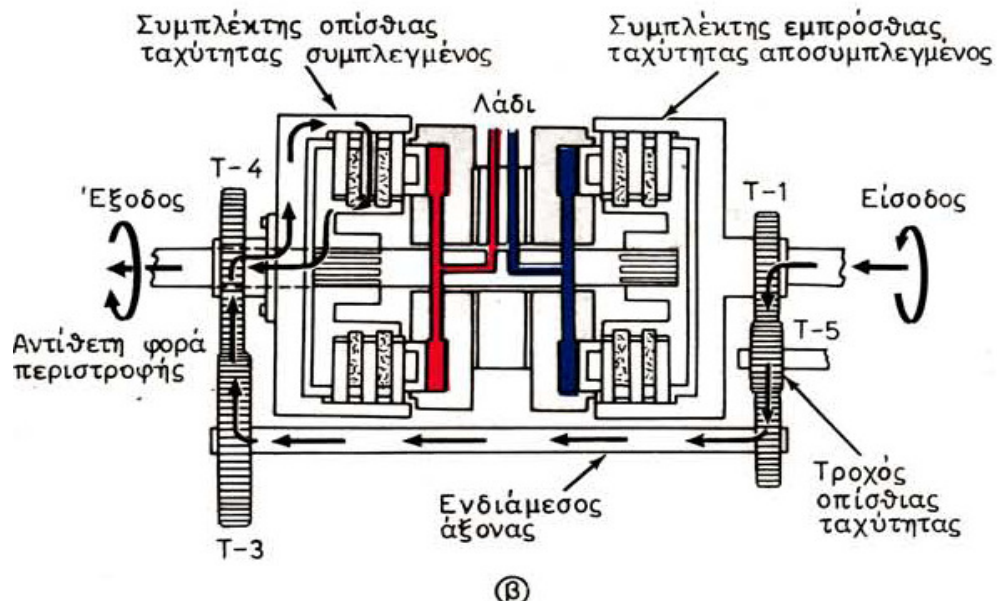
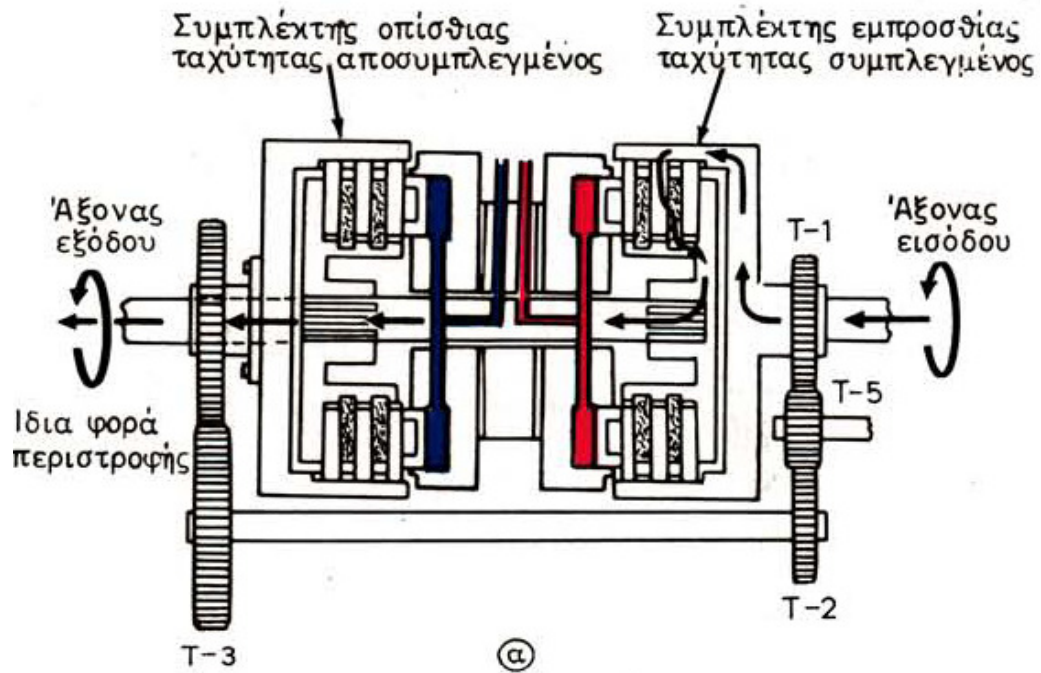
Το κιβώτιο αυτό περιέχει δύο υδραυλικούς συμπλέκτες,⁴⁷ ένα βοηθητικό άξονα και τέσσερις οδοντωτούς τροχούς. Για να υπάρξει μετάδοση της κίνησης πρέπει ένας από τους δύο συμπλέκτες να είναι σε εμπλοκή. Εάν ο δεξιός συμπλέκτης εμπλακεί και ο αριστερός βρίσκεται σε αποσύμπλεξη η κίνηση μεταφέρεται κατευθείαν στον άξονα εξόδου και έχουμε την υψηλή βαθμίδα (εικ. 14 ((α)). Εάν ο αριστερός συμπλέκτης εμπλακεί τότε ο δεξιός βρίσκεται σε αποσύμπλεξη και η κίνηση μεταδίδεται μέσω του βοηθητικού άξονα στον άξονα εξόδου και λόγω της σχέσης των οδοντωτών τροχών η ταχύτητα εξόδου είναι χαμηλότερη (low) εικ.14((β))

Για την κατασκευή κιβωτίων του τύπου αυτού με περισσότερες ταχύτητες προστίθενται απλά περισσότεροι ενδιάμεσοι άξονες και φυσικά οι αντίστοιχοι συμπλέκτες.

Για την οπίσθια ταχύτητα προστίθεται και πέμπτος οδοντωτός τροχός έτσι ώστε ο βοηθητικός άξονας να περιστρέφεται με την ίδια κατεύθυνση περιστροφής που έχει ο κινητήριος άξονας.

Η απώλεια ισχύος των κιβωτίων αυτών είναι μεγαλύτερη από την απώλεια ισχύος των προηγούμενων τύπων κιβωτίων ταχυτήτων γιατί προστίθεται και η απώλεια ισχύος στα υδραυλικά συστήματα εικ. 15

⁴⁷ Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , Ίδρυμα Ευγενίδου 1954 Έκδοση 1985.



Εικ. 15 Κιβώτιο ταχυτήτων με ενδιάμεσο άξονα α) Εμπρόσθια ταχύτητα.
β) Οπίσθια ταχύτητα.

Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α, 1985

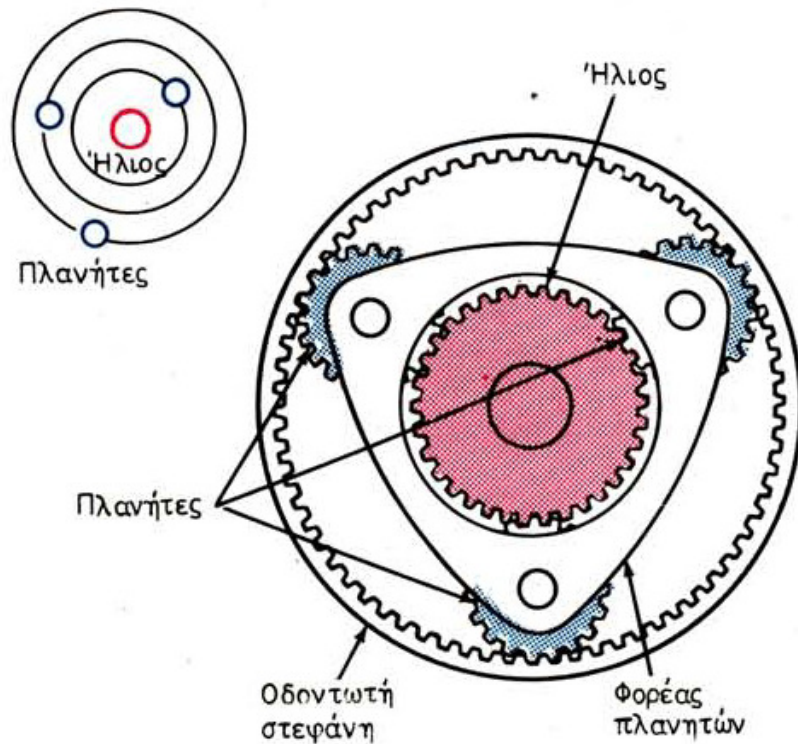
2 Πλανητικά κιβώτια

Τα κιβώτια αυτά είναι περισσότερο συμπαγή⁴⁸ και χρησιμοποιούνται για κατευθείαν σύμπλεξη, για μεταβολή της ταχύτητας ή για αναστροφή της κίνησης. Απαραίτητη υπόθεση για την λειτουργία τους είναι οι υδραυλικοί συμπλέκτες και οι πέδες (φρένα). Υπάρχουν δυο τύποι πλανητικών κιβωτίων τα απλά και τα σύνθετα.

Τα κιβώτια αυτά πήραν το όνομα τους γιατί η λειτουργία τους μοιάζει με την κίνηση των πλανητών στο ηλιακό σύστημα. Τα κύρια μέρη του πλανητικού συστήματος είναι:

1. Ένας κύριος οδοντωτός τροχός που βρίσκεται στο κέντρο του συστήματος (Ηλιος).
2. Τρεις ή περισσότεροι οδοντωτοί τροχοί που έχουν την δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από των άξονά τους ενώ ταυτόχρονα περιστρέφονται και γύρω από τον ήλιο με την βοήθεια της οδόντωσης των τροχών αυτών και του ήλιου.
3. Όλο το σύστημα περικλείεται από μια οδοντωτή στεφάνη. εικ. 16

⁴⁸ Προσωπική συνέντευξη New Holland.



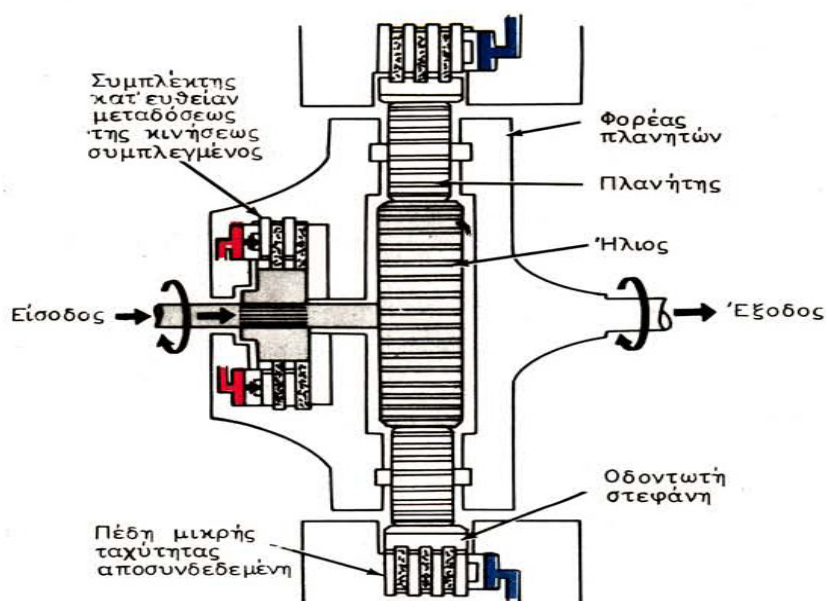
Εικ.16 Βασικά μέρη ενός πλανητικού συστήματος.

Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α, 1985

Η ισχύς από τον κινητήρα⁴⁹ μεταδίδεται στο σύστημα μέσω του κύριου οδοντωτού τροχού (Ήλιος) ο οποίος παίρνει κίνηση από τον κινητήρα του ελκυστήρα. Έτσι η είσοδος της ισχύος στο πλανητικό σύστημα γίνεται από τον τροχό Ήλιος και η έξοδος γίνεται από τον φορέα στον οποίο εδράζουν οι οδοντωτοί τροχοί πλανήτες. Όταν το κιβώτιο βρίσκεται στο νεκρό σημείο τότε δεν περιστρέφεται ούτε ο Ήλιος ούτε οι πλανήτες ούτε η στεφάνη οπότε σε όποιο τμήμα και αν μπει κίνηση τότε δεν μεταδίδεται στα άλλα μέρη.

⁴⁹ Τσίρκας Σωτήριος , Σημειώσεις θεωρίας Γεωργικός Ελκυστήρας ΙΙ , Α.Τ.Ε.Ι Μεσολογγίου 2010.

Με την ενεργοποίηση του συμπλέκτη εμπλέκεται⁵⁰ ο οδοντωτός τροχός ήλιος με τον φορέα των πλανητών έτσι ώστε ο άξονας εισόδου ισχύος (κινητήριος άξονας) περιστρέφεται με την ίδια ταχύτητα με την οποία περιστρέφεται ο άξονας εξόδου ισχύος (κινούμενος άξονας). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η μεγάλη ταχύτητα (high). Η μικρή ταχύτητα (low) επιτυγχάνεται με πέδηση της οδοντωτής στεφάνης αφού έχει γίνει αποσύμπλεξη του συμπλέκτη. Με τον τρόπο αυτό και λόγω της περιστροφής του ήλιου (ο οποίος παίρνει κίνηση απευθείας από τον κινητήρα) περιστρέφονται και οι πλανήτες γύρω από τον άξονα τους και ταυτόχρονα αναγκάζονται από την σταθερή στεφάνη (λόγω της πέδης) να κινούνται γύρω από τον τροχό ήλιο. Έτσι οι τροχοί πλανήτες κάνουν δύο κινήσεις: 1) περιστρέφονται γύρω από τον άξονά τους και 2) περιστρέφονται γύρω από τον οδοντωτό τροχό ήλιο. Η κίνηση των πλανητών γύρω από τον ήλιο αναγκάζει τον φορέα τους, ο οποίος συνδέεται με τον άξονα εξόδου, να περιστρέφεται κατά την διεύθυνση περιστροφής του ήλιου αλλά με μικρότερο αριθμό στροφών εικ. 17



Εικ.17 Λειτουργία ολοκληρωμένης μονάδας πλανητικού συστήματος με μικρή και μεγάλη ταχύτητα.

Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α, 1985

⁵⁰ Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , Ίδρυμα Ευγενίδου 1954 Έκδοση 1985.

Και στις δυο βαθμίδες⁵¹ που περιγράφηκαν (high – low) το βασικό χαρακτηριστικό είναι ότι ο μοχλός ταχυτήτων δεν χρησιμοποιείται για τη αλλαγή εμπλοκής των οδοντωτών τροχών των ταχυτήτων αλλά για την πέδηση ενός από τα βασικά στοιχεία του πλανητικού συστήματος, δηλαδή πέδηση της στεφάνης (για την ταχύτητα low) ή πέδηση των πλανητών (για την ταχύτητα high).

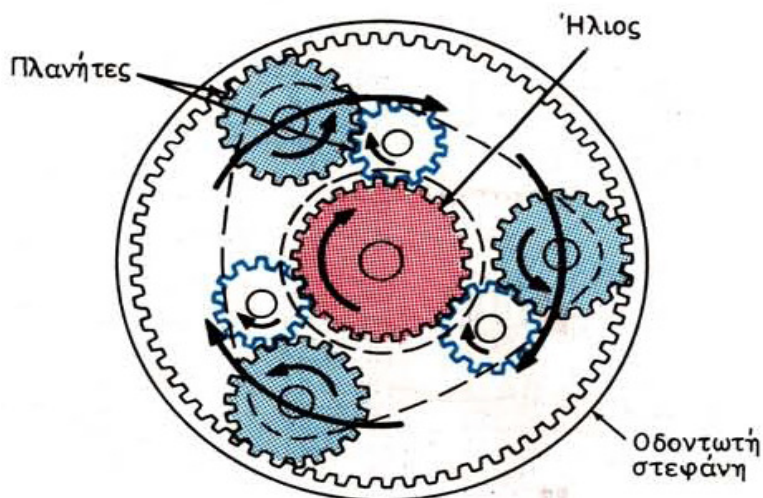
Για την πέδηση των βασικών στοιχείων του πλανητικού συστήματος χρησιμοποιείται συμπλέκτης ή μηχανικές πέδες που ενεργοποιούνται η ηλεκτρομαγνητικά ή υδροστατικά. Με τον τρόπο αυτό η αλλαγή της βαθμίδας της ταχύτητας γίνεται σχεδόν στιγμιαία.

Το απλό πλανητικό κιβώτιο ταχυτήτων⁵² που περιγράφηκε παραπάνω αποτελείται από δυο μόνο ταχύτητες high – low. Ένας ελκυστήρας βέβαια χρειάζεται και άλλες ταχύτητες όπως και όπισθεν (αναστροφή κίνησης). Στο απλό πλανητικό κιβώτιο η όπισθεν ή πίσω βαθμίδα της ταχύτητας μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

- 1) Με προσθήκη ενδιάμεσων οδοντωτών τροχών για αντιστροφή της κίνησης μέσα στο κιβώτιο ταχυτήτων, εικ.18 δηλαδή μια ακόμη σειρά πλανητών έτσι ώστε οι τροχοί πλανήτες να κινούνται ανάστροφα από την κίνηση των άλλων πλανητών.

⁵¹ Μαυροθανάσης Φρειδερίκος Ι , Σημειώσεις θεωρίας Γεωργικός Ελκυστήρας ΙΙ , Α.Τ.Ε.Ι Μεσολογγίου 2007.

⁵² Τσίρκας Σωτήριος , Σημειώσεις θεωρίας Γεωργικός Ελκυστήρας ΙΙ, Α.Τ.Ε.Ι Μεσολογγίου 2010.



Εικ.18 Η οπίσθια ταχύτητα, σε ένα πλανητικό σύστημα επιτυγχάνεται με την πρόσθεση και δεύτερης σειράς πλανητών.

Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α, 1985

Για να επιτευχθούν και άλλες ταχύτητες⁵³ που έχει ανάγκη ένας σύγχρονος γεωργικός ελκυστήρας συνδυάζονται περισσότερες απλές πλανητικές μονάδες έτσι ώστε η έξοδος του ενός απλού πλανητικού συστήματος να είναι είσοδος για το άλλο.

Συνήθως οι ελκυστήρες με πλανητικά κιβώτια έχουν 16 πρόσθιες ταχύτητες και 4-6 οπίσθιες.

⁵³Μαυροθανάσης Φρειδερίκος Ι, Σημειώσεις θεωρίας Γεωργικός Ελκυστήρας ΙΙ, Α.Τ.Ε.Ι Μεσολογίου 2007.

6.2.5 ΚΙΒΩΤΙΑ ΣΥΝΕΧΩΣ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ CVT

Στα κιβώτια τύπου (Continuously variable transmission, CVT)⁵⁴ τα οποία είναι και τα πλέον σύγχρονα, η αναλογία των ταχυτήτων περιστροφής του άξονα εισόδου και τον άξονα εξόδου του ελκυστήρα μεταβάλλεται συνεχώς (μέσα σε ένα συγκεκριμένο εύρος μεταβολής) και με τον τρόπο αυτό παρέχουν την δυνατότητα απεριόριστου αριθμού βαθμίδων. Έτσι ο χειριστής έχει την δυνατότητα να επιλέξει την σχέση μεταξύ ταχύτητας του κινητήρα (στροφές/min) και την ταχύτητα των τροχών μέσα από μία συνεχή σειρά. Αυτό σημαίνει ότι στα κιβώτια CVT δεν υπάρχουν συγκεκριμένες βαθμίδες αλλά αναλογία ταχυτήτων κινητήρα και τροχών.

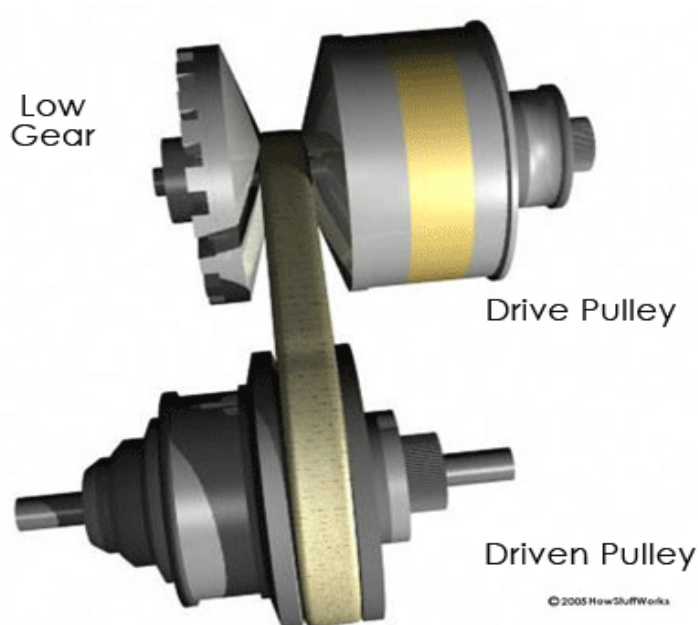
Τα κιβώτια CVT είναι ολοκληρωμένα⁵⁵ αυτόματα κιβώτια μηχανοϋδραυλικής ανάμειξης με συνεχή μεταβολή ταχύτητας. Στα κιβώτια CVT ο κινητήρας και οι άξονες μετάδοσης εργάζονται από κοινού για να εκτελέσουν μια ολοκληρωμένη γεωργική εργασία.

Η αρχή λειτουργίας των κιβωτίων συνεχούς μεταβαλλόμενης μετάδοσης είναι θεωρητικά απλή. Τα περισσότερα κιβώτια CVT αποτελούνται από έναν ιμάντα συνήθως χαλύβδινο που συνδέει δύο τροχαλίες μεταβαλλόμενης διαμέτρου. (εικ.19) Ο ιμάντας έχει τραπεζοειδές σχήμα και είναι έτσι κατασκευασμένος ώστε να έχει μεγάλη αντοχή παρόμοια με αυτή που έχουν οι οδοντωτοί τροχοί των άλλων κιβωτίων ταχυτήτων. Από τις δύο τροχαλίες η μια συνδέεται με την έξοδο ισχύος του κινητήρα και η άλλη με τον άξονα μετάδοσης της κίνησης. Η κάθε τροχαλία αποτελείται από δύο δίσκους οι οποίοι είτε αποκλίνουν (απομακρύνονται), είτε συγκλίνουν (πλησιάζουν). Η απόκλιση ή η σύγκλιση γίνεται με την βοήθεια ενός υδραυλικού μηχανισμού με σκοπό την αυξομείωση του πλάτους έδρασης του τραπεζοειδούς ιμάντα. Με τον τρόπο αυτό μεταβάλλεται η ακτίνα περιστροφής οπότε μεταβάλλεται και η σχέση μετάδοσης. Αν r_1 και r_2 οι ακτίνες περιστροφής των δύο τροχαλιών και I η σχέση μετάδοσης τότε $I = r_2 / r_1$. Το αποτέλεσμα της μεταβολής της ακτίνας περιστροφής είναι να αυξάνει ταχύτητα ο ελκυστήρας ενώ οι στροφές του κινητήρα διατηρούνται σταθερές και συνήθως κοντά στην μέγιστη απόδοση. Στα συμβατικά κιβώτια ταχυτήτων, που αναλύθηκαν παραπάνω, ο χειριστής του

⁵⁴ [http://en.wikipedia.org/wiki/transmission_\(mechanics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/transmission_(mechanics))

⁵⁵ <http://www.caroto.gr/2009/05/10/%CE%BA%CE%B9%CE%B2%CF%8E%CF%84%CE%B9%CE%B1-cvt/>

ελκυστήρα έπρεπε να αλλάζει συνεχώς σχέσεις ώστε ο κινητήρας να φτάσει σε ιδανικούς ρυθμούς περιστροφής για μια συγκεκριμένη γεωργική εργασία.



Εικ. 19 Αρχή λειτουργίας κιβωτίου cvt.

<http://www.caroto.gr/2009/05/10/%CE%BA%CE%B9%CE%B2%CF%8E%CF%84%CE%B9%CE%B1-cvt/>

δηλαδή πριν από την εξέλιξη των κιβωτίων συνεχώς μεταβαλλόμενης μετάδοσης⁵⁶ ο χειριστής έπρεπε να επιλέξει χειροκίνητα τον συνδυασμό των στροφών του κινητήρα και την σχέση μετάδοσης (βαθμίδα ταχυτήτων) που ταίριαζε καλύτερα για μια εργασία και για την σωστή απόφαση έπρεπε να ξέρει δύο κύρια χαρακτηριστικά του κινητήρα, δηλαδή την ισχύ και την ροπή. Στα σύγχρονα κιβώτια CVT τις επιλογές που έκανε παλαιότερα ο οδηγός τις έχουν “ αναλάβει” διάφοροι μικροεπεξεργαστές, οι οποίοι επιλέγουν λειτουργίες που ταιριάζουν στις ανάγκες του ελκυστήρα, όταν εκτελεί μια βαριά εργασία ή εργάζεται το PTO ή κινείται με μια συγκεκριμένη ταχύτητα με φορτίο ή χωρίς αυτό. Οι μικροεπεξεργαστές ρυθμίζουν κάποιες

⁵⁶ <http://www.fwi.co.uk/articles/09/12/2013/142352/cvt-choice-offers-perfect-tractor-working-speed.htm>

παραμέτρους όπως είναι οι στροφές του κινητήρα και η σχέση μετάδοσης στις βέλτιστες ρυθμίσεις για κάθε περίπτωση.

Σε πολλούς γεωργικούς ελκυστήρες⁵⁷ οι μικροεπεξεργαστές που διαχειρίζονται την ταχύτητα εδάφους χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό δεδομένων όπως είναι το φορτίο του κινητήρα, η ταχύτητα κίνησης, οι ενέργειες του χειριστή κ.α.λ και φέρνουν το κιβώτιο CVT στην κατάλληλη λειτουργικότητα. Για παράδειγμα κατά την σπορά σε επικλινές έδαφος για να διατηρηθεί σταθερή η ταχύτητα του ελκυστήρα (όπως επιβάλλεται) οι μικροεπεξεργαστές αυξάνουν τις στροφές του κινητήρα ώστε να αυξηθεί η ισχύς και μέσω του κιβωτίου CVT να μεταφερθεί στα μέσα προώσεως ώστε να μπορεί να αναρριχηθεί με σταθερή ταχύτητα. Στην περίπτωση κατάβασης μειώνουν τις στροφές του κινητήρα ώστε να μειωθεί η ισχύς που μέσω του κιβωτίου CVT μεταφέρεται στα μέσα προώσεως. Στις μικρές ταχύτητες της τάξης των 8 – 10 km/h υπάρχει περίπτωση να παρατηρηθούν σύντομες διακοπές της επιτάχυνσης όταν δουλεύει ο ελκυστήρας υποφορτίο για το πλήρες φάσμα στροφών του κινητήρα.

Τέτοιες ταχύτητες είναι συνήθως στην εργασία στο χωράφι κατά την σπορά ή την συγκομιδή.

Στο κιβώτιο CVT όταν ο ελκυστήρας φτάνει στην μέγιστη ταχύτητα (η οποία συνήθως είναι 40 – 50 km/h) για να γίνει εξοικονόμηση καυσίμου και μείωση θορύβου, δύνεται η δυνατότητα να μειώνεται η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα. Η ταχύτητα όπισθεν είναι από 0 – 25 km/h και παρέχεται η δυνατότητα εναλλαγής εμπρός – πίσω ταχύτητας όταν ο ελκυστήρας εργάζεται υποφορτίο.

Σύγχρονοι τρόποι μετάδοσης κίνησης κιβωτίου CVT

Στους ελκυστήρες χρησιμοποιούνται⁵⁸ συνήθως υδραυλικές μεταδόσεις για συνεχώς μεταβαλλόμενη μετάδοση των κιβωτίων CVT. Στην υδραυλική μετάδοση κίνησης χρησιμοποιείται ρευστό με αρκετά μεγάλο ιξώδες (υδραυλικό λάδι) μέσω του οποίου μεταδίδεται η κίνηση από τον κινητήρα (στροφαλοφόρος άξονας κινητήρας) στους οδοντωτούς τροχούς. Η μετάδοση της κίνησης οφείλεται είτε στην

⁵⁷ <https://elibrary.asabe.org/data/pdf/6/cvtt2005/lectureseries29rev.pdf>

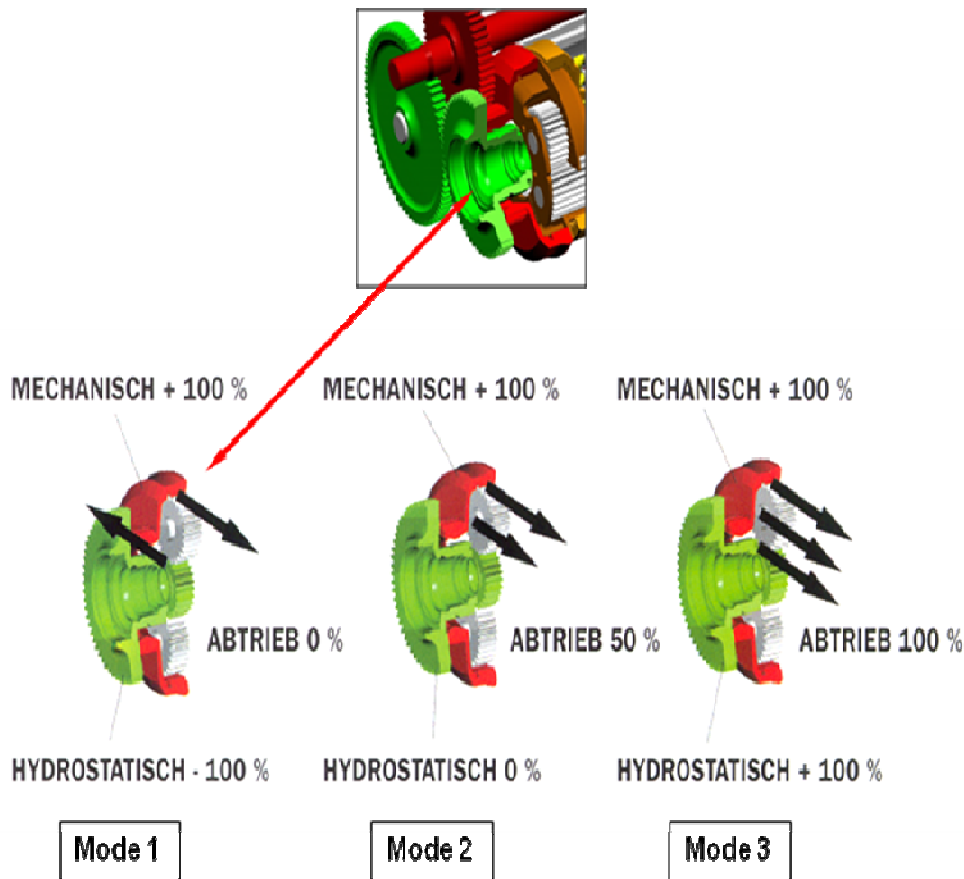
⁵⁸ Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος Α, Γεωργικοί Ελκυστήρες, 2^η Έκδοση, Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη 2011.

ταχύτητα είτε στην πίεση του υδραυλικού ρευστού. Στην πρώτη περίπτωση η μετάδοση της κίνησης από τον στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα στηρίζεται στην κινητική ενέργεια του υδραυλικού ρευστού. Στην δεύτερη περίπτωση η μετάδοση της κίνησης από τον στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα στηρίζεται στην πίεση που αναπτύσσεται στο υδραυλικό υγρό.

Σε κάθε περίπτωση για να γίνει μεταφορά ισχύος από τον κινητήρα προς τα διάφορα εργαλεία και τους τροχούς του ελκυστήρα χρειάζεται να περιληφθούν και τμήματα μηχανικής μετάδοσης, όπως είναι τα πλανητικά κιβώτια που συνήθως χρησιμοποιούνται στα κιβώτια CVT.

Στα πλανητικά κιβώτια⁵⁹ ανάμειξης αναμειγνύεται η μηχανική με την υδραυλική ισχύ. Η μηχανική ισχύς μεταφέρεται από τον κινητήρα στον οδοντωτό τροχό (στεφάνη) ενώ η υδραυλική ισχύς μεταδίδεται στον κεντρικό οδοντωτό τροχό δηλαδή τον ήλιο. Η ταχύτητα και η φορά περιστροφής του τροχού ήλιος είναι μεταβλητή και εξαρτάται από την παροχή και την πίεση του υδραυλικού υγρού. Η ταχύτητα εξόδου από το πλανητικό κιβώτιο ανάμειξης είναι συνδυασμός της μηχανικής και της υδροστατικής πίεσης. Εικ.20

⁵⁹ Προσωπική συνέντευξη Mc Cormick.



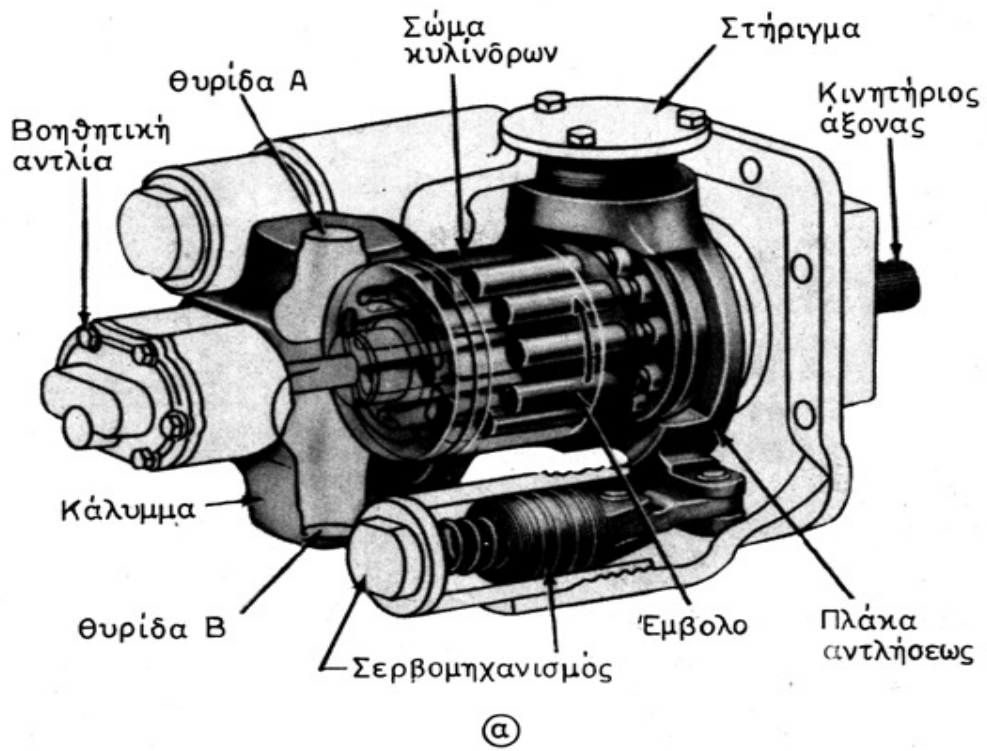
Εικ. 20 Συνδιασμός μηχανικής και υδροστατικής πίεσης σε πλανητικό κιβώτιο ανάμειξης.

Προσωπική Συνέντευξη Mc Cormick

Ένα υδραυλικό σύστημα μετάδοσης ισχύος⁶⁰ από τον κινητήρα περιλαμβάνει την αντλία και τον υδραυλικό κινητήρα. Η αντλία και ο υδραυλικός κινητήρας αποτελούνται από πολλά έμβολα χωρισμένα σε ομάδες έτσι ώστε μια ομάδα εμβόλων της αντλίας να μεταφέρει την ισχύ σε μια αντίστοιχη ομάδα του υδραυλικού κινητήρα.

Η αντλία αποτελείται από πολλά έμβολα των οποίων μεταβάλλεται η παροχή και η διάταξή τους είναι αξονική ως προς τον άξονα περιστροφής. Η αντλία παίρνει κίνηση από την μηχανή και αποτελεί το κινητήριο τμήμα του συστήματος σχ.21 (Α)

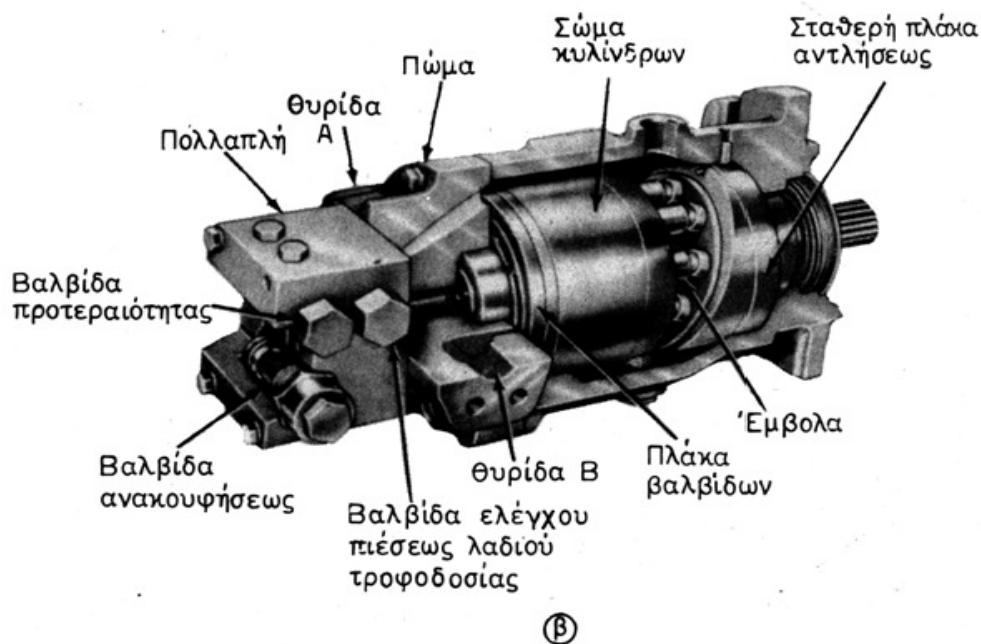
⁶⁰ Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , Ίδρυμα Ευγενίδου 1954 Έκδοση 1985.



Εικ. 21 (α) τομή: α) πολυέμβολης αντλίας μεταβαλλόμενης παροχής.

Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α, 1985

Ο υδραυλικός κινητήρας έχει όμοια κατασκευή με την αντλία, είναι σταθερού όγκου και αποτελεί το κινούμενο μέρος του συστήματος, το οποίο μερατρέπει την δυναμική ενέργεια που αναπτύσει η αντλία πάνω στο λάδι σε περιστροφική κίνηση του άξονα του, ο οποίος στην συνέχεια μεταφέρει την κίνηση αυτή στους τροχούς η στο ΡΤΟ. Σχ. 21 (β)



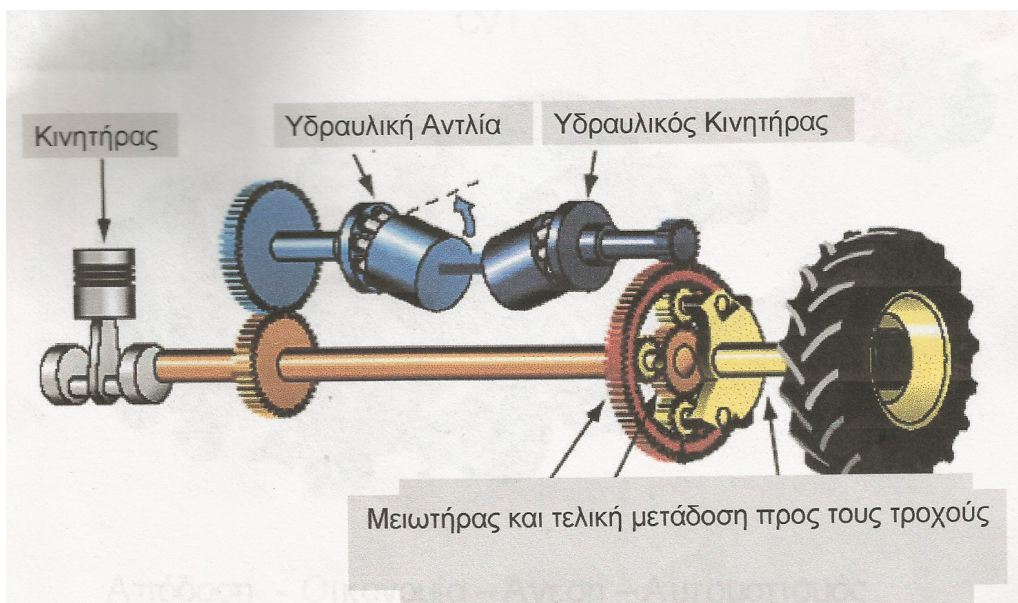
Εικ.21(β) τομή: α) πολυέμβολης αντλίας μεταβαλλόμενης παροχής. β) πολυέμβολο υδραυλικού κινητήρα σταθερής παροχής.

Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α, 1985

Η λειτουργία του υδροστατικού συστήματος οφείλεται σε τρεις παράγοντες:

1. Στην ποσότητα ροής του λαδιού που έχει σαν αποτέλεσμα την ρύθμιση της ταχύτητας κίνησης.
2. Στην διεύθυνση ροής του λαδιού η οποία ρυθμίζει την διεύθυνση κίνησης (εμπρός ή πίσω).
3. Στην πίεση του λαδιού που ρυθμίζει την ισχύ που μεταδίδεται από τον κινητήρα προς τους τροχούς, το PTO ή την αντλία.

Οι τιμές των παραγόντων αυτών μεταβάλλονται απεριόριστα, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να προσφέρει άπειρες επιλογές ταχυτήτων και ροπών στρέψεως στην περιοχή της λειτουργίας του. Το υδραυλικό αυτό σύστημα μετάδοσης της ισχύος για να λειτουργήσει χρειάζεται ένα ολοκληρωμένο και πλήρες υδραυλικό κύκλωμα με όλα τα εξαρτήματα. Εικ. 22



Εικ. 22 Αρχή λειτουργίας υδροστατικού συστήματος.

Προσωπική Συνέντευξη Mc Cormick

Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Κιβωτίου CVT

Τα κιβώτια (Continuously variable transmission, CVT)⁶¹ από την πιο απλή έως την πιο σύνθετη μορφή τους έχουν πολλά πλεονεκτήματα (σε σχέση με άλλον τύπο κιβώτια) αλλά αρκετά μειονεκτήματα.

Πλεονεκτήματα κιβωτίου CVT

1. Δίνουν την δυνατότητα επιλογής ταχύτητας κίνησης από 0 – 50 km/h χωρίς την χρήση μοχλών και άλλων μηχανικών εξαρτημάτων κατά την αλλαγή της ταχύτητας, με την δυνατότητα λειτουργίας της μηχανής σε σταθερό σημείο (σταθερές στροφές και ροπή) για σταθερή ισχύ εξόδου ανεξάρτητη από την ταχύτητα του ελκυστήρα.
2. Παρέχουν μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου λόγω του αυτοματισμού μεταξύ τελικής ταχύτητας κίνησης του ελκυστήρα και στροφών του κινητήρα.
3. Είναι κατασκευασμένο από τρεις ανεξάρτητες μονάδες δηλαδή από τον κεντρικό κορμό, την υδροστατική μονάδα κιβωτίου ανάμειξης και πλανητικών ταχυτήτων. Έτσι παρουσιάζουν ευκολία στην αποσυναρμολόγηση και την συναρμολόγηση σε περίπτωση βλάβης.
4. Για την κατασκευή τους χρησιμοποιείται υψηλή τεχνολογία και ποιότητα υλικών που δίνει στο κιβώτιο αξιόπιστη λειτουργία και μεγάλη διάρκεια ζωής.
5. Είναι εύκολος ο χειρισμός του, είναι ιδανικός για ξεκούραστη εργασία πολλών ορών και ο έλεγχος λειτουργίας του γίνεται ηλεκτρονικά ανάλογα με της ανάγκες και τις συνθήκες εργασίας.

⁶¹ Προσωπική συνέντευξη Mc Cormick.

6. Μειονεκτήματα κιβωτίου CVT

1. Έχουν αυξημένο κόστος κατασκευής γιατί απαιτούν υλικό υψηλής ποιότητας.
2. Δεν χρησιμοποιούνται σε όλους τους τύπους ελκυστήρων παρά μόνο σε αυτούς που έχουν μεγάλη ιπποδύναμη.
3. Η διάγνωση των βλαβών γίνεται από ειδικευμένους τεχνικούς με την χρήση ιδικών διαγνωστικών εργαλείων.
4. Σε περίπτωση βλάβης η επισκευή γίνεται μόνο στο εργοστάσιο κατασκευής και δεν επιτρέπεται η επισκευή από τοπικά συνεργεία.
5. Έχουν αυξημένη απώλεια ισχύος κατά την μετάδοση στα μέσα πρόωσης και στον δυναμοδότη (PTO) δηλαδή ο βαθμός απόδοσης είναι χαμηλός και δεν ξεπερνά το 80%.
6. Το σύστημα χειρισμού και ελέγχου έχει μεγάλες απαιτήσεις συντήρησης και διαχείρισης γιατί είναι συνδυασμός τριών υποσυστημάτων (του υδραυλικού, του ηλεκτρικού και του ηλεκτρονικού).

6.2.6 ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Τα συστήματα αυτά τα χρησιμοποιούν⁶² τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότεροι κατασκευαστές γεωργικών ελκυστήρων. Αυτό συμβαίνει γιατί με την χρήση αυτών των συστημάτων απλοποιείται η κινηματική αλυσίδα, γίνεται πιο εύκολος ο χειρισμός, ο χειριστής έχει την δυνατότητα πλήρους ελέγχου των αλλαγών της ταχύτητας κατά την κίνηση εμπρός ή πίσω και είναι ασφαλέστερο σε περίπτωση υπερφορτώσεων.

Με τον όρο «υβριδικά συστήματα μετάδοσης της κίνησης» εννοούμε ένα συνδυασμό υδροστατικής και μηχανικής μετάδοσης της ισχύος. Ένα σχετικά απλό υβριδικό σύστημα μετάδοσης της ισχύος μπορεί να αποτελείται από τρία κύρια μέρη:

1. Ένα κιβώτιο με δύο οδοντωτούς τροχούς (M_1)

⁶² Αντωνόπουλος Β, Βουγιούκας Σ. και Γεωργίου Π, 6ο Πανελλήνιο συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, Θεσσαλονίκη 8/10/2009.

2. Την υδροστατική μονάδα μετάδοσης (YMM)
3. Ένα άλλο μηχανικό κιβώτιο (M_2) που δίνει την τελική κίνηση.

Η αρχή λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος είναι η εξής:

Το κιβώτιο M_1 αποτελείται⁶³ από δύο οδοντωτούς τροχούς, που οι άξονές τους είναι οριζόντιοι και παράλληλοι. Οι δύο αυτοί τροχοί βρίσκονται σε μόνιμη εμπλοκή μεταξύ τους και ο ένας τροχός παίρνει κίνηση από τον κινητήρα του ελκυστήρα, ενώ ο άλλος οδοντωτός τροχός δίνει κίνηση στην αντλία της υδροστατικής μονάδας μετάδοσης, έτσι ώστε οι στροφές που δίνει στην αντλία να είναι χαμηλότερες από τις στροφές που δίνει ο κινητήρας στον πρώτο οδοντωτό τροχό και να πλησιάζουν τις μέγιστες στροφές (rpm) της υδραυλικής αντλίας, που είναι πάντα χαμηλότερες από τις στροφές του κινητήρα. Για τον λόγο αυτό το κιβώτιο M_1 λέγεται μειωτήρας (μειώνει τις στροφές που παίρνει από τον κινητήρα) και η σχέση μετάδοσης του μειωτήρα εκφράζεται μαθηματικά με τον τύπο $i_0 = n_{\max} / n_0$ όπου:

i_0 = σχέση μετάδοσης μειωτήρα (rpm).

n_{\max} = μέγιστες δυνατές στροφές υδραυλικές αντλίες (rpm).

n_0 = στροφές κινητήρα (rpm).

Η υδροστατική μονάδα μετάδοσης αποτελείται από μια αντλία μεταβλητού όγκου και δύο υδραυλικούς κινητήρες που είναι επίσης μεταβλητού όγκου. Οι δυο κινητήρες συνδέονται μέσω αξόνων με τους οδοντωτούς τροχούς του τελικού μηχανικού κιβωτίου M_2 το οποίο είναι τουλάχιστον δύο βαθμίδων. Στην έξοδο του κιβωτίου M_2 παίρνουμε το συνολικό εύρος κλιμάκωσης των σχέσεων. Όταν χρειαζόμαστε μέγιστη δύναμη έλξης τότε επιλέγουμε την πρώτη βαθμίδα σχέσεων. Όταν χρειαζόμαστε ταχύτητα μέχρι το μέγιστο του ελκυστήρα τότε επιλέγουμε την δεύτερη βαθμίδα σχέσεων. Η κλιμάκωση των σχέσεων επιτυγχάνεται χωρίς επικαλύψεις ή κενά και έτσι διασφαλίζεται ότι έχουμε όσο τον δυνατόν μικρότερες απώλειες ισχύος.

⁶³ Αντωνόπουλος Β , Βουγιούκας Σ. και Γεωργίου Π , 6ο Πανελλήνιο συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής , Θεσσαλονίκη 8/10/2009.

Στα συστήματα αυτά όταν οι ταχύτητες είναι μικρές και τα φορτία μικρά τότε το μεγαλύτερο ποσοστό της ισχύος μεταδίδεται με το υδροστατικό τμήμα (υδραυλικό τμήμα) και η συμμετοχή του μηχανικού τμήματος είναι μικρή. Όταν η ταχύτητα κίνησης αυξάνεται τότε μειώνεται η συμμετοχή του υδροστατικού τμήματος και αυξάνεται η συμμετοχή του μηχανικού τμήματος μετάδοσης ισχύος.

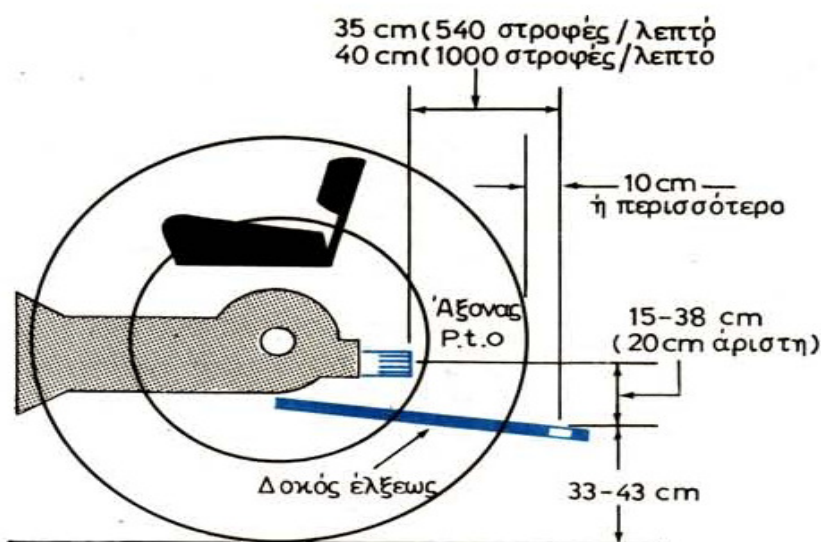
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΑΞΟΝΕΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Η μετάδοση ισχύος⁶⁴ του κινητήρα μεταφέρεται μέσω του κιβωτίου ταχυτήτων όχι μόνο στα μέσα προώσεως (τροχοί – ερπύστριες) αλλά και σε άξονες που με την σειρά τους μεταδίδουν την ισχύ και την μετατρέπουν σε κίνηση των διαφόρων γεωργικών εργαλείων. Οι άξονες αυτοί είναι: ο δυναμοδότης και η τροχαλία.

7.1 ΔΥΝΑΜΟΔΟΤΗΣ (P.T.O)

Ο δυναμοδότης είναι ο κύριος άξονας⁶⁵ ενός σύγχρονου ελκυστήρα ο οποίος μετατρέπει την ισχύ (περίπου το 85-90 %) από τον κινητήρα σε περιστροφική κίνηση και την μεταδίδει στα διάφορα γεωργικά μηχανήματα είτε ο ελκυστήρας κινείται είτε ο ελκυστήρας εργάζεται σε στάση. Συνήθως βρίσκεται στο πίσω μέρος του ελκυστήρα πάνω από την δοκό έλξης και στο κέντρο της απόστασης των πίσω τροχών. εικ. 23



Εικ. 23 η θέση του δυναμοδότη στον ελκυστήρα.

Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α, 1985

⁶⁴ Γιακουμέτης Γ, Ελκυστήρες και Γεωργικά Μηχανήματα , Εκδόσεις ΙΩΝ 1992.

⁶⁵ <http://krekisd.blogspot.gr/search/label/P.T.O>

7.1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Στις αρχές του 1878 άρχισαν⁶⁶ να κατασκευάζονται πειραματικά οι πρώτοι δυναμοδότες που αναπτύχθηκαν κατά τις επόμενες δεκαετίες και χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά σε ελκυστήρες παραγωγής το 1918 από την εταιρία International Harvester company όταν ένας μηχανικός της Edward A. Gohnston είχε δει έναν αυτοσχέδιο δυναμοδότη σε έναν Γάλλο αγρότη μια δεκαετία πριν. Ο ίδιος ανέπτυξε και έβγαλε σε βιομηχανική παραγωγή έναν απλό για τα σημερινά δεδομένα δυναμοδότη, αλλά ταυτόχρονα σχεδίασε και μια οικογένεια γεωργικών εργαλείων, που είχαν την δυνατότητα να παίρνουν κίνηση από τον δυναμοδότη. Μέχρι το τέλος της δεκαετίας 1920 η εταιρία αυτή είχε το μονοπώλιο στους ελκυστήρες με δυναμοδότη, από τότε και μετά υπήρξαν και άλλες εταιρίες παραγωγής ελκυστήρων που παρήγαγαν και χρησιμοποιούσαν δυναμοδότη.

Οι πρώτοι αυτοί δυναμοδότες (PTO) είχαν το βασικό μειονέκτημα ότι έπαιρναν κίνηση από την κίνηση του ελκυστήρα. Αυτό σημαίνει ότι για να δώσει ο δυναμοδότης (PTO) ισχύ και κίνηση σε κάποιο εργαλείο έπρεπε να κινείται ο ελκυστήρας. Αν σταματούσε η κίνηση του ελκυστήρα σταματούσε και η κίνηση του γεωργικού μηχανήματος. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας δυσκόλευε πολύ τις γεωργικές εργασίες που απαιτούσαν να παραμένει σταθερός ο ελκυστήρας (π.χ φόρτωση – εκφόρτωση). Μετά από πολλές δοκιμές το 1945 παρουσιάστηκε στην αγορά ο πρώτος ελκυστήρας στον οποίο ο δυναμοδότης μπορούσε να εργαστεί ανεξάρτητος από την κίνηση του ελκυστήρα. Από τότε και μετά έγιναν πολλές βελτιώσεις αυξήθηκε η διάμετρος του άξονα και οι στροφές λειτουργίας και τυποποιήθηκαν στις 536 rpm ή 1000 rpm ανάλογα με την ισχύ που πρέπει να δοθεί. Ταυτόχρονα χρησιμοποιήθηκαν και διάφοροι διακόπτες ελέγχου του δυναμοδότη έτσι ώστε να μην έχει επαφή ο χειριστής με τον περιστρεφόμενο άξονα.

⁶⁶ http://en.wikipedia.org/wiki/Power_take-off

7.1.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Για να υπάρχει η δυνατότητα⁶⁷ χρησιμοποίησης του άξονα του δυναμοδότη σε όλους τους ελκυστήρες και να μπορούν να συνδέονται με τα διάφορα γεωργικά μηχανήματα έχει υπάρξει διεθνής τυποποίηση στα γεωμετρικά και κινητικά χαρακτηριστικά του άξονα του δυναμοδότη. Ο άξονας του έχει διάμετρο 35mm ή 45mm ανάλογα με την ταχύτητα περιστροφής που επιτυγχάνεται. Ο δυναμοδότης (PTO) έχει την δυνατότητα να κινηθεί με 536 rpm (+ - 10 rpm) οπότε έχει στο άκρο του πολύσφηνο με 6 σφήνες και δεν έχει την δυνατότητα να μεταβιβάσει ισχύ σε μεγάλα φορτία. Στους πιο σύγχρονες ελκυστήρες ο ίδιος άξονας με τις ίδιες διαστάσεις κινείται με 1000 rpm (+ - 20 rpm) και έχει στο άκρο του πολύσφηνο με 21 σφήνες, οπότε έχει την δυνατότητα να μεταδίδει ισχύ σε μεγαλύτερα φορτία. Στην πρώτη περίπτωση η μέγιστη ισχύς που μπορεί να δώσει ο δυναμοδότης είναι 65 PS ενώ στην δεύτερη περίπτωση η ισχύς μπορεί να φτάσει μέχρι 180 PS (με διάμετρο άξονα 45 mm)

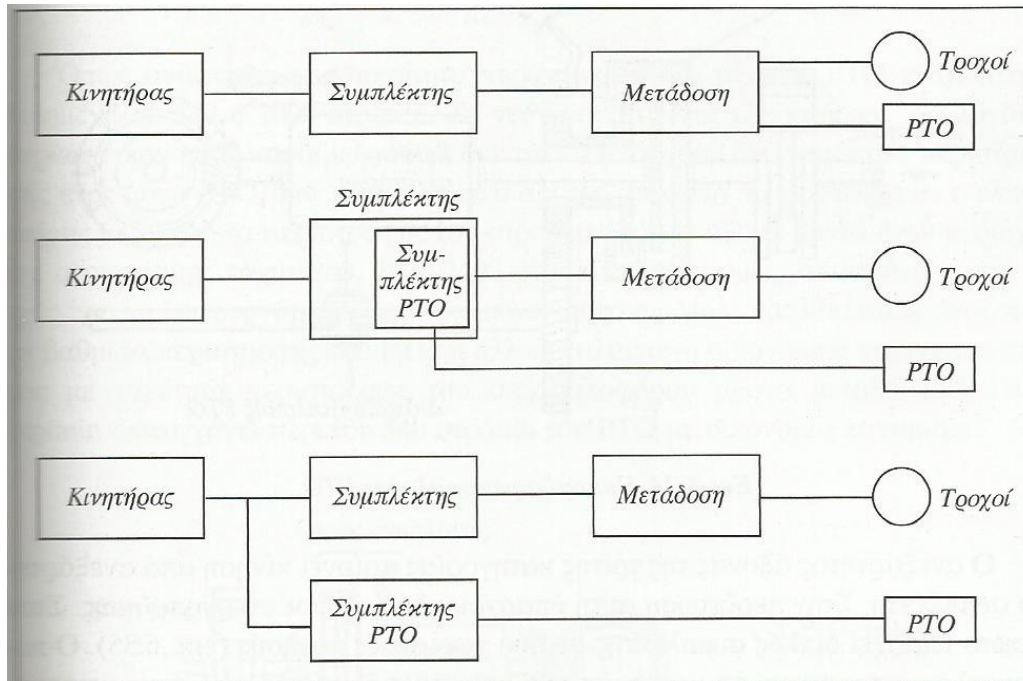
Ο δυναμοδότης λοιπόν λειτουργεί⁶⁸ σε τυποποιημένο αριθμό στροφών και για να γίνει αυτό πρέπει ο κινητήρας να λειτουργεί αντίστοιχα σε σταθερό αριθμό στροφών (rpm) ανεξάρτητα με την βαθμίδα ταχύτητας που επιλέγει ο χειριστής. Αν ο ελκυστήρας έχει μηχανικό κιβώτιο ταχυτήτων τότε κινείται πάντα με σταθερή ταχύτητα. Αν ο ελκυστήρας έχει υδροστατικό κιβώτιο τότε υπάρχει δυνατότητα να λειτουργεί ο κινητήρας σε σταθερό αριθμό στροφών (για σταθερή περιστροφή του δυναμοδότη PTO) αλλά το όχημα να μεταβάλλει την ταχύτητα της κίνησής του.

⁶⁷ Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , Ίδρυμα Ευγενίδου 1954 Έκδοση 1985.

⁶⁸ Δρ. Παραδεισιάδης Γ, Σημειώσεις Οχήματα Ανωμάλου Εδάφους. Α.Τ.Ε.Ι Θεσσαλονίκης. 2012.

7.1.3 ΤΥΠΟΙ ΔΥΝΑΜΟΔΟΤΗ

Ο δυναμοδότης ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο παίρνει κίνηση από τον κινητήρα διαχωρίζεται στους εξής τύπους.



Εικ 24. Σχηματική παράσταση της μετάδοσης της κίνησης στο PTO.

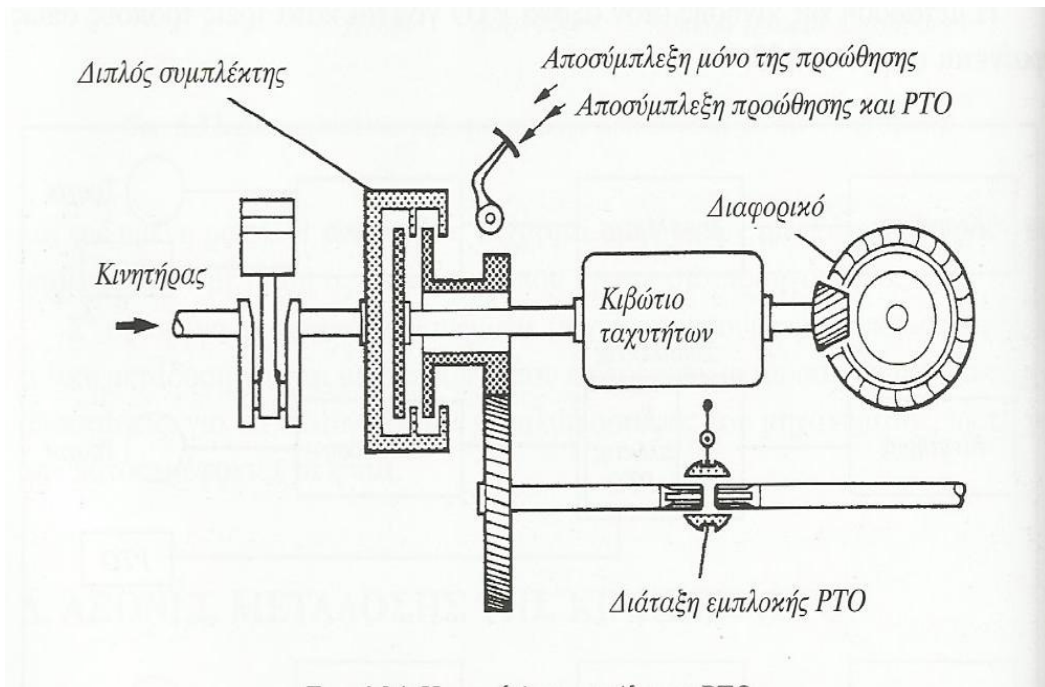
Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος 2011

1. **Εξαρτημένος δυναμοδότης:**⁶⁹ Λέγεται ο δυναμοδότης που παίρνει κίνηση άμεσα από το κιβώτιο ταχυτήτων και αυτό σημαίνει ότι ο χειριστής του ελέγχει από τον κύριο συμπλέκτη του ελκυστήρα. Έτσι κάθε φορά που απενεργοποιείται ο συμπλέκτης (δηλ. διακόπτεται η κίνηση του ελκυστήρα) τότε σταματά και η περιστροφή του δυναμοδότη. Αν ο χειριστής επιλέξει την όπισθεν έχει σαν αποτέλεσμα την αντίστροφη της περιστροφής του δυναμοδότη. Το μειονέκτημα του τύπου αυτού του ΡΤΟ είναι ότι δεν περιστρέφεται όταν ο ελκυστήρας βρίσκεται σε στάση, έστω και αν ο κινητήρας δουλεύει. Ο εξαρτημένος δυναμοδότης είναι ο πιο παλιός τύπος δυναμοδότη και σπάνια χρησιμοποιείται στις μέρες μας.

2. **Ημιεξαρτημένος δυναμοδότης:**⁷⁰ Λέγεται ο δυναμοδότης που παίρνει κίνηση από τον κύριο συμπλέκτη αλλά στην περίπτωση αυτή είναι διπλός ο συμπλέκτης δίνοντας κίνηση στο κιβώτιο ταχυτήτων και από άλλο τμήμα του δίνει κίνηση στον άξονα ΡΤΟ. Ο συμπλέκτης έχει δύο βαθμίδες και με πίεση του ποδομοχλού μέχρι την μέση αποσυμπλέκει την μετάδοση ισχύος στο κιβώτιο ταχυτήτων, ενώ με πίεση του ποδομοχλού μέχρι το τέλος της διαδρομής αποσυμπλέκει και τον άξονα ΡΤΟ. Στον τύπο αυτό του δυναμοδότη υπάρχει δυνατότητα να μεταδίδεται κίνηση στον άξονά του χωρίς να μετακινείται ο ελκυστήρας, αλλά για να σταματήσει η μετάδοση της ισχύος στο ΡΤΟ πρέπει να σταματήσει ο ελκυστήρας. Ο ημιεξαρτημένος δυναμοδότης λέγεται και άξονας συνεχούς κίνησης. Εικ. 25

⁶⁹ <http://krekisd.blogspot.gr/search/label/P.T.O>

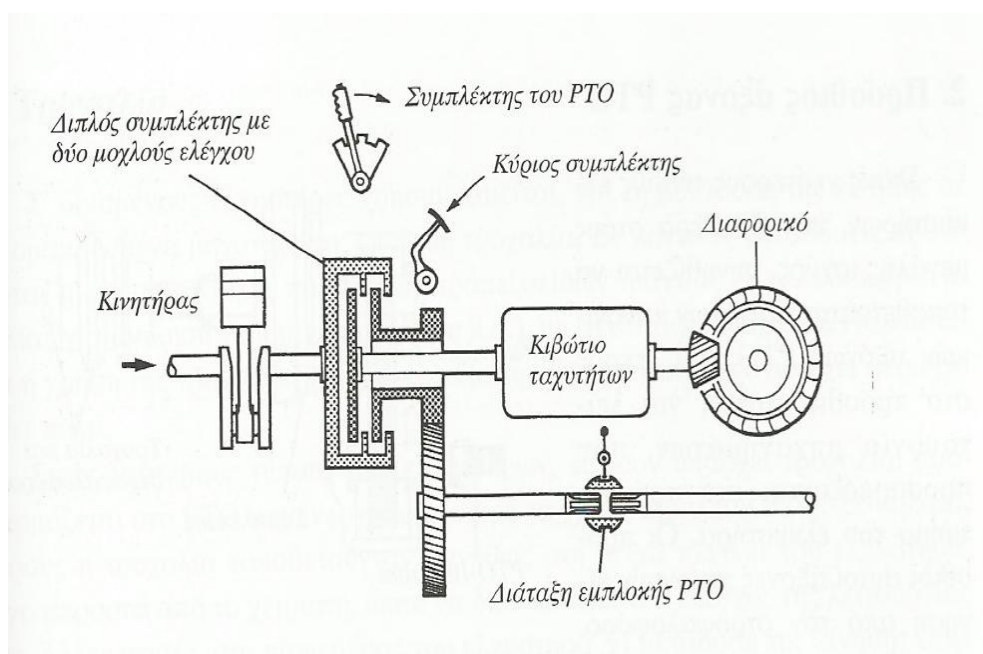
⁷⁰ Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , 2^η Έκδοση , Εκδόσεις Γιαχούδη , Θεσσαλονίκη 2011.



Εικ. 25 Ημιανεξάρτητος άξονας PTO.

Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος, 2011.

3. **Ανεξάρτητος δυναμοδότης:**⁷¹ Λέγεται ο δυναμοδότης που παίρνει κίνηση από ανεξάρτητο συμπλέκτη συνήθως υπάρχει διπλός συμπλέκτης ο οποίος έχει δύο μοχλούς. Ο ένας που είναι ποδομοχλός μεταδίδει ισχύ στο κιβώτιο ταχυτήτων, ενώ ο άλλος που είναι χειρομοχλός μεταδίδει ισχύ στο άξονα PTO. Ο τύπος αυτός του δυναμοδότη είναι πλέον και ο πιο διαδιδόμενος στους σύγχρονους ελκυστήρες και ταυτόχρονα είναι ο πιο πρακτικός διότι αποσυμπλέκει τον δυναμοδότη όταν και όπου χρειάζεται, όπως για παράδειγμα, στην περίπτωση που ο ελκυστήρας πραγματοποιεί στροφή στα άκρα μιας γεωργικής έκτασης. Εικ.26

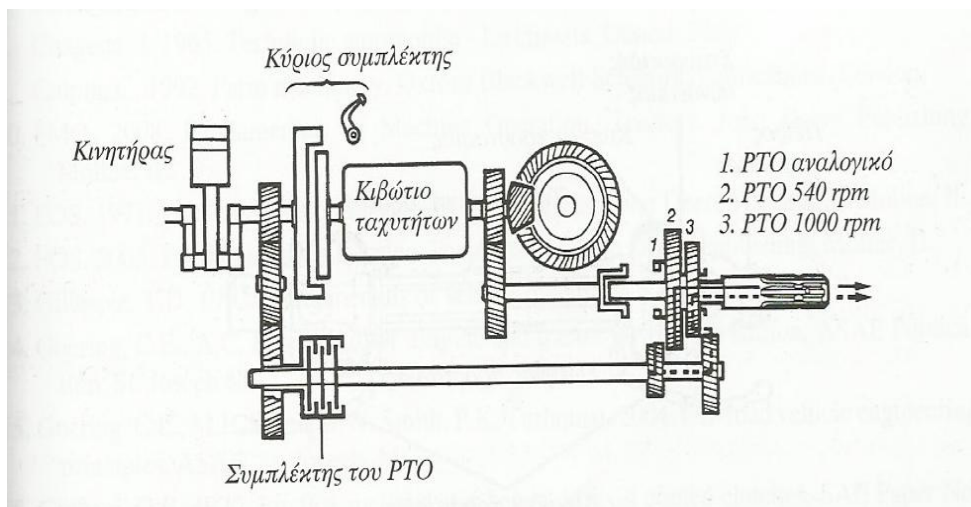


Εικ. 26 Ανεξάρτητοι άξονες PTO.

Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος 2011

⁷¹ Τσίρκας Σωτήριος , Σημειώσεις θεωρίας Γεωργικός Ελκυστήρας II , Α.Τ.Ε.Ι Μεσολογγίου 2010.

Μια παραλλαγή του ανεξάρτητου δυναμοδότη⁷² είναι και ο πλήρης ανεξάρτητος δυναμοδότης ο οποίος συνδέεται άμεσα με τον κινητήρα μέσω ενός υδραυλικού πολύδισκου συμπλέκτη. Με τον τρόπο αυτό η μετάδοση της ισχύος από τον κινητήρα στο κιβώτιο ταχυτήτων είναι ανεξάρτητη από την μετάδοση ισχύος στο PTO. Η κατασκευή ενός τέτοιου συστήματος είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και πολυδάπανη αλλά, λόγω της πρακτικής της σημασίας χρησιμοποιείται στους νεότερους τύπους ελκυστήρων. Αυτό συμβαίνει διότι λόγω του τρόπου σύνδεσης του πλήρους ανεξάρτητου άξονα PTO και κυρίως για λόγους οικονομίας υπάρχει η δυνατότητα να περιστρέφεται ο δυναμοδότης (PTO) και με τις δύο τυποποιημένες ταχύτητες περιστροφής (540 rpm ή 1000 rpm). Έτσι όταν απαιτείται μεγάλη ισχύς στο άκρο του δυναμοδότη (PTO) τότε εργάζεται ο κινητήρας στις 2000 – 2400 rpm. Όταν απαιτείται μικρή ισχύς οπότε εμπλέκεται υψηλότερη βαθμίδα κίνησης του δυναμοδότη (PTO) τότε ο κινητήρας του ελκυστήρα εργάζεται στις 1500 – 1700 rpm οπότε έτσι ο δυναμοδότης (PTO) περιστρέφεται με 540 rpm και αυτό σημαίνει οικονομία καυσίμων. Εικ. 27



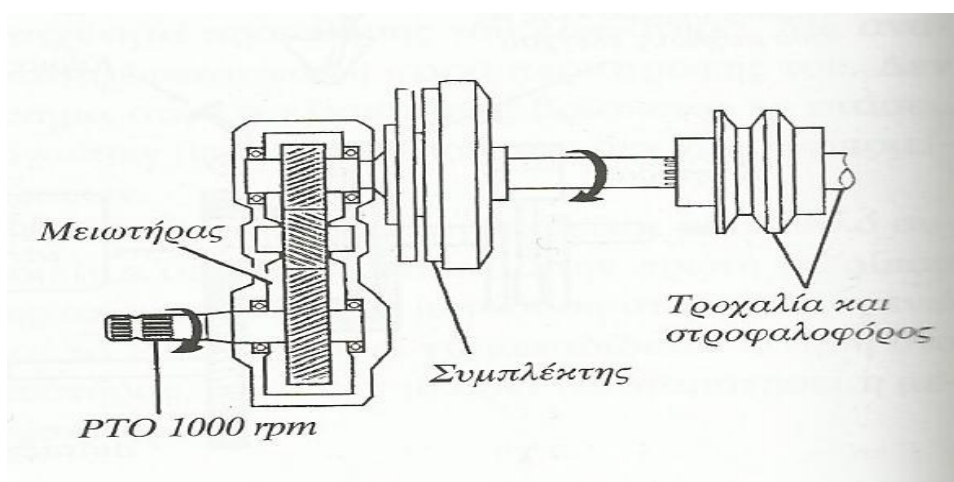
Εικ. 27 Τελείως ανεξάρτητος άξονας PTO.

Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος 2011.

⁷² Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος Α, Γεωργικοί Ελκυστήρες, 2^η Έκδοση, Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη 2011.

7.1.4 ΠΡΟΣΘΙΟΣ ΑΞΟΝΑΣ P.T.O

Η συνήθης θέση του άξονα PTO⁷³ είναι στο πίσω μέρος του ελκυστήρα, ανάμεσα στους δύο τροχούς. Σε ελκυστήρες σύγχρονης τεχνολογίας που έχουν μεγάλη ισχύ, που χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ πλαίσιο γεωργικών εργασιών τοποθετείται και ένας επιπλέον άξονας PTO στο εμπρόσθιο τμήμα του ελκυστήρα. Στον δυναμοδότη αυτό προσαρμόζονται διάφορα μηχανήματα που λειτουργούν μόνο στο εμπρόσθιο μέρος του ελκυστήρα. Ο πρόσθιος άξονας του δυναμοδότη παίρνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα και για την μετάδοση ισχύος υπάρχει ένας συμπλέκτης που είναι υδραυλικός ή ηλεκτρομαγνητικός και συνδέει ή αποσυνδέει τον δυναμοδότη από τον στροφαλοφόρο άξονα. Μετά τον συμπλέκτη υπάρχει ένα σύστημα οδοντωτών τροχών που λέγεται μειωτήρας και μειώνει την ταχύτητα περιστροφής που παίρνει ο άξονας του δυναμοδότη από τον στροφαλοφόρο άξονα μέσω του συμπλέκτη, έτσι ώστε να επιτευχθεί η περιστροφική ταχύτητα 1000 rpm που είναι και η τυποποιημένη ταχύτητα για τον πρόσθιο άξονα PTO. Ο άξονας αυτός έχει τυποποιημένη ταχύτητα περιστροφής 1000 rpm (οπότε στο άκρο του υπάρχει πολύσφηνο με 21 σφήνες) διότι στο εμπρόσθιο μέρος του ελκυστήρα συνδέονται μηχανήματα που απαιτούν μεγάλη ισχύ. σχ. 28



Εικ. 28 Πρόσθιος άξονας PTO.

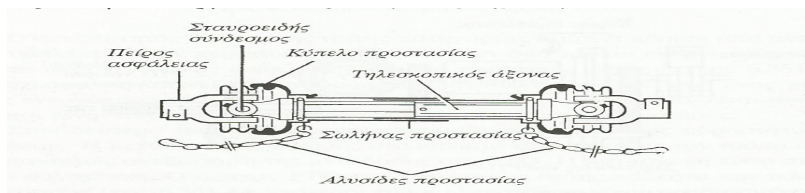
Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος 2011

⁷³ Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος Α, Γεωργικοί Ελκυστήρες, 2^η Έκδοση, Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη 2011.

7.1.5 ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΟΥ ΔΥΝΑΜΟΔΟΤΗ

Για να μεταδοθεί η κίνηση από τον δυναμοδότη⁷⁴ προς τα διάφορα γεωργικά μηχανήματα χρησιμοποιούμε τηλεσκοπικούς άξονες. Οι άξονες αυτοί έχουν στα άκρα τους σταυροειδείς συνδέσμους, έτσι ώστε να μπορούν να λειτουργούν τα μηχανήματα και όταν σχηματίζουν γωνία με τον άξονα PTO γιατί στο χωράφι υπάρχουν πολλές ανωμαλίες του εδάφους και ενώ ο ελκυστήρας μπορεί να κινείται σε σχετικά οριζόντια τροχιά (λόγω της μεγάλης διαμέτρου των πίσω τροχών) τα μηχανήματα λόγω των ανωμαλιών που συναντούν σχηματίζουν γωνία με τον άξονα PTO. Ο τηλεσκοπικός άξονας έχει την ιδιότητα να μεταβάλλει το μήκος του για να μην εμποδίζεται η λειτουργία του από την ανώμαλη επιφάνεια του εδάφους της αγροτικής έκτασης. Ο τηλεσκοπικός άξονας τοποθετείται ανάμεσα στο πολύσφηνο του άκρο του δυναμοδότη και στο γεωργικό μηχάνημα.

Όταν συνδέεται ένα γεωργικό μηχάνημα με το τηλεσκοπικό άξονα (ο οποίος είναι συνδεδεμένος με το πολύσφηνο του άκρο του δυναμοδότη) πρέπει ο κινητήρας του ελκυστήρα να διατηρεί σταθερές στροφές για να λειτουργεί ομαλά το κάθε μηχάνημα. Στους σύγχρονους ελκυστήρες και ανάλογα με τον τύπο του κάθε ελκυστήρα, υπάρχει στο στροφόμετρο του πίνακα οργάνου μια ένδειξη PTO που δείχνει τις στροφές που πρέπει να εργάζεται ο κινητήρας έτσι ώστε ο δυναμοδότης να περιστρέφεται με 540 ή 1000 rpm για να αναπτύσσει και να μεταδίδει την μέγιστη ισχύ στον δυναμοδότη και στην συνέχεια στο γεωργικό μηχάνημα. Εικ. 29



Εικ. 29 τηλεσκοπικός άξονας με σταυροειδείς συνδέσμους.

Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος 2011

⁷⁴ Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , Ίδρυμα Ευγενίδου 1954 Έκδοση 1985.

7.1.6 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΡΤΟ

Ο δυναμοδότης είναι μια συνήθης αιτία για ατυχήματα⁷⁵ στις γεωργικές εργασίες. Στις ΗΠΑ μετά από έρευνα βρέθηκε ότι ένα ποσοστό 6% των ατυχημάτων με ελκυστήρες οφείλεται στην χρήση του δυναμοδότη. Η γραμμική ταχύτητα της περιστροφικής κίνησης του δυναμοδότη, όταν αυτός περιστρέφεται με 540 rpm, είναι $v = 5\text{m/s}$ (ή 18km/h) και αποτελεί μια πηγή σοβαρού κινδύνου διότι ο χειριστής πλησιάζει πολλές φορές πολύ κοντά στο περιστρεφόμενο άκρο του δυναμοδότη. Έτσι υπάρχει ο κίνδυνος να εμπλακεί τμήμα του σώματος όπως ρούχα ή κοσμήματα και να παγιδευτεί στον περιστρεφόμενο άξονα, με μεγάλο κίνδυνο για τη ζωή του χειριστή. Ιδιαίτερα επικίνδυνα είναι τα προεξέχοντα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για σύνδεση του άκρου του ΡΤΟ με τα διάφορα γεωργικά μηχανήματα. Η περιστροφική κίνηση μπορεί να περισφίξει τόσο πολύ τα ρούχα που ο χειριστής να μην έχει δυνατότητα αποφυγής αφού ο χρόνος αντίδρασης του είναι μερικά δέκατα του δευτερολέπτου.

Αρκετά ατυχήματα έχουν γίνει από λανθασμένο χειρισμό των χειριστών κατά την σύνδεση ή αποσύνδεση των διαφόρων γεωργικών μηχανημάτων. Στους σύγχρονους ελκυστήρες υπάρχουν ειδικοί προφυλακτήρες ώστε να αποφεύγεται όσο το δυνατόν η εμπλοκή του χειριστή με το ΡΤΟ. Άλλωστε στους σύγχρονους ελκυστήρες υπάρχει η δυνατότητα ακινητοποίησης του ΡΤΟ ανεξάρτητα από την περιστροφή του κινητήρα. Μια πρόταση για την αποφυγή όλων αυτών των κινδύνων είναι η χρησιμοποίηση υδραυλικής ενέργειας αντί για το παραδοσιακό άξονα ΡΤΟ

⁷⁵ <https://engineering.purdue.edu/ABE/People/Papers/dennis.buckmaster.1/safety.pdf>

7.1.7 ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ Ρ.Τ.Ο

Υπάρχουν πολλά γεωργικά μηχανήματα⁷⁶ τα οποία για να εργαστούν είναι απαραίτητη η σύνδεση τους με τον δυναμοδότη για να πάρουν την ισχύ που χρειάζεται από τον κινητήρα του ελκυστήρα μέσω του ΡΤΟ. Μερικά από αυτά τα μηχανήματα είναι :

- 1) Χορτοκοπτικό περιστροφικό: Δυναμοδοτείται με το ΡΤΟ, συνδέεται με 3 σημεία ζεύξης και είναι αναρτώμενο – συρόμενο.
- 2) Καταστροφέας: Δυναμοδοτείται με το ΡΤΟ, συνδέεται με 3 σημεία ζεύξης και είναι αναρτώμενο – συρόμενο.
- 3) Δισκάρωτρο: 3 σημεία ζεύξης συρόμενο χωρίς ανάγκη δυναμοδότησης από το ΡΤΟ.
- 4) Φρέζα: Δυναμοδοτείται με το ΡΤΟ, συνδέεται με 3 σημεία ζεύξης και είναι αναρτώμενο – συρόμενο.
- 5) Πατάτοεξαγωγέας: Ειδικό μηχάνημα που συνδέεται με 8 σημεία ζεύξης παίρνει ισχύ με την έλξη και με το ΡΤΟ, είναι αναρτώμενο- συρόμενο.
- 6) Ραντιστικό: Ισχυροδοτείται με το ΡΤΟ, συνδέεται με 3 σημεία ζεύξης και είναι αναρτώμενο.
- 7) Λιπασματοδιανομέας: Ισχυροδοτείται με το ΡΤΟ, συνδέεται με 3 σημεία ζεύξης και είναι αναρτώμενο.

⁷⁶ Μαυρόγιαννης Διονύσιος , Σημειώσεις Εργαστηρίου Γεωργικός Ελκυστήρας Ι , ΙΙ, Α.Τ.Ε.Ι Δυτικής Ελλάδος. Πρώην Τ.Ε.Ι Μεσολογγίου 2006.

7.2 ΤΡΟΧΑΛΙΑ

Η τροχαλία είναι⁷⁷ άλλο ένα μηχάνημα του γεωργικού ελκυστήρα που παίρνει ισχύ και περιστρέφεται από τον κινητήρα. Η τροχαλία είναι μια απλή μηχανή που αποτελείται από ένα δίσκο ο οποίος περιστρέφεται γύρω από έναν κεντρικό άξονα. Ο δίσκος της τροχαλίας έχει πάχος d και στο μέσον της περιφέρειας του δίσκου υπάρχει αυλάκι στο οποίο προσαρμόζεται ένα όργανο έλξης. Η σύνδεση της τροχαλίας με τον κινητήρα γίνεται μέσω του στροφαλοφόρου άξονα με ιδιαίτερο συμπλέκτη ή μέσω ενός ζεύγους κωνικών τροχών. Στην πρώτη περίπτωση ο κινητήρας είναι τοποθετημένος παράλληλα στην διεύθυνση κίνησης του ελκυστήρα, ενώ στην δεύτερη περίπτωση είναι τοποθετημένος κάθετα στην διεύθυνση κίνησης του ελκυστήρα. Ο τρόπος αυτός σύνδεσης της τροχαλίας με τον κινητήρα χρησιμοποιείται σε ελκυστήρες παλαιάς τεχνολογίας στους οποίους η τροχαλία ήταν τοποθετημένη μπροστά από την θέση του χειριστή στο πλαϊνό μέρος του ελκυστήρα.

Στους πιο σύγχρονες ελκυστήρες η τροχαλία (όταν υπάρχει) προσαρμόζεται στο πίσω μέρος του ελκυστήρα και παίρνει ισχύ από το κιβώτιο ταχυτήτων με ιδιαίτερο συμπλέκτη. Η τροχαλία χρησιμοποιείται για την μετάδοση της ισχύος όταν ο γεωργικός ελκυστήρας βρίσκεται σε στάση και μεταφέρει την ισχύ με την βοήθεια ενός μίαντα σε διάφορα εργαλεία όπως είναι οι αντλίες αρδεύσεως, οι αλωνιστικές μηχανές, τα μηχανικά πριόνια και οι δετικές μηχανές.

Η τροχαλία περιστρέφεται συνήθως με 600 – 1300 RPM και επιλέγει ο χειριστής την κατάλληλη ταχύτητα ανάλογα με το μηχάνημα που θα χρησιμοποιηθεί και αυτό διότι τα διάφορα μηχανήματα εργάζονται καλύτερα σε συγκεκριμένο αριθμό στροφών ανά λεπτό (RPM). Στην περίπτωση αυτή απαιτείται μεγάλη προσοχή από τον χειριστή διότι σε μεγάλες ταχύτητες οι μίαντες γλιστρούν και υπάρχει απώλεια ισχύος.

Στους πιο σύγχρονους ελκυστήρες δεν υπάρχει μόνιμα τοποθετημένη η τροχαλία αλλά υπάρχει η δυνατότητα να προσαρμοστεί στον δυναμοδοτηκό άξονα (PTO). Στην

⁷⁷ Αυγουστίνος Αυγουστής Χ, Γεωργικός Ελκυστήρας Ι, ΙΙ, Α.Τ.Ε.Ι Μεσολογγίου, Μεσολόγγι 2000.

περίπτωση αυτή για να φτάσει η κίνηση στην τροχαλία γίνεται κατάλληλος χειρισμός του συστήματος από τα χειριστήρια μεταφοράς ισχύος στον δυναμοδότη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΒΛΑΒΕΣ ΚΙΒΩΤΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

Όπως αναφέραμε και στα προηγούμενα κεφάλαια⁷⁸ όλη η ισχύς του κινητήρα μεταφέρεται μέσω του στροφαλοφόρου άξονα στο κιβώτιο ταχυτήτων του γεωργικού ελκυστήρα. Αυτό σημαίνει ότι οι οδοντωτοί τροχοί κάθε τύπου κιβωτίου ταχυτήτων δέχονται πού μεγάλες πλευρικές δυνάμεις οι οποίες αναπτύσσονται στα <<δόντια>> των οδοντωτών τροχών. Τα κιβώτια ταχυτήτων είναι έτσι κατασκευασμένα ώστε να μπορούν να ανταπεξέλθουν στην ένταση των δυνάμεων που δέχονται. Για το λόγο αυτό τα κιβώτια ταχυτήτων σπάνια παθαίνουν κάποια βλάβη. Όταν όμως συμβεί κάποιο εξάρτημα του κιβωτίου να έχει βλάβη, τότε αν το κιβώτιο είναι χειροκίνητο δηλαδή ανήκει στους τρεις πρώτους τύπους που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 2.2, αρχίζει να δυσκολεύεται ο χειριστής να αλλάξει σχέση στο κιβώτιο δηλαδή να αλλάξει ταχύτητα. Αν το κιβώτιο ταχυτήτων ανήκει στα αυτόματα κιβώτια τότε αρχίζει να ακούγετε θόρυβος κατά την αλλαγή ταχυτήτων και αρχίζει να παρατηρείται «τράνταγμα» όταν αλλάζει αυτόματα η ταχύτητα.

Ένας τρόπος για να ελέγξουμε την σωστή λειτουργία του κιβωτίου ταχυτήτων είναι η τοποθέτηση του μοχλού ταχυτήτων στις διάφορες θέσεις (ή στις διάφορες ταχύτητες). Αν συμβαίνει ολίσθηση ή ακούγονται παράξενοι θόρυβοι, όπως για παράδειγμα σαν να γίνεται άλεση, τότε σημαίνει ότι υπάρχει βλάβη στο κιβώτιο ταχυτήτων και πρέπει να το ελέγξουμε. (Βλάβη υπάρχει επίσης και στις παρακάτω περιπτώσεις.)

⁷⁸ http://smallengineinformation.com/?page_id=355

8.1 ΒΛΑΒΕΣ ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΙΒΩΤΙΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

ΒΛΑΒΕΣ:⁷⁹

1. Διαρροές λιπαντικού στο κιβώτιο ταχυτήτων.
2. Θόρυβος στο κιβώτιο ταχυτήτων όταν ο χειρομοχλός είναι στο νεκρό ή σε ταχύτητα.
3. Δυσκολία στην εμπλοκή των ταχυτήτων.
4. Δυσκολία ή αδυναμία στην μετατόπιση των μοχλών ταχυτήτων για την αλλαγή τους δηλαδή δυσκολία ή αδυναμία στην απεμπλοκή των ταχυτήτων.
5. Αποσύμπλεξη ταχυτήτων χωρίς την επέμβαση του χειριστή.

Τα πιθανά αίτια και αντιμετώπιση των παραπάνω συμπτωμάτων είναι:

1. Για το λιπαντικό και γενικά διαρροές στο κιβώτιο ταχυτήτων.

- A) Υπερβολικά υψηλή στάθμη λιπαντικού.
- B) Καταστραμμένα παρεμβάσματα.
- Γ) Χαλαρό το πώμα εκκένωσης.
- Δ) Ακατάλληλο λιπαντικό που δημιουργεί υπερβολικό αφρό.

Αντιμετώπιση:

- A) Αδειάζουμε το περίσσιο λιπαντικό.
- B) Αντικατάσταση των παρεμβασμάτων.
- Γ) Σφίγγεται το πώμα
- Δ) – Χρησιμοποιείται λιπαντικό που συνιστάται

⁷⁹ Μαυροθανάσης Φρειδερίκος Ι , Σημειώσεις θεωρίας Γεωργικός Ελκυστήρας ΙΙ , Α.Τ.Ε.Ι Μεσολογγίου 2007.

2. Για τον θόρυβο όταν ο χειρομοχλός είναι στο νεκρό ή σε ταχύτητα.

- A) Χαμηλή στάθμη λιπαντικού στο κιβώτιο ταχυτήτων.
- B) Φθαρμένοι ή κατεστραμμένοι οδοντωτοί τροχοί (γρανάζια).

Αντιμετώπιση:

- A) Συμπληρώνεται το κιβώτιο ταχυτήτων με λιπαντικό που συνιστάται.
- B) Ο ελκυστήρας μεταφέρεται στο συνεργείο για επισκευή.

3. Για την δυσκολία στην εμπλοκή των ταχυτήτων.

- A) Φθαρμένο συγχρονιζέ.
- B) Απορύθμιση του συγχρονιζέ.

Αντιμετώπιση:

- A) Ο ελκυστήρας μεταφέρεται στο συνεργείο για επισκευή.
- B) Ο ελκυστήρας μεταφέρεται στο συνεργείο για ρύθμιση.

4. Για την δυσκολία η αδυναμία στην μετατόπιση των μοχλών ταχυτήτων για την αλλαγή τους δηλαδή δυσκολία ή αδυναμία στην απεμπλοκή των ταχυτήτων.

- A) Βλάβη στον συμπλέκτη.
- B) Ο μηχανισμός λειτουργίας του συμπλέκτη δυσκολεύεται να αποσυμπλέξει λόγω σοβαρής βλάβης.
- Γ) Φθαρμένοι οι δεσμοί λειτουργίας του συμπλέκτη.

Αντιμετώπιση:

- A) Ρυθμίζεται η ελεύθερη διαδρομή του ποδόπληκτρου.

B) Ελευθερώνεται ο μηχανισμός λειτουργίας.

Γ) Επισκευάζονται οι δεσμοί.

5. Για την αποσύμπλεξη ταχύτητας χωρίς την επέμβαση του χειριστή.

A) Κατεστραμμένοι οδοντωτοί τροχοί.

B) Σοβαρή βλάβη του κιβωτίου ταχυτήτων.

Αντιμετώπιση:

A) Ο ελκυστήρας μεταφέρεται στο συνεργείο για επισκευή.

B) Ο ελκυστήρας μεταφέρεται στο συνεργείο για επισκευή.

.

8.2 ΒΛΑΒΕΣ ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΚΙΒΩΤΙΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΜΕ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Οι βλάβες που αναφέρθηκαν παραπάνω αφορούν τα μηχανικά κιβώτια ταχυτήτων στα οποία η αλλαγή ταχύτητας γίνεται με χειροκίνητους μοχλούς. Στους ελκυστήρες που έχουν κιβώτια power shift ή CVT η διάγνωση των βλαβών γίνεται δύσκολη από τον χειριστή αν και στα κιβώτια αυτά οι βλάβες είναι αρκετά σπάνιες όταν χρησιμοποιούνται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή και δεν χρησιμοποιούνται για βαρύτερες εργασίες από αυτές που προτείνει ο κατασκευαστής. Σε περίπτωση οποιασδήποτε βλάβης και ιδιαίτερα όταν το σύστημα εργάζεται με θόρυβο ή ο ελκυστήρας έχει χάσει την ισχύ και την επιτάχυνσή του, τότε το κιβώτιο ταχυτήτων έχει σοβαρό πρόβλημα και απαιτείται επισκευή από εξειδικευμένο συνεργείο για το συγκεκριμένο τύπο κιβωτίου.

Οι συνηθέστερες βλάβες των κιβωτίων ταχυτήτων με βοηθητικό υδραυλικό σύστημα (power shift) και οι πιθανές αιτίες είναι:

1. Ο ελκυστήρας δεν ξεκινά.

A) Όταν ο καιρός είναι πολύ ψυχρός και χρησιμοποιούμε συμπλέκτη για την εκκίνηση τότε αφού ο ελκυστήρας δεν εκκινεί σημαίνει ότι ο συμπλέκτης βρίσκεται σε αποσύμπλεξη.

B) Ο μηχανισμός στάθμευσης βρίσκεται στην θέση εμπλοκής.

Γ) Οι δεσμοί του μηχανισμού λειτουργίας είναι αποσυνδεδεμένοι.

Δ) Το φίλτρο του λιπαντικού έχει συσσωρευμένες ακαθαρσίες και έχει βουλώσει.

Αντιμετώπιση:

A) Συμπλέκεται ο συμπλέκτης.

B) Ελευθερώνεται ο μηχανισμός

Γ) Συνδέονται ή ελευθερώνεται οι δεσμοί.

Δ) Αντικατάσταση του φίλτρου.

2. Η αυτόματη αλλαγή των ταχυτήτων γίνεται ακανόνιστα.

A) Οι δεσμοί του μηχανισμού λειτουργίας του κιβωτίου έχουν αποσυνδεθεί ή εμποδίζεται με κάποιο τρόπο η κίνηση τους .

Αντιμετώπιση:

A) Συνδέονται ή ελευθερώνονται οι δεσμοί.

3. Χαμηλή πίεση του συστήματος.

A) Συσσωρευμένες ακαθαρσίες εμποδίζουν το λιπαντικό να διαπεράσει το φίλτρο λιπαντικού.

B) Χαμηλή στάθμη λιπαντικού.

Αντιμετώπιση:

A) Αντικατάσταση του φίλτρου.

B) Συμπληρώνεται λιπαντικό

4. Το κιβώτιο ταχυτήτων υπερθερμαίνεται κατά την λειτουργία του.

A) Υπερβολική υψηλή ή χαμηλή στάθμη λιπαντικού.

B) Αδυναμία διέλευσης λιπαντικού λόγω συσσώρευσης ακαθαρσιών.

Γ) Ακάθαρτος ή βουλωμένος φίλτρο του ψύκτη λαδιού.

Αντιμετώπιση:

A) Αποκαθίσταται η στάθμη λιπαντικού.

B) Αντικαθίσταται το φίλτρο.

Γ) Καθαρίζεται ο πυρήνας.

8.3 ΒΛΑΒΕΣ ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΚΙΒΩΤΙΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

Όπως αναφέραμε παραπάνω τα κιβώτια αυτού του τύπου είναι μεν τα πιο σύγχρονα αλλά και τα πιο ευαίσθητα στην χρήση. Παρουσιάζουν λίγες αλλά σοβαρές βλάβες. Τα συμπτώματα των κυριότερων βλαβών, τα πιθανά αίτια και η πιθανή θεραπεία είναι:

1. Υπερθέρμανση του συστήματος.

A) Χαμηλή στάθμη λιπαντικού.

B) Ο ελκυστήρας εργάζεται με μεγαλύτερο φορτίο από αυτό που συνιστά ο κατασκευαστής.

Γ) Ο πυρήνας του ψύκτη του λιπαντικού έχει βουλώσει.

Πιθανή θεραπεία.

A) Συμπλήρωση λιπαντικού μέχρι το σημείο της κανονικής στάθμης

B) Μειώνεται το φορτίο

Γ) Καθαρίζεται ο πυρήνας

2. Το σύστημα εργάζεται με θόρυβο.

A) Γενικευμένη βλάβη.

B) Απορύθμιση.

Πιθανή θεραπεία

A) Μεταφέρεται ο Γεωργικός ελκυστήρας στο συνεργείο για επισκευή

B) Μεταφέρεται ο Γεωργικός ελκυστήρας στο συνεργείο για ρύθμιση

3. Παρατηρούμε στο σύστημα διαρροές λιπαντικού.

A) Χαλαρωμένες βίδες ή καταστραμμένα παρεμβάσματα.

B) Χαλαρές συνδέσεις στις σωληνώσεις του δικτύου.

Πιθανή θεραπεία

- A) Σφίγγονται οι βίδες και αντικαθίστανται τα παρεμβάσματα.
- B) Σφίγγονται οι συνδέσεις.

4. Μεγάλες απώλεια ισχύος και αδυναμία επιτάχυνσης.

- A) Σοβαρό μηχανικό πρόβλημα στα υδραυλικά μέρη του συστήματος.
- B) Λανθασμένες ρυθμίσεις.

Πιθανή θεραπεία

- A) Ο γεωργικός ελκυστήρας μεταφέρεται στο συνεργείο για επισκευή.
- B) Η μηχανή μεταφέρεται στο συνεργείο για ρύθμιση.

8.4 ΒΛΑΒΕΣ ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΩΝ ΚΙΒΩΤΙΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

1. Ο ελκυστήρας δεν ξεκάνει.

- A) Χαμηλή στάθμη λιπαντικού στο σύστημα.
- B) Ελαττωματικός δεσμός ελέγχου.
- Γ) Έχει αποσυνδεθεί ο αγωγός του λιπαντικού.
- Δ) Μηχανική βλάβη.

Αντιμετώπιση:

- A) Αποκαθίσταται η στάθμη του λιπαντικού.
- B) Αποκαθίσταται η λειτουργία του δεσμού ελέγχου.
- Γ) Συνδέεται ο αγωγός του λιπαντικού.
- Δ) Ο γεωργικός ελκυστήρας μεταφέρεται στο συνεργείο για επισκευή.

2. Το σύστημα υπερθερμαίνεται.

- A) Χαμηλή στάθμη λιπαντικού
- B) Ο πυρήνας του ψύκτη του λιπαντικού έχει βουλώσει.
- Γ) Ο ιμάντας της φτερωτής (ανεμιστήρας) έχει φθαρεί ή έχει κοπή.

Αντιμετώπιση:

- A) αποκαθίσταται η στάθμη του λιπαντικού
- B) καθαρίζεται ο πυρήνας του ψύκτη
- Γ) Αντικαθίσταται ο ιμάντας

3. Το σύστημα εργάζεται με θόρυβο

A) Φυσαλίδες αέρος στο υδραυλικό σύστημα

Αντιμετώπιση:

A) Ελέγχεται ή και αποκαθίσταται η στάθμη του λιπαντικού. Σφίγγονται οι χαλαρές συνδέσεις των σωληνώσεων.

4. Μεγάλη απώλεια ισχύος και αδυναμία επιτάχυνσης.

A) Ύπαρξη φυσαλίδων αέρα στις σωληνώσεις του υδραυλικού συστήματος.

Αντιμετώπιση:

A) Ελέγχεται το σύστημα τροφοδοσίας του λιπαντικού, συμπληρώνεται με λιπαντικό αν χρειάζεται και σφίγγονται οι συνδέσεις των σωληνώσεων.

Λόγου της ιδιαιτερότητας που παρουσιάζει η κατασκευή των κιβωτίων του Υδροδυναμικού και Υδροστατικού κιβωτίου ταχυτήτων, για κάθε βλάβη ή σύμπτωμα που παρατηρείται, απαιτείται η μεταφορά του γεωργικού ελκυστήρα σε εξειδικευμένο συνεργείο.

Παρατήρηση: Στις παραπάνω βλάβες αναφέρθηκε και η απώλεια ισχύος και επιτάχυνση. Το σύμπτωμα αυτό δεν οφείλεται αποκλειστικά σε βλάβη του κιβωτίου ταχυτήτων, αλλά πιθανώς να οφείλεται σε βλάβη του κινητήρα του ελκυστήρα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Το κιβώτιο μετάδοσης ισχύος είναι το τμήμα εκείνο του γεωργικού ελκυστήρα που μεταφέρει την ιπποδύναμη που αποδίδει ο κινητήρας προς τους τροχούς (για την κίνηση του ελκυστήρα) , προς τον δυναμοδότη (PTO) , την αντλία και τα άλλα παρελκόμενα του ελκυστήρα . Έτσι αποτελεί ένα από τα βασικότερα τμήματά του και μάλιστα (αν εξαιρέσουμε τον κινητήρα) , είναι ένα τμήμα του που επιδέχεται συνεχείς βελτιώσεις και αποτελεί πεδίο έρευνας για τους μηχανικούς από τα πρώτα χρόνια της χρησιμοποίησης του γεωργικού ελκυστήρα στις αγροτικές εργασίες.

Η έρευνα συνίσταται στην ελαχιστοποίηση των απωλειών κατά την μεταφορά της ισχύος από τον κινητήρα στα διάφορα μηχανικά μέρη του ελκυστήρα , αλλά και στην διευκόλυνση της χρήσης του ελκυστήρα από τον χειριστή του .

Ξεκινώντας από τα δυσκίνητα μηχανικά κιβώτια και μέσα από την διαδρομή αρκετών δεκαετιών , φτάσαμε στα σύγχρονα κιβώτια Συνεχούς Μεταβαλλόμενης Μετάδοσης (CVT) τα οποία όχι μόνο έχουν καλύτερη απόδοση από όλους του προηγούμενους τύπους κιβωτίων , αλλά αποδίδουν την μέγιστη παραγωγή με το ελάχιστο δυνατό κόστος . Παράγοντες που είναι πολύ σημαντικοί για τον αγρότη της σύγχρονης εποχής.

Η έρευνα συνεχίζεται και επικεντρώνεται στα υβριδικά κιβώτια μετάδοσης ισχύος με βασικό στόχο την ακόμη περισσότερο απλοποίηση των εργασιών από τον χειριστή αλλά και την ελαχιστοποίηση των απωλειών ισχύος κατά την μεταφορά της από τον κινητήρα προς τα διάφορα μηχανικά μέρη του γεωργικού ελκυστήρα .

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αντωνόπουλος Β , Βουγιούκας Σ. και Γεωργίου Π, 6ο Πανελλήνιο συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, Θεσσαλονίκη 8/10/2009.
2. Αυγουστίνος Αυγουστής Χ , Γεωργικός Ελκυστήρας Ι, ΙΙ , Α.Τ.Ε.Ι Μεσολογγίου , Μεσολόγγι 2000.
3. Γιακουμέτης Γ, Ελκυστήρες και Γεωργικά Μηχήματα , Εκδόσεις ΙΩΝ 1992.
4. Γράβαλος Ι. Γ , Ράπτης Ι. Κ , Γεωτεχνικά επιστημονικά θέματα σειρά – vi – τόμος 16 – τεύχος 2/2005 ερευνητική εργασία – σελ 12-19.
5. Μαυρόγιαννης Διονύσιος , Σημειώσεις Εργαστηρίου Γεωργικός Ελκυστήρας Ι , ΙΙ , Α.Τ.Ε.Ι Δυτικής Ελλάδος. Πρώην Τ.Ε.Ι Μεσολογγίου 2006.
6. Μαυροθανάσης Φρειδερίκος Ι , Σημειώσεις θεωρίας Γεωργικός Ελκυστήρας ΙΙ, Α.Τ.Ε.Ι Μεσολογγίου 2007.
7. Νάτσης Αθανάσιος , Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σημειώσεις Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας Αθήνα 1993.
8. Δρ. Παραδεισιάδης Γ, Σημειώσεις Οχήματα Ανωμάλου Εδάφους. Α.Τ.Ε.Ι Θεσσαλονίκη 2012.
9. Προσωπική Συνέντευξη Mc Cormick.
10. Προσωπική Συνέντευξη New Holland.
11. Σούτερ Χαράλαμπος Α , Γεωργική Μηχανολογία “ Ελκυστήρες – Κινητήρες “ , Εκδόσεις Καραμπερόπουλος Αθήνα. 1972.
12. Τζιβανόπουλος Κυριάκος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , Ίδρυμα Ευγενίδου 1954 Έκδοση 1985.
13. Τσίρκας Σωτήριος , Σημειώσεις θεωρίας Γεωργικός Ελκυστήρας ΙΙ, Α.Τ.Ε.Ι Α.Τ.Ε.Ι Μεσολογγίου 2010.
14. Τσατσαρέλης Κωνσταντίνος Α , Γεωργικοί Ελκυστήρες , 2η Έκδοση , Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη 2011.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

15. www.cornways.de/hi_tractor.html
16. <http://krekisd.blogspot.gr/search/label/%CE%B9%CF%80%CF%80%CE%BF%CE%B4%CF%8D%CE%BD%CE%B1%CE%BC%CE%B7>
17. [http://en.wikipedia.org/wiki/transmission_\(mechanics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/transmission_(mechanics))
18. <http://www.caroto.gr/2009/05/10/%CE%BA%CE%B9%CE%B2%CF%8E%CF%84%CE%B9%CE%B1-cvt/>
19. <http://www.fwi.co.uk/articles/09/12/2013/142352/cvt-choice-offers-perfect-tractor-working-speed.htm>
20. <https://elibrary.asabe.org/data/pdf/6/cvtt2005/lectureseries29rev.pdf>
21. <http://krekisd.blogspot.gr/search/label/P.T.O>
22. http://en.wikipedia.org/wiki/Power_take-off
23. <https://engineering.purdue.edu/ABE/People/Papers/dennis.buckmaster.1/safety.pdf>
24. http://smallengineinformation.com/?page_id=355