



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ (πρώην ΑΤΕΙ Δυτικής Ελλάδος)

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1778

ΤΙΤΛΟΣ

**Ηλεκτρολογική Εγκατάσταση Ισχύος και Αυτοματισμού
Τυπικού Οινοποιείου**

**Σταθά Δήμητρα Α.Μ. 7200
Βαφειάδης Μανώλης Α.Μ. 7105**

Επιβλέπων: Σχοινάς Νικόλαος



Πάτρα, 2021

Περιεχόμενα

| | |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ..... | 6 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 | 7 |
| Ιστορική αναδρομή | 7 |
| 1.1 Διαδικασία οινοποίησης στην Αρχαία Ελλάδα | 10 |
| 1.2 Συμπόσια στην Αρχαία Ελλάδα | 17 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 | 19 |
| Μηχανές Οινοποιείου..... | 19 |
| 2.1 Κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος – αρχή λειτουργίας..... | 19 |
| 2.2 Δομή μηχανών εναλλασσόμενου ρεύματος | 20 |
| 2.3 Το μαγνητικό πεδίο (στρεφόμενο) | 22 |
| 2.4 Διάκριση ανάλογα με την δομή του δρομέα..... | 28 |
| 2.5 Η ολίσθηση των επαγωγικών μηχανών | 29 |
| 2.6 Το ηλεκτρικό ισοδύναμο του επαγωγικού κινητήρα – απώλειες | 30 |
| 2.7 Ισχύς επαγωγικών κινητήρων..... | 34 |
| 2.8 Ροπή – ταχύτητα επαγωγικού κινητήρα | 34 |
| 2.9 Κλάσεις επαγωγικών κινητήρων..... | 37 |
| 2.10 Έλεγχος ταχύτητας επαγωγικών κινητήρων | 41 |
| 2.11 Έλεγχος ταχύτητας με αντιστάσεις στο δρομέα | 42 |
| 2.12 Έλεγχος της ταχύτητας με την τάση τροφοδοσίας | 44 |
| 2.13 Έλεγχος ταχύτητας με ρύθμιση συχνότητας | 46 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 | 50 |
| Καλώδια χαμηλής τάσης | 50 |
| 3.1 Τα καλώδια..... | 50 |
| 3.2 Θέρμανση καλωδίων..... | 51 |
| 3.3 Είδη καλωδίων..... | 51 |
| 3.4 Σημαντικές διευκρινήσεις – ορισμοί..... | 53 |
| Παράδειγμα..... | 56 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 | 58 |
| Μηχανές Οινοποιείου..... | 58 |
| 4.1 Μηχανή m1. Σταφυλοδόχος (τύπου σκάφης) | 58 |
| 4.2 Μηχανή m2. Αποβοστρυχωτής..... | 59 |
| 4.3 Μηχανή m3. Σπαστήρας σταφυλιών | 59 |
| 4.4 Αντλία Monorump m4..... | 60 |
| 4.5 Απορροφητήρας m5..... | 61 |

| | |
|---------------------------------------------------------|----|
| 4.6 Αντλία λυμάτων m11 | 63 |
| 4.7 Ψυκτική μηχανή m12 | 64 |
| 4.8 Αντλίες κυκλοφορίας ψυκτικού υγρού m13,m14 | 66 |
| 4.9 Πιεστήριο συνεχούς ροής m15..... | 67 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 | 68 |
| Υπολογισμοί στοιχείων ηλεκτρολογικής εγκατάστασης | 68 |
| 5.1 Τεχνικά στοιχεία ηλεκτροκινητήρα..... | 68 |
| 5.2 Πίνακες κατασκευαστών | 70 |
| 5.2.1 Πίνακες καλωδίων..... | 70 |
| 5.2.2 Πίνακες ασφαλειών ΧΤ..... | 72 |
| 5.2.3 Ηλεκτρονόμοι χαμηλής τάσης | 73 |
| 5.2.4 Θερμικά ηλεκτροκινητήρων | 74 |
| 5.3 Υπολογισμοί..... | 76 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 | 82 |
| Συντελεστής ισχύος (Σ.Ι.) ή Power Factor (P.F.) | 82 |
| 6.1 Ορισμοί..... | 82 |
| 6.2 Αντιστάθμιση του φορτίου του οινοποιείου..... | 84 |
| 6.3 Αυτόματη αντιστάθμιση..... | 85 |
| Βιβλιογραφία | 88 |

Κατάλογος Εικόνων και Σχημάτων

Εικόνα 1.1: Η στάση του σώματος υποδηλώνει το “ιερόν” της οινοποίησης στην Αρχαία Ελλάδα

Εικόνα 1.2: “Συνδαιτυμόνες και συμποσιαζόμενοι επί των ανακλίντρων ιστάμενο”

Εικόνα 1.3 : Διαδικασία τρύγου, έκθλιψης - αποβοστρώχωσης και αποθήκευσης του οίνου σε πήλινα δοχεία στην Αρχαία Ελλάδα

Εικόνα 1.4 : Αγγειογραφία ξύλινης κάδης συμπίεσης σταφυλιών

Εικόνα 1.5 : Πόσιν, βρώσιν και φιλοσοφείν

Εικόνα 1.6 : Τροφοδοσία κάδης σταφυλιών και εκροή οίνου

Εικόνα 1.7 : Το αρχαιότερο οινοποιείο (ανασκαφή)

Εικόνα 1.8 : “Το παρά πότον φιλοσοφείν” πανάρχαιο Ελληνικό έθιμο

Εικόνα 1.9 : Πατητήρια σταφυλιών της Βυζαντινής περιόδου (ανασκαφή στο Ισραήλ)

Εικόνα 2.1 : Τυπική μορφή κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα

Εικόνα 2.2 : Κατασκευαστική μορφή τυλίγματος κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα

Σχήμα 2.1 : α. Διπολική μηχανή, β. Σύνδεση αστέρα

Σχήμα 2.2 : Ανάπτυγμα τριφασικού τυλίγματος και η παραγωγή ΜΕΔ της φάσης as

Σχήμα 2.3 : α. Τύλιγμα φάσης as β. ΜΕΔ στο διάκενο

Σχήμα 2.4 : Παραγωγή στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου διαδοχής ABC σε μια περίοδο

Εικόνα 2.3 Δρομέας Ασύγχρονης Μηχανής Δακτυλιοφόρου Δρομέα και Βραχυκυκλωμένου

Σχήμα 2.5 Ηλεκτρικό ισοδύναμο του επαγωγικού κινητήρα

Σχήμα 2.6 Τυπική χαρακτηριστική ροπής α. Και ρεύματος β. επαγωγικού κινητήρα

Σχήμα 2.7 : Επιπτώσεις της μεταβολής της αντίστασης του δρομέα στη ροπή

Σχήμα 2.8: Τυπικές χαρακτηριστικές ανάλογα με την κλάση

Σχήμα 2.9 : Έλεγχος της ταχύτητας με την μεταβολή της αντίστασης του δρομέα

Σχήμα 2.10 : Ροπή – στροφές με παράμετρο την τάση τροφοδοσίας

Σχήμα 2.11 : Ρυθμιστής εναλλασσόμενης τάσης α. Σε αστέρα β. Σε τρίγωνο

Σχήμα 2.12 : Έλεγχος ταχύτητας με μεταβολή της συχνότητας. α. Για συχνότητες μικρότερης της βασικής και β. Για συχνότητες μεγαλύτερης της βασικής. Με σταθερή τάση.

Σχήμα 2.13 : Κυκλωματική δομή του τριφασικού αντιστροφέα πηγής τάσης

Σχήμα 2.14 : Πολικές και φασικές τάσεις στην έξοδο του αντιστροφέα

Πίνακας 3.1 Πίνακας διατομών

Εικόνα 4.1 : Τυπική μορφή σταφυλοδόχου

Εικόνα 4.2 : Σπαστήρας σταφυλιών

Εικόνα 4.3 : Αντλία Μοποριμπ

Εικόνα 4.4 : Φυγοκεντρικός απορροφητήρας

Εικόνα 4.5 : Αντλία λυμάτων

Εικόνα 4.6 : Ψυκτική μηχανή

Εικόνα 4.7 : Αντλία κυκλοφορίας ψυκτικού υγρού

Εικόνα 4.8 : Πιεστήριο συνεχούς ροής

Εικόνα 5.1 : Τυπική μορφής πινακίδας ηλεκτροκινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα

Πίνακας 5.1 : Επιλογή διατομών ανάλογα με το διερχόμενο ρεύμα καθώς και του τρόπου εγκατάστασης

Πίνακας 5.2 : Ασφάλειες τήξεως μέχρι 100A

Πίνακας 5.3 : Ασφάλειες τήξεως μέχρι 160A

Πίνακας 5.4 : Τριπολικοί ηλεκτρονόμοι χαμηλής τάσης

Πίνακας 5.5 : Θερμικοί ηλεκτρονόμοι ηλεκτροκινητήρων

Πίνακας 5.6 : Ονοματολογία και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά κινητήρων

Πίνακας 5.7 Στοιχεία παροχών μεμονωμένων καταναλωτών Χ.Τ.

Σχήμα 6.1 α) Αριστερά φαίνεται ένα R – L φορτίο με τις αντίστοιχες κυματομορφές V και I.

β) Δεξιά στο ίδιο R- L φορτίο έχει προστεθεί πυκνωτής C με τις αντίστοιχες κυματομορφές.

Σχήμα 6.2 Η προσθήκη του πυκνωτή C έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της άεργης ισχύος κατά Q1 – Q2

Εικόνα 6.1 Αυτόματος ρυθμιστής αέργου ισχύος.

Εικόνα 6.2 Πίνακας αυτόματης διόρθωσης $\cos\phi$

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αυτή η εργασία θα περιλαμβάνει μια μικρή και σύντομη παρουσίαση της παραγωγής οίνου από τα "βάθη" της μυθολογίας μέχρι και σήμερα. Θα ακολουθήσουν σύντομα ιστορικά στοιχεία καταλήγοντας με το ότι πιο σύγχρονο υπάρχει στη σημερινή εποχή.

Θα παρουσιαστούν όλα τα μηχανήματα που συμμετέχουν σε μια σύγχρονη μονάδα παραγωγής οίνου, καθώς και η διάταξη τους στο χώρο του οινοποιείου για αποδοτικότερη παραγωγή. Θεωρητική ανάλυση των ηλεκτρικών μηχανών (κινητήρων) καθώς και των αντίστοιχων μηχανικών φορτίων που καλούνται να οδηγήσουν οι παραπάνω κινητήρες. Πράγμα αναγκαίο για την ολοκλήρωση του έργου παραγωγής του τελικού προϊόντος.

Για κάθε ηλεκτρικό φορτίο ξεχωριστά θα γίνει η σχετική ηλεκτρολογική μελέτη (απαιτήσεις ρεύματος, τάσης κλπ) με στόχο την κατάληξη της επιλογής ηλεκτρολογικού εξοπλισμού.(καλώδια, μέσα προστασίας, ηλεκτρικοί πίνακες κλπ). Θα εκτιμηθεί η συνολική ηλεκτρική ισχύς η οποία θα οδηγήσει στον τύπο παροχής που θα ζητηθεί από τον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας.

Η εργασία θα τελειώσει με την αντιμετώπιση πιθανών προβλημάτων που θα δημιουργήσει η ζεύξη και η λειτουργία των φορτίων του οινοποιείου με το υφιστάμενο δίκτυο ηλεκτροδότησης (διαταραχές και παραμορφώσεις ηλεκτρικών μεγεθών).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Ιστορική αναδρομή

Στο βάθος των προϊστορικών χρόνων χάνονται τα ίχνη της αμπέλου. Η αμπελουργία γνωστή από τους προϊστορικούς χρόνους, ξεκίνησε από την Ασία. Στην Ελλάδα σύμφωνα με τη μυθολογία την έφερε ο Βάκχος από τις Ινδίες. Από τον ελλαδικό χώρο η καλλιέργεια της αμπέλου επεκτάθηκε και στην υπόλοιπη Ευρώπη, αρχικά στη Σικελία και στα παράλια της νοτίου Ιταλίας από Έλληνες εποίκους, και στη συνέχεια στην Ισπανία και τη μεσημβρινή Γαλλία, όπου το εθνικό ποτό ήταν ο ζύθος από κριθάρι, και από τους Ρωμαίους κατακτητές στη βόρεια Γαλλία, Γερμανία, Ουγγαρία, Βρετανία και αλλού.

Από τα είδη της αμπέλου (γένος *Vitis*) χρησιμοποιείται κυρίως το είδος *Vitis Vinifera*, και από αυτήν προέρχεται η τεράστια ποικιλία τύπων σταφυλιού που χρησιμοποιούνται στην οινοποιία. Η *Vitis Vinifera* κατάγεται από τα νότια του Καυκάσου και της Κασπίας θάλασσας, πέρασε στην Ασία, όπου ο χυμός των σταφυλιών ονομάστηκε Βύνος, από το επίθετο του θεού των Αρίων. Βύνος σημαίνει αγαπητός. Από τον Βύνο προέρχεται η λέξη οίνος.



Εικόνα 1.1: Η στάση του σώματος υποδηλώνει το "ιερόν" της οινοποιίας στην Αρχαία Ελλάδα

Οι πρώτοι κάτοικοι του ελλαδικού χώρου δεν γνώριζαν την τέχνη της οινοποίησης. Υπάρχουν ενδείξεις για την κατανάλωση οίνου, εισαγόμενου από τη Μικρά Ασία, τη Βαβυλωνία, και την Αίγυπτο. Για την εισαγωγή οίνου από την Ασία και την Αίγυπτο αρχικά, και αργότερα την αμπελοκαλλιέργεια και την παραγωγή οίνου στην Ελλάδα μαρτυρούν τα αρχαιολογικά ευρήματα, οι σχετικές αναφορές σε αρχαία κείμενα, τα σκεύη οικιακής χρήσης, αποθήκευσης, και μεταφοράς του οίνου, και οι παραστάσεις σε αμφορείς, πίθους, αγγεία.

Ο Ομηρος χαρακτηρίζει «πολυστάφυλον» την Άρνη της Βοιωτίας και την Ιστιαία, «αμπελόεσσαν» την Επίδαυρο της Αργολίδας, «Πήδασον αμπελόεσσαν» τη Μεθώνη της Μεσσηνίας. Ο Πίνδαρος ονομάζει «Μύσιον αμπελόεν Πεδίον» την αρχαία Μυσία, ο Στράβων «σφόδρα ευάμπελον» την ασιατική πόλη Πρίαπο και τις γειτονικές της, ο Αθήναιος μαρτυρεί για τις αμπελόφυτες εκτάσεις στις όχθες του Νείλου. Τις αμπελουργικές εργασίες και την οινοποίηση στην αρχαιότητα, περιγράφουν ο Θεόφραστος στα έργα του «Φυτών Ιστορίαι», «Φυτών Αιτίαι», «περί Οσμών», ο Βιργίλιος στα Γεωργικά, ο Πλίνιος, ο Κασσιανός Βάσσοσ στα «Γεωπονικά», και διάφοροι άλλοι.

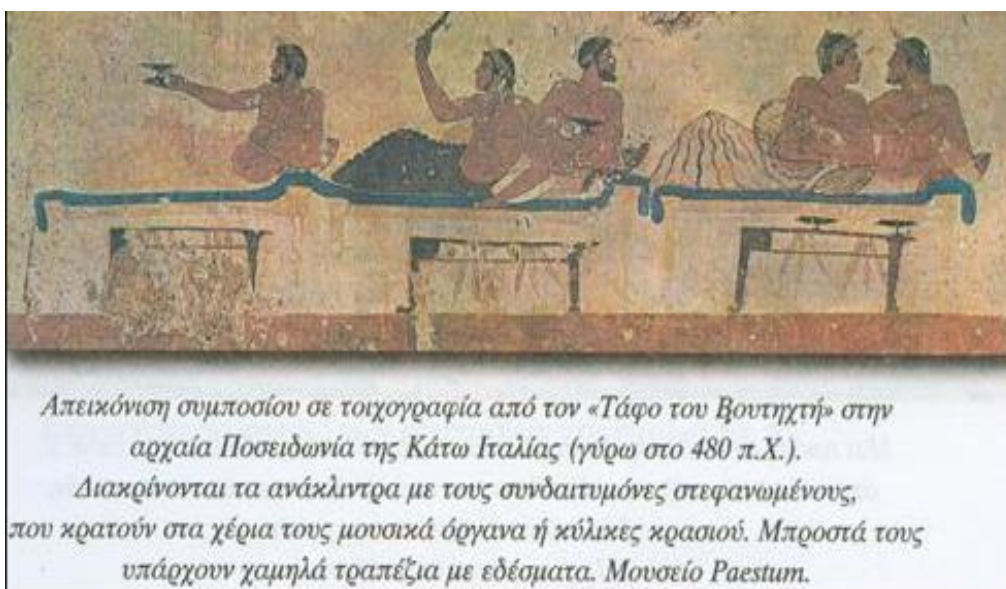
Ονομασίες πόλεων όπως Οινόη, Οινούς, Οινοποιάς (η Αίγινα), Οινούσαι, Οινόφυτα μαρτυρούν για τη διαδεδομένη καλλιέργεια της αμπέλου και την οινοποίηση στον ελλαδικό χώρο. Σπέρματα της αμπέλου από την εποχή του ορείχαλκου βρέθηκαν στα σπήλαια της Τίρυνθας και του Ορχομενού, απολιθωμένα φύλλα και σπέρματα αμπέλου στη μεσημβρινή Ευρώπη, φύλλα και σπέρματα αμπέλου σε αιγυπτιακούς τάφους της 6ης χιλιετηρίδος π.Χ. Η αρχαιότερη ύπαρξη κρασιού στην Ελλάδα της Εποχής του Χαλκού αποδεικνύεται από τα αποτελέσματα των αναλύσεων των ευρημάτων σε πίθους που έφεραν στο φως οι ανασκαφές στη Μύρτο, πρωτομινωικό οικισμό της 3ης χιλιετηρίδος π.Χ., στη νότια ακτή της Κρήτης. Από τις εξετάσεις των οργανικών υπολειμμάτων που ανακτήθηκαν από θραύσματα τοιχωμάτων πίθων (υπολείμματα πατημένων σταφυλιών, γίγαρτα, φλοιοί, βλαστοί) που βρέθηκαν στη Μύρτο επιβεβαιώθηκε η ύπαρξη προϊόντος σταφυλιών, με σαφή ένδειξη προσθήκης ρητίνης, αφού ανιχνεύθηκαν

διτερπενοειδή οξέα ρητίνης. Οι επιστημονικές αναλύσεις μιας τριποδικής χύτρας εποχής 1900-1700 π.Χ., που βρέθηκαν στη Μύρτο, αποκαλύπτουν κρασί με ρητίνη αποθηκευμένο σε καπνισμένο δρύινο βαρέλι ή με προσθήκη καπνισμένων κομματιών δρυός μέσα στο βαρέλι, όπως δείχνουν οι λακτόνες δρυός που ανιχνεύθηκαν. Η ξεχωριστή γεύση την οποία προσδίδει στο κρασί μια τέτοια προσθήκη μοιάζει με τη σημερινή του σκωτσέζικου ουίσκι.

Σε κωνικά κύπελλα της ίδιας εποχής που βρέθηκαν στον οικισμό Αποδούλου στην Κοιλιάδα του Αμαρίου στην Κρήτη, οι αναλύσεις έδειξαν ότι περιείχαν κρασί αρωματισμένο με ρητίνη τερεβίνθου. Σε τριποδικές χύτρες από τον ίδιο οικισμό, βρέθηκε φωσφορικό οξύ, ένωση που έχει βρεθεί και σε κάδους ζυθοποιίας πριν από το 3000 π.Χ. στην Ιεράκων Πόλη στην Ανω Αίγυπτο και που μαζί με την 2-οκτανόλη που ανιχνεύθηκε, θεωρείται ότι δείχνει την ύπαρξη ζύθου.

Στις Μυκήνες, οι αναλύσεις θραυσμάτων τοιχωμάτων αμφορέων, ψευδόστομων αμφορέων, χανανίτικων ή συροπαλαιστινιακών αμφορέων (πήλινα αγγεία, κωνικά, με μέσο ύψος περίπου 50 εκ.), πίθων, και κυλίκων, έδειξαν ότι περιείχαν διάφορα είδη κρασιού: απλό, με ρητίνη, με κάποιο προϊόν που δεν παρασκευαζόταν με ζύμωση (ίσως χυλό ή υδρόμελι).

Οι αναλύσεις των ευρημάτων σε αγγεία (τριποδικές χύτρες, μαγειρικές λεκάνες, μαγειρικούς αμφορείς, κωνικά κύπελλα, ρυτά), από την Κρήτη, τις Μυκήνες, και την Ηπειρωτική Ελλάδα και την Κύπρο, στα 1600-1100 π.Χ. παρέχουν ενδείξεις για την παρουσία βοτάνων στο κρασί και στο κρασί με ρητίνη όπως? απήγανο, λεβάντα, δάφνη, φασκόμηλο, αλλά και οδηγούν στην πιθανότητα ύπαρξης ενός ανάμεικτου ζυμωμένου ποτού αποτελούμενου από κρασί, ζύθο από κριθάρι, και υδρόμελι, αλλά και μέλι, τρυγικό οξύ, λάδι, κεριά μελισσών (θεωρουμένου ότι το λάδι και το κεριά χρησιμοποιούνταν για τη συντήρηση του κρασιού και την σφράγιση των δοχείων). Ίσως όμως τα ευρήματα αυτά να ερμηνεύονται και από τη διαδοχική χρήση των αγγείων για κρασί, ζύθο από κριθάρι, και υδρόμελι.



Εικόνα 1.2: “Συνδαιτυμόνες και συμποσιαζόμενοι επί των ανακλίντρων ιστάμενο”

1.1 Διαδικασία οινοποίησης στην Αρχαία Ελλάδα

Η καλλιέργεια της αμπέλου και η παραγωγή οίνου στην Ελλάδα ξεκινάει από τον 15ο αιώνα π.Χ. Οι αρχαίοι μνημονεύουν με επαίνους τους οίνους της Μαρώνειας στη Θράκη (με μαρώνιο οίνο μέθυσε ο Οδυσσέας τον Κύκλωπα Πολύφημο), της Λέσβου, της Θάσου, της Κω, της Πάρου, της Χίου, της Ικαρίας (στην πόλη Πριάμη της Ικαρίας ορισμένοι αποδίδουν και τον περίφημο «ιαματικό και πολύτροφο» Πράμναιο οίνο).

Οι αρχαίοι Έλληνες δεν ξεχώριζαν τον οίνο μόνο σε παλιό και νέο, αλλά και σε λευκό, μέλανα, κίρρον (ξανθόν), και ερυθρόν, και σε γλυκύν και αυστηρόν, σε λεπτόν και παχύν, ευώδη και ουχί ευώδη, αλλά και σε αδύνατο, μέτριο και δυνατόν. Οίνο κατασκεύαζαν όχι μόνο από σταφύλια, αλλά και από σταφίδες (αποξηραμένα σταφύλια), και από άλλα προϊόντα όπως σύκα, ρόδια, μήλα, απίδια, κυδώνια, φοίνικες. Επίσης καταναλώνουν αρωματισμένους οίνους με προσθήκη ρητίνης, πίσσας, ίων, ρόδων, αλλά και ανακατεμένους με αλάτι ή θαλάσσιο ύδωρ

(τεθλασσωμένους) καθώς και ανακατεμένους με κριθίνο αλεύρι και τριμμένο τυρί (κυκεώνας), και παρασκευάζουν σταφιδίτη οίνο (από σταφίδες), και σίρειον οίνο τον οποίο βράζουν και παίρνουν το σίρειον (πετιμέζι).

Οι αρχαίοι Έλληνες εισήγαγαν και τον όρο «ανθοσμία» (δηλαδή bouquet) που αφορά την προτιμώμενη οινώδη οσμή των παλαιότερων οίνων όπως ο σαπρίας.

Οι αρχαίοι υποψιαζόταν και την ύπαρξη οينوπνεύματος στον οίνο, παρατηρώντας κάποια εύφλεκτη ουσία σε αυτόν, χωρίς να καταφέρουν να την απομονώσουν. Ο Αριστοτέλης στα μετεωρολογικά του αναφέρει ότι ο οίνος περιέχει «ελαφράν τινά ατμίδα», για αυτό και αναφλέγεται.



Εικόνα 1.3 : Διαδικασία τρύγου, έκθλιψης - αποβοστρύχωσης και αποθήκευσης του οίνου σε πήλινα δοχεία στην Αρχαία Ελλάδα

Ανατρέχοντας στις παλαιότερες γραπτές μαρτυρίες για την ιστορία του οίνου πρώτο (και πρωτόγονο) οينوποιό συναντάμε τον Νώε, ο οποίος φύτεψε αμπέλι, έστυψε τα σταφύλια, ήπια το χυμό τους, και αφού μέθυσε, ξεγυμνώθηκε. Ο Νώε ήπια το χυμό, κρασί όμως δεν ήπια, όπως δεν είχε πια και ο Φαραώ, στη γνωστή ιστορία με την Ιωσήφ, του οποίου ο οينوχόος ονειρεύτηκε κλήμα με σταφύλια από τα οποία κόβει και στύβει για να τα προσφέρει στον κύριό του. Το όνειρο

ερμηνεύτηκε θετικά από τον Ιωσήφ και επαληθεύτηκε. Και από τον Αρτεμίδωρο η κατανάλωση καλού κρασιού και σε μικρή ποσότητα στα όνειρα έχει θετική ερμηνεία.

Έτσι και στην αρχαία Ελλάδα η έκθλιψη ή εκχύμωση των σταφυλιών γίνεται ή με τα χέρια χρησιμοποιώντας όχι μόνο τα δάχτυλα, αλλά και τους πήχεις και τους αγκώνες, αφού πρώτα αφαιρούσαν τους βοστρύχους (κοτσάνια), οπότε το γλεύκος που παραγόταν με αυτόν τον τρόπο, και λεγόταν κάρμα, ήταν ανώτερης ποιότητας και λαμβανόταν ο εκλεκτότερος οίνος, γιατί οι πατημένοι και σπασμένοι βόστρυχοι προσδίνουν χορτώδη γεύση στον παραγόμενο οίνο και υποβαθμίζουν την ποιότητα του, ή με τα πόδια σε ληνούς (πατητήρια). Αυτός ο τρόπος εκχύμωσης, βασισμένος στη μυϊκή δύναμη του ανθρώπου τροφосуλλέκτη, διαρκεί επί αιώνες, και μόνο στους νεότερους χρόνους χρησιμοποιήθηκαν τα μηχανικά πιεστήρια.

Για την έκθλιψη αποβοστρύχωση των σταφυλιών χρησιμοποιούσαν σουρωτήρια δηλαδή πήλινους ηθμούς ή πλεγμένα σχοινιά ή ρηχά πανέρια από λυγαριά, που τοποθετούσαν πάνω σε λεκάνες, κάδες, δεξαμενές, και μέσα σε αυτά χώριζαν τις ράγες από τους βοστρύχους και τις έθλιβαν με τα χέρια. Καθώς έσπαζε ο φλοιός των ραγών, ο χυμός που έρρεε περνούσε από τις οπές στο χώρο υποδοχής συλλογής, και έτσι διαχωριζόταν από τα στερεά υπολείμματα των σταφυλιών. Αν όμως οι οπές ήταν μεγάλες, τότε περνούσαν μαζί με το χυμό και οι σπασμένες ράγες, και τότε ο παραγόμενος οίνος προερχόταν από γλεύκος εμπλουτισμένο κατά την ζύμωση με χρωστικές, αρώματα, και άλλα συστατικά των στερεών μερών της ράγας και του φλοιού της.



Εικόνα 1.4 : Αγγειογραφία ξύλινης κάδης συμπίεσης σταφυλιών

Στην ελληνική αγγειογραφία σώζονται εικόνες από αρχαίους ξύλινους ληνοούς με πλέγμα. Ξύλινη τράπεζα με οριζόντιο πλέγμα πάνω στο οποίο πιέζουν τα σταφύλια με τα χέρια, και ένα επικλινές ξύλινο επίπεδο από κάτω, το οποίο οδηγεί σε κάδη όπου συλλέγεται ο χυμός, ενώ οι βόστρυχοι μένουν πάνω στο πλέγμα και απομακρύνονται με τα χέρια, είναι ακόμη σε λειτουργία σε ορισμένα ελληνικά χωριά και σε νησιά.



Εικόνα 1.5 : Πόσιν, βρώσιν και φιλοσοφείν

Άλλη αρχαία τεχνική για την εκχύμωση των σταφυλιών, αλλά και άλλων καρπών ήταν το σακκίζειν, το σούρωμα μέσα σε ύφασμα ή υφασμάτινους σάκκους, που γινόταν είτε με τη μυϊκή δύναμη των χεριών ή των ποδιών, είτε με τη βοήθεια δύο ξύλινων ράβδων και με περιστροφή του σάκκου, είτε με την ανάρτηση του σάκου

σε δύο ξύλινους ορθοστάτες καλά στερεωμένους στο έδαφος, και στην συνέχεια στρίψιμο και στίψιμο.

Ο σάκκος αυτός ήταν ένα είδος πιεστηρίου, το πιο απλό και το από πιο παλιά γνωστό όργανο εκχύμωσης, χρησιμοποιείται δε και σήμερα σε φτωχά μέρη, μεταξύ των οποίων και σε χωριά της Κορσικής, όπου ο σάκκος ονομάζεται *saccula*, γεγονός που δείχνει ότι η αρχέγονη αυτή τεχνική έφθασε εκεί από την Ελλάδα.

Το πάτημα των σταφυλιών με τα πόδια στην αρχή γινόταν μέσα σε δεξαμενή έκθλιψης της οποίας τα κατακόρυφα τοιχώματα έφθαναν μέχρι τους αστραγάλους των πατητάδων, αλλά με το χρόνο εξελίχθηκε σε απερυψωμένο οικοδόμημα (δεξαμενή) με έναν ή πολλούς κρούους εκροής του γλεύκους σε μικρότερη δεξαμενή. Οι μεταγενέστεροι χώροι έκθλιψης σταφυλιών, μικρές παραλλαγές παρουσίασαν.



Εικόνα 1.6 : Τροφοδοσία κάδης σταφυλιών και εκροή οίνου

Απορίες γεννά ο Όμηρος που θέλει τον Οδυσσέα να θαυμάζει το κτήμα του βασιλιά των Φαίακων Αλκίνοου, και μας πληροφορεί ότι μέσα στον αμπελώνα υπήρχε ένας χώρος θειλόπεδον για το λιάσιμο των σταφυλιών, όπου και ετράπεον, δηλαδή έθλιβαν, τα σταφύλια.

Είναι πιθανό η έκθλιψη και εκχύμωση των λιαστών και μισοσταφιδιασμένων σταφυλιών να γινόταν με πίεση, αφού τα τοποθετούσαν σε αλληπάλληλες στρώσεις ανάμεσα σε πανιά, όπως γίνεται και με τις ελιές, και να τα χτυπούν με ξύλινους κόπανους, τεχνική που εξακολουθούν να εφαρμόζουν και σήμερα στη Σάμο, αλλά και στη Σαντορίνη όπου η παρασκευή του πολύ γλυκού Vinsanto από μούστο με γράδο πάνω από 25 μπωμέ, γίνεται από ψημένα σταφύλια που δεν είναι δυνατόν να τα εκθλίψουν με τα πόδια. Σε όλη την ιστορία του οίνου, τα ψημένα στον ήλιο σταφύλια δεν τα πατούσαν, για να τα εκχυμώσουν τα έτριβαν σε τριπήρες όπως τις ελιές. Σε πολλά μέρη της Ελλάδας χρησιμοποιούσαν μέχρι προσφάτως την πρωτόγονη μέθοδο να κυλάνε μία λίθινη κυλινδρική κολώνα τυμπανοειδούς σχήματος, πάνω στις απλωμένες σε μια στέρεη λίθινη βάση ελιές. Ένα ίδιο λίθινο σύστημα σύνθλιψης, τριβείο με τριπήρα, που βρέθηκε στην Κρήτη ανάγεται στο 2160 1700 π.Χ., και παρόμοιο βρέθηκε στο Χαμαλεύρι, παραλιακή Κοινότητα, 10 χλμ ανατολικά από το Ρέθυμνο, και ανάγεται στα 2160 1700 π.Χ. περίπου.

Κατά την Κλασική και Ελληνιστική εποχή, σε περιοχές μεγάλης οινικής παραγωγής (Κύπρο, Κρήτη) χρησιμοποιούσαν για τον ίδιο σκοπό λίθινους κυλινδρους, τους κυλινδρικούς σπαστήρες, οι οποίοι ταιριάζουν και με τον τρόπο που στην αυλή του Ομηρικού Αλκίνοου έθλιβαν τα μισοσταφιδιασμένα σταφύλια, ετράπεον γύριζαν, έστρεφαν, διεύθυναν μπρος πίσω τους (κυλινδρικούς) σπαστήρες.

Κατά τον Πολυδεύκη, σταφυλοβολείον καλούσαν το μέρος όπου οι τρυγητάδες απέθεταν τα σταφύλια, και ληνό το κτίσμα όπου πατούσαν τα σταφύλια. Η λέξη ληνός έχει διπτή έννοια: δεξαμενή έκθλιψης, και κτίσμα που στέγαζε τα πατητήρια

και το σταφυλοβολεΐον, το οποίο χαρακτηριζόταν και ως ταμειΐον. Στα οινοποιεία της σύγχρονης εποχής υπάρχουν τέτοιες δεξαμενές, οι σταφυλοδόχοι.

Ένα οργανωμένο οινοποιείο της ελληνιστικής και ρωμαϊκής εποχής στέγαζε: μία ληνό για την έκθλιψη των σταφυλιών με τα πόδια, ένα χώρο απόθεσης των σταφυλιών, ένα ζεύγος τουλάχιστον πιεστηρίων για την εκπίεση των στεμφύλων, για να μη διακοπούν οι εργασίες του τρύγου σε περίπτωση βλάβης αν υπήρχε μόνο ένα πιεστήριο.

Τον χυμό (γλεύκος) που εκρέει πριν από την έκθλιψη των σταφυλιών με τα πόδια, εξ αιτίας της διάρρηξης του φλοιού μέρους των ραγών από το βάρος των υπερκείμενων σταφυλιών, ονόμαζαν πρότροπο. Γλεύκος ονόμαζαν τον χυμό που έρρεε μετά το πάτημα στα πατητήρια.

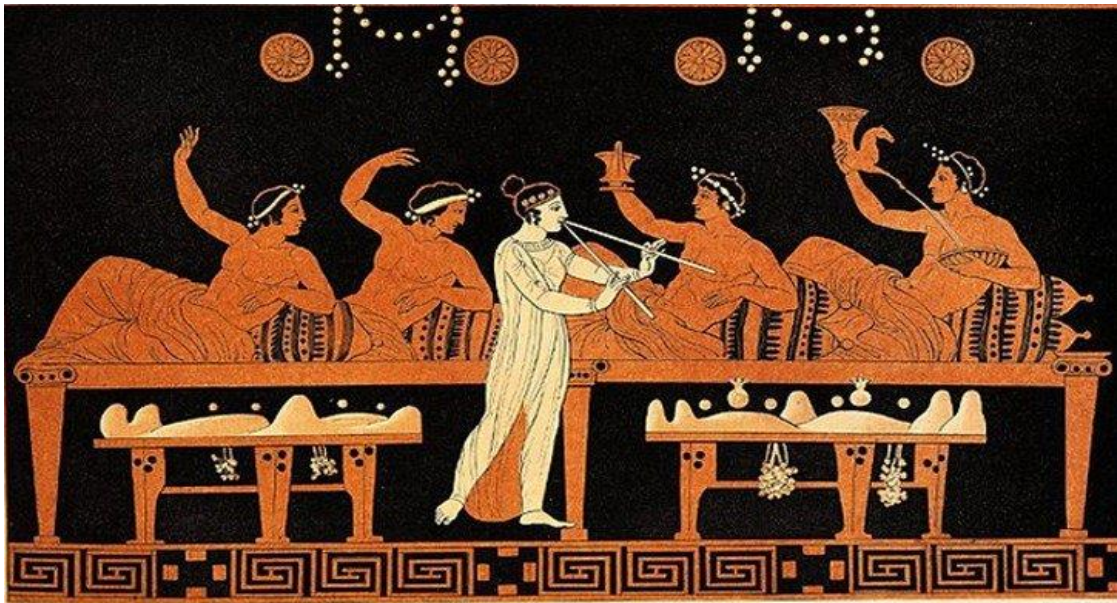


Εικόνα 1.7 : Το αρχαιότερο οινοποιείο (ανασκαφή)

1.2 Συμπόσια στην Αρχαία Ελλάδα

Στην αρχαία Ελλάδα ο οίνος ήταν απαραίτητος στις φιλοσοφικές και κοινωνικές συζητήσεις που συνήθως γινόταν στα συμπόσια, όπου οι συμμετέχοντες ανταλλάσσαν ιδέες για ποικίλα θέματα. Το αρχαίο συμπόσιο άρχιζε από την εσπέρα και τελείωνε το πρωί. Η συνάθροιση γινόταν σε σπίτια, συμμετείχαν μόνο άνδρες που συζητούσαν τρώγοντας ξαπλωμένοι σε ανάκλιντρα τοποθετημένα έτσι ώστε να βλέπουν τα πρόσωπά τους. Το δείπνο θεωρείτο δευτερεύον, διαρκούσε λίγο, και μετά από αυτό, αφού καθάριζαν το πάτωμα, το χώρο γενικά, και τα χέρια τους, άρχιζε ο πότος, ο οποίος εξακολουθούσε μέχρι το πρωί, και κατά τον οποίο διεξαγόταν η συζήτηση. Στην αρχή οι συμπότες έπιναν λίγο άκρατο οίνο και μετά άρχιζε η οινοποσία με κεκραμένο οίνο. Το «παρά πότον φιλοσοφείν» είναι πανάρχαιο ελληνικό έθιμο. Ο Όμηρος, περιγράφει το λαϊκό συμπόσιο στην Πύλο γνωστό ως «δείπνο των θεών» (Οδύσσεια Γ στ. 5-9, 43-50, 339-341). Ο Πλάτωνας στον Πρωταγόρα συνιστά στους «καλούς και αγαθούς» συμπότες να διασκεδάζουν με ευπρέπεια ακόμη και αν έχουν πει πολύ «κοσμίως, καν πάνυ πολύν οίνον πίωσιν». Και πάλι ο Πλάτωνας σημειώνει την πρόταση του Πausανία, στο συμπόσιο που έγινε στο σπίτι του νεαρού ποιητή Αγάθωνος, «μη δια μέθης πίειν, αλλά προς ηδονήν». Στο δε συμπόσιο των επτά σοφών, εκτός από τα συμποσιακά προβλήματα που τέθηκαν σε αυτό, ο Πλούταρχος καταγράφει και τους λόγους του Μνησίφιλου, αναφερόμενους στον τρόπο που καταναλώνεται ο οίνος, θαυμάσιο αξίωμα ισόνομης και δημοκρατικής πολιτείας:

«Καθάπερ τον οίνον μη πλουτίνδην μηδέ παριστίνδην, αλλά εξ ίσου πάσιν ώσπερ εν δημοκρατία νέμεσθαι και κοινόν είναι».



Εικόνα 1.8 : “Το παρά πότον φιλοσοφείν” πανάρχαιο Ελληνικό έθιμο



Εικόνα 1.9 : Πατητήρια σταφυλιών της Βυζαντινής περιόδου (ανασκαφή στο Ισραήλ)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Μηχανές Οινοποιείου

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια παρουσίαση της ασύγχρονης επαγωγικής μηχανής (κινητήρας). Αφού είναι η πλέον ενδεδειγμένη για αυτήν την παραγωγική διαδικασία. Θα αναφερθεί η αρχή λειτουργίας της μηχανής και θα τονιστούν τα ιδιαίτερα πλεονεκτήματα έναντι άλλων μηχανών για την συγκεκριμένη εφαρμογή. Ο τρόπος μετάδοσης της κίνησης από την μηχανή μέχρι το τελικό φορτίο. Τέλος, θα γίνει αναφορά και επεξήγηση των τρόπων εκκίνησης και ζεύξης της μηχανής με το ηλεκτρικό δίκτυο.

2.1 Κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος – αρχή λειτουργίας

Οι μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: τις σύγχρονες (synchronous) και τις ασύγχρονες ή επαγωγικές μηχανές. Οι σύγχρονες μηχανές, αντίθετα από τις επαγωγικές, χρησιμοποιούνται κυρίως ως γεννήτριες.

Οι κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος, όλων των κατηγοριών, έχουν την ίδια αρχή λειτουργίας. Σύμφωνα μ' αυτή, ο δρομέας του κινητήρα στρέφεται από τη ροπή, η οποία τείνει να ευθυγραμμίσει τα μαγνητικά πεδία του αναπτύσσουν τα τυλίγματα του στάτη και του δρομέα. Αν το μαγνητικό πεδίο του στάτη μπορούσε να στραφεί, τότε η αναπτυσσόμενη ροπή θα ανάγκαζε το δρομέα να ακολουθεί το μαγνητικό πεδίο του στάτη. Επομένως, η λειτουργία όλων κινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος στηρίζεται στη δυνατότητα παραγωγής από το τύλιγμα του στάτη ενός στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου.

Στους σύγχρονους κινητήρες η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα είναι ίση με την ταχύτητα που στρέφεται το πεδίο του στάτη. Αντίθετα, στους ασύγχρονους

κινητήρες, η ταχύτητα του δρομέα είναι μικρότερη από εκείνη του στρεφόμενου πεδίου του στάτη και εξαρτάται από το μέγεθος του φορτίου.

2.2 Δομή μηχανών εναλλασσόμενου ρεύματος

Στις μηχανές συνεχούς ρεύματος ο στάτης αποτελείται από το ζύγωμα, πάνω στον οποίο στηρίζονται οι μαγνητικοί πόλοι. Οι μαγνητικοί πόλοι προεξέχουν από το κυλινδρικό ζύγωμα και ονομάζονται έκτυποι πόλοι (*salient poles*). Το τύλιγμα της διέγερσης, που φέρουν οι πόλοι του στάτη, τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα και παράγει ένα σταθερό και ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο. Το τύλιγμα του οπλισμού τοποθετείται σε αυλακώσεις, στον κυλινδρικό δρομέα.

Στις μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος, με έμφαση τις σύγχρονες γεννήτριες, οι ρόλοι του στάτη και του δρομέα είναι αντεστραμμένοι, σε σχέση με τις μηχανές συνεχούς ρεύματος. Η μορφή του δρομέα αλλάζει δραστικά, ανάλογα με το είδος της μηχανής εναλλασσόμενου ρεύματος. Ο δρομέας των μηχανών εναλλασσόμενου ρεύματος μπορεί να έχει κυλινδρική δομή με αυλακώσεις, εντός των οποίων τοποθετείται το τύλιγμα. Εναλλακτικά, ο δρομέας μπορεί να έχει πόλους οι οποίοι να προεξέχουν (*salient pole rotor*), όπως οι πόλοι του στάτη στις μηχανές συνεχούς ρεύματος. Στην κατασκευαστική δομή του δρομέα των επαγωγικών κινητήρων, θα αναφερθούμε λεπτομερέστερα στη συνέχεια.



Εικόνα 2.1 : Τυπική μορφή κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα



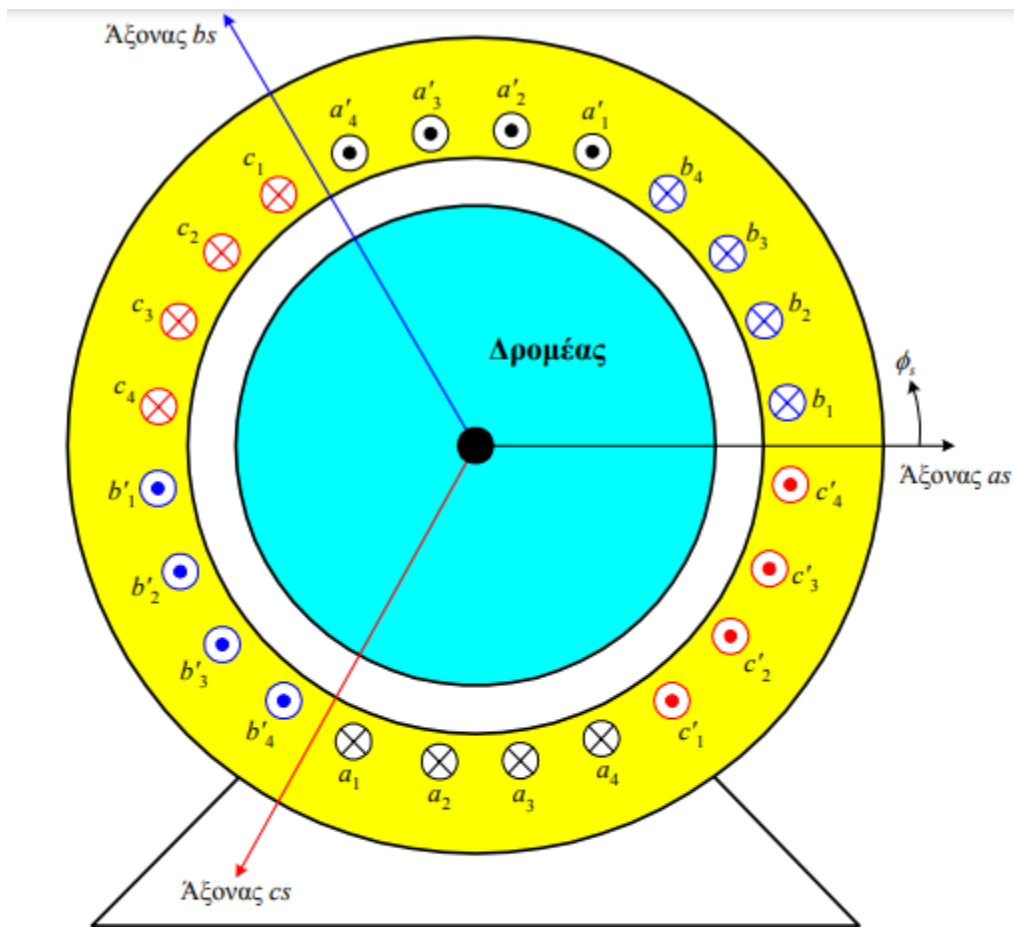
Εικόνα 2.2 : Κατασκευαστική μορφή τυλίγματος κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα

Αντίθετα από το δρομέα, ο στάτης όλων μηχανών εναλλασσόμενου ρεύματος έχει την ίδια κατασκευαστική δομή. Ο στάτης είναι μια κυλινδρική δομή από ελάσματα μονωμένα μεταξύ τους. Στο εσωτερικό του φέρει αυλακώσεις, μέσα στις οποίες τοποθετείται το τύλιγμα του στάτη, όπως εικονίζεται στην Εικόνα. 2.2. Στη συνέχεια θεωρούμε ότι το τύλιγμα του στάτη είναι τριφασικό, οπότε η μηχανή χαρακτηρίζεται ως τριφασική. Όταν το τριφασικό τύλιγμα του στάτη διαρρέετε από ένα τριφασικό σύστημα ρευμάτων, αναπτύσσεται το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο.

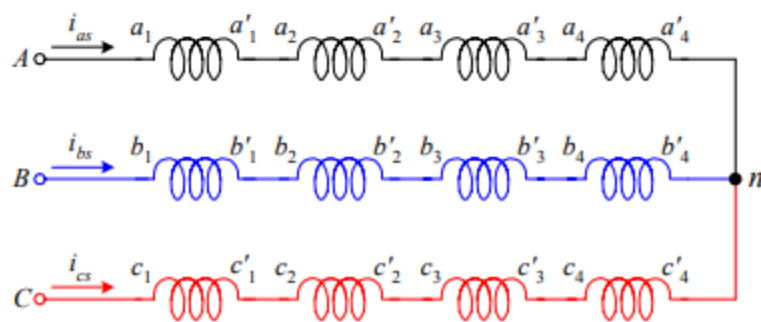
Εκτός από τις τριφασικές μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος, υπάρχουν οι μονοφασικές και οι διφασικές. Οι μηχανές αυτές φέρουν στο στάτη μονοφασικό ή διφασικό τύλιγμα αντίστοιχα. Η χρήση τους είναι περιορισμένη, σε σχέση με τις τριφασικές μηχανές, εξαιτίας των λειτουργικών μειονεκτημάτων που παρουσιάζουν.

2.3 Το μαγνητικό πεδίο (στρεφόμενο)

Στην τριφασική μηχανή, η κάθε φάση του τυλίγματος είναι μετατοπισμένη κατά 120° , σε σχέση με τις άλλες δύο. Οι άξονες a_s , b_s , c_s , δηλώνουν τη θετική φορά των μαγνητικών πεδίων, που παράγουν τα τρία τυλίγματα μόνα τους. Τα τρία τυλίγματα έχουν την ίδια αντίσταση και τον ίδιο αριθμό σπειρών, οπότε το τριφασικό τύλιγμα του στάτη ονομάζεται συμμετρικό. Οι πλευρές των ομάδων (coil sides), κάθε τυλίγματος είναι τοποθετημένες σε αυλάκια (slots), τα οποία σχηματίζουν γωνία (span) 180° στη διπολική μηχανή. Η φορά του ρεύματος σε κάθε πλευρά των ομάδων, οι οποίες αποτελούνται από ορισμένο αριθμό σπειρών, εικονίζεται στο Σχ. 2.1α. Τα άκρα των τεσσάρων ομάδων κάθε τυλίγματος συνδέονται σε σειρά, με τον τρόπο που εικονίζεται στο Σχ. 2.1β. Τα άκρα $a'4$, $b'4$ και $c'4$ από τα τρία τυλίγματα συνδέονται μεταξύ τους, στη σύνδεση αστέρα.



(α)



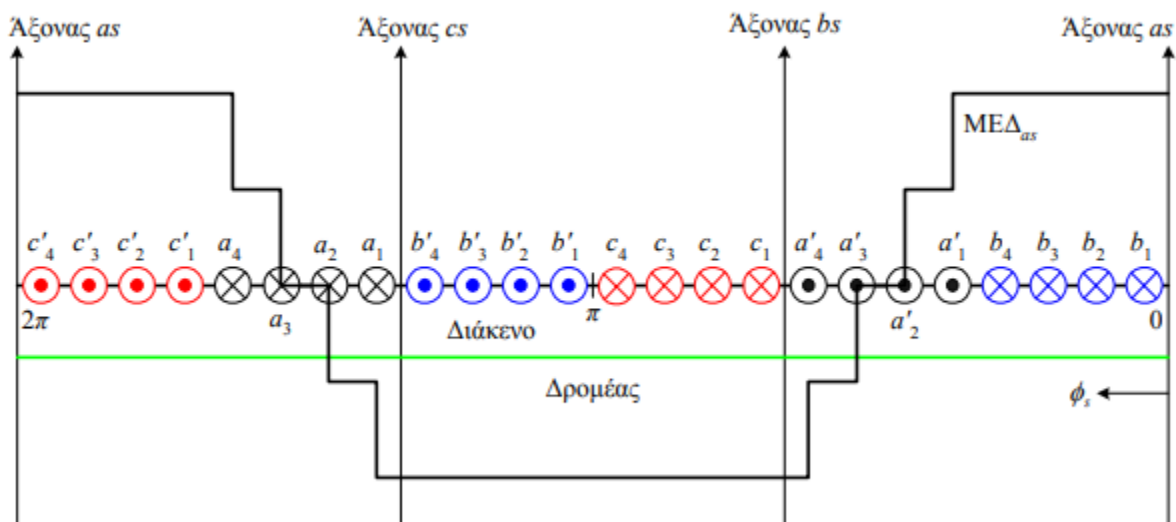
(β)

Σχήμα 2.1 : α. Διπολική μηχανή, β. Σύνδεση αστέρα

Στη στοιχειώδη μηχανή του Σχ. 2.1α, οι πλευρές των ομάδων κάθε τυλίγματος, είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες στην επιφάνεια του στάτη, σε γωνία 60° . Στις πραγματικές μηχανές, οι πλευρές των ομάδων κατανέμονται σε μεγαλύτερη γωνία. Έτσι, στην ίδια αυλάκωση τοποθετούνται οι πλευρές από δύο ομάδες. Επιπλέον, οι ομάδες δεν έχουν τον ίδιο αριθμό σπειρών. Το τύλιγμα του Σχ. 2.1α ονομάζεται

full-pitch, επειδή οι αντίθετες πλευρές των ομάδων σχηματίζουν γωνία 180ο (διπολική μηχανή). Συχνά, οι αντίθετες πλευρές των ομάδων σχηματίζουν γωνία μικρότερη από 180ο, οπότε το τύλιγμα ονομάζεται fractional-pitch.

Στο Σχ. 2.2 εικονίζεται το ανάπτυγμα της στοιχειώδους μηχανής. Ως αρχή των αξόνων θεωρείται ο άξονας as στα δεξιά του σχήματος. Ακόμη, στο Σχ. 2.2 εικονίζεται η μαγνητεγερτική δύναμη ΜΕΔ, που αναπτύσσεται από το τύλιγμα της φάσης as . Η ΜΕΔ as μεταβάλλεται βηματικά στο κέντρο των αγωγών του τυλίγματος. Σημειώνουμε ότι, το μαγνητικό πεδίο διατρέχει ακτινικά το διάκενο. Η ακτινική διεύθυνση του πεδίου οφείλεται στο μικρό πλάτος του διακένου σχετικά με τη διάμετρο του δρομέα και τη μεγάλη μαγνητική του αντίσταση, σε σχέση με εκείνη του σιδήρου στο στάτη και το δρομέα. Η ΜΕΔ που αναπτύσσεται από το τύλιγμα bs (ΜΕΔ bs) έχει την ίδια μορφή με την ΜΕΔ as , αλλά είναι μετατοπισμένη κατά 120ο προς τα αριστερά. Αντίστοιχα, η ΜΕΔ cs είναι μετατοπισμένη κατά 240ο προς τα αριστερά ως προς την ΜΕΔ as . Οι άξονες as , bs , cs , βρίσκονται στο μέσο της μέγιστης θετικής ΜΕΔ κάθε τυλίγματος.



Σχήμα 2.2 : Ανάπτυγμα τριφασικού τυλίγματος και η παραγωγή ΜΕΔ της φάσης as

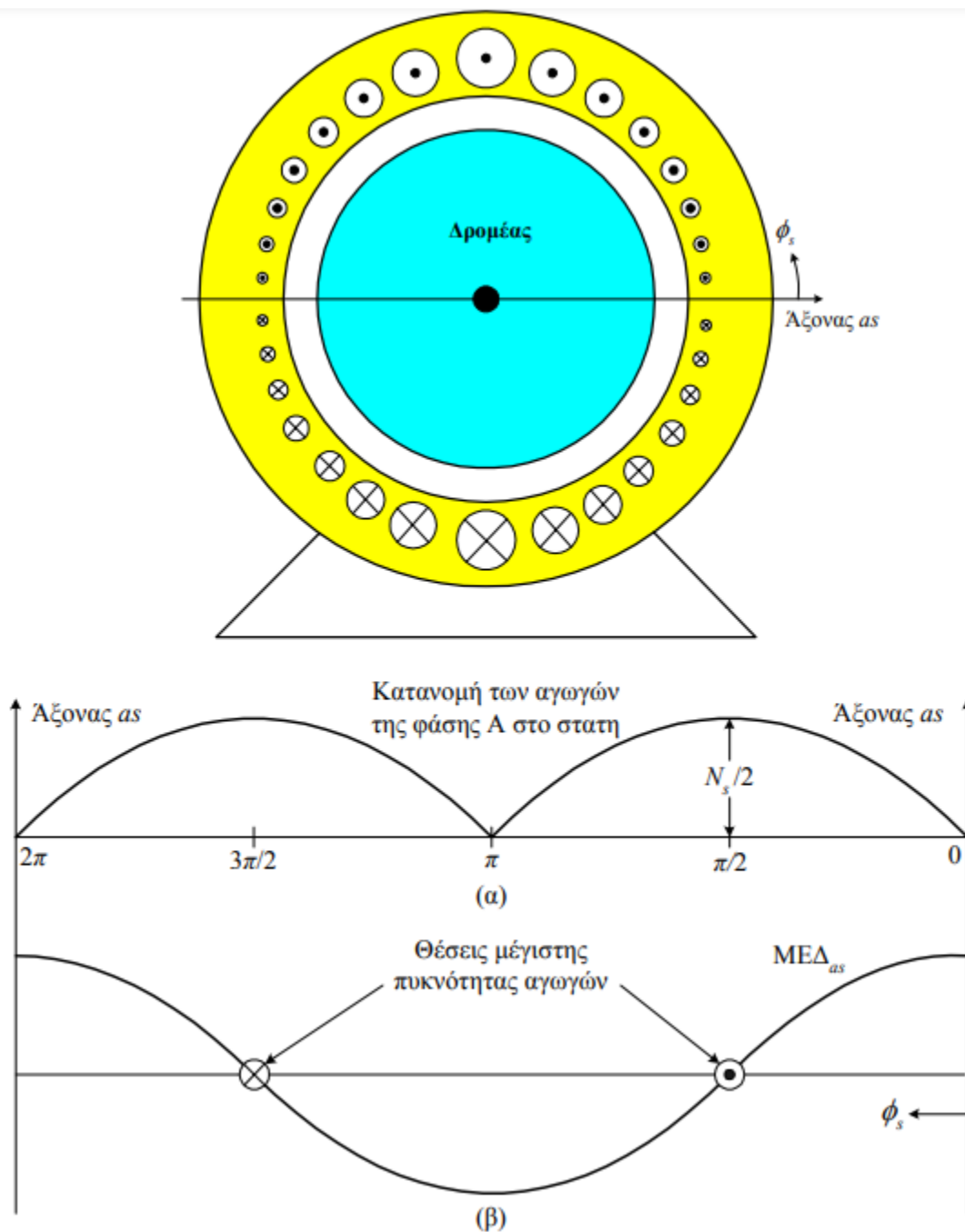
Τα συμμετρικά ρεύματα στο τριφασικό τύλιγμα της μηχανής, ορίζονται από τις σχέσεις

$$i_{as} = I_{ms} \cos(\omega_e t)$$

$$i_{bs} = I_{ms} \cos(\omega_e t - 2\pi/3)$$

$$i_{cs} = I_{ms} \cos(\omega_e t + 2\pi/3)$$

όπου ω_e είναι η κυκλική συχνότητα των ρευμάτων.

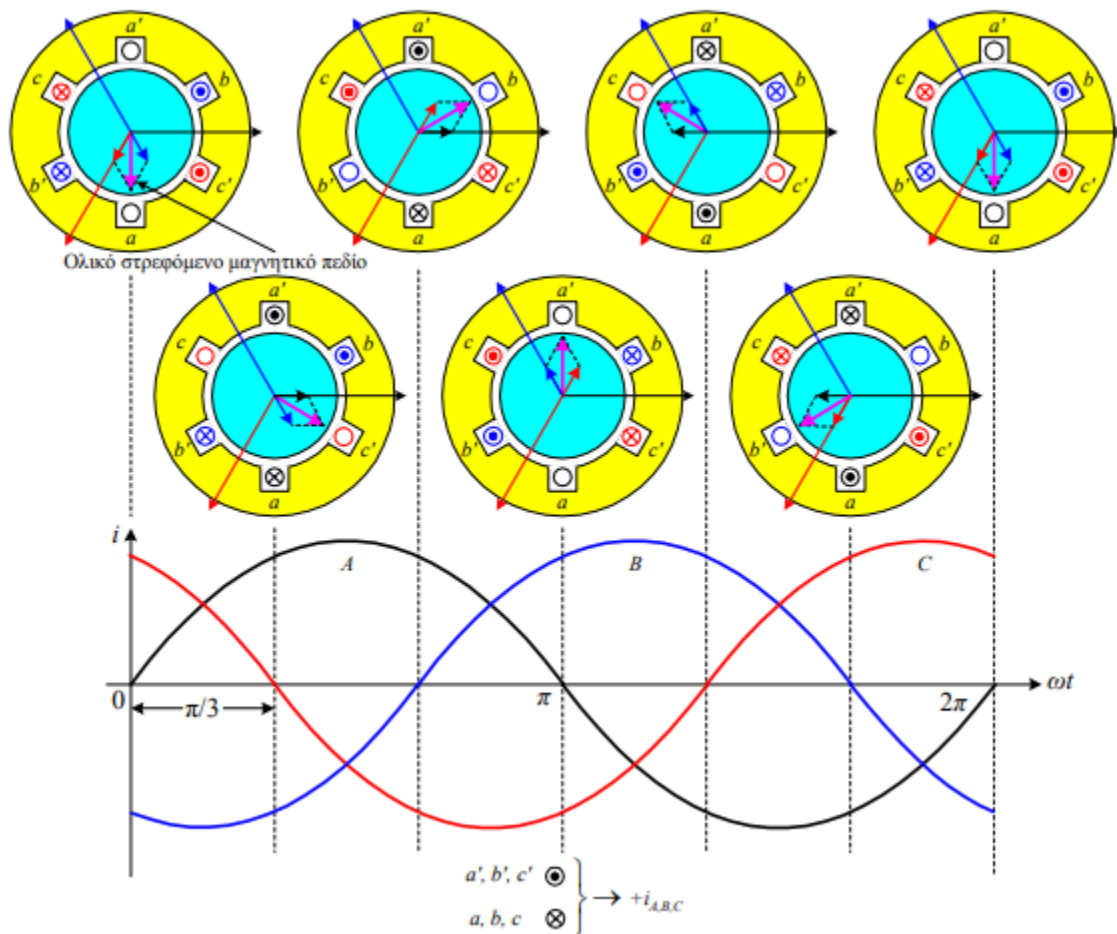


Σχήμα 2.3 : α. Τύλιγμα φάσης as β. ΜΕΔ στο διάκενο

Η δημιουργία του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου γίνεται φανερή από το Σχ. 2.4. Η θετική φορά των ρευμάτων σε καθένα από τα τρία τυλίγματα του στάτη, αντιστοιχεί σ' εκείνη του Σχ. 2.1α. Κάθε τύλιγμα από τη ροή του αντίστοιχου ρεύματος παράγει ένα μαγνητικό πεδίο, η θετική φορά του οποίου (βόρειος πόλος)

εικονίζεται στο Σχ. 2.4 και είναι ίδια μ' εκείνη στο Σχ. 2.1α. Στο Σχ. 2.4 εικονίζονται τα μαγνητικά πεδία που παράγει κάθε τύλιγμα του στάτη μόνο του, καθώς και το ολικό πεδίο της μηχανής σε επτά διακριτές χρονικές στιγμές, οι οποίες αντιστοιχούν σε γωνίες των ρευμάτων 60° . Η διαδοχή φάσης των ρευμάτων είναι ABC. Παρατηρούμε ότι στη διπολική μηχανή που εξετάζουμε το ολικό μαγνητικό πεδίο στρέφεται κατά 60° μηχανικές μοίρες σε κάθε 60° μεταβολή της φασικής γωνίας των ρευμάτων με αντι-ωρολογιακή φορά.

Αν η σειρά διαδοχής φάσης των ρευμάτων αντιστραφεί, τότε θα αντιστραφεί και η φορά περιστροφής του μαγνητικού πεδίου (ωρολογιακή).



Σχήμα 2.4 : Παραγωγή στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου διαδοχής ABC σε μια περίοδο

2.4 Διάκριση ανάλογα με την δομή του δρομέα

Οι επαγωγικοί κινητήρες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με την κατασκευαστική δομή του δρομέα τους: σε κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα ή κλωβό (squirrel cage rotor) και σε κινητήρες με δακτυλιοφόρο δρομέα (wound rotor).

Οι κινητήρες με βραχυκυκλωμένο κλωβό είναι οι πλέον διαδεδομένοι. Ο δρομέας των κινητήρων αυτών αποτελείται από ελάσματα μονωμένα μεταξύ τους, τα οποία προσαρμόζονται στον άξονα. Τα ελάσματα φέρουν οδοντώσεις, οι οποίες σχηματίζουν αυλάκια κατά μήκος του δρομέα. Η γεωμετρική μορφή των αυλακώσεων καθορίζει την ηλεκτρική συμπεριφορά του κινητήρα, δηλαδή τη χαρακτηριστική ταχύτητας-ροπής. Στις κλάσεις (classes) των επαγωγικών κινητήρων με βραχυκυκλωμένο κλωβό, ανάλογα με τη μορφή των αυλακώσεων και στην ιδιαίτερη μορφή της χαρακτηριστικής ταχύτητας-ροπής κάθε κλάσης, θα αναφερθούμε στη συνέχεια. Στα αυλάκια του δρομέα τοποθετούνται ράβδοι από χαλκό ή ορείχαλκο, τα άκρα των οποίων συνδέονται μεταξύ τους με δακτυλίους βραχυκύκλωσης (shorting rings). Έτσι, σχηματίζεται το τύλιγμα κλωβού του δρομέα. Στους επαγωγικούς κινητήρες μικρής ισχύος, το τύλιγμα κλωβού κατασκευάζεται με χύτευση αλουμινίου στα αυλάκια του δρομέα. Στην περίπτωση αυτή, οι δακτύλιοι βραχυκύκλωσης και τα πτερύγια εξαερισμού χυτεύονται μαζί με τους αγωγούς του κλωβού, οι οποίοι δεν είναι μονωμένοι ως προς το σίδηρο του δρομέα. Όμως, τα ρεύματα κυκλοφορούν κυρίως από τον κλωβό, καθώς η αγωγιμότητα του αλουμινίου είναι πολύ μεγαλύτερη από εκείνη του σιδήρου. Είναι φανερό ότι, ο δρομέας του επαγωγικού κινητήρα με βραχυκυκλωμένο κλωβό, δεν συνδέεται ηλεκτρικά με καμιά πηγή. Στο γεγονός αυτό οφείλεται η απλή κατασκευή και η ευρεία χρήση του επαγωγικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου κλωβού.



Δρομέας Ασύγχρονης Μηχανής
(επαγωγικής μηχανής)
Δακτυλιοφόρου Δρομέα.

Δρομέας Ασύγχρονης Μηχανής
(επαγωγικής μηχανής)
Βραχυκυκλωμένου Δρομέα.



Εικόνα 2.3 Δρομέας Ασύγχρονης Μηχανής Δακτυλιοφόρου Δρομέα και Βραχυκυκλωμένου

2.5 Η ολίσθηση των επαγωγικών μηχανών

Η ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου του στάτη, εξαρτάται από τη συχνότητα των ρευμάτων τροφοδοσίας $\omega_e = 2\pi f_e$ και τα ζεύγη πόλων P . Η ταχύτητα του στρεφόμενου πεδίου ονομάζεται σύγχρονη ταχύτητα n_s και ορίζεται από την παρακάτω σχέση σε rpm

$$n_s = 60 \cdot f_e / P \quad (2.1)$$

Στον επαγωγικό κινητήρα, η ανάπτυξη της ροπής οφείλεται στην αλληλεπίδραση των μαγνητικών πεδίων του στάτη και του δρομέα. Όμως, το πεδίο του δρομέα οφείλεται στις τάσεις εξ επαγωγής, οι οποίες αναπτύσσονται στο δρομέα μόνο όταν υπάρχει σχετική κίνηση μεταξύ του δρομέα και του στρεφόμενου πεδίου. Επομένως, η ταχύτητα του δρομέα δεν μπορεί να είναι ίση με τη σύγχρονη, καθώς τότε δεν θα επάγονταν τάσεις στο δρομέα, με συνέπεια το ρεύμα και η ροή του δρομέα να ήταν μηδενικά. Έτσι, η ροπή θα μηδενίζονταν και η ταχύτητα του κινητήρα θα μειώνονταν σε μια τιμή μικρότερη από τη σύγχρονη.

Η διαφορά της ταχύτητας του δρομέα n_r από τη σύγχρονη n_s ονομάζεται ταχύτητα ολίσθησης (slip speed)

Η ποσοστιαία διαφορά της ταχύτητας του κινητήρα από τη σύγχρονη ταχύτητα ονομάζεται ολίσθηση (slip)

$$s = (n_s - n_r) / n_s \quad (2.2)$$

όπου n_r η ταχύτητα του δρομέα

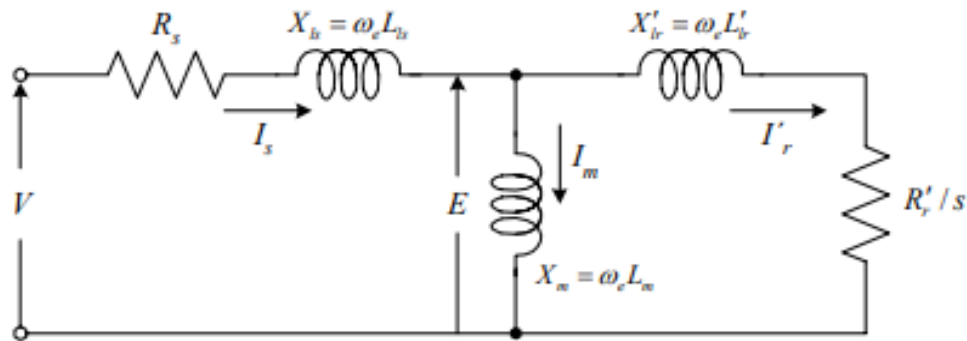
Όταν ο κινητήρας είναι ακίνητος, η ολίσθηση είναι ίση με τη μονάδα ($s = 1$). Αν ο δρομέας στρέφονταν με τη σύγχρονη ταχύτητα, η ολίσθηση θα ήταν μηδέν ($s = 0$). Η ονομασία ασύγχρονος κινητήρας, προέρχεται από τη διαφορά της ταχύτητας του δρομέα από τη σύγχρονη, η οποία είναι ανάλογη με τη ροπή του φορτίου.

2.6 Το ηλεκτρικό ισοδύναμο του επαγωγικού κινητήρα – απώλειες

Η λειτουργία του επαγωγικού κινητήρα στηρίζεται στην ανάπτυξη τάσεων εξ επαγωγής στο τριφασικό τύλιγμα του δρομέα. Επομένως, η αρχή λειτουργίας του επαγωγικού κινητήρα είναι ίδια μ' εκείνη του μετασχηματιστή. Για το λόγο αυτό, ο

ασύγχρονος κινητήρας ονομάζεται και στρεφόμενος μετασχηματιστής (rotating transformer).

Το ανά φάση ηλεκτρικό ισοδύναμο του εν λόγω κινητήρα είναι αυτό του σχήματος 2.5



Σχήμα 2.5 Ηλεκτρικό ισοδύναμο του επαγωγικού κινητήρα

Τα μεγέθη στο σχήμα 2.5 έχουν ως εξής.

R_s είναι η ωμική αντίσταση των τυλιγμάτων του στάτη και εκφράζει τις θερμικές απώλειες καθώς και μια πτώση τάσης.

X_s είναι η επαγωγική αντίδραση του στάτη και εκφράζει τις απώλειες της μαγνητικής ροής

X_m είναι η επαγωγική αντίδραση μαγνήτισης και εκφράζει την χρήσιμη μαγνητική ροή

X'_r είναι η επαγωγική αντίδραση του δρομέα και εκφράζει τις απώλειες της μαγνητικής ροής

R'_r/S είναι η ωμική αντίσταση του δρομέα και εκφράζει τις θερμικές απώλειες στον δρομέα

V είναι η φασική τάση

I_s το ρεύμα του στάτη

I_m το ρεύμα μαγνήτισης και

I_r το ρεύμα του δρομέα

Κατά τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας, ένα ποσοστό της ισχύος εισόδου καταναλώνεται από τον κινητήρα, με αποτέλεσμα την ανύψωση της θερμοκρασίας του. Αυτό το ποσοστό αντιπροσωπεύει τις απώλειες της μηχανής, οι οποίες πρέπει να είναι οι ελάχιστες δυνατές. Οι ολικές απώλειες των επαγωγικών κινητήρων, απαρτίζονται από τις παρακάτω επιμέρους συνιστώσες

Απώλειες χαλκού ή ωμικές απώλειες (copper, winding losses). Οι απώλειες χαλκού οφείλονται στη ροή των ρευμάτων από τα τυλίγματα του στάτη και του δρομέα. Οι απώλειες χαλκού στο στάτη ορίζονται από τη σχέση

$$P_{cs}=3R_s I_s^2 \quad (2.3)$$

και οι απώλειες χαλκού στο δρομέα ορίζονται από την σχέση

$$P_{cr}=3R'_r I_r^2 \quad (2.4)$$

Οι απώλειες χαλκού εξαρτώνται από το μέγεθος των αντιστάσεων των τυλιγμάτων και το μέγεθος των ρευμάτων στο στάτη I_s και το δρομέα $I' r$, τα οποία είναι συνάρτηση της ροπής του φορτίου. Οι απώλειες χαλκού στο στάτη και το δρομέα συμβάλλουν κατά 33–40% και 15–22% αντίστοιχα, στις ολικές απώλειες των συμβατικών επαγωγικών κινητήρων υπό ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας.

Απώλειες σιδήρου ή μαγνητικές απώλειες (core, iron losses). Οι απώλειες σιδήρου προκύπτουν από το άθροισμα των απωλειών υστέρησης και δινορρευμάτων στο στάτη και το δρομέα.

Οι απώλειες σιδήρου στο δρομέα είναι σημαντικά μικρότερες από εκείνες στο στάτη, εξαιτίας της μικρότερης συχνότητας. Οι απώλειες σιδήρου αποτελούν τη δεύτερη σημαντικότερη συνιστώσα των ολικών απωλειών, με ποσοστό περίπου 20%. Στο ισοδύναμο κύκλωμα οι μαγνητικές απώλειες μοντελοποιούνται με μια αντίσταση R_m σε παράλληλη σύνδεση με την αντίδραση μαγνήτισης. Η τιμή της αντίστασης απωλειών σιδήρου, υπολογίζεται από τη σχέση

$$P_{FE} = 3E^2/R_m \quad (2.5)$$

Μηχανικές απώλειες (mechanical losses). Οι μηχανικές απώλειες P_{fw} , περιλαμβάνουν τις απώλειες τριβών (friction), λόγω της περιστροφής του άξονα και τη συνιστώσα αερισμού (windage) από τη λειτουργία του ανεμιστήρα. Οι απώλειες τριβών–αερισμού, μεταβάλλονται προσεγγιστικά ανάλογα με το τετράγωνο της ταχύτητας

Κατανεμημένες απώλειες (stray losses). Πρόκειται για πρόσθετες απώλειες της μηχανής, οι οποίες οφείλονται στην αύξηση της ροής σκέδασης με το φορτίο και στις υψηλής συχνότητας διακυμάνσεις της ροής αυτής. Ο προσδιορισμός των

κατανεμημένων απωλειών P_{stray} είναι εξαιρετικά δύσκολος. Έτσι, συνήθως λαμβάνονται ίσες με το 1% της ισχύος εξόδου της μηχανής, στη λειτουργία με το ονομαστικό φορτίο. Οι κατανεμημένες απώλειες αποτελούν το 8–20% των ολικών απωλειών, ανάλογα με την ιπποδύναμη του κινητήρα.

2.7 Ισχύς επαγωγικών κινητήρων

Ο τριφασικός επαγωγικός κινητήρας μετατρέπει την ηλεκτρική ισχύ εισόδου σε μηχανική. Η ηλεκτρική ισχύς εισόδου ορίζεται από τη σχέση

$$P_{in} = 3V I_S \cos\phi \quad (2.6)$$

όπου V είναι η φασική τάση, I_S το φασικό ρεύμα και ϕ η διαφορά φάσης μεταξύ της τάσης και του ρεύματος. Η ισχύς που απομένει, αν από την ισχύ εισόδου αφαιρεθούν οι απώλειες χαλκού και οι μαγνητικές απώλειες στο στάτη, είναι η ισχύς που μέσω του διακένου μεταφέρεται στο δρομέα. Η ισχύς αυτή ονομάζεται ισχύς διακένου (air gap power). Από το ισοδύναμο κύκλωμα του κινητήρα, η ισχύς διακένου μπορεί να καταναλωθεί μόνο στην αντίσταση $R' r$. Επομένως, η ισχύς διακένου ορίζεται από τη σχέση

$$P_{ag} = 3E I_r' \cos\theta_r \quad (2.7)$$

2.8 Ροπή – ταχύτητα επαγωγικού κινητήρα

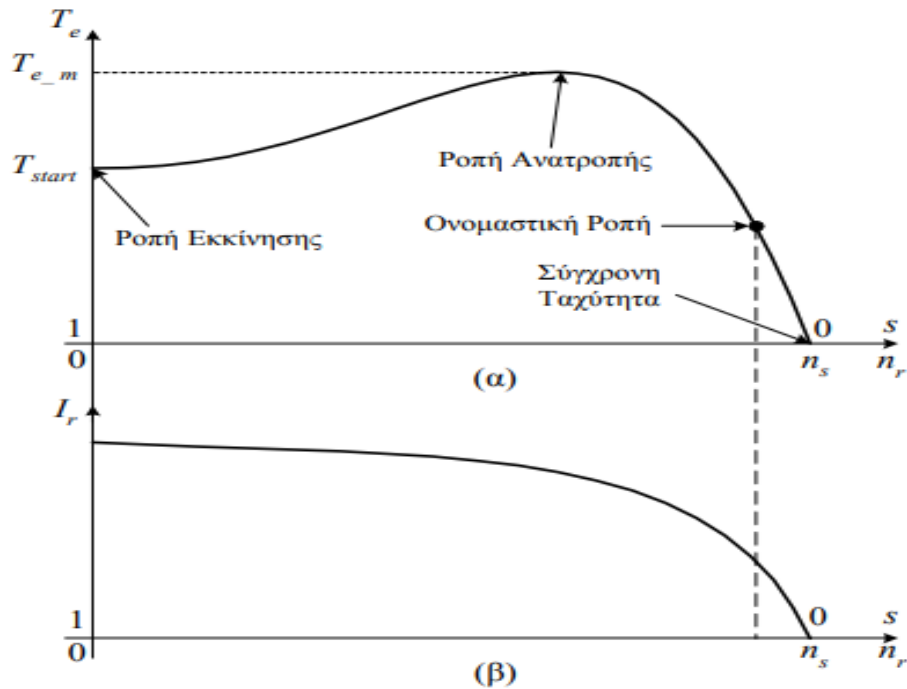
Η ροπή που αναπτύσσει ένας επαγωγικός κινητήρας μεταβάλλεται με την ταχύτητα, με τον τρόπο που εικονίζεται στο Σχ. 2.6α. Προκειμένου να ερμηνεύσουμε τη χαρακτηριστική αυτή, θεωρούμε ότι ο κινητήρας λειτουργεί αρχικά χωρίς φορτίο. Τότε, η ταχύτητα του κινητήρα είναι περίπου ίση με τη

σύγχρονη. Το μαγνητικό πεδίο του στάτη B_s παράγεται από το ρεύμα I_s . Το ολικό μαγνητικό πεδίο B_m είναι ανάλογο με το ρεύμα μαγνήτισης I_m (Σχ. 2.5). Το ρεύμα μαγνήτισης εξαρτάται από την τάση E , όταν ο κινητήρας είναι ακόρεστος. Επειδή η πτώση τάσης στη σύνθετη αντίσταση του στάτη $R_s I_s + jX I_s$ είναι πολύ μικρή, η τάση E είναι σταθερή και περίπου ίση με την τάση τροφοδοσίας V . Επομένως, το ολικό μαγνητικό πεδίο στο διάκενο του κινητήρα είναι σταθερό και ανεξάρτητο από τη ροπή του φορτίου.

Η τάση που επάγεται στο τύλιγμα του δρομέα E_r είναι πολύ μικρή, εξαιτίας της μικρής ολίσθησης. Έτσι, το ρεύμα του δρομέα I_r και το πεδίο που αυτό αναπτύσσει B_r , είναι μικρά. Επειδή η συχνότητα των επαγόμενων τάσεων είναι μικρή, η αντίδραση του δρομέα είναι πολύ μικρή σε σχέση με την ωμική του αντίσταση και η διαφορά φάσης μεταξύ I_r και E_r είναι ελάχιστη. Μολονότι το ρεύμα του δρομέα είναι πολύ μικρό στη λειτουργία χωρίς φορτίο, το ρεύμα τροφοδοσίας του στάτη είναι αρκετά μεγάλο, καθώς παρέχει το ρεύμα μαγνήτισης. Το μέτρο της αναπτυσσόμενης ροπής δίνεται από τη σχέση

$$T_e = C_T B_m B_r \sin\delta \quad (2.8)$$

Επειδή το μαγνητικό πεδίο B_r είναι μικρό, η ροπή που αναπτύσσει ο κινητήρας είναι τόση όση να υπερνικήσει τις απώλειές του.



Σχήμα 2.6 Τυπική χαρακτηριστική ροπής α. και ρεύματος β. επαγωγικού κινητήρα

Όταν η ροπή του φορτίου αυξηθεί στην ονομαστική τιμή, η ταχύτητα του κινητήρα μειώνεται και η ολίσθηση αυξάνει. Έτσι, η τάση που επάγεται στο δρομέα αυξάνεται. Η αυξημένη τάση E_r προκαλεί την αύξηση του ρεύματος και του μαγνητικού πεδίου στο δρομέα. Ταυτόχρονα, η αύξηση της συχνότητας στο δρομέα έχει ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη διαφορά φάσης μεταξύ των E_r και I_r . Η αντίδραση του δρομέα $sX_l r$ είναι τώρα παραπλήσια της ωμικής του αντίστασης R_r . Η αύξηση του πεδίου B_{rs} τείνει να αυξήσει την αναπτυσσόμενη ροπή. Αντίθετα, η αύξηση της γωνίας δ , η οποία είναι μεγαλύτερη από 90° , τείνει να μειώσει τη ροπή. Καθώς η επίδραση του πεδίου είναι μεγαλύτερη από την επίδραση της γωνίας, η ροπή αυξάνεται.

Η επίδραση του μαγνητικού πεδίου του δρομέα B_{rs} υπερिशύει της γωνίας δ , μέχρι μια τιμή του φορτίου, η οποία αντιστοιχεί στη μέγιστη ροπή (Σχ. 2.6α) μέγιστη ροπή ονομάζεται ροπή ανατροπής (pull out torque, breakdown torque). Η ροπή ανατροπής είναι 2 έως 3 φορές μεγαλύτερη της ονομαστικής. Όταν η ροπή του φορτίου γίνει μεγαλύτερη από τη ροπή ανατροπής, η επίδραση του $\sin\delta$ είναι εντονότερη από εκείνη του μαγνητικού πεδίου και η ροπή που

αναπτύσσει ο κινητήρας μειώνεται. Το αποτέλεσμα στην περίπτωση αυτή είναι ο κινητήρας να σταματήσει (παθητικό φορτίο).

Η μεταβολή του ρεύματος του δρομέα με την ταχύτητα εικονίζεται στο (Σχ. 2.6β). Σε μικρές τιμές της ολίσθησης, η μεταβολή του ρεύματος στο δρομέα και της ροπής είναι γραμμική με την ολίσθηση. Αυτό οφείλεται στην αμελητέα αντίδραση του δρομέα $X' I_r$, συγκριτικά με την $R' r / s$. Σε ροπές μεγαλύτερες από την ονομαστική, η συχνότητα των ρευμάτων στο δρομέα είναι αρκετά μεγάλη και η αντίδραση του δρομέα είναι συγκρίσιμη με την $R' r / s$. Έτσι, ο συντελεστής ισχύος του δρομέα $\cos \sin \theta r = \delta$ μειώνεται. Η μεταβολή του ρεύματος του δρομέα και της ροπής περιορίζεται, σε ροπές μεγαλύτερες από την ονομαστική. Σε ροπές υψηλότερες από τη ροπή ανατροπής, ο συντελεστής ισχύος του δρομέα γίνεται πολύ μικρός και η ροπή μειώνεται αντί να αυξάνει. Ακόμη, το ρεύμα του δρομέα είναι περίπου σταθερό.

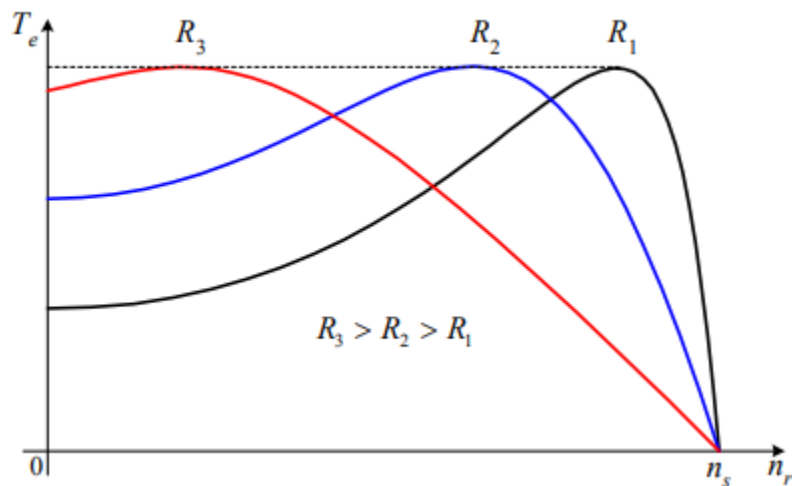
Η ροπή που αναπτύσσει ο κινητήρας στη μηδενική ταχύτητα ονομάζεται ροπή εκκίνησης (T_{start}). Η ροπή εκκίνησης είναι μεγαλύτερη από την ονομαστική ροπή, συνήθως της τάξης του 150% της ονομαστικής.

2.9 Κλάσεις επαγωγικών κινητήρων

Η μορφή της χαρακτηριστικής ροπής-ταχύτητας των επαγωγικών κινητήρων εξαρτάται από την ωμική αντίσταση του δρομέα Rr' και την ολική αντίδραση σκέδασης $X I_s + jX' I_r$. Ένας επαγωγικός κινητήρας με μεγάλη αντίσταση στο δρομέα, εμφανίζει τη μέγιστη ροπή σε μικρή ταχύτητα και έχει υψηλή ροπή εκκίνησης. Όμως, οι απώλειες ισχύος στην ονομαστική λειτουργία είναι υψηλές, εξαιτίας της μεγάλης ολίσθησης. Αντίθετα, ένας κινητήρας με μικρή αντίσταση στο δρομέα παρουσιάζει μικρή ροπή εκκίνησης, μεγάλο ρεύμα εκκίνησης, αλλά και υψηλό βαθμό απόδοσης στην ονομαστική λειτουργία. Ταυτόχρονα, η μεταβολή της ταχύτητας με το φορτίο είναι περιορισμένη. Ο συνδυασμός της επιθυμητής υψηλής αντίστασης κατά την εκκίνηση και της μικρής αντίστασης στην κανονική λειτουργία, επιτυγχάνεται ιδανικά στους κινητήρες με δακτυλιοφόρο δρομέα. Κατά την

εκκίνηση των κινητήρων δακτυλιοφόρου δρομέα, προστίθενται εξωτερικές αντιστάσεις σε σειρά με το τύλιγμα του δρομέα, το οποίο έχει μικρή αντίσταση. Οι αντιστάσεις αυτές αφαιρούνται στην κανονική λειτουργία του κινητήρα. Με τον τρόπο αυτό οι χαρακτηριστικές ροπής-ταχύτητας του κινητήρα μεταβάλλονται όπως στο Σχ. 2.7

Η επιθυμητή μεταβολή της αντίστασης του δρομέα ανάλογα με την τιμή της ολίσθησης, μπορεί να επιτευχθεί και στους κινητήρες βραχυκυκλωμένου κλωβού, με την κατάλληλη σχεδίαση των αυλακώσεων του δρομέα. Όταν οι αυλακώσεις είναι κοντά στην επιφάνεια του δρομέα, οι ράβδοι του τυλίγματος κλωβού είναι σε ισχυρή σύζευξη με το τύλιγμα του στάτη. Επομένως, μόνο ένα μικρό τμήμα της ροής δεν συνδέει το τύλιγμα του στάτη. Έτσι, η αντίδραση σκέδασης του δρομέα X_{lr} είναι μικρή.



Σχήμα 2.7 : Επιπτώσεις της μεταβολής της αντίστασης του δρομέα στη ροπή

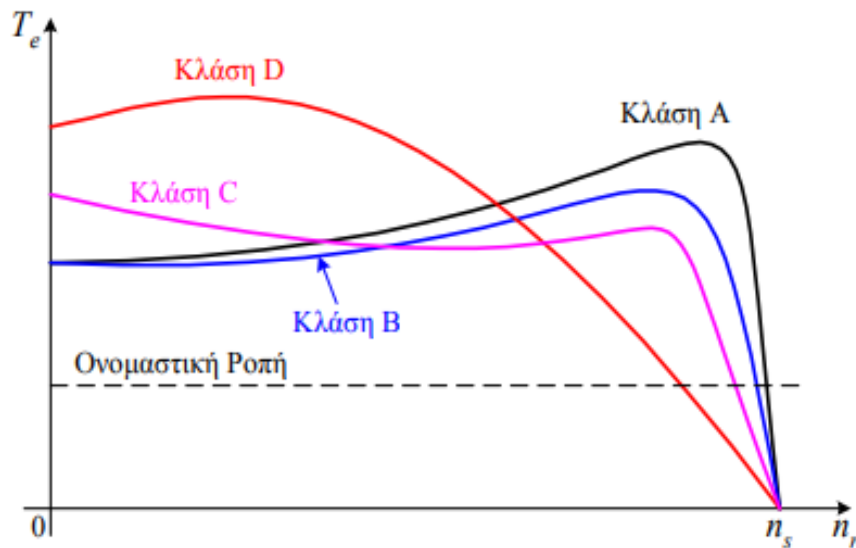
Αντίθετα, όταν οι ράβδοι είναι τοποθετημένες βαθιά μέσα στο δρομέα, η ροή και η αντίδραση σκέδασης του δρομέα είναι υψηλές. Η ωμική αντίσταση του τυλίγματος κλωβού εξαρτάται από το μέγεθος των αυλακώσεων, η οποία επιβάλλει τη διατομή των ράβδων. Όσο μεγαλύτερη είναι η διατομή των ράβδων, τόσο μικρότερη είναι η ωμική αντίσταση του κλωβού.

Οι επαγωγικοί κινητήρες βραχυκυκλωμένου κλωβού διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες, ανάλογα με τη διαμόρφωση των αυλακώσεων του δρομέα, οι οποίες ονομάζονται κλάσεις σχεδίασης. Στους κινητήρες κλάσης A, η διαμόρφωση των αυλακώσεων επιβάλλει τη χρήση ράβδων μεγάλης διατομής, οι οποίες βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του δρομέα. Έτσι, το τύλιγμα κλωβού εμφανίζει μικρή αντίσταση και μικρή αντίδραση. Οι κινητήρες κλάσης A έχουν μικρή ροπή εκκίνησης και μεγάλο ρεύμα εκκίνησης. Όμως, η ολίσθηση του κινητήρα στο ονομαστικό φορτίο είναι πολύ μικρή, με αποτέλεσμα ο βαθμός απόδοσης να είναι υψηλός. Η χαρακτηριστική ροπής-ταχύτητας του κινητήρα εικονίζεται στο Σχ. 2.8.

Στους κινητήρες κλάσης D, οι ράβδοι του κλωβού βρίσκονται και πάλι κοντά στην επιφάνεια του δρομέα αλλά έχουν μικρή διατομή. Έτσι, η αντίσταση του κλωβού είναι μεγάλη, ενώ η αντίδραση σκέδασης είναι μικρή. Ως αποτέλεσμα, οι κινητήρες κλάσης D έχουν μεγάλη ροπή εκκίνησης και μικρό ρεύμα εκκίνησης. Όμως, η ολίσθηση στο ονομαστικό φορτίο είναι μεγάλη, με αποτέλεσμα τις υψηλές απώλειες στο δρομέα και το μικρό βαθμό απόδοσης. Επιπλέον, η διακύμανση της ταχύτητας με το φορτίο είναι σημαντική.

Η αντίσταση του δρομέα στους κινητήρες κλάσης A και D είναι σταθερή. Αντίθετα, στους κινητήρες με κλάση σχεδίασης B και C, η αντίσταση του δρομέα μεταβάλλεται με την ολίσθηση (ταχύτητα). Έτσι, οι κινητήρες αυτοί συνδυάζουν την υψηλή ροπή εκκίνησης των κινητήρων κλάσης D και τον υψηλό βαθμό απόδοσης στην ονομαστική λειτουργία των κινητήρων κλάσης A.

Στους κινητήρες με κλάση B, η μεταβολή της αντίστασης του δρομέα με την ολίσθηση, επιτυγχάνεται κατασκευάζοντας το δρομέα με βαθιά αυλάκια. Στην ονομαστική λειτουργία, όπου η συχνότητα των επαγόμενων τάσεων στο δρομέα είναι μικρή, το ρεύμα ρέει ομοιόμορφα σ' όλη τη διατομή των ράβδων. Έτσι, η ενεργός διατομή των ράβδων είναι μεγάλη και η αντίσταση του δρομέα μικρή, όπως στους κινητήρες κλάσης A. Κατά την εκκίνηση, όπου η συχνότητα των επαγόμενων τάσεων είναι μεγάλη, οι αντιδράσεις σκέδασης των ράβδων είναι υψηλές. Το ρεύμα του δρομέα ρέει μόνο από τις περιοχές των ράβδων που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του δρομέα, οι οποίες έχουν μικρές αντιδράσεις. Με τον τρόπο αυτό η ενεργός διατομή των ράβδων μειώνεται και η αντίσταση του δρομέα εμφανίζεται αυξημένη κατά την εκκίνηση, όπως στους κινητήρες κλάσης D. Η ροπή εκκίνησης των κινητήρων τάξης B είναι σχεδόν ίση μ' εκείνη των κινητήρων τάξης A, αλλά το ρεύμα εκκίνησης είναι μειωμένο κατά 25% περίπου.



Σχήμα 2.8: Τυπικές χαρακτηριστικές ανάλογα με την κλάση

Στους κινητήρες κλάσης C, η μεταβολή της αντίστασης του δρομέα με την ταχύτητα είναι εντονότερη και επιτυγχάνεται κατασκευάζοντας το δρομέα με διπλό κλωβό. Ο κινητήρας φέρει ένα τύλιγμα κλωβού, το οποίο αποτελείται από ράβδους

μεγάλης διατομής τοποθετημένες στο εσωτερικό του δρομέα. Ένας δεύτερος ανεξάρτητος κλωβός από ράβδους μικρής διατομής, βρίσκεται στην επιφάνεια του δρομέα. Στην κανονική λειτουργία του κινητήρα, το ρεύμα του δρομέα ρέει και από τα δύο τυλίγματα κλωβού και ο κινητήρας εμφανίζει μικρή αντίσταση στο δρομέα. Κατά την εκκίνηση, το ρεύμα κυκλοφορεί κυρίως από το εξωτερικά τοποθετημένο τύλιγμα κλωβού, με την υψηλή αντίσταση. Το μειονέκτημα των κινητήρων με διπλό κλωβό είναι το μεγαλύτερο κόστος κατασκευής τους, σε σχέση με τις υπόλοιπες κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα.

2.10 Έλεγχος ταχύτητας επαγωγικών κινητήρων

Όταν ένας τριφασικός επαγωγικός κινητήρας τροφοδοτείται από το δίκτυο σταθερής τάσης και συχνότητας, στρέφεται με μια ταχύτητα η οποία είναι λίγο μικρότερη από τη σύγχρονη. Η μεταβολή της ταχύτητας από τη σύγχρονη εξαρτάται από το φορτίο και είναι τόσο μεγαλύτερη όσο υψηλότερη είναι η αντίσταση του δρομέα. Όμως, η λειτουργία του κινητήρα με μειωμένη ταχύτητα σημαίνει αύξηση της ολίσθησης και των απωλειών χαλκού στο δρομέα, με συνέπεια τη μείωση του βαθμού απόδοσης.

Ο έλεγχος της ταχύτητας των επαγωγικών κινητήρων επιτυγχάνεται με δύο τρόπους:

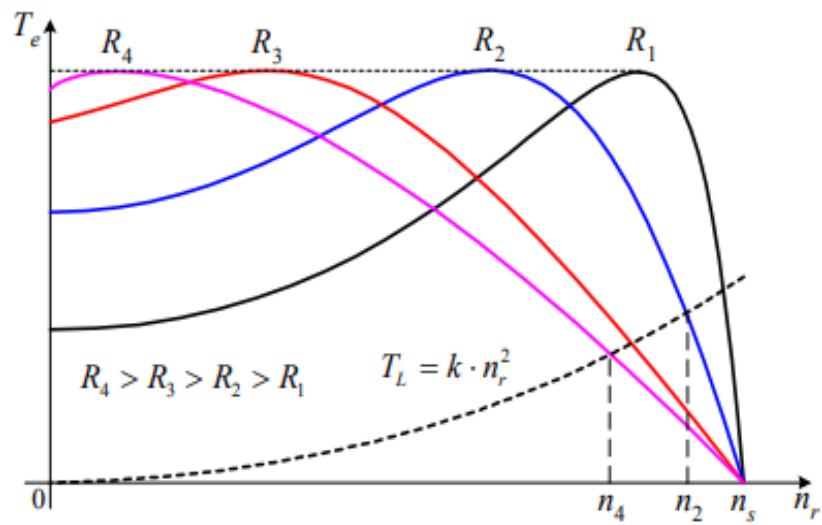
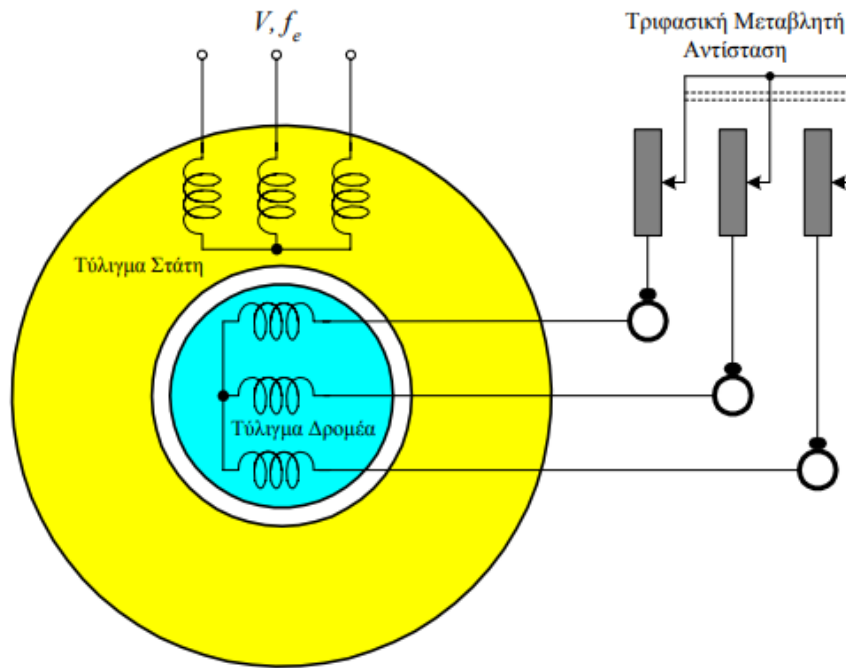
- Με τη ρύθμιση της ολίσθησης.
- Με τη ρύθμιση της σύγχρονης ταχύτητας.

Η ρύθμιση της ολίσθησης, για δεδομένη ροπή φορτίου, επιτυγχάνεται με τη μεταβολή της αντίστασης του δρομέα στον κινητήρα δακτυλιοφόρου δρομέα και με τον έλεγχο της τάσης τροφοδοσίας στον κινητήρα βραχυκυκλωμένου κλωβού. Η ρύθμιση της σύγχρονης ταχύτητας επιτυγχάνεται είτε με τη μεταβολή του αριθμού των πόλων του τυλίγματος του στάτη, ή με τη μεταβολή της συχνότητας τροφοδοσίας.

2.11 Έλεγχος ταχύτητας με αντιστάσεις στο δρομέα

Η ταχύτητα των επαγωγικών κινητήρων με δακτυλιοφόρο δρομέα ρυθμίζεται με την εισαγωγή μεταβλητών αντιστάσεων στο τύλιγμα του δρομέα, όπως παρουσιάζεται στο Σχ. 2.9. Με τον τρόπο αυτό μεταβάλλεται η μορφή της χαρακτηριστικής ροπής-ταχύτητας του κινητήρα.

Στο Σχ. 2.9 εικονίζονται οι χαρακτηριστικές του κινητήρα για τέσσερις τιμές της αντίστασης του δρομέα, μαζί με τη χαρακτηριστική του φορτίου. Η ροπή του φορτίου μεταβάλλεται ανάλογα με το τετράγωνο της ταχύτητας. Αυτή η χαρακτηριστική φορτίου είναι πολύ κοινή και απαντάται στις αντλίες, τους ανεμιστήρες και τα ανυψωτικά (pump, fan, crane). Η μεταβολή της ταχύτητας με τη ρύθμιση της αντίστασης είναι φανερή. Η ταχύτητα του κινητήρα μειώνεται από την τιμή n_2 όταν $R_r = R_2$ στην τιμή n_4 όταν $R_r = R_4$. Το μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι, ο βαθμός απόδοσης της διάταξης μειώνεται με τη μείωση της ταχύτητας, εξαιτίας των εξωτερικών αντιστάσεων.

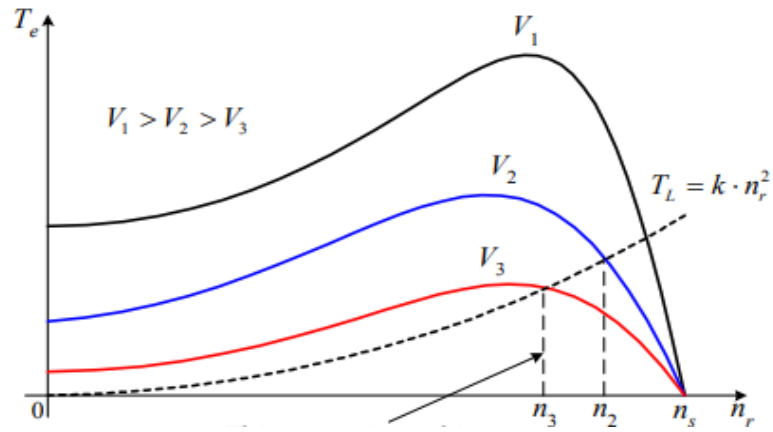


Σχήμα 2.9 : Έλεγχος της ταχύτητας με την μεταβολή της αντίστασης του δρομέα

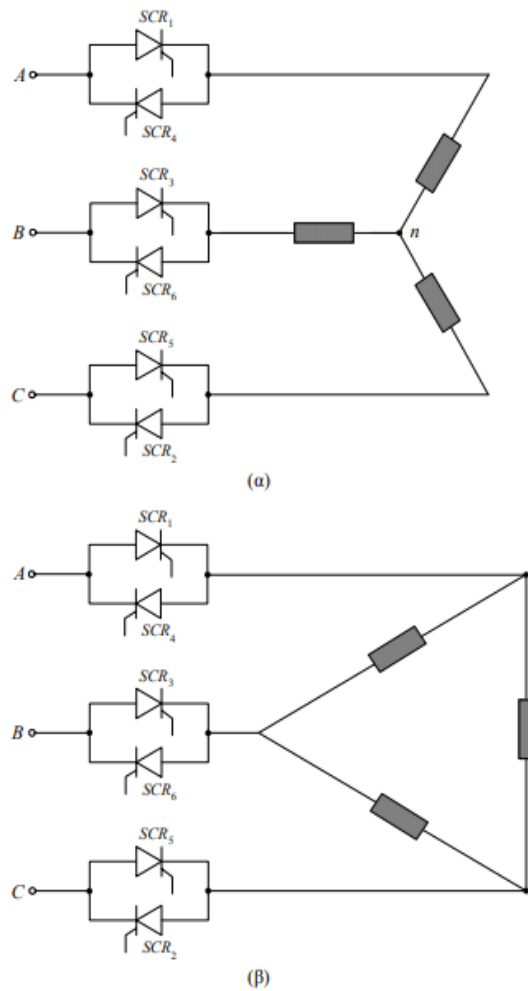
2.12 Έλεγχος της ταχύτητας με την τάση τροφοδοσίας

Στους επαγωγικούς κινητήρες βραχυκυκλωμένου κλωβού, η ρύθμιση της ολίσθησης (ταχύτητας) επιτυγχάνεται με τη μεταβολή της τάσης τροφοδοσίας των τυλιγμάτων του στάτη. Η συχνότητα των τάσεων είναι σταθερή και ίση με τη συχνότητα του δικτύου. Καθώς η ροπή που αναπτύσσει ο επαγωγικός κινητήρας είναι ανάλογη με το τετράγωνο της τάσης του στάτη, οι χαρακτηριστικές ροπής-ταχύτητας μεταβάλλονται όπως στο Σχ. 2.10, για διάφορες τιμές της τάσης. Η ροπή του φορτίου είναι ανάλογη με το τετράγωνο της ταχύτητας. Από το Σχ. 2.10 είναι φανερό ότι, η ταχύτητα του κινητήρα δεν μπορεί να ελεγχθεί σε τιμές πολύ μικρότερες από τη σύγχρονη. Η ελάχιστη δυνατή ταχύτητα είναι η n_3 , που αντιστοιχεί στη ροπή ανατροπής για την τάση V_3 . Ακόμη, το ρεύμα του κινητήρα είναι ανάλογο της τάσης. Έτσι, ο λόγος ροπής προς ρεύμα, η μέγιστη ροπή, ο συντελεστής ισχύος και ο βαθμός απόδοσης, μειώνονται με τη μείωση της ταχύτητας. Επομένως, ο έλεγχος της ταχύτητας των επαγωγικών κινητήρων με τη ρύθμιση της τάσης του στάτη δεν είναι αποτελεσματικός.

Ο έλεγχος της τάσης στα τυλίγματα του στάτη επιτυγχάνεται με κατάλληλους μετατροπείς ισχύος, οι οποίοι ονομάζονται ρυθμιστές εναλλασσόμενης τάσης (ac voltage controllers). Η κυκλωματική δομή του τριφασικού ρυθμιστή εναλλασσόμενης τάσης εικονίζεται στο Σχ. 2.11. Τα τυλίγματα του κινητήρα μπορεί να είναι σε σύνδεση αστέρα (Σχ. 2.11 α), ή τριγώνου (Σχ. 2.11 β). Ο ρυθμιστής αποτελείται από έξι ελεγχόμενους ανορθωτές πυριτίου (SCR), οι οποίοι συνδέονται ανά δύο αντιπαράλληλα. Σε μικρές ισχύς χρησιμοποιούνται ως διακόπτες τρία TRIAC, στη θέση των έξι SCR. Το TRIAC συμπεριφέρεται όπως δύο αντιπαράλληλοι ελεγχόμενοι ανορθωτές πυριτίου, όμως έχει πολύ μικρότερη ικανότητα χειρισμού ισχύος απ' αυτούς. Οι SCR δέχονται παλμούς έναυσης με τη σειρά αρίθμησής τους και με διαφορά φάσης 60° .



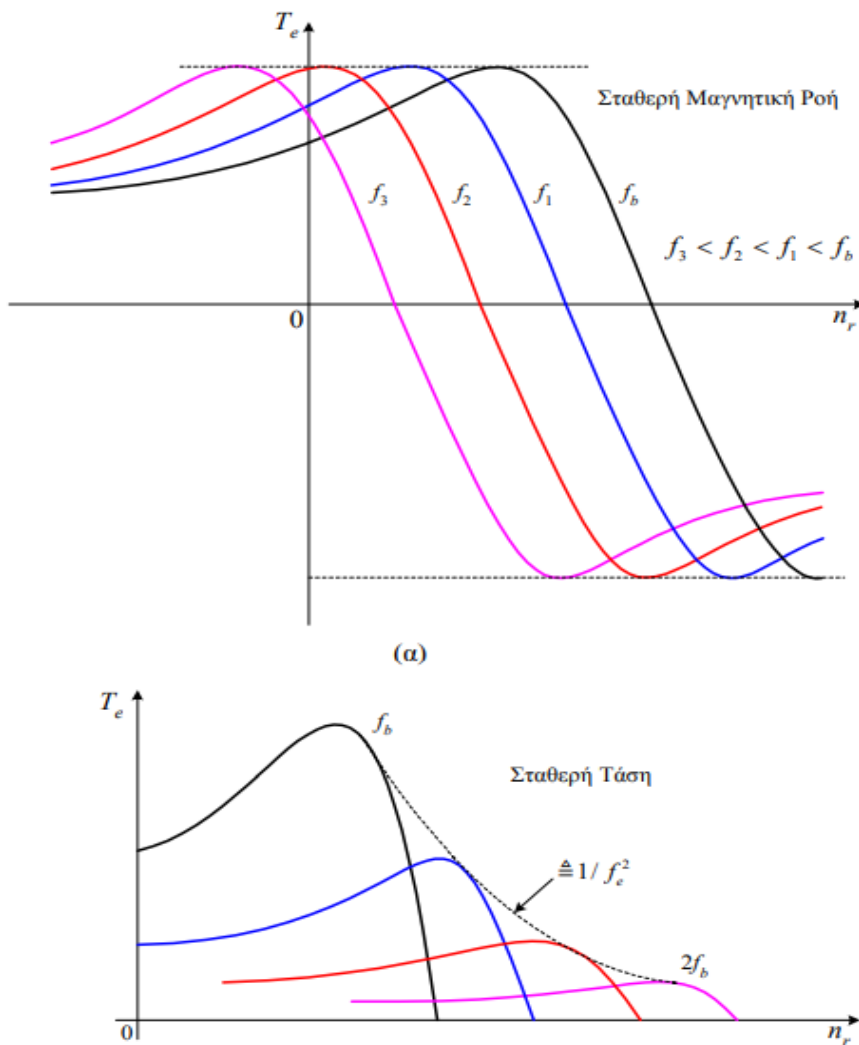
Σχήμα 2.10 : Ροπή – στροφές με παράμετρο την τάση τροφοδοσίας



Σχήμα 2.11 : Ρυθμιστής εναλλασσόμενης τάσης α. Σε αστέρα β. Σε τρίγωνο

2.13 Έλεγχος ταχύτητας με ρύθμιση συχνότητας

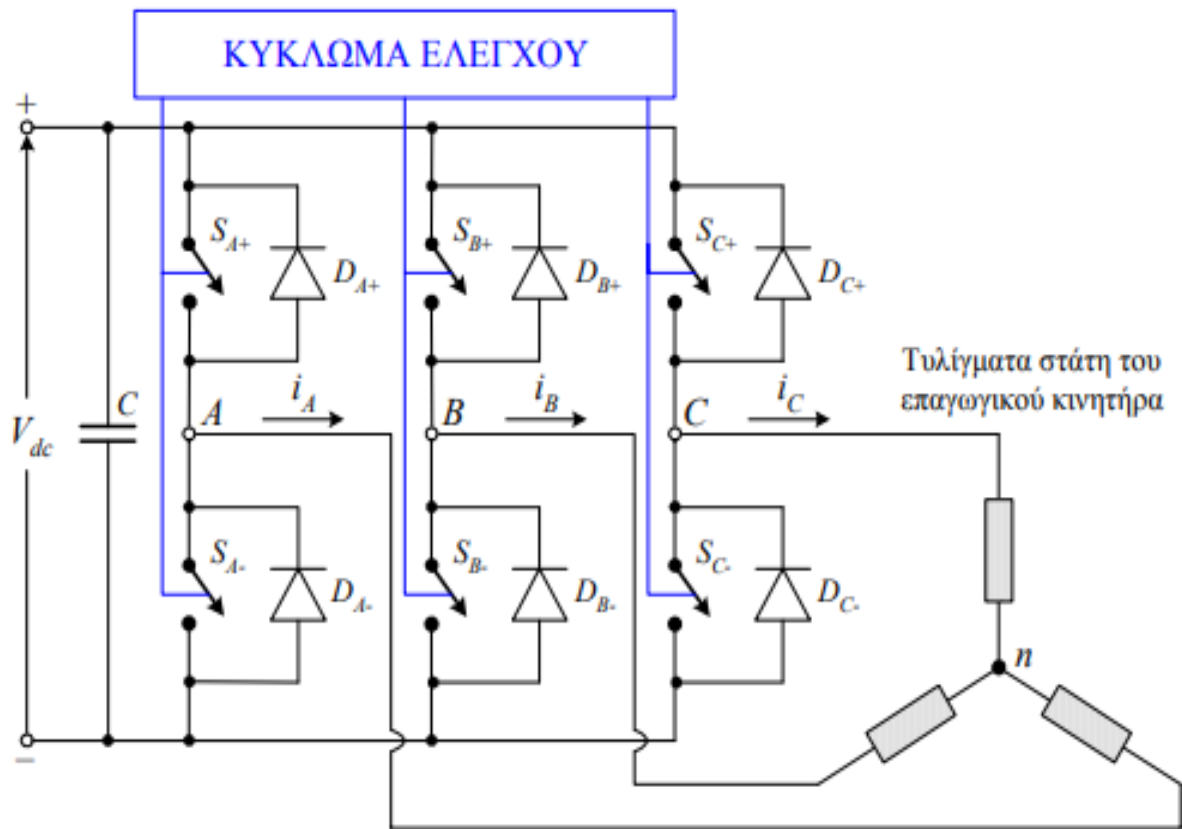
Η βέλτιστη μέθοδος για τον έλεγχο της ταχύτητας των επαγωγικών κινητήρων κάθε είδους, είναι με τη ρύθμιση της συχνότητας τροφοδοσίας του στάτη. Έτσι, μεταβάλλεται η σύγχρονη ταχύτητα, δηλαδή η ταχύτητα περιστροφής των μαγνητικών πεδίων και μαζί τους η ταχύτητα του κινητήρα. Η σύγχρονη ταχύτητα που αντιστοιχεί στην ονομαστική συχνότητα f_b , ονομάζεται βασική (base).



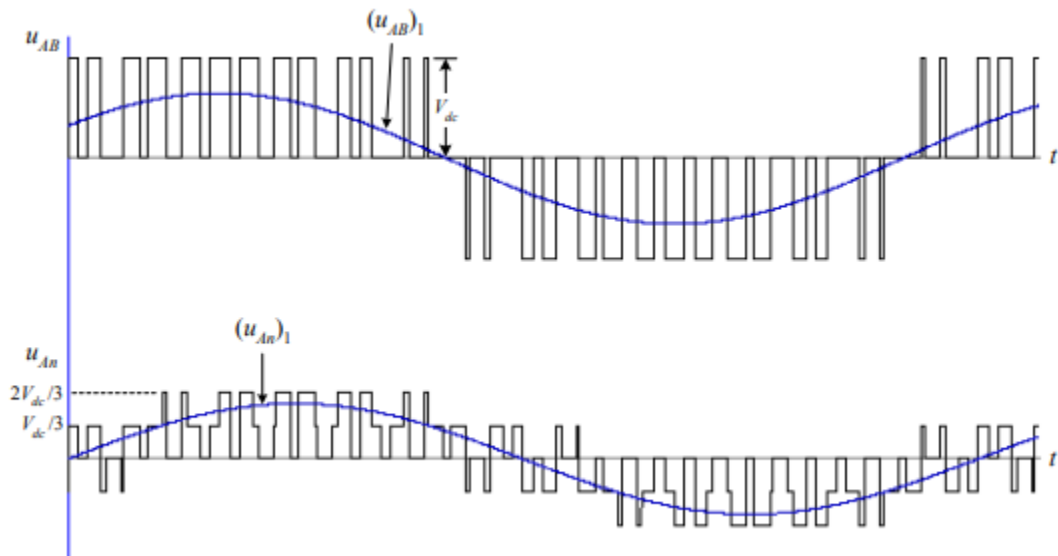
Σχήμα 2.12 : Έλεγχος ταχύτητας με μεταβολή της συχνότητας. α. Για συχνότητες μικρότερης της βασικής και β. Για συχνότητες μεγαλύτερης της βασικής. Με σταθερή τάση.

Καθώς η συχνότητα των τάσεων τροφοδοσίας μπορεί να ρυθμιστεί σε τιμές μικρότερες αλλά και μεγαλύτερες της ονομαστικής, η ταχύτητα του κινητήρα μπορεί να μεταβληθεί από το μηδέν, μέχρι μια τιμή πολλαπλάσια της βασικής. Το άνω όριο της ταχύτητας περιορίζεται από τη μηχανική αντοχή του κινητήρα. Εκτός από την ευρεία περιοχή ρύθμισης της ταχύτητας, η μέθοδος εξασφαλίζει τη λειτουργία του κινητήρα με μικρή ολίσθηση σε κάθε ταχύτητα. Έτσι, ο βαθμός απόδοσης διατηρείται υψηλός.

Αν και η μέθοδος ελέγχου της ταχύτητας με τη ρύθμιση της συχνότητας προσφέρει πολύ καλύτερα χαρακτηριστικά λειτουργίας απ' όλες τις άλλες μεθόδους, η χρήση της έχει γενικευτεί μόλις τα τελευταία χρόνια. Αυτό οφείλεται στην κατασκευή των κατάλληλων μετατροπέων ισχύος, οι οποίοι ονομάζονται αντιστροφείς (inverters), με λογικό κόστος και υψηλή αξιοπιστία. Στο Σχ. 2.13 εικονίζεται η δομή του τριφασικού αντιστροφέα πηγής τάσης.



Σχήμα 2.13 : Κυκλωματική δομή του τριφασικού αντιστροφέα πηγής τάσης



Σχήμα 2.14 : Πολικές και φασικές τάσεις στην έξοδο του αντιστροφέα

Ο αντιστροφέας ονομάζεται πηγής τάσης, επειδή τροφοδοτείται από μια πηγή συνεχούς τάσης. Η συνεχής τάση εισόδου του αντιστροφέα V_{dc} , προέρχεται από την ανόρθωση της τάσης του δικτύου, την οποία εξομαλύνει ο πυκνωτής C. Οι αντιστροφείς που τροφοδοτούνται από πηγές συνεχούς ρεύματος ονομάζονται αντιστροφείς πηγής ρεύματος και χρησιμοποιούνται στον έλεγχο κινητήρων μεγάλης ισχύος. Οι έξι διακόπτες του αντιστροφέα πηγής τάσης, είναι συνήθως MOSFET ισχύος (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) ή IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor). Αντιπαράλληλα με κάθε διακόπτη συνδέετε μια δίοδος, η οποία εξασφαλίζει την αμφίδρομη ροή της ισχύος μεταξύ της dc εισόδου και της ac εξόδου. Οι διακόπτες οδηγούνται από το κύκλωμα ελέγχου, με κάποια από τις πολλές τεχνικές διαμόρφωσης εύρους παλμού PWM (Pulse Width Modulation).

Το χαρακτηριστικό όλων των τεχνικών PWM είναι η ρύθμιση εκτός από τη συχνότητα και της τάσης τροφοδοσίας του κινητήρα. Όμως, οι διακόπτες του αντιστροφέα λειτουργούν με μια συχνότητα f_s , η οποία είναι πολύ μεγαλύτερη από τη θεμελιώδη f_e . Η συχνότητα f_s ονομάζεται συχνότητα μετάβασης (switching frequency). Στο Σχ. 2.14 παρουσιάζεται ενδεικτικά η κυματομορφή της πολικής και της φασικής τάσης στον κινητήρα, όταν τροφοδοτείται από ένα PWM αντιστροφέα. Ο κινητήρας εξαιτίας της επαγωγικής συμπεριφοράς του, φιλτράρει τις συνιστώσες υψηλής συχνότητας των ρευμάτων και ανταποκρίνεται μόνο στη θεμελιώδη συνιστώσα τους. Τα μικρά αρμονικά ρεύματα αυξάνουν τις απώλειες χαλκού και σιδήρου του κινητήρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Καλώδια χαμηλής τάσης

Η επιλογή κατάλληλων καλωδίων των ηλεκτρικών φορτίων αποτελεί μια σημαντική παράμετρος για την ομαλή λειτουργία τους, για αυτό στο κεφάλαιο τούτο θα παρουσιάσουμε τα χαρακτηριστικά τους. Ένα καλώδιο θα πρέπει να είναι ικανό να μεταφέρει το απαιτούμενο ρεύμα από την πηγή προς το φορτίο χωρίς αυτό να υπερθερμαίνεται καθώς και να μην προκαλεί σημαντική πτώση τάσης. Η αύξηση του ρεύματος σε ένα καλώδιο οφείλεται στο διερχόμενο ρεύμα και η πτώση τάσης στο μήκος του καλωδίου.

3.1 Τα 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.

3.2 Θέρμανση καλωδίων

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

$$Q=I^2Rt \quad (3.1)$$

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.

3.3 Είδη 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.

Πλην των ανωτέρω καλωδίων τα οποία προορίζονται για την μεταφορά "σημαντικής" ηλεκτρικής ισχύος, υπάρχουν και καλώδια για την μεταφορά πληροφοριών – data, τηλεφωνία κλπ. Τέτοια είναι :

- 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(ISDNή 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 USBή 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.

3.4 Σημαντικές διευκρινήσεις – ορισμοί

Σύρμα: Μεταλλικό γραμμικό αντικείμενο. Έχει άμεση σχέση με την ολκιμότητά 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).

3.5 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).

Θα δώσουμε έναν τυπικό πίνακα καλωδίων κάποιας εταιρείας με βάση τον οποίον θα επιλέξουμε κατάλληλη διατομή για ένα δεδομένο φορτίο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 52-K1
Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (σε Α)
εντοιχισμένων (χωνευτών) και επιτοιχείων (ορατών) ηλεκτρικών γραμμών
Μόνωση από PVC ή EPR ή XLPE

| Μόνωση | Πλήθος Φορτιζόμενων αγωγών | Οι αριθμοί παραπέμπουν στις στήλες που ακολουθούν | | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|---------------------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|-----------|-----|
| | | Μονωμένοι αγωγοί σε σωλήνα | | Πολυτολικό καλώδιο | | | | | | |
| | | Εντοιχισμέν 0 | Επιτοίχιο | Γυμνό | | Σε σωλήνα | | Εντοιχισμέν 0 | Επιτοίχιο | |
| | | | | Εντοιχισμέν 0 | Επιτοίχιο | Εντοιχισμέν 0 | 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 | |

Πίνακας 3.1 Πίνακας διατομών

Παράδειγμα.

Θέλουμε να τροφοδοτήσουμε ένα τριφασικό φορτίο 20KW και συντελεστού ισχύος 0,85 με εγκατάσταση αγωγού μέσα σε σωλήνα και επιτοίχιο. Να γίνει η επιλογή κατάλληλης διατομής χάλκινου αγωγού μήκους 100μ. Το καλώδιο θα είναι απο PVC και πολύκλωνο.

Αρχικά θα υπολογίσουμε το διερχόμενο ρεύμα.

$$I = P / (\sqrt{3} * V * \text{COS}\phi) \quad \text{όπου } V = 400V \text{ και } \text{COS}\phi = 0,85$$

$$I = 20000W / (\sqrt{3} * 400 * 0,85) = 34A \text{ περίπου}$$

Άρα από τον ανωτέρω πίνακα ξεκινώντας από PVC καλώδιο επιλέγουμε πλήθος φορτιζόμενων αγωγών την ένδειξη "3" , ακολουθώντας την ένδειξη "πολυπολικό καλώδιο", μετά "μέσα σε σωλήνα" και "επιτοίχιο" και καταλήγουμε στον αριθμό "3" που δηλώνει ότι πρέπει να επιλέξουμε διατομή απο την στήλη "3" με βάση το ρεύμα των 34A που υπολογίσαμε.

Ο πίνακας μας υποδεικνύει ότι οριακά πρέπει να επιλέξουμε διατομή 6mm².

Πρέπει όμως συμπληρωματικά να κάνουμε και έλεγχο πτώσης τάσης για μήκος 100m

η αντίσταση χάλκινου αγωγού μήκους 100m και διατομής 6mm² είναι $R = L / (56 * q)$. όπου L το μήκος του αγωγού και q η διατομή του.

$$\text{Άρα } R = 100 / (56 * 6) = 0,3\Omega \text{ περίπου}$$

Η πτώση τάσης θα είναι $\Delta V = R * I * \text{COS}\phi = 0,3 * 34 * 0,85 = 8,67V$ και αν κάνουμε αναγωγή % θα έχουμε

$$\Delta V\% = (\Delta V/230)*100 = (8,67/230)*100 = 3,76\%$$

αλλά το όριο του ΔV στη χαμηλή τάση τίθεται στο 3% άρα λοιπόν η διατομή των 6mm^2 δεν αρκεί και θα επιλέξουμε την επόμενη διατομή του πίνακα που είναι 10mm^2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Μηχανές Οινοποιείου

Σε τούτο το κεφάλαιο θα εξετάσουμε τις μηχανές που συμμετέχουν στην παραγωγική διαδικασία του εν λόγω οινοποιείου. Κάθε μηχανή θα σημειώνεται με το γράμμα "m" καθώς και με τον αύξοντα αριθμό. Για κάθε μηχανή θα σημειώσουμε το ρόλο που διαδραματίζει, δηλαδή τη λειτουργία της στην μερική ή συνολική αλυσίδα παραγωγής. Θα ξεκινήσουμε από την πρώτη μηχανή που θα είναι το σημείο υποδοχής του σταφυλοκάρπου καθώς αυτός φτάνει απο τους αμπελώνες στο οινοποιείο.

4.1 Μηχανή m1. Σταφυλοδόχος (τύπου σκάφης)

Ο σταφυλόκαρπος απο τον αμπελώνα συλλέγεται και φορτώνεται στα οχήματα (φορτηγά - τρακτέρ) και μεταφέρεται στη θέση του οινοποιείου. Η πρώτη μηχανή υποδοχής είναι η σκάφη συλλογής (σταφυλοδόχος).



Εικόνα 4.1 : Τυπική μορφή σταφυλοδόχου

Στην εικόνα 4.1 φαίνεται η μορφή ενός σταφυλοδόχου τύπου V (λεκάνης) όπου τα οχήματα με ανατροπή εναποθέτουν τον καρπό. Στο κάτω μέρος του σταφυλοδόχου υπάρχει ατέρμονας κοχλίας όπου μεταφέρει το υλικό προς την μηχανή Αποραγιστή m2. Ο κοχλίας τούτος αποτελεί το μηχανικό φορτίο ενός αντίστοιχου ηλεκτροκινητήρα όπου εδώ θα διατηρήσουμε την ίδια ονομασία m1.

4.2 Μηχανή m2. Αποβοστρυχωτής

Αυτή η μηχανή εκτελεί την εργασία του διαχωρισμού των ραγών από τα κοτσάνια (βόστρυχες)

4.3 Μηχανή m3. Σπαστήρας σταφυλιών

Στον σπαστήρα σταφυλιών εισέρχεται ο καρπός (σταφύλια) από τον σταφυλοδόχο ο οποίος εκτελεί την λειτουργία της σύνθλιψης και την ταυτόχρονη απόρριψη του πυρήνα (κουκούτσι) και ότι απομένει μεταφέρεται στην είσοδο μιας πολυβάθμιας αντλίας ρευστών (Μοπορumb).



Εικόνα 4.2 : Σπαστήρας σταφυλιών.

Στην εικόνα 4.2 βλέπουμε την μορφή του σπαστήρα όπου αυτός αποτελείται από το κυρίως σώμα στο πάνω μέρος. Στο κάτω μέρος φαίνεται ο περιστρεφόμενος μηχανισμός (με προεξοχές) σύνθλιψης και δεξιά ο διάτρητος κύλινδρος συγκράτησης στερεών υπολειμμάτων (φλοιός και ξυλώδη μέρος).

4.4 Αντλία Monorump m4.

Η αντλία τούτη συνδέεται υδραυλικά με κατάλληλο εύκαμπτο σωλήνα στο κάτω μέρος του σπαστήρα για την παραλαβή του ρευστού. Αυτού του είδους οι αντλίες είναι πολυβάθμιες για την μεταφορά υγρών με πυκνότητα μεγαλύτερη του νερού συν των στερεών υπολειμμάτων που έχουν απομείνει από το προηγούμενο στάδιο του σπαστήρα.



Εικόνα 4.3 : Αντλία Μονορυμπ

Στην εικόνα 4.3 φαίνεται δεξιά η πολυβάθμια αντλία με την αναρρόφηση (δεξιά της αντλίας) και την κατάθλιψη (στο μέσον της αντλίας). Αριστερά φαίνεται ο ηλεκτροκινητήρας οδήγησης με τον μειωτήρα m4. Να σημειώσουμε εδώ ότι η διάταξη είναι τροχήλατη για την μετακίνηση κατά βούληση.

4.5 Απορροφητήρας m5

Πρόκειται για φυγοκεντρικού τύπου απορροφητήρα ισχύος με διάμετρο εξόδου 40cm περίπου. Ο ρόλος του είναι η απορρόφηση του πυρήνα, του φλοιού καθώς και τα ξυλώδη τμήματα και η μεταφορά τους ως σορού εκτός του οινοποιείου. Το

προϊόν αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί δευτερογενώς με κατάλληλη απόσταξη για την παραγωγή οينوπνευματοδών ποτών (τσιπούρο).



Εικόνα 4.4 : Φυγοκεντρικός απορροφητήρας

Στην εικόνα 4.4 βλέπουμε έναν φυγοκεντρικό απορροφητήρα με τον αντίστοιχο ηλεκτροκινητήρα m5 τοποθετημένο σε κατάλληλη βάση. Στο πάνω μέρος φαίνεται η έξοδος τετραγωνικής διατομής όπου στη συνέχεια μετατρέπεται σε κυλινδρική. Στο πίσω μέρος (δεν φαίνεται) είναι η είσοδος αναρρόφησης επίσης κυλινδρικής διατομής.

Η ανωτέρω ομάδα των μηχανών από m1 έως m5 είναι τοποθετημένη στο όπισθεν του οينوποιείου τμήμα και αριστερά. Η εγκατάσταση τους ξεκινά κατά σειρά από την επιφάνεια του εδάφους και δομείται προς τα κάτω. Ο λόγος είναι για την εξυπηρέτηση της ανατροπής του υλικού από τα οχήματα (φορτηγά κλπ). Πανομοιότυπη ομάδα μηχανών από το m6 έως και το m10 υπάρχει και στο όπισθεν

δεξιό τμήμα του οινοποιείου. Τούτο εξυπηρετεί την αύξηση της ταχύτητας παραλαβής του σταφυλοκάρπου.

4.6 Αντλία λυμάτων m11

Η διάταξη όπως περιγράψαμε παραπάνω δημιουργεί ένα νέο επίπεδο σε βάθος 4 μέτρα απο την επιφάνεια του εδάφους όπου βρίσκονται τα τελευταία προς τα κάτω μηχανήματα. Στο χώρο αυτό λοιπόν είναι λογικό να συσσωρεύονται υγρά απόβλητα (χυμοί), στερεά απόβλητα και πιθανά βρόχινα. Επιπλέον υγρά μπορεί να συσσωρευθούν κατά την έκπλυση του χώρου.

Είναι λοιπόν απαραίτητη η τοποθέτηση εντός φρέατος κατάλληλης αντλίας για την απορροή των ανωτέρω υγρών υλικών. Η αντλία αυτή ενσωματώνει και τον αντίστοιχο κινητήρα και διαθέτει μεταλλική φτερωτή ικανή να συνθλίβει και να πολτοποιεί τις στερεές ύλες.



Εικόνα 4.5 : Αντλία λυμάτων

Στην εικόνα 4.5 φαίνεται μια αντλία λυμάτων με ενσωματωμένο κινητήρα. Στο κάτω μέρος (η βάση) είναι το τμήμα της αναρρόφησης (δεν φαίνεται), δεξιά είναι το στόμιο της κατάθλιψης (έξοδος). Το πάνω τμήμα είναι ο ηλεκτροκινητήρας μαζί με το καλώδιο σύνδεσης. Υπάρχει και δεύτερη πανομοιότυπη τέτοια αντλία m10 που λειτουργεί εναλλακτικά με την m9 ή και ταυτόχρονα αποτρέποντας το ενδεχόμενο της πλημμύρας και άρα και της βλάβης των μηχανών.

4.7 Ψυκτική μηχανή m12

Το παραγόμενο υλικό (μούστος) μεταφέρεται και αποθηκεύεται εντός ανοξείδωτων δεξαμενών στο εσωτερικό του οινοποιείου. Γίνεται διαχωρισμός κατά

είδους και ποιότητας όπου και αρχίζει διαδικασία της ζύμωσης, δηλαδή η μετατροπή από μούστο σε οίνο. Οι συνθήκες που πρέπει να επικρατούν εντός των δεξαμενών είναι συγκεκριμένες όσον αφορά τη θερμοκρασία, η θερμοκρασίες αυτές πρέπει να βρίσκονται σε μια περιοχή από 2 έως και 8 βαθμών Κελσίου. Είναι λοιπόν φανερό ότι απαιτείται η ύπαρξη μιας ψυκτικής μονάδος ισχύος ανάλογης του συνολικού όγκου των δεξαμενών που θα διατηρεί την θερμοκρασία στην ανωτέρω περιοχή που αναφέραμε.

Επιλέχθηκε λοιπόν μια ψυκτική μηχανή ισχύος 80KVA με ένα μέσο $\text{COS}\phi = 0,89$. Στην ισχύ αυτή συμπεριλαμβάνεται και η ισχύς των τεσσάρων ενσωματωμένων εξαεριστήρων ψύξης της μηχανής καθώς και τις εσωτερικές μικροαντλίες κυκλοφορίας



Εικόνα 4.6 : Ψυκτική μηχανή

Στην εικόνα 4.6 φαίνεται η ψυκτική μηχανή. Εμπρός αριστερά είναι οι 2 εξαεριστήρες ψύξης και άλλοι 2 στο πίσω μέρος (δεν φαίνονται). Εμπρός δεξιά φαίνεται ένα τμήμα του κομπρέσορα και αριστερά οι απαραίτητες σωληνώσεις.

4.8 Αντλίες κυκλοφορίας ψυκτικού υγρού m13,m14

Στην έξοδο του ψυκτικού μηχανήματος υπάρχουν 2 αντλίες κυκλοφορίας μιας και το σύνολο των δεξαμενών μούστου στο εσωτερικό του οινοποιείου είναι διαιρεμένες δια 2. Σκοπό έχουν να κυκλοφορούν το ψυκτικό υγρό (φρέον) από τη μονάδα παραγωγής (ψυκτικό) προς τις δεξαμενές και την επαναφορά του στην ψυκτική μονάδα.



Εικόνα 4.7 : Αντλία κυκλοφορίας ψυκτικού υγρού

Στην εικόνα 4.7 φαίνεται μια αντλία κυκλοφορίας κατακόρυφης τοποθέτησης, αριστερά και δεξιά είναι τα στόμια αναρρόφησης και κατάθλιψης. Στο πάνω μέρος φαίνεται ο ηλεκτροκινητήρας με το κουτί των ηλεκτρικών συνδέσεων (αριστερά) και πάνω στην κορυφή ο ανεμιστήρας ψύξης (δεν φαίνεται) με το προστατευτικό διάτρητο κάλυμμα.

4.9 Πιεστήριο συνεχούς ροής m15



Εικόνα 4.8 Πιεστήριο συνεχούς ροής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Υπολογισμοί στοιχείων ηλεκτρολογικής εγκατάστασης

Στο κεφάλαιο 5 θα γίνουν όλοι οι απαραίτητοι θεωρητικοί υπολογισμοί της εγκατάστασης κάθε ενός κινητήρα ξεχωριστά. Ξεκινώντας από τα στοιχεία του κάθε ηλεκτροκινητήρα όπως αυτά φαίνονται στις αντίστοιχες πινακίδες των κατασκευαστών και θα υπολογίσουμε τα εξής :

- διατομή αγωγού τροφοδοσίας
- ασφάλειες προστασίας
- επιλογή ηλεκτρονόμων
- επιλογή θερμικών ή θερμομαγνητικών (κατά περίπτωση) προστασίας

Για την ονοματολογία του κάθε ηλεκτροκινητήρα θα χρησιμοποιηθεί ο συμβολισμός $m_1, m_2, m_3...$ Κλπ, όπως αυτές έχουν σημειωθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο ως μηχανές m . Δηλαδή η κάθε μηχανή που χαρακτηρίζεται με το γράμμα m φέρει και έναν αντίστοιχο κινητήρα επίσης με το ίδιο γράμμα m .

5.1 Τεχνικά στοιχεία ηλεκτροκινητήρα

θα παραθέσουμε μια τυπική πινακίδα ενός ηλεκτροκινητήρα και θα αναλύσουμε – επεξηγήσουμε – τα αναγραφόμενα πάνω σε αυτή.

| | | | | | |
|----------------|------------|-------------|---------------|---------------|------|
| 3~Mot BN 63B 4 | | | | No60278000286 | |
| Cod. 830520106 | | | | IM B5 IP 55 | |
| V Δ /Y | I.C.L. | F | S 1 | cos ϕ | |
| | Hz | kW | A Δ /Y | min-1 | |
| 230/400 | 50 | 0.18 | 1.23 - 0.71 | 1320 | 0.67 |
| 460 | 60 | 0.21 | 0.69 | 1630 | |
| 220/240 | V Δ | 1.25-1.28 A | | 50Hz | |
| 380/415 | VY | 0.72-0.74 A | | | |
| 440/480 | VY | 0.68-0.71 A | | 60Hz | |

Εικόνα 5.1 : Τυπική μορφής πινακίδας ηλεκτροκινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα

Από την παραπάνω εικόνα μπορούμε να αντλήσουμε χρήσιμες πληροφορίες όσον αφορά την εκλογή του ηλεκτροκινητήρα, αν είναι ικανός να οδηγήσει το επιθυμητό φορτίο. Τον τρόπο συνδεσμολογίας για το δεδομένο ηλεκτρικό δίκτυο που διαθέτουμε και διάφορα άλλα που θα τα αναλύσουμε παρακάτω.

- Ονομαστική ισχύ. Είναι η ισχύς εξόδου του κινητήρα (μηχανική) που μπορεί να αποδώσει ο κινητήρας στη μόνιμη λειτουργία του. Εδώ είναι $P_N=0,18$ KW
- Συχνότητα λειτουργίας. Είναι εκείνη η συχνότητα (ονομαστική) για την οποία ο κινητήρας θα έχει και την ονομαστική ταχύτητα. Εδώ η πινακίδα μας πληροφορεί ότι μπορεί να λειτουργήσει στα 50 ή 60HZ.
- Ονομαστική τάση. Είναι η τάση αντοχής των τυλιγμάτων του κινητήρα που έχουν κατασκευαστεί. Πάνω από αυτήν την τάση τα τυλίγματα καταπονούνται ενώ κάτω από αυτήν ο κινητήρας απλά θα υπολειτουργεί. Εδώ η τάση λειτουργίας είναι 230V (πολική) και σύνδεση σε τρίγωνο ή 400V σε σύνδεση αστέρα.
- Ονομαστικό ρεύμα. Πρόκειται για το ρεύμα που αντλεί ο κινητήρας από το δίκτυο ώστε να αποδίδει την ονομαστική του ισχύ. Εδώ το ρεύμα είναι 1,23A σε σύνδεση τριγώνου ή 0,71A σε σύνδεση αστέρα.

- Συντελεστής ισχύος COSΦ. Είναι αυτός όπου ο κινητήρας λειτουργεί στα ονομαστικά του μεγέθη. Εδώ ο συντελεστής ισχύος είναι 0,67 ανεξάρτητα από τη συχνότητα λειτουργίας καθώς και με τον τρόπο σύνδεσης με το δίκτυο.
- Βαθμός προστασίας. Αφορά τον τρόπο κατασκευής του κινητήρα κατά πόσο αυτός ανθίσταται τόσο σε εισχώρηση ξένων υλών καθώς και νερού στο εσωτερικό του. Εδώ ο βαθμός προστασίας είναι IP55.

5.2 Πίνακες κατασκευαστών

Θα ακολουθήσουν διάφοροι πίνακες ηλεκτρικών καλωδίων, ασφαλειών, ηλεκτρονόμων και μέσων προστασίας, για την λειτουργία των κινητήρων.

5.2.1 Πίνακες καλωδίων

Όλα τα καλώδια που θα επιλέξουμε από τον κατωτέρω πίνακα θα είναι τύπου NYΥ με μόνωση από PVC και για θερμοκρασία λειτουργίας 70°C

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | |
|--------------------------------------------------|-------------------|--------|------|-----------|-----|-----|---------------------------------------|-----|----------|-----|-----|-----|---------------------|---------|---------------------|-----|------|--|
| Μοναδικό | χαρτί-μάζα | | | | | | PVC ³⁾ | | | | | | δικτυωμένο PE | | | | | |
| Μεταλλικός μανδύας | μόλυβδος | | | αλουμίνιο | | | — | | | | | | μόλυβδος | | | — | | |
| κωδικός π.χ. | N(A) KBA | N(A)KA | | N(A)KLEY | | | N(A)YY;N(A)YCWY ¹⁾ JIVV | | | | | | NYKY | | N(A)2XSY | | | |
| Κανονισμός καλωδίων | VDE 0255 | | | | | | VDE 0271 IEC 502 | | | | | | DIN57265 VDE0265 | | VDE 0273 IEC 502 | | | |
| επιτρεπόμενη θερμοκρασία | 80°C | | | | | | 70°C | | | | | | 90°C | | | | | |
| Διάταξη | 4) ⊖⊖ | ⊖⊖ | ⊖⊖⊖ | 4) ⊖⊖ | ⊖⊖ | ⊖⊖⊖ | 2) ⊖ | ⊖ | 4) ⊖⊖ | ⊖⊖ | ⊖⊖⊖ | ⊖ | 4) ⊖⊖ | 2) ⊖ | 4) ⊖⊖ | ⊖⊖ | ⊖⊖⊖ | |
| Όνομαστική διατομή χαλκού mm ²⁾ | Φόρτιση σε Ampère | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,5 | — | — | — | — | — | — | 26 | 20 | 18,5 | 20 | 25 | 20 | 18,5 | 32 | 24 | 25 | 32 | |
| 2,5 | — | — | — | — | — | — | 35 | 27 | 25 | 27 | 34 | 27 | 25 | 43 | 32 | 34 | 42 | |
| 4 | — | — | — | — | — | — | 46 | 37 | 34 | 37 | 45 | 37 | 34 | 57 | 42 | 44 | 56 | |
| 6 | — | — | — | — | — | — | 58 | 48 | 43 | 48 | 57 | 48 | 43 | 72 | 53 | 57 | 71 | |
| 10 | — | — | — | — | — | — | 79 | 66 | 60 | 66 | 78 | 66 | 60 | 99 | 73 | 77 | 96 | |
| 16 | — | — | — | — | — | — | 105 | 89 | 80 | 89 | 103 | 89 | 80 | 131 | 96 | 102 | 128 | |
| 25 | 114 | 138 | 167 | 114 | 136 | 163 | 140 | 118 | 106 | 118 | 137 | 118 | 106 | 177 | 130 | 139 | 173 | |
| 35 | 140 | 168 | 203 | 139 | 166 | 199 | 174 | 145 | 131 | 145 | 169 | 145 | 131 | 218 | 160 | 170 | 212 | |
| 50 | 169 | 203 | 246 | 168 | 200 | 239 | 212 | 176 | 159 | 176 | 206 | 176 | 159 | 266 | 195 | 208 | 258 | |
| 70 | 212 | 255 | 310 | 213 | 251 | 299 | 269 | 224 | 202 | 224 | 261 | 224 | 202 | 338 | 247 | 265 | 328 | |
| 95 | 259 | 312 | 278 | 262 | 306 | 361 | 331 | 271 | 244 | 271 | 321 | 271 | 244 | 416 | 305 | 326 | 404 | |
| 120 | 299 | 364 | 439 | 304 | 354 | 412 | 386 | 314 | 282 | 314 | 374 | 314 | 282 | 487 | 355 | 381 | 471 | |
| 150 | 343 | 415 | 500 | 350 | 403 | 463 | 442 | 361 | 324 | 361 | 428 | 361 | 324 | 559 | 407 | 438 | 541 | |
| 185 | 397 | 479 | 575 | 402 | 462 | 522 | 511 | 412 | 371 | 412 | 494 | 412 | 371 | 648 | 469 | 507 | 626 | |
| 240 | 467 | 570 | 678 | 474 | 545 | 594 | 612 | 484 | 436 | 484 | 590 | 484 | 436 | 779 | 551 | 606 | 749 | |
| 300 | 533 | 654 | 772 | 542 | 619 | 657 | 707 | — | 481 | 549 | 678 | — | 492 | 902 | 638 | 697 | 864 | |
| 400 | 611 | 783 | 912 | 628 | 726 | 734 | 359 | — | 560 | 657 | 817 | — | 563 | 1270 | 746 | 816 | 1918 | |
| 500 | — | 893 | 1023 | — | 809 | 786 | 1000 | — | — | 749 | 940 | — | — | 1246 | — | 933 | 1173 | |

Πίνακας 5.1 : Επιλογή διατομών ανάλογα με το διερχόμενο ρεύμα καθώς και του τρόπου εγκατάστασης

5.2.2 Πινακες ασφαλειών ΧΤ

| α/α | Τύπου D (Diazed) ικανότητα διακοπής 50 KA | Τύπου DO (Neozed) ικανότητα διακοπής 50 KA | Τύπου CF ικανότητα διακοπής 100 KA | Τύπου G (γυάλινες) ικανότητα διακοπής 0.050 KA |
|-----|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| 2 | 4 | 4 | 4 | 2 |
| 3 | 6 | 6 | 6 | 4 |
| 4 | 10 | 10 | 10 | 6 |
| 5 | 16 | 16 | 16 | 8 |
| 6 | 20 | 20 | 20 | 10 |
| 7 | 25 | 25 | 25 | 12 |
| 8 | 35 | 35 | 35 | 16 |
| 9 | 50 | 50 | 50 | 20 |
| 10 | 63 | 63 | 63 | 25 |
| 11 | 80 | 80 | 80 | 32 |
| 12 | 100 | 100 | 100 | 40 |

Πίνακας 5.2 : Ασφάλειες τήξεως μέχρι 100Α

| α/α | Μέγεθος 0 0 | Μέγεθος 0 | Μέγεθος 1 | Μέγεθος 2 | Μέγεθος 3 | Μέγεθος 4 |
|-----|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1 | 2 | 6 | 16 | 35 | 200 | 500 |
| 2 | 4 | 10 | 20 | 50 | 250 | 630 |
| 3 | 6 | 16 | 25 | 63 | 300 | 800 |
| 4 | 10 | 20 | 35 | 80 | 315 | 1000 |
| 5 | 16 | 25 | 40 | 100 | 355 | 1250 |
| 6 | 20 | 32 | 50 | 125 | 400 | |
| 7 | 25 | 35 | 63 | 160 | 425 | |
| 8 | 32 | 40 | 80 | 200 | 500 | |
| 9 | 35 | 50 | 100 | 224 | 630 | |
| 10 | 40 | 63 | 125 | 250 | | |
| 11 | 50 | 80 | 160 | 300 | | |
| 12 | 63 | 100 | 200 | 315 | | |
| 13 | 80 | 125 | 224 | 355 | | |
| 14 | 100 | 160 | 250 | 400 | | |
| 15 | 125 | | | | | |
| 16 | 160 | | | | | |

Πίνακας 5.3 : Ασφάλειες τήξεως μέχρι 160Α

5.2.3 Ηλεκτρονόμοι χαμηλής τάσης

Οι ηλεκτρονόμοι που θα επιλέξουμε θα είναι με βάση το ρεύμα και για κατηγορία εκκίνησης AC3

| α/α | Μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύς λειτουργίας για φορτίο αερίσι (AC-1) (A) | Μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύς λειτουργίας για φορτίο επαγωγής για τάση 240V V - 50/60Hz και AC-3 (A) | Επιτρεπόμενη ισχύς λειτουργίας για κατηγορία AC-3 | | | | Ελάχιστη τάση λειτουργίας (V) | Κλίμακα μέτρησης (από/προς μέτρο) | Κατηγορία εκκίνησης |
|-----|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------|----------|---------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| | | | 230-230V | | 415-440V | | | | |
| | | | kW HP | kVA HP | kW HP | kVA HP | | | |
| 1 | 25 | 9 | 2,2-3 | 4-5,5 | 4-5,5 | 5,5-7,5 | 2x10 ³ | AC - DC | CL06A3 |
| 2 | 25 | 12 | 3-4 | 5,5-7,5 | 5,5-7,5 | 7,5-10 | 2x10 ³ | AC - DC | CL01A3 |
| 3 | 32 | 18 | 4-5,5 | 7,5-10 | 7,5-10 | 10-13,5 | 1,7x10 ³ | AC - DC | CL02A3 |
| 4 | 45 | 25 | 7,5-10 | 11-15 | 11-15 | 15-20 | 2x10 ³ | AC - DC | CL21A3 |
| 5 | 45 | 25 | 7,5-10 | 12-16 | 12-16 | 15-20 | 2x10 ³ | AC - DC | CL03A3 |
| 6 | 60 | 32 | 9-12 | 15-22 | 16-22 | 18,5-25 | 2x10 ³ | AC - DC | CL16A3 |
| 7 | 60 | 40 | 11-15 | 18,5-25 | 22-30 | 25-34 | 2x10 ³ | AC - DC | CL45A3 |
| 8 | 90 | 50 | 15-20 | 22-30 | 25-34 | 30-40 | 1,8x10 ³ | AC - DC | CL06A3 |
| 9 | 110 | 65 | 18,5-25 | 30-40 | 37-50 | 40-55 | 1,7x10 ³ | AC - DC | CL07A3 |
| 10 | 110 | 80 | 22-30 | 37-50 | 45-60 | 45-60 | 1,5x10 ³ | AC - DC | CL08A3 |
| 11 | 140 | 95 | 25-34 | 45-60 | 50-68 | 55-75 | 1,7x10 ³ | AC - DC | CL09A3 |
| 12 | 140 | 105 | 30-40 | 55-75 | 55-75 | 65-88 | 1,5x10 ³ | AC - DC | CL10A3 |
| 13 | 250 | 150 | 45-60 | 75-100 | 80-108 | 100-135 | 1,7x10 ³ | AC - DC | CK15 |
| 14 | 250 | 185 | 55-75 | 90-125 | 100-135 | 110-150 | 1,2x10 ³ | AC - DC | CK08 |
| 15 | 315 | 205 | 65-88 | 110-150 | 125-170 | 132-180 | 1,7x10 ³ | AC - DC | CK05 |
| 16 | 315 | 250 | 75-100 | 132-180 | 132-180 | 160-220 | 1,5x10 ³ | AC - DC | CK09 |
| 17 | 450 | 309 | 90-125 | 160-220 | 185-250 | 200-270 | 1,1x10 ³ | AC - DC | CK95 |
| 18 | 600 | 420 | 125-170 | 220-300 | 250-312 | 300-405 | 1,3x10 ³ | AC - DC | CK10 |
| 19 | 700 | 550 | 160-220 | 280-380 | 315-425 | 400-540 | 1x10 ³ | AC - DC | CK11 |
| 20 | 1000 | 700 | 220-300 | 375-510 | 400-540 | 480-650 | 0,7x10 ³ | AC - DC | CK12 |
| 21 | 1250 | 825 | 250-340 | 450-610 | 450-610 | 500-680 | 0,7x10 ³ | AC - DC | CK13 |

Πίνακας 5.4 : Τριπολικοί ηλεκτρονόμοι χαμηλής τάσης

5.2.4 Θερμικά ηλεκτροκινητήρων

Η επιλογή των θερμικών από τον παρακάτω πίνακα θα γίνει με βάση το ρεύμα λειτουργίας του κινητήρα.

| α/α | Περιεχέ ρυθμιστής θερμικού σε (A) | | Προτεινόμενες ασφαλιστικές προστασίες σε (A) | | Κωδικός μελέτης με τον οποίο μπορεί να ανοιχτεί | Κλάση | Γόπος θερμικού μελέ |
|-----|-----------------------------------|---------|----------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------|-----------|---------------------|
| | Ελάχιστη | Μέγιστη | Κλάση αβέ | Κλάση γL | | | |
| 1 | 0,16 | 0,25 | - | - | | | |
| 2 | 0,25 | 0,4 | - | 2 | CL00 | | |
| 3 | 0,4 | 0,63 | - | 2 | | | |
| 4 | 0,63 | 0,9 | - | 4 | CL01 | | |
| 5 | 0,8 | 1,1 | - | 4 | | | |
| 6 | 1 | 1,5 | - | 4 | CL02 | | |
| 7 | 1,3 | 1,9 | - | 6 | | 10A | RT1 |
| 8 | 1,9 | 2,7 | - | 10 | CL25 | | |
| 9 | 2,5 | 4 | - | 16 | | | |
| 10 | 4 | 6,3 | - | 20 | CL03 | | |
| 11 | 5,5 | 7,5 | 16 | 20 | | | |
| 12 | 7 | 10 | 20 | 25 | CL04 | | |
| 13 | 10 | 13 | 20 | 35 | | | |
| 14 | 12 | 15 | 25 | 35 | CL45 | | |
| 15 | 14,5 | 17,5 | 32 | 50 | | | |
| 16 | 17,5 | 22 | 40 | 50 | | | |
| 17 | 21 | 26 | 40 | 63 | | | |
| 28 | 25 | 32 | 50 | 80 | | | |
| 19 | 30 | 40 | 63 | 100 | | | |
| 20 | 11,5 | 15 | 32 | 35 | | | |
| 21 | 14,5 | 19 | 40 | 50 | CL06 | | |
| 22 | 19 | 25 | 50 | 63 | | | |
| 23 | 25 | 32 | 63 | 100 | CL07 | | |
| 24 | 32 | 41 | 80 | 125 | | | |
| 25 | 39 | 47 | 100 | 125 | CL08 | 10 | RT2 |
| 26 | 44 | 54 | 100 | 160 | | | |
| 27 | 54 | 65 | 125 | 160 | CL09 | | |
| 28 | 64 | 75 | 125 | 200 | | | |
| 29 | 70 | 80 | 125 | 200 | CL10 | | |
| 30 | 80 | 95 | 125 | 200 | | | |
| 31 | 90 | 110 | 160 | 250 | | | |
| 32 | 55 | 80 | 125 | 200 | | | |
| 33 | 63 | 90 | 125 | 200 | CK75 | 10 | RT3 |
| 34 | 90 | 120 | 160 | 250 | | | |
| 35 | 11- | 140 | 200 | 315 | CK08 | | |
| 36 | 140 | 180 | 250 | 355 | | | |
| 37 | 2,5 | 4 | 10 | 16 | | | |
| 38 | 4 | 6,5 | 12 | 20 | | | |
| 39 | 5,5 | 8,5 | 16 | 25 | | | |
| 40 | 7,5 | 11 | 20 | 32 | | | |
| 41 | 10 | 16 | 25 | 40 | CL... | | |
| 42 | 12,5 | 20 | 32 | 50 | | | |
| 43 | 17 | 27 | 50 | 80 | | | |
| 44 | 26 | 40 | 80 | 125 | | | |
| 45 | 32 | 52 | 100 | 160 | CK... | | |
| 46 | 45 | 70 | 125 | 160 | | | |
| 47 | 60 | 90 | 160 | 200 | | | |
| 48 | 80 | 125 | 200 | 250 | | | |
| 49 | 120 | 190 | 250 | 315 | | | |
| 50 | 175 | 280 | 315 | 400 | | 10 και 30 | RT4 |
| 51 | 200 | 310 | 400 | 500 | | | |
| 52 | 120 | 190 | 250 | 315 | | | |
| 53 | 175 | 280 | 315 | 400 | CK10 | | |
| 54 | 250 | 400 | 500 | 630 | CK11 | 10 και 30 | RT5 |
| 55 | 315 | 500 | 630 | 800 | CK12 | | |
| 56 | 430 | 700 | 800 | 1000 | | | |
| 57 | 500 | 850 | 1000 | | CK13 | 10 και 30 | RT6 |

Πίνακας 5.5 : Θερμικοί ηλεκτρονόμοι ηλεκτροκινητήρων

Στον πίνακα που ακολουθεί θα καταγράψουμε όλους τους κινητήρες με τα ηλεκτρικά τους χαρακτηριστικά από όπου θα ακολουθήσουν οι υπολογισμοί των μέσων προστασίας και των μέσων εκκίνησης (ζεύξης).

| α/α | Είδος μηχανήματος | Ονομαστικό ρεύμα I(A) | Ηλεκτρική ισχύς (KW) | COSΦ | Φ ⁰ |
|-----|-------------------|-----------------------|----------------------|------|----------------|
| m1 | Σταφυλοδόχος | 9,3 | 5,2 | 0,81 | 35,90 |
| m2 | Αποβοστρυχωτής | 9,4 | 5,34 | 0,82 | 34,91 |
| m3 | Σπαστήρας | 4,5 | 2,45 | 0,79 | 37,81 |
| m4 | Μονοριμβ | 20 | 12,2 | 0,88 | 28,35 |
| m5 | Απορροφητήρας | 20 | 11,78 | 0,85 | 31,78 |

m6, m7, m8, m9, m10, επανάληψη των ανωτέρω

| | | | | | |
|-----|-----------------------------------|-----|-----|------|-------|
| m11 | Αντλία λυμάτων | 3,7 | 2 | 0,77 | 39,64 |
| m12 | Ψυκτική μηχανή | 130 | 80 | 0,89 | 27,12 |
| m13 | Αντλία κυκλοφορίας ψυκτικού υγρού | 4,4 | 2,5 | 0,82 | 34,91 |
| m14 | ομοίως | | | | |
| m15 | Πιεστήριο συνεχούς ροής | 34 | 20 | 0,85 | 31,78 |

Πίνακας 5.6 : Ονοματολογία και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά κινητήρων

Στον παραπάνω πίνακα το ονομαστικό ρεύμα καθώς και ο συντελεστής ισχύος $\text{COS}\Phi$ ελήφθησαν από τις αντίστοιχες πινακίδες των κινητήρων.

Η ηλεκτρική ισχύς υπολογίστηκε από τον τύπο $P = \sqrt{3} V I \text{COS}\Phi$ όπου $V = 400\text{V}$ και $\Phi = \text{COS}^{-1}(XX)$ όπου XX τα αντίστοιχα COS

5.3 Υπολογισμοί

1. Κινητήρας m1

Επιλογή καλωδίου

$I = 9,3\text{A}$ απευθείας εκκίνηση $I1 = 1,3 * 9,3\text{A} = 12\text{A}$ άρα από τον πίνακα διατομών καλωδίων 5.1 επιλέγουμε διατομή $1,5\text{mm}^2$ (ο συντελεστής προσαύξησης 1,3 τίθεται διότι έχω Απευθείας Εκκίνηση, Α.Ε από εδώ και στο εξής)

Επιλογή ασφάλειας μεγαλύτερης του ονομαστικού ρεύματος των 9,3A
Από τον πίνακα 5,2 επιλέγουμε ασφάλεια 10A

Επιλογή ηλεκτρονόμου με βάση το ονομαστικό ρεύμα

Από τον πίνακα 5,4 επιλέγουμε ηλεκτρονόμο τον CL01A3 με μέγιστο ρεύμα 12A

Επιλογή θερμικού με βάση το ονομαστικό ρεύμα

Από τον πίνακα 5.5 επιλέγουμε θερμικό το RT1 με περιοχή από 7-10A με ρύθμιση στα 9,3A.

2. Κινητήρας m2

Επιλογή καλωδίου

$I=9,4A$ Α.Ε $I_2=1,3*9,4A=12,2A$ άρα απο πίνακα διατομών 5.1 επιλέγουμε διατομή $1,5mm^2$

Επιλογή ασφάλειας μεγαλύτερης του ονομαστικού ρεύματος των $9,4A$.

Από πίνακα 5.2 υπολογίζουμε ασφάλεια $10A$

Επιλογή ηλεκτρονόμου με βάση το ονομαστικό ρεύμα

Από τον πίνακα 5.4 επιλέγουμε ηλεκτρονόμο τον CL01A3 με μέγιστο ρεύμα $12A$

Επιλογή θερμικού με βάση το ονομαστικό ρεύμα

Από τον πίνακα 5.5 επιλέγουμε θερμικό το RT1 με περιοχή από $7-10A$ με ρύθμιση στα $9,4A$.

3. Κινητήρας m3

Επιλογή καλωδίου

$I= 4,5A$ με ανάλογο τρόπο όπως τα προηγούμενα έχω.

Διατομή $1,5mm^2$

Ασφάλεια $10A$

Ηλεκτρονόμος CL01A3

Θερμικό RT1 με περιοχή $4-6,3A$ και ρύθμιση στα $4,5$

4. Κινητήρας m4

$I=20A$ $I4=1*20=20$ εκκίνηση αστέρα τριγώνου

Διατομή $2,5\text{mm}^2$

Ασφάλεια 20A

Ηλεκτρονόμος $HN=20/\sqrt{3}=11,54A$ CL01A3. Για τον γενικό HN καθώς και για τον HN τριγώνου. Για τον HN αστέρα τον επιλέγουμε στο $I/3=6,6A$ δηλαδή τον CL00A3 (HN δηλαδή ηλεκτρονόμος)

Θερμικό στο $20/\sqrt{3}=11,54A$ δηλαδή τον RT1 με περιοχή 10-13A και ρύθμιση στα 11,54A

5. Κινητήρας m5

$I=20A$. Ομοίως με την περίπτωση του κινητήρα m4

6. Κινητήρες m6, m7, m8, m9, m10 ομοίως αντίστοιχα με τους m1, m2, m3, m4, m5

7. Κινητήρας m11

$I=3,7A$, $I11= 1,3*2,7=3,51A$

Διατομή $1,5\text{mm}^2$

Ασφάλεια 10A

Ηλεκτρονόμος CL01A3

Θερμικό RT1 με περιοχή 2,5-4A με ρύθμιση στα 3,7A (Α.Ε)

8. Κινητήρας m12

$I=130A$ εκκίνηση με ρυθμιστή στροφών VFD

Διατομή $50mm^2$

Ασφάλεια 160A, πίνακας 5.3

9. Κινητήρας m13,m14

$I=4,4A$ ομοίως με την περίπτωση του κινητήρα m3

10. Κινητήρας m15

$I=34A$ εκκίνηση αστέρα τριγώνου

Διατομή $6mm^2$

Ασφάλεια 50A

Ηλεκτρονόμος $HN=34/\sqrt{3}=19,62A$, για τον γενικό HN έχουμε τον CL11A3 ομοίως και για τον HN του τριγώνου. Ο HN του αστέρα για $I/3=11,4A$ CL01A3

Θερμικό για $I=34\sqrt{3}=19,62A$ τύπος RT1 με περιοχή 17,5-22A και ρύθμιση στα 19,62A

5.4 Υπολογισμός συνολικής εγκατεστημένης ισχύος

Για να υπολογίσουμε την συνολική εγκατεστημένη ισχύ θα πρέπει να υπολογίσουμε την συνολική ενεργό ισχύ P, την συνολική άεργο ισχύ Q και από το γεωμετρικό τους άθροισμα θα υπολογίσουμε την συνολική φαινόμενη ισχύ S. Άρα συγκεντρώνουμε τα ανωτέρω στον παρακάτω πίνακα.

| a/a | P(KW) | Φ^0 | Q(KVAR) |
|-------------|-------------------|----------|-------------------|
| m1+m6 | 10,4 | 35,9 | 7,52 |
| m2+m7 | 10,68 | 34,91 | 7,45 |
| m3+m8 | 4,9 | 37,81 | 3,8 |
| m4+m9 | 24,4 | 28,35 | 13,16 |
| m5+m10 | 23,56 | 31,78 | 14,59 |
| m11 | 2 | 39,64 | 1,65 |
| m12 | 80 | 27,12 | 40,97 |
| m13+m14 | 5 | 34,91 | 3,48 |
| m15 | 20 | 31,78 | 12,39 |
| Φωτισμός | 2 | 90 | 0 |
| Κλιματισμός | 5 | 90 | 0 |
| | $P_{ολ} = 187,94$ | | $Q_{ολ} = 105,01$ |

- Φωτισμός 2KW κατ' εκτίμηση με λαμπτήρες τύπου LED
- Κλιματισμός 5KW κατ' εκτίμηση για χώρο 2 γραφείων 30τμ έκαστο και τεχνολογία INVERTER
- Η άεργος ισχύς Q υπολογίστηκε από τον τύπο $Q=P*\tan\Phi$.
- Για την συνολική φαινόμενη ισχύ έχουμε $S^2=P^2+Q^2$
- $S^2=187,94^2+105,01^2$ δηλαδή $S=215,28KVA$
- $I_{ολ}=S_{ολ}/(\sqrt{3}*400)=215280/(\sqrt{3}*400)=310,72A$
- $\cos\phi_{ολ}=P_{ολ}/S_{ολ}=0,87$ και $\phi_{ολ}=29,54^0$

Για να αποφανθούμε για τον τύπο και το είδος της παροχής που θα ζητήσουμε από τον πάροχο της ηλεκτρικής ενέργειας θα συμβουλευτούμε τον πίνακα 5.7

ΠΙΝΑΚΑΣ V

Στοιχεία παροχών μεμονωμένων καταναλωτών Χ.Τ.
(Τροφοδότηση από ιδιαίτερα Υ/Σ ΜΤ/ΧΤ ή από ιδιαίτερη αναχώρηση ΧΤ)

| ΠΑΡΟΧΗ | | ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ | | | | (1) ΜΕΤΡΗΤΗΣ | ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ ΠΑΡΟΧΗΣ | | ΕΛΑΧ. ΔΙΑΤΟΜΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΠΙΝΑΚΑ-ΜΕΤΡΗΤΗ ΠΟΥ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΕΤΑΙ ΑΠΟ ΥΠΕΡΦΟΡΤΙΣΗ | (2) ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ Μ/Σ |
|----------------------------|-----|--------------------------|----------|----|------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| | | Γενική εσωτ. εγκατάσταση | Μετρητής | | Ελάχ. Αναχ. δικτύου ΧΤ | | Συγκεντρικά θ.Ν. (Cu) | X - LPE | | |
| No | kVA | | A | A | | A | | | A | mm ² |
| ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ | | | | | | | | | | |
| 03 | 8 | 35 | 35 | 40 | 63 (40) | 10/40 15/60 | 2 x 6 | - | 3 x 10 | 50 (25) |
| 05 | 12 | 50 | 63 | 63 | 80 | 15/60 | 2 x 16 | - | 3 x 16 | 50 |
| ΤΡΙΦΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ | | | | | | | | | | |
| 1 | 15 | 25 | - | 25 | 63 (40) | 3 x 10/40 3 x 10/60 | 4 x 6 | - | 5 x 6 | 50 (25) |
| 2 | 25 | 35 | - | 40 | 63 (40) | 3 x 10/40 3 x 10/60 | 4 x 6 | - | 5 x 10 | 50 (25) |
| 3 | 35 | 50 | - | - | 63 | 3 x 20/60 3 x 10/60 | 4 x 16 | - | 5 x 16 | 50 |
| 4 | 55 | 80 | - | - | 100 | 3 x 50/100 3 x 20/100 | 4 x 25 | - | 3x25+16+16 ⁽⁶⁾ | 100 ⁽⁴⁾ (75) |
| 5 | 85 | 125 | - | - | 160 ⁽⁵⁾ | 3 x 1.5/6 3x 1/6 | 4 x 50 | 3x95 Al + 35 Cu X - LPE | 3x50+25+25 ⁽⁶⁾ | 100 |
| 6 | 135 | 200 | - | - | 250 ⁽⁵⁾ | 3 x 1.5/6 3x 1/6 | Μονοπολ. 95 Cu ⁽⁷⁾ | 3x150 Al + 50 Cu X - LPE | 3x120+70+70 ⁽⁶⁾ | 160 |
| 7 | 250 | 315 355 | - | - | 400 ⁽⁵⁾ | 3 x 1.5/6 3x 1/6 ⁽³⁾ | Μονοπολ. 150 Cu ⁽⁷⁾ | 2 (3x150 Al + 50 Cu) X - LPE | 3x240+120+120 ⁽⁶⁾ Μονοπ. 150 Cu ⁽⁷⁾ | 250 |

Πίνακας 5.7 Στοιχεία παροχών μεμονωμένων καταναλωτών Χ.Τ.

Από την τελευταία γραμμή του πίνακα 5.7 έχουμε(θέλουμε)

- Παροχή Νο7 με 250KVA max
- Ασφάλεια γενικής εσωτερικής εγκατάστασης 355A
- Ασφάλεια ελάχιστης αναχώρησης δικτύου ΧΤ 400A
- Διατομή καλωδίου παροχής 2(3X150AL+50Cu) σε mm²
- Ελάχιστη διατομή γραμμής πίνακα μετρητή 3X240+120+120 σε mm²

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Συντελεστής ισχύος (Σ.Ι.) ή Power Factor (P.F.)

6.1 Ορισμοί

Όταν ένα φορτίο RL (Ωμικό – Επαγωγικό) τροφοδοτείται από μια ημιτονοειδή εναλλασσόμενη τάση, τότε το ρεύμα I καθυστερεί της επιβαλλόμενης τάσης V κατά γωνία ϕ . Αντίθετα αν το φορτίο είναι R – C (ωμικό – χωρητικό) τότε το ρεύμα I προηγείται της τάσης V κατά γωνία ϕ . Αιτία αυτής της διαφοράς στη γωνία είναι η δημιουργία (εγκατάσταση) μαγνητικού πεδίου στο L μέρος του φορτίου ή ηλεκτρικού πεδίου στο C μέρος του φορτίου (αντίστοιχα). Το συνυμήτονο αυτής της γωνίας μας ορίζει τον συντελεστή ισχύος $\cos\phi$.

$$\phi = \phi_v - \phi_I$$

Πραγματική ισχύς που καταναλώνει ένα φορτίο είναι $P = V I \cos\phi$ και $I = P/(V \cos\phi)$.

Για δεδομένο φορτίο P και V είναι σταθερά και το ρεύμα I αυξάνεται όσο μειώνεται το $\cos\phi$.

Οι επιπτώσεις του αυξημένου ρεύματος για χαμηλό $\cos\phi$ είναι:

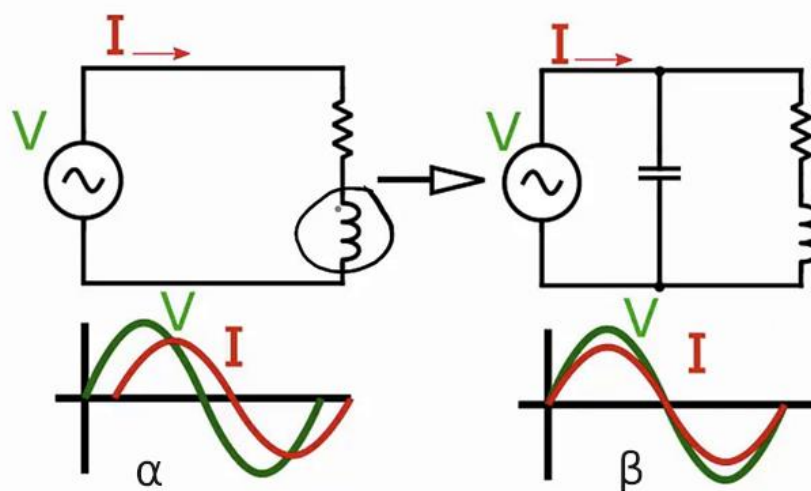
- Μεγαλύτερες γεννήτριες παραγωγής ($S = V I$)
- Μεγαλύτερους ΜΣ διανομής ($S = V I$)
- Περισσότερες θερμικές απώλειες στις γραμμές και στους ΜΣ ($P = I^2 R$)
- Μεγαλύτερη πτώση τάσης επι των γραμμών ($\Delta V = I R \cos\phi$)

Παρόλα αυτά αν είμασταν διατεθειμένοι να ανεχτούμε τα ανωτέρω με ότι κόστος αυτό συνεπάγεται δεν θα κερδίσαμε κάτι αφού η μεταφερόμενη πραγματική ισχύς προς το φορτίο θα παρέμενε ίδια.

Είναι λοιπόν φανερό ότι αν μπορούσαμε να επέμβουμε τοπικά στο φορτίο και να αλλάξουμε την σύνθεσή του (R L C) θα αλλάζαμε και το $\cos\phi$ προς το καλύτερο.

Στο επόμενο σχήμα (5.1) έχουμε ένα RL φορτίο όπου είναι και τα επικρατέστερα στην πράξη λόγω της ύπαρξης επαγωγικών κινητήρων και ΜΣ. Η ισχύς που καταναλώνεται στο εν λόγω φορτίο είναι:

- Πραγματική (ενεργός) και εμφανίζεται στο R τμήμα του φορτίου ($I^2 R$). Η ισχύς αυτή μεταφέρεται από το δίκτυο (πηγή) προς το φορτίο.
- Φανταστική (άεργος) και εμφανίζεται στο L (X_L) τμήμα του φορτίου ($I^2 X_L$). Η ισχύς αυτή μεταφέρεται από το δίκτυο (πηγή) προς το φορτίο.
- Φανταστική (άεργος) και εμφανίζεται στο C (X_C) τμήμα του φορτίου ($I^2 X_C$). Η ισχύς αυτή παράγεται τοπικά από το C τμήμα του φορτίου.



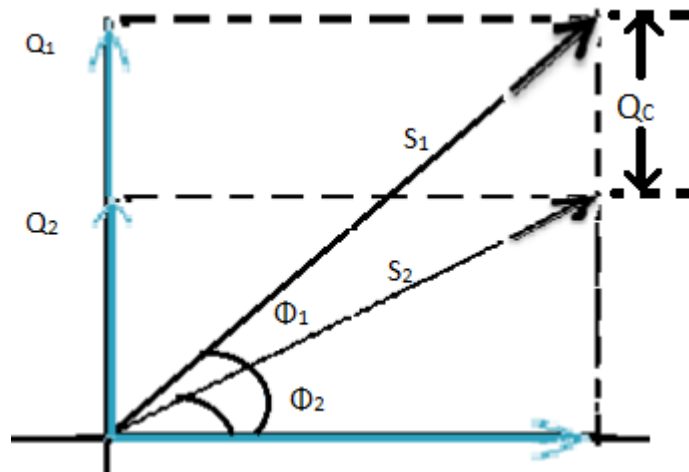
Σχήμα 6.1 α) Αριστερά φαίνεται ένα R – L φορτίο με τις αντίστοιχες κυματομορφές V και I. β) Δεξιά στο ίδιο R- L φορτίο έχει προστεθεί πυκνωτής C με τις αντίστοιχες κυματομορφές.

Αναφερόμενοι στο παραπάνω σχήμα η αρχική κατάσταση που επικρατεί θα την δηλώνουμε με τον αριθμό 1 (αριστερά) και την τελική κατάσταση (διορθωμένη) με τον αριθμό 2.

Τα ηλεκτρικά μεγέθη του σχήματος (α) είναι:

Ενεργός ισχύ P_1 , Άεργος ισχύς κατανάλωσης Q_1 και αντίστοιχα στο σχήμα (β) έχουμε:

ενεργός ισχύς $P_2 = P_1 = P$ και άεργος ισχύς Q_2 . Η ισχύς μεταβλήθηκε από Q_1 σε Q_2 λόγω της παραγωγής άεργης ισχύος από την προσθήκη του πυκνωτή C, Q_C , έτσι ώστε να ισχύει $Q_C = Q_1 - Q_2$ όπως αυτό φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 6.2.



Σχήμα 6.2 Η προσθήκη του πυκνωτή C έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της άεργης ισχύος κατά $Q_1 - Q_2$

Τελικά αν λάβουμε υπ όψιν τα παραπάνω και επιθυμούμε να μειώσουμε το $\cos\phi$ από μία αρχική τιμή $\cos\phi_1$ σε μια τελική τιμή $\cos\phi_2$ θα πρέπει ο προστιθέμενος πυκνωτής να παράγει άεργο ισχύ

$$Q_c = P(\tan\phi_1 - \tan\phi_2) \quad (6.1)$$

Και η απαραίτητη χωρητικότητα του πυκνωτή πρέπει να είναι:

$$C = \frac{Q_c}{\omega V^2} \quad (6.2)$$

6.2 Αντιστάθμιση του φορτίου του οινοποιείου.

Από το προηγούμενο κεφάλαιο 5, υπολογίσαμε για την εγκατάσταση ένα μέσο $\cos\phi_1 = 0,87$ και έστω ότι θέλουμε να το διορθώσουμε σε $\cos\phi_2 = 0,97$. Οι αντίστοιχες γωνίες θα είναι $\phi_1 = 29,54^\circ$ και $\phi_2 = \cos^{-1}(0.97) = 14,06^\circ$ οπότε η άεργος ισχύ που θέλουμε να παράγει ο πυκνωτής θα είναι με αντικατάσταση στη σχέση (6.1) θα είναι ίσο:

$$Q_c = 187,94(\tan 29,54 - \tan 14,06) = 59,43 \text{ KVar (3}\Phi \text{ φορτίο)}$$

Και ο απαιτούμενος πυκνωτής από τη σχέση (6.2) για σύνδεση αστέρα θα είναι:

$$C = \frac{Q_c}{\omega v^2} = \frac{59430}{314 \cdot 230^2} = 3,57 \text{ mF}$$

6.3 Αυτόματη αντιστάθμιση.

Σε ένα εργοστάσιο κατά την διάρκεια (χρόνος) λειτουργίας του ο συντελεστής ισχύος αλλάζει συνεχώς, αφού προστίθενται ή αφαιρούνται φορτία (κινητήρες) ανάλογα με τον επιθυμητό ρυθμό παραγωγής. Δηλαδή τυπικά στη διάρκεια ενός 24ώρου λειτουργίας ο συντελεστής ισχύος μπορεί να λάβει από τις ελάχιστες τιμές μέχρι και την μέγιστη. Άρα ο θεωρητικά υπολογισμένος πυκνωτής καμία χρησιμότητα δεν έχει και εκτός αυτού μπορεί να οδηγήσει σε επικίνδυνες ταλαντώσεις τάσεις το δίκτυο (φαινόμενα ταλάντωσης έχουμε όταν ο συντελεστής ισχύος γίνει 1 ή ακόμα περισσότερο συνολικά γίνει χωρητικός).

Στην πράξη η διόρθωση του συντελεστή ισχύος γίνεται μέσω μιας αυτοματοποιημένης διαδικασίας. Μέσω ενός αυτόματου ρυθμιστή αέργου ισχύος (εικ. 6.1) παρακολουθείται συνεχώς η τιμή του συντελεστή ισχύος και ανάλογα προσθέτει ή αφαιρεί χωρητικότητα το σύστημα. Να σημειωθεί εδώ ότι η αύξηση της χωρητικότητας έχουμε με παράλληλη σύνδεση των πυκνωτών.



Εικόνα 6.1 Αυτόματος ρυθμιστής αέργου ισχύος.

Ο ρυθμιστής της εικόνας έχει διακριτές εξόδους ανάλογες με την διακριτή τιμή του συντελεστή ισχύος που ορίζουμε. Οι έξοδοι αυτοί ενεργοποιούν αντιστοίχους ηλεκτρονόμους και συνδέουν – αποσυνδέουν αντιστοίχους πυκνωτές. Τα χαρακτηριστικά του ανωτέρου αυτόματου ρυθμιστή αέργου ισχύος σύμφωνα με τον κατασκευαστή είναι τα ακόλουθα:

ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΠΥΚΝΩΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ DUCATI REGO 5 (5 ΒΑΘΜΙΔΩΝ)
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ 96x96 mm

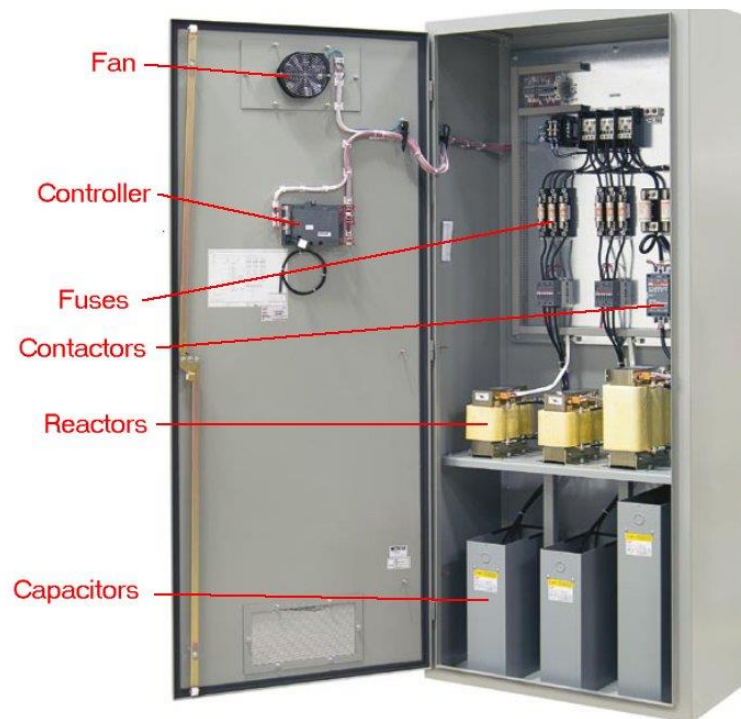
- » Αυτόματη αναγνώριση φοράς σύνδεσης μετασχηματιστή εντάσεως
- » Αυτόματη ρύθμιση ευαισθησίας (c/k)
- » Αυτόματη αναγνώριση ισχύος πυκνωτών
- » Αυτόματη εισαγωγή της κατάλληλης ακολουθίας, ανάλογα με την ισχύ των πυκνωτών

(1:1:1 ή 1:2:2 ή 1:2:4)

- » Ενσωματωμένες προστασίες από υπέρταση, υπερθέρμανση, υπερφόρτιση λόγω αρμονικών, έλλειψη τάσης
- » Λειτουργεί και ως αναλυτής ενέργειας, αφού προσφέρει μετρήσεις $\cos\phi$, I, V, KW, KVA_r, THD.

» Μνήμη αριθμού λειτουργιών ρελέ, έλεγχος ανεμιστήρα, ένδειξη θερμοκρασίας πίνακα,
σύνδεση σε δίκτυο (RS485)

Στην επόμενη εικόνα (6.2) φαίνεται ένας πίνακας που φιλοξενεί τους ηλεκτρονόμους, τους πυκνωτές και ότι άλλο χρειάζεται για την επίτευξη της διόρθωσης. Ο πίνακας αυτός τοποθετείται δίπλα στον γενικό πίνακα και παραλληλίζεται με αυτόν.



Εικόνα 6.2 Πίνακας αυτόματης διόρθωσης $\cos\phi$

Βιβλιογραφία

1. Ηλεκτρικές Μηχανές DC-AC, Stephen J. Chapman, Εκδόσεις Α. Τζιόλας 1993
2. Συστήματα Οδήγησης Ηλεκτρικών Κινητήρων Μαλατέστας Π. -Μανιάς Σ. Εκδόσεις Συμεών 1997
3. Ηλεκτρικές Μηχανές Μέρος Α' , Β' Τεγόπουλος Ι.Α., Εκδόσεις Συμμετρία Αθήνα 1986
4. Ηλεκτρικές Μηχανές Παντελής Β. Μαλατέστας, Εκδόσεις Τζιόλας 2012
5. Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα (Σημειώσεις Εργαστηρίου Θεωρία) Αντωνόπουλος Γ. Παν. Πελοποννήσου (eclass).
6. Βιομηχανικά Ηλεκτρονικά Τόμος Α και Β, Σερεβετάς Ε.Κ. Αθήνα 1990
7. Ηλεκτρονικά Ισχύος και Βιομηχανικά Ηλεκτρονικά, Γεωργάκας Κ. Σημειώσεις θεωρία – Εργαστήριο, Παν. Πελοποννήσου (eclass).
8. «ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΙΣΧΥΟΣ» , Δ. Πυλαρινός ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟΦΟΙΤΩΝ, «ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ» (Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών του Τ.Ε.Ι. Κρήτης).
9. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ/ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ, ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ Δ. ΚΑΡΛΗΣ, ΞΑΝΘΗ 2004
10. Πειραματική Διερεύνηση Δυνατοτήτων Λειτουργίας Γεννήτριας Επαγωγής Διπλής Εξόδου Για Αιολικά Συστήματα, ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Δημήτριος Κ. Ιωάννου.