

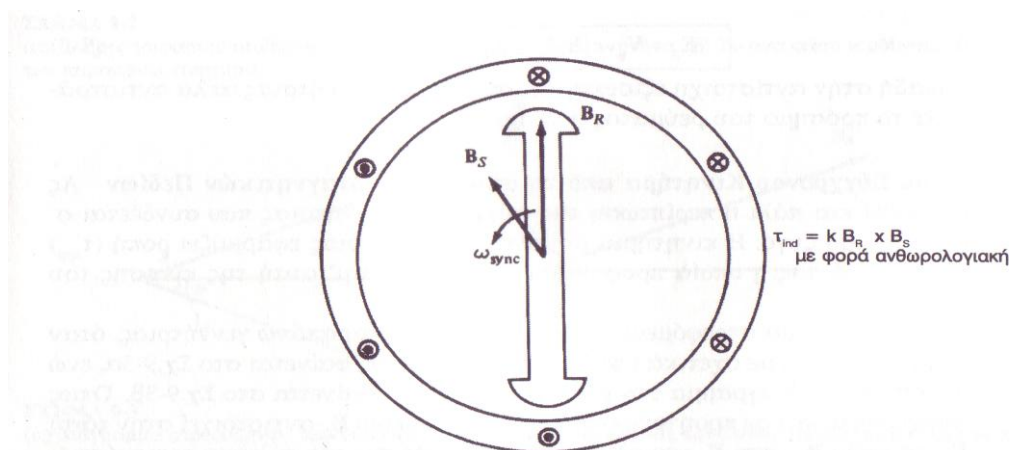
ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ Ε.Ρ

Έχουμε δύο είδη τριφασικών κινητήρων Ε.Ρ., τους σύγχρονους και τους ασύγχρονους. Ο στάτης των δύο αυτών ειδών είναι όμοιος με αυτόν των σύγχρονων γεννητριών. Έχει τριφασικό τύλιγμα, το τύλιγμα οπλισμού της μηχανής, που τοποθετείται σε αυλάκια και μπορεί να συνδεθεί κατά Υ ή Δ. Οι τρεις φάσεις του τυλίγματος οπλισμού απέχουν 120 ηλεκτρικές μοίρες μεταξύ τους. Η βασική αρχή λειτουργίας και των δύο ειδών είναι η εξής: όταν το τύλιγμα οπλισμού της μηχανής τροφοδοτηθεί με τριφασική εναλλασσόμενη τάση, στο εσωτερικό της μηχανής παράγεται ένα στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο σταθερού πλάτους. Αυτό προκύπτει από το άθροισμα των μαγνητικών πεδίων των τριών φάσεων κάθε στιγμή. Είναι ένα μαγνητικό πεδίο με συνισταμένη με σταθερό μέτρο, αλλά διαφορετική διεύθυνση κάθε χρονική στιγμή, δηλαδή είναι σαν να περιστρέφεται. Η ταχύτητα περιστροφής του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου του στάτη είναι η σύγχρονη ταχύτητα $n_s = 120f/p$ σε rpm. Το p είναι ο αριθμός πόλων ανά φάση του στάτη.

Ο δρομέας των σύγχρονων και ασύγχρονων κινητήρων δεν είναι ίδιος. Οι διαφορές στην κατασκευή προσδίδουν διαφορετικά λειτουργικά χαρακτηριστικά σε κάθε είδος και προσδιορίζουν τη χρήση τους.

ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ – ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΠΡΩΩΣΗ

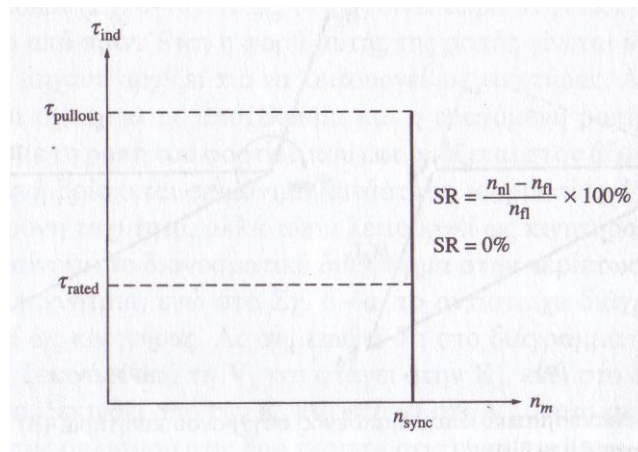
Ο δρομέας των κινητήρων αυτών έχει ζεύγη μαγνητικών πόλων οι οποίοι φέρουν τύλιγμα που τροφοδοτείται με Σ.Ρ. Αυτό είναι το τύλιγμα διέγερσης της μηχανής. Έτσι στο εσωτερικό της μηχανής υφίστανται δύο μαγνητικά πεδία: το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο του στάτη και το μαγνητικό πεδίο Σ.Ρ. του τυλίγματος διέγερσης. Αυτά τα δύο μαγνητικά πεδία τείνουν να ευθυγραμμιστούν. Το μαγνητικό πεδίο του στάτη στρέφεται συνεχώς και το μαγνητικό πεδίο του δρομέα συνέχεια το ακολουθεί. Ο δρομέας περιστρέφεται με την ίδια ταχύτητα του μαγνητικού πεδίου του στάτη, τη σύγχρονη ταχύτητα, η οποία καθορίζεται από τη συχνότητα τροφοδοσίας. Όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία μεταξύ των δύο πεδίων, τόσο μεγαλύτερη είναι η ροπή που ασκεί στον δρομέα τα μαγνητικό πεδίο του πεδίο. Το παρακάτω σχήμα δείχνει έναν σύγχρονο κινητήρα δύο πόλων, όπου B_S είναι το μαγνητικό πεδίο του στάτη και B_R το μαγνητικό πεδίο του δρομέα.



ΣΧΗΜΑ 9-1
Σύγχρονος κινητήρας δύο πόλων.

Χαρακτηριστική Ροπής-Ταχύτητας Σύγχρονου Κινητήρα

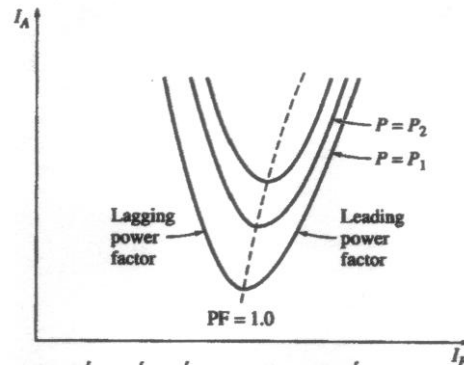
Εφ' όσον η ταχύτητα του κινητήρα προσδιορίζεται από τη συχνότητα της τάσης τροφοδοσίας και έτσι δεν εξαρτάται καθόλου από το φορτίο του, η χαρακτηριστική ροπής – ταχύτητας φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Γενικά η ροπή είναι ανάλογη της τάσης τροφοδοσίας και της τάσης διέγερσης. Επίσης, όπως προαναφέρθηκε, είναι ανάλογη της γωνίας μεταξύ των μαγνητικών πεδίων στάτη και δρομέα καθώς περιστρέφονται. Η μέγιστη ροπή που μπορεί να προσφέρει ο κινητήρας στον άξονά του λέγεται ροπή ανατροπής. Εάν η ροπή του φορτίου ξεπεράσει τη ροπή ανατροπής, το πεδίο του στάτη δεν μπορεί πλέον να συγκρατήσει τον δρομέα της μηχανής. Έτσι ο δρομέας αρχίζει να επιβραδύνεται και το πεδίο του μένει πολύ πίσω από το πεδίο του στάτη. Μάλιστα κάθε φορά που το πεδίο του στάτη προσπερνά το πεδίο του δρομέα, η φορά της ροπής αλλάζει πρόσημο. Αυτές οι απότομες και πολύ μεγάλες αλλαγές στη ροπή προκαλούν ισχυρές δονήσεις στον κινητήρα και αναφέρονται σαν απώλεια συγχρονισμού.

Εάν θέλουμε να αυξήσουμε τη ροπή ανατροπής, με σταθερή την τάση τροφοδοσίας του κινητήρα, επεμβαίνουμε στη διέγερση Σ.Ρ. Η μεταβολή της ροπής ανατροπής είναι ανάλογη της μεταβολής της τάσης διέγερσης. Έτσι σε υπερδιέγερση έχουμε μεγάλη ροπή.

Όμως ο σύγχρονος κινητήρας μεταβάλλει τον συντελεστή ισχύος του καθώς η διέγερσή του μεταβάλλεται, όπως φαίνεται στην παρακάτω χαρακτηριστική, που είναι η γραφική παράσταση του ρεύματος οπλισμού I_d συναρτήσει του ρεύματος διέγερσής του I_F . Συγκεκριμένα για σχετικά χαμηλές τιμές διέγερσης ο κινητήρας συμπεριφέρεται σαν επαγωγικό φορτίο, για μία μόνο τιμή διέγερσης συμπεριφέρεται σαν καθαρά ωμικό φορτίο και για υψηλές τιμές της διέγερσης συμπεριφέρεται σαν χωρητικό για το δίκτυο φορτίο.



Έτσι λοιπόν σε υπερδιέγερση ο σύγχρονος κινητήρας και μεγάλη ροπή προσφέρει στον άξονά του και ταυτόχρονα συμπεριφέρεται σαν χωρητικό φορτίο, διορθώνοντας τον συντελεστή ισχύος της εγκατάστασης που είναι τοποθετημένος.

Συνοψίζοντας τώρα τα πλεονεκτήματα ενός σύγχρονου κινητήρα, αυτά είναι:

- Η σταθερή ταχύτητα περιστροφής ανεξάρτητη του φορτίου (εφόσον η ροπή του φορτίου δεν υπερβαίνει τη ροπή ανατροπής φυσικά).
- Η μεγάλη απόδοση, καθώς όλη η ισχύς του στάτη μεταφέρεται στον δρομέα χωρίς απώλειες (ίδιες ταχύτητες στάτη και δρομέα).
- Δυνατότητα υψηλής ροπής εξόδου η οποία ελέγχεται εύκολα από το κύκλωμα Σ.Ρ. διέγερσης των περιστρεφόμενων πόλων.
- Βελτίωση του συντελεστή ισχύος της εγκατάστασης.

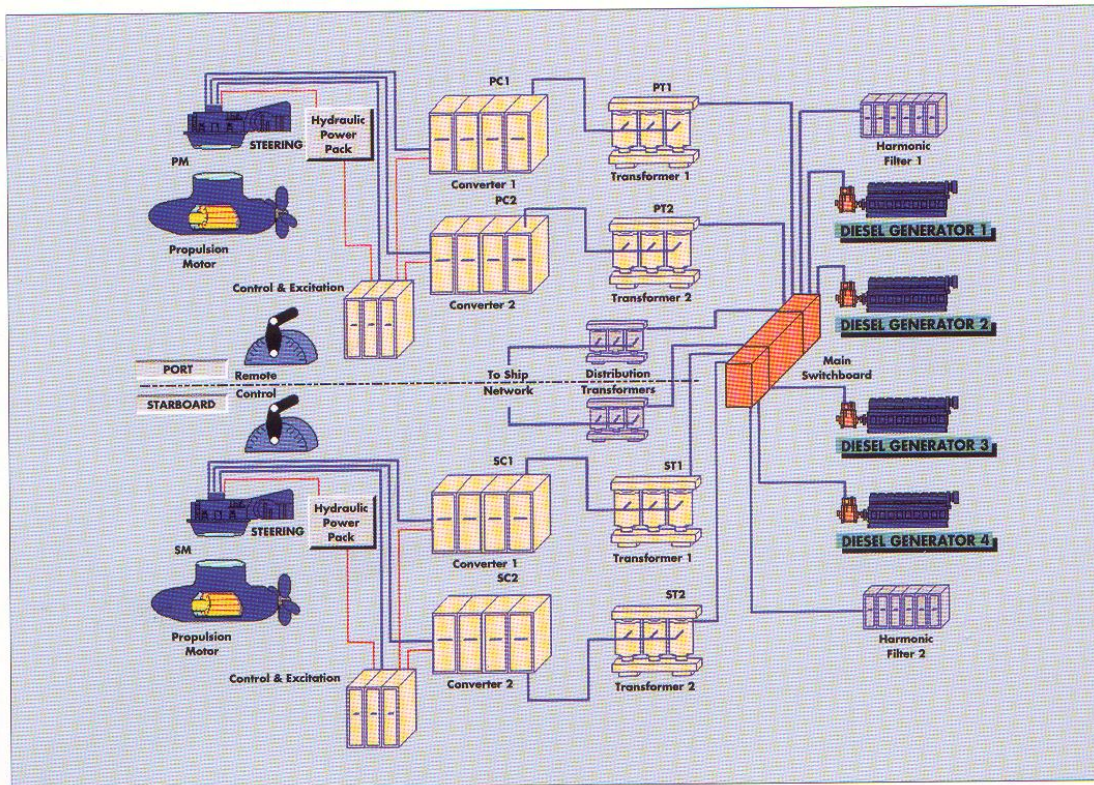
Τα παραπάνω πλεονεκτήματα τον κάνουν τον ιδανικό κινητήρα για ηλεκτρική πρόωση. Το μόνο μειονέκτημά του είναι ότι είναι αντιοικονομικός σε σχέση με τον ασύγχρονο κινητήρα. Στο σχέδιο της επόμενης σελίδας φαίνεται μια τυπική διάταξη σε περίπτωση ηλεκτρικής πρόωσης με τέσσερις κύριες ηλεκτρογεννήτριες και δύο σύγχρονους κινητήρες πρόωσης. Η ισχύς των ηλεκτρομηχανών είναι της τάξης των MVA. Ενδεικτικό παράδειγμα:

- Τέσσερις γεννήτριες 6,6KVA, 14MVA, 514rpm η κάθε μία.
- Δύο κινητήρες πρόωσης 2X5800V ,21MW, 150rpm ο κάθε ένας.

Στο σχέδιο φαίνονται επίσης μετατροπείς συχνότητας (converters) και φίλτρα αρμονικών (harmonic filters), των οποίων ο ρόλος εξηγείται αμέσως παρακάτω.

Πλεονεκτήματα Ηλεκτρικής Πρόωσης:

- Εξαιρετική δυνατότητα ελιγμών.
- Αυξημένη ασφάλεια.
- Εξοικονόμηση χώρου και ευελιξία στη διαμόρφωση της αρχιτεκτονικής του χώρου.
- Μικρότερα επίπεδα θορύβου και κραδασμών.
- Μειωμένο κόστος και χρόνος συντήρησης.



Εκκίνηση Σύγχρονων Κινητήρων: Μετατροπείς Συχνότητας (Frequency Converters)

Ένας σύγχρονος κινητήρας δεν μπορεί να ξεκινήσει μόνος του. Η ταχύτητα του περιστρεφόμενου μαγνητικού πεδίου του στάτη με συχνότητα 50Hz ή 60Hz είναι πολύ υψηλή για να μπορέσει ο ακίνητος δρομέας (κατά την εκκίνηση) να συγχρονιστεί με αυτήν. Όταν όμως το μαγνητικό πεδίο του στάτη περιστρέφεται πολύ αργά, δεν είναι δύσκολο για τον δρομέα να επιταχυνθεί και να συγχρονιστεί με το πεδίο του στάτη. Γι αυτό οι κινητήρες αυτοί ξεκινούν με ταχύτητα στάτη η οποία αυξάνεται σταδιακά από μηδέν μέχρι μία μέγιστη τιμή, ώστε να μπορεί ο δρομέας να τον ακολουθήσει.

Οι διατάξεις που χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία των συγχρόνων κινητήρων με τάση της οποίας η συχνότητα μεταβάλλεται σταδιακά από 0 μέχρι μια μέγιστη τιμή, είναι οι μετατροπείς συχνότητας. Αυτοί είναι δύο τύπων:

- A) Κυκλομετατροπείς (cycloconverters) και
- B) Συγχρομετατροπείς (synchroconverters).

Οι κυκλομετατροπείς μετατρέπουν απευθείας εναλλασσόμενη ισχύ μιας συχνότητας σε εναλλασσόμενη ισχύ διαφορετικής συχνότητας. Οι συγχρομετατροπείς μετατρέπουν αρχικά την εναλλασσόμενη ισχύ σε συνεχή δηλαδή περιλαμβάνουν αντιστροφέα (inverter), και κατόπιν τη συνεχή αυτή ισχύ σε εναλλασσόμενη με διαφορετική συχνότητα από την αρχική. Οι κυκλομετατροπείς απαιτούν περισσότερα και πολύ πιο περίπλοκη συνδεσμολογία στα κυκλώματα έναυσης και η συχνότητα εξόδου τους είναι 0 μέχρι το 1/3 της συχνότητας του δικτύου (0-20Hz). Από την άλλη μεριά, η συχνότητα εξόδου των συγχρομετατροπέων μπορεί να μεταβάλλεται από 0 μέχρι 2 φορές τη συχνότητα του δικτύου (0-120Hz). Σήμερα, στις μεγάλες ισχύεις που απαιτούνται στα πλοία με ηλεκτρική πρόωση, οι κυκλομετατροπείς είναι πιο φτηνοί και παρουσιάζουν λιγότερα σχεδιαστικά προβλήματα.

Γενικές Αρχές Λειτουργίας των Μετατροπέων Συχνότητας

Όλοι οι μετατροπείς συχνότητας περιλαμβάνουν γέφυρες με θυρίστορ, όπως για παράδειγμα είναι οι ελεγχόμενοι ανορθωτές πυριτίου. Αυτοί έχουν n και p περιοχές όπως οι δίοδοι και τα τρανζίστορ, αλλά έχουν τέσσερις περιοχές, δύο p και δύο n, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

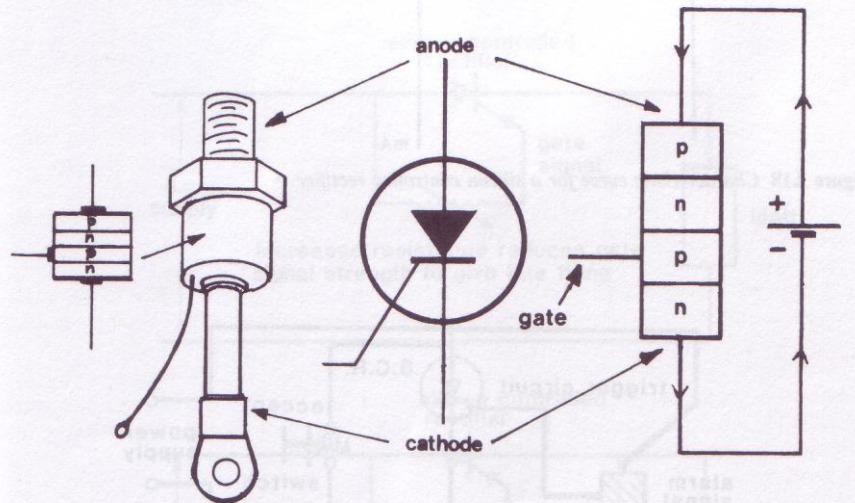
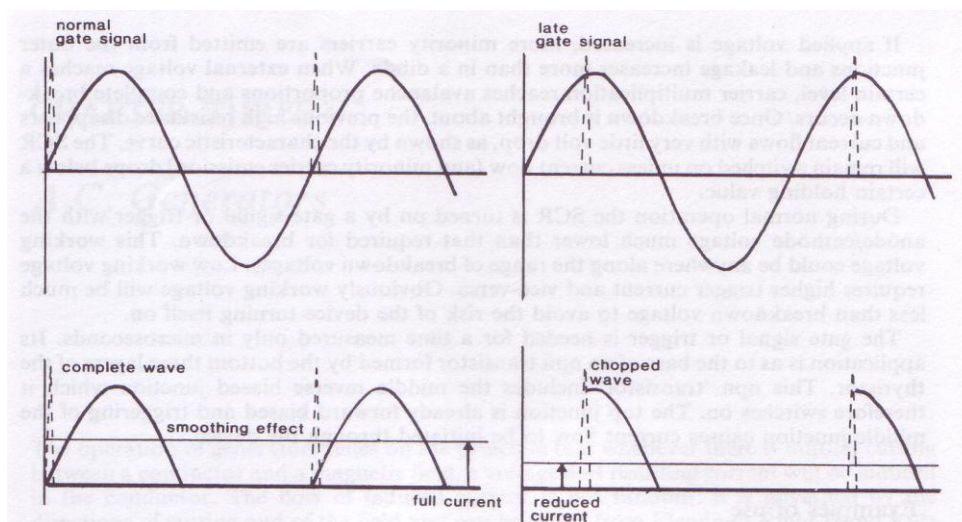


Figure 2.17 Silicon controlled rectifier (SCR)

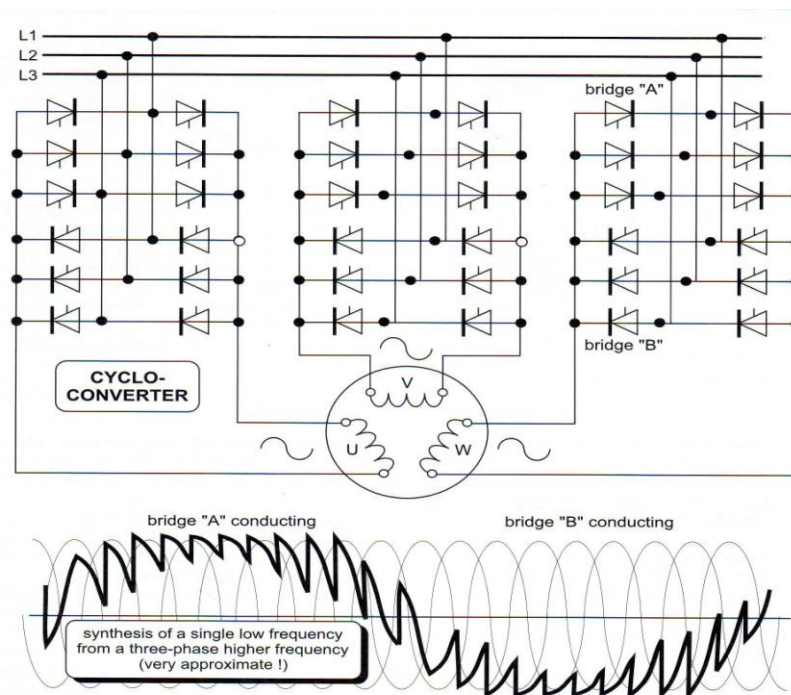
Τα θυρίστορ δεν άγουν όταν πολωθούν ορθά, εκτός εάν η τάση πόλωσης είναι μεγάλη. Αυτό συμβαίνει επειδή η μεσαία επαφή n-p είναι πολωμένη ανάστροφα. Άγουν μόνο όταν στο τρίτο τους ηλεκτρόδιο που λέγεται πύλη (gate) στην πύλη τους εφαρμοστεί ένας παλμός. Δηλαδή είναι ένας ηλεκτρονικός διακόπτης που άγει όποτε δοθεί ο παλμός και παύει να άγει όταν πολωθεί ανάστροφα. Η χρονική διάρκεια του παλμού που χρειάζεται για να άγει το θυρίστορ μετριέται σε microsecond. Παρά το μικρό τους μέγεθος, τα θυρίστορ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ελέγχουν ρεύματα της τάξης των χιλιάδων αμπερ και να δεχτούν τάσεις χιλιάδων βολτ στα άκρα τους.

Δείτε ένα παράδειγμα στο παρακάτω σχήμα:



Ερώτηση: Ποια διαφορά έχει η χρήση των SCR από τις κοινές διόδους, όταν π.χ. χρησιμοποιούνται σε ανορθωτική γέφυρα;

Κυκλομετατροπέας



Έχουμε δύο γέφυρες thyristor ανά φάση του στάτη, η μία άγει κατά τη διάρκεια των θετικών ημιπεριόδων και η άλλη κατά τη διάρκεια των αρνητικών. Ρυθμίζοντας τη χρονική καθυστέρηση των παλμών στην πύλη των thyristor, ρυθμίζεται το πότε αυτά άγουν και έτσι αποκόπτονται μικρά τμήματα των αρχικών κυματομορφών των 60Hz, συνθέτοντας μία νέα κυματομορφή με διαφορετική συχνότητα. Η νέα αυτή συχνότητα είναι προφανώς χαμηλότερη της αρχικής, με μέγιστο 20Hz. Η ταχύτητα λοιπόν του κινητήρα ελέγχεται από την χρονική καθυστέρηση των παλμών των thyristor, ενώ η ροπή ελέγχεται από τα thyristor της ανορθωτικής γέφυρας του συνεχούς ρεύματος διέγερσης, των οποίων οι παλμοί ελέγχουν το μέγεθος της τάσης διέγερσης.

Συγχρομετατροπέας

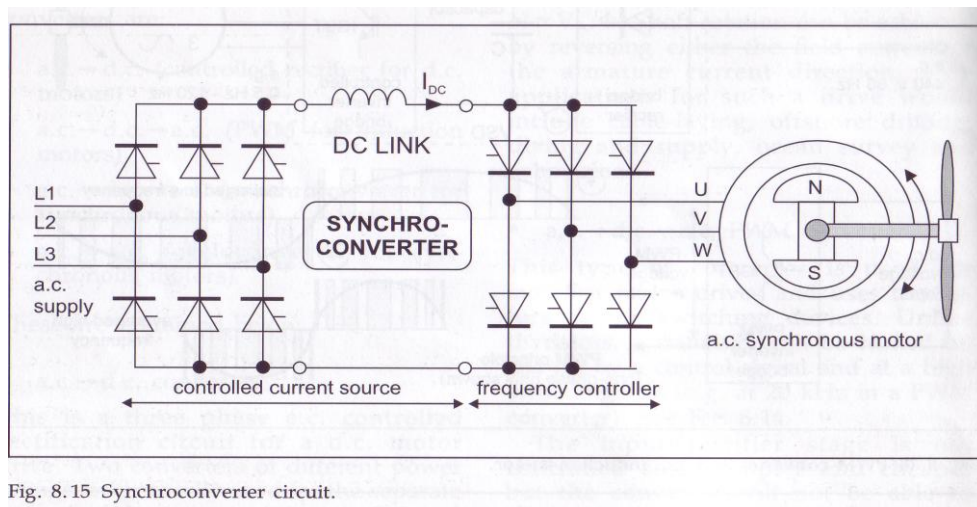


Fig. 8.15 Synchroconverter circuit.

Εδώ η αρχική τάση του κινητήρα ανορθώνεται πρώτα και το σταθερό συνεχές ρεύμα που προκύπτει μετά το πηνίο (φίλτρο), μετατρέπεται πάλι σε εναλλασσόμενο και τροφοδοτεί τον στάτη του κινητήρα. Η συχνότητα της εναλλασσόμενης τάσης ρυθμίζεται από τη συχνότητα με την οποία δίνονται οι παλμοί στην πύλη των θυρίστωρ της δεύτερης γέφυρας. Η ροπή του κινητήρα μπορεί να ελεγχθεί από το μέγεθος του I_{DC} το οποίο ελέγχεται από τη συχνότητα που δίνονται οι παλμοί στην πύλη των θυρίστωρ της γέφυρας ανόρθωσης (αριστερά), ενώ η ταχύτητα από την συχνότητα των παλμών στα θυρίστωρ της γέφυρας που τροφοδοτεί τον στάτη του κινητήρα.

Αρμονικές και Φίτρα Αρμονικών (Harmonic Filters)

Τα συνεχή ON-OFF των SCR στους μετατροπείς συχνότητας δημιουργούν κυματομορφές τάσης οι οποίες δεν είναι καθαρά ημιτονοειδείς τάσεις, αλλά παραμορφωμένες, δηλαδή εμφανίζονται οι λεγόμενες αρμονικές τάσεις. Έχουμε π.χ. 5η, 7η, 11η, 13η, 17η, 19η κ.λ.π. αρμονική. Για παράδειγμα η 5η αρμονική έχει συχνότητα $5 \times 60 = 300\text{Hz}$ και πλάτος Τάση δικτύου / 5. Δηλαδή, όσο υψηλότερη είναι η αρμονική, τόσο μεγαλύτερη η συχνότητά της και (ευτυχώς) τόσο μικρότερο το πλάτος της. Οι αρμονικές αυτές αυξάνουν τη συνολική ροή ρεύματος στις γραμμές και το επί πλέον ρεύμα προκαλεί αυξημένες απώλειες και θέρμανση στα εξαρτήματα του συστήματος ισχύος. Επί πλέον μπορούν να θέσουν σε λειτουργία ρελέ υπερέντασης.

Παράδειγμα Αρμονικών σε Κυματομορφή: Κάτω φαίνεται η παραμορφωμένη κυματομορφή και επάνω η σύνθεσή της από τη βασική κυματομορφή των 60Hz και από την 3^η και 7^η κυματομορφή. Οι κυματομορφές από την 11^η και πάνω έχουν τόσο μικρό πλάτος, που θεωρούνται αμελητέες.

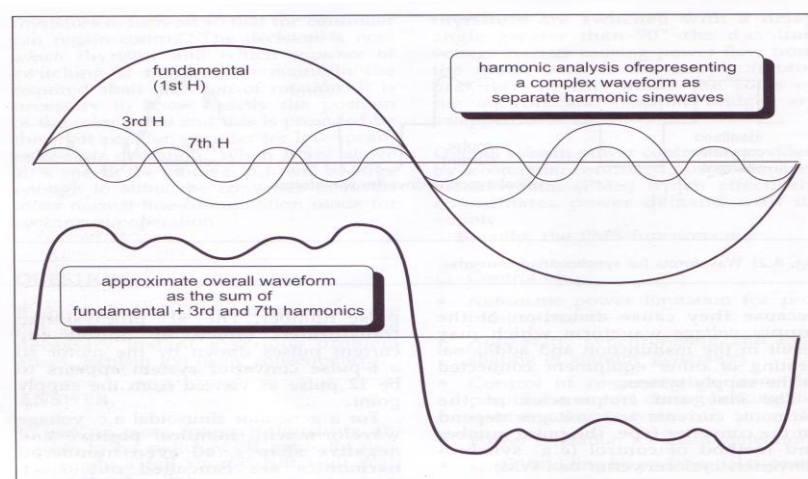


Fig. 8.22 Harmonic analysis of waveforms.

Εμείς θέλουμε μόνο τη βασική κυματομορφή των 60Hz. Τα φίλτρα αρμονικών είναι ένας συνδυασμός μονάδων πηνίων και πυκνωτών με προορισμό να απορροφούν τις ανεπιθύμητες αρμονικές. Ένα φίλτρο όμως δεν μπορεί πάντα να αποκόψει όλες τις αρμονικές, επομένως το καλύτερο που επιτυγχάνεται είναι ο περιορισμός τους.

ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΙ Η ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Οι επαγωγικοί κινητήρες κλωβού είναι οι πιο συνηθισμένοι κινητήρες. Στον δρομέα τους αντί για τύλιγμα έχουν ράβδους αλουμινίου, οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους, στα άκρα τους, με δακτυλίους βραχυκύκλωσης. Το αποτέλεσμα είναι ότι με αυτή την κατασκευή έχουμε έναν πολύ απλό κατασκευαστικά κινητήρα, ο οποίος δεν έχει μόνωση στις ράβδους-αγωγούς του δρομέα, ούτε κάποιο εξάρτημα που χρειάζεται ιδιαίτερη συντήρηση ή προκαλεί προβλήματα όπως δακτυλίους και ψήκτρες. Επίσης λόγω της απλότητας κατασκευής του δρομέα (δηλαδή της απουσίας τυλίγματος), έχει σχετικά μικρό κόστος αγοράς και είναι ιδιαίτερα ανθεκτικός.

Το περίβλημα του κινητήρα χαρακτηρίζεται με τον κωδικό IP (Ingress Protection Code). Ο κωδικός αυτός έχει δύο ψηφία και δηλώνει την προστασία που παρέχει το συγκεκριμένο περίβλημα στη διείσδυση στερεών και υγρών. Το πρώτο ψηφίο δηλώνει το βαθμό προστασίας από στερεά και κυμαίνεται από 0 μέχρι 6. Το δεύτερο ψηφίο δηλώνει το βαθμό προστασίας από υγρά και κυμαίνεται από 0 μέχρι 8. Όσο μεγαλύτερη τιμή έχει ο κωδικός IP, τόσο μεγαλύτερη προστασία παρέχει το περίβλημα. Π.χ. οι κινητήρες καταστρώματος είναι IP 56. Είναι υδατοστεγείς, έχουν σφραγισμένα ρουλεμάν και έχουν και υδατοστεγές κιβώτιο ακροδεκτών.

Επίσης στην πινακίδα του κινητήρα υπάρχει χαρακτηρισμός της μόνωσης των τυλιγμάτων του. Η μόνωση (Insulation Class) χαρακτηρίζεται με τα γράμματα A, E, B, F, H. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η μέγιστη θερμοκρασία που επιτρέπεται να αναπτυχθεί στο τύλιγμα του κινητήρα σε κάθε κλάση μόνωσης, καθώς η ζωή της μόνωσης εξαρτάται από τη θερμοκρασία που αναγκάζεται να λειτουργεί το τύλιγμα. Τα μονωτικά υλικά επιλέγονται για θερμοκρασία περιβάλλοντος 45⁰ C.

Insulation Class	Maximum Temp. (°C)
A	105
E	120
B	130
F	155
H	180

Ταχύτητα Επαγωγικού Κινητήρα – Ολίσθηση

Όταν ένας τριφασικός επαγωγικός κινητήρας τροφοδοτηθεί με εναλλασσόμενη τριφασική τάση, δημιουργείται στον στάτη του στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο, μέσα στο οποίο είναι τοποθετημένος ο κλωβός του δρομέα. Η στρεφόμενη μαγνητική ροή του στάτη κόβει τις ράβδους του δρομέα και επάνω τους δημιουργείται εναλλασσόμενη τάση εξ επαγωγής. Το κύκλωμα του δρομέα όμως είναι κλειστό κύκλωμα (με τους δακτυλίους βραχυκύκλωσης), επομένως δημιουργείται εναλλασσόμενο ρεύμα εξ επαγωγής. Στις ράβδους του δρομέα που διαρρέονται από ρεύμα, επειδή βρίσκονται μέσα στο μαγνητικό πεδίο του στάτη, δημιουργούνται ζεύγη δυνάμεων και ο δρομέας στρέφεται. Ο δρομέας δεν μπορεί ποτέ να φτάσει τη σύγχρονη ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου του στάτη, αφού η περιστροφή του οφείλεται στη διαφορά ταχύτητάς του σε σχέση με αυτήν του στάτη. Εάν την έφτανε, οι ράβδοι του θα ήταν ακίνητες σε σχέση με το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο του στάτη. Δεν θα είχαμε τάση εξ επαγωγής στον δρομέα, ούτε ρεύμα και επομένως ο δρομέας δεν θα ήταν δυνατόν να περιστραφεί. Η διαφορά ταχύτητας μεταξύ μαγνητικού πεδίου στάτη και δρομέα εκφράζεται με την ολίσθηση (s).

$$s = \frac{n_s - n_m}{n_s} (\times 100\%)$$

Η λύση αυτής της σχέσης ως προς τη μηχανική ταχύτητα του κινητήρα δίνει:

$$n_m = (1 - s)n_s$$

Η συχνότητα του ρεύματος του δρομέα εξαρτάται επίσης από την ολίσθηση, συγκεκριμένα είναι ανάλογη με αυτήν:

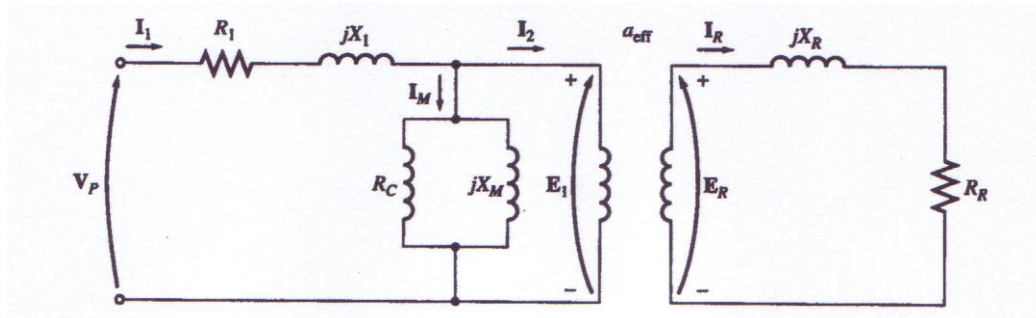
$$f_R = sf_s$$

Ερώτηση: Να συμπληρωθεί ο παρακάτω πίνακας για συχνότητα δικτύου 60Hz:

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΟΛΙΣΘΗΣΗ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΡΟΜΕΑ
Τη στιγμή της εκκίνησης		
Καθώς ο κινητήρας επιταχύνεται		
Με ονομαστικό φορτίο		
Χωρίς φορτίο		

Ισοδύναμο Κύκλωμα Επαγωγικού Κινητήρα

Ο επαγωγικός κινητήρας συμπεριφέρεται σαν στατικός μετασχηματιστής τη στιγμή της εκκίνησης. Μετά, καθώς οι στροφές αυξάνουν, γίνεται ένας μετασχηματιστής με στρεφόμενο δευτερεύον. Το ισοδύναμο κύκλωμα λοιπόν είναι ίδιο με του μετασχηματιστή.

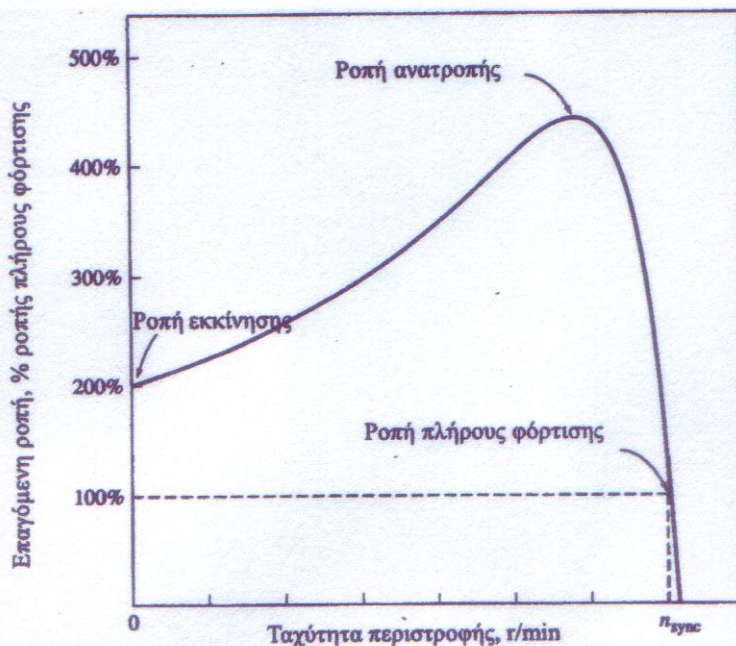


Όταν στο στάτη ενός επαγωγικού κινητήρα εφαρμοστεί μια τάση, στο δρομέα του αναπτύσσεται τάση εξ επαγωγής. Γενικά, όσο μεγαλύτερη είναι η σχετική ταχύτητα μεταξύ των πεδίων του στάτη και του δρομέα, τόσο μεγαλύτερη είναι η τάση που αναπτύσσεται στο δρομέα της μηχανής. Η μεγαλύτερη σχετική κίνηση μεταξύ των δυο παραπάνω πεδίων επιτυγχάνεται, όταν ο δρομέας της μηχανής είναι ακίνητος. Σ' αυτή την περίπτωση ο δρομέας ονομάζεται *ακινητοποιημένος* (*blocked* ή *locked rotor*) και η τάση που επάγεται στα τυλίγματά του είναι η μέγιστη δυνατή. Η ελάχιστη τάση (0 V) επάγεται στα τυλίγματα του δρομέα, όταν αυτός περιστρέφεται με ταχύτητα ίση με την ταχύτητα περιστροφής του πεδίου του στάτη, όταν δηλαδή, δεν υφίσταται η σχετική κίνηση. Για κάθε άλλη ενδιαμέση τιμή της ταχύτητας του δρομέα η επαγόμενη τάση είναι ανάλογη της ολίσθησης. Έτσι, αν η επαγόμενη τάση, στην περίπτωση που ο κινητήρας λειτουργεί με ακινητοποιημένο δρομέα, συμβολιστεί με E_{R0} , η τιμή της επαγόμενης τάσης για οποιαδήποτε τιμή της ολίσθησης δίνεται από τη σχέση

$$E_R = sE_{R0} \quad (7-10)$$

Ερώτηση: Ποια άλλα μεγέθη του δρομέα εξαρτώνται από την ολίσθηση; Να αποδειχθεί η σχέση εξάρτησης για το κάθε μέγεθος.

Χαρακτηριστική Ροπής – Ταχύτητας Επαγωγικού Κινητήρα



Σχόλια:

1. Η ροπή εκκίνησης του κινητήρα είναι μεγαλύτερη από τη ροπή πλήρους φόρτισης και έτσι ο κινητήρας μπορεί να ξεκινήσει με φορτίο. Όμως, εφ' όσον υπάρχει κάποιο σύστημα μείωσης του υπερβολικού ρεύματος εκκίνησης, μειώνεται αναπόφευκτα και η ροπή εκκίνησης. Π.χ. εάν έχουμε εκκίνηση κατά Υ, το ρεύμα εκκίνησης είναι μειωμένο τρεις φορές και επομένως και η ροπή εκκίνησης είναι το ένα τρίτο της κανονικής. Σε αυτή την περίπτωση ο κινητήρας δεν μπορεί να ξεκινήσει με φορτίο.
2. Καθώς ο κινητήρας επιταχύνεται, η ροπή που προσφέρει στον άξονά του μεγαλώνει μέχρι μία μέγιστη τιμή, που λέγεται ροπή ανατροπής. Αυτή η περιοχή λειτουργίας είναι η περιοχή (σχετικά) υψηλής ολίσθησης και εδώ η λειτουργία του κινητήρα είναι ασταθής, επειδή εάν το φορτίο του (π.χ.) αυξηθεί, οι στροφές θα πέσουν και η ροπή που προσφέρεται στον άξονα θα μειωθεί, με αποτέλεσμα να μη μπορεί ο κινητήρας να στρέψει το αυξημένο φορτίο.
3. Το υπόλοιπο τμήμα της χαρακτηριστικής είναι η περιοχή (σχετικά) χαμηλής ολίσθησης. Εδώ η λειτουργία είναι ευσταθής, επειδή εάν το φορτίο (π.χ.) αυξηθεί, οι στροφές θα πέσουν, ενώ η ροπή που προσφέρει ο κινητήρας θα μεγαλώσει και θα γίνει ίση με τη ροπή του φορτίου. Στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής αυτής η καμπύλη είναι (σχεδόν) γραμμική.
4. Η επαγόμενη ροπή του κινητήρα είναι ίση με μηδέν στη σύγχρονη ταχύτητα.
5. Η ροπή του κινητήρα εξαρτάται από το μέγεθος της τάσης τροφοδοσίας του και από το μέγεθος της τάσης εξ επαγωγής στον δρομέα, δηλαδή τελικά είναι ανάλογη του τετραγώνου της τάσης τροφοδοσίας του.

Ηλεκτρονικός έλεγχος Στροφών Επαγωγικών Κινητήρων

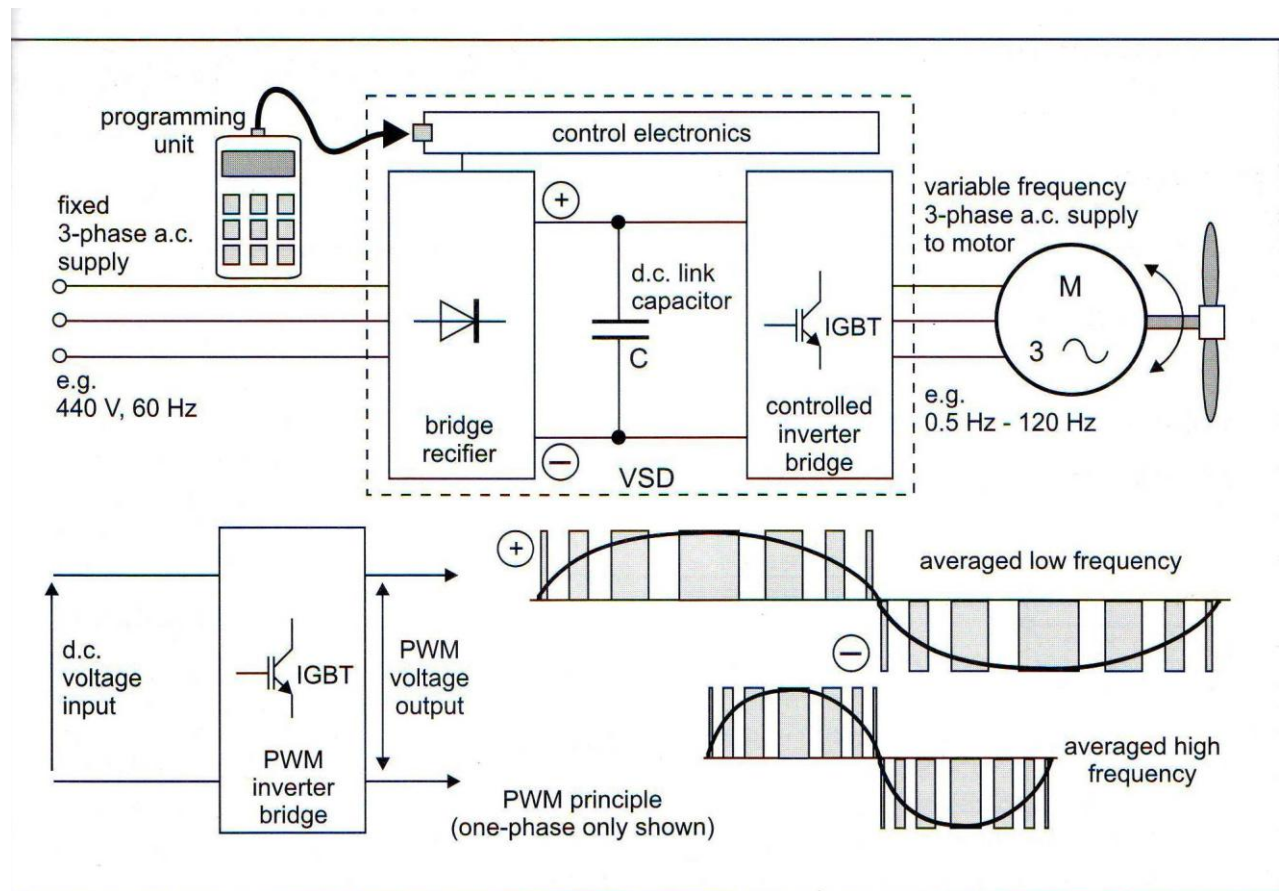


Fig. 8.14 PWM converter and a.c. induction motor.

Εδώ, αντί των ελεγχόμενων ανορθωτών πυριτίου χρησιμοποιούνται τα IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistors). Η διαφορά τους από τους ελεγχόμενους ανορθωτές πυριτίου είναι ότι σε αυτά μπορούμε και ελέγχουμε όχι μόνο τη στιγμή έναρξης της αγωγιμότητάς τους, αλλά και τη στιγμή που σταματούν να άγουν. Έτσι παίρνουμε παλμούς με ελεγχόμενη διάρκεια, όπως φαίνεται στα διαγράμματα παραπάνω.

Η αρχική τάση τροφοδοσίας του κινητήρα, 440V, 60Hz, ανορθώνεται πρώτα και μετά οδηγείται σε γέφυρα IGBT όπου μετατρέπεται στους προαναφερθέντες παλμούς, που είναι ελεγχόμενης διάρκειας. Κατόπιν το συνεχές αυτό μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο με συχνότητα ανάλογη της διάρκειας των παλμών. Το μέγεθος της τάσης που τροφοδοτεί τελικά τον κινητήρα και από το οποίο εξαρτάται η ροπή στην έξοδό του, ρυθμίζεται από τα θυρίστορ της πρώτης γέφυρας ανόρθωσης.