



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

2018

Βελτιστοποίηση και
εξοικονόμηση ενέργειας σε
ηλεκτρομηχανικά συστήματα
κίνησης

Optimization and saving in
electromechanical drive systems

Σπουδαστής:

ΚΟΛΥΒΑΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ 44885

ΕΞΑΜΗΝΟ 10

Επιβλέπων καθηγητής:

ΗΡΑΚΛΗΣ ΒΥΛΛΙΩΤΗΣ

Contents

1	Κεφάλαιο.....	6
1.1	Εισαγωγή.....	6
1.2	Βασικές αρχές λειτουργίας στρεφόμενων ηλεκτρικών μηχανών.....	6
1.2.1	Πόλοι και τυλίγματα.....	7
1.2.2	Χαρακτηριστικές καμπύλες και σημείο λειτουργίας.....	9
1.3	Μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος.....	10
1.3.1	Η αρχή λειτουργίας της σύγχρονες μηχανές.....	10
1.3.2	Σύγχρονες μηχανές με κυλινδρικό δρομέα	11
1.3.3	Σύγχρονες μηχανές με έκτυπους πόλους.....	13
1.3.4	Παράλληλη λειτουργία σύγχρονων γεννητριών	14
1.4	Επαγωγικές Η Ασυγχρονες Μηχανες	16
1.4.1	Εισαγωγή.....	16
1.4.2	Βασικά κατασκευαστικά στοιχεία του τριφασικού επαγωγικού κινητήρα 17	
1.5	Μηχανές συνεχούς ρεύματος	19
1.5.1	Εισαγωγή.....	19
1.5.2	Αρχή λειτουργίας και ο ρόλος του συλλέκτη	24
1.6	Κινητήρες συνεχούς	29
2	Κεφάλαιο.....	32
2.1	Σύγχρονα υλικά.....	32
2.1.1	Υπεραγωγή.....	32
2.1.2	Πολυμερές	34
2.1.3	Υπερμαγνήτες.....	34
2.1.4	Πυρίτιο	35
2.1.5	Χρησεις.....	36
2.2	Χρήση σύγχρονων ηλεκτρονικών εξαρτημάτων.....	39
2.2.1	Εισαγωγή.....	39
2.2.2	Transistor.....	39
2.2.3	Transistor SIT	40
2.2.4	Transistor IGBT.....	41
2.2.5	Mosfet.....	42
2.2.6	Diode	43
2.2.7	CPU.....	47
2.3	Χρήση σύγχρονων μηχανολογικών εξαρτημάτων.....	52

2.3.1	Γρανάζια	52
2.3.2	Έδρανα	52
2.4	Χρήση εξελιγμένων ηλεκτρονικών διατάξεων	54
2.4.1	Εισαγωγή	54
2.4.2	Μετατροπέας DC-AC	54
2.4.3	Μετατροπέας AC-DC	54
2.4.4	Μετατροπέας AC-AC.....	54
2.4.5	Σταθεροποιητές.....	54
2.4.6	Μέθοδοι ελαχιστοποίησης των απωλειών ηλεκτρικών μηχανών.....	54
3	Κεφάλαιο	58
3.1	ΑΠΕ	58
3.1.1	Φωτοβολταϊκά (ΦΒ) συστήματα	58
3.1.2	Το Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο	58
3.1.3	Φωτοβολταϊκό Σύστημα Παραγωγής.....	59
3.1.4	Ονομαστικές συνθήκες.....	59
3.1.5	Απώλειες Γεννητριών:.....	59
3.1.6	Αιολικά συστήματα	59
3.1.7	Χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών	60
3.1.8	Εφαρμογή αιολικών συστημάτων	61
3.1.9	Αποθήκευση ενέργειας.....	61
3.1.10	Η ανάγκη της αποθήκευσης ενέργειας	61
3.1.11	Τρόποι αποθήκευσης ενέργειας	61
3.2	Χρήση εξελιγμένων συστημάτων.....	64
3.2.1	Ηλεκτρικά οχήματα.....	64
3.2.2	Τρόποι & διατάξεις φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτρικών αυτοκινήτων	66
3.2.3	Μαγνητικά οχήματα.....	67
3.2.4	Θεώρημα του Earnshaw.....	67
3.2.5	Εξαιρέσεις του Θεωρήματος.....	68
3.2.6	Μέθοδοι Μαγνητικής Ανύψωσης	69
3.2.7	Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα	69
3.3	Χρήση αυτοματισμού.....	70
3.3.1	Αισθητήριων διατάξεων.....	70
3.3.2	Αισθητήρες πίεσης	70
3.3.3	Αισθητήρες βάρους	70
3.3.4	Αισθητήρες επιτάχυνσης	70
3.3.5	Αισθητήρες φωτός.....	71
3.3.6	Αισθητήρες ήχου	72

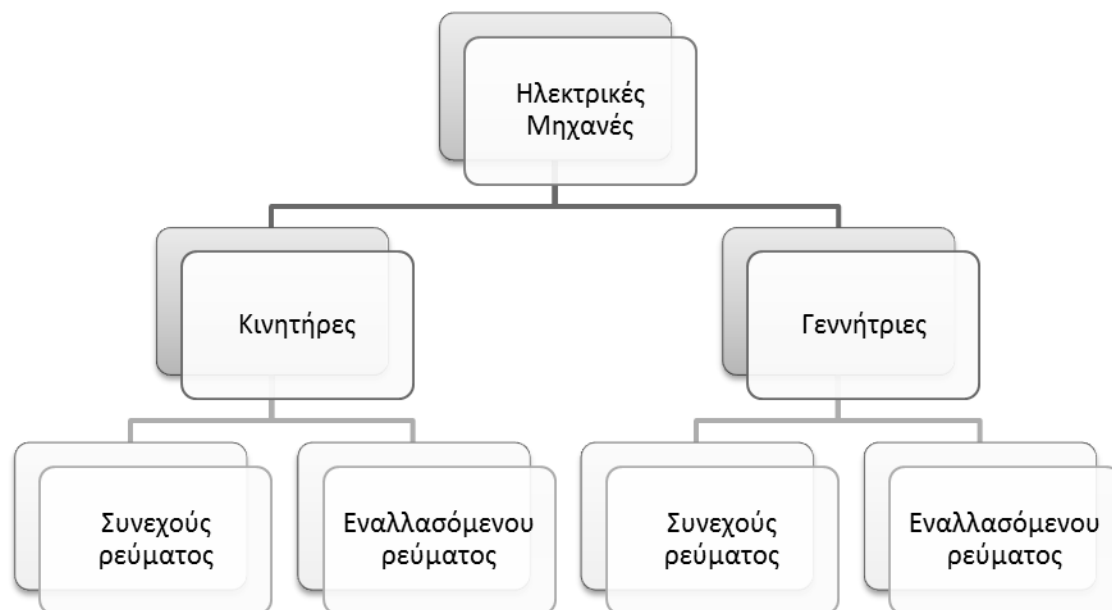
3.3.7	Αισθητήρες μαγνητικού πεδίου.....	72
	<i>Βιβλιογραφία</i>	73

Εικόνα 1.1	Διάγραμμα μηχανών	6
Εικόνα 1.2	Πεδίο στάτη σε αλληλεπίδραση με τον δρομέα	7
Εικόνα 1.3	Ροή ισχύος και απωλειών για ένα τυπικό κινητήρα.	8
Εικόνα 1.4	Ρύθμιση τάσης με την αντίστοιχη ρύθμιση του πεδίου διέγερσης.....	10
Εικόνα 1.5	Κατά μήκος τομή υδρόψυκτης στροβιλογεννήτριας.....	11
Εικόνα 1.6	(α) Δρομέας στροβιλογεννήτριας. (β) Διαμόρφωση αυλακιών για τα τυλίγματα διέγερσης σε δυο ενδεικτικές τομές. (γ) Σφήνες αυλακιών	12
Εικόνα 1.7	Έλασμα πυρήνα επαγωγικού τυμπάνου	13
Εικόνα 1.8	Τοποθέτηση τυλίγματος στο στάτη	13
Εικόνα 1.9	Κατά μήκος τομή γεννήτριας στρεφόμενης από υδροστρόβιλο.	14
Εικόνα 1.10	Παράλληλη σύνδεση τριφασικών γεννητριών	15
Εικόνα 1.11	Παράλληλη σύνδεση τριφασικών γεννητριών	15
Εικόνα 1.12	Παράλληλη σύνδεση τριφασικών γεννητριών	16
Εικόνα 1.13	Αξονική τομή επαγωγικού κινητήρα με δακτυλίους στο δρομέα	17
Εικόνα 1.14	(α) Τριφασικός επαγωγικός κινητήρας	18
Εικόνα 1.15	Κινητήρας συνεχούς Ρεύματος	19
Εικόνα 1.16	Εγκάρσια ημιτομή μηχανής συνεχούς.	20
Εικόνα 1.17	Κύριος και βοηθητικός πόλος.....	21
Εικόνα 1.18	Μορφή χαλυβδοελάσματος του τυμπάνου με τρύπες για το σχηματισμό του καναλιού αξονικής ψύξης.	22
Εικόνα 1.19	Τοποθέτησης τυλιγμάτων τυμπάνου.	23
Εικόνα 1.20	Ψηκτροθήκη και ψήκτρα.	24
Εικόνα 1.21	(α),(β) Μια σπείρα τυλίγματος τυμπάνου και συλλέκτη. (γ),(δ),(ε) Κυματομορφές και η ανόρθωση που επιτυγχάνονται με τον συλλέκτη.....	25
Εικόνα 1.22	(α) Μηχανή συνεχούς με 6 τομείς.....	27
Εικόνα 1.23	Τυλίγματα βοηθητικών πόλων και αντιστάθμισης.....	27
Εικόνα 1.24	Ισοδύναμο κύκλωμα γεννήτριας.....	28
Εικόνα 1.25	Χαρακτηριστικές καμπύλες γεννητριών συνεχούς.....	28
Εικόνα 1.26	Ισοδύναμο κυκλώματα τυμπάνου. (α) Κινητήρας ξένης διέγερσης (β) Παράλληλης διέγερσης.....	29
Εικόνα 1.27	Γενική διάταξη κινητήρα μόνιμου μαγνήτη.....	30
Εικόνα 2.1	Τρανζίστορ NPN.....	40
Εικόνα 2.2	Τρανζίστορ PNP	40
Εικόνα 2.3	Περιοχές λειτουργίας.....	40
Εικόνα 2.4	Απεικόνιση 3D	41
Εικόνα 2.5	Συμβολισμός Τρανζίστορ.....	41
Εικόνα 2.6	Διάγραμμα Λειτουργία.....	41
Εικόνα 2.7	Δομή.....	42
Εικόνα 2.8	Ισοδύναμο Κύκλωμα.....	42
Εικόνα 2.9	Διάγραμμα Λειτουργίας.....	42
Εικόνα 2.10	Δομή Τρανζίστορ	43
Εικόνα 2.11	Συμβολισμός Τρανζίστορ.....	43
Εικόνα 2.12	Περιοχές λειτουργίας.....	43
Εικόνα 2.13	Περιοχές λειτουργίας.....	44
Εικόνα 2.14	Σχήμα Arduino UNO	51
Εικόνα 3.1	Ανεμογεννήτρια	60
Εικόνα 3.2	Σύστημα πεπιεσμένου αέρα.....	62
Εικόνα 3.3	Υδραυλικός ταμιετήρας	63

1 Κεφάλαιο

“Εισαγωγή στα ηλεκτρομηχανικά συστήματα κίνησης”

1.1 Εισαγωγή



Εικόνα 1.1 Διάγραμμα μηχανών

1.2 Βασικές αρχές λειτουργίας στρεφόμενων ηλεκτρικών μηχανών

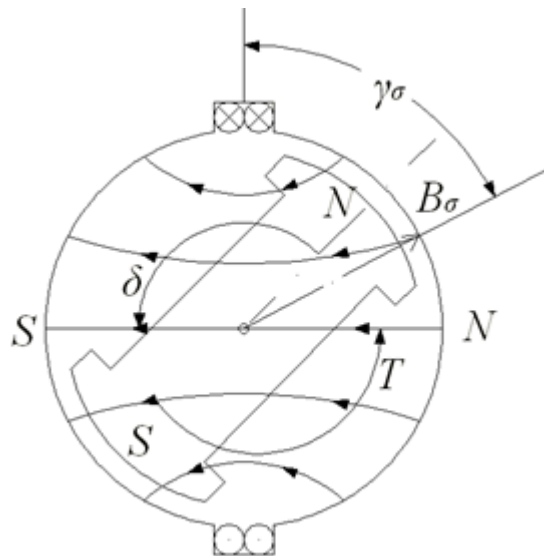
Εισαγωγή

Η συντριπτική πλειοψηφία των ηλεκτρομηχανικών μετατροπών είναι στρεφόμενες μηχανές, ενώ οι μηχανές γραμμικής κίνησης είναι ελάχιστες. Από μια γιγαντιαία τριφασική γεννήτρια, που παράγει εκατοντάδες MW μέχρι τον πιο ελαφρύ (κινούμενο με μπαταρία) κινητήρα παιχνιδιού, κάθε στρεφόμενη μηχανή λειτουργεί με τις ίδιες βασικές αρχές. Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιασθούν αυτές οι αρχές με βάση τους νόμους της επαγόμενης τάσης και της μαγνητικής δύναμης πάνω σε ρευματοφόρο αγωγό, όπως εφαρμόζονται σε μια στοιχειώδη στρεφόμενη μηχανή. Θα παρουσιασθεί η αναπτυσσόμενη ΗΕΔ και η ροπή σ' ένα ορθογώνιο πλαίσιο (τύλιγμα), που κινείται μέσα σε ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο. Θα ακολουθήσει μια στοιχειώδης μηχανή με στρεφόμενο ηλεκτρομαγνήτη και σταθερό τύλιγμα. Θα εισαχθεί η έννοια του στρεφόμενου πεδίου για να εξηγήσουμε πως μια μηχανή εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) παράγει ροπή μιας φοράς. Οι βασικές αρχές λειτουργίας των μηχανών συνεχούς είναι παρόμοιες και θα αναπτυχθούν απ' ευθείας στο έκτο κεφάλαιο. Επίσης θα δοθούν πρακτικά στοιχεία για τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, τις απώλειες και τις καμπύλες συμπεριφοράς.

Περιστρεφόμενα πεδία

Η αρχή λειτουργίας της σύγχρονης μηχανής και των άλλων στρεφόμενων ηλεκτρικών μηχανών, θα παρουσιασθεί με βάση την αλληλεπίδραση μεταξύ του πεδίου του δρομέα και του μαγνητικού πεδίου, που προκαλείται από το ρεύμα του τυλίγματος του τυμπάνου του στάτη. Στις γεννήτριες ο δρομέας περιστρέφεται από μια κινητήρια μηχανή, π.χ. μηχανή εσωτερικής καύσης. Είναι φανερό ότι το πεδίο του δρομέα περιστρέφεται μαζί του. Δεν είναι όμως και τόσο φανερό ότι το ακίνητο τύλιγμα του στάτη προκαλεί ένα στρεφόμενο πεδίο. Η φορά του ρεύματος στο τύλιγμα τυμπάνου για λειτουργία γεννήτριας, με φορά περιστροφής αυτή των δεικτών

του ρολογιού, καθώς και το αντίστοιχο μαγνητικό πεδίο, που προκαλείται από το τύλιγμα.



Εικόνα 1.2 Πεδίο στάτη σε αλληλεπίδραση με τον δρομέα

Επειδή οι ετερόνυμοι πόλοι έλκονται ενώ οι ομώνυμοι απωθούνται, τότε ο βόρειος πόλος του δρομέα έλκεται προς τον νότιο πόλο του στάτη μέχρι, που οι μαγνητικοί άξονες των δύο πεδίων να ευθυγραμμιστούν. Έτσι αναπτύσσεται μαγνητική ροπή που αντιτίθεται στην εξωτερική κίνηση του δρομέα και είναι ανάλογη του ημιτόνου της γωνίας. Η περιστροφή του πεδίου του στάτη οφείλεται στην μεταβολή με το χρόνο του ρεύματος τυλίγματος τυμπάνου του στάτη. Αν αμεληθεί η μαγνητική μη γραμμικότητα και επειδή η κατανομή των τυλιγμάτων του στάτη στα αυλάκια διαμορφώνεται κατάλληλα ώστε η συνιστώσα του πεδίου, που έχει ακτινική διεύθυνση στο διάκενο.

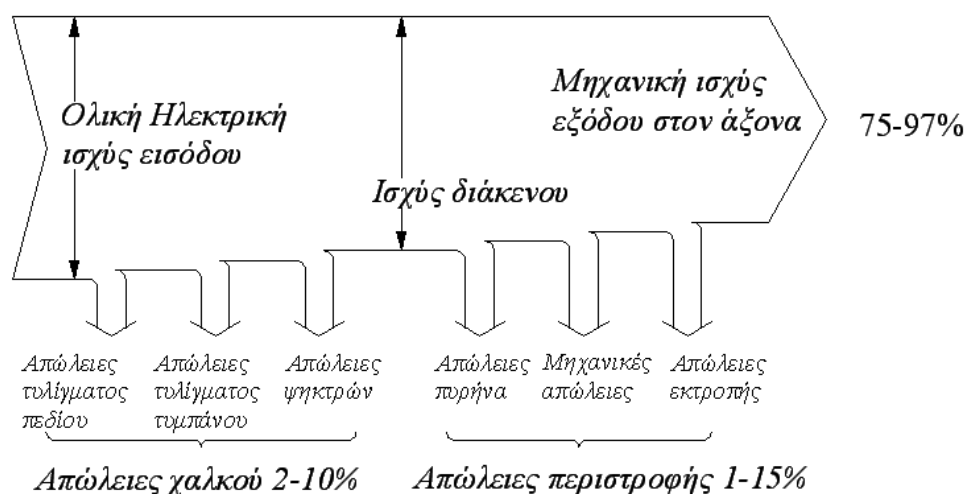
1.2.1 Πόλοι και τυλίγματα

Η στοιχειώδης μηχανή χρειάζεται αρκετές μετατροπές για να κατασκευαστούν οι πραγματικές στρεφόμενες ηλεκτρικές μηχανές. Ο δρομέας είναι πάντα ηλεκτρομαγνήτης αντί του μόνιμου μαγνήτη και μπορεί να έχει περισσότερους από δύο πόλους. Στο Σχ. 1.2 φαίνεται ένας δρομέας με τέσσερις πόλους με τυλίγματα πεδίου σε κάθε πόλο. Τα τυλίγματα συνδέονται σε σειρά και οι δύο ακροδέκτες οδηγούνται σε δακτυλίους ολίσθησης πάνω στους οποίους εφάπτονται με πίεση πρισματικά στοιχεία άνθρακα γνωστά σαν ψήκτρες. Αυτή η διάταξη επιτρέπει την ηλεκτρική σύνδεση ενός περιστρεφόμενου τυλίγματος, ώστε να διαρρέεται από ένα ρεύμα που ονομάζεται ρεύμα διέγερσης ή πεδίου και προέρχεται από μια πηγή συνεχούς ρεύματος ονομαζόμενη διεγέρτρια. Το αντίστοιχο τύλιγμα του τυμπάνου του στάτη θα πρέπει να τυλίγεται, όπως φαίνεται στο Σχ. 1.2, ώστε να δημιουργεί τους αντίστοιχους πόλους και τα κλειστά μαγνητικά κυκλώματα, όπου κυκλοφορεί η μαγνητική ροή. Για να δημιουργούνται κλειστοί δρόμοι μαγνητικής ροής, ο αριθμός των πόλων θα πρέπει πάντα να είναι ζυγός και να αντιστοιχεί ένα τύλιγμα τυμπάνου του στάτη για κάθε ζευγάρι πόλων, όπως φαίνεται στο Σχ. 1.2. Το πλεονέκτημα των πολλών ζευγών είναι η χαμηλότερη ταχύτητα περιστροφής για δοσμένη ηλεκτρική συχνότητα. Αν p είναι ο αριθμός των πόλων, τότε μια πλήρης περιστροφή ενός δρομέα με p πόλους παράγει $p / 2$ πλήρεις περιόδους επαγόμενης ηλεκτρεγερτικής

δύναμης (HEΔ) σε κάθε αγωγό του τυλίγματος τυμπάνου του στάτη. Μετράμε την ηλεκτρική συχνότητα σε Hertz, και την μηχανική γωνιακή ταχύτητα σε στροφές ανά λεπτό. Στην περίπτωση της μεγάλης ταχύτητας περιστροφής, ο δρομέας με εκτύπους πόλους του Σχ. 1.2 υφίσταται υπερβολική μηχανική καταπόνηση. Αυτή η καταπόνηση ελαχιστοποιείται με μια κυλινδρική διαμόρφωση του δρομέα και η ημιτονοειδής μεταβολή του πεδίου κατά μήκος της περιφέρειας πετυχαίνεται με την κατάλληλη κατανομή των τυλιγμάτων του πεδίου γύρω από το δρομέα.

Χαρακτηριστικά λειτουργίας

Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των ηλεκτρικών μηχανών εκφράζουν στοιχεία της εξωτερικής συμπεριφοράς τους, που είναι απαραίτητα για την σχεδίαση ηλεκτρομηχανικών συστημάτων. Τα χαρακτηριστικά, που αναγράφονται στην πινακίδα μιας ηλεκτρικής μηχανής είναι τα ονομαστικά μεγέθη όπως η τάση, η ισχύς εξόδου (ωφέλιμη), η ταχύτητα περιστροφής, ο βαθμός απόδοσης και ειδικά για τις μηχανές εναλλασσομένου η συχνότητα και ο συντελεστής ισχύος για τους επαγωγικούς κινητήρες. Τα ονομαστικά μεγέθη είναι τρόπων τινά τα άνω όρια ασφαλούς συνεχόμενης λειτουργίας. Δηλαδή είναι οι τιμές της τάσης ακροδεκτών και του φορτίου (ισχύς) κάτω από τις οποίες η μηχανή λειτουργεί χωρίς να κινδυνεύει να καταστραφεί από υπέρταση ή υπερθέρμανση. Παρόλο που οι μηχανές προστατεύονται από αυτόματους διακόπτες και ασφάλειες θα πρέπει να εξασφαλίζεται η λειτουργία μέσα στα όρια των ονομαστικών τιμών. Για σχεδιασμό υψηλότερων προδιαγραφών, απαιτούνται και οι χαρακτηριστικές καμπύλες εξόδου της ηλεκτρικής μηχανής. Είναι προφανές ότι η πραγματική μηχανή έχει πάντα εσωτερικές απώλειες, επόμενο η απόδοση της μηχανής είναι πάντοτε μικρότερη από 100%. Οι απώλειες χαλκού οφείλονται στην ωμική παραγωγή θερμότητας από την αντίσταση των τυλιγμάτων και στην αντίσταση επαφής των ψηκτρών με τους δακτυλίους ολίσθησης. Οι απώλειες πυρήνα προκαλούνται από το βρόχο υστέρησης και τα δινορεύματα και οι μηχανικές απώλειες οφείλονται στην τριβή των ψηκτρών και των εδράνων καθώς και στον ανεμισμό. Οι απώλειες του πυρήνα και οι μηχανικές συνήθως αναφέρονται μαζί με την γενική ονομασία απώλειες περιστροφής επειδή είναι πιο εύκολο να μετρηθούν μαζί. Ένας επιπλέον όρος ονομαζόμενος φορτίο εκτροπής προέρχεται από την ανομοιόμορφη κατανομή ρεύματος και μαγνητικού πεδίου. Το Σχ. 1.3 δίνει διαγραμματικά την ροή ισχύος από την είσοδο (ηλεκτρική) στην μηχανική ισχύ εξόδου (ισχύς στον άξονα) ενός κινητήρα.



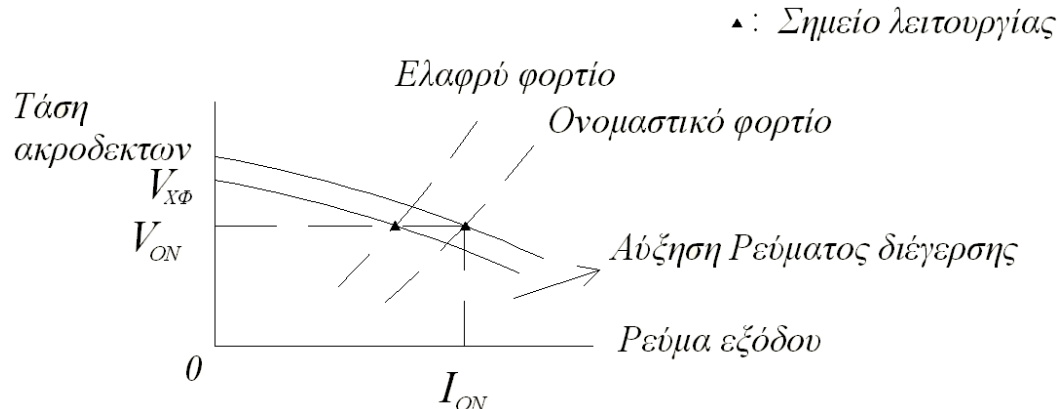
Εικόνα 1.3 Ροή ισχύος και απωλειών για ένα τυπικό κινητήρα.

Για τις γεννήτριες η κατεύθυνση της ροής της ισχύος είναι από την μηχανική ισχύ εισόδου προς την ηλεκτρική ισχύ εξόδου. Τυπικά ποσοστά απωλειών χαλκού και περιστροφής κυμαίνονται από 2-10% και 1-15% αντίστοιχα και του βαθμού απόδοσης από 75-97%. Οι απώλειες θερμαίνουν την μηχανή, πράγμα που πρέπει να ληφθεί υπόψη στο σχεδιασμό κάθε μηχανής. Αν η θερμοκρασία ανέβει πολύ μπορεί να προκαλέσει διάσπαση του μονωτικού των αγωγών του τυλίγματος και να προκληθεί βραχυκύκλωμα, μετά από μια τέτοια ζημιά το τύλιγμα πρέπει να αντικατασταθεί. Οργανισμοί τυποποίησης έχουν προτείνει μέγιστες επιτρεπτές θερμοκρασίες για τα διάφορα είδη μόνωσης. Επίσης προτείνουν τυποποιημένες διαστάσεις μηχανών για κάθε ιπποδύναμη. Ειδικές διατάξεις ανεμιστήρων και άλλες τεχνικές ψύξης μπορεί να απαιτηθούν κατά το σχεδιασμό μηχανής ώστε να μπορεί μια μηχανή μεγάλης ισχύος να έχει μικρές διαστάσεις. Η ονομαστική ισχύς της ηλεκτρικής μηχανής εξαρτάται από κάποια κρίσιμα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά. Η ονομαστική ισχύς αυξάνει αναλογικά με την ΜΕΔ (Ni) στο τύλιγμα τυμπάνου, που σημαίνει ταυτόχρονη αύξηση των απωλειών χαλκού και της παραγόμενης θερμότητας. Επόμενα, μια γεννήτρια ή ένας κινητήρας μεγάλης δυναμικότητας (μεγάλης ισχύος) απαιτεί αγωγούς μεγάλης διατομής, ειδική μόνωση που να αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες και ίσως ένα ειδικό σύστημα ψύξης. Η ονομαστική ισχύς επίσης μπορεί να αυξηθεί με την αύξηση της μαγνητικής επαγωγής του πεδίου ή με την αύξηση των φυσικών διαστάσεων της μηχανής. Οι δύο αυτοί παράγοντες δεν μπορούν βέβαια να αυξηθούν απεριόριστα. Ο μαγνητικός κορεσμός περιορίζει την αύξηση μαγνητικής επαγωγής του πεδίου, ενώ μηχανολογικοί και οικονομικοί παράγοντες, όπως το κόστος των υλικών, καθώς και ο διατιθέμενος χώρος περιορίζουν τις διαστάσεις της μηχανής. Τέλος η ονομαστική ισχύς αυξάνει ανάλογα με την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα, όμως αυτό απαιτεί ειδικά έδρανα υψηλής ταχύτητας, βοηθητικές διατάξεις μείωσης στροφών (μειωτήρες) και άλλες παρόμοιες μηχανολογικές διατάξεις, που γενικά έχουν υψηλό κόστος.

1.2.2 Χαρακτηριστικές καμπύλες και σημείο λειτουργίας

Η ισχύς και ορισμένα άλλα χαρακτηριστικά λειτουργίας της ηλεκτρικής μηχανής προσδιορίζονται από το φορτίο. Τα φορτία πρέπει να είναι τέτοια, που η μηχανή να λειτουργεί με ισχύ μικρότερη της ονομαστικής. Η χαρακτηριστική καμπύλη εξόδου μιας γεννήτριας δείχνει τη σχέση μεταξύ της τάσης και του ρεύματος εξόδου. Ενώ η χαρακτηριστική καμπύλη κινητήρα δείχνει την σχέση μεταξύ της ταχύτητας περιστροφής και της ροπής στον άξονα του κινητήρα. Το σημείο τομής της χαρακτηριστικής καμπύλης του φορτίου και της χαρακτηριστικής καμπύλης της μηχανής προσδιορίζει το σημείο λειτουργίας. Για παράδειγμα στο Σχ. 1.4 η χαρακτηριστική καμπύλη μιας γεννήτριας (πλήρης γραμμή) τέμνεται με τη διακεκομμένη καμπύλη, που παριστάνει τη χαρακτηριστική ενός φορτίου. Στην προκειμένη περίπτωση το σημείο λειτουργίας ορίζεται από το ονομαστικό ρεύμα πλήρους φορτίου και την ονομαστική τάση. Βέβαια ο κατασκευαστής φροντίζει ώστε η ονομαστική ισχύς να είναι λίγο μικρότερη από την μέγιστη δυναμικότητα της μηχανής για να αντιμετωπίζονται περιπτώσεις πολύ σύντομης λειτουργίας με υπερφόρτιση, που μπορεί να προκληθεί από κάποιο τυχαίο παροδικό φαινόμενο. Συνήθως θέλουμε η τάση της πηγής (τροφοδοσία) να είναι σταθερή, δηλ. να μην εξαρτάται η τάση της πηγής από το ρεύμα (ανεξάρτητη πηγή τάσης). Όμως η τάση πλήρους φορτίου είναι πολύ συχνά μικρότερη από την τάση της “εν κενό” λειτουργίας (ανοιχτό κύκλωμα, χωρίς φορτίο). Σαν ένα μέτρο της συμπεριφοράς της γεννήτριας χρησιμοποιούμε την διακύμανση της τάσης (voltage regulation). Όλες οι γεννήτριες

στην πράξη περιλαμβάνουν έναν αυτόματο ρυθμιστή, που ρυθμίζει το ρεύμα του πεδίου, ώστε η τάση να διατηρείται σταθερή, όπως φαίνεται στο Σχ. 1.4.



Εικόνα 1.4 Ρύθμιση τάσης με την αντίστοιχη ρύθμιση του πεδίου διέγερσης

1.3 Μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος

1.3.1 Η αρχή λειτουργίας της σύγχρονης μηχανής

Εισαγωγή

Σύγχρονη είναι η μηχανή, στην οποία η σχέση ανάμεσα στην ταχύτητα περιστροφής n του δρομέα και στην συχνότητα της ηλεκτρικής ισχύος f είναι σταθερή. Οι σύγχρονες μηχανές χρησιμοποιούνται κυρίως σαν γεννήτριες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σπάνια χρησιμοποιούνται οι σύγχρονοι κινητήρες, παρά μόνο, όπου απαιτείται σταθερός αριθμός στροφών και για την διόρθωση του συντελεστού ισχύος, όπως θα δούμε παρακάτω. Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιασθεί ο θεμελιώδης σχεδιασμός και η κατασκευαστική διαμόρφωση των σύγχρονων γεννητριών. Γενικά είναι πολύ μεγάλες μηχανές, που ο σχεδιασμός και η κατασκευή τους αλλά και η λειτουργία είναι αποτέλεσμα στενής συνεργασίας μηχανολόγων και ηλεκτρολόγων μηχανικών. Θα παρουσιασθούν τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά, το προσεγγιστικό ηλεκτρικό μοντέλο της σύγχρονης μηχανής στη μόνιμη κατάσταση και οι καμπύλες λειτουργίας.

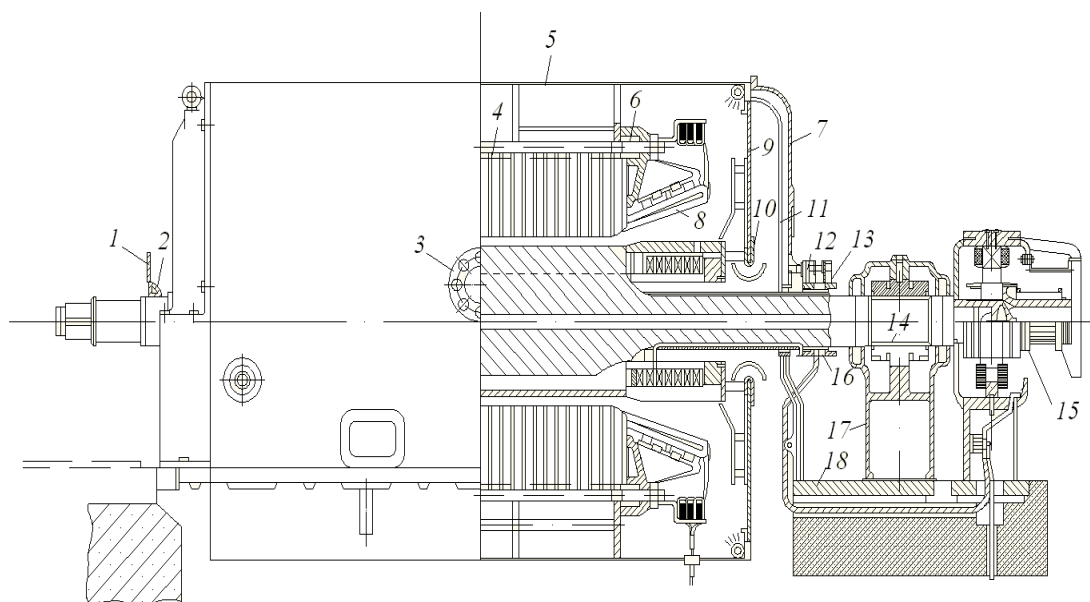
Θεμελιώδης σχεδιασμός και κατασκευή

Η διάταξη των κύριων στοιχείων της σύγχρονης μηχανής παρουσιάσθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Οι σύγχρονες γεννήτριες ή εναλλακτές περιστρέφονται από τουρμπίνες (στροβίλους) ατμού ή νερού και από μηχανές εσωτερικής καύσης. Στην περίπτωση του ατμού, η σύγχρονη γεννήτρια ονομάζεται ατμοστροβιλογεννήτρια και στη περίπτωση νερού υδροστροβιλογεννήτρια. Οι ατμοστρόβιλοι είναι μονάδες υψηλής ταχύτητας και επόμενα οι αντίστοιχες γεννήτριες κατασκευάζονται με κυλινδρικό δρομέα, με ένα ή δύο ζευγάρια πόλων. Από την άλλη οι υδροστρόβιλοι είναι οι κινητήριες μονάδες των γεννητριών με έκτυπους πόλους, αφού οι υδροστρόβιλοι περιστρέφονται με χαμηλή ταχύτητα. Επίσης οι σύγχρονες γεννήτριες, που περιστρέφονται από νηξελομηχανές και οι σύγχρονοι κινητήρες έχουν δρομέα με έκτυπους πόλους. Όμως στις περιπτώσεις, που ο σύγχρονος κινητήρας χρησιμοποιείται για εφαρμογές υψηλής ταχύτητας (π.χ. για κίνηση στροβιλοσυμπιεστών) αυτοί σχεδιάζονται όπως και οι στροβιλογεννήτριες με κυλινδρικό δρομέα. μεταξύ στάτη και δρομέα είναι σταθερή σε κάθε πόλο και αλλάζει φορά από το βόρειο στο νότιο πόλο. Οπότε η επαγόμενη τάση μεταβάλλεται με μορφή ορθογωνικού παλμού, του οποίου τα αρνητικά μέρη ανορθώνονται μέσω του συλλέκτη. Επίσης το τύλιγμα τυμπάνου είναι στο δρομέα ενώ το πεδίο προκαλείται

από τους πόλους, που είναι στερεωμένοι στο στάτη. Το τύλιγμα του πεδίου, που βρίσκεται στο δρομέα τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα από μια εξωτερική πηγή συνεχούς, που ονομάζεται διεγέρτρια διότι διεγείρει το μαγνητικό πεδίο. Όταν η διεγέρτρια είναι ανεξάρτητη της σύγχρονης μηχανής τότε το ρεύμα διαβιβάζεται στο δρομέα μέσω ψηκτρών, που εφάπτονται σε δακτυλίους στερεωμένους πάνω στον άξονα της σύγχρονης μηχανής. Για σύγχρονες μηχανές χαμηλής σχετικά ισχύος, οι διεγέρτριες, είναι μηχανές συνεχούς. Σε μεγάλες σύγχρονες γεννήτριες η διεγέρτρια είναι μια μικρή γεννήτρια εναλλασσομένου, περιστρεφόμενη από τον άξονα της κύριας γεννήτριας και το παραγόμενο ρεύμα ανορθώνεται (το εναλλασσόμενο μετατρέπεται σε συνεχές) για να τροφοδοτήσει την κύρια γεννήτρια χωρίς ψήκτρες. Έτσι αποφεύγονται τα μειονεκτήματα της χρήσης ψηκτρών και είναι ευκολότερη η ρύθμιση του ρεύματος διέγερσης.

1.3.2 Σύγχρονες μηχανές με κυλινδρικό δρομέα

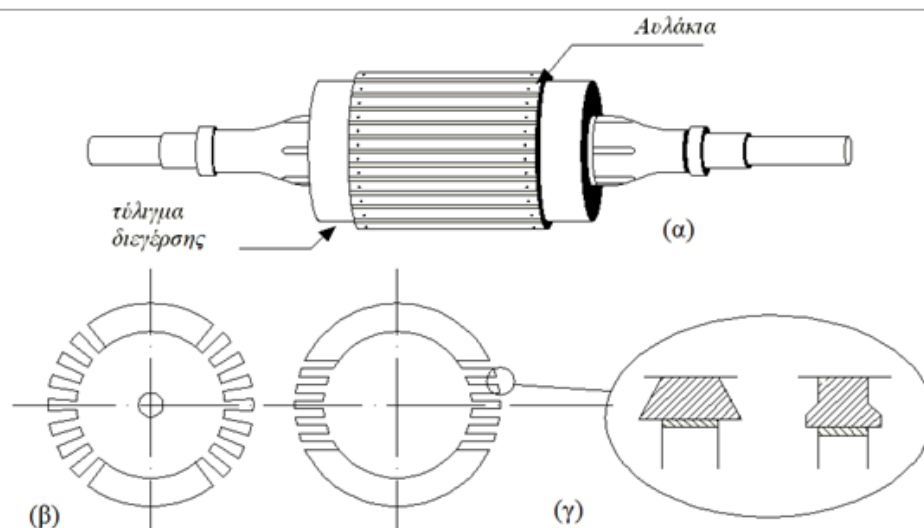
Όλες σχεδόν οι ατμοστροβιλογεννήτριες σχεδιάζονται με δύο πόλους, επειδή η αύξηση της ταχύτητας των ατμοστροβίλων αυξάνει τον βαθμό απόδοσης σημαντικά και επειδή η συνεπαγόμενη ελάττωση των διαστάσεων της γεννήτριας και του ατμοστρόβιλου μειώνει το κόστος κατασκευής. Το Σχ. 1.5 δίνει την κατά μήκος τομή μιας στροβιλογεννήτριας δύο πόλων, 6MW , 3000rpm , που είναι τυπικό δείγμα σχεδιασμού μεγάλων μηχανών. Το πιο ζωτικό στοιχείο της στροβιλογεννήτριας είναι ο δρομέας και παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες στο μηχανολογικό σχεδιασμό και την κατασκευή. Στην ονομαστική ταχύτητα περιστροφής, η ταχύτητα στην περιφέρεια του δρομέα μιας στροβιλογεννήτριας 4-πόλων φτάνει τα 125 ως 145 m/sec. Σε στροβιλογεννήτριες με 2-πόλους η ταχύτητα είναι μεγαλύτερη και φτάνει τα 170 ως 180 m/sec. Οι φυγοκεντρικές δυνάμεις, που αναπτύσσονται σ' αυτές τις ταχύτητες, δημιουργούν πολύ μεγάλες μηχανικές καταπονήσεις.



Εικόνα 1.5 Κατά μήκος τομή υδρόψυκτης στροβιλογεννήτριας

1. Συγκρατητής της τσιμούχας. 2. Τσιμούχα. 3. Ιδιοσυσκευή ανύψωσης στάτη. 4. Πυρήνας στάτη. 5. Κέλυφος. 6. Σφιγκτήρας ελασμάτων πυρήνα στάτη. 7. Καπάκι εξωτερικό. 8. Τύλιγμα στάτη. 9. Εσωτερικό καπάκι. 10. Καπάκι ανεμισμού. 11. Στεγανωτικό καπακιού. 12. Ψηκτροθήκη. 13. Ψήκτρα. 14. Δακτυλίδι. 15. Διεγέρτρια. 16. Δακτύλιος επαφής. 17. Έδρανο. 18. Μεταλλική βάση. 19. Δρομέας. 20. Πυροσβεστικός σωλήνας. 21. Ακροδέκτης. 22. Κέλυφος.

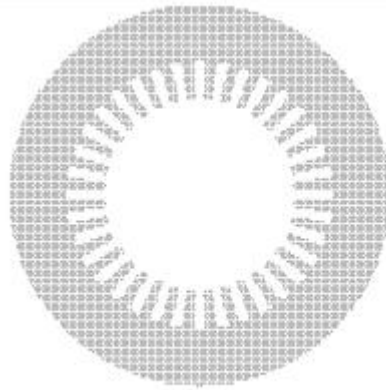
Γι' αυτό το λόγο οι δρομείς των στροβιλογεννητριών κατασκευάζονται από συμπαγή χυτοχάλυβα Σχ. 1.6α του οποίου η υψηλή αντοχή είναι το αποτέλεσμα μιας σύνθετης θερμικής και μηχανικής επεξεργασίας. Στις μεγάλες μηχανές χρησιμοποιούνται ειδικά κράματα χρωμίου-νικελίου-μολυβδαινίου ή χρωμίου-μολυβδαινίου-βαναδίου, που έχουν όριο αντοχής περίπου $800\text{N} / \text{mm}^2$ και όριο ροής από 550 έως $660\text{N} / \text{mm}^2$. Κατά μήκος του άξονα διανοίγεται μια ομοαξονική διαμπερής οπή για να ληφθούν δοκίμια για έλεγχο του χυτοχάλυβα και δεύτερο για να εξαλειφθούν επικίνδυνα σημεία εσωτερικών τάσεων κατά την χύτευση. Στον δρομέα ανοίγονται (κατεργασία με πλάνη) αυλάκες περιφερειακά Σχ. 1.6β για την τοποθέτηση και στιβαρή στερέωση του τυλίγματος διέγερσης (πεδίου), που μπορεί να είναι κατανομημένοι ακτινικά ή παράλληλα. Περίπου το $1/3$ του κάθε πόλου μένει χωρίς αυλάκες και αποτελεί το λεγόμενο πλατύ δόντι από όπου περνάει το μεγαλύτερο μέρος της μαγνητικής ροής. Εξ' αιτίας της μεγάλης περιφερειακής ταχύτητας, το τυλίγμα του δρομέα ασφαρίζεται με μεταλλικές σφήνες, των οποίων οι κυριότερες διαμορφώσεις σε τομή φαίνονται στο Σχ. 1.6γ. Οι σφήνες κατασκευάζονται από μη μαγνητικούς χάλυβες. Επίσης με ειδικές διατάξεις στερεώνονται και τα άκρα του τυλίγματος, που εξέχουν από τα άκρα των αυλάκων.



Εικόνα 1.6 (α) Δρομέας στροβιλογεννήτριας. (β) Διαμόρφωση αυλακιών για τα τυλίγματα διέγερσης σε δυο ενδεικτικές τομές. (γ) Σφήνες αυλακιών

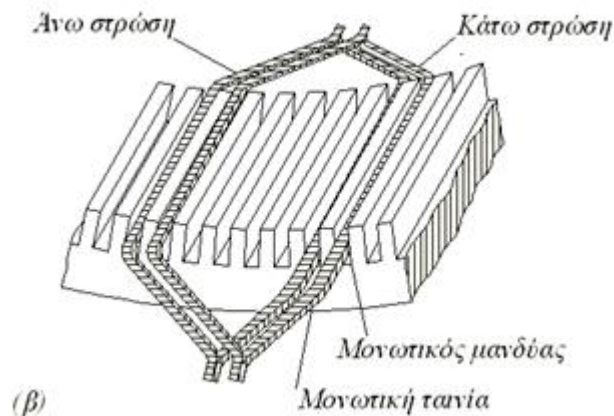
Ο στάτης της στροβιλογεννήτριας αποτελείται από το ενεργό μέρος, που είναι ο πυρήνας, στον οποίο είναι διαταγμένο το τυλίγμα του στάτη, και από το κέλυφος, που με κατάλληλη διαμόρφωση εξασφαλίζει την συγκράτηση του πυρήνα του στάτη και την ψύξη της γεννήτριας. Ο πυρήνας του στάτη όπως και του μετασχηματιστή αποτελείται από λεπτά ελάσματα πάχους 0.35 και 0.5mm από ειδικό μαγνητικό υλικό και είναι μονωμένα και από τις δύο πλευρές με ειδικό βερνίκι, όπως φαίνεται στο Σχ. 1.7. Τα τυλίγματα του στάτη προκατασκευάζονται και τοποθετούνται μέσα στα αυλάκια σε στρώσεις, όπως δείχνει το Σχ. 1.8. Μεγάλη σημασία έχει η επίλυση του προβλήματος της ψύξης της στροβιλογεννήτριας. Οι δυσκολίες προέρχονται κύρια από το μεγάλο μήκος του δρομέα (μέχρι 12m) και τη μικρή διάμετρο (μέχρι 1.2m). Παρακάτω θα δούμε τρόπους ψύξης των γεννητριών αυτών. Για να αποφύγουμε μηχανικές και ηλεκτρικές ταλαντώσεις, στο δρομέα τοποθετείται ο κλωβός απόσβεσης, δηλ. ένα βραχυκυκλωμένο τυλίγμα μέσα στις σφήνες. Στην μόνιμη κατάσταση ο κλωβός απόσβεσης δεν διαρρέεται από ρεύμα. Τα τελευταία χρόνια κατασκευάζονται ατμοστροβιλογεννήτριες όλο και μεγαλύτερης ισχύος. Σήμερα η

ονομαστική ισχύς έφθασε τα 1.500MVA με συνεχή βελτίωση του βαθμού απόδοσης, που ξεπερνάει το 98%.



(a)

Εικόνα 1.7 Έλασμα πυρήνα επαγωγικού τυμπάνου

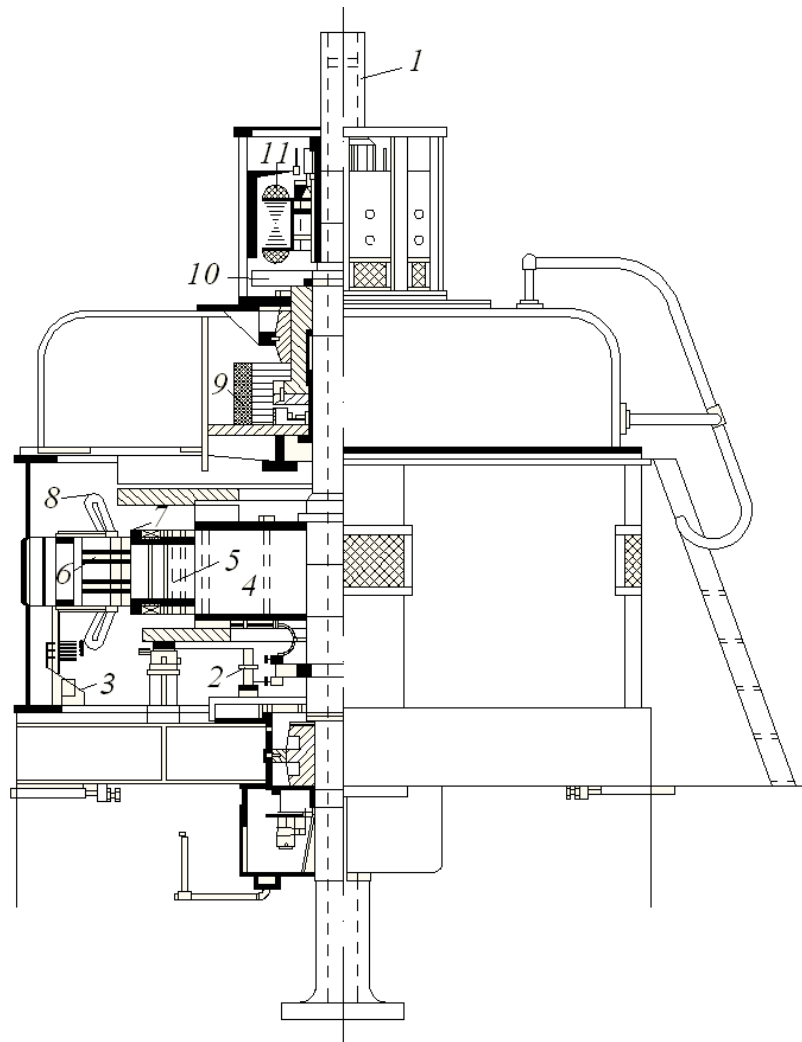


(β)

Εικόνα 1.8 Τοποθέτηση τυλίγματος στο σάτιη

1.3.3 Σύγχρονες μηχανές με έκτυπους πόλους

Σχεδιασμός μηχανών με έκτυπους πόλους και οριζόντιο άξονα συνηθίζεται στους σύγχρονους κινητήρες, του σύγχρονους πυκνωτές, τις γεννήτριες που κινούνται από νηζελομηχανές και σε υδροστρόβιλους με σχετικά υψηλές ταχύτητες περιστροφής (πάνω από 200rpm). Για μεγάλης ισχύος και χαμηλής ταχύτητας υδροστρόβιλους, που είναι εγκαταστημένοι σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς μικρής διαφοράς στάθμης νερού, ο άξονας της γεννήτριας και του κινητήριου υδροστρόβιλου είναι κατακόρυφος. Κινητήρες για μεγάλες αντλίες νερού κατασκευάζονται επίσης με κατακόρυφους άξονες.



Εικόνα 1.9 Κατά μήκος τομή γεννήτριας στρεφόμενης από υδροστρόβιλο.

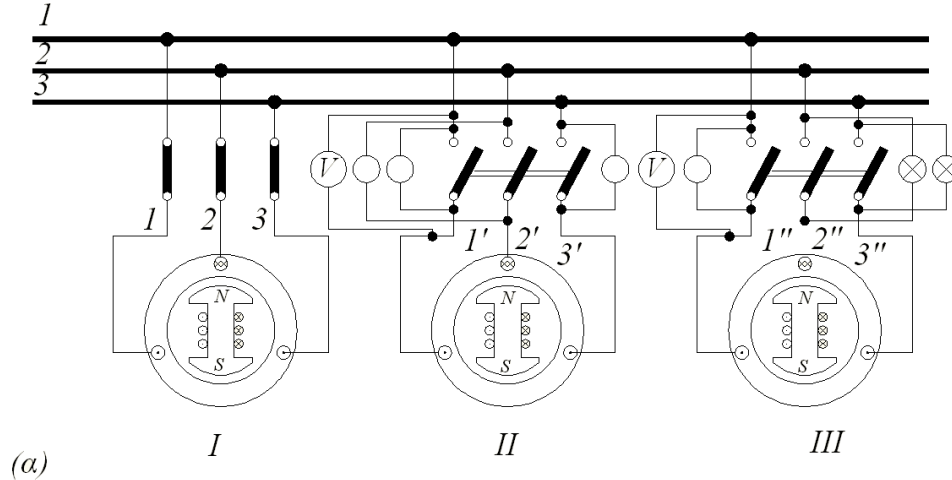
1. Άξονας γεννήτριας. 2. Δακτύλιοι ολίσθησης. 3. Ακροδέκτες γεννήτριας. 4. σκελετός του δρομέα. 5. Πυρήνας όλων. 6. Πυρήνας του στάτη. 7. Τύλιγμα πεδίου διέγερσης. 8. Τύλιγμα στάτη. 9. Φωλιά του αξονικού εδράνου. 10. Ανεμιστήρας διεγέρτριας. 11. Διεγέρτρια.

1.3.4 Παράλληλη λειτουργία σύγχρονων γεννητριών

Στους μοντέρνους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής συνήθως δουλεύουν περισσότερες από μια σύγχρονες γεννήτριες σε παραλληλία, για διάφορους τεchnικοοικονομικούς λόγους, που δεν είναι αντικείμενο αυτού του βιβλίου. Πέρα από τα προβλήματα ευστάθειας, που δημιουργούνται κατά την παράλληλη λειτουργία, σοβαρό πρόβλημα είναι η σύνδεση μιας γεννήτριας στους ζυγούς του σταθμού, όπου ήδη είναι συνδεδεμένες άλλες γεννήτριες και φορτία. Για να γίνει σωστά η παράλληλη σύνδεση, πρέπει να εκπληρώνονται οι παρακάτω προϋποθέσεις:

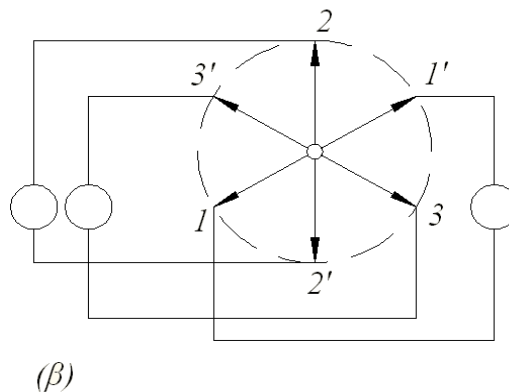
- ✓ Η ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) της γεννήτριας, που πρόκειται να συνδεθεί να είναι ίση με την τάση του ζυγού.
- ✓ Οι τάσεις των αντίστοιχων φάσεων της γεννήτριας και του ζυγού να είναι σε φάση.
- ✓ Οι συχνότητες των δύο συστημάτων που πρόκειται να συνδεθούν θα πρέπει να είναι πρακτικά ίσες.
- ✓ Η διαδοχή των φάσεων της γεννήτριας και της γραμμής (ζυγού) να είναι ίδια.

- ✓ Πριν συνδεθεί η γεννήτρια στο δίκτυο πρέπει να ελέγχονται οι παραπάνω προϋποθέσεις. Η πρώτη ελέγχεται εύκολα με τα βολτόμετρα, που είναι συνδεδεμένα μέσω μετασχηματιστή τάσης στο δίκτυο και στη γεννήτρια. Επίσης προσπαθούμε να εκπληρώνεται η 3η μέσω ενός στροφόμετρου και συχνόμετρου. Όμως η ακριβής εκπλήρωση της 3ης προϋπόθεσης της 2ης και της 4ης απαιτεί ειδική συνδεσμολογία όπως αυτή που φαίνεται στο Σχ. 1.10.



Εικόνα 1.10 Παράλληλη σύνδεση τριφασικών γεννητριών

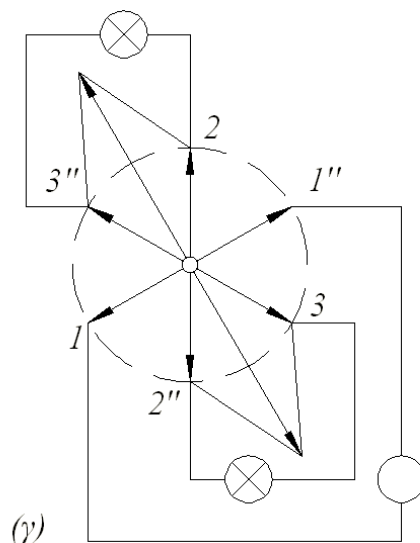
Η σύνδεση των λαμπτήρων στη γεννήτρια είναι τέτοια, ώστε το κλείσιμο του διακόπτη θα πρέπει να γίνεται όταν και οι τρεις λαμπτήρες σβήνουν ταυτόχρονα και το βολτόμετρο δείχνει τάση μηδέν. Το Σχ. 1.11 δείχνει τα διανυσματικά διαγράμματα τάσεων του δικτύου και της γεννήτριας II με βάση την συνδεσμολογία του Σχ. 1.10 για την γεννήτρια II. Το άθροισμα των διανυσμάτων, που αντιστοιχούν στους ακροδέκτες των λαμπτήρων, δίνει την τάση που επικρατεί (εφαρμόζεται) στον αντίστοιχο λαμπτήρα.



Εικόνα 1.11 Παράλληλη σύνδεση τριφασικών γεννητριών

Από το Σχ. 1.11 μπορεί να δει κανείς ότι η συνολική τάση στους ακροδέκτες του κάθε λαμπτήρα είναι μηδέν. Εκείνη τη στιγμή κλείνουμε το διακόπτη. Διαφορετική είναι η συνδεσμολογία των λαμπτήρων για τη γεννήτρια III. Ο λαμπτήρας στην πρώτη φάση της γεννήτριας III μεταξύ των σημείων 1-1'' είναι συνδεδεμένος έτσι ώστε να επιτρέπεται το κλείσιμο του διακόπτη όταν είναι σβηστός. Ενώ οι λαμπτήρες της δεύτερης και τρίτης φάσης είναι συνδεδεμένοι διασταυρωμένα μεταξύ των σημείων 2-3'' και 3-2''. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα του Σχ.1.12 η τάση γραμμής (πολική)

θα εφαρμόζεται στους ακροδέκτες των λαμπτήρων και αυτές θα ανάβουν με μέγιστη ένταση όταν ο πρώτος σβήνει.



Εικόνα 1.12 Παράλληλη σύνδεση τριφασικών γεννητριών

Η συνδεσμολογία αυτή επιτρέπει μια διάγνωση και της διαφοράς στην συχνότητα όταν οι λαμπτήρες είναι τοποθετημένοι σε κυκλική διάταξη. Με το διαδοχικό αναβόσβημα δίνουν την εντύπωση μιας περιστροφής με συχνότητα ίση με την διαφορά συχνοτήτων, άρα με τον ρυθμιστή στροφών της γεννήτριας III μπορούμε να πετύχουμε καλύτερο συγχρονισμό. Όταν η ηλεκτρική συχνότητα περιστροφής είναι μικρότερη από την συχνότητα του δικτύου τότε η περιστροφή του αναβοσβησίματος γίνεται προς την μια διεύθυνση, όταν γίνει μεγαλύτερη η φορά αναβοσβησίματος αντιστρέφεται. Η διαδοχή των φάσεων ελέγχεται με την συνδεσμολογία, που αφορά στην γεννήτρια II και γίνεται μια φορά (την πρώτη). Αν οι λαμπτήρες δεν αναβοσβήνουν ταυτόχρονα πρέπει να αλλάξει η σειρά των φάσεων. Πρέπει να αναφερθεί ότι για θερμικούς και μηχανικούς λόγους του ατμοστροβίλου η όλη διαδικασία του ξεκινήματος και σταματήματος της μονάδας, διαρκεί τρεις μέρες περίπου η κάθε μια. Στους υδροστροβίλους η διαδικασία αυτή είναι πολύ σύντομη.

1.4 Επαγωγικές ή Ασύγχρονες Μηχανές

1.4.1 Εισαγωγή

Στις πιο συνηθισμένες βιομηχανικές εφαρμογές, αλλά και στις περισσότερες συσκευές, όπως αντλίες, μεταφορικές ταινίες, ανεμιστήρες, πρέσες, ψυγεία κλπ, σπάνια απαιτείται σταθερός αριθμός στροφών. Για αυτές τις εφαρμογές ο προτιμότερος τύπος κινητήρα είναι ο επαγωγικός κινητήρας, τριφασικός ή μονοφασικός, πράγμα που εξαρτάται από το μέγεθος του φορτίου. Οι επαγωγικές ή ασύγχρονες μηχανές ονομάζονται έτσι, επειδή το πεδίο του δρομέα δημιουργείται εξ' επαγωγής από το στρεφόμενο πεδίο του στάτη και για να επάγεται τάση στο δρομέα η ταχύτητα περιστροφής δεν πρέπει να συμπίπτει με την σύγχρονη (α-σύγχρονη). Οι επαγωγικοί κινητήρες και ιδιαίτερα οι κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα επιβλήθηκαν διότι είναι απλοί στην κατασκευή και συνεπώς οικονομικοί, εύκολοι στην συντήρηση, ασφαλείς στην λειτουργία και έχουν υψηλό βαθμό απόδοσης. Αναφέρθηκαν οι χρήσεις των επαγωγικών κινητήρων αφού σπανίως συναντώνται χρήσεις επαγωγικών γεννητριών. Στο κεφάλαιο αυτό θα δώσουμε τα βασικά στοιχεία της κατασκευής των ασύγχρονων ή επαγωγικών μηχανών, και πιο συγκεκριμένα του επαγωγικού κινητήρα, την αρχή λειτουργίας του, τα χαρακτηριστικά του καθώς και

πιο πολλές λεπτομέρειες για τη χρήση του. Επίσης θα δοθεί η αρχή λειτουργίας μηχανών εναλλασσόμενου ρεύματος, χαμηλής ισχύος, που είναι κατάλληλοι για ειδικές εφαρμογές.

1.4.2 Βασικά κατασκευαστικά στοιχεία του τριφασικού επαγωγικού κινητήρα

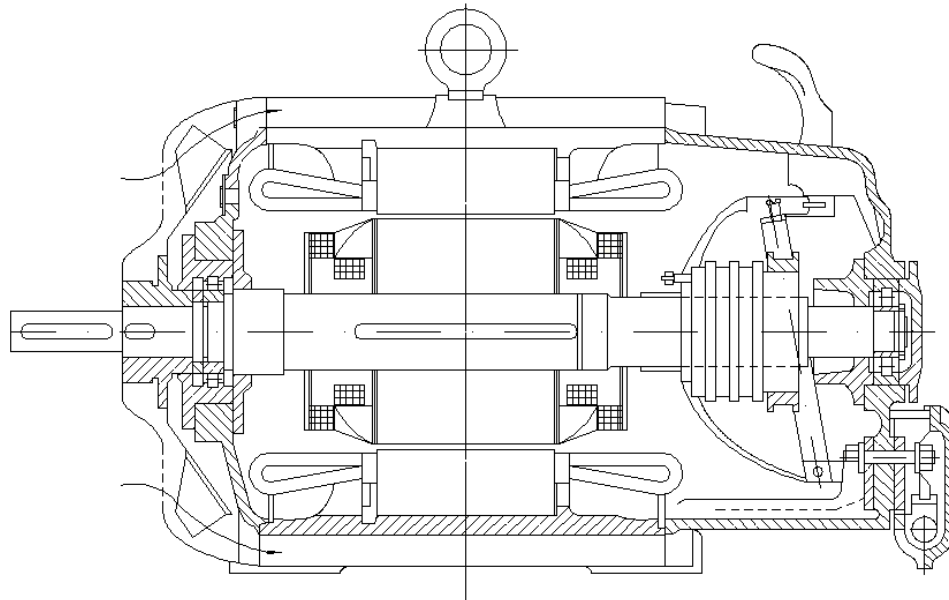
Ο στάτης του τριφασικού επαγωγικού κινητήρα είναι σχεδιασμένος όμοια με αυτόν του τριφασικού σύγχρονου κινητήρα και επίσης περιλαμβάνει ένα όμοιο τριφασικό τύλιγμα, που συνδέεται στην τριφασική γραμμή παροχής ηλεκτρικής ισχύος. Ο δρομέας του επαγωγικού κινητήρα είναι ένα κυλινδρικό σώμα, που συγκροτείται από ελάσματα χάλυβα (πυρήνας) και φέρει στην περιφέρεια κατά μήκος του άξονα αυλάκια για την τοποθέτηση του τυλίγματος ή των αγωγίμων ράβδων.

Τα βασικά είδη του δρομέα των επαγωγικών κινητήρων είναι δύο:

Ο στάτης του τριφασικού επαγωγικού κινητήρα είναι σχεδιασμένος όμοια με αυτόν του τριφασικού σύγχρονου κινητήρα και επίσης περιλαμβάνει ένα όμοιο τριφασικό τύλιγμα, που συνδέεται στην τριφασική γραμμή παροχής ηλεκτρικής ισχύος. Ο δρομέας του επαγωγικού κινητήρα είναι ένα κυλινδρικό σώμα, που συγκροτείται από ελάσματα χάλυβα (πυρήνας) και φέρει στην περιφέρεια κατά μήκος του άξονα αυλάκια για την τοποθέτηση του τυλίγματος ή των αγωγίμων ράβδων.

Τα βασικά είδη του δρομέα των επαγωγικών κινητήρων είναι δύο:

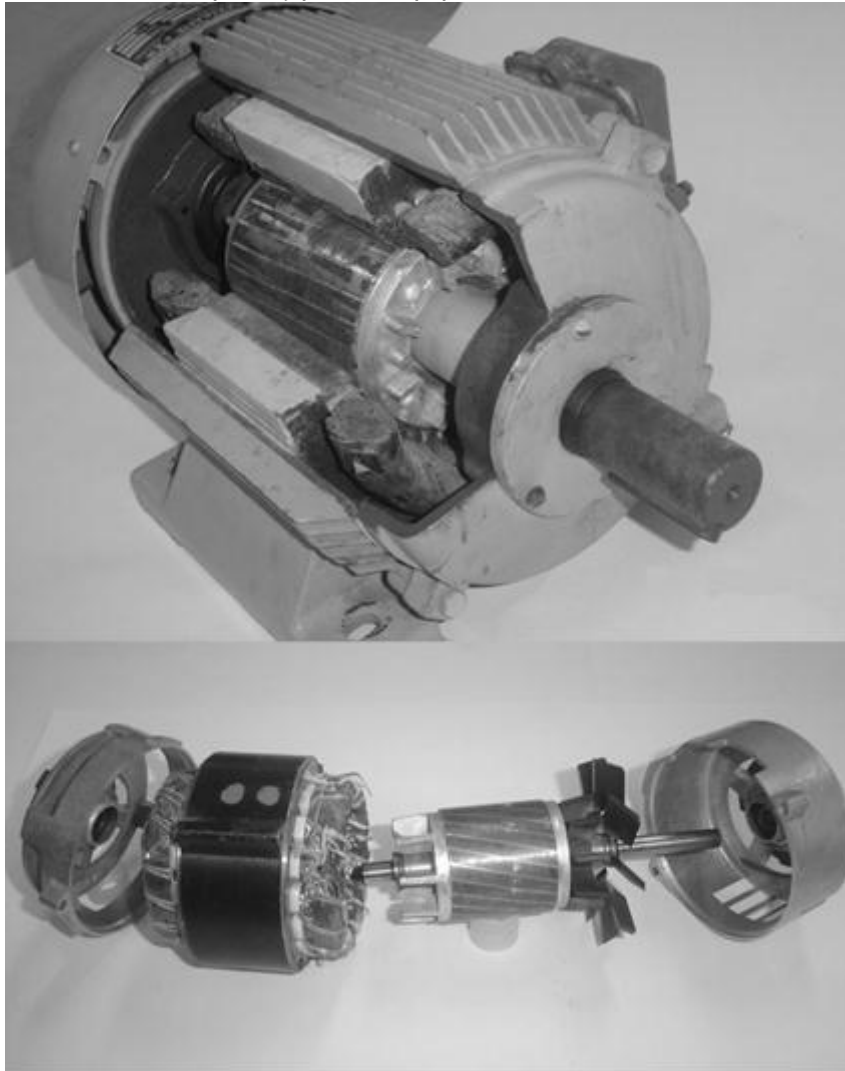
- ✓ Επαγωγικοί κινητήρες με δακτυλίους στο δρομέα Σχ. 1.13, όπου το τύλιγμα του δρομέα είναι του ίδιου τύπου με το τριφασικό τύλιγμα του στάτη. Το τύλιγμα του δρομέα είναι συνδεδεμένο σε αστέρα και οι ακροδέκτες του συνδέονται μέσω δακτυλίων επαφής και ψηκτρών σ' ένα ροοστάτη εκκίνησης. Επίσης ένας μηχανισμός ανυψώνει τις ψηκτρες για να μην είναι σ' επαφή με τους δακτυλίους κατά την μόνιμη κατάσταση λειτουργίας, που δεν χρειάζονται. Έτσι βελτιώνεται ο βαθμός απόδοσης και αποφεύγεται η φθορά των ψηκτρών και των δακτυλίων.



Εικόνα 1.13 Αξονική τομή επαγωγικού κινητήρα με δακτυλίους στο δρομέα

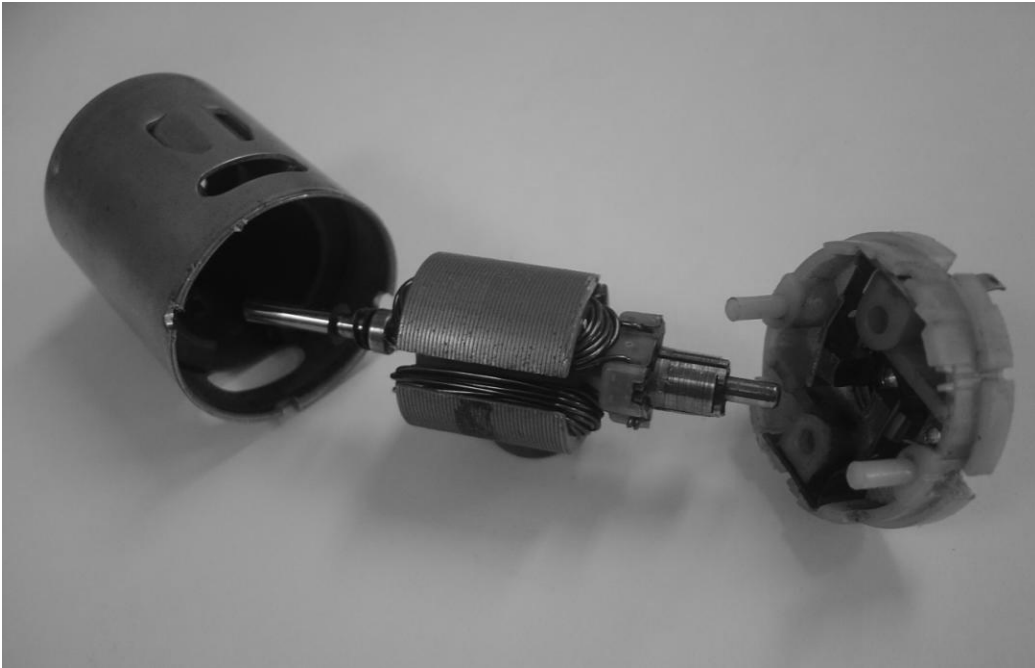
Επαγωγικές μηχανές με βραχυκυκλωμένο δρομέα Σχ. 1.14α ή δρομέα σκιουροκλωβού. Ο δρομέας αυτός αποτελείται από αγωγίμες ράβδους, που είναι τοποθετημένες σε αυλάκια κάτω από την περιφέρεια του πυρήνα και κατασκευάζονται σε τρεις κύριες παραλλαγές: απλού κλωβού, βαθιών αυλακιών και

διπλού κλωβού. Στους δρομείς με απλό κλωβό τα αυλάκια έχουν τομή οβάλ Σχ. 1.14β όπου διαμορφώνονται οι ράβδοι αλουμινίου χωρίς μόνωση, που αποτελούν τα τυλίγματα. Κατά την χύτευση του αλουμινίου στα αυλάκια του δρομέα διαμορφώνονται και οι δακτύλιοι βραχυκύκλωσης στα δύο άκρα των ράβδων, καθώς επίσης και πτερύγια για την ψύξη του κινητήρα.



**Εικόνα 1.14 (α)Τριφασικός επαγωγικός κινητήρας
(β)Μονοφασικός επαγωγικός κινητήρας**

1.5 Μηχανές συνεχούς ρεύματος



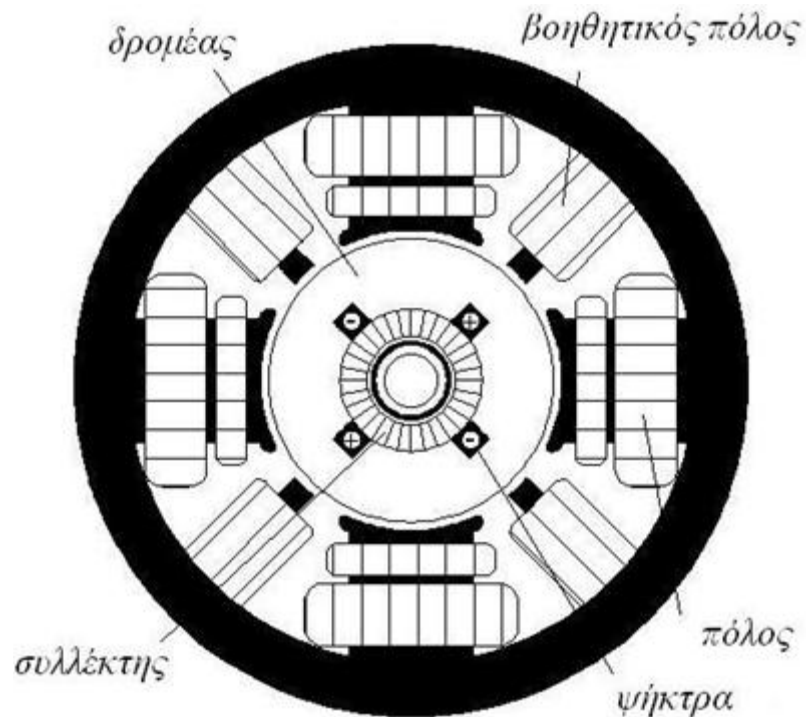
Εικόνα 1.15 Κινητήρας συνεχούς Ρεύματος

1.5.1 Εισαγωγή

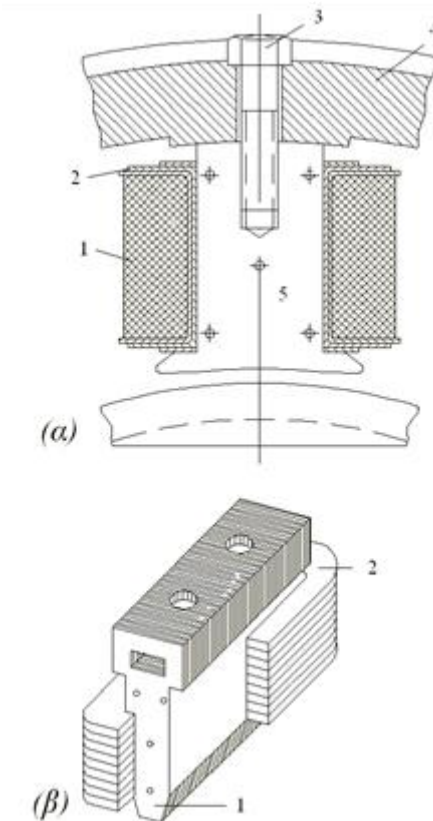
Οι μηχανές συνεχούς ρεύματος είναι κινητήρες που λειτουργούν με τροφοδοσία συνεχούς (σταθερής) τάσης, είτε γεννήτριες, που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με συνεχή (σταθερή) τάση. Οι κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος χρησιμοποιούνται πολύ πλατιά, εξ' αιτίας της αξιοπιστίας και της διαδεδομένης χρήσης ενέργειας εναλλασσόμένου ρεύματος (δίκτυο ΔΕΗ). Όμως κάποιες εφαρμογές απαιτούν λειτουργικά χαρακτηριστικά, που είναι πέρα από τις δυνατότητες των κινητήρων εναλλασσομένου ρεύματος τροφοδοτούμενων από δίκτυο σταθερής τάσης και συχνότητας. Οι μηχανές συνεχούς χρησιμοποιήθηκαν στην αρχή σαν στροβιλογεννήτριες υψηλής ταχύτητας περιστροφής, όμως περιορισμένης ισχύος και αργότερα σαν διεγέρτριες των μεγάλων σύγχρονων στροβιλογεννητριών. Στο παρελθόν εκτεταμένη εφαρμογή βρήκαν οι ηλεκτρικοί κινητήρες συνεχούς στην κίνηση βοηθητικών μηχανημάτων του πλοίου. Στην ναυτική μηχανολογία συνεχίζεται ακόμη και σήμερα η χρήση τους, είναι όμως περιορισμένη. Η γρήγορη ανάπτυξη των κινητήρων αυτοματισμού υψηλής ακριβείας με συνεχή ρύθμιση ταχύτητας σε μεγάλο εύρος διευκολύνθηκε σημαντικά από την κατασκευή μηχανών συνεχούς πολύ χαμηλής ισχύος, που χρησιμοποιήθηκαν σε ειδικές μικροσυσκευές (μηχανές ελέγχου) και από την μαζική παραγωγή μηχανών συνεχούς χαμηλής και μέσης ισχύος. Σήμερα κατασκευάζονται μηχανές συνεχούς με ισχύ από μερικά Watts μέχρι 10MW. Οι μικρές μηχανές χρησιμοποιούνται σε μικροσυσκευές με μπαταρία (παιχνίδια κλπ). Επίσης πολύ γνωστές μηχανές συνεχούς στο αυτοκίνητο είναι η λεγόμενη μίζα και το λεγόμενο δυναμό, που είναι αντίστοιχα κινητήρας και γεννήτρια συνεχούς. Επίσης χρησιμοποιούνται πάρα πολύ στα αεροσκάφη. Στις μοντέρνες βιομηχανικές εφαρμογές χρησιμοποιούνται εκεί που χρειάζεται οικονομικός έλεγχος στροφών, ειδικότερα σε έλεγχο μηχανοτρονικών συσκευών μέσω μικροϋπολογιστή.

Βασικά κατασκευαστικά στοιχεία

Μια μηχανή συνεχούς όπως όλες, αποτελείται από δύο κύρια μέρη. Όπως φαίνεται στο Σχ. 1.16, ένα ακίνητο, που ονομάζεται στάτης και είναι σχεδιασμένος για να δημιουργεί μαγνητική ροή και ένα περιστρεφόμενο μέρος, που ονομάζεται τύμπανο, όπου επάγεται η τάση.



Εικόνα 1.16 Εγκάρσια ημιτομή μηχανής συνεχούς.



Εικόνα 1.17 Κύριος και βοηθητικός πόλος
(α) Κύριος πόλος: 1-τύλιγμα, 2-πλαίσιο τυλίγματος, 3-κοχλίας στερέωσης, 4- δακτυλιοειδές ζύγωμα, 5-πυρήνας, 6- πέλμα πυρήνα
(β) Βοηθητικός πόλος: 1-πυρήνας, 2-τυλίγματα

Ο Στάτης

Ο στάτης της μηχανής συνεχούς αποτελείται από ένα κυλινδρικό πλαίσιο, όπου στηρίζονται οι κύριοι και βοηθητικοί πόλοι, ο ψηκτροφορέας και τα έδρανα του δρομέα. Οι κύριοι πόλοι παράγουν την κύρια μαγνητική ροή, ενώ οι βοηθητικοί πόλοι είναι τοποθετημένοι ανάμεσα στους κύριους πόλους με σκοπό να περιορίζουν τον σπινθηρισμό στην επαφή ψηκτρών και συλλέκτη. Οι μικρές μηχανές δεν έχουν βοηθητικούς πόλους. Το τύμπανο είναι ο κυλινδρικός δρομέας, που αποτελείται από τον πυρήνα, το τύλιγμα και το συλλέκτη. Παρακάτω θα δώσουμε μια συνοπτική περιγραφή των βασικών αυτών στοιχείων.

Κύριοι πόλοι

Η μορφή του κύριου πόλου φαίνεται στο Σχ.1.17α. Αποτελείται από τον πυρήνα και το τύλιγμα και στηρίζεται πάνω στο κυλινδρικό πλαίσιο (4) του στάτη με ειδικούς κοχλίες (3). Για τον περιορισμό των δινορευμάτων, ο πυρήνας (5) αποτελείται από ελάσματα πάχους 1mm σφιγμένα μεταξύ τους με βίδες. Το άκρο του πόλου τελειώνει σε μια διαμόρφωση πέλματος (6), που διευκολύνει την διέλευση της μαγνητικής ροής διαμέσου του διάκενου. Γύρω από τον πυρήνα βρίσκεται το τύλιγμα πεδίου (1) στο οποίο διέρχεται συνεχές ρεύμα, που δημιουργεί σταθερό ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο. Το τύλιγμα περιελίσσεται σε ειδικό πλαίσιο (2) από χαλυβδόφυλλο πάχους 1 ή 2mm, με την παρεμβολή μονωτικού υλικού. Για καλύτερη ψύξη το τύλιγμα πεδίου χωρίζεται κατά το ύψος σε δύο ή περισσότερα μέρη με κατάλληλα κανάλια ανεμισμού.

Βοηθητικοί πόλοι

Σχ. 1.17. Ένας βοηθητικός πόλος είναι όμοιος με τον κύριο πόλο και αποτελείται από τον πυρήνα (1) που καταλήγει σε ένα πέλμα, που έχει διάφορες διαμορφώσεις και το τύλιγμα (2). Οι βοηθητικοί πόλοι είναι στερεωμένοι ακριβώς στο μέσο της απόστασης μεταξύ δύο πόλων επάνω στο δακτυλιοειδές ζύγωμα με βίδες. Ο πυρήνας αποτελείται από συμπαγές σίδηρο ή ελάσματα.

Κέλυφος στάτης

Το μέρος του κελύφους με κυλινδρική μορφή, όπου στηρίζονται οι πόλοι και χρησιμεύει σαν μέρος του δρόμου της μαγνητικής ροής των κύριων και βοηθητικών πόλων, ονομάζεται ζύγωμα. Το ζύγωμα κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο ή χαλυβδοελάσματα, πράγμα που εξαρτάται από τον τύπο και την ισχύ της μηχανής. Αν η διάμετρος του τυμπάνου (δρομέα) δεν υπερβαίνει τα 35 μέχρι 45cm, τότε τα έδρανα του άξονα στηρίζονται στα καπάκια του κελύφους. Όταν όμως η διάμετρος του τυμπάνου είναι μεγαλύτερη από ένα μέτρο, τότε τα έδρανα έχουν δική τους χωριστή στήριξη έξω από το κέλυφος. Στις μικρές και μεσαίες μηχανές τα έδρανα είναι με ρουλεμάν, ενώ στις μεγαλύτερες κατασκευάζονται ειδικά έδρανα.

Τύμπανο

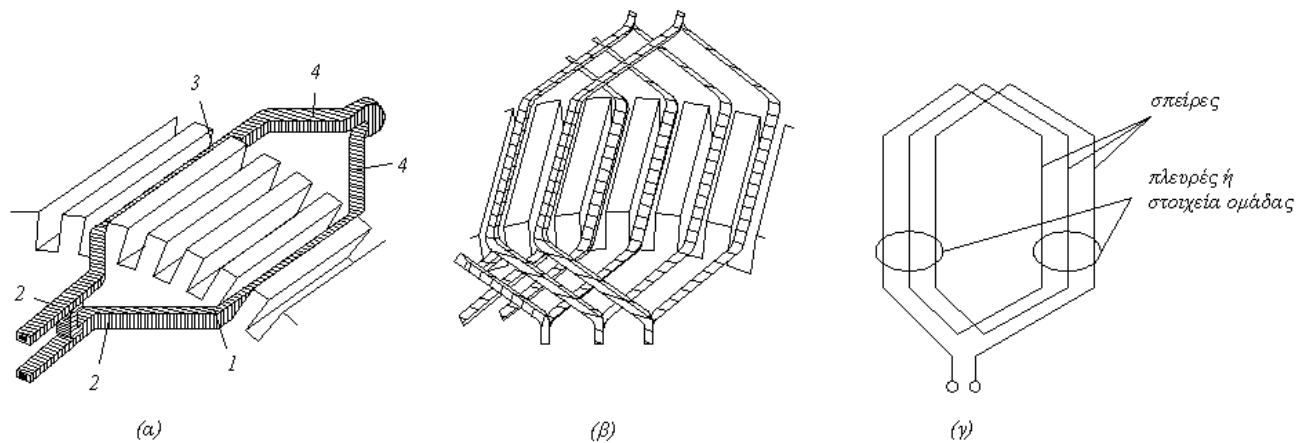
Ο πυρήνας του δρομέα αποτελείται από ειδικά χαλυβδοελάσματα Σχ. 1.18 πάχους 0.5mm για κανονικό αριθμό εναλλαγών του μαγνητικού πεδίου του τυμπάνου π.χ. 20 μέχρι 60Hz. Τα ελάσματα είναι συναρμολογημένα αξονικά, και για τον περιορισμό των δινορευμάτων είναι μονωμένα με βερνίκι ή χαρτί πάχους 0.03 μέχρι 0.05mm. Τα ελάσματα συσφίγγονται μεταξύ τους με ειδικούς κοχλίες.

Τύλιγμα τυμπάνου

Όπως φαίνεται στο Σχ.1.19, στις μηχανές συνεχούς το τύλιγμα αποτελείται από ομάδες σπειρών, που τυλίγονται αρχικά σε ειδικές φόρμες και μετά τοποθετούνται στο δρομέα. Οι αγωγοί είναι μονωμένοι με βερνίκια, ενώ ανάμεσα στις ομάδες και μεταξύ των αυλακιών και των ομάδων παρεμβάλλονται μονωτικά φύλα. Τα τυλίγματα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τη διαδοχή της σύνδεσης στους τομείς του συλλέκτη. Τα βροχοτυλίγματα, τα κυματοτυλίγματα και ο συνδυασμός των δύο, που ονομάζεται ισοσταθμισμένο τύλιγμα.



Εικόνα 1.18 Μορφή χαλυβδοελάσματος του τυμπάνου με τρύπες για το σχηματισμό του καναλιού αξονικής ψύξης.



Εικόνα 1.19 Τοποθέτησης τυλιγμάτων τυμπάνου.

α) Μια ομάδα: 1 και 3-πάνω και κάτω ενεργές πλευρές 2 και 4-συνδέσεις άκρων

β) Ομάδες τυλιγμάτων,

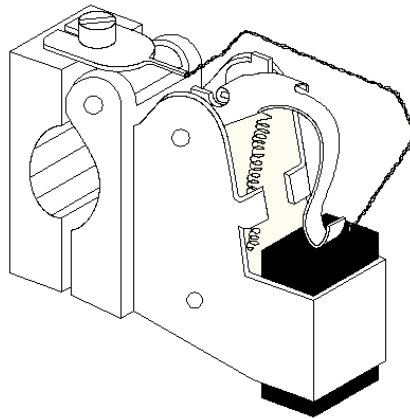
γ) Σχηματικό διάγραμμα ομάδας τυλίγματος

Συλλέκτης

Το τύλιγμα τυμπάνου συνδέεται με τον συλλέκτη, που έχει διάφορες μορφές ανάλογα με την ισχύ και την ταχύτητα. Στο Σχ.1.20 φαίνεται αξονική τομή ενός απλού κυλινδρικού συλλέκτη. Ο συλλέκτης αποτελείται από μικρά ελάσματα χαλκού (1) τραπεζοειδούς διατομής, μονωμένα το ένα από το άλλο και από την φωλιά τοποθέτησής τους με μίκα και ονομάζονται τομείς του συλλέκτη. Μετά τη σύσφιξη ο συλλέκτης τορνύρεται για να αποκτήσει λεία κυλινδρική επιφάνεια. Αν η διάμετρος του συλλέκτη και του τυμπάνου δεν διαφέρουν πολύ, η συγκόλληση των ακροδεκτών των τυλιγμάτων γίνεται απ' ευθείας αλλιώς παρεμβάλλονται οι προεκτάσεις (4). Για κινητήρες μεγαλύτερης ταχύτητας και ισχύος, κατασκευάζονται άλλου τύπου συλλέκτες (π.χ. δισκοειδείς) γιατί είναι μεγαλύτερες οι φυγόκεντρες δυνάμεις και οι θερμοκρασίες.

Ψηκτροφορέας

Πάνω στο συλλέκτη εφάπτονται οι ψήκτρες, που άγουν το ρεύμα του τυμπάνου. Το υλικό των ψηκτρών είναι άνθρακας, μεταλλικός γραφίτης ή μίγμα άνθρακα και γραφίτη. Παρουσιάζουν μικρό συντελεστή τριβής και μεγάλη αγωγιμότητα. Το υλικό της ψήκτρας είναι πιο μαλακό από αυτό του συλλέκτη, για να φθείρονται κυρίως οι ψήκτρες, που αντικαθίστανται εύκολα. Στο Σχ.1.20 φαίνεται μια τυπική ψηκτροθήκη για μηχανή συνεχούς. Η ψήκτρα συγκρατείται σε επαφή με το συλλέκτη κάτω από την πίεση ελατηρίου, που κυμαίνεται από 1.5 μέχρι 2.5N / cm². Η σωστή ρύθμιση της πίεσης αυξάνει την διάρκεια ζωής των ψηκτρών για μηχανή συνεχούς. Η ψήκτρα συγκρατείται σε επαφή με το συλλέκτη κάτω από την πίεση ελατηρίου, που κυμαίνεται από 1.5 μέχρι 2.5N / cm². Η σωστή ρύθμιση της πίεσης αυξάνει την διάρκεια ζωής των ψηκτρών και μειώνει την φθορά του συλλέκτη. Σε κάθε βραχίονα του ψηκτροφορέα στηρίζεται μία ή περισσότερες ψηκτροθήκες.



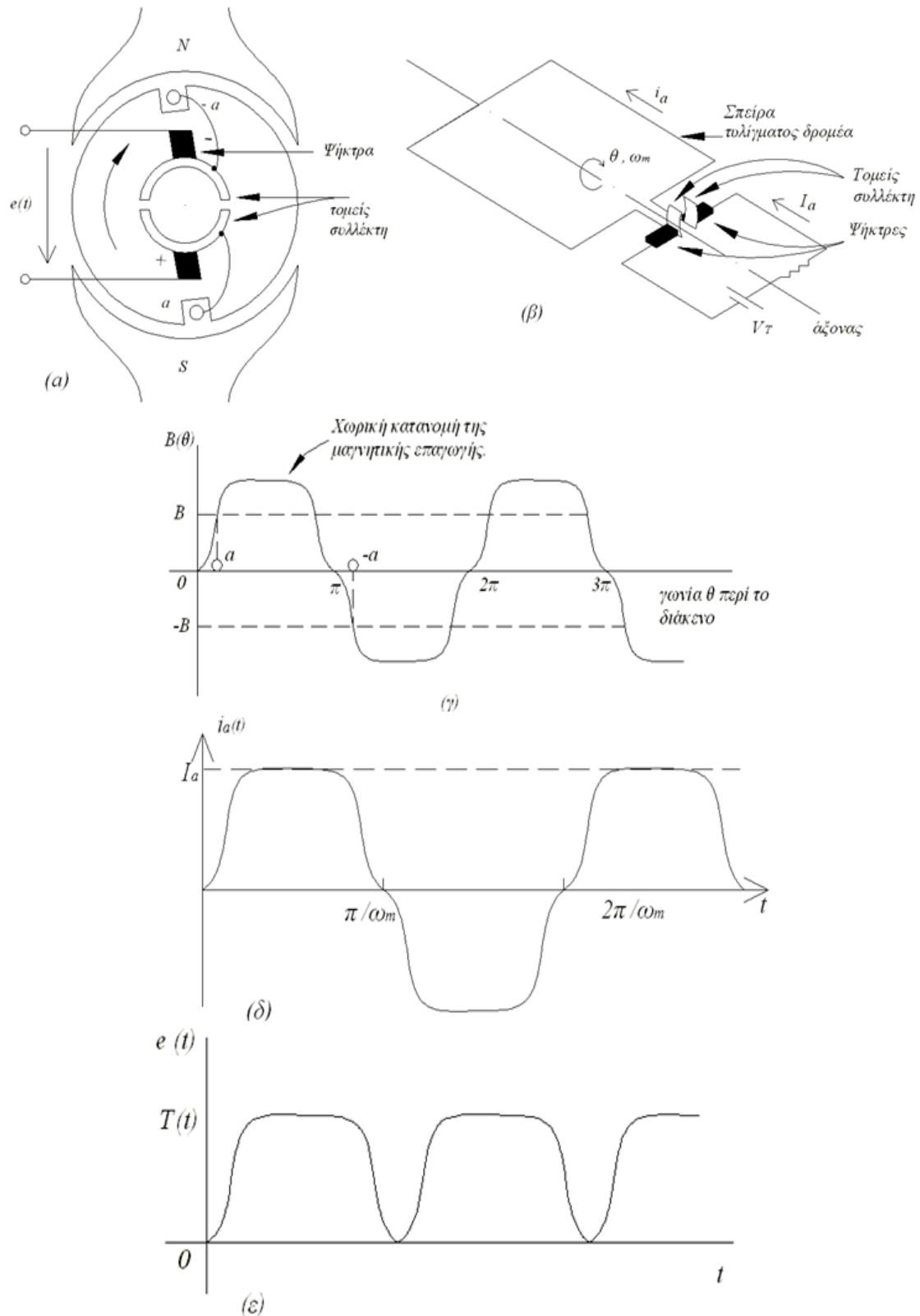
Εικόνα 1.20 Ψηκτροθήκη και ψήκτρα.

1-κουτί ψηκτροθήκης, 2-ψήκτρα, 3- ελατήριο πίεσης, 4- καλώδιο σύνδεσης ψήκτρας

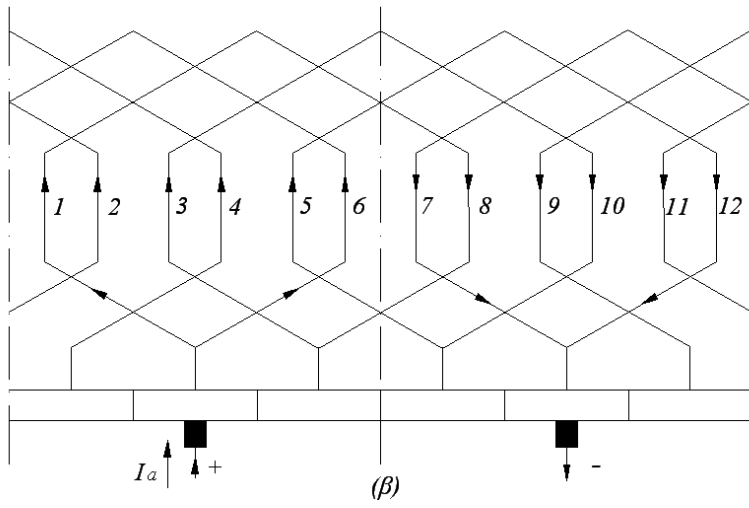
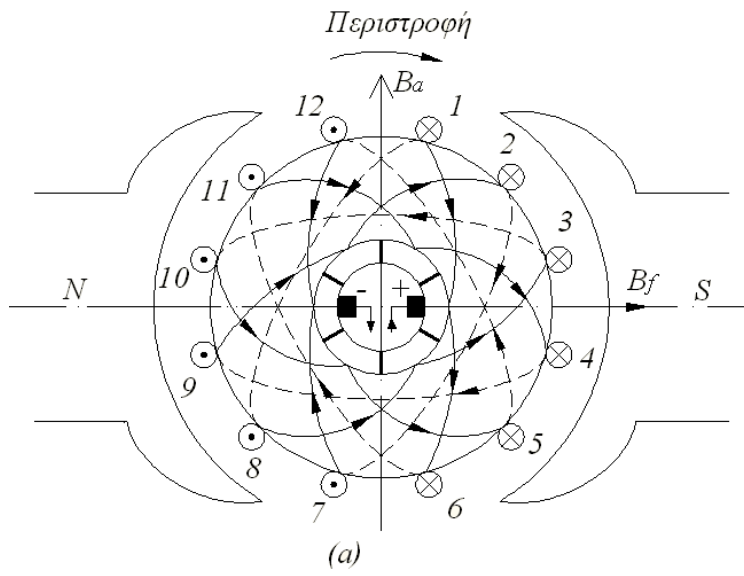
Σε μικρές και μεσαίου μεγέθους μηχανές ο ψηκτροφορέας είναι συναρμολογημένος πάνω στο έδρανο. Όλες οι ψήκτρες της ίδιας πολικότητας συνδέονται σε μια ράβδο-ζυγό, που συνδέεται στους ακροδέκτες της μηχανής.

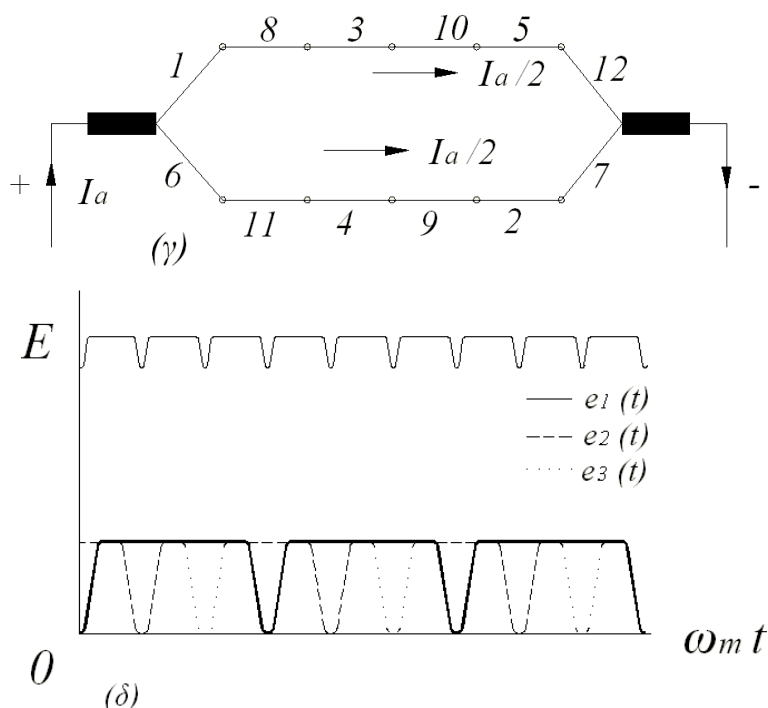
1.5.2 Αρχή λειτουργίας και ο ρόλος του συλλέκτη

Οι μηχανές συνεχούς έχουν τα βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά των στρεφόμενων ηλεκτρικών μηχανών. Όμως για να λειτουργήσουν στο συνεχές απαιτείται η μετατροπή της επαγόμενης τάσης και της αναπτυσσόμενης ροπής σε συνεχή αντί εναλλασσόμενης, η οποία επιτυγχάνεται με τον συλλέκτη. Η παρουσίαση της αρχής λειτουργίας περιορίζεται στη μόνιμη κατάσταση. Όπως είδαμε στην περιγραφή των μηχανών συνεχούς, τα τυλίγματα του πεδίου είναι στο στάτη ενώ το επαγωγίμο είναι στο δρομέα (αντίθετα από ότι στη σύγχρονη μηχανή). Όπως δείχνει το Σχ. 1.21α, οι έκτυποι πόλοι του στάτη έχουν κυλινδρικό πέλμα, που διαμορφώνει ένα σταθερό και περίπου ομοιόμορφο ακτινικό πεδίο το διάκενο μεταξύ πόλου και δρομέα, που αντιστρέφει την φορά από πόλο σε πόλο, όπως φαίνεται στο Σχ. 1.21γ. Για απλότητα υποθέτουμε ότι το τύλιγμα του τυμπάνου αποτελείται από μια σπείρα (συρμάτινο πλαίσιο) που ο κάθε ακροδέκτης του καταλήγει σ' έναν τομέα του συλλέκτη. Από τη μελέτη των αρχών λειτουργίας των στρεφόμενων μηχανών προκύπτει ότι η επαγόμενη τάση έχει την μορφή της μαγνητικής επαγωγής όταν ο δρομέας περιστρέφεται με σταθερή ταχύτητα. Επόμενα η τάση στα άκρα της σπείρας πριν το συλλέκτη, θα είναι εναλλασσόμενης φοράς αλλά θα έχει κατά προσέγγιση μορφή ορθογωνικού παλμού. Επίσης αν δεν υπήρχε ο συλλέκτης, το ρεύμα θα είχε σταθερή φορά, οπότε επειδή η ροπή είναι ανάλογη της μαγνητικής επαγωγής και του ρεύματος θα ήταν εναλλασσόμενης φοράς με μηδενική μέση τιμή άρα δεν θα μπορούσε η μηχανή συνεχούς να λειτουργήσει σαν κινητήρας. Ο συλλέκτης είναι η μηχανική διάταξη με την οποία η τάση μεταξύ των ψηκτρών είναι πάντα θετική αφού όταν αλλάξει η φορά της τάσης στους αγωγούς της σπείρας, αλλάζει και η επαφή των τομέων με τις ψήκτρες. Όπως φαίνεται στο Σχ. 1.21ε, η τάση παρουσιάζει βυθίσεις όταν οι ψήκτρες εφάπτονται με το μονωτικό που χωρίζει τους τομείς του συλλέκτη. Όπως φαίνεται στο Σχ.1.21β, ο συλλέκτης αλλάζει την φορά του ρεύματος στους αγωγούς της σπείρας αν και η εξωτερική πηγή παρέχει συνεχές ρεύμα σταθερής φοράς. Επειδή η ροπή είναι ανάλογη του γινομένου της μαγνητικής επαγωγής B επί το ρεύμα, η ροπή είναι πάντα θετική με τις αντίστοιχες βυθίσεις (μηδενισμούς). Όμοιες καμπύλες μπορεί να πάρει κανείς και για p -πολική μηχανή αν αντικαταστήσει την ισοδύναμη ηλεκτρική γωνία αντί για την μηχανική γωνία του Σχ. 1.21β.

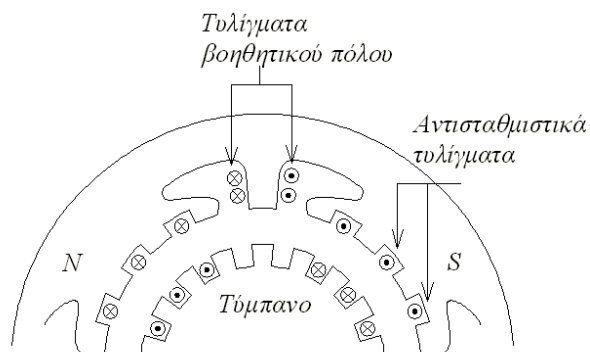


Εικόνα 1.21 (α),(β) Μια σπείρα τυλίγματος τυμπάνου και συλλέκτη. (γ),(δ),(ε) Κυματομορφές και η ανόρθωση που επιτυγχάνονται με τον συλλέκτη (γ),(δ),(ε) Κυματομορφές και η ανόρθωση που επιτυγχάνονται με τον συλλέκτη





**Εικόνα 1.22 (α) Μηχανή συνεχούς με 6 τομείς.
 (β) Ανάπτυγμα του τυλίγματος τυμπάνου και του συλλέκτη. (γ)
 Η συνδεσμολογία των τυλιγμάτων του τυμπάνου
 (δ) Η επαγόμενη ΗΕΔ**

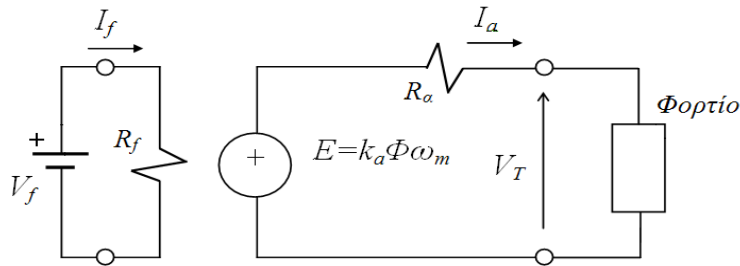


Εικόνα 1.23 Τυλίγματα βοηθητικών πόλων και αντιστάθμισης

Συνδεσμολογίες και συμπεριφορά γεννητριών συνεχούς

Γεννήτρια ξένης διέγερσης

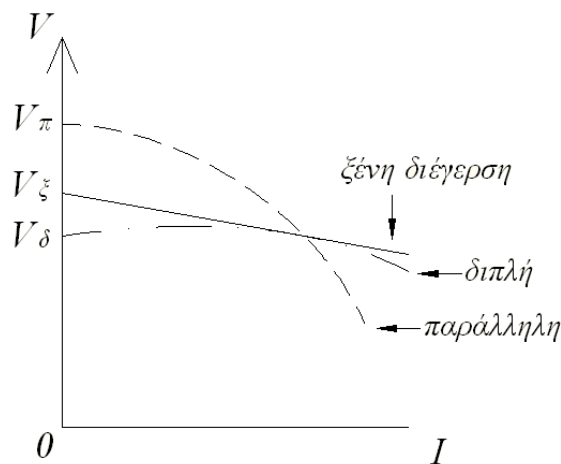
Στην μόνιμη κατάσταση λειτουργίας η πτώση τάσης στις αυτεπαγωγές είναι μηδενική, επόμενα στην ανάλυση που ακολουθεί δεν λαμβάνονται υπ' όψιν. Για την γεννήτρια ξένης διέγερσης, από το ισοδύναμο κύκλωμα,



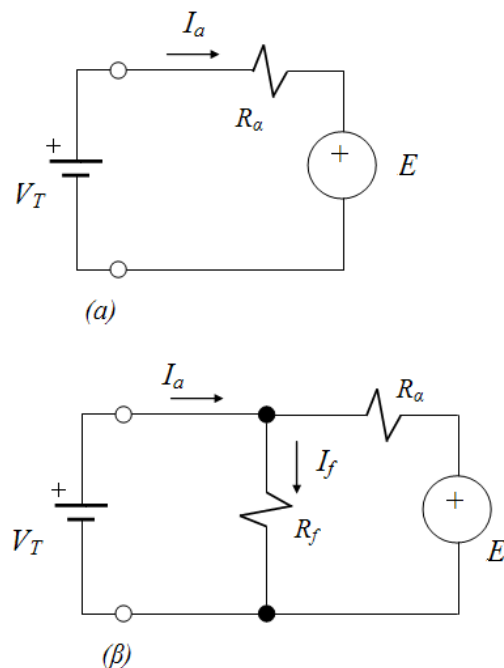
Εικόνα 1.24 Ισοδύναμο κύκλωμα γεννήτριας

Γεννήτρια παράλληλης και διπλής διέγερσης

Στη συνδεσμολογία παράλληλης διέγερσης δεν απαιτείται εξωτερική πηγή για τη διέγερση του πεδίου, αλλά η καμπύλη της παρουσιάζει γρήγορη πτώση με την αύξηση του φορτίου, όπως φαίνεται στο Σχ. 1.25. Επόμενα για το ίδιο φορτίο η τάση χωρίς φορτίο θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη της αντιστοιχούσας ξένη διέγερση. Για να μπορεί να δοθεί μια ποιοτική εξήγηση της μορφής της καμπύλης για παράλληλη διέγερση. Όπως προκύπτει από το κύκλωμα για να αναπτυχθεί η τάση εξεπαγωγής πρέπει το ρεύμα πεδίου να είναι διάφορο του μηδενός, όμως το ρεύμα πεδίου Σχ. 1.25 Χαρακτηριστικές καμπύλες γεννητριών συνεχούς. θα είναι μηδενικό όταν η ΗΕΔ E είναι μηδενική. Στις γεννήτριες παράλληλης διέγερσης η αρχική ΗΕΔ E προκαλείται από την παραμένουσα μαγνήτιση των πόλων του πεδίου, και διαδοχικά αυξάνει με την αύξηση του ρεύματος πεδίου. Με την αύξηση του φορτίου παρατηρείται μείωση της τάσης ακροδεκτών, οπότε μειώνεται το ρεύμα του πεδίου, που με τη σειρά του μειώνει επιπλέον την τάση ακροδεκτών. Το αντίστροφο φαινόμενο συμβαίνει σε μια γεννήτρια με διέγερση σε σειρά, της οποίας η καμπύλη είναι αυξητική με το φορτίο, γι' αυτό έχει μικρή πρακτική αξία. Ένας κατάλληλος συνδυασμός των χαρακτηριστικών της διέγερσης σε σειρά και της παράλληλης υλοποιείται στην συνδεσμολογία διπλής διέγερσης, που παρουσιάζει μια καμπύλη. Περίπου σταθερή. Το τύλιγμα πεδίου με συνδεσμολογία σειράς αυξάνει τη ροή, όταν το τύλιγμα πεδίου παράλληλης σύνδεσης την μειώνει. Τα δύο τυλίγματα πεδίου μπορεί να έχουν κατάλληλο ποσοστό σπειρών.



Εικόνα 1.25 Χαρακτηριστικές καμπύλες γεννητριών συνεχούς



Εικόνα 1.26 Ισοδύναμα κυκλώματα τυμπάνου. (α) Κινητήρας ξένης διέγερσης (β) Παράλληλης διέγερσης

1.6 Κινητήρες συνεχούς ρεύματος

Όπως στις γεννήτριες συνεχούς, έτσι και στους κινητήρες συνεχούς μπορεί να πραγματοποιηθούν οι τέσσερις συνδεσμολογίες διέγερσης, που φαίνονται στο Σχ. 1.26. Η φορά του ρεύματος φορτίου και τυμπάνου είναι από την πηγή προς τον κινητήρα (αντίθετη από ότι στη γεννήτρια) γιατί η μετατροπή της ισχύος είναι από ηλεκτρική σε μηχανική. Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των κινητήρων θα εξεταστούν παρακάτω.

Ξένη διέγερση

Στο Σχ.1.26α φαίνεται το ισοδύναμο κύκλωμα ενός κινητήρα ξένης διέγερσης, τροφοδοτούμενο με τάση.

Παράλληλη διέγερση

Στο Σχ. 1.26β. επειδή τότε η ροή εξαρτάται από την εφαρμοζόμενη τάση και έτσι δεν είναι δυνατή η αναστροφή φοράς περιστροφής με την αλλαγή πολικότητας στην τάση. Ένας ροοστάτης ελέγχου σε σειρά με το τύλιγμα πεδίου παρέχει δυνατότητα ελέγχου ταχύτητας με μια σχέση περίπου 2:1

Κινητήρας Γιουνι βέρσαλ

Ο κινητήρας με διέγερση σε σειρά έχει πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά, επειδή η ροή του πεδίου μεταβάλλεται με το ρεύμα τυμπάνου.

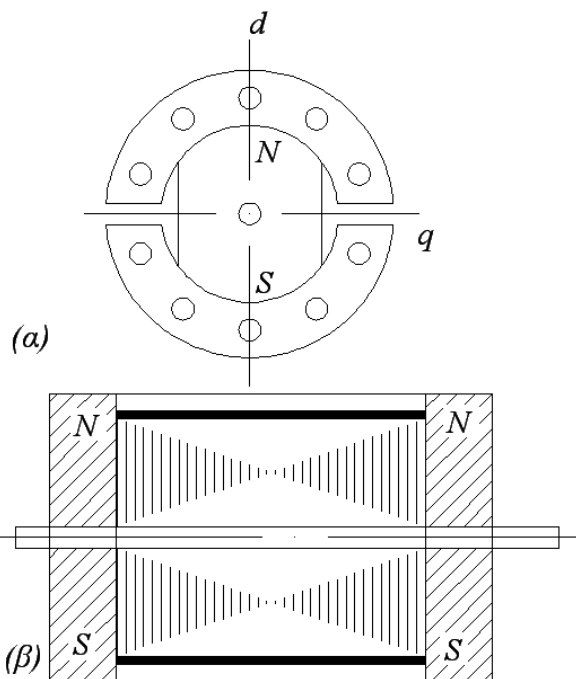
Σύνθετης διέγερσης

Ο κινητήρας διπλής διέγερσης συνδυάζει τα χαρακτηριστικά των συνδεσμολογιών σειράς και παράλληλης. Έχει μεγαλύτερη ροπή εκκίνησης από τον κινητήρα παράλληλης διέγερσης και δεν επιταχύνεται ασταμάτητα όταν είναι αφόρτιστος, όπως συμβαίνει στην περίπτωση της παράλληλης διέγερσης.

Κινητήρες μόνιμου μαγνήτη

Στους κινητήρες μόνιμου μαγνήτη, το μαγνητικό πεδίο δημιουργείται από πόλους που είναι μόνιμοι μαγνήτες αντί ηλεκτρομαγνητών Σχ. 1.27. Η αρχή

λειτουργίας είναι ίδια με αυτή των κινητήρων συνεχούς. Η κατασκευή των κινητήρων μόνιμου μαγνήτη στηρίχθηκε στην ανάπτυξη ισχυρών μόνιμων μαγνητών, αφού οι συνηθισμένοι σιδηρομαγνήτες δεν παρέχουν ικανοποιητική ένταση πεδίου. Οι μαγνήτες Alnico, από κράματα Αλουμινίου, Νικελίου, Κοβαλτίου αυξάνουν την μαγνητική ένταση αλλά απομαγνητίζονται εύκολα, και χρησιμοποιούνται σε κινητήρες χαμηλής ροπής. Οι μαγνήτες Σαμάριου–Κοβάλτιου είναι τρεις φορές ισχυρότεροι από τους Alnico και πρακτικά δεν απομαγνητίζονται. Χρησιμοποιούνται στην κατασκευή κινητήρων μόνιμου μαγνήτη υψηλών απαιτήσεων. Οι κινητήρες μόνιμου μαγνήτη παρέχουν γραμμική σχέση ροπής–ταχύτητας και μπορούν να αναπτύξουν υψηλή ροπή. Σήμερα οι περισσότερες εφαρμογές αυτόματου ελέγχου στηρίζονται σε κινητήρες μόνιμου μαγνήτη.



Εικόνα 1.27 Γενική διάταξη κινητήρα μόνιμου μαγνήτη.
(α) Πρόσψη δρομέα.
(β) Αξονική τομή στάτη και δρομέα.

Κινητήρες χωρίς ψήκτρες

Οι κινητήρες συνεχούς χωρίς ψήκτρες έχουν αναπτυχθεί για να εξαλειφθούν οι σπινθηρισμοί των ψηκτρών πάνω στο συλλέκτη και να περιορισθεί η συντήρηση από την υπερβολική φθορά. Η ανόρθωση γίνεται με ηλεκτρονικά κυκλώματα αντί της μηχανικής ανόρθωσης του ρεύματος – τάσης. Τα πλεονεκτήματα των κινητήρων χωρίς ψήκτρες είναι η υψηλή αξιοπιστία, η αθόρυβη λειτουργία, η υψηλή ταχύτητα και ροπή αιχμής. Σήμερα χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο σε εφαρμογές αυτόματου ελέγχου.

Προστασία και έλεγχος

Οι μηχανές συνεχούς, όπως όλες οι ηλεκτρικές μηχανές, χρειάζονται συστήματα προστασίας από βραχυκυκλώματα, υπερφόρτιση και υψηλά ρεύματα εκκίνησης, που γενικά εντάσσονται στις διατάξεις του βιομηχανικού αυτοματισμού. Χρησιμοποιούνται αυτόματοι διακόπτες, ηλεκτρονόμοι (ρελέ) θερμικά και άλλες διατάξεις. Σε πολλές εφαρμογές απαιτείται η μεταβολή της χαρακτηριστικής καμπύλης εξόδου μιας μηχανής και ειδικά των κινητήρων ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του φορτίου. Σε ένα κινητήρα συνεχούς, οι συνηθέστερες ρυθμίσεις είναι, της ταχύτητας, της ροπής και της επιτάχυνσης. Η χαρακτηριστική ροπής–

ταχύτητας του κινητήρα συνεχούς μπορεί να τροποποιηθεί με την ρύθμιση της τάσης τυμπάνου, του ρεύματος πεδίου και με την εισαγωγή μεταβλητής αντίστασης στο τύλιγμα τυμπάνου. Για τις ρυθμίσεις της συμπεριφοράς του κινητήρα συνεχούς χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικά ισχύος. Για την ρύθμιση της τάσης τυμπάνου χρησιμοποιούνται ανορθωτικά κυκλώματα με θυρίστορς, για μονοφασική ή τριφασική είσοδο. Όταν δεν απαιτείται ρύθμιση του ρεύματος πεδίου, αυτό παρέχεται από τον βασικό ανορθωτή. Όταν όμως απαιτείται ρύθμιση του ρεύματος πεδίου, χρησιμοποιείται βοηθητική ανορθωτική διάταξη. Επίσης μπορεί να γίνει ρύθμιση της παρεχόμενης ισχύος στον κινητήρα με διαμόρφωση του εύρους παλμοσειράς (Pulse – Width – Modulation, PWM), που τροφοδοτεί τον κινητήρα.

2 Κεφάλαιο

“Βελτιστοποίηση συστημάτων κίνησης”

2.1 Σύγχρονα υλικά

2.1.1 Υπεραγωγή

Υπεραγωγιμότητα ονομάζεται η κατάσταση κατά την οποία συγκεκριμένα υλικά (μεταλλικά στοιχεία, κράματα, κεραμικά κ.α) παρουσιάζουν μηδενική dc ηλεκτρική ειδική αντίσταση κάτω από μια κρίσιμη θερμοκρασία TC, συγκεκριμένη για κάθε υλικό. Τα αντίστοιχα υλικά ονομάζονται υπεραγωγοί. Η υπεραγωγιμότητα ανακαλύφθηκε στις 8 Απριλίου το 1911 από τον φυσικό (Heike Kamerlingh Onnes) του πανεπιστημίου Λέιντεν της Ολλανδίας. Μια δεύτερη βασική ιδιότητα των υπεραγωγών είναι ότι συμπεριφέρονται ως τέλειοι διαμαγνήτες. Ένα δείγμα υπεραγωγού σε θερμική ισορροπία σε ένα μαγνητικό πεδίο ασθενέστερο μιας κρίσιμης τιμής HC απαλείφει τελείως το εφαρμοζόμενο μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό του. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται φαινόμενο Meissner.

Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες υπεραγωγών με βάση το φαινόμενο Meissner:

- ✓ Υπεραγωγοί τύπου I, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από μια τιμή κρίσιμου εφαρμοζόμενου μαγνητικού HC πεδίου πάνω από την οποία η υπεραγωγιμότητα εξαφανίζεται.
- ✓ Υπεραγωγοί τύπου II, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από δύο τιμές κρίσιμου εφαρμοζόμενου μαγνητικού πεδίου HC1, HC2 μεταξύ των οποίων το μαγνητικό πεδίο διεισδύει μερικώς στο εσωτερικό του υπεραγωγού.

Εναλλακτικές κατηγοριοποιήσεις υπάρχουν με βάση το θεωρητικό μοντέλο που περιγράφει την συμπεριφορά του υπεραγωγού, την περιοχή κρίσιμων θερμοκρασιών (χαμηλών/υψηλών) στην οποία ανήκει το υλικό, ή ακόμα τις κλάσεις διαφόρων υλικών (χημικά στοιχεία, κράματα, κεραμικά, οργανικά υλικά).

Κβαντικά φαινόμενα στην ηλεκτρική αγωγιμότητα

Με τον όρο κβαντική ηλεκτροδυναμική εννοούμε την ηλεκτρονική συμπεριφορά στην παρουσία κβαντικών φαινομένων. Βέβαια, όλα τα ηλεκτρονικά φαινόμενα είναι κβαντικά. Αυτό σημαίνει ότι όταν θα αναφερόμαστε στην κβαντική ηλεκτροδυναμική θα το κάνουμε όταν η κλασική πρόβλεψη δεν μπορεί να αντιμετωπίσει το θέμα που μελετούμε, γεγονός που σημαίνει ότι η κβαντική ηλεκτροδυναμική εισάγει μια άλλη οπτική γωνία στην μελέτη μας. Η υπεραγωγιμότητα, που είναι η ξαφνική και απόλυτη απώλεια αντίστασης σε μερικά υλικά σε χαμηλές θερμοκρασίες, είναι ένα κβαντικό φαινόμενο που δεν μπορεί να αντιμετωπισθεί με την κλασική θεωρία. Στην ανάλυσή μας θα ασχοληθούμε με την μελέτη αλλά και τις εφαρμογές του. Στην πράξη, υπάρχουν τρεις εφαρμογές: Οι υπεραγωγοί μαγνήτες, οι υπεραγωγοί ανιχνευτές (SQUIDS) και υπεραγωγιμες διατάξεις για ηλεκτρονικές εφαρμογές. Βέβαια, υπάρχουν και άλλες εφαρμογές που εμπεριέχουν και τους ανιχνευτές φωτός.

Μείωση της αντίστασης με την θερμοκρασία

Η υπεραγωγιμότητα ανακαλύφθηκε αρχικά από τον Kamerlingh Onnes στον υδράργυρο το 1911. Το μέταλλο επέδειξε μια απότομη μείωση στην αντίστασή του στους 4.2K. Το γεγονός ότι η αντίστασή του ήταν πολύ μικρή, μικρότερη από 10-25Ω, είναι μια αναγκαία αλλά όχι ικανοποιητική συνθήκη της ύπαρξης υπεραγωγιμότητας. Φυσικά, η μείωση της αντίστασης με την μείωση της θερμοκρασίας είναι αναμενόμενη λόγω της μείωσης των ταλαντώσεων του πλέγματος, η μείωση των οποίων οδηγεί στην μείωση των σκεδάσεων ηλεκτρονίων με φωτόνια. Όμως, οι σκεδάσεις με προσμίξεις θα έπρεπε να συνεχίζονταν ακόμη και

σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και κατά συνέπεια η ενδογενής αντίσταση θα συνέχιζε να μειώνεται ομαλά συναρτήσει της θερμοκρασίας σύμφωνα με την κλασική θεωρία. Αυτό παρατηρείται όντως στα μέταλλα. Στα υπεραγώγιμα υλικά όμως, παρατηρείται μια απότομη αλλαγή στην καμπύλη αντίστασης-θερμοκρασίας, γεγονός που δηλώνει μια αλλαγή φάσης στο υλικό. Αυτή η αλλαγή δεν μπορεί να εξηγηθεί από την κλασική θεωρία και χρειάζεται μια άλλη εξήγηση.

Η υπεραγωγιμότητα

Υπάρχουν δύο βασικά κριτήρια για τον ορισμό της εμφάνισης της υπεραγωγιμότητας:

- ✓ Η απόλυτη εξαφάνιση της αντίστασης κάτω από μια κρίσιμη θερμοκρασία T_c .
- ✓ Η μη είσοδος των μαγνητικών γραμμών στο υπεραγωγό, που είναι το φαινόμενο Meissner.

Η πρώτη συνθήκη σημαίνει ότι ηλεκτρικό ρεύμα πολύ μεγάλης πυκνότητας μπορεί να ρέει το υλικό με την παρουσία πολύ μικρής τάσης. Μια λεπτομερέστερη παρατήρηση μας λέει ότι υπάρχει μια κρίσιμη τιμή μαγνητικού πεδίου H_c πάνω από την οποία το υλικό γίνεται «κανονικό». Αυτό το κρίσιμο πεδίο εξαρτάται από την θερμοκρασία και γίνεται μηδέν στην κρίσιμη θερμοκρασία T_c .

Η φύση της υπεραγωγιμης μεταβολής φάσης

Η ύπαρξη της υπεραγωγιμότητας οδηγεί σε μερικές δραματικές μεταβολές των ιδιοτήτων των υλικών, οι σημαντικότερες από τις οποίες δίνονται στην συνέχεια:

- ✓ Εμφανίζεται μια συνεχής μεταβολή στην αντίσταση.
- ✓ Στην υπεραγωγιμη φάση υπάρχει ένας διαφορετικός μηχανισμός αγωγιμότητας.
- ✓ Οι ac απώλειες, δηλαδή τα δινορρεύματα, συνεχίζουν να υπάρχουν, αν και δεν υπάρχουν απώλειες dc.
- ✓ Η αντίσταση είναι περίπου 13 τάξεις μεγέθους μικρότερη σε σύγκριση με την αντίσταση ενός υπερ-καθαρού μετάλλου. Η αντίσταση ενός υπεραγωγιμου υλικού είναι της τάξης των 10-25Ωm, ενώ σε χαλκό υπερυψηλής καθαρότητας η αντίσταση είναι της τάξης των 10-12Ωm και στον απλό χαλκό είναι της τάξης των 10-8Ωm.
- ✓ Υπάρχει μια κρίσιμη θερμοκρασία T_c πάνω από την οποία το υλικό επανέρχεται στην κανονική αγωγιμη συμπεριφορά του.
- ✓ Υπάρχει ένα κρίσιμο πεδίο H_c πάνω από το οποίο το υλικό επανέρχεται στην κανονική αγωγιμη συμπεριφορά του.
- ✓ Υπάρχει μια κρίσιμη πυκνότητα ρεύματος πάνω από την οποία το υλικό επανέρχεται στην κανονική αγωγιμη συμπεριφορά του.

Το φαινόμενο Meissner

Όταν ένα μαγνητικό πεδίο εφαρμόζεται σε έναν υπεραγωγό παρουσιάζει το φαινόμενο της καταστροφής της υπεραγωγιμότητας πάνω από μια κρίσιμη τιμή πεδίου, όπως προαναφέραμε. Αυτό προκαλείται όταν η ένταση του πεδίου είναι αρκετά μεγάλη με αποτέλεσμα να ανεβάζει τις ενεργειακές στάθμες που συσχετίζονται με την κατάσταση υπεραγωγιμότητας πάνω από αυτές των κανονικών συνθηκών. Στην περίπτωση αυτή το υλικό θα επανέλθει ξανά στην προηγούμενη κανονική κατάσταση αντίστασης. Σε χαμηλότερες εντάσεις πεδίου το υπεραγωγιμο υλικό μπορεί να αποτρέπει τις μαγνητικές γραμμές να το διαπερνούν, φαινόμενο που είναι γνωστό σαν φαινόμενο Meissner. Στην περίπτωση αυτή τα υπεραγωγιμα ηλεκτρόνια δημιουργούν κυκλικά δινορρεύματα στην επιφάνεια του υπεραγωγού που αντιδρούν στο εξωτερικώς επιβαλλόμενο πεδίο και έτσι μηδενίζουν εντελώς λόγω μηδενικής αντίστασης το πεδίο μέσα στον υπεραγωγό. Σε μερικούς υπεραγωγούς, που είναι γνωστοί σαν υπεραγωγοί Τύπου II, υπάρχει επίσης μια κατάσταση κατά

την οποία για μεσαίες τιμές της έντασης του πεδίου, οι μαγνητικές γραμμές διαπερνούν τοπικές περιοχές του υπεραγωγού. Αυτή η διείσδυση του μαγνητικού πεδίου πραγματοποιείται δια μέσου «μαγνητικών σωλήνων» κανονικού, μη υπεραγωγίμου υλικού που έχει τοποθετηθεί μέσα στο υπεραγωγίμο υλικό.

2.1.2 Πολυμερές

2.1.3 Υπερμαγνήτες

Οι υπεραγωγοί κραμάτων νιοβίου-τιτανίου και νιοβίου-κασσιτέρου χρησιμοποιούνται κυρίως σε εφαρμογές υπεραγωγίμων μαγνητών λόγω των μηχανικών τους ιδιοτήτων που τους επιτρέπουν να κατασκευαστούν σε νήματα. Οι υπεραγωγοί αυτοί υπό μορφή λεπτών νημάτων σε μήτρα χαλκού χρησιμοποιούνται ως περιέλιξη σε πηνία. Τέτοιοι υπεραγωγίμοι μαγνήτες έχουν χρησιμοποιηθεί στο Fermilab (Tevatron 1987) σε επιταχυντες στοιχειωδών σωματιδίων, οι οποίοι παρήγαγαν μαγνητικό πεδίο 4,5Tesla. Αντίστοιχοι μαγνήτες στο Desy Laboratory παρέχουν πεδία των 5,5T ενώ στο CERN οι ηλεκτρομαγνήτες του LHC (Large Hadron Collider) παράγουν πεδία των 8,4T. Στον καινούργιο αντιδραστήρα σύντηξης Wendelstein 7-X πλάσμα δευτερίου-τριτίου βρίσκεται μέσα σε δακτυλιοειδές θάλαμο που περικλείεται από μαγνήτες (stellarator) νιοβίου-τιτανίου που παράγουν μαγνητικό πεδίο 6T. Οι υπεραγωγίμοι μαγνήτες βρίσκουν επίσης εφαρμογή στην ιατρική στην μαγνητική τομογραφία (NMRI-Nuclear Magnetic Resonance Imaging) όπου επιτυγχάνεται πυρηνικός μαγνητικός συντονισμός των ατόμων του ανθρωπίνου σώματος. Η διαδικασία απαιτεί μαγνητικά πεδία της τάξης του Tesla, με εξαιρετική σταθερότητα και ομοιομορφία, ιδιότητες που προσφέρουν οι υπεραγωγίμοι μαγνήτες.

Επαφές Josepshon

Το φαινόμενο σήραγγας σε δομές μετάλλου-μονωτή-υπεραγωγού (MIS) και υπεραγωγού-μονωτή-υπεραγωγού (SIS) τις καθιστά ικανές να υλοποιούν λογικές πύλες και μνήμες. Η επαφή Josepshon αποτελεί ένα διακόπτη ρεύματος που έχει δυνατότητα να μεταβαίνει από on σε off με πολύ μεγάλες συχνότητες και πολύ μικρή κατανάλωση. Εκτός αυτής της λειτουργίας υπάρχει και μια παραλλαγή του γνωστού MOSFET, το ονομαζόμενο joFET το οποίο είναι ένα FET με πηγή και απαγωγό από υπεραγωγίμο υλικό και υπόστρωμα από αγωγό ή ημιαγωγό. Μια σχετική εφαρμογή είναι η ανάπτυξη ψηφιακών IC με χρήση υπεραγωγίμων υλικών. Οι υπεραγωγίμοι μικροεπεξεργαστές χρησιμοποιούν Josepshon Devices ως εναλλακτική διάταξη των τρανζίστορ των ημιαγωγίμων επεξεργαστών, με ταχύτητες που υπολογίζονται στα 32Petaflop.

Μικροκυματικά κυκλώματα

Οι χαμηλές απώλειες και χαμηλή διασπορά των υπεραγωγίμων γραμμών μεταφοράς που λειτουργεί σε θερμοκρασία υγρού αζώτου προσφέρεται για την κατασκευή παθητικών μικροκυματικών κυκλωμάτων, συντονιστών, φίλτρων και κεραιών. Τέτοια υψηλής ποιότητας κυκλώματα χρησιμοποιούνται ήδη στα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας βελτιώνοντας σημαντικά την απόδοση τους.

Αισθητήρες-Ανίχνευτές

Οι υπερευαίσθητοι αισθητήρες SQUID (Superconducting Quantum Interference Device) είναι αισθητήρες μαγνητικής ροής που μπορούν να διακρίνουν διαφορές της τάξης των 10⁻¹¹ του μαγνητικού πεδίου της Γης. Κάνοντας χρήση δύο επαφών Josepshon μπορούν να μετρήσουν οποιοδήποτε φυσικό μέγεθος μπορεί να μετατραπεί σε μαγνητική ροή, όπως μαγνητικό πεδίο, βαθμίδα μαγνητικού πεδίου, ρεύμα, τάση, μετατόπιση και μαγνητική επιδεκτικότητα. Τα SQUIDs βρίσκουν εφαρμογές σε ανίχνευση μαγνητικών πεδίων του εγκεφάλου, παρακολούθηση των

καρδιακών παλμών των νεογνών, μέτρηση των μεταβολών του γεωμαγνητικού πεδίου και ανίχνευση βαρυτικών κυμάτων. Εφαρμογή της υπεραγωγιμότητας βρίσκεται ακόμη στα βολόμετρα, όργανα που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση ακτινοβολιών. Η λειτουργία αυτών στηρίζεται στην μετατροπή της ισχύος της ακτινοβολίας σε θερμότητα, η οποία προκαλεί αλλαγή της θερμοκρασίας ενός υλικού προκαλώντας μεταβολές στην αντίσταση του. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται πρέπει να συνδυάζουν ευαισθησία και μικρή θερμοχωρητικότητα ώστε η θερμοκρασία τους να ανταποκρίνεται γρήγορα στις αλλαγές της ακτινοβολίας. Η χρήση υπεραγώγιμων υλικών δίνει νέες δυνατότητες στα όργανα αυτά δίνοντας πολύ μεγάλη ευαισθησία και μικρές απώλειες. Τα υπεραγώγιμα βολόμετρα μπορούν να βρουν χρήση στην αστρονομία, στο πλάσμα πολύ υψηλών θερμοκρασιών, σε μη καταστροφικές μεθόδους ελέγχου υλικών, σε κάμερες κ.α.

2.1.4 Πυρίτιο

Πυριτικά πετρώματα είναι εκείνα τα υλικά που αποτελούν το στερεό φλοιό της γης και περιέχουν πυρίτιο (Si). Από τον εξωτερικό μανδύα της γης, που περιέχει σε ρευστή κατάσταση κυρίως ενώσεις πυριτίου, μέχρι και τη λιθόσφαιρα, το πυρίτιο θεωρείται βασικό δομικό της στοιχείο. Τα πετρώματα που αποτελούν το φλοιό της γης εμφανίζουν πολύ μεγάλη και θαυμαστή ποικιλία. Άλλα προέρχονται από τη στερεοποίηση του διάπυρου υλικού, του μάγματος, που υπάρχει στο βάθος της γης, το μανδύα, και αποτελείται από ενώσεις κυρίως πυριτίου με το οξυγόνο σε θερμοκρασία 700-1200 0C. Όταν το μάγμα φθάνει στην επιφάνεια της γης με τη μορφή λάβας, στερεοποιείται και δημιουργεί τα πυριγενή ή μαγματικά πετρώματα, όπως είναι ο γρανίτης, ο βαλσάτης. Άλλα πετρώματα προέρχονται από τη σύμπτυξη και τη συγκόλληση χαλαρών υλικών, δηλαδή ιζημάτων, που αποτίθενται στην επιφάνεια της γης (θάλασσα, λίμνες, ξηρά), λέγονται ιζηματογενή πετρώματα, όπως ο ψαμμίτης, ο λιγνίτης. Τέλος η Τρίτη μεγάλη κατηγορία πετρωμάτων, τα μεταμορφωμένα ή κρυσταλλοσχιστώδη, δημιουργούνται από την αλλαγή(μεταμόρφωση) των ήδη υπάρχοντων πυριγενών ή ιζηματογενών πετρωμάτων, κάτω από διαφορετικές(από εκείνες που είχαν συντελέσει στο σχηματισμό του αρχικού πετρώματος) συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Τέτοια πετρώματα είναι ο Χαλαζίτης , Γρανίτης , Σχιστόλιθος Βασάλτης , Γνεύσιος Το 99% του όγκου των ορυκτών που συνιστούν το φλοιό της γης είναι πυριτικά, δηλαδή έχουν δημιουργηθεί από το συνδυασμό πυριτίου και οξυγόνου με διάφορα άλλα στοιχεία. Τα ορυκτά αποτελούν τα βασικά συστατικά των πετρωμάτων και τα πυριτικά ορυκτά αποτελούν τα κυρίως συστατικά των πυριγενών πετρωμάτων. Η πιο σημαντική ομάδα των πυριτικών ορυκτών που βρίσκονται στα πυριγενή πετρώματα είναι οι άστριοι, τα πλαγιόκλαστα, τα σιδηρομαγνησιούχα (π.χ ολιβίνης, πυρόξενοι, μαρμαριγίτες, αμφίβολοι), ο χαλαζίας. Ανορθίτης (πλαγιόκλαστο) Ορθόκλαστον(άστριοι) Αλλά και τα ιζηματογενή ορυκτά, που αποτελούν τα ιζηματογενή πετρώματα, εμπεριέχουν πυριτικά ορυκτά, όπως ο χαλαζίας, που είναι ο περισσότερο ανθεκτικός και ακολουθεί ο Μαρμαρυγίας. Στα μεταμορφωμένα πετρώματα επίσης υπάρχουν πυριτικά ορυκτά και χαλαζίας, όπως είναι οι σχίστες, οι φυλλίτες, οι σχιστόλιθοι, οι γνεύσιοι, οι χαλαζίτες κ.α. Από τα πυριτικά ορυκτά, μόνο μια μορφή, ο χαλαζίας, μπορεί εύκολα να αντισταθεί στη διαδικασία της αποσάθρωσης που υφίστανται αυτά. Τα περισσότερα από τα υπόλοιπα ορυκτά υπόκεινται σε χημική μεταβολή και σχηματίζουν αργιλικά ορυκτά. Τα ιζήματα, που είναι τα τελικά προϊόντα της διαδικασίας της αποσάθρωσης, μπορούν να θεωρηθούν ότι περιέχουν δύο βασικά υλικά, αργιλικά ορυκτά και χαλαζία. Ο χαλαζίας (quartz), είναι πολύ κοινό και διαδεδομένο ορυκτό. Ξεχωρίζει από τα άλλα πυριτικά ορυκτά γιατί αποτελείται αποκλειστικά από πυρίτιο και οξυγόνο (SiO₂). Βρίσκεται σε πολλά πυριγενή και μεταμορφωμένα πετρώματα και επειδή είναι ανθεκτικός στη μηχανική και χημική αποσάθρωση, βρίσκεται σε πολλά ιζηματογενή πετρώματα και στην άμμο.

Απαντάται σε πολλές και ποικίλες μορφές, έχοντας χρώμα από σκούρο καφέ-μαύρο (καπνίας) έως τελείως διαφανές. Στην αρχαιότητα (Θεόφραστος) και ως τα μέσα του 17ου αιώνα, ο διαυγής, άχρωμος χαλαζίας ονομαζόταν κρύσταλλος = πάγος, από τις ελληνικές λέξεις κρύος και στέλλω, εξ' ου και ορεία κρύσταλλος = πάγος των ορέων. Αναφέρεται επίσης ως χαλαζίας, χαλαζίος, χαλαζίτης λίθος. Η ξένη ονομασία quartz έχει γερμανική και προγενέστερα πιθανόν σλαβική προέλευση και σημαίνει σκληρή και άχρηστη ουσία που βρισκόταν συχνά σε φλεβικά κοιτάσματα. Αποδείχθηκε όμως στη συνέχεια η μεγάλη χρησιμότητά του στη βιομηχανία, στην παραγωγή οπτικών οργάνων μέχρι την παραγωγή ψηφιακών ρολογιών, που φέρουν το λογότυπο Quartz. Επίσης, οι διάφορες παραλλαγές του χρησιμοποιούνται ως πολύτιμοι ή ημιπολύτιμοι λίθοι. Οι κυριότεροι από αυτούς είναι ο αμέθυστος, ιώδης ποικιλία του χαλαζία, ο καπνίας, σκοτεινόχρωμη σε χρώμα καπνίας, καστανή, τεφρή έως μαύρη ποικιλία του χαλαζία. Αμέθυστος (Κάτω Νευροκόπι) Κυανός χαλαζίας (Ισπανία) Κιτρίνης (Βραζιλία) Ορεία κρύσταλλος (Γαλλία) Καπνίας (Gallery University Milwaukee) Πολύτιμα πετράδια από χαλαζία Ένα ίζημα, αποτελούμενο βασικά από σωματίδια χαλαζία, θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ιλύς ή άμμος ή χαλίκι. Το σύνολο επίσης κόκκων ή λεπτών θραυσμάτων ορυκτών ή πετρωμάτων ονομάζεται άμμος. Οι κόκκοι της άμμου προέρχονται ως επί το πλείστον από την αποσάθρωση των πετρωμάτων και μερικές φορές από την κατάθρυσή τους. Ανάλογα με το είδος των υλικών που περιέχονται σε μεγαλύτερη ποσότητα στην άμμο, λέγονται χαλαζιακοί, μαρμαρυγιοκοί, γρανιτοφόροι, αστριούχοι. Ανάλογα με τη φύση των συστατικών της, η άμμος χρησιμοποιείται με πολλούς τρόπους. Η άμμος που αποτελείται από κόκκους καθαρού διοξειδίου του πυριτίου, χρησιμοποιείται στην υαλουργία για την κατασκευή του γυαλιού. Το πυρίτιο όταν ενώνεται με το μαγνήσιο, μας δίνει ένα κατασκευαστικό υλικό με ινώδη δομή που λέγεται αμιάντος. Η εξόρυξη και η χρήση του, γίνεται από τις αρχές του περασμένου αιώνα και έχει περισσότερες από 3000 εφαρμογές, π.χ σε οικοδομικά υλικά, συστήματα υδροσωλήνων, ντεπόζιτο νερού. Οι φυσικές του ιδιότητες (μεγάλη αντίσταση στη θερμότητα και τις χημικές ουσίες) σε συνδυασμό με το χαμηλό του κόστος, κατέστησαν τον αμιάντο ως κορυφαίο βιομηχανικό προϊόν του 20ου αιώνα. Σήμερα όμως έπειτα από πολύχρονες έρευνες, ο αμιάντος θεωρείται ένα από τα πιο επικίνδυνα υλικά που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος και σύμφωνα με οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η εμπορία και χρήση όλων των τύπων του αμιάντου θα πρέπει να σταματήσει οριστικά. Τέλος ενώσεις του πυριτίου δημιουργούν τις σιλικόνες.

2.1.5 Χρήσεις

Αν αφήσουμε τις πιο γνωστές χρήσεις του πυριτίου, από την κατασκευή του γυαλιού, ρολογιών, πετραδιών μέχρι τους υπολογιστές και να σταθούμε στη σύγχρονη τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων, θα δούμε ότι αυτά πρώτιστα αποτελούνται από πυρίτιο και στις δύο του μορφές, άμορφη και κρυσταλλική. Η χρήση του πυριτίου σ' αυτά τα συστήματα επιτρέπει την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Θα μπορούσε το φωτοβολταϊκό σύστημα να εγκατασταθεί σε κάθε σπίτι, επιχείρηση ή σχολείο και να παράγει ενέργεια ήσυχα και ακίνδυνα. Είναι η φωτοβολταϊκή ισχύς μια από τις ελπιδοφόρες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Επίσης σήμερα το πυρίτιο αποτελεί το ιδανικό υλικό για τη δημιουργία μικροσυσκευών για βιολογικές χρήσεις. Η προτίμηση των επιστημόνων για το στοιχείο αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το πυρίτιο όχι μόνο δεν είναι τοξικό για τον άνθρωπο, αλλά ο οργανισμός του το ανέχεται τόσο καλά, ώστε να καθίσταται το κατάλληλο υλικό για δημιουργία συσκευών που θα εμφυτεύονται στο ανθρώπινο σώμα, χωρίς να προκαλούν το ανοσοποιητικό του σύστημα να τις απομακρύνει. Πολλά επιστημονικά εργαστήρια ανά τον κόσμο, έχουν εστιάσει το ενδιαφέρον τους στη δημιουργία «έξυπνων εμφυτευμάτων πυριτίου, που θα μεταφέρουν ένα φάρμακο ή μία ορμόνη στην κατάλληλη θέση. Ένα «έξυπνο» π.χ. εμφύτευμα ινσουλίνης, θα μεταφέρει την απαιτούμενη ορμόνη στον ασθενή. Επίσης μελλοντικοί επιστήμονες σκέπτονται να αντικαταστήσουν στην ορθοπεδική, τους μεταλλικούς ήλους των

σπασμένων οστών με πλαίσια πυριτίου και με την κατάλληλη επικάλυψή του, θα μπορούσαν να δημιουργήσουν ακόμη και μόνιμα τμήματα οστών, τα οποία θα αντικαταστήσουν τα σπασμένα οστά των γηραιών ασθενών. Περνώντας τελικά στη σφαίρα της φαντασίας και στα μελλοντικά όνειρα των Γερμανών επιστημόνων που χρησιμοποίησαν το πυρίτιο σε μορφή τσιπ για τη σύνδεση κυττάρων εγκεφάλου σαλιγκαριών με ηλεκτρονικά τσιπ πυριτίου, θα μπορούσαμε να παρακολουθήσουμε τις μελλοντικές βλές τους για σύνδεση των νευρικών κυττάρων του ανθρώπινου εγκεφάλου με ηλεκτρονικό κύκλωμα. Φωτοβολταϊκά στοιχεία Πυριτίου (Si). Το υλικό που χρησιμοποιείται περισσότερο για την κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων στην βιομηχανία είναι το πυρίτιο. Είναι ίσως και το μοναδικό υλικό που παράγεται με τόσο μαζικό τρόπο. Το πυρίτιο σήμερα αποτελεί την πρώτη ύλη για το 90% της αγοράς των φωτοβολταϊκών. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του πυριτίου είναι: Μπορεί να βρεθεί πάρα πολύ εύκολα στην φύση. Είναι το δεύτερο σε αφθονία υλικό που υπάρχει στον πλανήτη μετά το οξυγόνο. Το διοξείδιο του πυριτίου (SiO₂) (ή κοινώς η άμμος) και ο χαλαζίτης αποτελούν το 28% του φλοιού της γης. Είναι ιδιαίτερα φιλικό προς το περιβάλλον. Μπορεί εύκολα να λιώσει και να μορφοποιηθεί. Επίσης είναι σχετικά εύκολο να μετατραπεί στην μονοκρυσταλλική του μορφή. Οι ηλεκτρικές του ιδιότητες μπορούν να διατηρηθούν μέχρι και στους 1250°C κάτι που επιτρέπει την χρήση του πυριτίου σε ιδιαίτερα δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτός είναι και ο λόγος που τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου ανταπεξέρχονται σε ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών. Πολύ σημαντικό στοιχείο, που συνέβαλε στην γρήγορη ανάπτυξη τα φωτοβολταϊκά στοιχεία τα τελευταία χρόνια, ήταν η ήδη αναπτυγμένη τεχνολογία, στην βιομηχανία της επεξεργασίας του πυριτίου, στον τομέα της ηλεκτρονικής (υπολογιστές, τηλεοράσεις κλπ). Το 2007 μάλιστα ήταν η πρώτη χρονιά που υπήρχε μεγαλύτερη ζήτηση (σε τόνους κρυσταλλικού πυριτίου) στην αγορά των φωτοβολταϊκών στοιχείων σε σχέση με αυτήν των ημιαγωγών της ηλεκτρονικής. Μια κατηγοριοποίηση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία θα μπορούσε να γίνει με βάση το πάχος του υλικού που χρησιμοποιείται. Τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων πυριτίου «μεγάλου πάχους»

- Φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Single Crystalline Silicon, sc-Si)
- Φωτοβολταϊκά κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου (Multi Crystalline Silicon, mc-Si)
- Φωτοβολταϊκά στοιχεία ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon)
- Φωτοβολταϊκά υλικά λεπτών επιστρώσεων, thin film
- Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός (CuInSe₂ ή CIS, με προσθήκη γαλλίου CIGS)
- Φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου (Amorphous ή Thin film Silicon, a-Si)
- Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe)
- Αρσενικούχο Γάλλιο (GaAs)

Η άργιλος είναι ένα άμορφο υλικό που αποτελείται από Al, Si, H, O. Η κεραμεική, μια πανάρχαια τέχνη χρησιμοποιεί ως πρώτη ύλη το αργιλόχωμα, δηλαδή άργιλο με

προσμείξεις. Το αργιλόχωμα, όταν αναμειχτεί με νερό, μετατρέπεται σε πλαστική μάζα που μπορεί να πάρει οποιαδήποτε μορφή και σχήμα. Στη συνέχεια το μορφοποιημένο αντικείμενο αφήνεται στον αέρα να ξεραθεί και ακολούθως ψήνεται σε ειδικούς φούρνους. Για να αποκτήσουν τα κεραμικά गुαλιστερή επιφάνεια με όμορφα χρώματα και σχήματα, επικαλύπτονται με κατάλληλα υλικά και ξαναψήνονται. Στα παραδοσιακά κεραμικά περιλαμβάνονται:

- τα προϊόντα αγγειοπλαστικής – κεραμίδια, γλάστρες, στάμνες, τούβλα-που κατασκευάζονται από άργιλο κατώτερης ποιότητας.
- τα πιάτα, τα πλακάκια, τα είδη υγιεινής, που κατασκευάζονται από ειδικό τη φαγεντιανή γη.

- οι πορσελάνες ,που αποτελούν το καλύτερο είδος κεραμικού και κατασκευάζονται από καολίνη ,την καθαρότερη μορφή αργίλου.
- Τα πυρίμαχα κεραμικά ,που κατασκευάζονται από ειδικής ποιότητας άργιλο που περιέχει οξειδίο του μαγνησίου (MgO).Γνωστά είναι τα πυρίμαχα τούβλα που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή τζακιών ,ως επένδυση σε καμίνια κ.ά.

Οι οπτικές ίνες κατασκευάζονται από καθαρό διοξείδιο του πυριτίου, έχουν το πάχος

περίπου μιας ανθρώπινης τρίχας. Τα καλώδια οπτικών ινών αποτελούνται από πάρα πολλές οπτικές ίνες και χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στις τηλεπικοινωνίες και σε οπτικά όργανα ακριβείας. Οι οπτικές ίνες προσφέρουν τεράστιες δυνατότητες επικοινωνίας. Μια οπτική ίνα μπορεί να μεταφέρει τις συζητήσεις του κάθε άνδρα, γυναίκα και παιδί στο πρόσωπο αυτού του πλανήτη, την ίδια στιγμή, πάνω από δύο φορές. Τα κύρια πλεονεκτήματα της χρήσης οπτικών ινών στον τομέα της επικοινωνίας είναι τα εξής: Πολύ μεγαλύτερη ποσότητα πληροφοριών μπορεί να μεταφερθεί σε μια οπτική ίνα σε σύγκριση με ένα καλώδιο χαλκού. Σε όλα τα καλώδια μέρος της ενέργειας χάνεται κατά μήκος του καλωδίου. Έτσι χρειάζονται ενισχυτές κάθε 2 έως 3 χιλιόμετρα, αλλά με την οπτική ίνα η ενίσχυση του σήματος είναι αναγκαία μόνο κάθε 50 χιλιόμετρα. Σε αντίθεση με τα καλώδια χαλκού, στις οπτικές ίνες δε γίνονται ηλεκτρικές παρεμβολές. Ούτε προκαλούνται σπινθήρες, οπότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιβάλλον με εκρηκτικά υλικά, όπως τα διυλιστήρια πετρελαίου ή τα αντλιοστάσια φυσικού αερίου. Οι οπτικές ίνες είναι φθηνότερες και πιο λεπτές από τα καλώδια χαλκού, πράγμα που καθιστά ευκολότερη την εγκατάσταση και τη συντήρηση.

Υπερατλαντικά υποβρύχια καλώδια συνδέουν το Ηνωμένο Βασίλειο με τις ΗΠΑ και τον Καναδά. Οι οπτικές ίνες άνοιξαν το δρόμο για ένα εντελώς νέο τομέα της χειρουργικής επέμβασης, που ονομάζεται λαπαροσκοπική χειρουργική επέμβαση. Ο χειρουργός κάνει μια σειρά από μικρές τομές στην περιοχή-στόχο και μια δέσμη οπτικών ινών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να φωτίσει την επιλεγείσα περιοχή, και μια άλλη δέσμη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να φέρει τις πληροφορίες πίσω στο χειρουργό. Επιπλέον, αυτή μπορεί να συνδυάζεται με χειρουργική επέμβαση με λέιζερ, χρησιμοποιώντας μια οπτική ίνα να μεταφέρει την ακτίνα λέιζερ στο σχετικό σημείο για να κόψει ο χειρουργός τον ιστό. Οπτικές ίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τους σκοπούς του φωτισμού, τα οποία μεταφέρουν το φως από το εξωτερικό προς τα δωμάτια στο εσωτερικό των μεγάλων κτιρίων. Μια άλλη σημαντική εφαρμογή των οπτικών ινών έχει να κάνει με τους αισθητήρες. Εάν μια ίνα τεντώνεται ή συμπιέζεται, θερμαίνεται ή ψύχεται ή έχουν υποστεί κάποια άλλη αλλαγή περιβάλλοντος, υπάρχει συνήθως μία μικρή αλλά μετρήσιμη αλλαγή στη μετάδοση του φωτός. Οπτικές ίνες είναι επίσης χρησιμοποιείται για τη μεταφορά λέιζερ υψηλής ενέργειας ακτίνες από τα εργοστάσια μέχρι το σημείο της χρήσης του φωτός λέιζερ για συγκόλληση, κοπή ή διάτρηση. Η ίνα παρέχει ένα ευέλικτο και ασφαλές μέσο για τη διανομή υψηλής ισχύος λέιζερ γύρω από το εργοστάσιο, έτσι ώστε τα ρομπότ να μπορούν να φέρουν σε πέρας τις εργασίες. Δεδομένου ότι το φως δεν επηρεάζεται αισθητά από ηλεκτρομαγνητικά πεδία και δεν επηρεάζει άλλα όργανα που κάνουν χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας, οι οπτικές ίνες είναι πολύ σημαντικές για τη μεταφορά των πληροφοριών σε αεροσκάφη και αυτοκίνητα.

Το γυαλί παράγεται από μίγμα ασβεστόλιθου CaCO_3 , άμμου SiO_2 , και σόδας Na_2CO_3 . Το μίγμα αυτό θερμαίνεται για 10 ώρες σε φούρνους περίπου στους 1450 οC. Το ρευστό γυαλί χύνεται σε καλούπια ή "σιδερώνεται" ή «φουσιέται» με αέρα και κατασκευάζονται διάφορα αντικείμενα. Το γυαλί είναι διαφανές, πολύ σκληρό, εύθραυστο, σε υψηλές θερμοκρασίες διαμορφώνεται εύκολα, είναι κακός αγωγός της θερμότητας και του ηλεκτρισμού. Στο γυαλί Βοημίας η σόδα έχει αντικατασταθεί από ποτάσα K_2CO_3 , στα κρύσταλλα (είναι άμορφα !!) ο ασβεστόλιθος έχει

αντικατασταθεί από PbO , τα πυρέξ που αντέχουν στις απότομες αλλαγές της θερμοκρασίας περιέχουν B_2O_3 , τα εμαγιέ. Η σιλικόνη προέρχεται από το πυρίτιο (silicon), ένα μεταχχοιδές που όταν ενωθεί με οξυγόνο παράγει διοξείδιο του πυριτίου (silica). Στην ουσία το πυρίτιο είναι το δεύτερο σε αφθονία, μετά το οξυγόνο, στοιχείο στη γη. Όταν το διοξείδιο του πυριτίου ενωθεί με άνθρακα, σε υψηλή θερμοκρασία, προκύπτει η σιλικόνη (silicone). Με περαιτέρω επεξεργασία της σιλικόνης προκύπτουν διάφορα πολυμερή, γνωστά ως σιλικόνια, σε μορφή υγρού, γέλης ή λαστιχώδους σύστασης. Διάφορες σιλικόνες χρησιμοποιούνται σε λιπαντικά και λάδια καθώς επίσης σε λάστιχο σιλικόνης.

2.2 Χρήση σύγχρονων ηλεκτρονικών εξαρτημάτων

2.2.1 Εισαγωγή

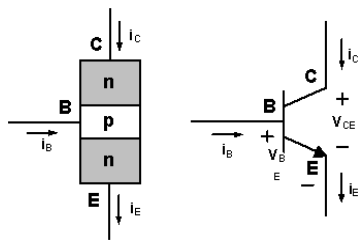
Τα τρανζίστορ ισχύος έχουν ελεγχόμενα χαρακτηριστικά έναυσης και σβέσης. Τα τρανζίστορ, που χρησιμοποιούνται σαν διακοπτικά στοιχεία, λειτουργούν στην περιοχή κορεσμού με αποτέλεσμα μικρή πτώση τάσης κατά την αγωγή. Η ταχύτητα διακοπής των μοντέρνων τρανζίστορ είναι πολύ μεγαλύτερη από εκείνη των θυρίστορ και χρησιμοποιούνται εκτεταμένα σε μετατροπείς ΣΡ-ΣΡ και ΣΡ-ΕΡ, με αντιπαράλληλα συνδεδεμένες διόδους για την παροχή αμφίδρομης ροής ρεύματος. Όμως, οι προδιαγραφές ρεύματος και τάσης των τρανζίστορ είναι πολύ μικρότερες εκείνων των θυρίστορ και έτσι τα τρανζίστορ χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές χαμηλής και μέσης ισχύος. Τα τρανζίστορ ισχύος μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κύριες κατηγορίες :

- ✓ Τρανζίστορ διπολικής επαφής (Bipolar Junction Transistors -BJT)
- ✓ Τρανζίστορ μετάλλου-οξειδίου-ημιαγωγού με επίδραση πεδίου (MOSFET)
- ✓ Τρανζίστορ στατικής επαγωγής (Static Induction Transistors-SIT)
- ✓ Διπολικά τρανζίστορ μονωμένης πύλης (IGBT)

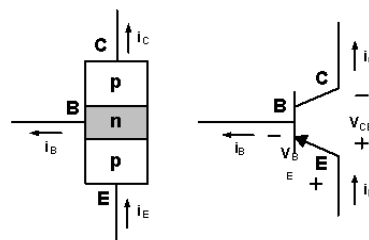
Τα BJT ή MOSFET, τα SIT ή IGBT μπορούν να θεωρηθούν σαν ιδανικοί διακόπτες για να εξηγηθούν οι τεχνικές μετατροπής ισχύος. Ο διακόπτης τρανζίστορ είναι πολύ απλούστερος από έναν διακόπτη με εξαναγκασμένη μεταγωγή. Όμως η επιλογή ανάμεσα σε BJT και MOSFET σε κυκλώματα μετατροπών δεν είναι προφανής, αλλά οποιοδήποτε από αυτά μπορεί να αντικαταστήσει ένα θυρίστορ αν μπορεί να ικανοποιήσει τις προδιαγραφές ρεύματος και τάσης του μετατροπέα. Τα πρακτικά τρανζίστορ διαφέρουν από τα ιδανικά στοιχεία. Τα τρανζίστορ έχουν ορισμένους περιορισμούς και περιορίζονται σε ορισμένες εφαρμογές. Τα χαρακτηριστικά και οι προδιαγραφές κάθε τύπου θα έπρεπε να εξετασθούν για να προσδιορισθεί η καταλληλότητά του σε μια ιδιαίτερη εφαρμογή.

2.2.2 Transistor

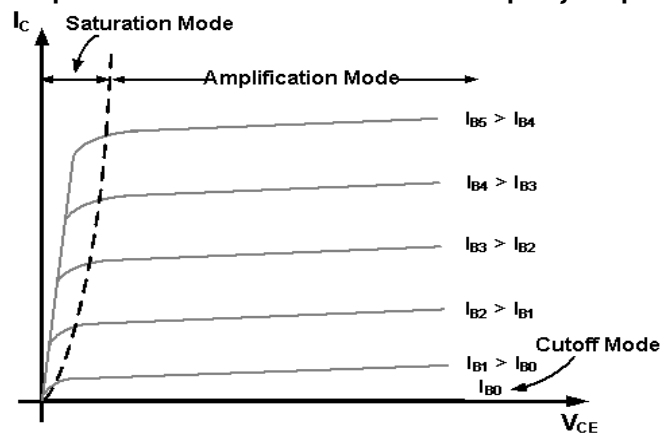
Ένα διπολικό τρανζίστορ σχηματίζεται με πρόσθεση μιας δεύτερης p- ή n- περιοχής σε μια δίοδο pn-επαφής. Με δύο n- περιοχές και μια p- περιοχή σχηματίζονται δύο επαφές και το τρανζίστορ είναι γνωστό σαν PNP τρανζίστορ όπως φαίνεται στο Σχ 2.2. Με δύο n- περιοχές και μια p- περιοχή σχηματίζονται δύο επαφές και το τρανζίστορ είναι γνωστό σαν NPN τρανζίστορ όπως φαίνεται στο Σχ 2.3. Οι τρεις ακροδέκτες ονομάζονται Συλλέκτης (C), Εκπομπός (E) και Βάση (B).



Εικόνα 2.1 Τρανζίστορ NPN



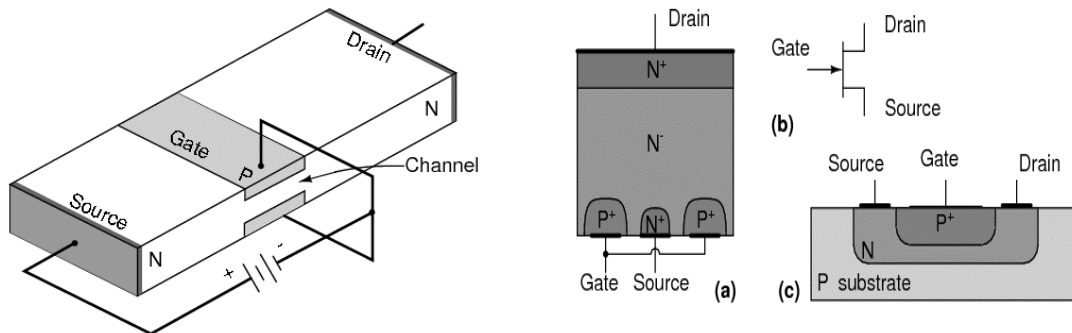
Εικόνα 2.2 Τρανζίστορ PNP



Εικόνα 2.3 Περιοχές λειτουργίας

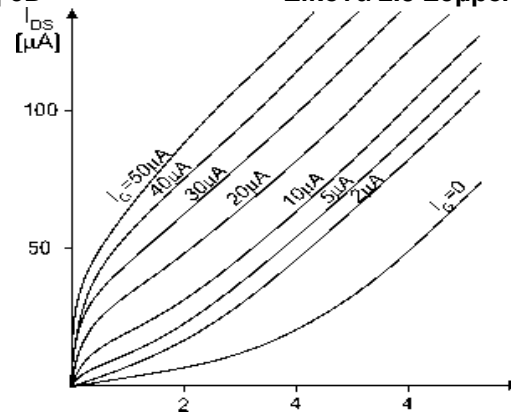
2.2.3 Transistor SIT

Το SIT είναι ένα στοιχείο υψηλής ισχύος και υψηλής συχνότητας. Είναι ουσιαστικά η έκδοση στερεάς κατάστασης της τριοδικής λυχνίας κενού. Η διαγραμματική τομή και το σύμβολό του φαίνονται στο Σχ 2.9. Είναι ένα στοιχείο με κάθετη δομή και μικρού μήκους πολύ διαύλους. Έτσι δεν υπόκειται σε περιορισμό επιφάνειας και είναι κατάλληλο για λειτουργία υψηλής ταχύτητας και υψηλής ισχύος. Τα ηλεκτρόδια πύλης είναι τοποθετημένα μέσα στον απαγωγό και τα n-στρώματα πηγής. Το SIT είναι ίδιο με το JFET εκτός της κάθετης και ενσωματωμένης δομής, η οποία δίνει μικρότερη αντίσταση διαύλου και προκαλεί μικρότερη πτώση τάσης. Το SIT έχει μικρό μήκος διαύλου, χαμηλής αντίσταση σειράς πύλης, χαμηλή χωρητικότητα πύλης - πηγής και μικρή θερμική αντίσταση. Έχει ικανότητα χειρισμού υψηλής ισχύος σε ακουστικές συχνότητες με χαμηλό θόρυβο και χαμηλή παραμόρφωση. Οι χρόνοι έναυση και σβέσης είναι πολύ μικροί, τυπικά 0.25 μ s. Η πτώση τάσης κατά την αγωγή είναι υψηλή, τυπικά 90V για στοιχείο 180A και 18V για στοιχείο 18A. Το SIT είναι κανονικά μια συσκευής αγωγής και μια αρνητική τάση πύλης την οδηγεί σε αποκοπή. Η χαρακτηριστική αγωγής και η υψηλή πτώση τάσης κατά την αγωγή περιορίζουν τις εφαρμογές της στην μετατροπή ισχύος. Οι ονομαστικές τιμές φθάνουν τα 300A, 1200V και η συχνότητα λειτουργίας τα 100KHz.



Εικόνα 2.4 Απεικόνιση 3D

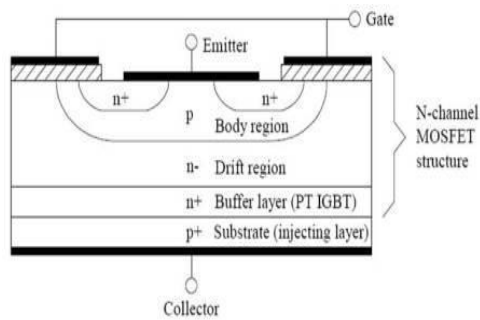
Εικόνα 2.5 Συμβολισμός Τρανζίστορ



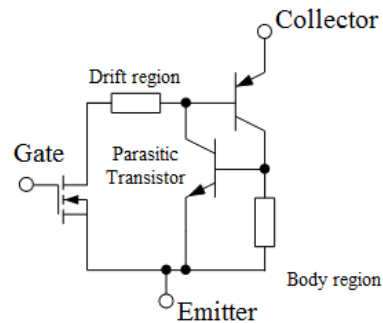
Εικόνα 2.6 Διάγραμμα Λειτουργία

2.2.4 Transistor IGBT

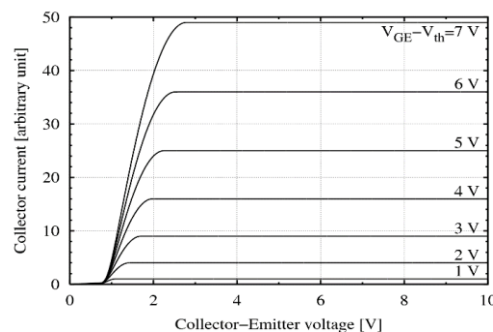
Το IGBT συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των BJT και MOSFET. Έχει υψηλή αντίσταση εισόδου όπως τα MOSFET και χαμηλές απώλειες αγωγής όπως τα BJT. Με την σχεδίαση των ημιαγωγικών τσιπ η ισοδύναμη αντίσταση απαγωγού – πηγής R_{DS} ελέγχεται να συμπεριφέρεται όπως εκείνη ενός BJT. Η ημιαγωγική τομή ενός IGBT φαίνεται στο Σχ 2.11 και είναι ίδια με εκείνη του MOSFET εκτός του p^+ υποστρώματος. Όμως η απόδοση ενός IGBT είναι πιο κοντά σε εκείνη ενός BJT παρά ενός MOSFET. Αυτό οφείλεται στο p^+ υπόστρωμα που είναι υπεύθυνο για την έγχυση φορέων μειονότητας στην n περιοχή. Το ισοδύναμο κύκλωμα φαίνεται στο Σχ 2.11. Το IGBT είναι ένα στοιχείο που ελέγχεται από τάση, όμοιο με το MOSFET. Έχει μικρότερες διακοπτικές απώλειες και απώλειες αγωγής ενώ έχει και πολλά από τα επιθυμητά χαρακτηριστικά των MOSFET όπως η ευκολία οδήγησης πύλης, ο χειρισμός του μέγιστου ρεύματος και η στιβαρότητα. Το IGBT είναι ταχύτερο από το BJT αλλά δεν φθάνει την ταχύτητα του MOSFET. Το σύμβολο και το κύκλωμα ενός IGBT φαίνονται στο Σχ 2.11. Οι τρεις ακροδέκτες είναι η πύλη, ο εκπομπός και ο συλλέκτης αντί της πύλης, του απαγωγού και της πηγής του MOSFET. Οι παράμετροι και τα σύμβολα είναι ίδια με εκείνα του MOSFET εκτός του ότι οι δείκτες για πηγή και απαγωγό τροποποιούνται σε εκπομπό και συλλέκτη αντίστοιχα. Οι προδιαγραφές ενός απλού IGBT φθάνουν τα 400A, 1200V και η συχνότητα διακοπής τα 20KHz. Τα IGBT βρίσκουν αυξανόμενες εφαρμογές σε μέσες ισχύς (κινητήρια συστήματα συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος, τροφοδοτικά, ηλεκτρονόμους κλπ).



Εικόνα 2.7 Δομή



Εικόνα 2.8 Ισοδύναμο Κύκλωμα

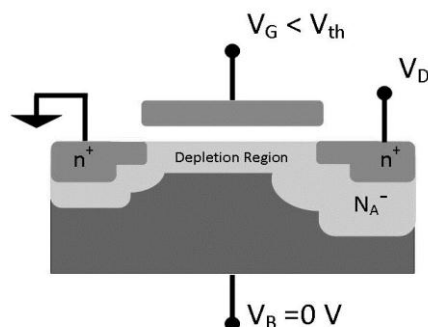


Εικόνα 2.9 Διάγραμμα Λειτουργίας

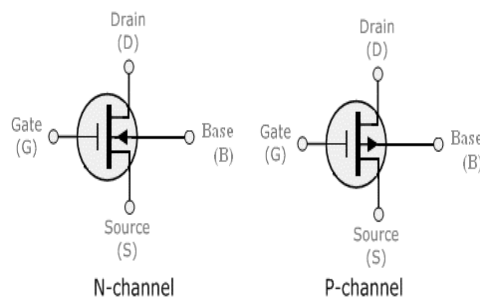
2.2.5 Mosfet

Το διπολικό τρανζίστορ επαφής (BJT) είναι ένα στοιχείο ελεγχόμενου ρεύματος και απαιτεί ρεύμα βάσης για ροή ρεύματος στον συλλέκτη. Αφού το ρεύμα συλλέκτη εξαρτάται από το ρεύμα βάσης, το κέρδος ρεύματος εξαρτάται σε υψηλό βαθμό από την θερμοκρασία επαφής. Το MOSFET ισχύος είναι ένα στοιχείο ελεγχόμενης τάσης και απαιτεί μόνο ένα μικρό ρεύμα εισόδου. Η ταχύτητα διακοπής είναι πολύ υψηλή και οι χρόνοι διακοπής είναι της τάξης των nsec. Τα MOSFET ισχύος χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο σε μετατροπείς χαμηλής ισχύος και υψηλής συχνότητας. Τα MOSFET δεν έχουν τα προβλήματα της δευτερεύουσας κατάρρευσης όπως τα BJT. Όμως τα MOSFET έχουν προβλήματα ηλεκτροστατικής εκφόρτισης και χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή στον χειρισμό τους. Επιπλέον, είναι σχετικά δύσκολο να προστατευθούν από σφάλματα βραχυκύκλωσης. Τα MOSFET είναι δύο τύπων : MOSFET κένωσης (depletion) και MOSFET ενίσχυσης (enhancement). Ένα MOSFET τύπου κένωσης αρνητικού διαύλου σχηματίζεται από ένα στρώμα πυριτίου p-τύπου, όπως φαίνεται στο Σχ 2.5, με δύο ισχυρά εμποτισμένες περιοχές πυριτίου n+ για συνδέσεις χαμηλής αντίστασης. Η ύλη απομονώνεται από τον δίαυλο με λεπτό στρώμα οξειδίου. Οι τρεις ακροδέκτες καλούνται Πύλη (Gate), Απαγωγός (Drain) και Πηγή (Source). Το στρώμα κανονικά συνδέεται με την πηγή. Η τάση πύλης - πηγής V_{GS} είναι είτε θετική ή αρνητική. Αν είναι αρνητική, κάποια από τα ηλεκτρόνια της περιοχής αρνητικού διαύλου απωθούνται και δημιουργείται μια περιοχή κένωσης κάτω από το στρώμα οξειδίου με αποτέλεσμα πιά στενός ενεργός δίαυλος και αυξημένη αντίσταση μεταξύ απαγωγού και πηγής R_{DS} . Αν η V_{GS} γίνει αρκετά αρνητική, ο δίαυλος αδειάζει εντελώς με αποτέλεσμα πολύ υψηλή τιμή αντίστασης R_{DS} και επομένως απουσία ροής ρεύματος από τον απαγωγό στην πηγή, $I_{DS} = 0$. Η τιμή της V_{GS} που συμβαίνει αυτό λέγεται τάση αποκοπής (pinch off voltage) V_p . Αν αφετέρου η V_{GS} γίνει θετική, ο

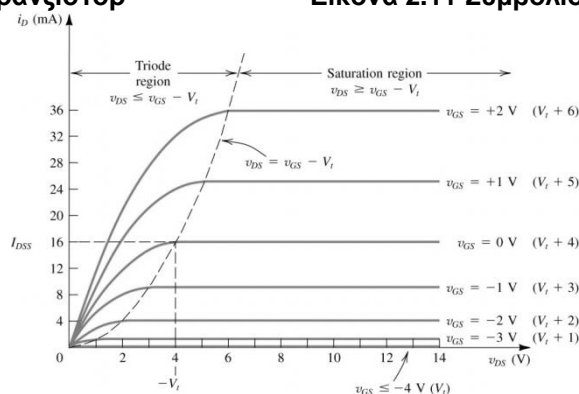
διαύλος γίνεται ευρύτερος και το I_{DS} αυξάνει λόγω μείωσης της R_{DS} . Στα MOSFET θετικού διαύλου οι πολικότητες των V_{DS} , I_{DS} και V_{GS} αντιστρέφονται



Εικόνα 2.10 Δομή Τρανζίστορ



Εικόνα 2.11 Συμβολισμός Τρανζίστορ



Εικόνα 2.12 Περιοχές λειτουργίας

2.2.6 Diode

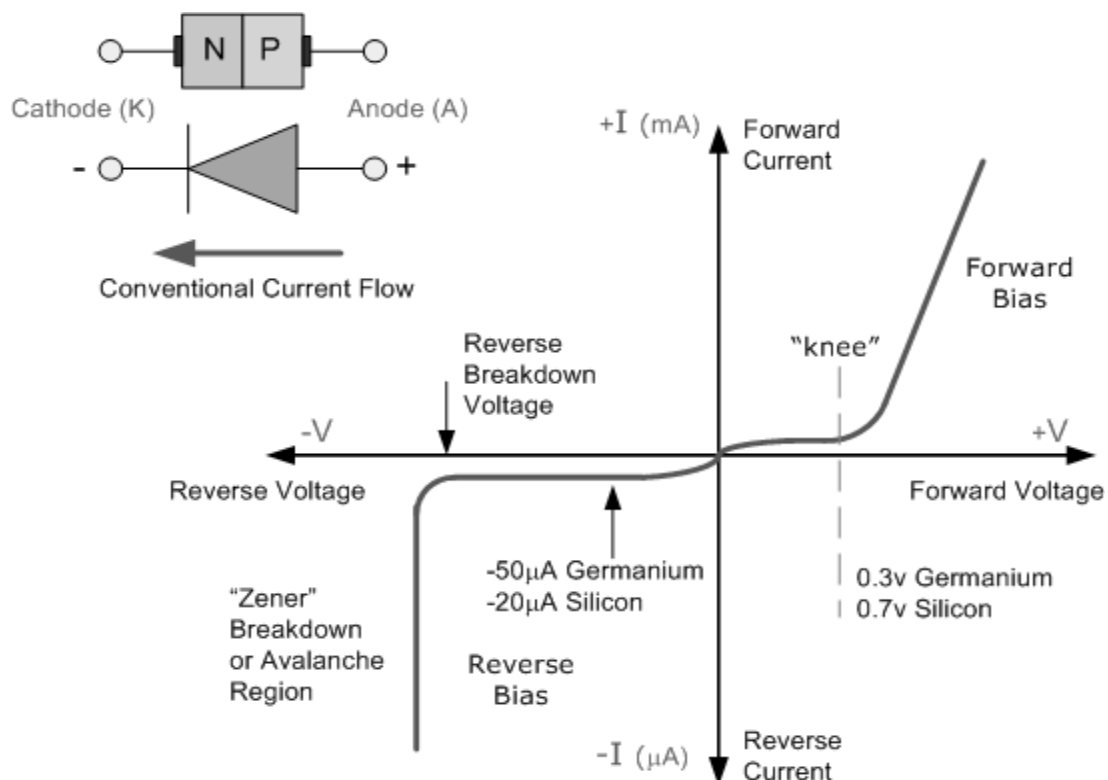
Η δίοδος είναι μια διάταξη από ημιαγωγίμο υλικό το οποίο επιτρέπει την διέλευση ροής ρεύματος μόνο από την μία κατεύθυνση, ανάλογα με την πόλωσή της. Κατασκευάζεται από ημιαγωγίμο υλικά, όπως είναι το γερμάνιο και το πυρίτιο και αποτελείται από δύο πόλους, την άνοδο και την κάθοδο. Το γερμάνιο και το πυρίτιο είναι υλικά τα οποία στις κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος συμπεριφέρονται σαν ημιαγωγοί, ενώ σε πολύ μικρές θερμοκρασίες η αγωγιμότητά τους μειώνεται.

Ανάλογα με την πρόσμιξη των ημιαγωγών αυτών μπορούμε να πετύχουμε μεταβολή της αγωγιμότητας του ημιαγωγού στοιχείου. Έτσι, χρησιμοποιώντας μια μικρή ποσότητα πεντασθενούς στοιχείου, όπως είναι το αρσενικό ή ο φώσφορος, πετυχαίνουμε αύξηση της αγωγιμότητας του ημιαγωγού. Αυτό συμβαίνει διότι έχουμε αύξηση των ελεύθερων φορέων, (ηλεκτρονίων) του ημιαγωγού και τότε ο ημιαγωγός ονομάζεται τύπου N. Αν έχουμε σαν πλειονότητα φορέων τις οπές, οι οποίες έχουν θετικό φορτίο, τότε ο ημιαγωγός ονομάζεται ημιαγωγός τύπου P.

Εάν ενώσουμε έναν ημιαγωγό τύπου N και έναν ημιαγωγό τύπου P τότε προκύπτει μία δίοδος επαφής. Ο ένας ακροδέκτης της διόδου αποτελεί την άνοδο και ο άλλος ακροδέκτης είναι η κάθοδος. Η ροή του ρεύματος μέσα από την δίοδο, επιτυγχάνεται όταν πολώσουμε ορθά την δίοδο, δηλαδή όταν η άνοδος έχει θετικό δυναμικό και η κάθοδος αρνητικό. Στην πόλωσή της η δίοδος παρουσιάζει ορισμένα χαρακτηριστικά όπως είναι η χωρητικότητα και η αντίσταση επαφής της διόδου. Η χωρητικότητα επαφής είναι μια πολύ μικρή χωρητικότητα της τάξεως μερικών pF, όπου η τιμή της εξαρτάται από την πόλωσή της και το κύκλωμα στο οποίο χρησιμοποιείται.

Ως αντίσταση επαφής ονομάζουμε την ωμική αντίσταση που παρουσιάζει η δίοδος όταν είναι ορθά πολωμένη. Η τιμή της αντίστασης κατά την ορθή πόλωση της

διόδου κυμαίνεται στα 800Ω περίπου, ενώ στην ανάστροφη πόλωση της παρουσιάζει άπειρη αντίσταση. Στην ορθή πόλωση της διόδου η άνοδος που την αποτελεί ένας ημιαγωγός τύπου P, συνδέεται στο θετικό πόλο μιας πηγής συνεχούς τάσης, ενώ η κάθοδος που την αποτελεί ο ημιαγωγός τύπου N στον αρνητικό πόλο της πηγής. Στην περίπτωση αυτή, το θετικό φορτίο της πηγής απωθεί τους θετικά φορτισμένους φορείς του ημιαγωγού τύπου P προς την ζώνη αγωγιμότητας της επαφής και το αρνητικό φορτίο της πηγής απωθεί τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του ημιαγωγού τύπου N επίσης προς την ζώνη αγωγιμότητας. Η ζώνη αγωγιμότητας είναι το σημείο επαφής των ημιαγωγών τύπου P και τύπου N. Τότε έχουμε ροή ρεύματος μέσα από την διόδο. Αν συνδέσουμε ανάστροφα την πολικότητα της πηγής με την διόδο, δηλαδή τον θετικό ακροδέκτη με τον ημιαγωγό τύπου N και τον αρνητικό ακροδέκτη με τον ημιαγωγό τύπου P, τότε τα ηλεκτρόνια θα έλκονται από το θετικό φορτίο της πηγής και οι σπές από το αρνητικό φορτίο της πηγής. Στην περίπτωση αυτή η ζώνη αγωγιμότητας στην επαφή P-N μεγαλώνει με αποτέλεσμα να μην έχουμε ροή ρεύματος. Όσο μικρότερη είναι η ζώνη αγωγιμότητας τόσο ευκολότερα οι ελεύθεροι φορείς των ημιαγωγών μετακινούνται από την μια περιοχή στην άλλη, για να έχουμε ροή ρεύματος. Στο περίβλημά τους όλες οι διόδους έχουν μια λωρίδα στο ένα άκρο τους που φανερώνουν την κάθοδο.



Εικόνα 2.13 Περιοχές λειτουργίας

Δίοδος εκπομπής φωτός

Δίοδος Εκπομπής Φωτός, (LED, Light Emitting Diode), αποκαλείται ένας ημιαγωγός ο οποίος εκπέμπει φωτεινή ακτινοβολία στενού φάσματος όταν του παρέχεται μία ηλεκτρική τάση κατά τη φορά ορθής πόλωσης (forward-biased). Το χρώμα του φωτός που εκπέμπεται εξαρτάται από την χημική σύσταση του ημιαγωγίμου υλικού που χρησιμοποιείται, και μπορεί να είναι υπεριώδες, ορατό ή υπέρυθρο. Το μήκος κύματος του φωτός που εκπέμπεται, και, κατά συνέπεια, το

χρώμα του, εξαρτάται από το χάσμα ενέργειας των υλικών, τα οποία χρησιμοποιούνται για την δημιουργία του περάσματος p-n, όπου:

- ✓ p = Υλικό νοθευμένο με αποδέκτες.
- ✓ n = Υλικό νοθευμένο με δότες.

Η βασική αρχή των LED είναι μια επαφή p-n η οποία πολώνεται ορθά για να εγχέει ηλεκτρόνια και οπές μέσα στις p- και n- πλευρές αντίστοιχα. Το εγχεόμενο φορτίο μειονότητας επανασυνδέεται με το φορτίο πλειονότητας στην περιοχή απογύμνωσης ή στην ουδέτερη περιοχή. Σε ημιαγωγούς άμεσου διάκενου η επανασύνδεση οδηγεί σε εκπομπή φωτός αφού η ακτινοβόλα επανασύνδεση κυριαρχεί σε υλικά υψηλής ποιότητας. Σε υλικά έμμεσου χάσματος, η απόδοση εκπομπής φωτός είναι αρκετά φτωχή και οι περισσότερες από τις διαδρομές επανασύνδεσης είναι μη ακτινοβόλες με παραγωγή θερμότητας μάλλον παρά φωτός.

Τρόπος λειτουργίας και δομή

Μια δίοδος εκπομπής φωτός (light emitting diode, LED) είναι στην ουσία μια ένωση pn που έχει κατασκευαστεί από ένα ημιαγωγό άμεσου ενεργειακού χάσματος, όπως για παράδειγμα το GaAs, και στην οποία η επανασύνδεση των ζευγών ηλεκτρονίων οπών (ZHO) έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή φωτονίων. Η ενέργεια των εκπεμπόμενων φωτονίων, $h\nu$, ισούται κατά προσέγγιση με το ενεργειακό χάσμα. Η δομή ενός LED πρέπει να είναι τέτοια ώστε τα εκπεμπόμενα φωτόνια να μπορούν να απομακρύνονται από την διάταξη χωρίς να επαναπορροφώνται από το ημιαγωγίμο υλικό. Αυτό σημαίνει ότι η p-περιοχή πρέπει να είναι επαρκώς ρηχή, ή διαφορετικά πρέπει να χρησιμοποιήσουμε διατάξεις ετεροδομών. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε πολλά ημιαγωγίμα υλικά άμεσου ενεργειακού διακένου, τα οποία μπορούν εύκολα να νοθευτούν και να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή εμπορικών LED που εκπέμπουν ακτινοβολία στην ερυθρή και την υπέρυθη περιοχή μηκών κύματος του φάσματος. Μια σημαντική κατηγορία εμπορικών ημιαγωγίμων υλικών, που εκπέμπουν ακτινοβολία στην ορατή περιοχή είναι τα τριαδικά κράματα III-V. Η εξωτερική απόδοση ενός LED είναι ένα μέτρο της απόδοσης της μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας σε εκπεμπόμενη εξωτερικά φωτεινή ενέργεια. Στο μέγεθος αυτό συνυπολογίζεται η εσωτερική απόδοση της ακτινοβολούσας διαδικασίας επανασύνδεσης και η επακόλουθη απόδοση της εξόδου των φωτονίων από την διάταξη. Η ηλεκτρική ενέργεια στην είσοδο ενός LED ισούται απλά με το γινόμενο του ρεύματος επί την ηλεκτρική τάση της διόδου ($I \times V$). Αν η φωτεινή ισχύς που εκπέμπεται από την διάταξη.

LED Ετεροεπαφής Υψηλής Εντάσεως

Μια ένωση p-n ανάμεσα σε δύο ημιαγωγούς με διαφορετική νόθευση, οι οποίοι όμως αποτελούνται από το ίδιο υλικό, έχουν δηλαδή το ίδιο ενεργειακό διάκενο, ονομάζεται ομοεπαφή. Μια ένωση ανάμεσα σε δύο ημιαγωγούς με το ίδιο ενεργειακό διάκενο ονομάζεται ετεροεπαφή. Μια ημιαγωγίμη δομή διάταξης η οποία περιλαμβάνει ενώσεις ανάμεσα σε υλικά με διαφορετικό ενεργειακό διάκενο ονομάζεται διάταξη ετεροδομής. Αν η LED κατασκευάζεται από ένα απλό ημιαγωγό, υπάρχει ένας αριθμός προβλημάτων που μειώνει την απόδοση της συσκευής. Ένα σημαντικό πρόβλημα είναι ότι σε μία LED ομοιοδομής (μια συσκευή βασισμένη σε ένα απλό ημιαγωγό), ο όγκος εκπομπής φωτονίων πρέπει να είναι κοντά στην επιφάνεια ώστε τα εκπεμπόμενα φωτόνια να μην απορροφώνται ξανά. Αφού κοντά στην επιφάνεια η ποιότητα του ημιαγωγού δεν είναι συνήθως πολύ καλή λόγω της παρουσίας καταστάσεων ατελειών, αυτό προκαλεί μεγάλο αριθμό μη ακτινοβόλων επανασυνδέσεων με την βοήθεια επιφανειακών καταστάσεων. Ένα ακόμα πρόβλημα

είναι το ότι τα ηλεκτρόνια που εγχέονται από την πλευρά στην p-περιοχή μπορούν να διαχυθούν σε μεγάλες αποστάσεις πριν επανασυνδεθούν με οπές. Έτσι ο ενεργός όγκος από τον οποίο εξέρχονται τα φωτόνια είναι πολύ μεγάλος. Η ετεροδομή LED λύνει αυτά τα προβλήματα εγχέοντας φορτίο από ένα υλικό μεγαλύτερου ενεργειακού διάκενου σε μια περιοχή στενού διάκενου. Οι διατάξεις LED που έχουν στόχο την αύξηση της έντασης του φωτός στην έξοδο κάνουν χρήση της διπλής ετεροδομής. Οι LEDs ετεροδομών κατασκευάζονται με επιταξιακές διαδικασίες και η ενεργός περιοχή κρατείται στα 0.1-0.2 μm .

LED Εκπομπής Άκρου

Ένα σημαντικό στοιχείο στην οπτική επικοινωνία είναι η απόδοση με την οποία το φως που εκπέμπεται από μια LED συζεύγνυται σε μια οπτική ίνα. Για να πραγματοποιηθεί μια ικανοποιητική σύζευξη χρειάζεται κανείς μια ισχυρά ευθυγραμμισμένη δέσμη. Η τεχνολογία ετεροδομών χρησιμοποιείται για να κατασκευαστεί η LED εκπομπής άκρου (edge emitting LED) Ένα σημαντικό στοιχείο της LED εκπομπής άκρου είναι τα στρώματα μανδύα μεγάλου ενεργειακού χάσματος τα οποία περιορίζουν όχι μόνο τα ηλεκτρόνια και τις οπές στο ενεργό στρώμα, αλλά επίσης αναγκάζουν τα εκπεμπόμενα φωτόνια να κινηθούν κατά μήκος του άξονα της LED και να εξέρχονται από το άκρο της συσκευής.

LED Εκπομπής Επιφάνειας

Μια σημαντική κατηγορία των LEDs είναι η LED εκπομπής επιφάνειας (surface emitting LED) η οποία πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά από τους Burrus και Dawson το 1970. Μια οπτική ίνα συζεύγνυται στο άκρο της LED με απόξεση της LED, προσαρμόζοντας την ίνα με εποξική ρητίνη. Η ίδια η LED είναι μια LED ετεροδομής με μία λεπτή ενεργό περιοχή χαμηλού ενεργειακού χάσματος η οποία περιβάλλεται από περιοχές μεγάλου ενεργειακού χάσματος. Τα φωτόνια που εκπέμπονται συζεύγνυται απ' ευθείας στην οπτική ίνα. Σε διάφορες δομές ένας μικροφακός τοποθετείται στη LED για να βελτιώσει την απόδοση σύζευξης.

Πλεονεκτήματα των LEDs

- ✓ Απόδοση: Τα LED παράγουν περισσότερο φως ανά watt συγκριτικά με της λάμπες πυράκτωσης.
- ✓ Χρώμα: Τα LED εκπέμπουν φως συγκεκριμένου χρώματος χωρίς την χρήση φίλτρων που απαιτούν οι παραδοσιακοί μέθοδοι φωτισμού. Είναι πιο αποδοτικά και χαμηλώνουν το αρχικό κόστος.
- ✓ Μέγεθος: Τα LED είναι πολύ μικρά (μικρότερα από 2mm) και μπορούν να τοποθετηθούν σε πινάκες αποτύπωσης.
- ✓ Χρόνος ON/OFF: Τα LED έχουν γρήγορη απόκριση. Μια τυπική κόκκινη LED μπορεί να έρθει σε κατάσταση πλήρους φωτεινότητας σε χρόνο microsecond. Τα LED που χρησιμοποιούνται ως συσκευές επικοινωνίας έχουν ακόμα μικρότερους χρόνους απόκρισης.
- ✓ Ψυχρό φως: Σε αντίθεση με τις κοινές πηγές φωτός, τα LED εκπέμπουν πολύ λίγη θερμότητα σε μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας που μπορεί να προκαλέσει ζημιά σε ευαίσθητα αντικείμενα ή κατασκευές. Η ενέργεια που χάνεται διαχέεται ως θερμότητα μέσω της βάσης του LED.
- ✓ Χρόνος ζωής: Τα LED έχουν μεγάλους χρόνους ζωής. Οι ώρες λειτουργίας τους κυμαίνονται από 35.000 έως 50.000 ώρες, αριθμός τεράστιος συγκριτικά με αυτόν των λαμπτήρων πυράκτωσης που κυμαίνεται από 1.000 έως 2.000 ώρες και των λαμπτήρων φθορισμού που κυμαίνεται από 10.000 έως 15.000 ώρες.

- ✓ Αντίσταση σε κραδασμούς: Τα LED, όντας στοιχεία στερεάς κατάστασης, είναι δύσκολο να υποστούν ζημιά από κραδασμούς όπως συμβαίνει με τις λάμπες πυράκτωσης και φθορισμού.
- ✓ Εστίαση: Τα LED μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να εστιάζουν το φως σε ένα συγκεκριμένο σημείο ή περιοχή. Οι λάμπες πυράκτωσης και φθορισμού απαιτούν ένα εξωτερικό ανακλαστήρα για να συλλέγει το φως και να το κατευθύνει με ένα χρήσιμο τρόπο.
- ✓ Τοξικότητα: Τα LED δεν περιέχουν υδράργυρο όπως οι λάμπες φθορισμού.

Μειονεκτήματα των LEDs

- ✓ Υψηλό αρχικό κόστος: Τα LED σήμερα είναι ακριβότερα στην αγορά τους απ' ότι οι κοινές τεχνολογίες φωτισμού. Όμως αυτό το κόστος αντισταθμίζεται με την χαμηλή κατανάλωση ενέργειας που έχουν.
- ✓ Εξάρτηση από τη θερμοκρασία: Η λειτουργία των LED έχει ισχυρή εξάρτηση από της θερμοκρασιακές συνθήκες που επικρατούν στον χώρο που τα περιβάλλει. Σε περιβάλλον υψηλών θερμοκρασιών, τα LED μπορούν να υπερθερμανθούν και να υποστούν ζημιά. Αυτός ο παράγοντας είναι πολύ σημαντικός αν σκεφτούμε ότι αυτοκινητιστικές, στρατιωτικές και ιατρικές εφαρμογές απαιτούν η συσκευή να λειτουργεί σε ένα επαρκώς μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και να είναι ανθεκτική στις βλάβες.
- ✓ Ευαισθησία στην Τάση: Τα LED είναι αρκετά ευαίσθητα στη τάση και κατ' επέκταση στο ρεύμα που τα τροφοδοτεί. Έτσι πολλές φορές χρησιμοποιούνται σειρές αντιστάσεων ή πηγές ελέγχου του ρεύματος.
- ✓ Ποιότητα φωτός: Τα περισσότερα ψυχρού λευκού LED έχουν φάσμα που διαφέρει σημαντικά από αυτό ενός ακτινοβολία μελανού σώματος όπως ο ήλιος ή ο λαμπτήρας πυράκτωσης. Αυτό σημαίνει ότι το χρώμα κάποιων αντικειμένων μπορεί να φαίνεται διαφορετικό κάτω από μια LED ψυχρού λευκού απ' ότι θα φαινόταν κάτω από το φως του ήλιου ή κάτω από μια λάμπα πυράκτωσης.
- ✓ Μόλυνση από το μπλε: Επειδή τα μπλε LED και αυτά του ψυχρού λευκού είναι πλέον ικανά να εκπέμπουν περισσότερο μπλε φως απ' ότι οι κοινές πηγές φωτός όπως οι λάμπες νατρίου υψηλής πίεσης, η ισχυρή εξάρτηση από το μήκος κύματος της σκέδασης Rayleigh σημαίνει ότι τα LED μπορούν να προκαλέσουν περισσότερη φωτορύπανση απ' ότι οι άλλες πηγές φωτός.

2.2.7 CPU

2.2.7.1 Εισαγωγή

Ο Μικροελεκτής (microcontroller) είναι ένας τύπος επεξεργαστή, ουσιαστικά μια παραλλαγή μικροεπεξεργαστή, ο οποίος μπορεί να λειτουργήσει με ελάχιστα εξωτερικά εξαρτήματα, λόγω των πολλών ενσωματωμένων υποσυστημάτων που διαθέτει. Χρησιμοποιείται ευρύτατα σε όλα τα ενσωματωμένα συστήματα (embedded systems) ελέγχου χαμηλού και μεσαίου κόστους, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται σε αυτοματισμούς, ηλεκτρονικά καταναλωτικά προϊόντα (από ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές έως παιχνίδια), ηλεκτρικές συσκευές και κάθε είδους αυτοκινούμενα τροχοφόρα οχήματα.

Διαφορές από τον μικροεπεξεργαστή

Στους σύγχρονους μικροεπεξεργαστές για μη ενσωματωμένα συστήματα (πχ τους μικροεπεξεργαστές των προσωπικών υπολογιστών), δίνεται έμφαση στην υπολογιστική ισχύ. Η ευελιξία ανάπτυξης διαφορετικών εφαρμογών είναι μεγάλη, καθώς η λειτουργικότητα του τελικού συστήματος καθορίζεται από τα εξωτερικά

περιφερειακά τα οποία διασυνδέονται με την κεντρική μονάδα (μικροεπεξεργαστή), η οποία δεν είναι εξειδικευμένη. Αντίθετα, στους μικροεπεξεργαστές για ενσωματωμένα συστήματα (μικροελεγκτές), οι οποίοι έχουν μικρότερες ή και μηδαμινές δυνατότητες συνεργασίας με εξωτερικά περιφερειακά, αυτού του είδους, η ευελιξία είναι περιορισμένη, καθώς και η υπολογιστική ισχύς. Οι μικροελεγκτές δίνουν έμφαση στο μικρό αριθμό ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που απαιτείται για τη λειτουργία μιας συσκευής, το χαμηλό κόστος και την εξειδίκευση.

Αναλυτικά, τα πλεονεκτήματα των μικροελεγκτών είναι:

- ✓ Αυτονομία, μέσω της ενσωμάτωσης σύνθετων περιφερειακών υποσυστημάτων όπως μνήμες και θύρες επικοινωνίας. Έτσι πολλοί Μικροελεγκτές δεν χρειάζονται κανένα άλλο ολοκληρωμένο κύκλωμα για να λειτουργήσουν.
- ✓ Η ενσωμάτωση περιφερειακών σημαίνει ευκολότερη υλοποίηση εφαρμογών λόγω των απλούστερων διασυνδέσεων. Επίσης, οδηγεί σε χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος, μεγιστοποιώντας τη φορητότητα και ελαχιστοποιεί το κόστος της συσκευής στην οποία ενσωματώνεται ο Μικροελεγκτής.
- ✓ Μεγαλύτερη αξιοπιστία, και πάλι λόγω των λιγότερων διασυνδέσεων.
- ✓ Μειωμένες εκπομπές ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών και μειωμένη ευαισθησία σε αντίστοιχες παρεμβολές από άλλες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές. Το πλεονέκτημα αυτό προκύπτει από το μικρότερο αριθμό και μήκος εξωτερικών διασυνδέσεων καθώς και τις χαμηλότερες ταχύτητες λειτουργίας.
- ✓ Περισσότεροι διαθέσιμοι ακροδέκτες για ψηφιακές εισόδους-εξόδους (για δεδομένο μέγεθος ολοκληρωμένου κυκλώματος), λόγω της μη δέσμευσής τους για τη σύνδεση εξωτερικών περιφερειακών. Μικρό μέγεθος συνολικού υπολογιστικού συστήματος. Η βασική αρχιτεκτονική των μικροελεγκτών δεν διαφέρει από αυτή των κοινών μικροεπεξεργαστών, αν και στους πρώτους είναι απαντάται συχνά η αρχιτεκτονική μνήμης τύπου Harvard, η οποία χρησιμοποιεί διαφορετικές αρτηρίες σύνδεσης της μνήμης προγράμματος και της μνήμης δεδομένων (πχ οι σειρές AVR από την Atmel και PIC από την Microchip).

2.2.7.2 Συνήθη υποσυστήματα

Στον μικροεπεξεργαστή, το ολοκληρωμένο κύκλωμα που τον αποτελεί περιέχει μόνο την Λογική και Αριθμητική Μονάδα (ALU), στοιχειώδεις καταχωρητές (registers), προσωρινή μνήμη RAM πολύ υψηλής ταχύτητας (cache memory) και, κάποιες φορές, τον ελεγκτή μνήμης (memory controller). Όμως, για τη λειτουργία ενός πλήρους ενσωματωμένου υπολογιστικού συστήματος, απαιτούνται πολλά εξωτερικά υποσυστήματα και περιφερειακά. Τέτοια είναι:

- ✓ Κύκλωμα συνδετικής λογικής (glue logic) για τη σύνδεση των εξωτερικών μνημών και άλλων περιφερειακών παράλληλης σύνδεσης στην αρτηρία δεδομένων (bus) του επεξεργαστή.
- ✓ Μνήμη προγράμματος (τύπου ROM, FLASH, EPROM κλπ) η οποία περιέχει το λογισμικό του συστήματος. Σε κάποια μοντέλα, είναι δυνατό το κλειδίωμα αυτής της μνήμης, μετά την εγγραφή της, ώστε να προστατευτεί το περιεχόμενό της από αντιγραφή.
- ✓ Μεγάλο μέγεθος μνήμης RAM.
- ✓ Μόνιμη μνήμη αποθήκευσης παραμέτρων λειτουργίας (τύπου EEPROM ή NVRAM) η οποία να μπορεί να γράφεται τον πυρήνα του μικροελεγκτή. Αυτή η μνήμη έχει, έναντι της FLASH, το πλεονέκτημα της δυνατότητας διαγραφής και εγγραφής οποιουδήποτε μεμονωμένου byte.

- ✓ Κύκλωμα αρχικοποίησης (reset).
- ✓ Διαχειριστή αιτήσεων διακοπής (interrupt request controller) από τα περιφερειακά.
- ✓ Κύκλωμα επιτήρησης τροφοδοσίας (brown-outdetection) το οποία παρακολουθεί την τροφοδοσία και αρχικοποιεί ολόκληρο το σύστημα όταν αυτή πέσει κάτω από τα ανεκτά όρια, προλαμβάνοντας έτσι την αλλοίωση των δεδομένων.
- ✓ Κύκλωμα επιτήρησης λειτουργίας (watchdogtimer) το οποίο αρχικοποιεί το σύστημα, αν αυτό εμφανίσει σημάδια δυσλειτουργίας λόγω κολλήματος (hang).
- ✓ Τοπικό ταλαντωτή για την παροχή παλμών χρονισμού (clock).
- ✓ Έναν ή περισσότερους χρονιστές - απαριθμητές υψηλής ταχύτητας (hardwaretimer-counter) για τη δημιουργία καθυστερήσεων, μέτρηση διάρκειας γεγονότων, απαρίθμηση γεγονότων και άλλων λειτουργιών ακριβούς χρονισμού.
- ✓ Ρολόι πραγματικού χρόνου (RealTimeClock, RTC) το οποίο τροφοδοτείται από ανεξάρτητη μπαταρία και γι' αυτό πρέπει να έχει πολύ χαμηλή κατανάλωση ρεύματος.
- ✓ Σειρά ανεξάρτητων ψηφιακών εισόδων και εξόδων (ParallelInput-Output, PIO).
- ✓ Γενικά, όλες οι οικογένειες μικροελεκτών ενσωματώνουν τα περισσότερα από τα παραπάνω περιφερειακά, με διαφοροποιήσεις κυρίως στην ύπαρξη ή μη εσωτερικής μνήμης προγράμματος και στο είδος της.

Έτσι, υπάρχουν:

- ✓ Μικροελεκτές χωρίς μνήμη προγράμματος, οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως ROM-less. Αυτοί παρέχουν πάντοτε μια παράλληλη αρτηρία (bus) δεδομένων, πάνω στην οποία συνδέονται εξωτερικές μνήμες προγράμματος και RAM. Τέτοιοι τύποι μικροελεκτών προορίζονται για πιο ισχυρά υπολογιστικά συστήματα ελέγχου, με μεγαλύτερες απαιτήσεις μνήμης.
- ✓ Μικροελεκτές με μνήμη ROM, η οποία κατασκευάζεται με το λογισμικό της (Mask ROM) ή γράφεται μόνο μια φορά (One Time Programmable, OTP). Παρέχουν τη δυνατότητα πολύ χαμηλού κόστους, όταν αγοράζονται σε πολύ μεγάλες ποσότητες.
- ✓ Μικροελεκτές με μνήμη FLASH, οι οποία μπορούν συνήθως να προγραμματιστεί πολλές φορές. Αυτή είναι η πιο διαδεδομένη κατηγορία. Συχνά ο προγραμματισμός της μνήμης μπορεί να γίνει ακόμη και πάνω στο κύκλωμα της ίδιας της ενσωματωμένης (embedded) εφαρμογής (δυνατότητα In Circuit Programming, ISP). Αυτοί οι Μικροελεκτές έχουν ουσιαστικά αντικαταστήσει τους παλαιότερους τύπους EPROM που έσβηναν με υπεριώδη ακτινοβολία (από το ειδικό τζαμάκι).

Ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζεται ένας Μικροελεκτής, μπορεί να περιέχει και:

- ✓ Μία ή περισσότερες ασύγχρονες σειριακές θύρες επικοινωνίας (Universal Asynchronous Receiver Transmitter, UART).
- ✓ Σύγχρονες σειριακές θύρες επικοινωνίας (πχ IC, SPI, Ethernet).
- ✓ Ολόκληρα υποσυστήματα για την άμεση υποστήριξη από υλικολογισμικό (firmware) των πιο σύνθετων πρωτοκόλλων επικοινωνίας όπως CAN, HDLC, ISDN, ADSL.
- ✓ Μονάδα άμεσης εκτέλεσης πράξεων κινητής υποδιαστολής (Floating Point Processing Unit, FPU), η οποία είναι πάντοτε πιο γρήγορη από την ALU του επεξεργαστή. Τέτοιες μονάδες χαρακτηρίζουν τους Μικροελεκτές με

δυνατότητες ψηφιακής επεξεργασίας σήματος (Digital Signal Processing, DSP). Τα τελευταία χρόνια, με την ευρύτατη διάδοση των φορητών συσκευών ήχου και εικόνας, παρατηρείται μια τάση σύγκλισης των μικροελεγκτών με τους DSP.

- ✓ Περισσότερες από μία εισόδους για μετατροπή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (Analog to Digital converter, ADC).
- ✓ Μετατροπέα ψηφιακού σε αναλογικό σήμα (Digital to Analog converter, DAC).
- ✓ Ελεγκτή οθόνης υγρών κρυστάλλων (Liquid Crystal Display, LCD).
- ✓ Υποσύστημα προγραμματισμού πάνω στο κύκλωμα (τύπου ISP, βλ. παραπάνω). Χάρη σε αυτό το κύκλωμα, είναι δυνατός ο επαναπρογραμματισμός (αναβάθμιση λογισμικού) της εφαρμογής, συνδέοντας στη συσκευή μια εξωτερική συσκευή προγραμματισμού (συνήθως σε θύρα UARTS-232) ή ακόμη και από το διαδίκτυο. Αυτή η δυνατότητα απαιτεί την προϋπαρξη λογισμικού υποδοχής (boots trap) μέσα στη μνήμη προγράμματος και επομένως δεν μπορεί να γίνει σε τελείως άδεια μνήμη προγράμματος.
- ✓ Υποσύστημα προγραμματισμού (τύπου ISP) και διάγνωσης (συνήθως είναι το καθιερωμένο πρότυπο JTAG). Χάρη σε αυτό, είναι δυνατός ο προγραμματισμός της μνήμης προγράμματος χωρίς να προαπαιτείται κάποιο πρόγραμμα υποδοχής. Γι αυτό το λόγο, είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στον αρχικό προγραμματισμό, πχ κατά τη συναρμολόγηση, ή σε περίπτωση σφάλματος (bug) στο λογισμικό υποδοχής το οποίο να καθιστά αδύνατη την κανονική αναβάθμιση.

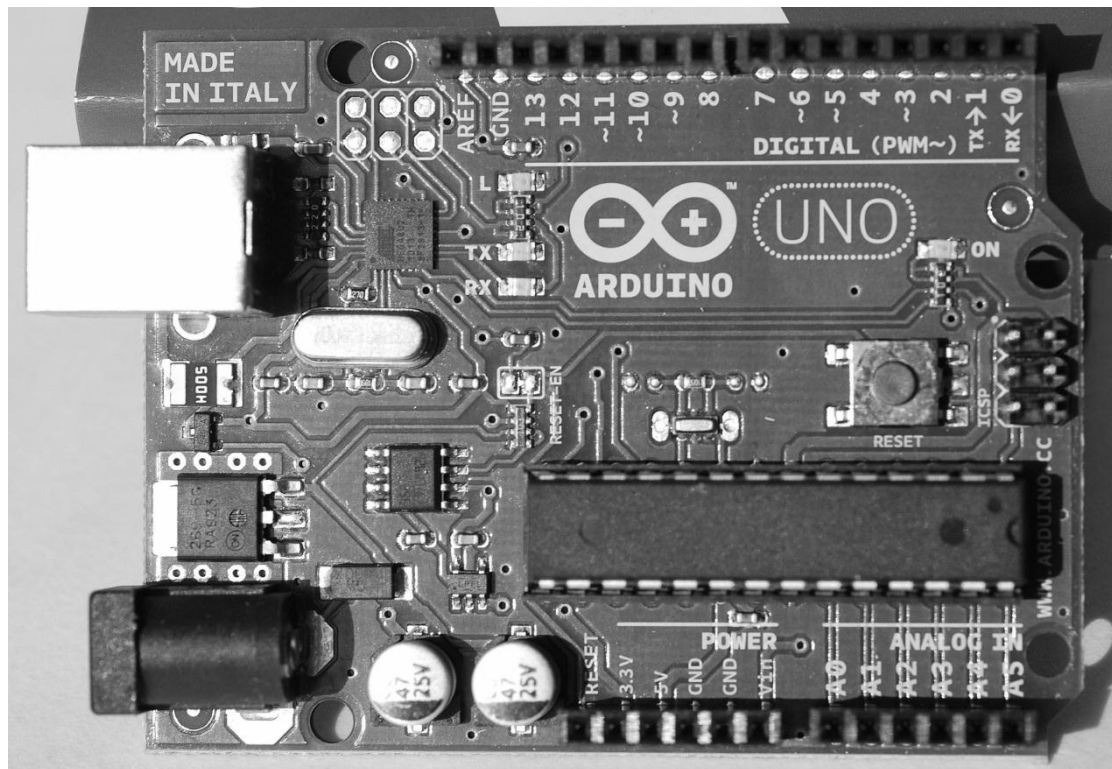
2.2.7.3 Πλατφόρμα Arduino

Το Arduino είναι μια υπολογιστική πλατφόρμα βασισμένη σε μια απλή μητρική πλακέτα με ενσωματωμένο μικροελεγκτή και εισόδους/εξόδους, και η οποία μπορεί να προγραμματιστεί με τη γλώσσα Wiring (ουσιαστικά πρόκειται για τη C++ με κάποιες μετατροπές). Το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ανεξάρτητων διαδραστικών αντικειμένων αλλά και να συνδεθεί με υπολογιστή μέσω προγραμμάτων σε Processing, Max/MSP, PureData, SuperCollider. Οι περισσότερες εκδόσεις του Arduino μπορούν να αγοραστούν προ-συναρμολογημένες-το διάγραμμα και πληροφορίες για το υλικό είναι ελεύθερα διαθέσιμα για αυτούς που θέλουν να συναρμολογήσουν το Arduino μόνοι τους.

2.2.7.4 Υλικό

Μία πλακέτα Arduino αποτελείται από ένα μικροελεγκτή Atmel AVR (ATmega328 και ATmega168 στις νεότερες εκδόσεις, ATmega8 στις παλαιότερες) και συμπληρωματικά εξαρτήματα για την διευκόλυνση του χρήστη στον προγραμματισμό και την ενσωμάτωση του σε άλλα κυκλώματα. Όλες οι πλακέτες περιλαμβάνουν ένα γραμμικό ρυθμιστή τάσης 5V και έναν κρυσταλλικό ταλαντωτή 128KHz-84MHz (ή κεραμικό αντηχητή σε κάποιες παραλλαγές). Ο Μικροελεγκτής είναι από κατασκευής προγραμματισμένος με ένα bootloader, έτσι ώστε να μην χρειάζεται εξωτερικός προγραμματιστής. Γενικά όλες οι πλακέτες είναι προγραμματισμένες μέσω μιας σειριακής σύνδεσης RS-232, αλλά ο τρόπος με τον οποίο αυτό υλοποιείται ποικίλλει ανάλογα με την έκδοση. Οι σειριακές πλακέτες Arduino περιέχουν ένα απλό κύκλωμα αντιστροφής για την μετατροπή ανάμεσα στα σήματα των επιπέδων RS-232 και TTL. Οι πλακέτες Arduino που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά, συμπεριλαμβανόμενης και του UNO, προγραμματίζονται μέσω USB, εφαρμόζοντας ένα τσίππροσαρμογέα USB-to-serial όπως το FTDI FT232.

Κάποιες παραλλαγές, όπως το Arduino mini και το ανεπίσημο Boarduino, χρησιμοποιούν προσαρμογέα USB-to-serial σε μορφή πλακέτας ή καλωδίου.



Εικόνα 2.14 Σχήμα Arduino UNO

Η πλακέτα του Arduino έχει εκτεθειμένες τις περισσότερες επαφές εισόδου/εξόδου για χρήση με άλλα κυκλώματα. Το UNO, για παράδειγμα, παρέχει 13 ψηφιακές επαφές εισόδου/εξόδου, από τις οποίες οι 6 μπορούν να παράξουν σήματα PWM, και 5 αναλογικές εισόδους. Αυτές οι επαφές είναι διαθέσιμες στην κορυφή της πλακέτας μέσω θηλυκών συνδέσεων μεγέθους 0,1 ιντσών. Διάφορες plug-in πλακέτες εφαρμογών γνωστές σαν “shields” είναι, επίσης, διαθέσιμες στο εμπόριο. Οι συμβατές με το Arduino πλακέτες Barebones και Boarduino διαθέτουν αρσενικές επαφές στην κάτω πλευρά της πλακέτας για να μπορούν να συνδεθούν με πλακέτες που δεν χρειάζονται συγκολλήσεις.

2.2.7.5 Λογισμικό

Το IDE του Arduino είναι γραμμένο σε Java και μπορεί να τρέξει σε πολλαπλές πλατφόρμες. Περιλαμβάνει επεξεργαστή κώδικα (επεξεργαστή κειμένου με διάφορα εύχρηστα εργαλεία) και μεταγλωττιστής και έχει την ικανότητα να φορτώνει εύκολα το πρόγραμμα μέσω σειριακής θύρας από τον υπολογιστή στην πλακέτα. Το περιβάλλον ανάπτυξης είναι βασισμένο στην Processing, ένα περιβάλλον ανάπτυξης σχεδιασμένο να εισαγάγει στον προγραμματισμό καλλιτέχνες μη εξοικειωμένους με την ανάπτυξη λογισμικού. Η συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού προέρχεται από την Wiring, μια γλώσσα που μοιάζει με την C η οποία παρέχει παρόμοια λειτουργικότητα για μια πιο περιορισμένης σχεδίασης πλακέτα, της οποίας το περιβάλλον ανάπτυξης βασίζεται επίσης στην Processing.

2.3 Χρήση σύγχρονων μηχανολογικών εξαρτημάτων

2.3.1 Γρανάζια

Τα γρανάζια είναι μηχανικά εξαρτήματα που αποτελούνται από κυκλικούς οδοντωτούς δίσκους κάποιου πάχους. Έχουν διάφορα σχήματα, μεγέθη και αριθμό δοντιών. Αυτό εξαρτάται από την χρήση του εξαρτήματος, δηλαδή αν θα είναι γρανάζι για μετάδοση κίνησης σε κιβώτιο ταχυτήτων ή αν θα είναι γρανάζι για μετάδοση κίνησης σε ένα διαφορικό. Τα γρανάζια μπορούν να βελτιωθούν σε απόδοση χρησιμοποιώντας πιο σύγχρονα υλικά. Δεν πρέπει να ξεχνάμε τις μηχανικές απώλειες της τριβής που φθείρει τα εξαρτήματα συνεπώς με κατάλληλα λιπαντικά μπορούμε να μειώσουμε αυτές τις δυνάμεις.

2.3.2 Έδρανα

Έδρανα είναι τα στοιχεία της μηχανής στα οποία στηρίζονται οι άξονες, οι άτρακτοι και οι πείροι, ώστε να είναι εφικτή η περιστροφή τους, ενώ παράλληλα μεταβιβάζουν τα φορτία των στην βάση της μηχανής. Μία ξεχωριστή κατηγορία εδράνων είναι τα γραμμικά έδρανα, τα οποία επιτρέπουν την γραμμική σχετική κίνηση των κινούμενων μερών.

Τα έδρανα ταξινομούνται:

- ✓ Ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους, σε έδρανα ολίσθησης και έδρανα κύλισης
- ✓ Ανάλογα με την διεύθυνση των μεταβιβαζομένων φορτίων, σε έδρανα αξονικά και έδρανα ακτινικά
- ✓ Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους, σε έδρανα σταθερά και έδρανα αυτορυθμιζόμενα

Ο πιο διαδεδομένος τύπος εδράνου είναι τα έδρανα τριβής, με ή χωρίς λίπανση. Στην πιο απλή τους μορφή τα έδρανα αυτά είναι απλώς μία κυκλική οπή στο εσωτερικό της οποίας στρέφεται ένας πείρος. Συνήθη, απλά παραδείγματα εδράνων αυτού του τύπου είναι οι μεντεσέδες στις πόρτες και τα παράθυρα, ή οι αρθρώσεις των κινητών μερών (κεραίες, μπράτσα, μπούμες), στα μηχανήματα έργου (εκσκαφείς, γερανοί κλπ) και στα γεωργικά μηχανήματα. Το τμήμα του άξονα ή της ατράκτου που έρχεται σε επαφή με το έδρανο ονομάζεται "στροφέας". Οι στροφείς συνήθως είναι κατάλληλα λειασμένοι ώστε να μειώνεται η τριβή και η φθορά στο έδρανο. Για τον ίδιο λόγο εξάλλου συνηθίζεται στις περισσότερες περιπτώσεις η χρήση κάποιου λιπαντικού (λάδι, γράσο κλπ). Τα έδρανα που χρησιμοποιούνται στις διάφορες μηχανές κατασκευάζονται με γνώμονα την ασφαλή παραλαβή των φορτίων των αξόνων, την αξιόπιστη λειτουργία, τον μεγάλο χρόνο ζωής, την μειωμένη τριβή, την ακρίβεια στην περιστροφική κίνηση, την μειωμένη απαίτηση συντήρησης και την ελαχιστοποίηση του κατασκευαστικού κόστους. Η σπουδαιότητα των απαιτήσεων αυτών εξαρτάται από την εκάστοτε εφαρμογή. Έτσι, μπορεί άλλοτε να απαιτείται υψηλή φέρουσα ικανότητα (οι τροχοί μιας αμαξοστοιχίας), άλλοτε υψηλή ακρίβεια στην περιστροφική κίνηση (τα έδρανα ενός σκληρού δίσκου) και άλλοτε υψηλή αξιοπιστία με μηδενική συντήρηση (διαστημικές εφαρμογές). Για να καλυφθούν οι απαιτήσεις των διαφόρων εφαρμογών, έχουν αναπτυχθεί πολλοί τύποι εδράνων, που διαφέρουν κατά το σχήμα, το υλικό, την λίπανση, την αρχή λειτουργίας τους, και τα λοιπά χαρακτηριστικά τους.

Κινήσεις

Κοινές κινήσεις που επιτρέπονται από τα έδρανα είναι οι εξής:

- ✓ αξονική περιστροφή (axial rotation) π.χ. περιστροφή του άξονα

- ✓ γραμμική κίνηση (linear motion) π.χ. συρτάρι
- ✓ σφαιρικό περιστροφή (spherical rotation) π.χ. Ρουλεμάν σε κλείδωση
- ✓ εξαρτώμενη κίνηση (hinge motion) π.χ. πόρτα, αγκώνας, γόνατο

Τριβή

Το να μειώσεις την τριβή στα έδρανα είναι συχνά σημαντική και για την αποτελεσματικότητα, να μειώσει τη φθορά, να διευκολυνθεί την εκτεταμένη χρήση σε υψηλές ταχύτητες και να αποφεύγεται η υπερθέρμανση και η πρόωρη αποτυχία του εδράνου. Ουσιαστικά, ένα έδρανο μπορεί να μειώσει την τριβή λόγω του σχήματος του, από το υλικό του, ή εισάγοντας ένα ρευστό μεταξύ των επιφανειών ή διαχωρίζοντας τις επιφάνειες με ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο.

- ✓ Από το σχήμα, κερδίζει πλεονέκτημα συνήθως με τη χρήση σφαιρών ή κυλίνδρων, ή με σχηματισμό εύκαμπτα έδρανα (flexure bearings).
- ✓ Από το υλικό, εκμεταλλευόμενο την ίδια τη φύση του υλικού του εδράνου. (Ένα παράδειγμα θα ήταν να χρησιμοποιούν πλαστικά που έχουν χαμηλή επιφανειακή τριβή.)
- ✓ Από ρευστό, εκμεταλλευόμενο το χαμηλό ιξώδες από ένα στρώμα ρευστού, όπως ένα λιπαντικό ή ως ένα πεπιεσμένο μέσο να διατηρήσει τους δύο στερεά μέρη να έρθουν σε επαφή.
- ✓ Από πεδία, εκμεταλλευόμενο ηλεκτρομαγνητικά πεδία, όπως τα μαγνητικά πεδία, για να κρατήσει στερεά μέρη να έρθουν σε επαφή.

Συνδυασμοί από αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμη και εντός του ίδιου του εδράνου. Ένα παράδειγμα αυτού είναι όταν ο κλωβός, που διαχωρίζει τους κυλίνδρους από τις σφαίρες, και είναι κατασκευασμένο από πλαστικό και μειώνουν την τριβή με το σχήμα και το φινίρισμα τους.

Φορτία

Τα ρουλεμάν ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό πάνω από το μέγεθος και τις κατευθύνσεις των δυνάμεων που μπορούν να υποστηρίξουν. Δυνάμεις μπορούν να είναι κατά κύριο λόγο ακτινικά, αξονική (ωστικά έδρανα - thrust bearings) ή ροπές κάμψεως (bending moments) κάθετα προς τον κύριο άξονα.

Ταχύτητες

Διαφορετικοί τύποι ρουλεμάν έχουν διαφορετικά όρια ταχύτητας λειτουργίας. Ταχύτητα τυπικά ορίζεται ως μέγιστη σχετική επιφανειακές ταχύτητες, συχνά ορίζεται ft / s ή m / s . Περιστροφικά έδρανα περιγράφουν τυπικά επιδόσεις από την άποψη του προϊόντος $D \cdot N$ όπου D είναι η διάμετρος (συνήθως σε mm) του εδράνου και N είναι ο ρυθμός περιστροφής σε στροφές ανά λεπτό (rpm). Σε γενικές γραμμές, υπάρχει σημαντική κάλυψη μεταξύ ενός εύρους στροφών που φέρουν τους τύπους. Απλά έδρανα χρησιμοποιούνται συνήθως για χαμηλότερες ταχύτητες, τα κυλινδρικά έδρανα είναι πιο γρήγορα, καθώς και τα ρουλεμάν για ρευστά και τελικά μαγνητικά έδρανα που περιορίζονται τελικά από την κεντρομόλο δύναμη υπερβαίνοντας την αντοχή των υλικών.

Δυσκαμψία

Μια δεύτερη πηγή κίνησης είναι η ελαστικότητα του ίδιου του εδράνου. Για παράδειγμα, οι σφαίρες σε ένα ρουλεμάν είναι σαν άκαμπτο καουτσούκ, και κάτω από το φορτίο παραμορφώνονται από στρογγυλό σε ένα ελαφρώς πεπλατυσμένο σχήμα. Ο δακτύλιος είναι επίσης ελαστικός και αναπτύσσει ένα μικρό βαθούλωμα, που πιέζονται από τις σφαίρες. Η δυσκαμψία ενός εδράνου είναι το πώς η απόσταση μεταξύ των τμημάτων του, που διαχωρίζονται από το έδρανο, ποικίλει ανάλογα με το εφαρμοζόμενο φορτίο. Σε κυλινδρικά έδρανα εξαρτάται από το υλικό κατασκευής. Σε έδρανα για ρευστά αυτό οφείλεται στην πίεση του ρευστού και ποικίλλει ανάλογα με

το διάκενο (όταν φορτωθεί σωστά, τα έδρανα για ρευστά είναι τυπικά πιο άκαμπτα από τα κυλινδρικά έδρανα).

2.4 Χρήση εξελιγμένων ηλεκτρονικών διατάξεων

2.4.1 Εισαγωγή

Για την βελτιστοποίηση των συστημάτων μπορεί να χρησιμοποιηθούν εξελιγμένα controller δηλαδή μικρό ελεγκτές. Που να κάνουν καλύτερη ρύθμιση του συστήματος μέσω feedback, δηλαδή βρόχων ανατροφοδότησης. Επιπλέον, με τις νέες τεχνολογίες που έχουν ενσωματωμένες λειτουργίες, όπως PWM, ADC, DAC, γρήγορο σκρολάρισμα, μπορούμε να πετύχουμε απλότητα αξιοπιστία και βελτίωση της απόδοσης. Ακόμα, με τις ενεργειακές κλάσεις και τις ρυθμίσεις ενεργειακής εξοικονόμησης ισχύος μέσω των λειτουργιών interrupt.

2.4.2 Μετατροπéας DC-AC

Είναι μια συσκευή που πραγματικά ανέτρεψε τα πάντα σε ολόκληρο τον τομέα των κινητήρων AC. Αυτό έγινε επειδή έφερε επανάσταση στον έλεγχο στροφών και εξοικονόμησης ενέργειας σε όλες της εφαρμογές που φέρουν κινητήρες. Με την χρήση αυτής της διάταξης μπορούμε να πετύχουμε απόδοση εως 98% και εξοικονόμηση ενέργειας εως 90%. Επιπλέον, μπορούμε να διαχειριστούμε την ηλεκτρική ενέργεια προς δύο κατευθύνσεις. Η μία κατεύθυνση είναι από την πηγή στην κατανάλωση (ανεμογεννήτρια – inverter – δίκτυο) και η άλλη από την κατανάλωση στην πηγή (ηλεκτρικό αυτοκίνητο δυναμική πέδι – inverter – πηγή).

2.4.3 Μετατροπéας AC-DC

Σε πολύ μεγάλο βαθμό οι συσκευές μας κατακλείονται από ανορθωτές που κατά κύριο λόγο μετατρέπουν το AC σε DC. Πλέον αυτό μπορεί να γίνει είτε με μη ελεγχόμενες είτε με ελεγχόμενες γέφυρες. Η απόδοση ποικίλλει ανάλογα με τις απαιτήσεις. Σε απαιτητικές εφαρμογές πρέπει να γίνεται η χρήση passive colling και σε πολύ ακραίες καταστάσεις active colling συστήματα ψύξης. Επίσης, πρέπει να γίνεται σωστά η διαστασιολόγηση και η επιλογή των κατάλληλων υλικών ανάλογα με την περίπτωση.

2.4.4 Μετατροπéας AC-AC

Πολλά φορτία που έχουν πολύ μεγάλη ισχύ είναι δύσκολο να διαχειριστούμε τα τεράστια ρεύματα εκκίνησης που μπορεί να φτάσουν και 30 εως 150 φορές το ρεύμα λειτουργίας. Για αυτό το λόγο οι διατάξεις αυτές χρησιμοποιούνται για ομαλή εκκίνηση ώστε να μην έχουμε απώλειες ισχύος. Η βελτιστοποίηση είναι αρκετά μεγάλη άρα και η απόδοση.

2.4.5 Σταθεροποιητές

Πολλές συσκευές έχουν πηνία ή πυκνωτές με αποτέλεσμα να έχουμε αυξομειώσεις στην τάση της πηγής μας. Αυτό συνεπάγεται ότι έχουμε απώλειες ενέργειας υπό την μορφή άεργος ισχύος. Πλέον με διάφορες διατάξεις που ονομάζονται σταθεροποιητές μπορούμε να περιορίσουμε αυτές τις απώλειες. Επίσης στις ηλεκτρονικές συσκευές λειτουργούν με συγκεκριμένα επίπεδα τάσης για αυτόν τον λόγο χρησιμοποιούμε stability για να έχουμε μια σταθερή ροή ισχύος ώστε να έχουμε πάντα μέγιστη απόδοση.

2.4.6 Μέθοδοι ελαχιστοποίησης των απωλειών ηλεκτρικών μηχανών Σχεδίαση της μηχανής

Η σχεδίαση της μηχανής γίνεται πλέον με ακριβέστερες μεθόδους όπως η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων και έτσι επιτυγχάνετε η βελτιστοποίηση της. Ακόμα για την κατασκευή της μηχανής χρησιμοποιούνται καλύτερα υλικά και σχεδιάζονται αποδοτικότερα συστήματα ψύξης.

Στην βελτιστοποίηση των κυματομορφών

Στους κινητήρες συνεχούς ρεύματος χρησιμοποιούνται φίλτρα για εξομάλυνση του ρεύματος. Η εξομάλυνση του ρεύματος μειώνουν τις απώλειες σιδήρου και τις απώλειες χαλκού. Η κατασκευή οδηγών βαθμίδων ισχύος με chopper μειώνετε σημαντικά την εμφάνιση άεργου ισχύος στις γραμμές μεταφοράς. Ακόμη η χρήση ταχέων thyristor, transistor, mosfet και igbt ισχύος κάνει δυνατή την αύξηση της συχνότητας λειτουργίας των οδηγών στις βαθμίδες ισχύος χωρίς επιπλέον απώλειες με αποτέλεσμα την ευκολότερη εξομάλυνση ρεύματος.

Στην εφαρμογή των αρχών του αυτομάτου ελέγχου

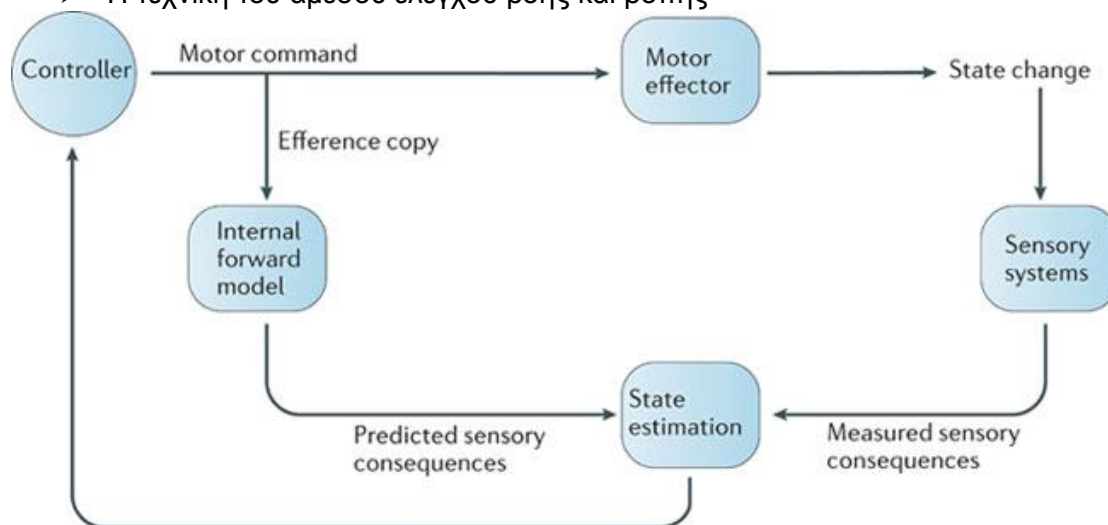
Εφαρμόζοντας τις αρχές του βέλτιστου ελέγχου σχεδιάζονται ελεγκτές που επιτρέπουν την μείωση των απωλειών των μηχανών. Έχουμε δυο μεθόδους: η πρώτη είναι η μείωση των απωλειών κατά την διάρκεια μιας κίνησης της μηχανής με συγκεκριμένη μορφή και δεύτερων η μειώσει των απωλειών στην μόνιμη κατάσταση.

Σύγχρονες τεχνικές ελέγχου ηλεκτρικών μηχανών

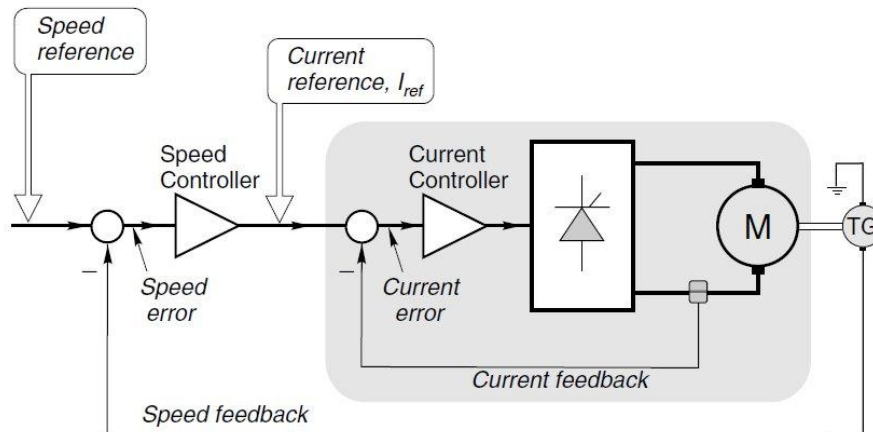
Κάθε σύστημα ηλεκτρικής κίνησης χρησιμοποιεί ανάλογα συστήματα ελέγχου, τα οποία έχουν ως στόχο τον ακριβή και αυτοματοποιημένο έλεγχο της μηχανής, τη βέλτιστη απόκριση του συστήματος, τη λειτουργία με υψηλό

Τεχνικές ελέγχου είναι οι εξής:

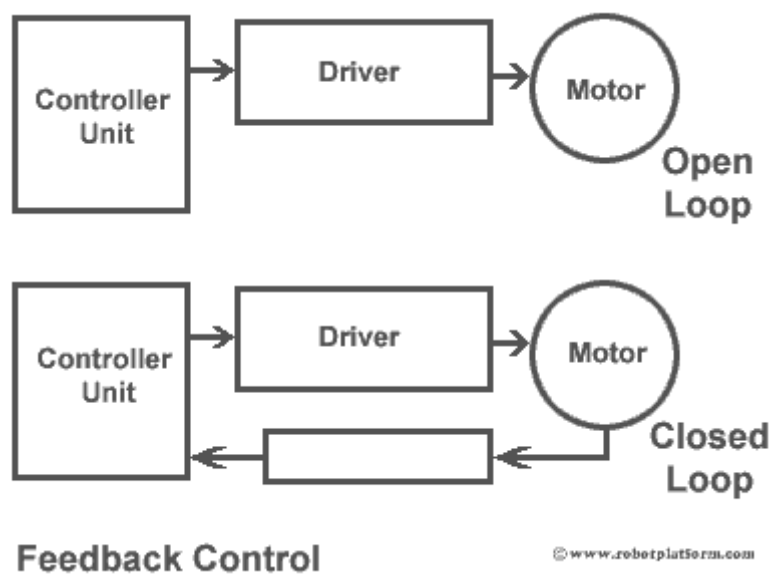
- Ο μονόμετρος έλεγχος
- Ο διανυσματικός έλεγχος με προσανατολισμό πεδίου
- Η τεχνική του άμεσου ελέγχου ροής και ροπής



Εικόνα 2.15 Σχήμα σύστημα κλειστού βρόχου



Εικόνα 2.16 Σχήμα πραγματικό κύκλωμα ανατροφοδότησης



Εικόνα 2.17 Σχήμα ανοιχτός βρόχος και κλειστός βρόχος

Μονόμετρος έλεγχος

Η πρώτη προσέγγιση είναι ο μονόμετρος έλεγχος. Η πλέον καθιερωμένη τεχνική που εμπίπτει σε αυτή την κατηγορία είναι ο έλεγχος με προδιαγεγραμμένο λόγο τάσης προς συχνότητα τροφοδοσίας (V/f). Έτσι, το μέτρο της τάσης τροφοδοσίας της μηχανής χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της μαγνητικής ροής εντός της μηχανής και η συχνότητα της τάσης. Αυτό όμως δεν είναι απόλυτα ορθό και ακριβές, αφού τόσο η ροπή όσο και η μαγνητική ροή είναι αμφοτερές συναρτήσεις τόσο της συχνότητας όσο και του πλάτους της τάσης τροφοδοσίας. Συγκεκριμένα αυξάνοντας τη συχνότητα της τάσης τροφοδοσίας μεταβάλλουμε τη σύγχρονη ταχύτητα για τη μηχανή, δηλαδή την ταχύτητα περιστροφής του κύματος μαγνητικής ροής εντός της. Το αποτέλεσμα είναι ο έλεγχος να μην έχει τα αναμενόμενα αποτελέσματα και τα επιθυμητά χαρακτηριστικά, ενώ ορισμένες φορές το σύστημα οδηγείται σε αστάθεια. Λόγω του παραπάνω φαινομένου η τεχνική ελέγχου είναι δυνατόν να εφαρμοστεί η τεχνική Ημιτονοειδούς Διαμόρφωσης Εύρους Παλμών (SPWM) για τον έλεγχο του αντιστροφέα. Η τεχνική αυτή προσφέρει μειωμένη αρμονική παραμόρφωση στα ρεύματα της μηχανής, αφού οι αρμονικές συνιστώσες περιορίζονται σε συχνότητες. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε εφαρμογών όπως ανεμιστήρες, αντλίες.

Διανυσματικός Έλεγχος με Προσανατολισμό Πεδίου

Ο διανυσματικός έλεγχος, όπως φανερώνει και η ονομασία του, έχει ως κεντρική ιδέα τον έλεγχο του διανύσματος των ελεγχόμενων μεταβλητών. Ο διανυσματικός έλεγχος με προσανατολισμό πεδίου, αποτελεί την λύση στο εγγενές πρόβλημα που εμφανίζει ο έλεγχος των ηλεκτρικών μηχανών επαγωγής, το οποίο από την μορφή των εξισώσεων του μοντέλου. Η από σύζευξη αυτή απορρέει από τις εξισώσεις του μοντέλου για τις συνθήκες του προσανατολισμού και παραμένει πλήρης για όσο χρόνο διατηρείται ο προσανατολισμός Αυτή η ιδιότητα αποτελεί το κυριότερο πλεονέκτημα του διανυσματικού ελέγχου με προσανατολισμό πεδίου, αφού επιτρέπει τον έλεγχο μιας μηχανής επαγωγής βραχυκυκλωμένου δρομέα σαν να ήταν μηχανή συνεχούς ρεύματος ξένης διέγερσης. Τα συστήματα ηλεκτρικής κίνησης που χρησιμοποιούν την εν λόγω τεχνική ελέγχου χαρακτηρίζονται από την υψηλή τους απόδοση και την μεγάλη ακρίβεια στη ρύθμιση της ταχύτητας και της μαγνητικής. Τα μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι η ιδιαίτερα μεγάλη υπολογιστική πολυπλοκότητα. Σημαντικό πλεονέκτημα της συγκεκριμένης τεχνικής είναι η εξοικονόμηση ενέργειας

Άμεσος Έλεγχος Ροής και Ροπής

Ο άμεσος έλεγχος ροπής και ροής Αποτελεί μια προηγμένη τεχνική. Η τεχνική αυτή δεν λαμβάνει τις εξισώσεις του μοντέλου. Η λειτουργία ενός συστήματος που χρησιμοποιεί τον άμεσο έλεγχο ροπής και ροής είναι αυτορρυθμιζόμενη και μπορεί χωρίς πρόβλημα να επεκταθεί και στα τέσσερα τεταρτημόρια και στην περιοχή εξασθένισης πεδίου. Μειονέκτημα είναι ότι ο έλεγχος εντός ζώνης υστέρησης προκαλεί διακύμανση της ροπής. Αν η μηχανή δεν λειτουργεί με την μέγιστή της ροπή τότε η μηχανή εμφανίζει μικρότερη κατανάλωση με το ίδιο μηχανικό αποτέλεσμα.

3 Κεφάλαιο

“Εξοικονόμηση ενέργειας συστημάτων κίνησης”

3.1 ΑΠΕ

3.1.1 Φωτοβολταϊκά (ΦΒ) συστήματα

Η βασική πηγή ενέργειας της Γης είναι η ενέργεια που, με τη μορφή της ηλιακής ακτινοβολίας, εκπέμπεται από τον Ήλιο προς τη Γη. Έχει την ιδιότητα να διατηρεί τη θερμοκρασία της Γης, να τροφοδοτεί τις άλλες πηγές ενέργειας, όπως και διαμέσου της φωτοσύνθεσης να παρέχει την δυνατότητα ύπαρξης και διατήρησης των φυτών και κατ' επέκταση των υπολοίπων ζωντανών οργανισμών. Η ηλιακή ακτινοβολία γίνεται αισθητή και μέσω της θερμότητας και έτσι εξηγείται η χρήση της από τον άνθρωπο.

Στα σημερινά χρόνια η εξασφάλιση των ενεργειακών μας αναγκών και κυρίως της ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ σημαντική για τη ζωή μας. Δυστυχώς η τεράστια αύξηση των ενεργειακών εφαρμογών δημιουργεί σημαντικά προβλήματα στο περιβάλλον και την ατμόσφαιρα που περιβάλλει την Γη. Για το περιβάλλον ένα ακόμα πολύ σημαντικό πρόβλημα είναι η χρήση μεγάλων ποσοτήτων συμβατικών καυσίμων, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως είναι το πετρέλαιο και ο λιγνίτης. Το πιο ανησυχητικό αποτέλεσμα της τεράστιας χρήσης των συμβατικών καυσίμων είναι η έλλειψη τους. Μία από τις πολλές λύσεις για την έλλειψη καυσίμων, που αφορά κάθε νοήμων ον, είναι η ανάπτυξη των τεχνολογιών εκμετάλλευσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Επιπρόσθετα, μια λύση στα περιβαλλοντικά προβλήματα είναι η εκμετάλλευση της παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος κατευθείαν από την ηλιακή ενέργεια. Διαπιστώσαμε ότι η ηλιακή ακτινοβολία αλλάζει τις ιδιότητες κάποιων υλικών, κυρίως των ημιαγωγών. Συγκεκριμένα, όταν φωτίζονται έχουν την ιδιότητα να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα, βάσει του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Η διάταξη στην οποία, σε ένα κομμάτι ημιαγωγίου υλικού έχουν τοποθετηθεί δύο ηλεκτρόδια, στις άκρες των οποίων λαμβάνεται το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα, ονομάζεται φωτοβολταϊκό στοιχείο.

Το σύστημα που χρησιμοποιεί την ηλιακή ακτινοβολία για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος ονομάζεται φωτοβολταϊκό σύστημα (ΦΒ). Είναι δυνατή η χρήση ΦΒ συστημάτων σε υποδομές (κτίρια, εργοστάσια, εγκαταστάσεις) που λειτουργούν την ημέρα και ταυτόχρονα σε περιοχές με μεγάλη ηλιοφάνεια. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε μια αυτοκινητοβιομηχανία για να λειτουργήσουν όλα τα στάδια παραγωγής με ηλιακή ενέργεια με επιθυμητό αποτέλεσμα να εξοικονομηθεί ενέργεια από το περιβάλλον. Επιπλέον, θα μπορεί να αποθηκεύεται περίσσεια ενέργειας σε μεγάλες διατάξεις συσσωρευτών, η οποία θα αξιοποιείται σε περιόδους συννεφιάς.

3.1.2 Το Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο

Το φως είναι ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα το οποίο μετατρέπεται από το μυαλό του ανθρώπου σε υλικό κόσμο. Ο Planck αναφέρθηκε στην σωματιδιακή φύση του φωτός και ονόμασε τα στοιχειώδη σωματίδια από τα οποία αποτελείται *quanta* φωτός. Το ηλιακό φως αποτελείται από φωτόνια. Τα φωτόνια περιέχουν διαφορετικά ποσά ενέργειας ανάλογα με το μήκος κύματος. Τα φωτόνια με μεγάλη ενέργεια είναι αυτά που παράγουν το ηλεκτρικό ρεύμα.

3.1.3 Φωτοβολταϊκό Συστημα Παραγωγης

Ένα φωτοβολταϊκό παράγει περιορισμένη ενέργεια. Για να παράγουμε περισσότερη ενέργεια συνδέουμε πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία μαζί σχηματίζοντας μία γεννήτρια.

Για λόγους μηχανικής αντοχής τα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν ενσωματωμένα στο περίγραμμά τους μεταλλικά ελάσματα ανοδιωμένου αλουμινίου και για λόγους προστασίας είναι αεροστεγώς και υδατοστεγώς κλεισμένα σε ειδικό τζάμι με ειδικά μονωμένα πλαστικά. Το άθροισμα της ισχύος των φωτοβολταϊκών στοιχείων που αποτελούν την γεννήτρια ισούται με τη συνολική ηλεκτρική ισχύ της γεννήτριας. Σε εγκαταστάσεις παραγωγής μεγάλης ποσότητας ηλεκτρικής ισχύος απαιτείται η χρήση πολλών φωτοβολταϊκών. Διατάσσονται στο χώρο ώστε να μην προκαλούνται προβλήματα σκίασης μεταξύ των διαφορετικών σειρών των φωτοβολταϊκών. Έτσι λοιπόν οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες πρέπει να τοποθετηθούν σε παράλληλες σειρές και σε απόσταση μεταξύ τους. Η σκίαση λοιπόν που δημιουργείται μεγαλώνει όσο αυξάνει η γωνία τοποθέτησης των πλαισίων. Οι γεννήτριες παράγουν πάντα ηλεκτρικό ρεύμα συνεχούς τάσης, το οποίο είτε χρησιμοποιείται κατευθείαν είτε μετατρέπεται σε ηλεκτρικό ρεύμα εναλλασσόμενης τάσης. Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία απευθείας σε ηλεκτρικό ρεύμα συνεχούς τάσης. Όπως αναφέραμε παραπάνω, μετατρέπουν οι από πυρίτιο κατασκευασμένες φωτοβολταϊκές κυψέλες το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι γεννήτριες ποικίλουν σε διαστάσεις και ονομαστικές τιμές ισχύος. Μία φωτοβολταϊκή γεννήτρια αποτελείται από πολλά κελιά. Στις εγκαταστάσεις συνδέονται πολλές γεννήτριες μεταξύ τους σε σειρά. Ανάλογα με τον τύπο του χρησιμοποιούμενου πυριτίου, οι γεννήτριες χωρίζονται κυρίως σε μονοκρυσταλλικές ή πολυκρυσταλλικές άμορφου πυριτίου.

3.1.4 Ονομαστικές συνθήκες

Η ισχύς των Φ/Β panels, δίνεται σαν μέγιστη ισχύς από τους κατασκευαστές σε κάποιες συνθήκες οι οποίες ονομάζονται «τυποποιημένες συνθήκες ελέγχου».

3.1.5 Απώλειες Γεννητριών:

- ✓ Θερμικές απώλειες
- ✓ Απώλειες κακού συνδυασμού
- ✓ Απώλειες λόγω ρύπανσης των πλαισίων
- ✓ Απώλειες λόγω κακής ποιότητας του πλαισίου
- ✓ Ωμικές απώλειες καλωδίωσης
- ✓ Απώλειες λόγω των διόδων προστασίας
- ✓ Απώλειες αντανάκλασης λόγω του “τροποποιητή της γωνίας πρόσπτωσης”
- ✓ Απώλειες γήρανσης
- ✓ Το μέγιστο των απωλειών αφορούν οι θερμικές απώλειες.

3.1.6 Αιολικά συστήματα

Οι άνεμοι που μετακινούνται με ταχύτητα από περιοχή σε περιοχή και οφείλονται στην ανομοιόμορφη θέρμανση της Γης από ακτινοβολία. Η αιολική ενέργεια είναι η ενέργεια του ανέμου που προέρχεται από τη μετακίνηση αερίων μαζών της ατμόσφαιρας. Η αιολική δύναμη μπορεί να καλύψει ένα μεγάλο μέρος των ηλεκτρικών αναγκών. Η κινητική ενέργεια των ανέμων είναι τόση που με βάση τη σημερινή τεχνολογία εκμετάλλευσής της, θα μπορούσε να καλύψει πάνω από δύο φορές τις ανάγκες της ανθρωπότητας σε ηλεκτρική ενέργεια. Η πετρελαϊκή κρίση φέρνει ξανά στο προσκήνιο τις ΑΠΕ και την αιολική ενέργεια. Στο διάστημα αυτό

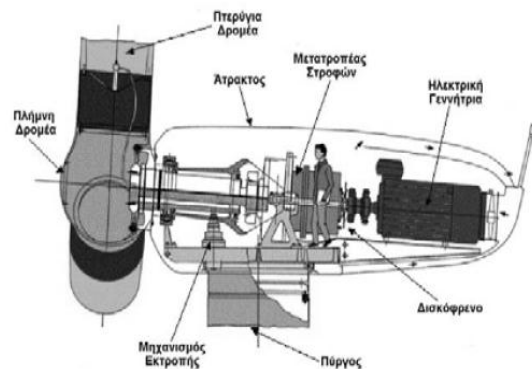
σημειώνεται μια αλματώδης ανάπτυξη κάτι που ενισχύεται από την προστασία του περιβάλλοντος.

Σε περιοχές που έχει ανέμους μεγάλης έντασης θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αιολικά συστήματα. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε μια παραθαλάσσια περιοχή που συνήθως έχει αρκετά δυνατούς ανέμους ώστε να ηλεκτροδοτούνται κάποιες καταναλώσεις. Επιπλέον, θα μπορεί να αποθηκεύεται ενέργεια σε μεγάλες διατάξεις συσσωρευτών και να αξιοποιηθεί αυτή σε περιόδους άπνοιας. Πλέον όλο και περισσότερο συμπεραίνουμε πως ο άνεμος είναι μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Τα σύγχρονα συστήματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας αφορούν κυρίως μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια και ονομάζονται ανεμογεννήτριες. Ένα αιολικό πάρκο που αποτελείται από μία συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών εγκαθίσταται και λειτουργεί σε μία περιοχή με υψηλούς ανέμους και στοχεύει στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η εγκατάσταση και λειτουργία των αιολικών πάρκων και των υβριδικών συστημάτων γίνεται σε μικρότερα και μεγαλύτερα νησιά.

3.1.7 Χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών

Οι τρίπτερες, με ρότορα μικρότερο των 10 μέτρων έχουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης ασθενούς ανέμου. Στις μηχανές μεγάλου μεγέθους επικρατούν οι δίπτερες με κόστος κατασκευής και συντήρησης. Η τεχνολογία της αιολικής ενέργειας ξεκίνησε με δυνατότητα 20 ως 75 KW ενώ αργότερα 200 ως 2.000 KW. Ένα πάρκο ανεμογεννητριών, το οποίο σε ταχύτητα 8m/sec αποδίδει 1600KW, σε ταχύτητα 4m/sec αποδίδει μόνο 200 KW. Ρόλο παίζει ο τύπος εγκατάστασης των ανεμογεννητριών. Η ύπαρξη εμποδίων όπως και η δημιουργία στροβιλισμού. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από τον άνεμο είναι σήμερα ελκυστική για πολλούς λόγους.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ανεμογεννητριών



Εικόνα 3.1 Ανεμογεννήτρια
Πλεονεκτήματα

- ✓ Κατά αρχήν πρόκειται για ήπιας ενέργειας. Δεν έχει καμιά επιβάρυνση στο περιβάλλον και ο τρόπος παραγωγής έχει αδιαμφισβήτητη ασφάλεια.
- ✓ Η αιολική ενέργεια είναι ανεξάντλητη. Η παραγωγή ενέργειας από μια ανεμογεννήτρια κατά τα 20 χρόνια λειτουργίας της ισοδυναμεί με την 80πλάσια ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για την κατασκευή, λειτουργία και καταστροφή της όταν αυτή κριθεί ανενεργή.
- ✓ Το συνολικό εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό της Ελλάδας μπορεί να καλύψει ένα μεγάλο μέρος των ηλεκτρικών αναγκών της.
- ✓ Οι προηγμένες τεχνολογίες εν προκειμένω, στην αεροδυναμική, στην αντοχή των υλικών κλπ .

Μειονεκτήματα

- ✓ Ένα σημαντικό μειονέκτημα της αιολικής ενέργειας είναι ότι εξαρτάται άμεσα από την ύπαρξη ικανοποιητικών ταχυτήτων ανέμου.
- ✓ Όταν δεν φυσάει άνεμος επιβάλλεται να υπάρχει εφεδρεία συμβατικών σταθμών για το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος των ανεμογεννητριών.
- ✓ Τρίπτερες ανεμογεννήτριες με ρότορα μήκους μικρότερου των 10 μέτρων έχουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης ασθενούς αιολικού ανέμου και τα προβλήματα αντοχής και δυναμικής καταπόνησης μηχανικών μερών είναι περιορισμένα στις μηχανές αυτής της κατηγορίας.

3.1.8 Εφαρμογή αιολικών συστημάτων

Η ισχύς ρεύματος αέρα γενικά είναι ανάλογη της πυκνότητάς του και του κύβου της ταχύτητάς του. Έτσι για την ίδια ταχύτητα και διατομή, ένα ρεύμα αέρα θα έχει περίπου 800 φορές μικρότερη ενέργεια από μία αντίστοιχη δέσμη νερού. Ένας ανεμοκινητήρας έχει τη δυνατότητα να δεσμεύσει περίπου μόνο το 48% της ισχύος του ανέμου που προσβάλλει την επιφάνειά του. Αυτό έχει σαν συνέπεια την ανάγκη κατασκευής μονάδων μεγάλων διαστάσεων. Παράλληλα η αιολική ενέργεια χαρακτηρίζεται από το πλεονέκτημα ότι δίνει μηχανική ενέργεια με μορφή ενέργειας που μετατρέπεται σε οποιαδήποτε άλλη μορφή ενέργειας. Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της αιολικής ενέργειας είναι η αδυναμία της να αποθηκευτεί και να χρησιμοποιηθεί μεταγενέστερα. Ο άνεμος είναι μια πηγή ενέργειας, που σημαίνει ότι μπορεί να υπάρχει μεγάλη παραγωγή ενέργειας σε ώρες χαμηλής ζήτησης ή αντίθετα σε ώρες αιχμής να μην υπάρχει παραγωγή. Από την άλλη η αιολική ενέργεια αποτελεί τροχοπέδη στην εξολοκλήρου διείσδυσή της στο σύστημα για λόγους ευστάθειας αυτού. Λύση στο πρόβλημα αυτό δίνει η αντλησιοταμίευση, με την οποία η αιολική ενέργεια αποθηκεύεται με τη μορφή δυναμικής ενέργειας στη ποσότητα του νερού το οποίο βρίσκεται σε συγκεκριμένο υψόμετρο. Δίνεται έτσι η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί μεταγενέστερα και μάλιστα σαν μια ποιοτική ηλεκτρική πηγή ενέργειας η οποία δεν προκαλεί κανένα πρόβλημα στο σύστημα.

3.1.9 Αποθήκευση ενεργειας

3.1.10 Η ανάγκη της αποθήκευσης ενέργειας

Σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο είτε είναι αυτόνομο είτε όχι πρέπει να ικανοποιείται το ισοζύγιο της ισχύος. Η ισχύς που απορροφάται από τους καταναλωτές το φορτίο πρέπει να είναι ίση με αυτή που παράγουν οι σταθμοί παραγωγής. Η χρονική διακύμανση του φορτίου είναι σχετικά προβλέψιμη ώστε να προσαρμόζεται η παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Η αύξηση συμμετοχής της ηλεκτρικής ενέργειας, που προέρχεται από την αιολική ενέργεια προκαλεί νέα τεχνικά προβλήματα στη διαχείριση ενός ηλεκτρικού δικτύου, τα οποία οφείλονται στην έντονη χρονική διακύμανση που παρουσιάζει η παραγωγή των αιολικών πάρκων. Ήδη υπήρχε η ανάγκη αποθήκευσης ενέργειας, λόγω των τεχνικών και των μεγάλων θερμικών σταθμών παραγωγής, για την κάλυψη των αιχμών ενός δικτύου. Παρόλα αυτά, προστίθεται μία καινούργια ανάγκη, η οποία προέρχεται από την αύξηση της συμμετοχής των αιολικών πάρκων στο σύστημα παραγωγής.

3.1.11 Τρόποι αποθήκευσης ενέργειας

Η ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί με διάφορες μορφές όπως:

- ✓ Σε ηλεκτρική μορφή συνεχούς ρεύματος σε μία συστοιχία ηλεκτρικών συσσωρευτών
- ✓ Σε μηχανική μορφή υπό τη μορφή κινητικής ενέργειας σε σφόνδυλο

- ✓ Υπό μορφή πεπιεσμένου αέρα ή αερίου , γενικότερα σε αεροφυλάκιο
- ✓ Σε υδραυλική μορφή υπό τη μορφή ποσότητας νερού που αντλείται από μία χαμηλότερη στάθμη σε μία υψηλότερη
- ✓ Στη διαδικασία αποθήκευσης της ενέργειας και στη συνέχεια, της επαναπόδοσής της στην κατανάλωση γίνεται με την ανάπτυξη απωλειών με αποτέλεσμα η ενέργεια που αποδίδεται να είναι μικρότερη από την ενέργεια που αποθηκεύεται. Ο τύπος των απωλειών εξαρτάται από τη μέθοδο αποθήκευσης.

Ως βαθμός απόδοσης του συστήματος αποθήκευσης ορίζεται ο λόγος της ενέργειας που αποδίδεται προς την ενέργεια που αποθηκεύεται.

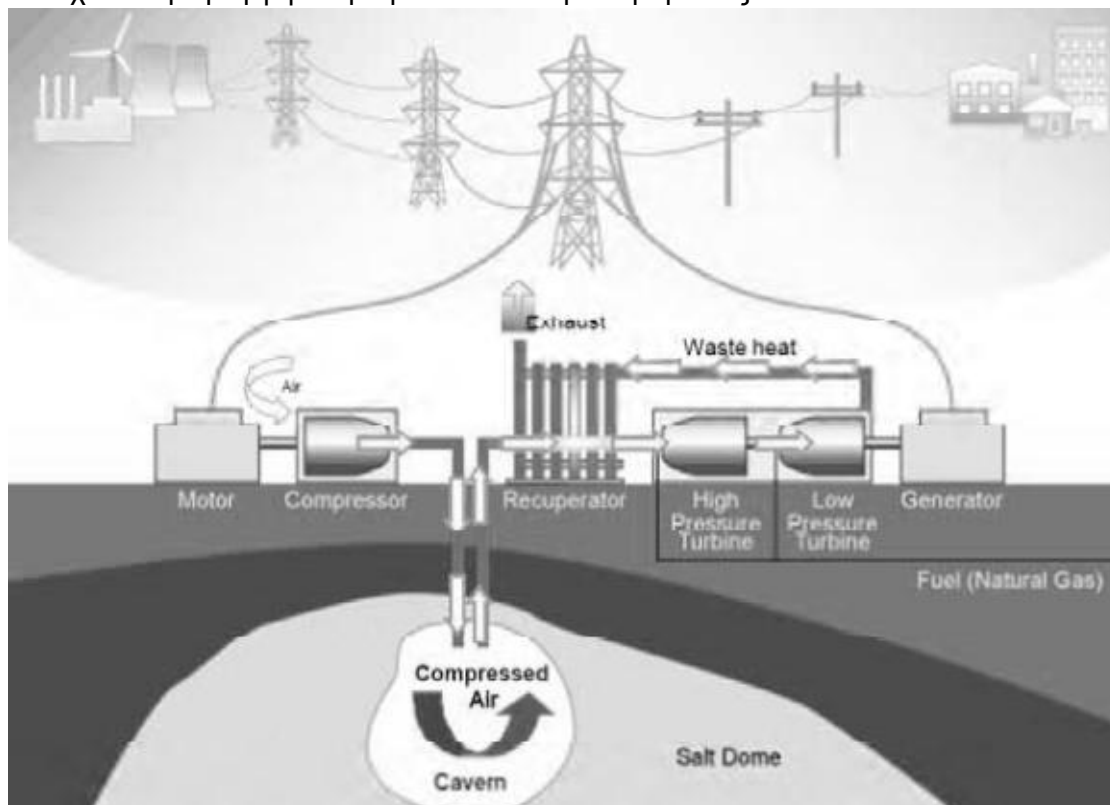
Από όλες τις μεθόδους αποθήκευσης ενέργειας μόνο η αποθήκευσή της σε μορφή υδραυλικής ενέργειας και υπό μορφή πεπιεσμένου αέρα καλύπτουν την περιοχή μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας οπότε είναι εφαρμόσιμες στην περίπτωση ηλεκτρικού δικτύου.

Επίσης παρουσιάζουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- ✓ Είναι αναστρέψιμες μέθοδοι (αποθήκευση και τροφοδοσία του ηλεκτρικού δικτύου)
- ✓ Έχουν γρήγορη απόκριση
- ✓ Έχουν σχετικά υψηλό βαθμό απόδοσης σε ένα πλήρη κύκλο

Αποθήκευση σε μορφή πεπιεσμένου αέρα

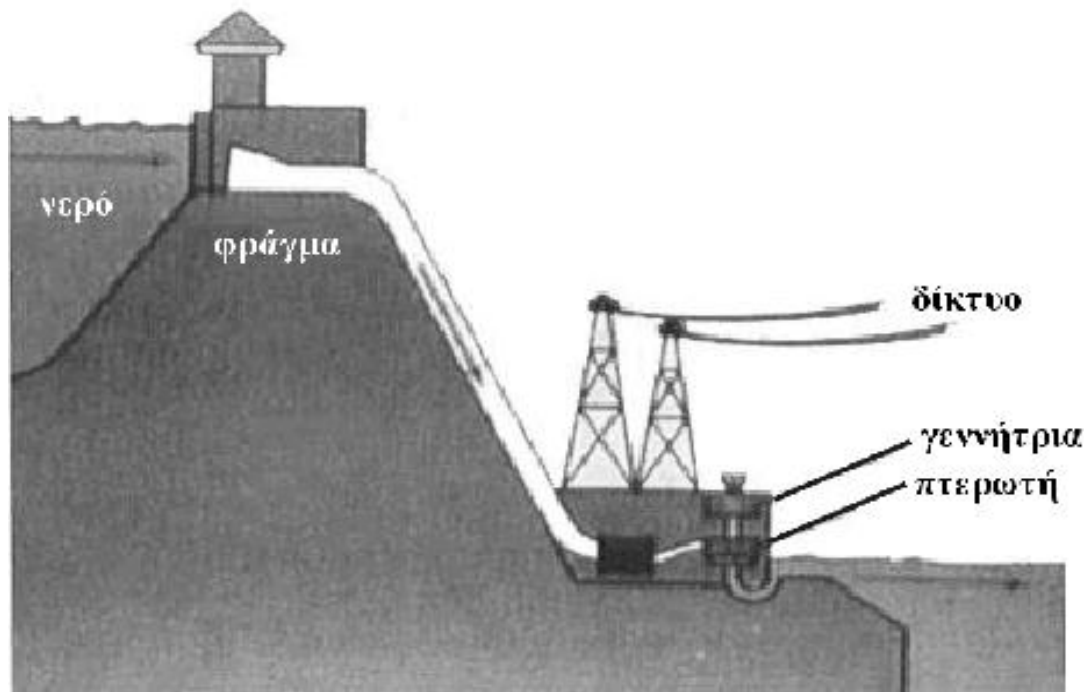
Ο πλήρης κύκλος περιλαμβάνει αεροσυμπιεστή του ατμοσφαιρικού αέρα, αποθήκευση του πεπιεσμένου αέρα σε υπόγεια σπήλαια σε πίεση 40-80bar και στη συνέχεια παραγωγή ηλεκτρισμού από 2 αεριοστρόβιλους.



**Εικόνα 3.2 Σύστημα πεπιεσμένου αέρα
Αποθήκευση σε υδραυλικό ταμιευτήρα**

Ο πλήρης κύκλος περιλαμβάνει άντληση νερού από ένα κάτω ταμιευτήρα σε ένα άνω ταμιευτήρα των οποίων η υψομετρική διαφορά είναι ίση με h για την φάση της αποθήκευσης ενέργειας και για την φάση της παραγωγής διακίνησης του νερού από τον πάνω ταμιευτήρα στον κάτω μέσω υδροστρόβιλων, οπότε η υδραυλική

ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική και στη συνέχεια σε ηλεκτρική. Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα των υδροηλεκτρικών σταθμών παραγωγής είναι η δυνατότητα γρήγορης παραλαβής και γρήγορης απόρριψης φορτίου πολύ μεγάλης ισχύος με αποτέλεσμα να αποτελούν την καλύτερη λύση που διαθέτει ο διαχειριστής ενός δικτύου ώστε να καλύπτει τις αιχμές φορτίου που παρουσιάζονται.



Εικόνα 3.3 Υδραυλικός ταμιετήρας

Κύρια χαρακτηριστικά των αναστρέψιμων υδροηλεκτρικών έργων. Άρα, για την αποθήκευση της ίδιας ισχύος και ενέργειας όσο αυξάνεται η υψομετρική διαφορά η μειώνεται η παροχή της σωλήνωσης των αντλιών του ταμιευτήρα λόγω της μικρότερης χωρητικότητας που απαιτείται για τη αποθήκευση της ίδιας ποσότητας ενέργειας. Για τον λόγο αυτό, τα αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά έργα θεωρούνται αποδοτικά όταν η υδραυλική πτώση είναι ψηλότερη των 150-200m περίπου.

Φάση της άντλησης

Αποτελεί την απώλεια ισχύος που αντιστοιχεί στην ισχύ που χάνεται στις υδραυλικές απώλειες της σωλήνωσης, εάν ληφθούν υπόψη οι ενεργειακές απώλειες του ηλεκτρομηχανολογικού.

Φάση επαναπρόσδοσης της υδραυλικής ενέργειας.

Στην φάση αυτή η φορά της ενέργειας και της ροής του νερού είναι η αντίθετη. Την λειτουργία αυτή εξασφαλίζει ο υδροστρόβιλος και η ηλεκτρική γεννήτρια που στρέφεται από αυτόν. Η ενέργεια διατίθεται στον υδροστρόβιλο για να την μετατρέψει σε μηχανική και στη συνέχεια σε ηλεκτρική. Άρα αποτελεί την απώλεια ισχύος και αντιστοιχεί στην ισχύ που χάνεται στις υδραυλικές απώλειες της σωλήνωσης.

Πλεονεκτήματα της μεθόδου

Όταν το μέγεθος του συστήματος ισχύος αυξάνει πέρα από λίγες εκατοντάδες kW τότε η αποθήκευση σε μπαταρίες και άλλα τέτοια παρόμοια μέσα αποθήκευσης ενέργειας παύουν να είναι τεχνικά δυνατά αφήνοντας την ως μόνη λύση. Αυτά τα συστήματα απαιτούν έναν σταθμό συστημάτων αντλιών/στροβίλων και δύο ταμιευτήρες νερού, με κατάλληλο κάθετο διαχωρισμό. Η χρήση υβριδικών αιολικών-υδροηλεκτρικών συστημάτων για παραγωγή ισχύος σε νησιά ή άλλες μη διασυνδεδεμένες περιοχές φαίνεται να είναι η καλύτερη λύση για να ξεπεραστούν τα προβλήματα αποθήκευσης. Σε μεγαλύτερα νησιά, μια τέτοια ενεργειακή μονάδα θα μπορούσε να αντικαταστήσει μια ή περισσότερες βασικές θερμικές μονάδες. Ένα

επιπλέον πλεονέκτημα της μονάδας είναι η δυνατότητα χρήσης του αποθηκευμένου νερού στους ταμειευτήρες, για σκοπούς ύδρευσης και άρδευσης του νησιού καθώς και για προστασία από τις πυρκαγιές. Επιπλέον, η λειτουργία ενός τέτοιου υβριδικού συστήματος θα είναι σημαντική για την αντιμετώπιση των αναμενόμενων κλιματικών αλλαγών. Με τη συνεχή παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας θα μπορούσαν να μειωθούν οι διαφορές που παρουσιάζονται στο δίκτυο μεταξύ της βάσης και της αιχμής της ζήτησης. Έτσι θα μπορούσε να ανακουφιστεί το δίκτυο από το βάρος των θερμικών μονάδων παραγωγής και έτσι να λειτουργεί κάτω από τις βέλτιστες συνθήκες να βελτιωθεί ο βαθμός χρήσης και η απόδοση λειτουργίας των θερμικών μονάδων καθώς και να μειωθεί η κατανάλωση άνθρακα.

3.2 Χρήση εξελιγμένων συστημάτων

3.2.1 Ηλεκτρικά οχήματα

Ένα ηλεκτροκίνητο όχημα διαφέρει σημαντικά από ένα αντίστοιχο συμβατικό όσον αφορά τη δομή του κινητήριου συστήματος. Από τεχνικής απόψεως τα ηλεκτρικά οχήματα απαντώνται σε διάφορες παραλλαγές είτε όσον αφορά την πηγή της ηλεκτρικής ενέργειας είτε όσον αφορά τον τρόπο που παράγεται η κίνηση. Ωστόσο όλα έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό που είναι η ύπαρξη ενός τουλάχιστον ηλεκτρικού κινητήρα για την προώθηση του οχήματος. Ουσιαστικά υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες ηλεκτροκίνητων οχημάτων σε σχέση με τις εκπομπές ρύπων: τα οχήματα μηδενικών ρύπων (αμιγώς ηλεκτροκίνητα οχήματα) και τα οχήματα χαμηλών ρύπων στα οποία ανήκουν τα υβριδικά οχήματα. Το Κύριο στοιχείο που διαφοροποιεί τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα από τα υβριδικά είναι η απουσία βενζινοκινητήρα. Στην παρούσα έρευνα θα ασχοληθούμε κατά κύριο λόγο με τα αμιγώς ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Στην συνέχεια περιγράφονται εν συντομία ορισμένα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

Η ενέργεια στα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα προέρχεται από καθαρά ηλεκτρική πηγή και η κίνηση του οχήματος βασίζεται αποκλειστικά σε έναν ή περισσότερους ηλεκτρικούς κινητήρες. Στο παραπάνω σχήμα δίνεται ένα χονδρικό διάγραμμα των τμημάτων που συνήθως αποτελούν ένα ηλεκτρικό όχημα τα οποία είναι η πηγή ενέργειας (ή μονάδα αποθήκευσης ενέργειας με φορτιστή), ο ηλεκτρονικός μετατροπέας ισχύος, ο ηλεκτρικός κινητήρας, το σύστημα μετάδοσης κίνησης, το διαφορικό και οι τροχοί του οχήματος.

Η «Πηγή Ηλεκτρικής Ενέργειας» είναι το τμήμα που τροφοδοτεί με ενέργεια το υπόλοιπο σύστημα. Το τμήμα αυτό λειτουργεί είτε ως πηγή είτε ως αποθήκη ηλεκτρικής ενέργειας είτε ως συνδυασμός και των δύο. Για την αποθήκευση ενέργειας χρησιμοποιούνται συσσωρευτές, ενώ η φόρτισή τους συνήθως γίνεται με ηλεκτρονικούς μετατροπείς Ε.Τ./Σ.Τ. Οι συσσωρευτές, γνωστοί στους περισσότερους με τον κοινό όρο «μπαταρίες», είναι οι ηλεκτροχημικές εκείνες διατάξεις που μετατρέπουν τη χημική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια κατά την εκφόρτισή τους και το αντίστροφο κατά τη φόρτισή τους. Οι συσσωρευτές μπορεί να φορτίζονται από διάφορες διατάξεις και με διάφορους τρόπους. Αποτελούνται από μικρές κυψέλες, κάθε μία από τις οποίες αποτελεί ανεξάρτητη και ολοκληρωμένη μονάδα, και οι οποίες συνδέονται σε σειρά ή παράλληλα με σκοπό την ικανοποίηση των απαιτήσεων ισχύος της εκάστοτε εφαρμογής. Από τα πρώτα χρόνια της εμφάνισης των ηλεκτρικών οχημάτων έχουν δοκιμαστεί διάφοροι τύποι συσσωρευτών. Τα μειονεκτήματά τους, που υφίσταται μέχρι και σήμερα, είναι ο χαμηλός λόγος ενέργειας προς βάρος και ο μεγάλος χρόνος φόρτισής τους. Παρ' όλ' αυτά τα τελευταία χρόνια έχουν σημειωθεί σημαντικές βελτιώσεις με την εμφάνιση νέων τύπων συσσωρευτών. Ειδικότερα για το ηλεκτροκίνητο όχημα η επιλογή του

συσσωρευτή είναι ένα θέμα πολύ βασικό, ωστόσο δύσκολο να απαντηθεί εύκολα και κατηγορηματικά, καθώς τα κριτήρια επιλογής είναι συχνά αλληλοσυγκρουόμενα. Ο ιδανικός συσσωρευτής ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου πρέπει να παρουσιάζει όσο το δυνατόν υψηλότερη πυκνότητα ενέργειας και ισχύος. Τα δύο αυτά μεγέθη είναι συνήθως αντιστρόφως ανάλογα, οπότε επιλέγεται συνήθως κάποιος ικανοποιητικός συμβιβασμός. Αναφορικά με τα υλικά κατασκευής των συσσωρευτών αναζητούμε αυτά που υπάρχουν σε αφθονία, είναι φθηνά, έχουν μελετηθεί σε ικανοποιητικό βαθμό και επιπλέον ανακυκλώσιμα ή έστω η εναπόθεση τους στο περιβάλλον να μη δημιουργεί πρόβλημα. Η συντήρηση και ο χρόνος επαναφόρτισης πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο μικροί, ενώ η διάρκεια ζωής μεγάλη και κατά το δυνατόν να προσεγγίζει τη διάρκεια ζωής του οχήματος. Δυστυχώς όμως, οι χημικές αντιδράσεις που παράγουν ρεύμα φθείρουν παράλληλα το υλικό της μπαταρίας. Επιπλέον, μας ενδιαφέρει η μπαταρία μας να μην υφίσταται υψηλό βαθμό αυτοεκφόρτισης, δεδομένου πως ένα όχημα μπορεί να παραμείνει σταθμευμένο για μεγάλο χρονικό διάστημα και υπάρχει η απαίτηση να είναι σε θέση να εκκινήσει ανά πάσα χρονική στιγμή. Ακόμα, βασικά κριτήρια είναι το χαμηλό κόστος, το μικρό βάρος και να μην εμφανίζουν το φαινόμενο μνήμης. Το φαινόμενο μνήμης ήταν ένα από τα προβλήματα των συσσωρευτών Νικελίου-Καδμίου (NiCd). Κατά το φαινόμενο αυτό η διαθέσιμη ποσότητα ενέργειας μειώνεται σε κάθε φόρτιση, όταν η μπαταρία δεν είναι εντελώς άδεια. Οι απαιτήσεις και οι προδιαγραφές που έχουν καταρτιστεί ανά καιρούς για τους συσσωρευτές οχημάτων είναι κυρίως προσαρμοσμένες στις απαιτήσεις του βενζινοκίνητου οχήματος, που είναι τελείως διαφορετικές από αυτές των ηλεκτρικών οχημάτων.

Μπορούμε να χωρίσουμε τους συσσωρευτές σε τρεις διακριτές κατηγορίες:

- ✓ **Υδατοειδείς:** Σε αυτούς ανήκουν οι μπαταρίες μολύβδου/οξέος, νικελίου σε διάφορους συνδυασμούς και οι μπαταρίες ροής με κυρίαρχες αυτές του ψευδαργύρου/βρωμίου
- ✓ **Περιρρέουσας θερμοκρασίας Λιθίου:** Το σημαντικότερο πλεονέκτημά τους είναι το μικρό τους βάρος και η υψηλή τάση κελιού που δύνανται να αναπτύξουν. Μειονεκτήματά τους είναι το μεγάλο κόστος και η ταχεία φθορά του θετικού ηλεκτροδίου.
- ✓ **Υψηλής θερμοκρασίας:** Σε αυτούς ανήκουν οι μπαταρίες λιθίου / θειικού άλατος, νάτριου/ χλωριδίου μετάλλου και νάτριου/θειού. Πρόκειται για μπαταρίες υψηλής ενεργειακής αποδοτικότητας, ωστόσο, η υψηλή θερμοκρασία για τη λειτουργία τους σε συνδυασμό με τα απαιτούμενα διαβρωτικά τους διαλύματα δημιουργούν τεχνικές δυσκολίες και εγείρουν θέματα ασφάλειας. Η επιστημονική έρευνα πάνω στους συσσωρευτές είναι διαρκής και η τεχνολογία τους αναπτύσσεται ταχύτατα, ενώ και το επίπεδο ωρίμανσης της κάθε τεχνολογίας αλλάζει συνεχώς. Επιπλέον τα τεχνικά γνωρίσματα της μπαταρίας είναι μεταβαλλόμενα κατά το χρόνο ζωής της αφού η απόδοση μεταβάλλεται σημαντικά με το χρόνο και τη χρήση.

Το σύστημα ανταλλασσόμενης μπαταρίας

Μια ενδιαφέρουσα πρακτική είναι η ανταλλαγή μπαταρίας, δηλαδή η αντικατάσταση της αποφορτισμένης μπαταρίας από μια καινούρια, μέσα σε λίγα λεπτά. Η λογική του συστήματος ανταλλαγής μπαταρίας έχει ως σκοπό να απαλλάξει τους οδηγούς από τη διαδικασία των επαναφορτίσεων σε τακτά χρονικά διαστήματα. Η αποδοχή αυτού του συστήματος θα παρέχει αρκετά πλεονεκτήματα στον καταναλωτή. Ένα ηλεκτρικό όχημα με το σύστημα ανταλλαγής μπαταρίας έχει αρκετά μικρότερη εμβέλεια μεταξύ δύο αντικαταστάσεων σε σχέση με ένα αντίστοιχο όχημα με ενσωματωμένες μπαταρίες, αλλά τα οφέλη από τη μείωση του βάρους είναι πολλά. Στην κλασσική περίπτωση της ενσωματωμένης μπαταρίας το αυτοκίνητο

φέρει περίπου οκτώ φορές μεγαλύτερο βάρος σε μπαταρίες από ότι αν ήταν σχεδιασμένο με το σύστημα εναλλασσόμενης μπαταρίας. Η κατασκευή του αμαξώματος επιτρέπεται να είναι λιγότερο ανθεκτική αφού φέρει πλέον μικρότερο βάρος. Επιπροσθέτως, όλα τα εξαρτήματα του αυτοκινήτου (αναρτήσεις, ελαστικά, πέδηση κλπ) γίνονται πιο ελαφριά. Επιπλέον, ο χρήστης θα απαλλάσσεται από το άγχος της αποφόρτισης της μπαταρίας, της εξασθένησής της με τη χρήση και την πάροδο του χρόνου και της συντήρησής της. Ωστόσο, το εν λόγω σύστημα δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μοντέλο “Vehicle to Grid” για οικιακή φόρτιση, λόγω της μικρής χωρητικότητας της μπαταρίας, γι’ αυτό τον λόγο δεν θεωρείται ιδιαίτερα ανταγωνιστικό.

3.2.2 Τρόποι & διατάξεις φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτρικών αυτοκινήτων

Για τη φόρτιση των συσσωρευτών απαιτείται ειδική διάταξη που να μετατρέπει κάποιας μορφής ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια συνεχούς τάσης. Η έρευνα που γίνεται πάνω στο αντικείμενο αυτό έχει καταδείξει διάφορες μεθόδους με τις οποίες μπορούμε να φορτίσουμε όσο το δυνατόν πιο εύκολα και πιο αποδοτικά τους συσσωρευτές. Από τα διάφορα σενάρια-διατάξεις φόρτισης που έχουν προταθεί, βασικότερα είναι τα ακόλουθα:

- ✓ **Οικιακή φόρτιση:** Πρόκειται για τον πιο διαδεδομένο τρόπο φόρτισης, κατά τον οποίο το αυτοκίνητο συνδέεται απ’ ευθείας στην πρίζα του σπιτιού του χρήστη. Η διαδικασία αυτή έχει ορισμένα σημαντικά χαρακτηριστικά όπως για παράδειγμα πως η φόρτιση γίνεται από μονοφασική παροχή και συνήθως νυχτερινές ώρες. Έτσι έχουμε χαμηλότερο τιμολόγιο κατανάλωσης. Με τον τρόπο αυτό η φόρτιση διαρκεί περίπου 6 με 8 ώρες ενώ το μέγιστο ρεύμα της φόρτισης δεν ξεπερνάει τα 15 Α. Σύμφωνα με το σενάριο αυτό η διάταξη βρίσκεται εντός του οχήματος και συνεπώς πρέπει να έχει χαμηλό βάρος [<5 kg].
- ✓ **Φόρτιση σε σταθμούς παρκαρίσματος:** Μια εναλλακτική μέθοδος φόρτισης είναι σε σταθμούς παρκαρίσματος όπου το όχημα θα φορτίζεται όταν είναι παρκαρισμένο. Οι προδιαγραφές των συσκευών φόρτισης για την περίπτωση αυτή προβλέπουν τριφασική τροφοδοσία, ενώ ο φορτιστής θα βρίσκεται εκτός οχήματος. Μέσα στις δυνατότητες της διάταξης φόρτισης παρκαρίσματος περιέχεται και η λειτουργία «ταχυφόρτισης». Πρόκειται για την περίπτωση που η πλήρης φόρτιση των συσσωρευτών γίνεται με μεγάλο ρεύμα [>100 A] και διαρκεί λίγο [περί τα 20 λεπτά]. Ο τρόπος αυτός συνιστάται κυρίως σε περιπτώσεις εκτάκτου ανάγκης, λόγω της μεγάλης καταπόνησης των συσσωρευτών. Επίσης μια σημαντική δυνατότητα των διατάξεων αυτών είναι η δυνατότητα εξισωτικής φόρτισης, η οποία συνιστάται στο ξεχωριστό έλεγχο της τάσης των εν σειρά συνδεδεμένων στοιχείων. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μια ισορροπημένη φόρτιση των στοιχείων, με άμεσο αποτέλεσμα την εξασφάλιση μεγαλύτερης διάρκειας ζωής τους.
- ✓ **Ανάκτηση ενέργειας:** Ένα αρκετά σημαντικό σενάριο φόρτισης των συσσωρευτών είναι η φόρτιση κατά την ανάκτηση ενέργειας, που συμβαίνει όταν το όχημα επιβραδύνει ή κινείται σε κατηφόρα. Στην περίπτωση αυτή ο ηλεκτρικός κινητήρας λειτουργεί σαν γεννήτρια, μετατρέποντας μέρος της κινητικής ενέργειας του οχήματος σε ηλεκτρική, φορτίζοντας τους συσσωρευτές. Τα ποσά της ενέργειας που μπορούν να εξοικονομηθούν μέσω της ανάκτησης ενέργειας είναι μεγάλα, αλλά λόγω των μεγάλων ρευμάτων που εμφανίζονται, οι συσσωρευτές υφίστανται σημαντική καταπόνηση.
- ✓ **Φόρτιση από ηλιακή ακτινοβολία:** Σύμφωνα με το σενάριο αυτό, η φόρτιση γίνεται μέσω φωτοβολταϊκών κυττάρων τα οποία είναι τοποθετημένα επί της

οροφής του οχήματος ή και σε στέγαστρα σε πάρκινγκ. Η φόρτιση είναι πολύ εύκολη αφού δεν χρειάζεται κάποια εξωτερική παρέμβαση, όμως ο χαμηλός βαθμός απόδοσης των φωτοβολταϊκών κυττάρων, το υψηλό κόστος και ο κίνδυνος της φθοράς που διατρέχουν είναι πολύ σημαντικά μειονεκτήματα που εμποδίζουν την εξάπλωσή τους στη χρήση ηλεκτροκίνητων οχημάτων. Ένα πλεονέκτημα της μεθόδου είναι πως η φόρτιση μπορεί να γίνει είτε κατά την κίνηση είτε σε στάση.

Νέες τεχνολογίες για τη φόρτιση των συσσωρευτών:

Ανάμεσα στις τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί για τη φόρτιση των συσσωρευτών ηλεκτρικών οχημάτων διακρίνουμε τρεις σημαντικές καινοτομίες:

- ✓ **Φόρτιση κατά την κίνηση:** Πρόκειται για ένα σενάριο σύμφωνα με το οποίο τα οχήματα θα κινούνται σε δρόμους που θα έχουν ειδικές ηλεκτροφόρες ράγες επί του εδάφους. Το όχημα μέσω δύο ειδικών ακροδεκτών θα παίρνει ηλεκτρική ενέργεια τόσο για κίνηση όσο και για φόρτιση. Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας από τις ράγες στο όχημα θα γίνεται είτε με γαλβανική σύνδεση είτε επαγωγικά. Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι φυσικά ότι η φόρτιση μπορεί να γίνεται κατά την κίνηση εξοικονομώντας χρόνο, μα από την άλλη απαιτείται ειδική κατασκευή δρόμων.
- ✓ **Επαγωγική Φόρτιση:** Δεν είναι τίποτα άλλο από την αντικατάσταση της κλασσικής ηλεκτρικής σύνδεσης του φορτιστή με το δίκτυο μέσω πρίζας, με ειδική διάταξη που μεταφέρει την ενέργεια επαγωγικά. Η διάταξη αυτή, που φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα, είναι ουσιαστικά το πρωτεύον τύλιγμα ενός μετασχηματιστή το οποίο περιβάλλεται από ειδικό προστατευτικό κάλυμμα. Τα βασικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η διάταξη αυτή είναι η ικανότητα λειτουργίας κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες [π.χ νερό, πάγος, σκόνη] ενώ παράλληλα παρέχει ασφάλεια έναντι ηλεκτροπληξίας.
- ✓ **Υπερπυκνωτές:** Οι διατάξεις αυτές είναι πυκνωτές πολύ μεγάλης χωρητικότητας [μερικών χιλιάδων Farad] και χαμηλής τάσεως. Μια συστοιχία τέτοιων πυκνωτών μπορεί να τοποθετηθεί παράλληλα με τους συσσωρευτές και να αναλαμβάνει τα μεταβατικά ρεύματα των επιταχύνσεων και των επιβραδύνσεων του οχήματος. Με τον τρόπο αυτό οι συσσωρευτές καταπονούνται ελάχιστα από μεγάλα ρεύματα με αποτέλεσμα να αυξάνεται η διάρκεια ζωής τους. Το βασικό μειονέκτημα όμως αυτών των διατάξεων είναι ότι καταλαμβάνουν μεγάλο όγκο και βάρος, καθώς λόγω της χαμηλής τάσης που μπορεί να αντέξει ο κάθε πυκνωτής απαιτείται συνδεσμολογία πολλών πυκνωτών σε σειρά. Κλείνοντας θα πρέπει να τονίσουμε πως τα παραπάνω σενάρια φόρτισης είναι δυνατόν να συνυπάρχουν σε ένα και μόνο όχημα. Στο κάτωθι σχήμα απεικονίζεται ένα τέτοιο πολλαπλό σύστημα για τη φόρτιση των συσσωρευτών ενός ηλεκτρικού οχήματος.

3.2.3 Μαγνητικά οχήματα

3.2.4 Θεώρημα του Earnshaw

Το θεώρημα του Earnshaw αναφέρει ότι ένα σύνολο σημειακών φορτίων δεν μπορεί να διατηρηθεί σε στατική ισορροπία παρά μόνο με την ηλεκτροστατική αλληλεπίδραση των φορτίων. Συνήθως, αναφέρεται σε μαγνητικά πεδία, αλλά αρχικά αναφέρθηκε σε ηλεκτροστατικά πεδία και συγκεκριμένα για δυνάμεις και σε συνδυασμούς δυνάμεων όπως μαγνητικό ηλεκτρικό ή βαρυτικό πεδίο. Το θεώρημα αυτό προκύπτει από τον νόμο του Gauss. Ένα σωματίδιο για να είναι σε ευσταθή ισορροπία θα πρέπει να επιστρέφει στην αρχική του θέση, καθώς επίσης μικρές

διαταραχές στο σωματίδιο αυτό προς οποιαδήποτε διεύθυνση δεν πρέπει να διαταράσσουν την ισορροπία. Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου θα πρέπει να έχουν διεύθυνση προς το εσωτερικό του σώματος. Επειδή όλες οι περιβάλλουσες δυναμικές γραμμές δείχνουν προς το σημείο ισορροπίας, η απόκλιση του πεδίου στο σημείο αυτό θα πρέπει να είναι διάφορη του μηδενός και συγκεκριμένα αρνητική. Όμως, σύμφωνα με τον νόμο του Gauss αυτό είναι αδύνατο. Δεν υπάρχουν μέγιστα ή ελάχιστα παρά μόνο ανώμαλα σημεία. Αναφέρεται ακόμα πως ούτε σιδηρομαγνήτες δεν μπορούν να έχουν στατική ισορροπία ενώ μπορούν να ανυψωθούν ενάντια στην βαρύτητα όταν οι μαγνητικές δυνάμεις γίνουν πιο ισχυρές των βαρυτικών δυνάμεων. Φυσικά υπάρχουν και κάποιες εξαιρέσεις του θεωρήματος που επιτρέπουν την μαγνητική ανύψωση.

3.2.5 Εξαιρέσεις του Θεωρήματος

Υπάρχουν μερικά φαινόμενα που παραβιάζουν το θεώρημα του Earnshaw, κάποια από αυτά είναι τα εξής:

- ✓ **Κβαντικά Φαινόμενα:** Ένα σώμα που επικάθεται σε μια επιφάνεια ανυψώνεται σε μια μικροσκοπική απόσταση πάνω από αυτό. Αυτό οφείλεται στις ηλεκτρομαγνητικές ενδομοριακές δυνάμεις και δεν ταυτίζεται με την έννοια της μαγνητικής ανύψωσης. Λόγω των μικρών αποστάσεων τα κβαντικά φαινόμενα είναι σημαντικά, όμως το θεώρημα του Earnshaw αναφέρεται στην κλασσική φυσική.
- ✓ **Ανατροφοδότηση:** Αν ανιχνεύσουμε την θέση ενός αντικείμενου στο διάστημα ή στον χώρο μπορούμε να το τροφοδοτήσουμε με ένα σύστημα ελέγχου που μπορεί να διαφοροποιεί την δύναμη των ηλεκτρομαγνητών που ενεργούν πάνω στο αντικείμενο, και το διατηρούν ανυψωμένο. Αυτό γίνεται προγραμματίζοντας το σύστημα να αυξάνει την δύναμη όταν το αντικείμενο απομακρύνεται και να την μειώνει όταν αυτό πλησιάζει. Η ίδια λειτουργία επιτυγχάνεται και με κινητούς σταθερούς μαγνήτες. Η ηλεκτρομαγνητική ανύψωση είναι ένα από τα συστήματα που χρησιμοποιούν τα μαγνητικά τρένα. Υπάρχουν και στην αγορά τέτοιες συσκευές που ανυψώνουν αντικείμενα με αυτή τη μέθοδο.
- ✓ **Διαμαγνητισμός:** Είναι δυνατόν να ανυψώσουμε οποιοδήποτε διαμαγνητικό υλικό καθώς και υπεραγωγούς. Και αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται στα μαγνητικά τρένα. Είναι κάτι αρκετά απλό η ανύψωση των νέων υπεραγωγίμων υλικών υψηλής θερμοκρασίας. Ένας υπεραγωγός είναι ένας τέλειος διαμαγνήτης που σημαίνει ότι απωθεί το μαγνητικό πεδίο. Τα διαμαγνητικά υλικά μπορούν και αυτά να ανυψωθούν αλλά χρειάζονται πιο ισχυρά μαγνητικά πεδία. Σταγόνες νερού, ακόμα και βάτραχος έχει ανυψωθεί χάρη στις διαμαγνητικές του ιδιότητες. Το θεώρημα του Earnshaw δεν ισχύει σε αυτή την περίπτωση καθώς οι διαμαγνήτες συμπεριφέρονται αντίθετα από τα μαγνητικά υλικά. Έχουν την ιδιότητα να ευθυγραμμίζονται αντιπαράλληλα στις μαγνητικές γραμμές, σε αντίθεση με τους μαγνήτες που ευθυγραμμίζονται παράλληλα σε αυτές. Στους διαμαγνήτες τα ηλεκτρόνια προσαρμόζουν τις τροχιές τους έτσι ώστε να αντισταθμίζουν την ροή του εξωτερικού μαγνητικού πεδίου, με αποτέλεσμα να δημιουργούν μαγνητικό πεδίο που να έχει αντίθετη διεύθυνση. Αυτό σημαίνει ότι η μαγνητική ροπή του διαμαγνήτη είναι αντίρροπη με την ροπή του εξωτερικού πεδίου. Οι υπεραγωγοί είναι διαμαγνήτες με μια μικρή αλλαγή στις τροχιές των ηλεκτρονίων. Ο βάτραχος, για παράδειγμα, θεωρείται διαμαγνήτης όμως τα ηλεκτρόνια σε κάθε μόριο του σώματος του έχουν διαφορετική τροχιά.

- ✓ **Ταλαντούμενα Πεδία:** Ένα ταλαντούμενο μαγνητικό πεδίο θα δημιουργήσει εναλλασσόμενο ρεύμα στον αγωγό και αυτό θα παράγει μια ανυψωτική δύναμη. Κάτι αντίστοιχο μπορεί να επιτευχθεί και με έναν περιστρεφόμενο δίσκο κατάλληλου σχήματος. Το ταλαντούμενο πεδίο μετατρέπει ένα αγωγίμο σώμα σε διαμαγνητικό. Λόγω της υπάρχουσας αντίστασης, η αλλαγή στο δάνυσμα τροχιών των ηλεκτρονίων μετά από κάποιο χρονικό διάστημα εξαφανίζεται, όμως με την ταλάντωση δημιουργείται ένα ρεύμα στην επιφάνεια και διατηρεί την υπεραγώγιμη συμπεριφορά των σωμάτων.
- ✓ **Περιστροφή:** Ένα αντικείμενο που περιστρέφεται μπορεί να αιωρηθεί και με την βοήθεια σταθερών μαγνήτη. Η περιστρεφόμενη κορυφή μπορεί να ανυψωθεί πάνω από μια βάση με την σωστή διάταξη των μαγνητών και να διατηρηθεί ανυψωμένο καθ' όλη την διάρκεια όπου η ταχύτητα περιστροφής του και το ύψος του από την βάση διατηρούνται σε κάποια όρια. Χρησιμοποιούνται μόνο μόνιμοι μαγνήτες, και κεραμικά υλικά για να αποτρέψουν την δημιουργία ρευμάτων που θα απελευθερώσουν την περιστροφική ενέργεια. Και αυτή η εφαρμογή μπορεί να θεωρηθεί ότι βασίζεται σε διαμαγνητικά φαινόμενα, καθώς με την περιστροφή σταθεροποιείται η διεύθυνση της μαγνητικής ροπής στον χώρο και τοποθετώντας τον μαγνήτη (αντίθετα από τον σταθερό μαγνήτη) με σταθερή μαγνήτιση αντιπαράλληλα στο μαγνητικό πεδίο, αυτό αιωρείται.

3.2.6 Μέθοδοι Μαγνητικής Ανύψωσης

Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι με τις οποίες μπορεί να επιτευχθεί η μαγνητική ανύψωση. Οι πιο βασικές είναι αυτές που χρησιμοποιούνται και στα μαγνητικά τρένα και είναι η ηλεκτρομαγνητική ανύψωση και η ηλεκτροδυναμική ανύψωση.

- ✓ **Μηχανικές Δυνάμεις:** Αν δύο μαγνήτες τοποθετηθούν κατά μήκος ενός άξονα έτσι ώστε να απωθούνται έντονα μεταξύ τους, αυτό θα οδηγήσει στην ανύψωση του ενός πάνω από τον άλλο.
- ✓ **Άμεση Διαμαγνητική Ανύψωση:** Μια ουσία που είναι διαμαγνητική απωθεί ένα μαγνητικό πεδίο. Το θεώρημα του Earnshaw δεν ισχύει για διαμαγνητικά υλικά. Τέτοια υλικά συμπεριφέρονται ακριβώς αντίθετα από τα μαγνητικά υλικά λόγω της σχετικής μαγνητικής διαπερατότητας τους που είναι μικρότερη της μονάδας. Όλα τα υλικά έχουν αυτή την ιδιότητα άλλα ο παραμαγνητικός ή ο σιδηρομαγνητικός τους χαρακτήρας υπερισχύει. Η διαμαγνητική δύναμη είναι συνήθως αρκετά μικρή. Μπορεί να επιτευχθεί σε ελαφριά υλικά, ακόμα και σε μικρά ζώα όπως ο βάτραχος, όμως με παρουσία ισχυρού μαγνητικού πεδίου.
- ✓ **Υπεραγωγοί:** Οι υπεραγωγοί είναι τέλειοι διαμαγνήτες και αποβάλλουν εντελώς τα μαγνητικά πεδία λόγω του φαινομένου Meissner. Η μαγνητική ανύψωση του μαγνήτη οφείλεται στην σταθερότητα της ροής στο εσωτερικό του υπεραγωγού. Η αρχή αυτή χρησιμοποιείται στην ηλεκτροδυναμική ανύψωση των μαγνητικών τρένων. Στα τρένα, τα οποία ζυγίζουν αρκετά, χρησιμοποιούνται υπεραγωγοί στον ηλεκτρομαγνήτη καθώς παράγουν ισχυρότερο μαγνητικό πεδίο για το ίδιο βάρος.

3.2.7 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

Πλεονεκτήματα

Σε σχέση με τους παραδοσιακούς δρόμους του σιδήρου, τα τρένα της μαγνητικής ανύψωσης έχουν θεωρηθεί να παρουσιάστε πολλά πλεονεκτήματα:

Στην ίση ταχύτητα παράγουν έναν λιγότερο θόρυβο Εφευρέθηκε μέσα στην ελπίδα για να αποκτήσει μια καλύτερη παραγωγή στις μακριές αποστάσεις, παρά ένα απαγορευτικό κόστος στην κοντή απόσταση.

Μειονεκτήματα

Σε περίπτωση του ηλεκτροδυναμικού συστήματος της ανύψωσης είναι η τιμή της κατασκευής και των δρόμων είναι πολύ σημαντική Αυτοί μαγνήτες γίνονται από νιόβιο και τιτάνιο και δροσίζεται στα $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$ από υγρό ήλιο για να μπορέσει να συντηρήσει την υπεραγωγιμότητα.

3.3 Χρήση αυτοματισμού

3.3.1 Αισθητηρίων διατάξεων

Η χρήση εξελιγμένων αισθητήριων εξαρτημάτων. Τέτοια εξαρτήματα μπορεί να είναι αισθητήρες πίεσης, βάρους, επιτάχυνσης, φωτός, ήχου, μαγνητικού πεδίου.

3.3.2 Αισθητήρες πίεσης

Ορισμένοι φυσικοί αλλά και πολλοί τεχνητοί κρύσταλλοι όταν πιεστούν αναπτύσσουν στα άκρα τους μία διαφορά δυναμικού ανάλογη της πίεσης. Αυτή η διαφορά δυναμικού οφείλεται στη συγκέντρωση φορτίων εξαιτίας της παραμόρφωσης της κρυσταλλικής δομής του υλικού. Ένας πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας πίεσης αποτελείται από κεραμικούς δακτυλίους ενός κρυστάλλου και ηλεκτρόδια μεταλλικά κατάλληλα συνδεδεμένα. Η κεφαλή του αισθητήρα πιέζεται από το υγρό ή το αέριο του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε την πίεση και αυτή η πίεση μεταδίδεται στους δακτυλίους οι οποίοι δίνουν μια συνολική διαφορά δυναμικού ανάλογη της πίεσης. Οι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες έχουν δύο μειονεκτήματα. Η θερμοκρασία λειτουργίας τους δεν μπορεί να ξεπεράσει τους 540C . Όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε περιβάλλοντα υψηλότερων θερμοκρασιών χρειάζονται κατάλληλη ψύξη. Τα δεύτερο μειονέκτημά τους είναι ότι μετρούν μόνο διαρκώς εναλλασσόμενες δυναμικές πιέσεις ενώ δεν μπορούν να μετρήσουν στατική πίεση.

Αισθητήριο πιεζοαντίστασης

Από μερικά είδη πιεζοκρυστάλλων μπορούμε να κατασκευάσουμε πιεζοαντιστάσεις.

Σε αυτές η τιμή μεταβάλλεται με την πίεση και την παραμόρφωσή τους. Συνήθως η πιεζοαντίσταση στερεώνεται σε μεμβράνη ανάλογα με την διεύθυνση στην οποία θέλουμε να μετρήσουμε. Η μεμβράνη πιέζεται απευθείας από το υγρό ή το αέριο του οποίου την πίεση θέλουμε να μετρήσουμε. Ανάλογα με την πίεση η αντίσταση επιμηκύνεται λιγότερο ή περισσότερο και μεταβάλλεται η τιμή της. Λόγω του ότι οι μεταβολές της αντίστασης είναι πολύ μικρές ένα τέτοιο αισθητήριο μπορούμε να το συνδέσουμε σε γέφυρα Wheatstone για την παραγωγή ενός σήματος τάσης. Δημιουργείται έτσι ένας ενεργός αισθητήρας με έξοδο τάσης ανάλογη με την πίεση.

3.3.3 Αισθητήρες βάρους

Η πίεση αποτελεί μέτρο της δύναμης ή μηχανικής τάσης που ασκείται στην εξωτερική επιφάνεια κάποιου σώματος από ένα εξωτερικό αίτιο. Η μέτρηση του βάρους ανάγεται στη μέτρηση πίεσης και γι' αυτό οι μετρητές πίεσης χρησιμοποιούνται και για τη μέτρηση βάρους.

3.3.4 Αισθητήρες επιτάχυνσης

Στην απλούστερη περίπτωση, ένας αισθητήρας επιτάχυνσης αποτελείται από μία μάζα που συναρμολογείται πάνω σε σπειροειδή ελατήρια με τέτοιο τρόπο ώστε η μάζα να μπορεί να μετακινηθεί σε μία διεύθυνση .Αν υπάρξει επιτάχυνση a σε αυτή

την διεύθυνση η μάζα m μετακινείται κατά απόσταση x . Αυτή η αλλαγή στη θέση μπορεί να μετρηθεί μέσω διαφόρων μεθόδων και έτσι μπορούμε να έχουμε την τιμή της τρέχουσας επιτάχυνσης.

Στην αγορά υπάρχουν αισθητήρες επιτάχυνσης διαφόρων ειδών:

- ✓ **Επιταχυνσιόμετρα πίεσης:** Ως αισθητήριο στοιχείο, τα επιταχυνσιόμετρα αυτού του τύπου, ενσωματώνουν μετρητές τάσεως οι οποίοι μετρούν την τάση που αναπτύσσεται από μια μάζα η οποία είναι προσαρτημένη σε μια ελαστική άρθρωση. Όταν επιταχύνεται αυτή η διάταξη η μάζα λόγω αδράνειας ασκεί μια τάση στους αισθητήρες και αυτή η τάση μετατρέπεται σε μετρούμενη επιτάχυνση.
- ✓ **Πιεζοηλεκτρικά Επιταχυνσιόμετρα:** Το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο έχει άμεση εφαρμογή στους αισθητήρες επιτάχυνσης. Μέσω αυτού του φαινομένου υπάρχει μια άμεση μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός κρυσταλλικού υλικού, όπως κρυστάλλους χαλαζία οι οποίοι χρησιμοποιούνται περιστασιακά ως αισθητήρια στοιχεία, ή πιεζοηλεκτρικά κεραμικά υλικά, όπως το τιτανικό βάριο τα οποία είναι πιο δημοφιλή. Μέσα σε μια θήκη είναι τοποθετημένος ο κρύσταλλος στριμωγμένος κάτω από μια μάζα. Όταν το σύστημα επιταχύνεται η μάζα πιέζει τον κρύσταλλο και μετρώντας τη διαφορά δυναμικού που αναπτύσσεται λόγω του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου μπορούμε να υπολογίσουμε την επιτάχυνση που υφίσταται το σύστημα.
- ✓ **Χωρητικά Επιταχυνσιόμετρα:** Στις περισσότερες περιπτώσεις μεταξύ αυτών και στα «έξυπνα» κινητά η μέτρηση γίνεται με τη χωρητική μέθοδο διότι είναι μια δοκιμασμένη και αξιόπιστη μέθοδος. Τρία φύλλα πυριτίου τα οποία τοποθετούνται παράλληλα το ένα στο άλλο και συνδέονται με σπειροειδή ελατήρια σχηματίζουν μια σύνδεση πυκνωτών σε σειρά. Τα δύο εξωτερικά φύλλα είναι σταθερά ενώ το εσωτερικό το οποίο παίζει το ρόλο της μάζας έχει τη δυνατότητα να μετακινείται. Οποιαδήποτε μετακίνηση του μεσαίου φύλλου προκαλεί διαφορά στην χωρητικότητα των πυκνωτών η οποία μετρείται και μετατρέπεται σε μετρούμενη επιτάχυνση. Για να κυριολεκτήσουμε ως εκ τούτου δεν είναι αισθητήρες επιτάχυνσης αλλά αισθητήρες δύναμης. Για την μέτρηση της επιτάχυνσης σε τρεις διαστάσεις θα πρέπει να έχουμε τρεις τέτοιους αισθητήρες. Αυτοί οι αισθητήρες πρέπει να είναι τοποθετημένοι κάθετα μεταξύ τους έτσι ώστε να μετρούμε την επιτάχυνση στους τρεις χωρικούς άξονες x , y και z -άξονας (a_x , a_y , a_z) ανεξάρτητα. Έπειτα μπορούμε να έχουμε τιμή για την ολική επιτάχυνση. Οι αισθητήρες επιτάχυνσης χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε διάφορες λειτουργίες των κινητών τηλεφώνων. Με αυτούς η συσκευή «καταλαβαίνει» πως είναι στραμμένη και περιστρέφει ανάλογα την οθόνη της. Σε διάφορα παιχνίδια επιτρέπεται η δυναμική αλληλεπίδραση του παίκτη στις κινήσεις που ο ίδιος προκαλεί στη συσκευή αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον του παιχνιδιού, ενώ σε κάποιες συσκευές συγκεκριμένες κινήσεις του τηλεφώνου ενεργοποιούν διάφορες λειτουργίες όπως αλλαγή σταθμού στο ραδιόφωνο ενεργοποίηση ανοιχτής ακρόασης κτλ.

3.3.5 Αισθητήρες φωτός

Όταν προσπίπτει φως σε ένα φωτοαγώγιμο υλικό, αυξάνει ο αριθμός των ελευθέρων ηλεκτρονίων του. Αυτό γίνεται επειδή τα προσπίπτοντα φωτόνια διεγείρουν ηλεκτρόνια που είναι δεσμευμένα και τα καθιστούν ελεύθερα. Έτσι η αντίσταση του φωτοαγώγιμου υλικού μειώνεται. Η σχέση μεταξύ της προσπίπτουσας φωτεινής ισχύος P και της αντίστασης R δεν είναι γραμμική, αλλά λογαριθμική. Μία

οποιαδήποτε φωτοαντίσταση του εμπορίου εμφανίζει αντίσταση της τάξης των 10 Ω όταν ευρίσκεται σε ένα φωτισμένο χώρο και αντίσταση της τάξης των 20 kΩ εάν τη σκεπάσουμε με το χέρι μας, δημιουργώντας συνθήκες σκότους. Οι φωτοαντιστάσεις είναι εν γένει πολυκρυσταλλικά υμένα ή μονοκρυσταλλοί του ημιαγωγικού υλικού θειούχου καδμίου (CdS). Το υλικό αυτό είναι από τα πλέον κατάλληλα και εμφανίζει μέγιστη ευαισθησία σε μήκος κύματος 1 μm (που εμπίπτει στην περιοχή του κοντινού υπεριώθρου). Οι φωτοδιόδοι αποτελούνται από μία φωτοευαίσθητη δίοδο πυριτίου, δηλαδή μία επαφή p-n που έχει στην άνω όψη της ένα φωτοαγώγιμο στρώμα. Η πρόσπτωση φωτός στην επιφάνειά τους δημιουργεί ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών στην περιοχή της επαφής, δηλαδή ένα μικρό ρεύμα (φωτόρευμα). Το φωτόρευμα είναι αμελητέο σε σύγκριση με τα ρεύματα που διαρρέουν τις φωτοδιόδους όταν αυτές είναι ορθά πολωμένες, οπότε άγουν ως κανονικές δίοδοι. Όταν όμως οι φωτοδιόδοι είναι ανάστροφα πολωμένες, το φωτόρευμα καθίσταται σημαντικό και επιτρέπει τη μέτρηση της προσπίπτουσας φωτεινής έντασης. Οι δυνατότητες των φωτοδιόδων επεκτείνονται εάν αντικατασταθούν από φωτοτρανζίστορες, καθώς στα τελευταία ενισχύεται το δημιουργούμενο στη φωτοευαίσθητη επαφή p-n φωτόρευμα. Έτσι, μπορούν να μετρηθούν μικρότερες φωτεινές εντάσεις και επακόλουθα αυξάνει το δυναμικό εύρος του αισθητήρα.

3.3.6 Αισθητήρες ήχου

Οι ανιχνευτές ήχου αφουγκράζονται για ήχους που δημιουργούνται από την είσοδο ενός εισβολέα εντός της προστατευμένης περιοχής, και συνήθως χρησιμοποιούνται εσωτερικές εφαρμογές αλλά σε μερικές περιπτώσεις και για εφαρμογές εξωτερικών χώρων.

Αρχή λειτουργίας

Ο αισθητήρας αποτελείται από δύο διατάξεις λήψης που τοποθετούνται στους τοίχους ή στις οροφές των παρακολουθούμενων περιοχών και μια μονάδα ενίσχυσης η οποία περιλαμβάνεται στο κύκλωμα επεξεργασίας σήματος του αισθητήρα. Οι μονάδες λήψης είναι μικρόφωνα που αφουγκράζονται για θορύβους. Αυτά τα μικρόφωνα συλλέγουν ήχους για ανάλυση από την μονάδα επεξεργασίας η οποία μπορεί να διακριβώσει ότι ένα όριο θορύβου είναι χαρακτηριστικό μια ενέργειας εισβολής. Αν μια συγκεκριμένη τιμή θορύβου ανιχνευθεί από μια ελεγχόμενη περιοχή εντός μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου τότε δημιουργείται ένα σήμα.

3.3.7 Αισθητήρες μαγνητικού πεδίου

Οι αισθητήρες μαγνητικού πεδίου που παρουσιάζονται σε αυτή την διατριβή βασίζονται στην αλληλεπίδραση μεταξύ των ελεύθερων φορέων (ηλεκτρονίων) και του μαγνητικού πεδίου. Η αλληλεπίδραση περιγράφεται πολύ καλά από την γνωστή δύναμη Lorentz. Ο Edwin Hall μέτρησε το ηλεκτρικό δυναμικό κάθετα και στις δύο διευθύνσεις σε σχέση με το ρεύμα και το μαγνητικό πεδίο. Αυτό δημιουργεί πεδίο στο εσωτερικό της πλάκας Hall καταστρέφοντας την ισορροπία που υπήρχε αρχικά και αναγκάζει το ρεύμα να αλλάξει για λίγο την διεύθυνση της ροής του σε σχέση με την αρχική.

Βιβλιογραφία

Ενέργειακό γραφείο αιγαίου Ηλεκτρικά αυτοκίνητα γιώργος εμμανουηλίδης Ιούλιος 2011

Ηλεκτρονική Malvino bates 7^η έκδοση

Ηλεκτρικές μηχανές stephen charman 4^η έκδοση

Μηχανική των φ/β συστημάτων καπλάνης Ν.

Ηλεκτρονικά ισχύος Μανίας Σ.

Φωτοτεχνία Τσακίρης Α.

Ηλεκτρική κίνηση Μαλατέστας Π.

Εργασία φυσικής τρένα της ιαπωνίας μαρία πρασίνου 2010-2011

[αισθητήρες επιτάχυνσης](#)

[Αισθητήρες ήχου](#)

Διδακτορικό: Η ελάττωση της τάσης offset σε αισθητήρες ρεύματος βασισμένους στο φαινόμενο Hall βλασσης Ν. Πετούσης 2011

Έλεγχος και ελαχιστοποίηση των απωλειών των ηλεκτρικών μηχανών συνεχούς ρεύματος Ν.Μάργαρης Τζιόλα.

Σύγχρονες Τεχνικές Ελέγχου Ηλεκτρικών Μηχανών Επαγωγής Ιάκωβος Μανολάς Υποψήφιος Διδάκτωρ Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Σερβοκινητήρια συστήματα επαγωγικοί κινητήρες και σύγχρονοι κινητήρες μόνιμου μαγνήτη Χρήστος Α. Μαδεμλής Τζιόλα.