



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ (πρώην ΑΤΕΙ Δυτικής Ελλάδος)
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ηλεκτρολογική Μελέτη Μηχανουργείου

Κονακλής Γεώργιος Α.Μ. 3647

Επιβλέπων: Σχοινάς Νικόλαος



Πάτρα, 2021

Περίληψη

Η πτυχιακή εργασία θα ξεκινήσει από σχετικές αναφορές τόσο της μυθολογίας όσο και της ιστορίας της Μηχανουργικής Τέχνης. Η κατεργασία άμορφων μεταλλικών μαζών σε χρήσιμα εργαλεία και μηχανήματα ήταν πάντα ζητούμενο για τον άνθρωπο. Η πρόοδος της επιστήμης τροφοδότησε αλλαγές στην τεχνική επεξεργασία των μετάλλων και δημιούργησε νέες ανάγκες.

Θα ακολουθήσει αναλυτική παρουσίαση διαφόρων εργαλειομηχανών από τις απλούστερες μέχρι και τις πιο εξεζητημένες που φιλοξενούνται σε ένα σύγχρονο Μηχανουργείο. Θα αναφερθεί η εργασία την οποία επιτελεί κάθε μηχανή καθώς και τα χαρακτηριστικά της. Μια παρουσίαση του Ασύγχρονου κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα είναι άκρως απαραίτητη, αφού αυτή η ηλεκτρική μηχανή συμμετέχει σχεδόν αποκλειστικά στην κίνηση των εργαλειομηχανών.

Θα ακολουθήσει μια σύντομη θεωρία των αγωγών του ηλεκτρικού ρεύματος (καλώδια), πίνακες διατομών και ο τρόπος επιλογής κάθε διατομής, με βάση ορισμένα κριτήρια για την βέλτιστη μεταφορά της ηλεκτρικής ισχύος από την πηγή προς τα φορτία.

Αφού υπολογιστούν όλες οι ηλεκτρικές γραμμές, οι διατομές, τα μέσα χειρισμού και προστασίας, θα υπολογιστεί η συνολική απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς και θα καθοριστεί το είδος παροχής (νούμερο παροχής). Τέλος θα υπολογιστεί ο μέσος συντελεστής ισχύος της εγκατάστασης.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	2
Κεφάλαιο 1.....	5
Εξελικτική πορεία της μηχανουργικής τέχνης.....	5
Κεφάλαιο 2.....	10
Κατάταξη των εργαλειομηχανών.....	10
2.1 Το μηχανουργείο.....	10
2.2 Κατάταξη των κατεργασιών.....	11
2.3 Κατάταξη εργαλειομηχανών κοπής.....	14
Κεφάλαιο 3.....	21
Ασύγχρονος Κινητήρας Βραχυκυκλωμένου Δρομέα.....	21
3.1 Τα μέρη του ασύγχρονου κινητήρα.....	21
3.2 Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά.....	21
3.3 Παραγωγή τριφασικών ρευμάτων.....	22
3.4 Πολικές – Φασικές τάσεις.....	24
3.5 Παραγωγή στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου.....	26
3.6 Αρχή λειτουργίας.....	27
3.7 Ολίσθηση.....	27
3.8 Ροπή ασύγχρονων κινητήρων.....	28
Κεφάλαιο 4.....	30
4.1 Αγωγοί και καλώδια.....	30
4.2 Ροή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω καλωδίων.....	30
4.3 Κατηγοριοποίηση των καλωδίων.....	30
4.4 Ορισμοί.....	32
4.5 Αγωγοί.....	32
4.6 Κριτήρια επιλογής καλωδίων.....	33
4.7 Αντιστοίχιση νέων και παλαιών τύπων καλωδίων.....	35
4.8 Χρωματικός κώδικας αγωγών.....	36
4.9 Χαρακτηριστικά – Συμβολισμοί καλωδίων.....	38
4.10 Μονωτικά καλωδίων.....	38
Κεφάλαιο 5.....	41
5.1 Τόρνος.....	41
5.2 Φρέζα.....	43
5.3 Δράπανο.....	44

5.4 Πλάνη ή Σφηνοκόφτης.....	45
5.5 Λειαντική μηχανή.....	46
5.6 Φρεζοδράπανο.....	47
5.7 Φωτισμός και πρίζες.....	49
Βιβλιογραφία.....	52

Κεφάλαιο 1

Εξελικτική πορεία της μηχανουργικής τέχνης

Εργαλειομηχανές ονομάζονται οι μηχανές σταθερής θέσης με εξωτερική κίνηση, με τις οποίες πραγματοποιείται η επεξεργασία τεμαχίων στερεού υλικού (ξύλο, μέταλλο, κ.α.) για την δημιουργία διαφόρων προϊόντων.

Η γνωστότερη από τους αρχαίους χρόνους εργαλειομηχανή είναι ο τόννος, καθώς και οι υπόλοιπες που έκαναν την εμφάνισή τους σε προγενέστερους αιώνες είναι το δράπανο, η φρέζα, η πλάνη, η πρέσα κ.ά.

Έχουν διασωθεί γραφικές αποτυπώσεις που παριστάνουν τεχνικούς στη Μεσοποταμία και την αρχαία Αίγυπτο να χειρίζονται ένα είδος τόννου, δηλαδή μιας «μηχανής» που περιστρέφει (με τη μυϊκή δύναμη του βοηθού, συνήθως δούλου) το προς επεξεργασία αντικείμενο και ο χειριστής να επεμβαίνει στη μορφή του προς διαμόρφωση αντικειμένου.

Αντίστοιχες παραστάσεις βρέθηκαν στην Κίνα, στην αρχαία Ελλάδα και άλλες περιοχές της Ευρώπης και της Ασίας. Σημαντικά δημιουργήματα με χρήση τόννου έχουν διασωθεί από τους Κέλτες και τους Ετρούσκους.

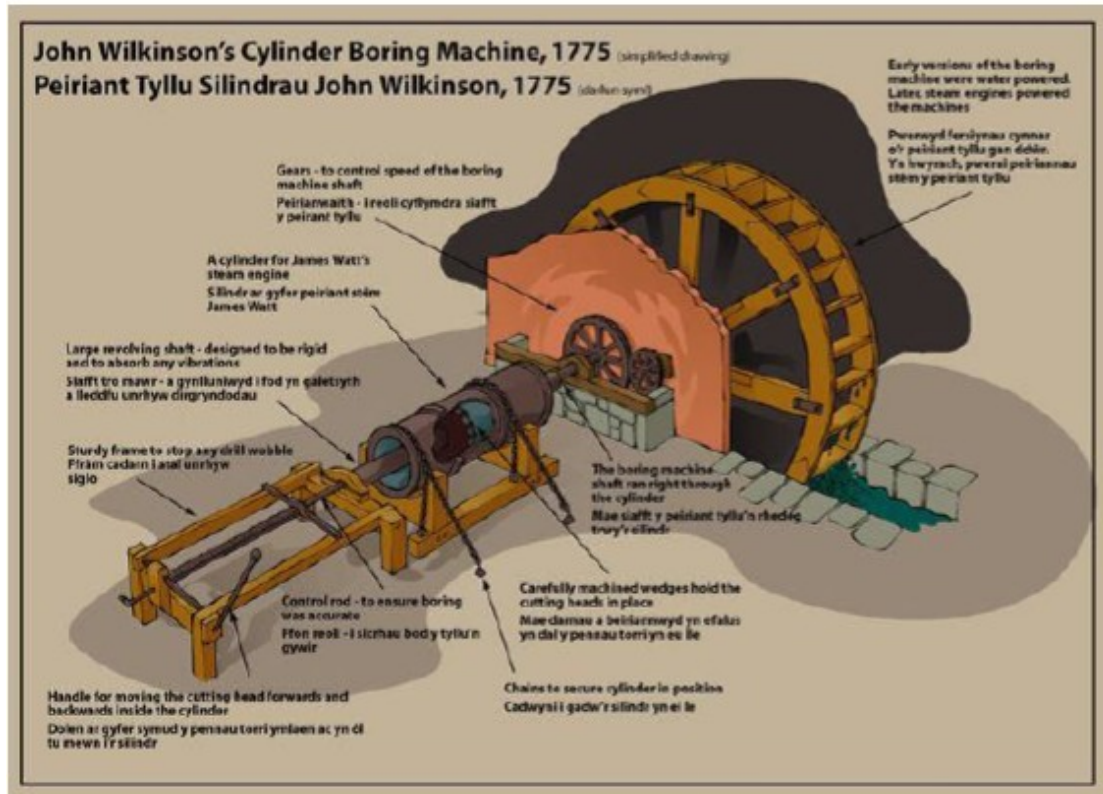
Συνηθέστερη και πρωταρχική μορφή αυτής της διαδικασίας επεξεργασίας είναι η διαμόρφωση με τα χέρια πήλινων κεραμικών στον περιστρεφόμενο τροχό.



Εικόνα 1.1: Τοιχογραφία που βρέθηκε σε αιγυπτιακό τάφο απεικονίζει ένα πρωταρχικό είδος τήρνου

Βέβαια, η σύγχρονη ιστορία των εργαλειομηχανών άρχισε το έτος 1775 στην πρώτη Βιομηχανική Επανάσταση, όταν ο Άγγλος John Wilkinson (1728-1808) κατασκεύασε ένα οριζόντιο δρόπανο (φρεζοδρόπανο) για την επεξεργασία των εσωτερικών επιφανειών πυροβόλων. Η κινητήρια δύναμη της μηχανής του ερχόταν από ένα υδροτροχό.

Ο Henry Maudslay (1771-1831) κατασκεύασε το 1794 ένα μεταλλικό τήρνο με αυτοδύναμη προώθηση του κοπτικού εργαλείου. Στη συνέχεια κατασκεύασε ο ίδιος διάφορους όμοιους τήρνους με μεταβαλλόμενη ταχύτητα περιστροφής, καθώς επίσης κοπτικές μηχανές για σπειρώματα και γρανάζια.



Εικόνα 1.2: Οριζόντιο δράπανο που κατασκεύασε ο John Wilkinson

Ο James Watt κατασκεύασε στη δεκαετία του 1810 ένα παντογράφο, μια μηχανή που χρησιμοποιείται συχνά και σήμερα για να «αντιγράψει» ανάγλυφες επιφάνειες (νομίσματα κ.ά.) και ο Thomas Blanchard (1788-1864) κατασκεύασε ένα τόρνο, στον οποίο το κοπτικό εργαλείο καθοδηγείτο από μια επαφή που «ακολουθούσε» ένα προκατασκευασμένο υπόδειγμα.

Με τον τρόπο αυτό κατασκεύαζε ο Μπλάνσαρντ κάνες μικρών όπλων. Στη δεκαετία του 1840 κατασκευάστηκε ο πρώτος αυτόματος τόρνος (ρεβόλβερ), στον οποίο το εργαλειοφορείο έχει επάνω του όλα τα κοπτικά εργαλεία. Με μια περιστροφή του φορείου έρχεται το κατάλληλο εργαλείο σε θέση εργασίας και εξοικονομείται έτσι σημαντικός χρόνος.



Εικόνα 1.3: Ο πρώτος παντογράφος. Εφεύρεση του James Watt

Σημαντική στον τομέα των εργαλειομηχανών ήταν στα μέσα του 19ου αιώνα η συμβολή του Άγγλου Joseph Whitworth (1803-1887), ο οποίος ασχολήθηκε με κατασκευές οργάνων μετρήσεως και σπειρωμάτων.

Ο σημαντικός αυτός μηχανικός δημιούργησε, εκτός από τις τεχνικές κατασκευές, και τις αρχές της τυποποίησης, σύμφωνα με την οποία, κάθε τεχνικό εξάρτημα που είχε μελετηθεί και δοκιμαστεί, έπρεπε να κατασκευάζεται, ανεξάρτητα από την υπόλοιπη μηχανή, με ακριβείς προδιαγραφές και σχέδια που προέβλεπαν διαστάσεις, ανοχές κλπ.

Έτσι, κάθε εξάρτημα σε μια μηχανή θα ήταν εύκολο να αντικατασταθεί, σε περίπτωση βλάβης, με ένα ανταλλακτικό, ακριβώς ίδιο. Με αυτές τις ιδέες του Whitworth περνάει η μηχανουργία από τη βιοτεχνική στη βιομηχανική εποχή, κατά την οποία η μηχανολογική παραγωγή μαζικοποιείται. Το όνομα του πρωτοπόρου αυτού τεχνικού έχει δοθεί σε ένα τυποποιημένο σπείρωμα (Whitworth thread) που στηρίζεται σε ίντσες και είναι διαδεδομένο κυρίως στον αγγλοσαξονικό χώρο. Στην ηπειρωτική Ευρώπη κυριαρχεί το μετρικό σπείρωμα που βασίζεται στο δεκαδικό σύστημα.

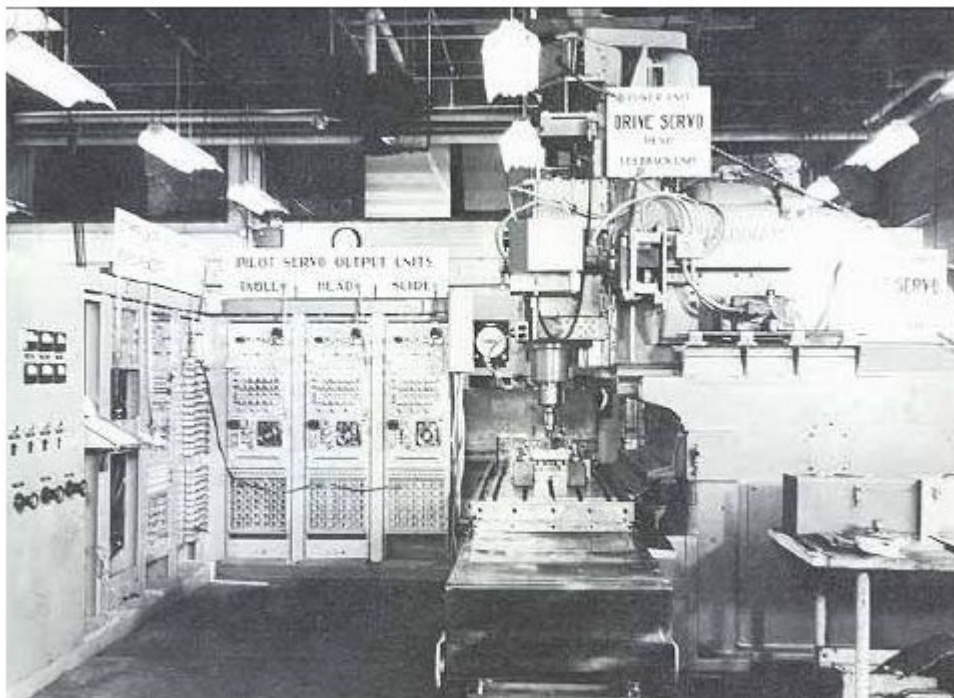
Η ραγδαία εξέλιξη των εργαλειομηχανών έδωσε τη δυνατότητα, αφενός για μαζική παραγωγή τυποποιημένων προϊόντων, αφετέρου για ακριβείς κατασκευές, με αποτέλεσμα να αρχίσουν να

προσφέρονται στην αγορά τεχνολογικά προϊόντα σε όλο και χαμηλότερες τιμές.

Οι αυξημένες πωλήσεις οδηγούσαν σε υψηλά έσοδα, τα οποία σε μεγάλο βαθμό επενδύονταν σε όλο και καλύτερες μηχανές κ.ο.κ. Αυτή η συνεχής κλιμάκωση οδήγησε τις επινοήσεις και την παραγωγή σε ένα απρόβλεπτα υψηλό σημείο. Πέρα απ' αυτά, η ακρίβεια των εργαλειομηχανών διευκόλυνε την παραγωγή ήδη κατά το 19ο αιώνα υψηλής ποιότητας λεπτομηχανικών κατασκευών, όπως όργανα μετρήσεως, ρολόγια, βελτιωμένα μουσικά όργανα, μικρά όπλα κ.ά.

Με την εμφάνιση του πρώτου υπολογιστή, στις αρχές τις δεκαετίας του 50, άρχισαν οι πρώτες προσπάθειες αυτοματοποίησης των εργαλειομηχανών. Έτσι το 1952 ο J. Parsons από το Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Μασαχουσέτης (MIT), εφηύρε ένα σύστημα για τον άμεσο έλεγχο της θέσης των ατράκτων στις εργαλειομηχανές, μέσω εξόδων μιας υπολογιστικής μηχανής.

Η επιτυχία βασίστηκε στη χρήση σερβοκινητήρων για την κίνηση των αξόνων της μηχανής, με βάση τα σήματα εισόδου. Δύο χρόνια αργότερα, το 1954, η εταιρία Bendix ξεκίνησε την παραγωγή των πρώτων εργαλειομηχανών αυτομάτου ελέγχου. Με τη ραγδαία εξέλιξη των υπολογιστικών συστημάτων τα τελευταία 60 χρόνια, οι νέες εργαλειομηχανές έφτασαν σε υψηλό επίπεδο ακρίβειας, ποιότητας και χρόνου κατεργασίας.



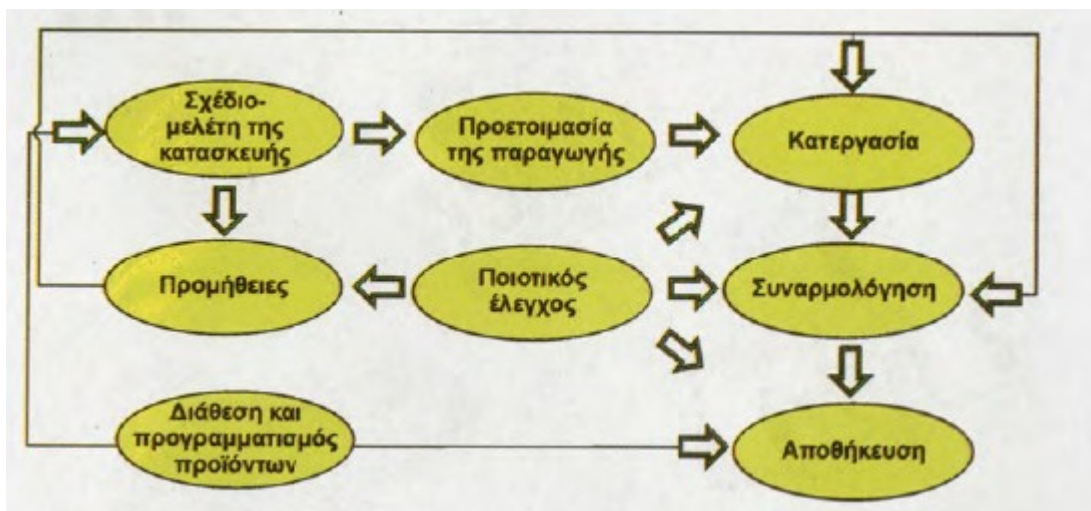
Εικόνα 1.4: Η πρώτη αριθμητικά ελεγχόμενη εργαλειομηχανή, στο MIT

Κεφάλαιο 2

Κατάταξη των εργαλειομηχανών

2.1 Το μηχανουργείο

Το μηχανουργείο αποτελεί την βάση για οποιαδήποτε παραγωγή βασισμένη σε μηχανολογικό εξαρτήματα. Είναι δυνατόν να υφίσταται σαν μια ανεξάρτητη παραγωγική μονάδα ή σαν ένα τμήμα ολοκληρωμένης παραγωγικής μονάδας ενός εργοστασίου. Οι κύριοι σταθμοί κατά την διαδικασία παραγωγής μηχανολογικών τεμαχίων σε ένα μηχανουργείο φαίνονται στο σχήμα 2.1



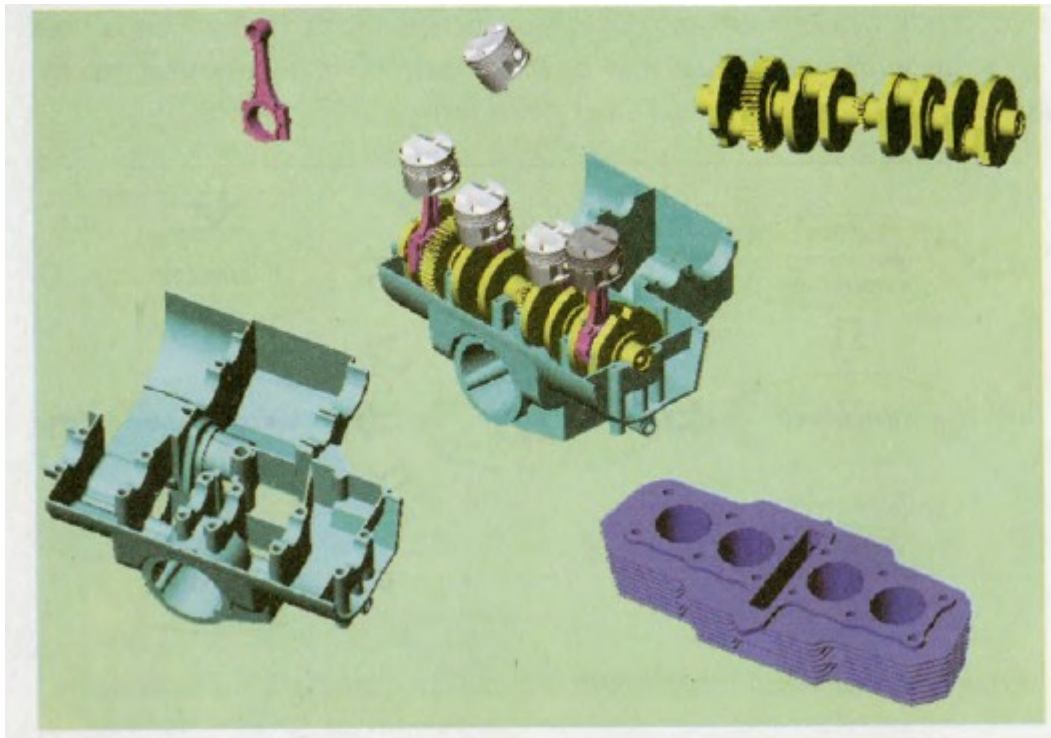
Σχήμα 2.1: Σταθμοί κατά την διαδικασία παραγωγής μηχανολογικών τεμαχίων.

Οι προϋποθέσεις παραγωγής υψηλής ποιότητας και χαμηλού κόστους τεμαχίων σε ένα μηχανουργείο είναι οι εξής.

- Η εκλογή κατάλληλης εργαλειομηχανής που θα χρησιμοποιηθεί και των συνθηκών κατεργασίας.
- Ο χώρος του μηχανουργείου να είναι άνετος, για να έχει τη δυνατότητα να δέχεται μεγάλες παρτίδες πρώτων υλών.
- Η υψηλή εξειδίκευση σε επίπεδο προσωπικού.
- Εφαρμογή νέων τεχνολογιών.
- Να διαθέτει το μηχανουργείο μόνιμο τμήμα συντήρησης ώστε να υπάρχει προγραμματισμένη και προληπτική συντήρηση των εργαλειομηχανών.

2.2 Κατάταξη των κατεργασιών

Μηχανήματα διαφόρων τύπων , κατασκευές , εργαλεία κ.λπ, αποτελούνται κατά κανόνα από μηχανολογικά εξαρτήματα, όπως άξονες , οδοντωτοί τροχοί, κοχλίες, κ.ά. , όπως φαίνονται στο σχήμα 2.2



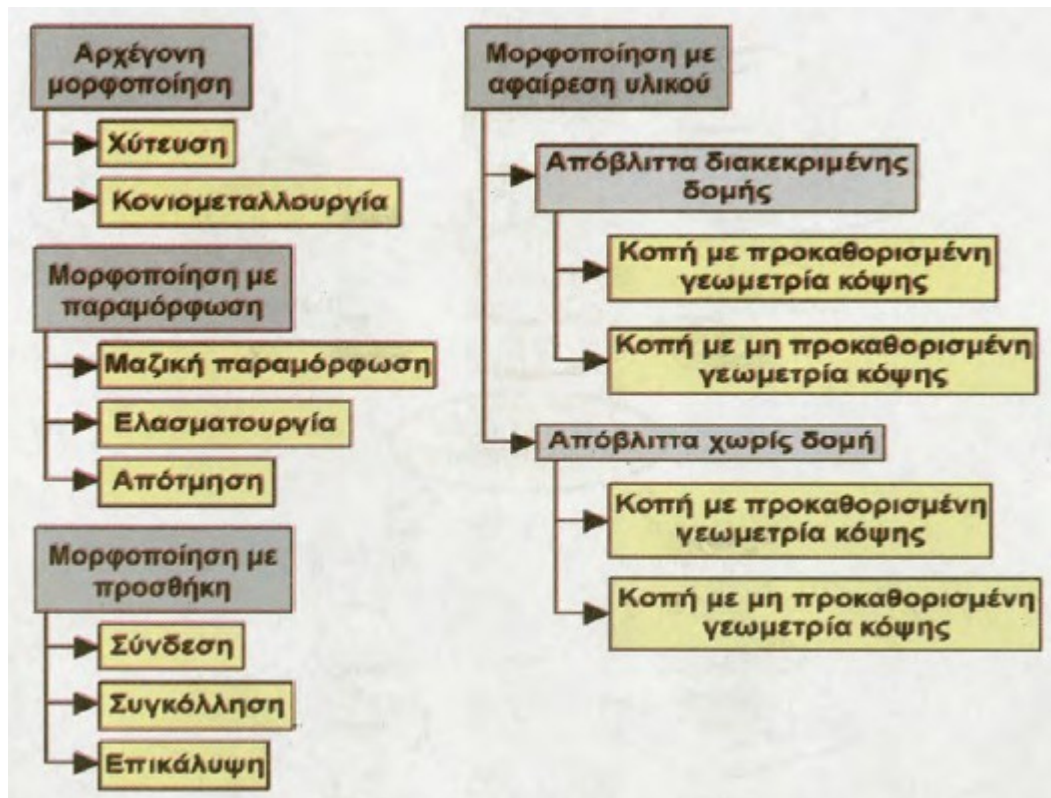
Σχήμα 2.2: Διάφορα μηχανολογικά εξαρτήματα.

Κάθε τέτοιο ξεχωριστό τεμάχιο έχει πάρει την τελική του μορφή με συνδυασμό κάποιων κατεργασιών μορφοποίησης. Τέτοιες κατεργασίες μορφοποίησης είναι :

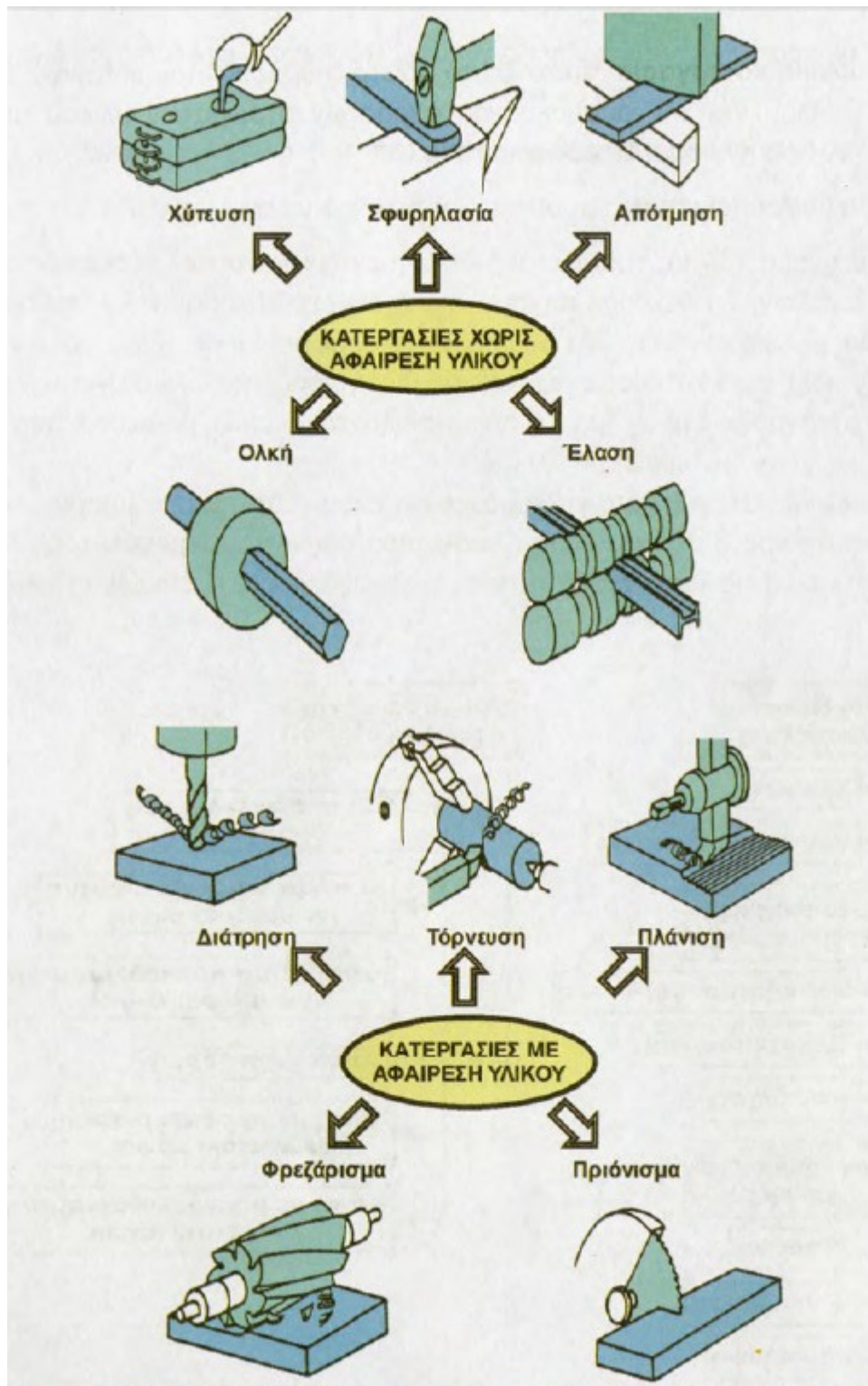
- Η αρχέγονη μορφοποίηση (χύτευση ή κονιομεταλλουργία).
- Η μορφοποίηση με αφαίρεση υλικού (τόρνευση, φρεζάρισμα, διάτρηση, πλάνιση, λείανση, κ.ά.).
- Η μορφοποίηση με παραμόρφωση (απότμηση, εξέλαση, κ.ά.).

Η μορφοποίηση με προσθήκη (συγκόλληση, επικάλυψη).

Στο σχήμα 2.3 παρουσιάζεται η δομή των δυνατοτήτων μορφοποίησης των τεμαχίων. Τα διάφορα μηχανολογικά εξαρτήματα παίρνουν την αρχική τους μορφή κατά κανόνα με μεθόδους μορφοποίησης χωρίς αφαίρεση υλικού (ιδιαίτερα χύτευση), αφήνοντας μικρή ποσότητα υλικού για την τελική κατεργασία. Στο σχήμα 2.4 παρουσιάζονται μερικές βασικές κατεργασίες χωρίς και με αφαίρεση υλικού.



Σχήμα 2.3: Δυνατότητες μορφοποίησης τεμαχίων.



Σχήμα 2.4 : Μηχανουργικές κατεργασίες

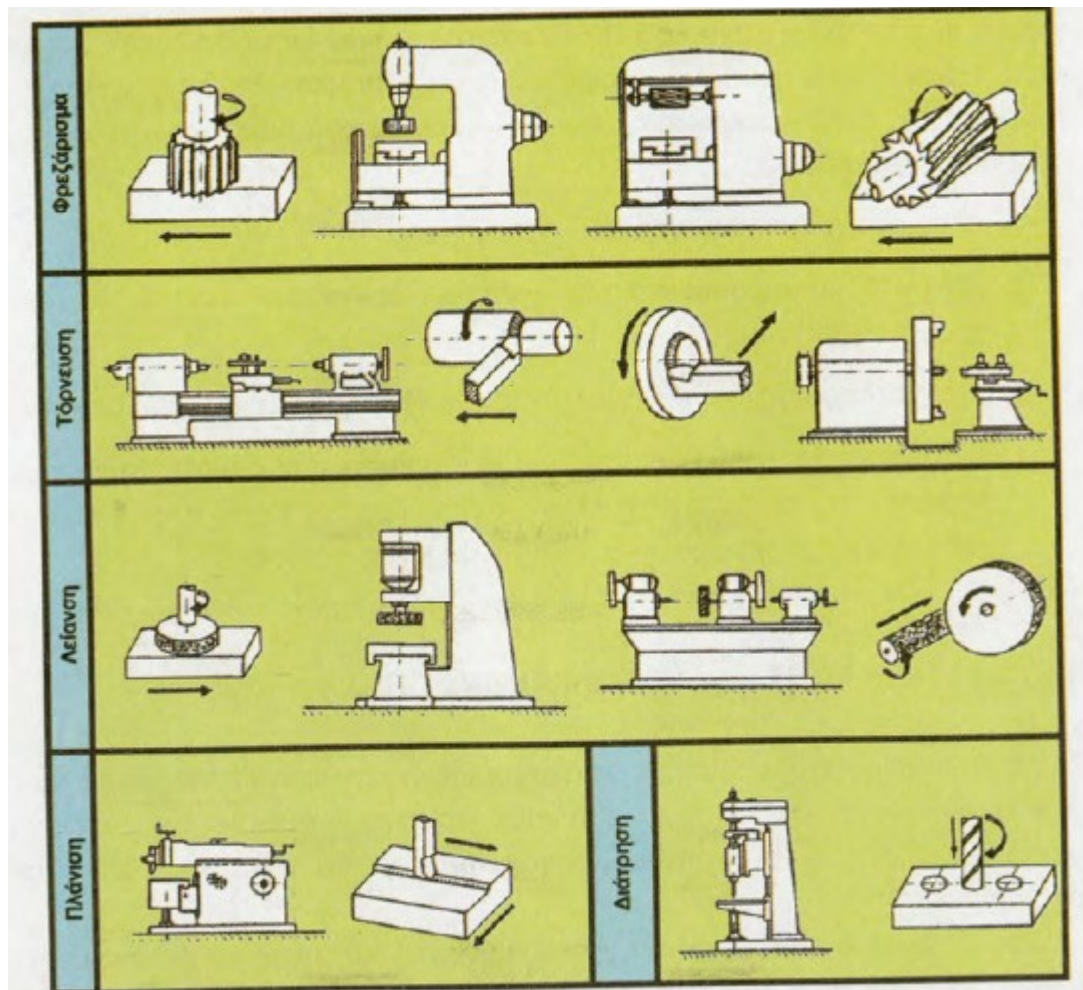
2.3 Κατάταξη εργαλειομηχανών κοπής

Οι βασικότερες κατεργασίες με αφαίρεση υλικού, οι εργαλειομηχανές που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση κάθε κατεργασίας, οι τεχνικές επιφάνειες και η κίνηση του κοπτικού εργαλείου και του τεμαχίου φαίνονται στον πίνακα 2.1

Κατεργασία	Εργαλειομηχανή	Τεχνικές Επιφάνειες	Κίνηση Εργαλείου	Κίνηση Τεμαχίου
Τόρνευση	Τόρνος	Κυκλικές	Μετατόπιση	Περιστροφή
Φρεζάρισμα	Φρέζα	Επίπεδες Κυκλικές Εσοχές Αυλάκια Οδοντοτροχοί	Περιστροφή	Μετατόπιση
Διάτρηση	Δράπανο	Άνοιγμα οπών	Περιστροφή	Ακίνητο
Πλάνισμα	Πλάνη	Επίπεδες	Μετατόπιση	Μετατόπιση
Λείανση	Λειαντική Μηχανή	Επίπεδες Κυκλικές	Περιστροφή + Μετατόπιση	Μετατόπιση + Περιστροφή

Πίνακας 2.1: Οι βασικότερες κατεργασίες κοπής.

Στο σχήμα 2.5 παρουσιάζονται οι κυριότερες κατεργασίες με αφαίρεση υλικού και σχηματικά οι αντίστοιχες χρησιμοποιούμενες εργαλειομηχανές.



Σχήμα 2.5: Μορφοποίηση τεμαχίων με αφαίρεση υλικού.

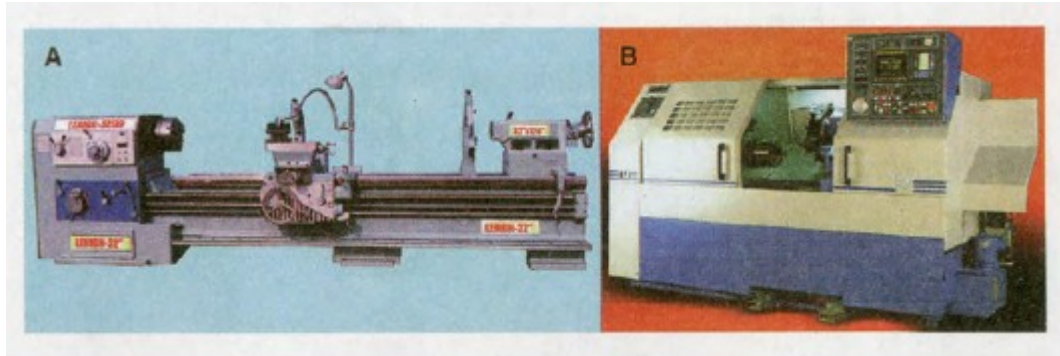
Οι εργαλειομηχανές με αφαίρεση υλικού κατατάσσονται με βάση τα ακόλουθα κριτήρια:

- Ως προς το είδος κατεργασίας
- Ως προς το είδος πρωτεύουσας κίνησης

Τόρνοι

- Οριζόντιοι
- Κατακόρυφοι
- Περιστροφικοί
- Αυτόματοι ή ημιαυτόματοι

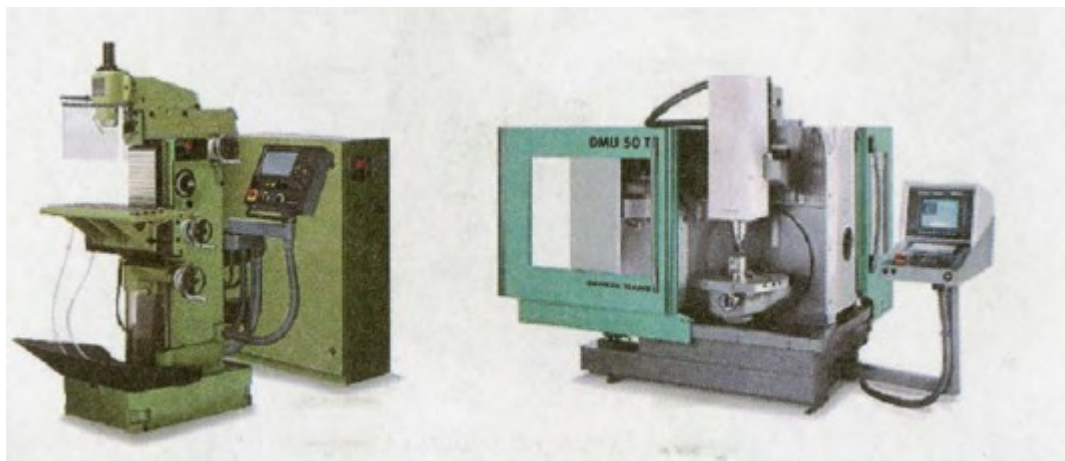
Στο σχήμα που ακολουθεί εμφανίζονται δύο τυπικοί τόρνοι Α ο συμβατικός και Β ο ψηφιακός με καθοδήγηση CNC



Σχήμα 2.6: Τόρνοι , A: συμβατικός τόρνος, B: Τόρνος με ψηφιακή καθοδήγηση

Φρεζομηχανές (σχήμα 2.7)

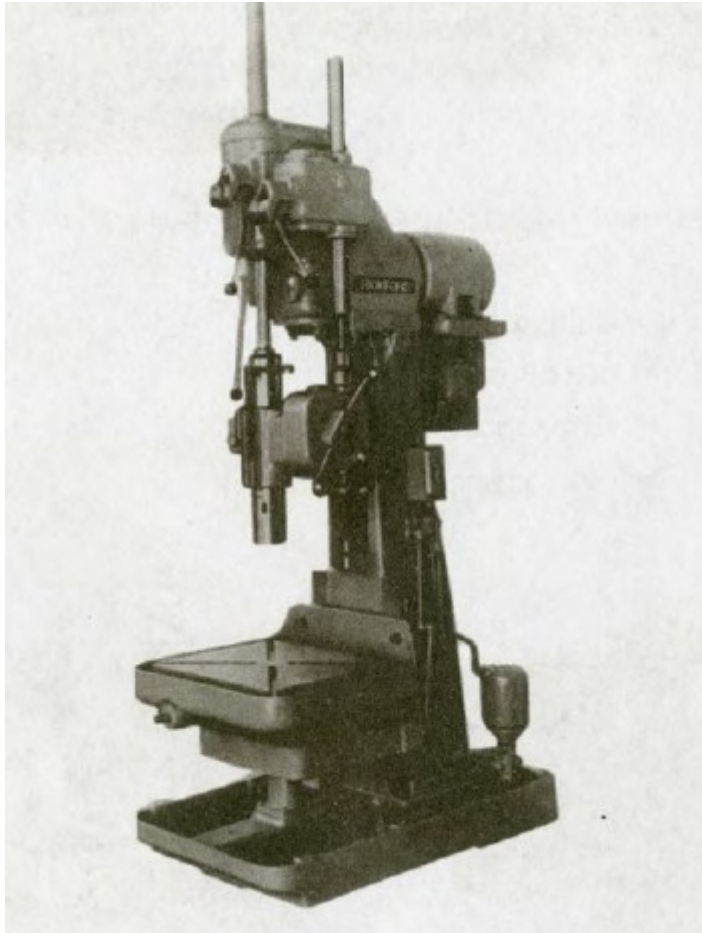
- Οριζόντιες
- Κατακόρυφες
- Αντιγραφής (παντογράφος)



Σχήμα 2.7 : Φρέζες

Δράπανα (σχήμα 2.8)

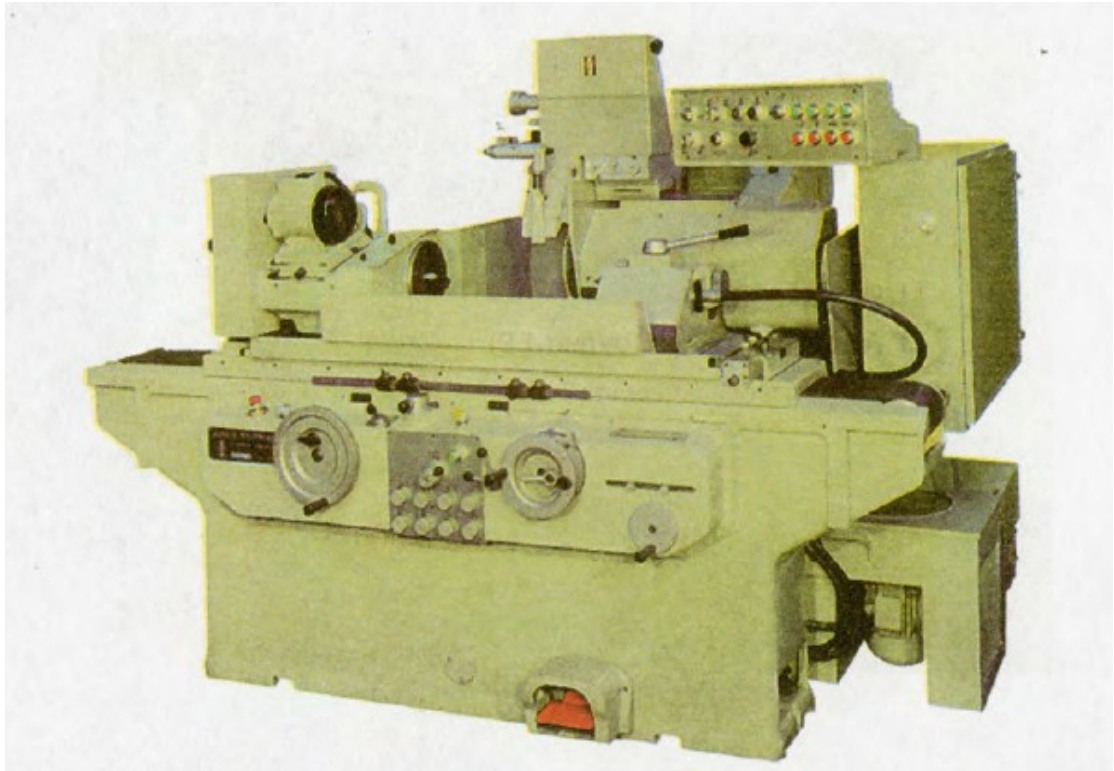
- Κατακόρυφα
- Οριζόντια
- Ακτινωτά
- Ειδικά (κατακόρυφα και οριζόντια με πολλές ατράκτους)



Σχήμα 2.8: Δράπανο

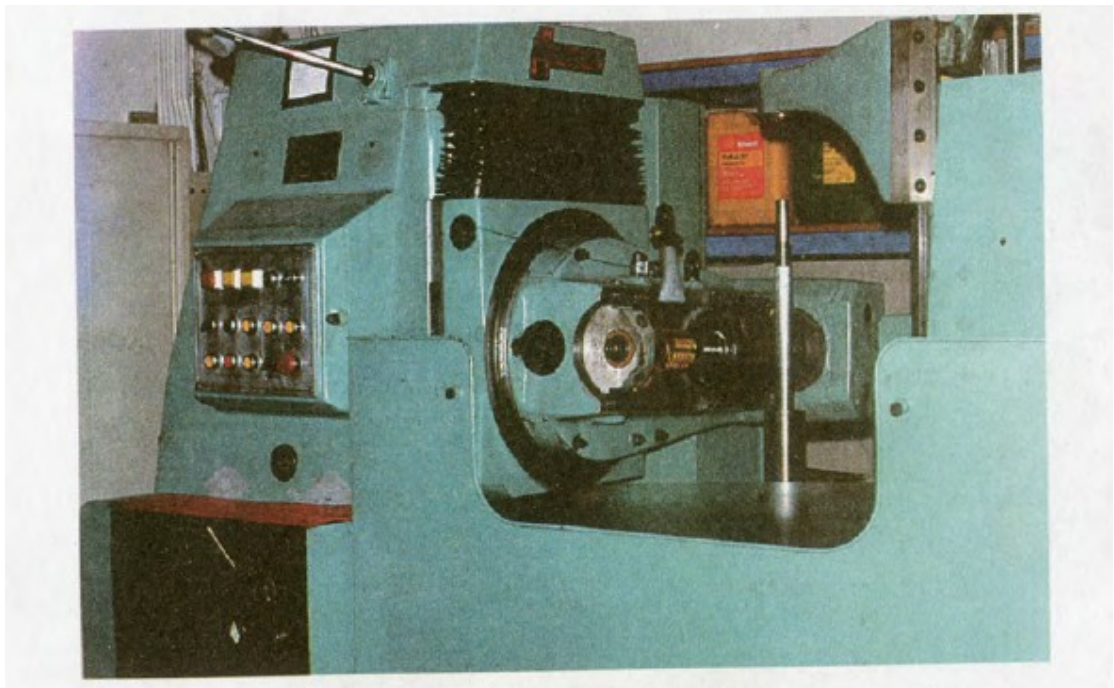
Λειαντικές μηχανές (σχήμα 2.9)

- Επιπέδων επιφανειών
- Κυλινδρικών επιφανειών
- Άνευ κέντρων
- Οδοντώσεων
- Σπειρωμάτων
- Ειδικά (π.χ. για στροφαλοφόρους άξονες)
- Τροχιστικά (π.χ. για κοπτικά εργαλεία)



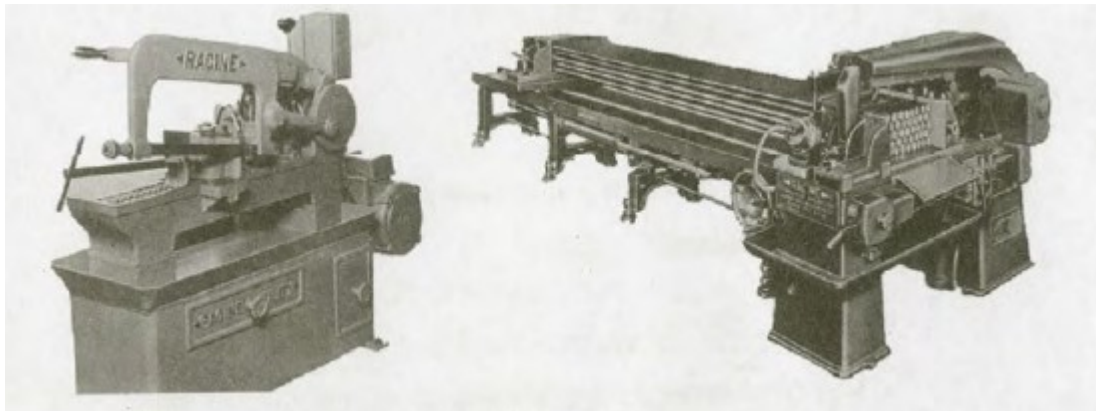
Σχήμα 2.9: Λειαντική μηχανή.

Μηχανήματα κοπής οδοντώσεων (γρναζοκόπτες) (σχήμα 2.10)



Σχήμα 2.10: Γρναζοκόπτης

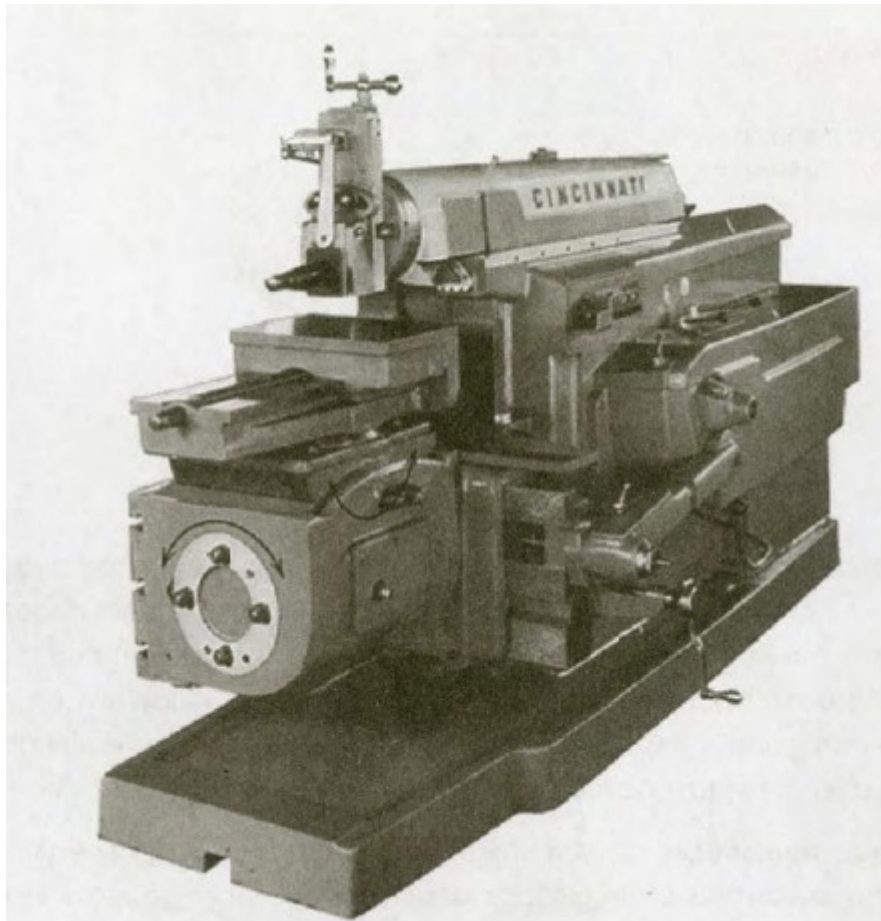
Πριόνια (σχήμα 2.11)



Σχήμα 2.11: Πριόνια.

Πλάνες (σχήμα 2.12)

- Εγκάρσιες
- Επιμήκειες
- Κατακόρυφες



Σχήμα 2.12: Πλάνη

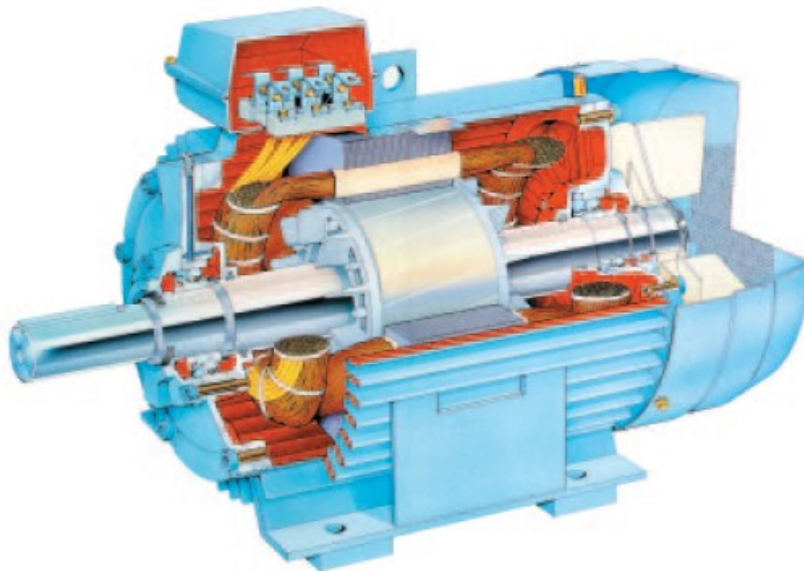
Κεφάλαιο 3

Ασύγχρονος Κινητήρας Βραχυκυκλωμένου Δρομέα

Σχεδόν αποκλειστικά για την κίνηση των μηχανών κατεργασίας μετάλλων (μηχανουργική) χρησιμοποιείται ο ασύγχρονος κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα. Είναι λοιπόν απαραίτητο να αφιερώσουμε αυτό το κεφάλαιο στην παρουσίαση και ανάλυση του εν λόγω κινητήρα.

3.1 Τα μέρη του ασύγχρονου κινητήρα

Αυτός αποτελείται από δύο βασικά μέρη, τον στάτη δηλαδή το σταθερό μέρος και τον **δρομέα** δηλαδή το στρεφόμενο μέρος. Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.1.



Σχήμα 3.1 Τομή κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα

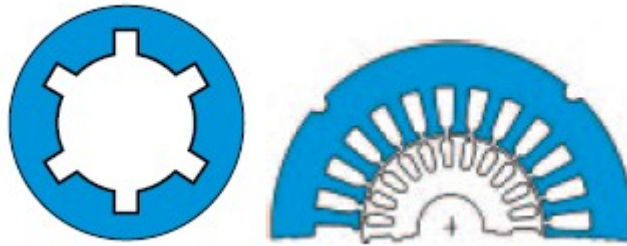
Από την εικόνα 3.1 φαίνεται ότι ο στάτης περιέχει συρμάτινο τυλίγμα (τριφασικό) ενώ ο δρομέας αντί συρμάτινου τυλίγματος περιέχει αγωγίμες μπάρες βραχυκυκλωμένες στα άκρα του.

3.2 Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά

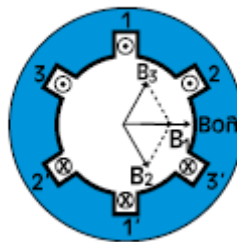
Το σταθερό μέρος του ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα (στάτης) αποτελεί το μοναδικό στοιχείο που συνδέεται ηλεκτρικά με το δίκτυο. Στο κέλυφος του στάτη είναι τοποθετημένος ο πυρήνας του τυμπάνου κατασκευασμένος από πολλά μαγνητικά ελάσματα,

συνήθως από πυριτιούχο χάλυβα διαμορφωμένα σε αυλακώσεις. Τα ελάσματα αυτά είναι μονωμένα με βερνίκι, συγκροτούνται με κοχλίες και αποτελούν το ζύγωμα της μηχανής.

Στα αυλάκια που σχηματίζονται τοποθετούνται οι τρεις φάσεις του τυλίγματος ώστε να δημιουργείται στο εσωτερικό ένα μαγνητικό πεδίο (B).



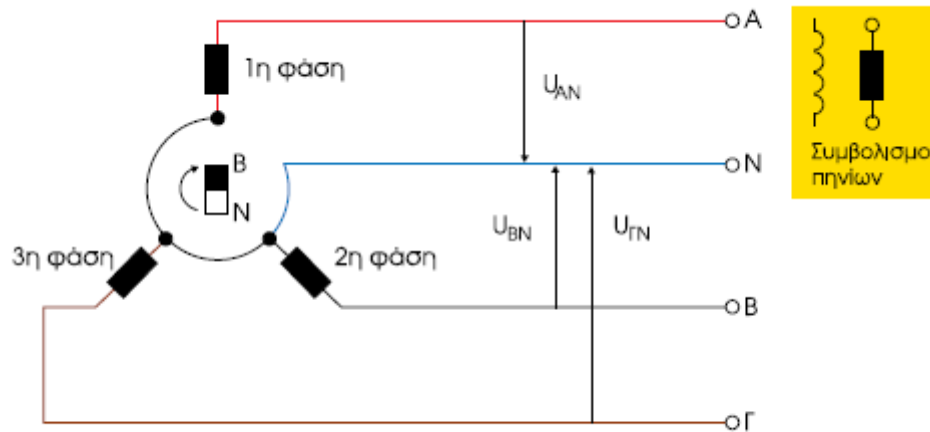
Σχήμα 3.2 Μαγνητικά ελάσματα στάτη



Σχήμα 3.3 Μαγνητικό πεδίο στάτη

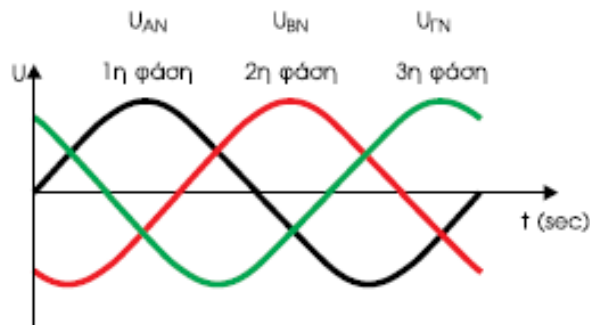
3.3 Παραγωγή τριφασικών ρευμάτων

Τρία τυλίγματα που αποτελούν τις τρεις αντίστοιχες φάσεις παραγωγής τριφασικού συστήματος τάσεων σε σύνδεση π.χ. αστέρας στο εσωτερικό τους υπάρχει στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο. Η διάταξη των τριών φάσεων είναι ανα 120 γεωμετρικές μοίρες. Τα τρία τυλίγματα βρίσκονται στο σταθερό μέρος της μηχανής (τριφασικής γεννήτριας) και ο στρεφόμενος μαγνήτης πάνω στο δρομέα.

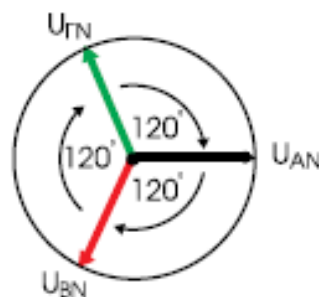


Σχήμα 3.4 Τριφασικό σύστημα τάσεων

Με την περιστροφή του μαγνήτη (σχ. 3.4) στα τυλίγματα των τριών φάσεων, παράγονται, λόγω του φαινομένου της επαγωγής, τρεις τάσεις. U_{AN} , U_{BN} , $U_{ΓN}$ οι οποίες ονομάζονται φασικές και παρουσιάζουν μεταξύ τους διαφορά φάσης 120° όπως φαίνεται στα σχήματα 3.5 και 3.6.



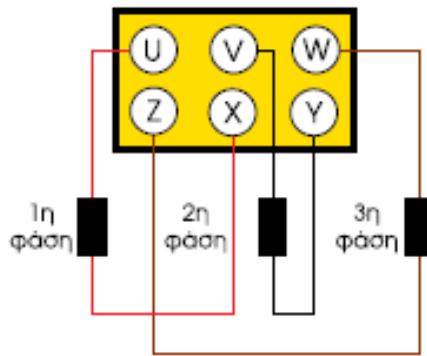
Σχήμα 3.5 Κυματομορφές τριών φασικών τάσεων



Σχήμα 3.6 Διανυσματικό διάγραμμα τριών φασικών τάσεων (στρεφόμενα διανύσματα)

3.4 Πολικές – Φασικές τάσεις

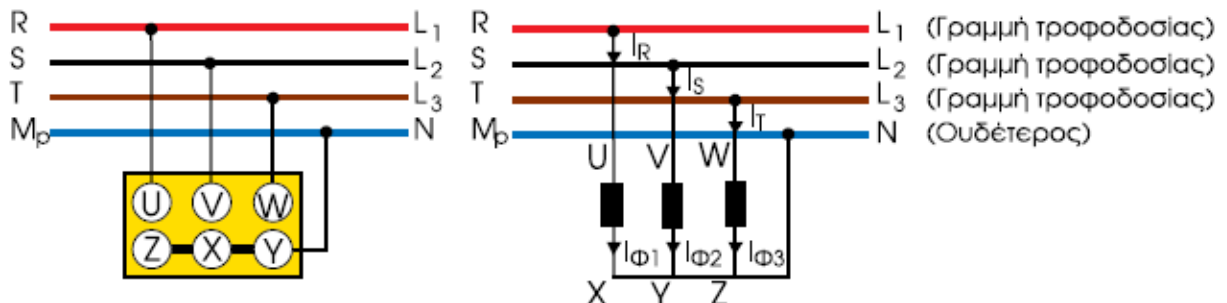
Η τριφασική μηχανή αποτελείται από τρία τυλίγματα (φάσεις) που καταλήγουν στα άκρα U, V, W, από τη μία πλευρά και από την άλλη X, Y, Z. Ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσής τους έχουμε σύνδεση σε αστέρα ή σύνδεση σε τρίγωνο.



Σχήμα 3.7 Άκρα τριών φάσεων τριφασικής μηχανής

Σύνδεση Αστέρα

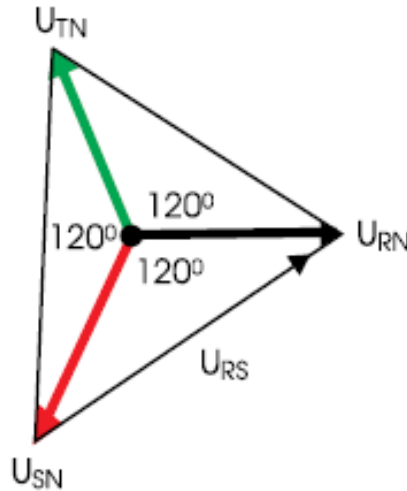
Συνδέοντας τους τρεις ακροδέκτες X, Y, Z και τροφοδοτώντας τα άκρα U, V, W με ένα τριφασικό σύστημα τάσεων R, S, T έχουμε την συνδεσμολογία σε αστέρα (σχ. 3.8)



Σχήμα 3.8 Διάγραμμα συνδέσεων πινακίδας (αριστερα) και διάγραμμα τυλιγμάτων (δεξιά)

Φασική τάση είναι η τάση στα άκρα της κάθε φάσης (τυλιγματος), ενώ **πολική τάση** είναι η τάση μεταξύ των γραμμών τροφοδοσίας.

Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνονται το διανυσματικό διάγραμμα των φασικών και των πολικών τάσεων. Με τριγωνομετρική ανάλυση προκύπτει $U_{RS} = \sqrt{3} \cdot U_{RN}$. Γενικά ισχύει $U_{\text{πολ}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{φασ}}$

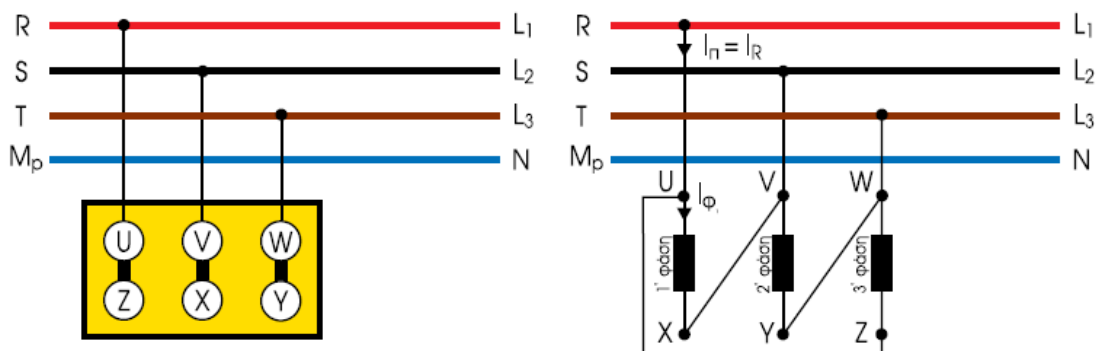


Σχήμα 3.9 Φασικές και πολικές τάσεις.

Από το σχήμα 3.8 παρατηρούμε ότι το ρεύμα κάθε φάσης είναι ίσο με το ρεύμα γραμμής. Γενικά $I_{\text{φασ}} = I_{\text{πολ}}$.

Σύνδεση Τριγώνου

Συνδέοντας τους ακροδέκτες U – Z, U – X και W – Y καταλήγουμε σε συνδεσμολογία τριγώνου (σχ. 3.10)

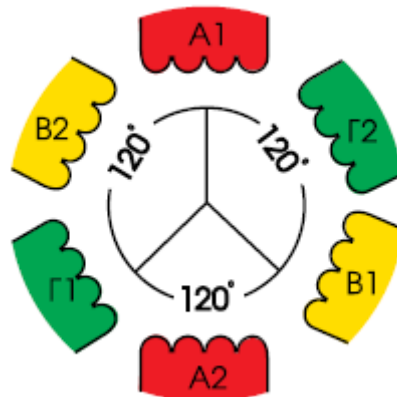


Σχήμα 3.10 Διάγραμμα συνδέσεων πινακίδας (αριστερά) και διάγραμμα συνδέσεων τυλιγμάτων (δεξιά).

Στη συνδεσμολογία τριγώνου η φασική τάση είναι ίση με την πολική δηλαδή $U_{\phi} = U_n$. Για τα ρεύματα όμως ισχύει: $I_n = \sqrt{3} \cdot I_{\phi}$

3.5 Παραγωγή στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου

Ο στάτης κάθε τριφασικού κινητήρα αποτελείται από τρία τυλίγματα A, B, Γ σε διάταξη 120°. Όταν εφαρμοστεί εναλλασσόμενη τάση σε τέτοιον στάτη θα έχουμε και ροή εναλλασσόμενου ρεύματος άρα και παραγωγή μαγνητικής ροής (σχ. 3.11).



Σχήμα 3.11 Τριφασικό τύλιγμα στάτη

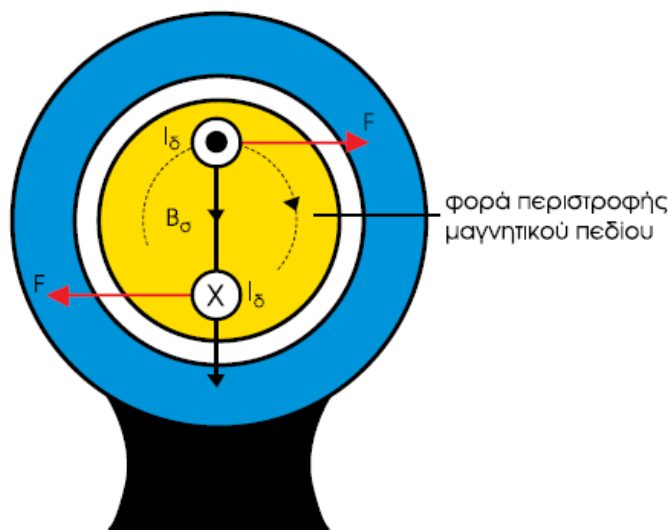
Με την υπόθεση ότι για δεδομένη θετική φορά ρεύματος δημιουργεί στα πηνία A_1, B_1, Γ_1 βόρειο μαγνητικό πόλο (B) και στα A_2, B_2, Γ_2 νότιο μαγνητικό πόλο (N) τότε μπορούμε να καταλήξουμε στον επόμενο πίνακα 3.1

Πηνίο	Φορά Ρεύματος	
	A_1	Θετική (+)
	Βόρειος (B)	Νότιος (N)
A_2	Νότιος (N)	Βόρειος (B)
B_1	Βόρειος (B)	Νότιος (N)
B_2	Νότιος (N)	Βόρειος (B)
Γ_1	Βόρειος (B)	Νότιος (N)
Γ_2	Νότιος (N)	Βόρειος (B)

Πίνακας 3.1 Δημιουργία μαγνητικών πόλων

3.6 Αρχή λειτουργίας

Στους ασύγχρονους κινητήρες, ο δρομέας είναι ηλεκτρικά ανεξάρτητος από τον στάτη. Τα τρία τυλίγματα του στάτη τροφοδοτούνται από κάποιο τριφασικό σύστημα τάσεων (AC δίκτυο). Δημιουργείται όπως είδαμε παραπάνω ένα στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο που τέμνει τους αγωγούς (μπάρες) του δρομέα. Στο δρομέα αναπτύσσονται επαγωγικά ρεύματα με αποτέλεσμα τη δημιουργία μαγνητικής δύναμης και άρα και ροπής στρέψης (σχ 3.12)



Σχήμα 3.12 Ζεύγος μαγνητικών δυνάμεων προκαλεί ροπή

Η ταχύτητα n περιστροφής του κινητήρα είναι πάντοτε μικρότερη από την ταχύτητα n_s του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου. Για τον λόγο αυτό ο κινητήρας ονομάζεται ασύγχρονος. Αν υποθέσουμε ότι ήταν $n = n_s$ τότε δεν θα προλάβαινε το μαγνητικό πεδίο να κόψει τους αγωγούς του δρομέα, δεν θα είχαμε επαγωγή, η μαγνητική δύναμη θα μηδενιζόταν και ο κινητήρας θα σταματούσε.

3.7 Ολίσθηση

Η διαφορά της ταχύτητας του μαγνητικού πεδίου n_s με την ταχύτητα του κινητήρα n μας δίνουν το μέγεθος της ολίσθησης

$$s = \frac{n_s - n}{n_s}$$

Η ολίσθηση δεν είναι σταθερή αλλά αυξάνεται με το φορτίο.

3.8 Ροπή ασύγχρονων κινητήρων

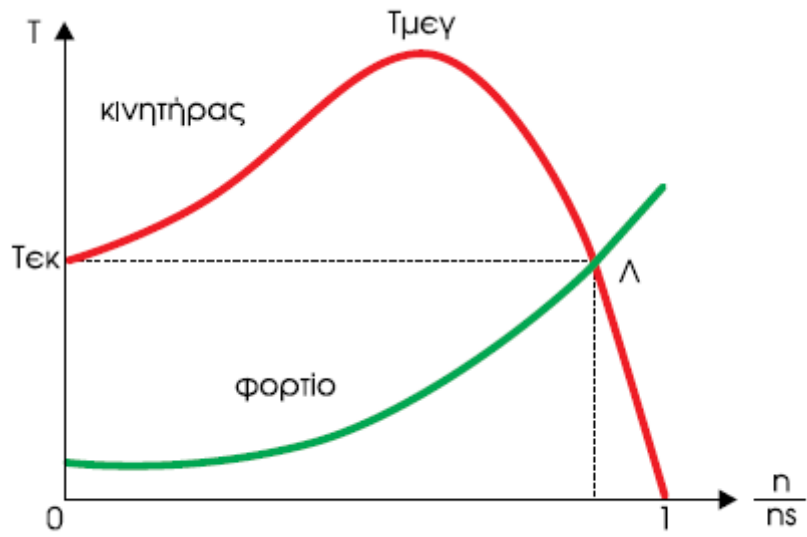
Είδαμε στα προηγούμενα το μηχανισμό παραγωγής ροπής που αναπτύσσεται στο δρομέα της μηχανής και εξειδικεύοντάς τον με τη βοήθεια της μηχανικής καταλήγουμε ότι η ροπή και η ισχύς (μηχανικά μεγέθη) δίνονται από τη σχέση:

$$T = \frac{9,55 \cdot P}{n}$$

Στο σχήμα 3.13 φαίνεται μια τυπική καμπύλη ροπής – στροφών. Αυτή η καμπύλη είναι πολύ σημαντική για την κατανόηση της λειτουργίας του κινητήρα.

Παρατηρήσεις και σχόλια για την καμπύλη του σχήματος 3.13

- Κατά την εκκίνηση ($n=0$) ο κινητήρας αναπτύσσει σημαντική ροπή $T_{εκ}$ (κόκκινη καμπύλη) μεγαλύτερη της ροπής φορτίου που έχει να αντιμετωπίσει (πράσινη καμπύλη).
- Η ροπή του κινητήρα αυξάνεται και γίνεται $T_{μεγ}$ σε μία ταχύτητα $n < n_s$. Στη συνέχεια η ροπή μειώνεται σχεδόν γραμμικά και μηδενίζεται όταν γίνει $n=n_s$.
- Το σημείο τομής της ροπής φορτίου με την ροπή του κινητήρα (Λ) είναι και το ονομαστικό σημείο λειτουργίας του κινητήρα.
- Η λειτουργία του κινητήρα στην περιοχή αριστερά της μέγιστης ροπής είναι ασταθής ενώ η λειτουργία δεξιά της μέγιστης ροπής είναι ευσταθής (γραμμική περιοχή) και προσαρμόζεται εύκολα στις μεταβολές του φορτίου.
- Η ταχύτητα του κινητήρα είναι σχεδόν σταθερή όπως φαίνεται στο κατακόρυφο τμήμα της καμπύλης γύρω από το σημείο Λ



Σχήμα 3.13 Καμπύλη ροπής - ταχύτητας ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα

Κεφάλαιο 4

4.1 Αγωγοί και καλώδια

Τα καλώδια εμφανίστηκαν αμέσως μετά την ανακάλυψη του συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος. Μέχρι τότε δεν υπήρχε ανάγκη μεταφοράς του, παρά μόνο το ηλεκτρικό φορτίο που παραγόταν από χημικές ουσίες ή άλλες διαδικασίες μεταφερόταν σε δοχεία Leden μέσω χάλκινων συρμάτων. Μετά την ανακάλυψή τους άρχισαν να διαδίδονται σιγά-σιγά σε ορισμένες βιομηχανικές και βιοτεχνικές μονάδες μαζί με περιορισμένες ηλεκτρικές ανακαλύψεις.

Μετά από καιρό ανακαλύφθηκε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα είναι ένας πολύ καλός φορέας ενέργειας και η κατασκευή και χρήση των καλωδίων συστηματοποιήθηκε. Άρχισαν να εμφανίζονται τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και δημιουργήθηκαν τα πρώτα εκτεταμένα δίκτυα καλωδίων για τη διανομή του παραγόμενου ρεύματος.

4.2 Ροή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω καλωδίων

Ένα σημαντικό φαινόμενο των καλωδίων είναι η απώλειες ενέργειας σε θερμική ενέργεια Joule. Η ποσότητά της Q είναι:

$$Q = I^2 R t$$

όπου R είναι η ωμική αντίσταση του υλικού, I η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, t ο χρόνος διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα στο καλώδιο. Παρόλα αυτά τα καλώδια παραμένουν η καλύτερη επιλογή για την μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας.

4.3 Κατηγοριοποίηση των καλωδίων

Υπάρχουν πολλών ειδών καλώδια και εξυπηρετούν διαφορετικούς σκοπούς:

- Καλώδια υψηλής τάσης: Για τη μεταφορά ρεύματος από τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος στις εγκαταστάσεις.
- Καλώδια χαμηλής τάσης: Για τη διανομή του ρεύματος σε κτίρια.
- Καλώδια για εντοιχισμό: Για τη μεταφορά ρεύματος εντός των κτηρίων ως μόνιμη ηλεκτρολογική εγκατάσταση.

- Υπόγεια καλώδια: Για την υπόγεια μεταφορά ρεύματος.
- Υποθαλάσσια καλώδια.
- Καλώδια συσκευών: Μεταφέρουν ρεύμα από την πρίζα στη συσκευή.

Εκτός από ενέργεια τα καλώδια μεταφέρουν και οτιδήποτε άλλο μεταφέρεται μέσω του ρεύματος. Έτσι υπάρχουν και:

- Καλώδια τηλεφωνίας (PSTN): Για τη μεταφορά ηλεκτρικών σημάτων φωνής, χαμηλής πιστότητας.
- Καλώδια μεταφοράς ήχου: Για τη μεταφορά ήχου υψηλής πιστότητας, όπως στα μεγάφωνα και τα μικρόφωνα.
- Καλώδια δεδομένων (data) για τοπικά δίκτυα (LAN): Μεταφέρουν δεδομένα υπολογιστή σε μέτριες σχετικά αποστάσεις. Βασική διαφορά τους με τις εσωτερικές καλωδιώσεις των υπολογιστών είναι πως στις δεύτερες οι μεταβολές των σημάτων είναι πολύ πιο απότομες, ώστε να επιτυγχάνεται μέγιστος ρυθμός μετάδοσης. Αντίθετα, στα καλώδια δεδομένων για τοπικά δίκτυα, τα δεδομένα μεταφέρονται διαμορφωμένα πάνω σε αναλογικό σήμα, θυσιάζοντας τον ρυθμό μετάδοσης υπέρ της αξιόπιστης μεταφοράς του σήματος.
- Καλώδια δικτύου WAN (ISDN ή ADSL): Για τη μεταφορά πληροφοριών δικτύου και Διαδικτύου σε μεγάλες αποστάσεις. Όπως και στα καλώδια δεδομένων για τοπικά δίκτυα, χρησιμοποιείται αναλογική διαμόρφωση με σκοπό την επίτευξη ακόμη πιο μεγάλων αποστάσεων σύνδεσης.
- Καλώδια ηλεκτρονικών συσκευών: Μεταφέρουν σήματα από περιφερειακές συσκευές στον υπολογιστή, πχ μέσω του πρωτοκόλλου USB ή Firewire.
- Καλώδια μεταφοράς σημάτων: Εμφανίζονται στην τηλεόραση το ραδιόφωνο τις κεραίες και τα λοιπά.
- Οπτικές ίνες: Δε μεταφέρουν ρεύμα, αλλά φως. Καταχρηστικά εντάσσονται στα καλώδια λόγω της ομοιότητας στην εξωτερική εμφάνιση και την κατασκευή. Μεταφέρουν φως είτε για να χρησιμοποιηθεί σε άλλο σημείο από την πηγή, ή ως σήμα. Θεωρείται ότι θα φέρουν επανάσταση στον τομέα των καλωδίων.

4.4 Ορισμοί

Σύρμα: Μεταλλικό γραμμικό αντικείμενο. Έχει άμεση σχέση με την ολκιμότητα των μετάλλων. Λόγω του σχήματος του μπορεί να παραμορφωθεί εύκολα όταν ασκούνται πλάγιες δυνάμεις. Έχει μεγάλη αντοχή στον εφελκυσμό και είναι ηλεκτρικά αγωγίμο λόγω του υλικού του.

Αγωγός: Κάθε σώμα που χρησιμοποιείται για τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσα σε αυτό. Συνήθως έχουν το σχήμα των συρμάτων και ένα τουλάχιστον από τα υλικά τους είναι μέταλλο.

Μονοπολικό καλώδιο: Καλώδιο που αποτελείται από ένα σύρμα ή μεταλλικό πυρήνα (αναφέρεται και ως μονόκλωνο).

Πολυπολικό καλώδιο: Καλώδιο που αποτελείται από πολλά επιμέρους σύρματα ή νήματα ή μεταλλικούς πυρήνες, που δεν είναι απομονωμένα μεταξύ τους (αναφέρεται και ως πολύκλωνο).

4.5 Αγωγοί

Η μεταφορά ηλεκτρικού ρεύματος για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ή μετάδοση ηλεκτρικών σημάτων γίνεται με τους αγωγούς.

Οι αγωγοί μπορούν να είναι:

- **Μονόκλωνοι:** οι οποίοι αποτελούνται από ένα συμπαγές σύρμα κυκλικής διατομής,
- **Πολύκλωνοι:** οι οποίοι αποτελούνται από πολλά σύρματα ομοκεντρικά στριμμένα σε διαδοχικά στρώματα και
- **Λεπτοπολύκλωνοι,** οι οποίοι είναι πολύκλωνοι αλλά το κάθε στριμμένο σύρμα αποτελείται από αρκετά συρματίδια.

Όσους περισσότερους κλώνους έχει ένας αγωγός συγκεκριμένης διατομής τόσο περισσότερη ευκαμψία παρουσιάζει.

Οι πολύκλωνοι αγωγοί μπορούν να πάρουν κυκλική μορφή ή μορφή κυκλικού τομέα. Η κατασκευή των αγωγών με μορφή κυκλικού τομέα παρουσιάζει το πλεονέκτημα της μικρότερης εξωτερικής διαμέτρου σε σύγκριση με την αντίστοιχη διάμετρο των αγωγών κυκλικής διατομής και ίσης ηλεκτρικής διατομής και συνήθως συναντάται στα καλώδια ενέργειας.

Το επικρατέστερο υλικό κατασκευής των αγωγών είναι ο χαλκός με διάφορες μορφές επεξεργασίας (μαλακός, σκληρός, ανωπτημένος).

Σε ειδικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται βέργες χαλκού, επικασσιτερωμένος χαλκός, γυμνοί αγωγοί αλουμινίου με ή χωρίς χαλύβδινη ψυχή.

Οι αγωγοί μπορεί να είναι γυμνοί ή μονωμένοι. Η μόνωση των ηλεκτροφόρων αγωγών κατασκευάζεται με ομοιόμορφο πάχος, κυρίως από θερμοπλαστική ύλη με βάση το χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC) και το πολυαιθυλένιο (PE) ή από ελαστικό (γόμα).

Το κυριότερο χαρακτηριστικό κάθε αγωγού είναι το μέγεθος της αγωγιμής διατομής του, π.χ. 10mm^2 , 16mm^2 κ.λπ. (συχνά το mm^2 ονομάζεται και καρέ)

4.6 Κριτήρια επιλογής καλωδίων

Για την επιλογή του κατάλληλου καλωδίου που θα χρησιμοποιηθεί για δεδομένη περίπτωση τροφοδοσίας ενός ηλεκτρικού φορτίου γίνεται με διάφορους κανόνες. Αυτοί είναι:

- Αντοχή στη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος.
- Η πτώση τάσης κατά μήκος του να είναι εντός καθορισμένων ορίων.
- Μηχανική αντοχή σε τάνιση, στρέψη, εφελκυσμό.

Ένας αγωγός ή καλώδιο διαρρεόμενος από ρεύμα αναπτύσσεται πάνω του θερμότητα $Q=I^2 R t$ λόγω της ωμικής του αντίστασης που αυτό εμφανίζει. Η θερμότητα αυτή αυξάνεται με τον χρόνο ή με την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος με αποτέλεσμα την καταπόνηση της ηλεκτρικής μόνωσης. Συνήθη μονωτικά των καλωδίων είναι διάφορα πλαστικά, PVC κ.λπ. Τίθεται λοιπόν ανώτερο όριο θερμοκρασίας αντοχής της συγκεκριμένης μόνωσης που δίνεται από τους κατασκευαστές των καλωδίων.

Οι κατασκευαστές εκδίδουν σχετικούς πίνακες που ορίζουν το μέγιστο ονομαστικό ρεύμα που πρέπει να διέλθει για κάθε συγκεκριμένη διατομή.

Πίνακας 52-Κ1 Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (I_r) σε Α εντοιχισμένων (χωνευτών) και επιτοίχιων (ορατών) ηλεκτρικών γραμμών

Μόνωση	Πλήθος φορτιζόμενων αγωγών	Οι αριθμοί παραπέμπουν στις στήλες που ακολουθούν								
		Μονωμένοι αγωγοί σε σωλήνα			Πολυπολικό καλώδιο					
		ΝΥΑ, Η07V-U, Η07V-R			ΝΥΜ, ΝΥΒΥΥ, ΝΥΙΦ					
				Γυμνό		Σε σωλήνα				
		Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο	Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο	Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο	Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο	
PVC	2	3	5	3	6	2	4			
	3	2	4	2	5	1	3			
EPR ή XLPE	2	5	9	6	9	5	8			
	3	5	7	5	8	4	6			
Στήλες										
Χαλκός	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	19	20	22	23
	2,5	17,5	18	19,5	21	23	26	28	30	31
	4	23	24	26	28	31	35	37	40	42
	6	29	31	34	36	40	44	48	51	54
	10	39	42	46	50	54	60	66	69	75
	16	52	56	61	68	73	80	88	91	100
	25	68	73	80	89	95	105	117	119	133
	35	83	89	99	109	117	128	144	146	164
	50	99	108	118	130	141	154	175	175	198
	70	125	136	149	164	179	194	222	221	253
	95	150	164	179	197	216	233	269	265	306
	120	172	188	206	227	249	268	312	305	354
	150	196	216	240	259	285	318	-	371	441
	185	223	245	273	295	324	362	-	424	506
240	261	286	321	346	380	424	-	500	599	
300	298	328	367	396	435	486	-	576	693	

Αφορά ηλεκτρικές γραμμές με μονωμένους αγωγούς ή με πολυπολικά καλώδια, με μόνωση από PVC ή EPR ή XLPE, στις οποίες η απαγωγή θερμότητας επηρεάζεται από τους τοίχους ή άλλα δομικά στοιχεία. Οι γραμμές είναι είτε επιτοίχιες (ορατές), είτε εντοιχισμένες (χωνευτές), ή είναι τοποθετημένες μέσα σε κοιλότητες της κατασκευής του κτιρίου, σε αυλάκια διαπέδου κλπ. (αυτές, στον Πίνακα, υπάγονται στις εντοιχισμένες γραμμές).

Πίνακας 4.1

Για να εξηγήσουμε τον τρόπο επιλογής του κατάλληλου καλωδίου με βάση των ανωτέρω πίνακα θα δώσουμε ένα απλό παράδειγμα.

Έχουμε ένα τριφασικό φορτίο με ονομαστικό ρεύμα 50 A και θέλουμε να επιλέξουμε τη διατομή του καλωδίου. Επιλέγουμε χάλκινο καλώδιο ΝΥΜ και η εγκατάσταση είναι επιτοίχη. Η απόσταση φορτίου και πηγής είναι 100 μέτρα. Αρα με βάση τον πίνακα 4.1 θα διαλέξουμε καλώδιο διατομής 10mm² με μέγιστο ρεύμα 60 A.

Αυτή είναι η πρώτη επιλογή η οποία ικανοποιεί το μέγιστο ρεύμα. Για να ικανοποιείται όμως και το κριτήριο της μέγιστης πτώσης τάσης έστω π.χ. $\Delta V \leq 3\%$ θα υπολογίσουμε την πτώση τάσης από τον τύπο:

$$\Delta V = R I \cos\varphi + X I \sin\varphi$$

Όπου: R,X είναι η ωμική και η επαγωγική αντίσταση του καλωδίου και φ η γωνία του φορτίου και έστω $\varphi=35^\circ$. Αγνοώντας την επαγωγική αντίσταση X λόγω μικρής διατομής θα υπολογίσουμε μόνον την ωμική αντίσταση R.

$$R = l / (KS)$$

Όπου $l=100$ m , $S= 10$ mm², και $K= 56$ m/(Ω mm²)

Και με αντικατάσταση έχουμε

$$R= 100/ (56 \cdot 10) = 0.178 \Omega$$

Και αντικαθιστώντας στον τύπο της πτώσης τάσης έχουμε:

$$\Delta V = 0.178 \cdot 50 \cdot \cos 35^\circ = 7.29 \text{ V}$$

$$\Delta V\% = (7.29 \cdot 100) / 230 = 3.16\%$$

Παρατηρούμε ότι η πτώση τάσης είναι μεγαλύτερη από το όριο (3%) άρα η διατομή των 10mm² δεν είναι αρκετή. Άρα θα επιλέξουμε την επόμενη διατομή που είναι 16mm².

4.7 Αντιστοίχιση νέων και παλαιών τύπων καλωδίων

Οι παλαιότεροι τύποι καλωδίων ακολουθούσαν τους γερμανικούς κανονισμούς (V.D.E.), όμως τώρα πλέον η ονοματολογία έχει αλλάξει και έχει προσαρμοστεί από τον ΕΛ.Ο.Τ. για εναρμόνιση με τα διεθνή πρότυπα (πιν. 4.1)

Νέος τύπος (κατά ΕΛ.Ο.Τ.)	Παλιός τύπος (κατά V.D.E.)
H07V-K	NYAF
H07V-U	NYA(re)
H07V-R	NYA(rm)
A05VV-U	NYM(re)
A05VV-R	NYM(rm)
H05VV-F	NYMHY
H03VV-F	NYLHY
H03VH-H	NYFAZ
H05RR-F	NMH
H07RN-F	NSHou
J1VV-U	NYY(re)
J1VV-R	NYY(rm)
J1VV-S	NYY(sm)

Πίνακας 4.2

4.8 Χρωματικός κώδικας αγωγών

Για να διακρίνονται οι διάφοροι αγωγοί μεταξύ τους σε ένα καλώδιο, χρησιμοποιείται υλικό μόνωσης με διαφορετικά χρώματα, που καθορίζονται από τις προδιαγραφές κατασκευής του καλωδίου.

Στα καλώδια εσωτερικών εγκαταστάσεων για τις τρεις φάσεις χρησιμοποιούμε τους αγωγούς με τα χρώματα καφέ, μαύρο, μαύρο.

Για τον ουδέτερο το μπλε ανοικτό και για τη γείωση το πράσινο/κίτρινο (κίτρινο με πράσινη ρίγα).

Σε καλώδια παλαιάς κατασκευής συναντάμε ως χρώμα μιας φάσης το κόκκινο, του ουδέτερου το γκρι και της γείωσης το κίτρινο.

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ΕΛ.Ο.Τ. τα εύκαμπτα καλώδια και τα καλώδια για μόνιμη εγκατάσταση φέρουν στη μόνωση των αγωγών τους τα παρακάτω χρώματα.

Αριθμός αγωγών	Καλώδια με αγωγό γείωσης	Καλώδια χωρίς αγωγό γείωσης
1	πράσινο/κίτρινο	μπλε ανοικτό ή άλλα χρώματα
2		μπλε ανοικτό, καφέ
3	πράσινο/κίτρινο, καφέ, μπλε ανοικτό	μαύρο, μπλε ανοικτό, καφέ
4	πράσινο/κίτρινο, μαύρο, μπλε ανοικτό, καφέ	μαύρο, μπλε ανοικτό, καφέ, μαύρο
5	πράσινο/κίτρινο, μαύρο, μπλε ανοικτό, καφέ, μαύρο	μαύρο, μπλε ανοικτό, καφέ, μαύρο, μαύρο

Πίνακας 4.3 Χρώματα αγωγών εύκαμπτων καλωδίων

Αριθμός αγωγών	Καλώδια με αγωγό γείωσης	Καλώδια χωρίς αγωγό γείωσης
1	πράσινο/κίτρινο	μπλε ανοικτό ή άλλα χρώματα
2		μαύρο, μπλε ανοικτό
3	πράσινο/κίτρινο, μαύρο, μπλε ανοικτό	μαύρο, μπλε ανοικτό, καφέ
4	πράσινο/κίτρινο, μαύρο, μπλε ανοικτό, καφέ	μαύρο, μπλε ανοικτό, καφέ, μαύρο
5	πράσινο/κίτρινο, μαύρο, μπλε ανοικτό, καφέ, μαύρο	μαύρο, μπλε ανοικτό, καφέ, μαύρο, μαύρο
6 και άνω	πράσινο/κίτρινο, λοιποί πόλοι μαύροι με λευκή αρίθμηση, τυπωμένοι με αριθμούς από το κέντρο και προς τα έξω, αρχίζοντας με ένα, ο πράσινος / κίτρινος πόλος στην εξωτερική στρώση	πόλοι αγωγών μαύροι τυπωμένοι με αριθμούς από το κέντρο και προς τα έξω αρχίζοντας με ένα

Πίνακας 4.4 Χρώματα αγωγών καλωδίων για μόνιμη εγκατάσταση

Ο συνδυασμός δύο χρωμάτων επιτρέπεται μόνο για το πράσινο/κίτρινο της γείωσης. Οι αγωγοί δεν επιτρέπεται να φέρουν μόνο πράσινο ή μόνο κίτρινο χρώμα για να μη γίνει σύγχυση με τη γείωση.

Σε παλαιές εγκαταστάσεις πιθανόν να βρούμε τον αγωγό της γείωσης με κίτρινο χρώμα, τον ουδέτερο με γκρι και τη μία από τις τρεις φάσεις με κόκκινο.

Ο ηλεκτρολόγος που καλείται να επισκευάσει μία εγκατάσταση οφείλει να ελέγξει πρώτα- πρώτα, για λόγους προσωπικής του ασφάλειας, εάν τα χρώματα των αγωγών ανταποκρίνονται στους κανονισμούς.

4.9 Χαρακτηριστικά – Συμβολισμοί καλωδίων

Ο κάθε τύπος καλωδίου φέρει ορισμένα σύμβολα (λατινικά κεφαλαία γράμματα ή αριθμούς), σύμφωνα με τα πρότυπα του ΕΛ.Ο.Τ., τα οποία προσδιορίζουν ορισμένα χαρακτηριστικά του. Ας πάρουμε ως παράδειγμα το καλώδιο H05VV-F

Το πρώτο σύμβολο υποδηλώνει το πρότυπο με το οποίο έχει κατασκευαστεί το καλώδιο, π.χ. το H σημαίνει καλώδιο εναρμονισμένο με πρότυπο, δηλ. γερμανικό, αγγλικό κ.λπ.

Το δεύτερο και τρίτο σύμβολο, δηλ. οι δύο αριθμοί, αναφέρονται στην ονομαστική τάση του καλωδίου. Π.χ. το 05 δηλώνει ότι το καλώδιο μπορεί να λειτουργήσει μέχρι 500V ολική τάση (300V φασική).

Το τέταρτο σύμβολο αναφέρεται στο υλικό μόνωσης των αγωγών. Π.χ. το V σημαίνει ότι η μόνωση του αγωγού είναι από PVC.

Το πέμπτο σύμβολο αναφέρεται στο υλικό του μανδύα του καλωδίου (εξωτερική επένδυση). Π.χ. το V σημαίνει ότι το υλικό του μανδύα είναι από PVC. Τα πεπλατυσμένα (πλακέ) καλώδια χωρίς μανδύα φέρουν ειδική διάκριση το σύμβολο H.

Το τελευταίο σύμβολο αναφέρεται στο είδος του αγωγού. Π.χ. -F σημαίνει εύκαμπτος αγωγός.

4.10 Μονωτικά καλωδίων

Τα καλώδια είναι κατασκευασμένα από μονόκλωνο, πολύκλωνο ή λεπτοπολύκλωνο μαλακό ανωπτημένο χαλκό και μπορούν να είναι:

- μονοπολικά (με έναν αγωγό):
- με μόνωση από PVC
- πολυπολικά (από δύο έως έξι αγωγούς)
- με μόνωση των αγωγών από PVC ή ελαστικό,
- με εξωτερική επένδυση (μανδύα) από PVC ή ελαστικό.

Ορισμένα πολυπολικά φέρουν επιπλέον εσωτερική επένδυση από ελαστικό (π.χ. A05VV-U και A05VV-R), ενώ άλλα δε φέρουν εξωτερική επένδυση π.χ. τα εύκαμπτα πλακέ (H03VH-H) και τα

καλώδια για υψηλή θερμοκρασία με μόνωση ελαστικού σιλικόνης (H05SJ-K).

Οι τύποι των καλωδίων με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, τις προδιαγραφές κατασκευής τους και τις χρήσεις τους, δίνονται παρακάτω.

Το είδος του καλωδίου που θα επιλέξουμε τελικά εξαρτάται από τη χρήση για την οποία προορίζεται.

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται ο τύπος του καλωδίου, η ονομασία του, η τάση λειτουργίας καθώς και που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανά περίπτωση ο κάθε τύπος.

Τύπος καλωδίου	Παλαιά ονομασία	Ονομαστική τάση V	Χρήσεις
H07V-K H07V-U H07V-R	NYAF NYA(re) NYA(rm)	450/750	<ul style="list-style-type: none"> - Μονοπολικά καλώδια με μόνωση P.V.C. χωρίς μανδύα για γενικές χρήσεις. - Με εύκαμπτο αγωγό, H07V-R - Με εύκαμπτο αγωγό, H07V-K Εγκατάσταση σε σωλήνες ορατούς ή εντοιχισμένους ή σε παρόμοια κλειστά συστήματα.
H05V-U H05V-K		300/500	<ul style="list-style-type: none"> - Μονοπολικά καλώδια με μόνωση P.V.C. χωρίς μανδύα για εσωτερική εγκατάσταση. - Μη μονόκλωνο αγωγό, H05V-U - Με εύκαμπτο αγωγό, H05V-K Σταθερές προστατευμένες εγκαταστάσεις μέσα σε συσκευές και μέσα ή πάνω σε βάσεις φωτιστικών.
A05YY-U A05VV-R H05VV-F	NYM(re) NYM(rm) NYMHY	300/500	<ul style="list-style-type: none"> - Ελαφρύ καλώδιο με μόνωση P.V.C. και με μανδύα από P.V.C.. - Με εύκαμπτο αγωγό (μονόκλωνο ή πολύκλωνο), H05VV-U, H05VV-R - Με εύκαμπτο αγωγό, H05VV-F Σταθερές εγκαταστάσεις σε ξηρούς ή υγρούς χώρους.
H03VV-F	NYLHY	300/300	<ul style="list-style-type: none"> - Ελαφρύ καλώδιο με μόνωση P.V.C. και με μανδύα από P.V.C. με εύκαμπτους αγωγούς. Σε κατοικίες, κουζίνες, γραφεία. Για ελαφρές μηχανικές καταπονήσεις, για ελαφρές φορητές συσκευές.
H03VH-H	NYFAZ	300/300	<ul style="list-style-type: none"> - Πεπλατυσμένο καλώδιο με μόνωση P.V.C. χωρίς μανδύα. - Σε κατοικίες, κουζίνες, γραφεία. Για ελαφρές μηχανικές καταπονήσεις, για ελαφρές φορητές συσκευές.
H05SJ-K		300/500	<ul style="list-style-type: none"> - Καλώδια με μόνωση ελαστικού - σιλικόνης για υψηλές θερμοκρασίες (180°C)
H05RR-F	NMH	300/500	<ul style="list-style-type: none"> - Καλώδια με μόνωση ελαστικού και μανδύα ελαστικού με εύκαμπτους αγωγούς. Για γενική χρήση σε κατοικίες, μαγειρεία, γραφεία και για την τροφοδότηση συσκευών στις οποίες τα καλώδια υποβάλλονται σε μικρές μηχανικές καταπονήσεις.
J1VV - U J1VV - R J1VV - S	NYN(re) NYN(rm) NYN(sm)		<ul style="list-style-type: none"> - Για τοποθέτηση σε εσωτερικούς χώρους, σε σωλήνες στο ύπαιθρο, για σταθμούς παραγωγής, σταθμούς διανομής, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, εφόσον δεν υπόκεινται σε μηχανικές καταπονήσεις.

Πίνακας 4.5

Κεφάλαιο 5

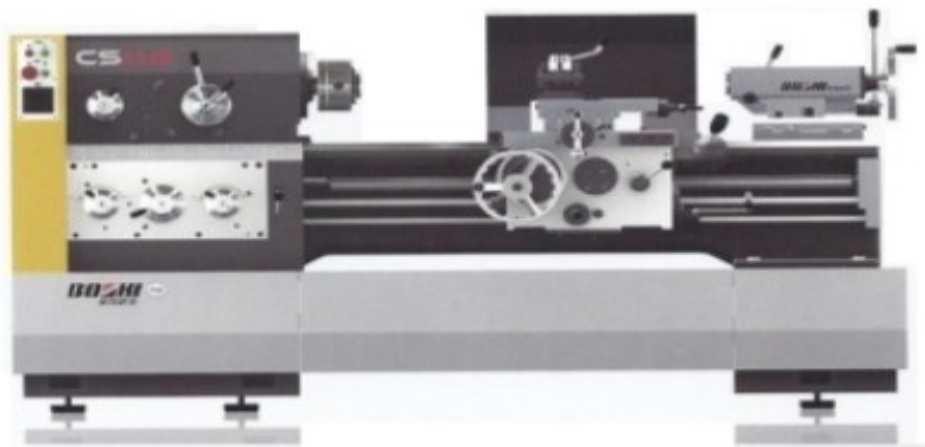
Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε όλες εκείνες τις μηχανές που συμμετέχουν στην υλοποίηση ενός μηχανουργείου μεσαίας δυναμικότητας. Θα παραθέσουμε εικόνες των αντίστοιχων μηχανών καθώς και τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά όπως αυτά δίνονται από τον κατασκευαστή τους.

Στη συνέχεια θα γίνει μια πλήρης ηλεκτρολογική μελέτη η οποία θα αφορά:

Υπολογισμός όλων των μέτρων προστασίας και διακοπής καθώς και τις διατομές των καλωδίων τροφοδοσίας. Δηλαδή θα υπολογιστεί το μέγεθος και υλικά του γενικού πίνακα, το καλώδιο τροφοδοσίας καθώς και το μέγεθος ισχύος της παροχής που προκύπτει.

5.1 Τόρνος (μηχανή m1)

Στο επόμενο σχήμα 5.1 φαίνεται η μηχανή ενός τόρνου όπως αυτή ελήφθη από τον κατασκευαστή του.



Σχήμα 5.1: Τόρνος CS6240

Τα δε τεχνικά χαρακτηριστικά του φαίνονται στον πίνακα 5.1

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΡΝΟΥ CS 6240

Μήκος κατεργασίας (mm)	1000-1500-2000-3000
Διάμετρος κατεργασίας στη γλύστρα (mm)	Φ400
Διάμετρος κατεργασίας στο σεπτόρτ (mm)	Φ220
Διάμετρος κατεργασίας στην γονατιά	Φ400
Οπή ατράκτου (mm)	Φ52 - Φ80
Στροφές περιστροφής ατράκτου (rpm)	9-1600
Κινητήρας (HP)	10
Βάρος	2100 - 2600

Πίνακας 5.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά τόρνου CS6240

Από την πινακίδα του κινητήρα της μηχανής του τόρνου αντλήσαμε επιπλέον δεδομένα.

Ονομαστική ισχύς	$P_{1N}=7,5KW$ (10HP)
Βαθμός απόδοσης	$\eta_1=0,8$
Συντελεστής ισχύος	$\cos\phi_1=0,88$

5.2 Φρέζα (φρεζομηχανή m2)



Σχήμα 5.2: Φρέζα XZ5150

Και ακολουθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κατασκευαστή

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ

Διατρητική ικανότητα (mm)	Φ 50
Διάσταση τραπέζης (mm)	1220x360
Διαδρομή τραπέζης (mm)	600x360
Διαδρομή ατράκτου (mm)	180
Κώνος ατράκτου	ISO40
Απόσταση ατράκτου-τραπέζιου (mm)	120-620
Στροφές ατράκτου (rpm)	94-2256 (16 επιλογές)
Ισχύς κινητήρα (HP)	3
Βάρος (KG)	2000

Πίνακας 5.2: Τεχνικά χαρακτηριστικά φρεζομηχανής XZ5150

Ονομαστική ισχύς	$P_{2N}=2,2KW$ (3HP)
Βαθμός απόδοσης	$\eta_2=0,78$
Συντελεστής ισχύος	$\cos\varphi_2=0,8$

5.3 Δράπανο (μηχανή m3)

Στο σχήμα 5.3 φαίνεται η εικόνα και τα τεχνικά χαρακτηριστικά από το σχετικό φυλλάδιο του κατασκευαστή. Εμείς επιλέξαμε το μοντέλο 40BP/40BP1

Ονομαστική ισχύς	$P_{3N}=1,1KW$
Βαθμός απόδοσης	$\eta_3=0,77$
Συντελεστής ισχύος	$\cos\varphi_3=0,79$

PREV



Characters:

- Gear hardened , large driven torque;
- 1 type optional 2-speed motor , wide spindle speed range.

Standard accessories

- Drill chuck
- Tap Chuck
- Taper sleeve
- Arbor
- Drift
- Wrench
- Drawbar

Special accessories

- Multi-spindles
- Angle vice
- Safety guard

40B 40B1 40BP / 40BP1 **40BHS 40BHS1 40BPS / 40BPS1**

"H" "H" Without collant systems "P" "P" With collant systems

Model	40B 40B1	40BP / 40BP1	40BHS 40BHS1	40BPS / 40BPS1
最大钻孔直径 Max. Drilling capacity (mm)	(Cast Iron)40	(Steel)32	(Cast Iron)40	(Steel)32
最大攻丝直径 Max. Tapping capacity (mm)	(Cast Iron)M32	(Steel)M24	(Cast Iron)M32	(Steel)M24
立柱直径 Diameter of column (mm)	115	115	115	115
主轴最大行程 Spindle travel (mm)	110	110	110	110
主轴中心至立柱母线距离 Distance spindle axis to column generating line (mm)	261.5	261.5	261.5	261.5
主轴端至工作台面最大距离 Max. Distance spindle nose to table (mm)	/	/	745	745
主轴端至底座工作台面最大距离 Max. Distance spindle nose to base (mm)	800	800	1245	1245
主轴锥度 Spindle taper	MT4 or R8	MT4 or R8	MT4 or R8	MT4 or R8
主轴转速范围 Spindle speeds range (r/min)	50-1250/50-2500	50-1250/50-2500	50-1250/50-2500	50-1250/50-2500
主轴转速级数 Spindle speeds series	6/12	6/12	6/12	6/12
主轴进给量 Spindle feeds (mm/r)	0.12 0.18 0.25	0.12 0.18 0.25	0.12 0.18 0.25	0.12 0.18 0.25
工作台面尺寸 Dimension of worktable surface (mm)	/	/	540 X 470	540 X 470
工作台面行程 Table travel (mm)	/	/	515	515
底座尺寸 Dimension of base (mm)	635 X 460/690 X 520	635 X 460/690 X 520	635 X 460/690 X 520	635 X 460/690 X 520
总高 Overall height (mm)	1400/1450	1400/1450	1760/1810	1760/1810
主电动机 Main motor (W)	750 or1100	750 or1100	750 or1100	750 or1100
冷却泵电机 Coolant motor (W)	-/40	-/40	-/40	-/40
毛重/净重 G.W/N.W (kg)	300/260 360/320	300/260 360/320	360/320 390/350	360/320 390/350
包装尺寸 Packing dimension (cm)	75 X 73 X 146	75 X 73 X 146	72 X 74 X 186/72 X 74 X 191	72 X 74 X 186/72 X 74 X 191

Σχήμα 5.3: Εικόνα και τεχνικά χαρακτηριστικά κολονάτου δράπανου

5.4 Πλάνη ή Σφηνοκόφτης (m4)

Ακολουθεί η φωτογραφία και τα τεχνικά χαρακτηριστικά στο σχήμα 5.4

Ονομαστική ισχύς

$$P_{4N} = 1,1 \text{KW}$$

Βαθμός απόδοσης

$$\eta_4 = 0,78$$

Συντελεστής ισχύος

$$\cos\phi_4 = 0,8$$



- ◇ For matching the key groove and spline joint during single and small batch production, especially suitable for matching the key groove in blind hole.
- ◇ The assembling of the workpiece is not limited by the column, it is flexible for matching the key groove in large parts.

Item No.	376601
Specifications	85012
The max. clamping workpiece dia. for the worktable	420 mm
The max. clamping workpiece height for the worktable	120 mm
Longitudinal travel for the worktable	130 mm
Cross travel for the worktable	150 mm
The max. travel for the cutter arbor	120 mm
Motor power	1.1 kW
N.W./G. W.	196/220 kg
Packing size	1000×650×1000 mm

Σχήμα 5.4: Πλάνη ή Σφηνοκόφτης

5.5 Λειαντική μηχανή (m5)

Ακολουθεί το σχήμα 5.5 που φαίνεται η εικόνα μιας λειαντικής μηχανής καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά.

Ονομαστική ισχύς

$P_{5N}=4,85KW$ (6.5HP)

Βαθμός απόδοσης

$\eta_5=0,79$

Συντελεστής απόδοσης

$\cos\varphi_5=0,82$



ART. 97		SATINATRICE - LEVIGATRICE A SECCO SATINING - BELT GRINDING MACHINE WITH DRY SYSTEM MACHINE À SATINER - PONCEUSE A SEC SATINIERMASCHINE - BANDSCHLEIFMASCHINE MIT TROCKEN SYSTEM														
																
hp	Rpm	m/s	E	F	G	G1	dB	kg	A	B	C	D	m/min	Sp	La max	Lu min
6,5	1400 2800	6 12	1250	870	1850	850	80	570	1750	220	1000	220	1+10	0+125	220	120

Σχήμα 5.5: Λειαντική μηχανή, φωτογραφία και τεχνικά χαρακτηριστικά

5.6 Φρεζοδράπανο (m6)

Ακολουθεί το σχήμα 5.6 που φαίνεται η εικόνα και τα τεχνικά χαρακτηριστικά από το φρεζοδράπανο.

Ονομαστική ισχύ
Βαθμός απόδοσης
Συντελεστής ισχύος

$P_{6N}=3KW$ (4HP)
 $\eta_5=0,74$
 $\cos\phi_6=0,8$



ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ

Διατρητική ικανότητα (mm)	50
Διαστάσεις τραπέζης (mm)	800x320
Διαδρομή τραπέζης X/Y (mm)	450/300
Κώνος ατράκτου	MT5
Διαδρομή ατράκτου (mm)	250
Στροφές ατράκτου (rpm)	31,5-1400
Ισχύς κινητήρα (HP)	4
Βάρος (Kg)	1350

Σχήμα 5.6: Εικόνα και τεχνικά χαρακτηριστικά φρεζοδράπανου

5.7 Φωτισμός και πρίζες

Η εγκατάσταση πλην των φορτίων κίνησης θα περιλαμβάνει δύο κυκλώματα φωτισμού 0,5KW έκαστο, δύο κυκλώματα μονοφασικών πριζών 0,5KW έκαστο (τρεις πρίζες ανά κύκλωμα) καθώς και δύο κυκλώματα τριφασικών πριζών 1KW έκαστο (τρεις πρίζες ανά κύκλωμα).

Υπολογισμός πραγματικής ισχύος του γενικού πίνακα ($P=P_N/n$)

$$P=(7,5/0,8)+(2,2/0,78)+(1,1/0,77)+(1,1/0,78)+(4,85/0,79)+(3/0,74)+(2*0,5)+(2*0,5)+(2*1)=29,22KW$$

Οι τρεις τελευταίοι όροι στο άθροισμα είναι πρίζες και φωτισμός.

Υπολογισμός άεργου ισχύος ($Q=P*\tan\varphi$)

Η ηλεκτρική ισχύς των κινητήρων είναι:

$$P_1=9,37KW, P_2=2,82KW, P_3=1,42KW, P_4=1,41KW, P_5=6,13KW, P_6=4,05KW$$

Οι γωνίες των φορτίων είναι ($\varphi=\cos^{-1}(\dots)$)

$$\varphi_1=28,35 \quad \varphi_2=36,86 \quad \varphi_3=37,81$$

$$\varphi_4=36,86 \quad \varphi_5=34,91 \quad \varphi_6=36,86$$

$$Q=9,37*\tan 28,35+2,82*\tan 36,86+1,42*\tan 37,81+1,41*\tan 36,86+6,13*\tan 34,91+4,05*\tan 36,86=16,64KVAR$$

Τα ωμικά φορτία (φωτισμός και πρίζες) δεν συμμετέχουν στην άεργο ισχύ.

Η φαινόμενη ισχύς του πίνακα είναι ($S=(P^2+Q^2)^{1/2}$)

$$S=(29,22^2+16,64^2)^{1/2}=33,62KVA$$

Το συνολικό ρεύμα του πίνακα είναι ($S=\sqrt{3}*v*I$)

$$I=33620/(\sqrt{3}*400)=48,52A$$

Ο μέσος συντελεστής ισχύος $\Sigma.I$ της εγκατάστασης είναι ($\Sigma.I=P/S$)

$$\Sigma.I=(29,22/33,62)=0,86$$

Επιλογή διατομής του καλωδίου τροφοδοσίας του γενικού πίνακα.

Από τον πίνακα 4.1 επιλέξουμε καλώδιο ΝΥΜ επιτοίχιο 10mm².

Δηλαδή 5x10mm²

Υπολογισμός των επιμέρους γραμμών του γενικού πίνακα $I = P / (\sqrt{3} * V * \cos\phi)$

$$I_1 = 3370 / \sqrt{3} * 400 * 0,88 = 15,36A. \text{ Άρα}$$

Ασφάλεια γραμμής 3x20 μΑ τύπου Κ

Μερικός διακόπτης 3x25 Α

Θερμικό $15,36 / \sqrt{3} = 8,86A$ εκκίνηση Υ/Δ

Γραμμή τροφοδοσίας 4x4mm²

$$I_2 = 2820 / \sqrt{3} * 400 * 0,8 = 5A$$

Ασφάλεια γραμμής 3x10 μΑ τύπου Κ

Μερικός διακόπτης 3x25 Α

Θερμικό 5Α απευθείας εκκίνηση

Γραμμή τροφοδοσίας 4x1,5mm²

$$I_3 = 1420 / \sqrt{3} * 400 * 0,79 = 2,6A$$

Ασφάλεια γραμμής 3x6 μΑ τύπου Κ

Μερικός διακόπτης 3x25 Α

Θερμικό 2,6Α απευθείας εκκίνηση

Γραμμή τροφοδοσίας 4x1.5mm²

$$I_4 = I_3 \text{ (ομοίως)}$$

$$I_5 = 6130 / \sqrt{3} * 400 * 0,82 = 10,8A$$

Ασφάλεια γραμμής 3x16 μΑ τύπου Κ

Μερικός διακόπτης 3x25 Α

Θερμικό $10,8 / \sqrt{3} = 6,23$ εκκίνηση Υ/Δ

Γραμμή τροφοδοσίας 4x2.5mm²

$$I_6 = 4050 / \sqrt{3} * 400 * 0,8 = 7,3A$$

Ασφάλεια γραμμής 3x10 μΑ τύπου Κ

Μερικός διακόπτης 3x25 A

Θερμικό $7,3 / \sqrt{3} = 4,2$ εκκίνηση Υ/Δ

Γραμμή τροφοδοσίας 4x1.5mm²

Όσο αναφορά για τις γραμμές φωτισμού αυτές θα είναι με καλώδιο NYM 3X1,5mm² και θα ασφαλιστούν με 10A μΑ τύπου Β

Για τις γραμμές των μονοφασικών και τριφασικών πριζών θα χρησιμοποιηθεί καλώδιο NYM 2,5mm² με ασφάλεια 16A μΑ τύπου Β

Βιβλιογραφία

Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Ι, Δρ-Μηχ Κ.Γ. Σιδεράκης, Τ.Ε.Ι Κρήτης

Μηχανουργική Τεχνολογία Ι, Γ ΕΠΑ.Λ. Τομέας Μηχανολογίας

Αγωγοί και καλώδια για την μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας
(Πτυχιακή εργασία), Τσιχλής Χρήστος, Τ.Ε.Ι. Καβάλας

Ηλεκτρικές Μηχανές, Β Τ.Ε.Ε., Τομέας Ηλεκτρολογικός

Μελέτη, σχεδίαση και κατασκευή μετατροπέα AC/DC/AC για τον
έλεγχο στροφών τριφασικού επαγωγικού κινητήρα με την μέθοδο
σταθερού λόγου V/f (Διπλωματική Εργασία), Θεοχάρης Παπουτσής,
Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

[http://digilib.teiemt.gr/jspui/bitstream/
123456789/1820/1/012012073.pdf](http://digilib.teiemt.gr/jspui/bitstream/123456789/1820/1/012012073.pdf)

<https://www.ergomac.gr>