

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας σε Εγκαταστάσεις Γυμναστηριακών Χώρων



ΦΟΙΤΗΤΕΣ :

ΓΙΑΣΙΡΑΝΗΣ ΣΑΒΒΑΣ (6960)

ΑΡΓΥΡΑΚΗΣ ΗΛΙΑΣ (6964)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΡΑΒΑΝΗΣ ΘΕΟΦΑΝΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2019

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου με έδρα την Πάτρα και αναφέρεται στην θεωρητική μελέτη ενός γυμναστηρίου με σκοπό την αναβάθμιση του σε ηλεκτρικά υποβοηθούμενο.

Στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας μας προσπαθήσαμε να φτάσουμε όσο το δυνατόν πιο κοντά στην αναβάθμιση ενός υφιστάμενου γυμναστηρίου σε ηλεκτρικά αυτόνομο με κατάλληλες διατάξεις μετατροπής ισχύος, εκμεταλλευόμενοι την δαπανώμενη ενέργεια των αθλητών. Σημαντικό ερέθισμα για την πραγματοποίηση της εν λόγω μελέτης αποτέλεσε η περιβαλλοντική κρίση που περνάει ο πλανήτης μας, καθώς και η θέληση μας να ενθαρρύνουμε την χρήση πηγών πράσινης ενέργειας. Ακόμα κινητήριος δύναμη για μας ήταν η πρόκληση για τη δημιουργία μιας πηγής ηλεκτρικής ενέργειας από μια καθημερινή δραστηριότητα του μέσου ανθρώπου όπως αυτή της άθλησης.

Τέλος, σε αυτό το σημείο θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμότερες ευχαριστίες μας στον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Αραβανή Φάνη, για την εξαιρετική και πολύτιμη βοήθεια, καθοδήγηση και στήριξη που μας παρέιχε καθ' όλη την διαδικασία της μελέτης.

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητών: Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι Φοιτητές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξ' ίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι Φοιτητές:

(Ονοματεπώνυμο)

(Ονοματεπώνυμο)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

Περίληψη

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η υλοποίηση μιας ενεργειακής μελέτης, για την κάλυψη ορισμένων αναγκών του γυμναστηρίου. Συγκεκριμένα αφορά την μέτρηση της παραγόμενης μηχανικής ενέργειας από τους αθλητές του γυμναστηρίου και ταυτόχρονα τη μετατροπή αυτής σε ηλεκτρική μέσω κατάλληλων ηλεκτρολογικών διατάξεων. Ερέθισμα για την εν λόγω μελέτη αποτέλεσε η αυξανόμενη τάση για εναλλακτικές μορφές ενέργειας αλλά και η περιβαλλοντική ρύπανση που παρατηρείται τις τελευταίες δεκαετίες.

Αρχικά, αναφέρονται βασικές έννοιες και ορισμοί των οποίων η γνώση είναι απαραίτητη για την καλύτερη κατανόηση της μελέτης που πρόκειται να πραγματοποιηθεί. Σε πρώτο στάδιο γίνεται μια γενική εξήγηση για το τι είναι μια ηλεκτρική μηχανή και τις κατηγορίες που υπάρχουν (κινητήρες, γεννήτριες). Στη συνέχεια αναλύεται η αρχή λειτουργίας των γεννητριών, περιγράφονται τα κατασκευαστικά μέλη που τις απαρτίζουν, με εξήγηση του ρόλου που έχει το καθένα για τη λειτουργία μιας γεννήτριας, καθώς και τους νόμους που τη διέπουν. Επιπλέον αναφέρονται τα είδη των γεννητριών του εναλλασσόμενου ρεύματος, σύγχρονες και ασύγχρονες με ιδιαίτερη έμφαση στην δεύτερη κατηγορία, όπου γίνεται και η ανάλυση τους. Παρακάτω τονίζεται η σημαντικότητα της εφαρμογής των ηλεκτρονικών ισχύος στις εφαρμογές παραγωγής και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας και επεξηγείται η λειτουργία της κάθε κατηγορίας.

Σε επόμενο κεφάλαιο πραγματοποιείται η ενεργειακή μελέτη όπου αποτελείται από τον υπολογισμό του ενεργειακού δυναμικού της κάθε κατηγορίας οργάνων γυμναστικής που υπάρχουν στον χώρο του γυμναστηρίου. Αρχικά η μελέτη ξεκινάει με την κατηγορία των strength machines, ακολουθούν οι διάδρομοι, τα στατικά ποδήλατα και τέλος τα ελλειπτικά μηχανήματα. Στην κάθε κατηγορία από τις παραπάνω υπολογίζεται η ισχύς που παράγεται από κάθε άτομο λαμβάνοντας υπόψη διάφορες μετρήσεις και στατιστικά. Τέλος υπολογίζεται η εξοικονόμηση σε KWh που τελικά επιτυγχάνεται.

Στη συνέχεια ακολουθεί το κεφάλαιο που αφορά τη συνδεσμολογία που θα πραγματοποιηθεί. Αρχικά αναφέρονται όλα τα ηλεκτρολογικά μέρη που θα περιλαμβάνονται με εξήγηση του ρόλου τους αλλά και το είδος της γεννήτριας που θα χρησιμοποιηθεί σε κάθε κατηγορία οργάνων γυμναστικής. Επιπλέον δίνεται έμφαση στη λειτουργία των συσσωρευτών όπου αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της παραγωγής ενέργειας με σκοπό της αποθήκευσης της.

Στην συγκεκριμένη εργασία γίνεται επίσης αναφορά σε μελλοντικές εφαρμογές που θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν, με σκοπό να βελτιώσουν περισσότερο το Ecogym, καθώς θα το καθιστούν ικανό να εκμεταλλεύεται περισσότερα ποσά χαμένης ενέργειας με διάφορους έξυπνους τρόπους.

Εν κατακλείδι παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που δημιουργήθηκαν από την εκπόνηση της συγκεκριμένης μελέτης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	2
----------------------------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ.....	4
2.2 ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ.....	5
2.2.1 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ Σ.Ρ.....	5
2.2.2 Η.Ε.Δ ΣΕ ΣΠΕΙΡΑ.....	6
2.2.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ Ε.Ρ.....	8
2.2.4 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΕ ΣΥΝΕΧΕΣ...9	
2.2.5 ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΠΕΔΗΣΕΩΣ ΣΤΙΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ.....	10
2.2.6 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΗΧΑΝΩΝ Σ.Ρ.....	11
2.2.7 ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΕΝ ΚΕΝΩ.....	15
2.2.8 ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΜΕ ΦΟΤΡΙΟ.....	17
2.2.9 ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΥ ΤΥΜΠΑΝΟΥ & ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ.....	19
2.3 ΙΣΧΥΣ, ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ.....	21
2.4 ΕΙΔΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ Ε.Ρ.....	23
2.4.1 ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΕΝΟΥ ΚΛΩΒΟΥ.....	25
2.4.2 ΑΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΔΑΧΤΥΛΙΟΦΟΡΟΥ ΔΡΟΜΕΑ.....	26
2.4.3 ΑΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΔΙΠΛΗΣ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ.....	28

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΙΣΧΥΟΣ.....	30
3.2 ΔΙΟΔΟΙ ΙΣΧΥΟΣ.....	31
3.3 ΤRNASISTOR.....	31
3.4 THYRISTORS.....	32

3.5 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ DC/DC.....	33
3.6 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ AC/DC (ΑΝΟΡΘΩΤΗΣ).....	37
3.7 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ AC/AC (ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΤΑΣΗΣ).....	40
3.8 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ DC/AC (ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ).....	41
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</u>	
4.1 STUDY CASE.....	46
4.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ.....	47
4.2.1 STRENGTH MACHINES.....	47
4.2.2 ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ ΓΥΜΝΑΣΤΙΚΗΣ.....	50
4.2.3 ΣΤΑΤΙΚΑ ΠΟΔΗΛΑΤΑ.....	51
4.2.4 ΕΛΛΕΙΠΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΙΜΑΤΑ.....	56
4.3 ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ.....	58
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</u>	
5.1 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ.....	60
5.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ.....	61
5.2.1 ΣΥΣΣΟΡΕΥΤΕΣ.....	64
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</u>	
6.1 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	68
6.2 ΠΙΕΖΟΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ.....	68
6.2.1 ENERGY FLOOR.....	70
6.3 ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ.....	71
6.4 SMART BENCHES.....	72
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7</u>	
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	74
<u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>	76

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της εργασίας

Τα τελευταία χρόνια η οικονομική κρίση αλλά και η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα καθώς και άλλων ρύπων, έχουν οδηγήσει τον άνθρωπο στην αναζήτηση νέων εναλλακτικών τρόπων παραγωγής ενέργειας. Αυτοί καλούνται να είναι οικονομικοί και φιλικόι προς το περιβάλλον. Σαν πρώτο στάδιο αρκεί να κατανοήσουμε πως η ενέργεια βρίσκεται παντού γύρω μας σε διάφορες μορφές και το μόνο που οφείλουμε να κάνουμε είναι να την εντοπίσουμε και να την εκμεταλλευτούμε κατάλληλα.

Με αφορμή τα παραπάνω, παρατηρήθηκε πως μεγάλο ποσοστό της ενέργειας που δαπανούν οι ασκούμενοι ενός γυμναστηρίου χάνεται στο περιβάλλον με την μορφή θερμότητας. Αυτό μας προσέλκυσε στο να δημιουργήσουμε ένα γυμναστήριο το οποίο θα εκμεταλλεύεται την χαμένη αυτή ενέργεια και θα την μετατρέπει σε ηλεκτρική, με σκοπό την υποβοήθηση ή ακόμα και την πλήρη κάλυψη των αναγκών του σε ηλεκτρισμό. Παρά τον μικρό βαθμό απόδοσης της μετατροπής της χημικής ενέργειας του ανθρώπινου σώματος κατά τη διάρκεια της άθλησης σε ηλεκτρισμό, η υψηλή διαθεσιμότητα της στους γυμναστηριακούς χώρους, σε συνδυασμό με την ενεργοβόρο χρήση των εγκαταστάσεων αποτέλεσε το βασικό έναυσμα για την εν λόγω μελέτη.

Τέλος, αναφέρουμε πως η μετατροπή της καταναλισκόμενης ενέργειας των ασκούμενων σε ηλεκτρική θα γίνει με την κατάλληλη σύνδεση ηλεκτρικής γεννήτριας και διατάξεις μετατροπής ισχύος με τους διαδρόμους, ποδήλατα, ελλειπτικά καθώς και τα strength machines του γυμναστηρίου. Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως η αντίσταση στα παραπάνω μηχανήματα θα

προέρχεται από την αντιρροπή που θα δημιουργείται στον άξονα της γεννήτριας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Με σκοπό την ομαλότερη δυνατή συνέχεια της εργασίας, θεωρούμε πως θα ήταν κάλο να εξηγηθούν κάποιες βασικές έννοιες πάνω στις ηλεκτρικές μηχανές. Αυτό θα βοηθήσει τον αναγνώστη στην καλύτερη κατανόηση της μελέτης μας, μιας και οι ηλεκτρολογικές διατάξεις έχουν πρωταγωνιστικό ρόλο στην εργασία και κατά συνέπεια στην επίτευξη του στόχου μας. Τέλος, σημαντικό είναι να αναφερθεί πως η ενότητα αυτή της εργασίας μας βασίζεται κατά βάση στο δεύτερο κεφάλαιο του βιβλίου του κύριου Σπύρου Βασιλακόπουλου με τίτλο «Ηλεκτρικές μηχανές» [10].

Τι είναι ηλεκτρική μηχανή;

Ηλεκτρική μηχανή είναι η γενική ονομασία των συσκευών που είτε μετατρέπουν μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική, είτε μετατρέπουν ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική, είτε αλλάζουν το ύψος της τάσης εναλλασσόμενου ρεύματος. Μια τέτοια συσκευή, όταν χρησιμοποιείται για τη μετατροπή μηχανικής ενέργεια σε ηλεκτρική ονομάζεται γεννήτρια. Όταν η συσκευή μετατρέπει ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική ονομάζεται κινητήρας. Οι υποκατηγορίες των ηλεκτρικών μηχανών είναι οι μετασχηματιστές, οι μηχανές επαγωγής ή ασύγχρονες μηχανές, οι σύγχρονες μηχανές και οι μηχανές συνεχούς ρεύματος.

2.2 ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

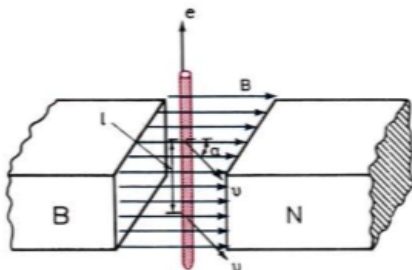
2.2.1 Αρχή λειτουργίας των γεννητριών συνεχούς ρεύματος.

Ηλεκτρεγερτική δύναμη σε κινούμενο αγωγό.

Είναι γνωστό ότι, όταν ένας αγωγός κινείται μέσα σε μαγνητικό πεδίο έτσι ώστε να κόβει τις μαγνητικές γραμμές, τότε μέσα στον αγωγό δημιουργείται ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται φαινόμενο Faraday.

Το σχήμα παριστάνει έναν αγωγό κινούμενο μέσα στο ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται μεταξύ των πόλων B και N ενός μόνιμου μαγνήτη. Ο αγωγός είναι κάθετος στις μαγνητικές γραμμές και κινείται προς την κατεύθυνση που δείχνουν τα βέλη u στο σχήμα. Τα βέλη αυτά είναι κάθετα στον αγωγό και σχηματίζουν γωνία α με την κατεύθυνση των μαγνητικών γραμμών. Η ηλεκτρεγερτική δύναμη που δημιουργείται από επαγωγή δίνεται από την μαθηματική σχέση:

$$e = B \cdot l \cdot u \cdot \eta\mu\alpha \text{ [V]}$$



Εικόνα 2.1: Αγωγός μέσα σε μαγνητικό πεδίο.

Όπου : B = μαγνητική επαγωγή πεδίου [T]

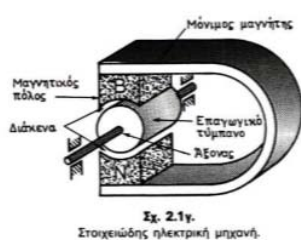
l = μήκος του αγωγού [m]

$U = \eta$ ταχύτητα του αγωγού [m/s]

Από την παραπάνω σχέση συμπεραίνουμε ότι όταν ο αγωγός κινείται παράλληλα προς τις μαγνητικές γραμμές ($\alpha = 0$, $\eta \sin \alpha = 0$) δεν δημιουργείται ηλεκτρεγερτική δύναμη στον αγωγό. Αντίθετα όταν κινείται κάθετα στις μαγνητικές γραμμές ($\alpha = 90^\circ$, $\eta \sin 90 = 1$), τότε έχουμε μέγιστη ηλεκτρεγερτική δύναμη.

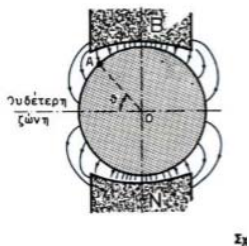
2.2.2 Ηλεκτρεγερτική δύναμη σε σπείρα (στοιχειώδης γεννήτρια)

Για να περιγράψουμε την αρχή λειτουργίας των ηλεκτρικών γεννητριών, ας υποθέσουμε μια στοιχειώδη γεννήτρια, που να αποτελείται από ένα μόνιμο πεταλοειδή μαγνήτη και ένα κυλινδρικό τύμπανο από σιδηρομαγνητικό υλικό, που να μπορεί να περιστραφεί γύρω από τον άξονα του. Το κυλινδρικό αυτό τύμπανο ονομάζεται επαγωγικό τύμπανο και βρίσκεται μεταξύ των πόλων του μόνιμου μαγνήτη. Οι μαγνητικές γραμμές ακολουθούν τη διαδρομή : Β. πόλος – διάκενο – επαγωγικό τύμπανο – διάκενο – Ν. πόλος.



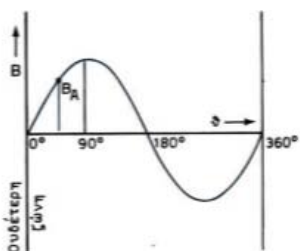
Εικόνα 2.2: Στοιχειώδη ηλεκτρική μηχανή.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται πως διαμορφώνεται το μαγνητικό πεδίο στο διάκενο.



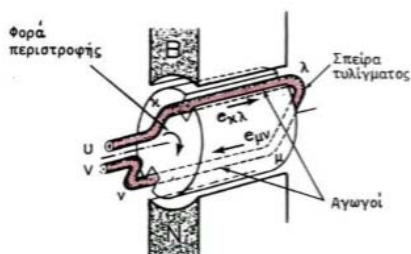
Εικόνα 2.3: Διαμόρφωση μαγνητικού πεδίο στο διάκενο.

Η μεταβολή από θέση σε θέση της μαγνητικής επαγωγής στο διάκενο εξαρτάται από τη διαμόρφωση της μηχανής και κυρίως των μαγνητικών πόλων. Η μαγνητική επαγωγή είναι μέγιστη στο μέσο των πόλων και μικραίνει όσο πλησιάζουμε στην ουδέτερη ζώνη, όπου και γίνεται μηδενική. Η παρακάτω καμπύλη παριστάνει πως μεταβάλλεται η μαγνητική επαγωγή στο διάκενο σε συνάρτηση με τη γωνία θ . Δηλαδή μας δίνει τη μαγνητική επαγωγή στα διάφορα σημεία Α στην επιφάνεια του επαγωγικού τυμπάνου, όταν η γωνία θ , που σχηματίζει η ακτίνα ΟΑ με την ουδέτερη ζώνη, μεταβάλλεται από 0° μέχρι 360° . Στο διάγραμμα έχουν θεωρηθεί θετικές οι τιμές της μαγνητικής επαγωγής όταν οι μαγνητικές γραμμές έχουν φορά προς το τύμπανο και αρνητικές όταν απομακρύνονται από αυτό.



Εικόνα 2.4: Μαγνητική επαγωγή στο διάκενο σε συνάρτηση με τη γωνία θ .

Ας υποθέσουμε τώρα ότι σε δυο οδοντώσεις που υπάρχουν στην επιφάνεια του επαγωγικού τυμπάνου σε αντιδιαμετρικά σημεία, έχουν τοποθετηθεί δυο αγωγοί κ – λ και ν – μ. Οι δυο αυτοί αγωγοί ενώνονται στο πίσω μέρος του τυμπάνου, ώστε να αποτελούν μια σπείρα τυλίγματος του στάτη.



Εικόνα 2.5: Απεικόνιση αγωγών κ-λ.

Όταν το τύμπανο περιστρέφεται με σταθερή ταχύτητα κάθε ένας από τους αγωγούς τέμνει κάθετα τις μαγνητικές γραμμές που υπάρχουν στο διάκενο.

Άρα συμπεραίνοντας από τα παραπάνω σε κάθε έναν από τους αγωγούς δημιουργείται ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή. Επειδή σε διαμετρικά αντίθετα σημεία του τυμπάνου η μαγνητική επαγωγή στο διάκενο έχει την ίδια απόλυτη τιμή, συμπεραίνουμε ότι :

$$e_{κλ} = e_{μν}$$

Σύμφωνα με τον κανόνα δεξιού χεριού καταλήγουμε στο ότι η φορά της ηλεκτρεγερτικής δύναμης θα έχει φορά από το κ προς το λ και από το μ προς ν αντίστοιχα. Άρα η ηλεκτρεγερτική δύναμη θα ισούται με :

$$e = e_{κλ} + e_{μν} = 2 * B * l * u \text{ [V]}$$

2.2.3 Παραγωγή εναλλασσόμενου ρεύματος.

Για να χρησιμοποιήσουμε την ηλεκτρεγερτική δύναμη η οποία παράγεται μέσα στην σπείρα, συνδέουμε τα άκρα της με δυο μεταλλικά δαχτυλίδια, τα οποία είναι στερεωμένα πάνω στον άξονα του τυμπάνου και περιστρέφονται μαζί του. Τα δαχτυλίδια είναι ηλεκτρικά μονωμένα προς τον άξονα.

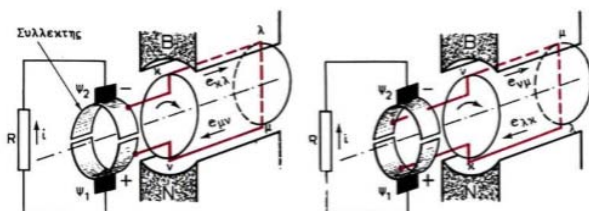
Δυο ψήκτρες, συνήθως από άνθρακα, ψ_1 και ψ_2 είναι στερεωμένες στο ακίνητο μέρος της μηχανής εφαιπτόμενα στα δαχτυλίδια. Οι ψήκτρες συνδέονται μεταξύ τους με την εξωτερική αντίσταση R, που είναι η συσκευή την οποία θέλουμε να τροφοδοτήσουμε με το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα.

Κοιτώντας προσεκτικά τα παρακάτω σχήματα παρατηρούμε το εξής: Στο αριστερό σχήμα το ρεύμα μέσα στο φορτίο κατευθύνεται από την ψήκτρα ψ_1 προς την ψ_2 (βλ. κατευθύνσεις e), ενώ στο δεξί σχήμα όπου ο δρομέας έχει περιστραφεί κατά 180° , το ρεύμα κατευθύνεται από την ψ_2 προς την ψ_1 . Αυτή η συνεχόμενη εναλλαγή κατευθύνσεως έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή εναλλασσόμενου ρεύματος.

2.2.4 Μετατροπή του παραγόμενου ρεύματος σε συνεχές.

Όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, στις γεννήτριες συνεχούς ρεύματος όταν περιστρέφεται το επαγωγικό τύμπανο δημιουργείται μέσα στις σπείρες των αγωγών εναλλασσόμενη ηλεκτρεγερτική δύναμη. Στο εξωτερικό φορτίο όμως παίρνουμε συνεχές ρεύμα και αυτό γίνεται με τη βοήθεια του συλλέκτη. Ο συλλέκτης αντικαθιστά τα δαχτυλίδια που είδαμε στο προηγούμενο όπως φαίνεται και στο σχήμα. Αποτελείται από ένα μεγάλο δαχτυλίδι χωρισμένο σε δυο ίσα μέρη (τομείς συλλέκτη) που είναι στερεωμένα στον άξονα του επαγωγικού τυμπάνου και περιστρέφονται μαζί με αυτόν μονωμένος ως προς τον άξονα αλλά και μεταξύ τους. Τα άκρα της σπείρας των δυο αγωγών είναι συνδεδεμένα μόνιμα με τους τομείς το συλλέκτη, όπως και οι ψήκτρες οι οποίες βρίσκονται και τώρα στο ακίνητο μέρος της μηχανής.

Σύμφωνα με τη διάταξη που απεικονίζεται στο σχήμα παρατηρούμε ότι σε όποια θέση κι αν βρίσκεται το τύμπανο κατά την περιστροφή του το ρεύμα έχει μόνιμα κατεύθυνση από την ψήκτρα ψ_1 προς την ψ_2 .



Εικόνα 2.5: Κατεύθυνση ροής ηλεκτρικού ρεύματος.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η μεταβολή της εντάσεως i που διαρρέει το εξωτερικό φορτίο R . Το ρεύμα ονομάζεται ανορθωμένο, επειδή έχει πάντοτε την ίδια φορά. Όπως φαίνεται όμως δεν είναι τελείως συνεχές ρεύμα διότι η ένταση μεταβάλλεται με το χρόνο.



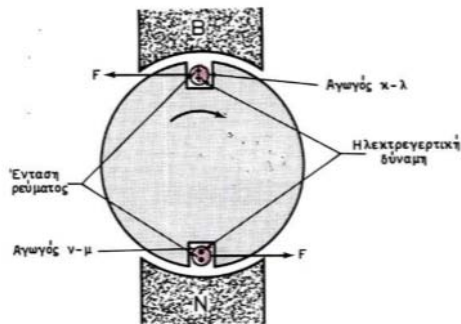
Εικόνα 2.6: Μεταβολή της έντασης του ανορθωμένου ρεύματος όταν διαρρέει φορτίο R .

Για να μειώσουμε αυτή την κυμάτωση, στις πραγματικές γεννήτριες χρησιμοποιούμε πολλές σπείρες στο τύμπανο και οι συλλέκτες έχουν πολλούς τομείς. Με κατάλληλες εσωτερικές συνδέσεις καταφέρνουμε να προσεγγίζουμε κατά πολύ ένα τελείως συνεχές ρεύμα.

Τέλος σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι σε περίπτωση που θέλουμε να αλλάξουμε την πολικότητα της γεννήτριας, θα πρέπει ή να αλλάξουμε την πολικότητα του μαγνητικού πεδίου ή τη φορά περιστροφής της μηχανής. Σε περίπτωση που γίνουν και οι δυο ενέργειες η πολικότητα δεν αλλάζει.

2.2.5 Δυνάμεις πεδήσεως στις γεννήτριες.

Σύμφωνα με τον νόμο του Laplace όταν σε έναν αγωγό εφαρμόζεται τάση στα άκρα του ενώ βρίσκεται σε μαγνητικό πεδίο, τότε αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία μηχανικής ενέργειας μέσα στο πεδίο αυτό. Αυτό το φαινόμενο εκμεταλλευόμαστε για την λειτουργία ενός ηλεκτροκινητήρα. Όμως δυστυχώς οι παραπάνω συνθήκες εμφανίζονται και στο εσωτερικό του στάτη μια γεννήτριας, αφού δίνοντας κίνηση από μια εξωτερική πηγή στον δρομέα αναπτύσσεται τάση στα άκρα του επαγωγικού τυμπάνου το οποίο προφανώς περιστρέφεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο (φαινόμενο κινητήρα). Με λίγα λόγια το φαινόμενο Laplace και το φαινόμενο Faraday συνήθως εμφανίζονται μαζί.



Εικόνα 2.7: Φορά της Δύναμης F .

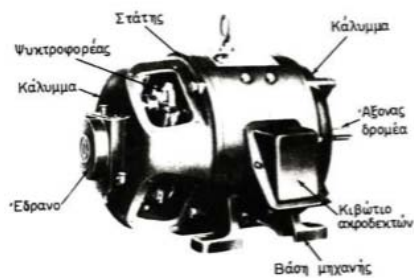
Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα η δύναμη F που δημιουργείται λόγω του φαινομένου κινητήρα έχει αντίθετη φορά από την φορά περιστροφής του δρομέα της γεννήτριας. Συνεπώς επηρεάζει αρνητικά την λειτουργία της γεννήτριας. Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του ρεύματος που διαπερνάει τον δρομέα, τόσο μεγαλύτερο είναι το έργο που πρέπει να καταναλωθεί για να υπερνικηθεί αυτή η αντιρροπή.

Υπό κανονικές συνθήκες πολλές φορές αυτή η αντιρροπή μένει ανεκμετάλλευτη, όμως όπως θα δούμε παρακάτω, η συνθήκη ένταση – αντιρροπή παίζει καθοριστικό ρόλο στην λειτουργία ενός ECOGYM.

2.2.6 Κατασκευή των μηχανών συνεχούς ρεύματος

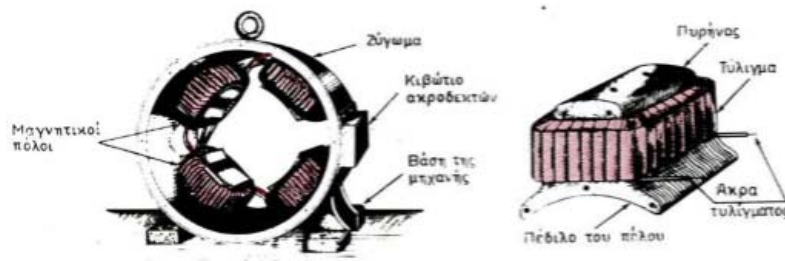
Κάθε μηχανή συνεχούς ρεύματος αποτελείται από το ακίνητο μέρος και το περιστρεφόμενο μέρος που ονομάζεται δρομέας. Το ακίνητο μέρος αποτελείται από το κεντρικό τμήμα, τον στάτη και δυο καλύμματα που προφυλάσσουν το εσωτερικό της μηχανής και στηρίζουν τα έδρανα, μέσα στα οποία περιστρέφεται ο άξονας του δρομέα. Στο εξωτερικό μέρος του στάτη είναι στερεωμένο το κιβώτιο των ακροδεκτών, με τους οποίους η μηχανή

συνδέεται με το φορτίο που τροφοδοτεί (αν είναι γεννήτρια) ή το δίκτυο που την τροφοδοτεί (αν είναι κινητήρας).



Εικόνα 2.8: Ηλεκτρική Μηχανή Σ.Ρ.

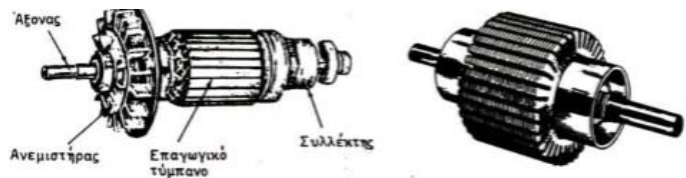
Ο στάτης στις μηχανές Σ.Ρ αποτελείται από το ζύγωμα και τους μαγνητικούς πόλους, που είναι στερεωμένοι στο εσωτερικό του μέρος. Κάθε μαγνητικός πόλος αποτελείται από τον πυρήνα και το τύλιγμα. Ο πυρήνας, που κατασκευάζεται συνήθως από πολλά λεπτά ειδικά σιδερένια ελάσματα, έχει διαμορφωθεί στο ένα του άκρο σε «πέδιλο του πόλου», για την καλύτερη κατανομή του μαγνητικού πεδίου. Το τύλιγμα κάθε πόλου αποτελείται από πολλές από πολλές σπείρες από μονωμένο χάλκινο σύρμα, που κι αυτές με τη σειρά τους είναι τυλιγμένες με βαμβακερή ταινία ποτισμένη με βερνίκι για καλύτερη μόνωση του πυρήνα. Τα άκρα του τυλίγματος μένουν ελεύθερα γιατί μέσα από αυτά διοχετεύεται το ηλεκτρικό ρεύμα που δημιουργεί το μαγνητικό πεδίο.



Εικόνα 2.9: Τομή του στάτη.

Ανάλογα με τον αριθμό των πόλων που έχει μια μηχανή ονομάζεται διπολική, τετραπολική, εξαπολική κτλ. Οι ηλεκτρικές μηχανές έχουν πάντα άρτιο αριθμό πόλων διότι λειτουργούν σε ζεύγη.

Ο δρομέας μιας μηχανής συνεχούς ρεύματος αποτελείται από το επαγωγικό τύμπανο και το συλλέκτη που είναι στερεωμένα πάνω στον άξονα. Επάνω στον άξονα είναι στερεωμένος και ο ανεμιστήρας που χρησιμεύει για να κυκλοφορεί τον αέρα που ψύχει τη μηχανή.



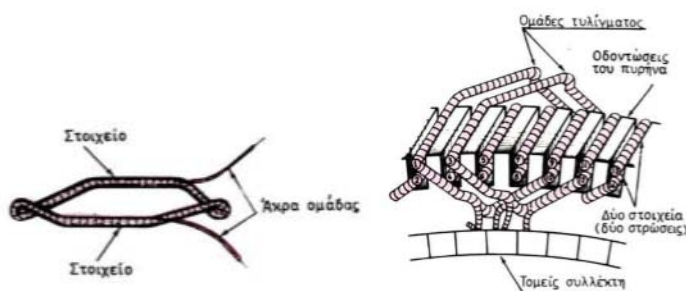
Εικόνα 2.10: Δρομέας γεννήτριας Σ.Ρ.

Το επαγωγικό τύμπανο αποτελείται από τον πυρήνα και το τύλιγμα. Ο πυρήνας κατασκευάζεται από πολλά λεπτά μαγνητικά ελάσματα. Οι οδοντώσεις που δημιουργούνται σχηματίζουν τα αυλάκια του πυρήνα μέσα στο οποία τοποθετείται το τύλιγμα.



Εικόνα 2.11: Απεικόνιση μαγνητικών ελασμάτων

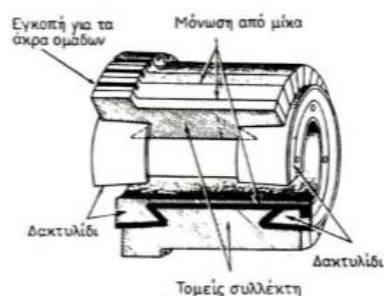
Το τύλιγμα αποτελείται από ένα ορισμένο αριθμό ομάδων. Κάθε ομάδα κατασκευάζεται από πολλές σπείρες μονωμένου χάλκινου σύρματος, οι οποίες αφού τυλιχθούν με βαμβακερή ταινία, διαμορφώνονται όπως το παρακάτω σχήμα. Τα δυο άκρα του σύρματος από το οποίο κατασκευασθεί η ομάδα μένουν ελεύθερα για να συνδεθούν σε δυο τομείς του συλλέκτη. Κάθε ένα από τα δυο στοιχεία που έχει η ομάδα τοποθετείται σε διαφορετικό αυλάκι του πυρήνα και κατά τέτοιο τρόπο, ώστε σε κάθε αυλάκι να υπάρχουν δυο στοιχεία από δυο διαφορετικές ομάδες. Έτσι έχουμε τύλιγμα σε δυο διαφορετικές στρώσεις.



Εικόνα 2.12: Απεικόνιση τυλίγματος.

Ο συλλέκτης είναι κατασκευασμένος από πολλά χάλκινα ελάσματα που ονομάζονται τομείς του συλλέκτη. Οι τομείς στερεώνονται ανάμεσα σε δυο σιδερένια δαχτυλίδια. Κάθε τομέας μονώνεται με μίκα (κατηγορία πυριτικών ορυκτών με πολύπλοκη μοριακή δομή) από τους διπλανούς του και από το

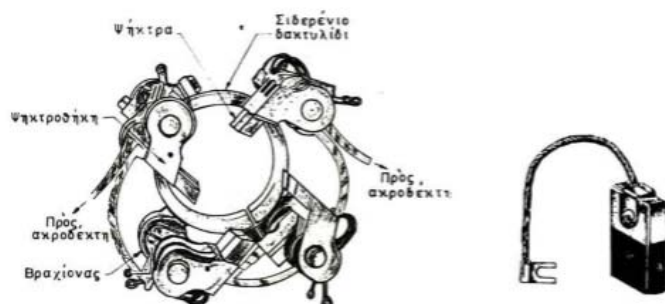
σώμα της μηχανής. Στις εγκοπές που φέρουν οι τομείς συγκολλούνται τα άκρα των ομάδων από το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου.



Εικόνα 2.13: Απεικόνιση συλλέκτη.

Ένα άλλο εξάρτημα που θα βρούμε στις μηχανές Σ.Ρ είναι ο ψηκτροφορέας, ο οποίος βρίσκεται στο ακίνητο μέρος της μηχανής στη πλευρά του συλλέκτη. Ο ψηκτροφορέας αποτελείται από ένα σιδερένιο δακτυλίδι με βραχίονες, που είναι στερεωμένοι σε αυτό κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι ηλεκτρικά μονωμένοι από το δακτυλίδι.

Στους βραχίονες στερεώνονται οι ψηκτροθήκες μέσα στις οποίες τοποθετούνται οι ψήκτρες. Οι ψήκτρες χρησιμεύουν για να παίρνουν το ηλεκτρικό ρεύμα από το συλλέκτη και να το διοχετεύουν μέσω αγωγών στους ακροδέκτες της μηχανής.



Εικόνα 2.14: Ψηκτροφορέας.

Γι αυτό το λόγο οι ψήκτρες πιέζονται πάνω στην επιφάνια του συλλέκτη με μικρά ελατήρια. Τα ελατήρια στις μεγάλες μηχανές μάλιστα, είναι ρυθμιζόμενα, ώστε οι η πίεση που ασκεί η ψήκτρα στον συλλέκτη να μην είναι πολύ μεγάλη, γιατί τότε θα φθαρεί γρήγορα αλλά ούτε και μικρή γιατί τότε δεν θα έχουμε καλή επαφή.

Τέλος, οι ψήκτρες είναι κατασκευασμένες από σκληρό άνθρακα ή από γραφίτη. Στο ένα άκρο της ψήκτρας στερεώνεται ένα ευλύγιστο χάλκινο σύρμα, όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, που χρησιμεύει για να οδηγήσει

το ηλεκτρικό ρεύμα στον αγωγό που τη συνδέει όπως προαναφέραμε με έναν από τους ακροδέκτες της μηχανής.

2.2.7 Λειτουργία γεννήτριας εν κενώ

Όταν χρησιμοποιούμε τον όρο εν κενώ για μια ηλεκτρική μηχανή, εννοούμε ότι δεν είναι συνδεδεμένη σε κάποιο εξωτερικό φορτίο. Στη περίπτωση της ηλεκτρικής γεννήτριας η παραγόμενη ηλεκτρική τάση εν κενώ δίνεται από τον μαθηματικό τύπο:

$$E_{\text{κενώ}} = \frac{p \cdot S \cdot w}{a} * \Phi * n \quad [V]$$

Όπου : Φ είναι χρήσιμη η μαγνητική ροή κάθε πόλου [Vs]

n η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα. [rpm]

p ο αριθμός των στοιχείων του τυλίγματος

w ο αριθμός των αγωγών σε κάθε στοιχείο και

a ο αριθμός των ζευγών παραλλήλων κλάδων του τυλίγματος

Την παραπάνω σχέση μπορούμε να την βρούμε και ως εξής:

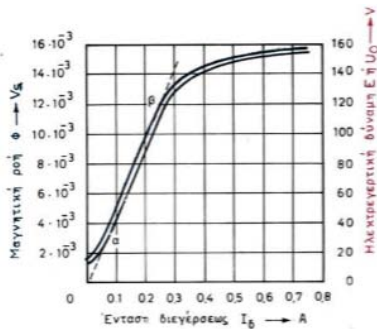
$$E = K * \Phi * n \quad [V]$$

Όπου από την 1^η σχέση προκύπτει ότι $K = \frac{p \cdot S \cdot w}{a}$ και είναι σταθερό μέγεθος για κάθε μηχανή.

Η σχέση αυτή μας λέει ότι η ηλεκτρεγερτική δύναμη μιας γεννήτριας είναι ανάλογη με τη μαγνητική ροή κάθε πόλου και με τον αριθμό στροφών ανά δευτερόλεπτο της μηχανής.

Σε μια ηλεκτρική μηχανή η μαγνητική ροή των πόλων παράγεται από τα αμπερελίγματα διεγέρσεως. Επειδή τα ελίγματα διεγέρσεως είναι σταθερά,

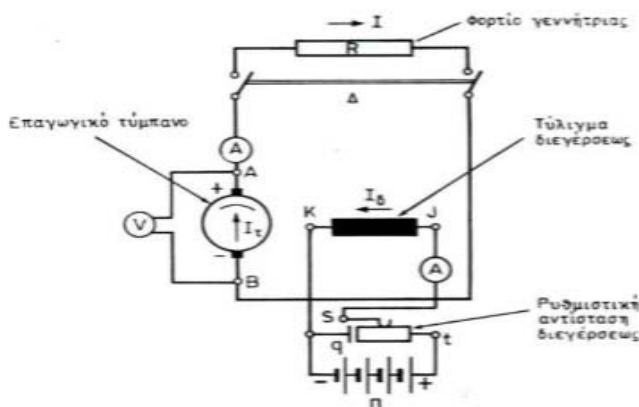
συμπεραίνουμε ότι η μαγνητική ροή Φ εξαρτάται από την ένταση διεγέρσεως I_{δ} . Η εξάρτηση αυτή φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα που ονομάζεται χαρακτηριστική μαγνητική καμπύλη.



Εικόνα 2.15: Χαρακτηριστική μαγνητική καμπύλη.

Παρατηρούμε ότι όταν η ένταση διεγέρσεως είναι μηδενική, η μαγνητική ροή δεν μηδενίζεται. Αυτό οφείλεται στον παραμένοντα μαγνητισμό της μηχανής. Αυτό το σημείο α μέχρι το σημείο β η καμπύλη είναι ευθεία. Από το σημείο β αρχίζει ο κορεσμός του μαγνητικού κυκλώματος. Είναι το γόνατο της καμπύλης και γύρω από αυτό εργάζονται οι μηχανές. Η ίδια καμπύλη με την κλίμακα στο δεξί μέρος του διαγράμματος παριστάνει και τη μεταβολή της ηλεκτρεγερτικής δύναμης της γεννήτριας, αφού όπως είπαμε τα μεγέθη Φ και E είναι ανάλογα, όταν η ταχύτητα περιστροφής είναι σταθερή.

Την καμπύλη μεταβολής της E όταν μεταβάλλεται η ένταση διεγέρσεως I_{δ} , που ονομάζεται και στατική χαρακτηριστική της γεννήτριας, μπορούμε να τη χαράξουμε μετρώντας την τάση χωρίς φορτίο U_0 της γεννήτριας για τις διάφορες τιμές της εντάσεως διεγέρσεως. Η τάση χωρίς φορτίο της γεννήτριας, δηλαδή η τάση που μετράμε μεταξύ των ψηκτρών της A και B με ένα βολτόμετρο, όταν η γεννήτρια δεν τροφοδοτεί με φορτίο είναι ίση με την ηλεκτρεγερτική της δύναμη E .



Εικόνα 2.16: Ηλεκτρικό Κύκλωμα γεννήτριας.

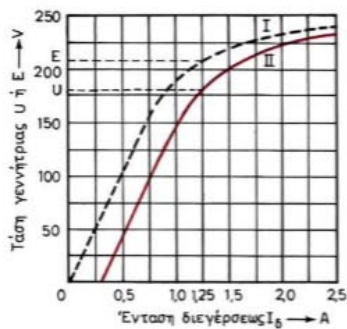
Η μεταβολή της $I\delta$ μπορεί να γίνει με τη ρυθμιστική αντίσταση διεγέρσεως. Η ρυθμιστική αυτή αντίσταση που είναι συνήθως στροφαλοφόρος έχει εκτός από του δυο κύριους ακροδέκτες s και t και έναν τρίτο q που συνδέεται μέσω του αγωγού με το άκρο K του τυλίγματος διεγέρσεως. Έτσι, όταν θέλουμε να διακόψουμε το ρεύμα διεγέρσεως μεταφέρουμε την κινητή επαφή s στο q . Με αυτό τον τρόπο βραχυκυκλώνουμε τα άκρα του τυλίγματος διεγέρσεως και αποφεύγουμε τη δημιουργία σπινθήρων στις επαφές της ρυθμιστικής αντιστάσεως, τη στιγμή που διακόπτεται το ρεύμα διεγέρσεως.

2.2.8 Λειτουργία γεννήτριας με φορτίο.

Αν συνδέσουμε μια γεννήτρια με ένα φορτίο R τότε αυτό θα το διαρρεύσει ρεύμα έντασεως I όπου $I = I_{\text{τυμπάνου}}$. Αν υποθέσουμε ότι είχαμε μετρήσει την τάση εν κενώ (E) της γεννήτριας, θα δούμε ότι τώρα η τάση U που δείχνει το βολτόμετρο είναι μικρότερη από την E για την ίδια έκταση διεγέρσεως. Η διαφορά μάλιστα μεταξύ τους είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση φορτίσεως I . Δυο είναι οι λόγοι στους οποίους οφείλεται αυτή η διαφορά.

Ο πρώτος είναι ότι η ηλεκτρεγερτική δύναμη E_{ϕ} της γεννήτριας, όταν εργάζεται με φορτίο για λόγους που θα δούμε παρακάτω είναι μικρότερη από την E για την ίδια ένταση διεγέρσεως και ίδια ταχύτητα περιστροφής.

Ο δεύτερος είναι ότι η τάση U είναι μικρότερη και από την E_{ϕ} , για την ίδια ένταση διεγέρσεως, κατά την εσωτερική πτώση τάσεως που δημιουργεί η ένταση I_T μέσα στους αγωγούς του τυλίγματος του επαγωγικού τυμπάνου.



Εικόνα 2.17: Μεταβολή της τάσης της γεννήτριας όταν μεταβάλλεται η ένταση διεγέρσεως.

Αυτό φαίνεται μαθηματικά με τον τύπο:

$$U = E_{\phi} - R_T * I_T$$

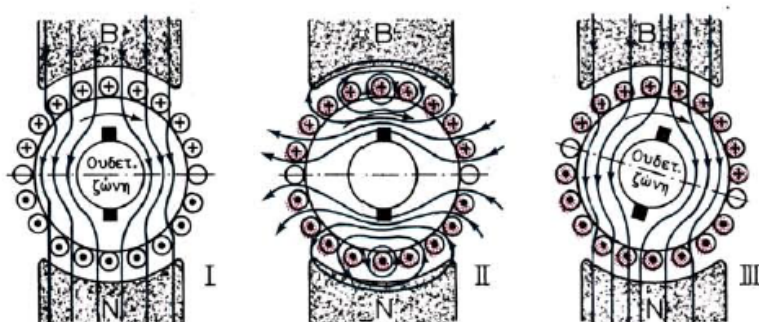
Όπου R_T η ωμική αντίσταση του τυλίγματος του επαγωγικού τυμπάνου σε $[\Omega]$ και

I_T η ένταση σε $[A]$ του επαγωγικού τυμπάνου, που εδώ είναι ίση με την ένταση φορτίσεως της μηχανής.

Η καμπύλη II του παραπάνω σχήματος δείχνει πως μεταβάλλεται η τάση της γεννήτριας, όταν μεταβάλλεται η ένταση διεγέρσεως I_{δ} με σταθερή την ένταση φορτίσεως και την ταχύτητα περιστροφής της μηχανής. Η καμπύλη αυτή ονομάζεται εξωτερική χαρακτηριστική της γεννήτριας. Στο ίδιο σχήμα φαίνεται και η στατιστική χαρακτηριστική της ίδιας γεννήτριας (καμπύλη I) που δείχνει, όπως αναφέραμε στην προηγούμενη παράγραφο, τη μεταβολή της τάσεως εν κενώ E . Για μια ορισμένη ένταση διεγέρσεως, η διαφορά της U από την E δείχνει πόσο ελαττώνεται η τάση της γεννήτριας κατά τη φόρτιση, με ένταση φορτίου, για την οποία έχει χαραχτεί η καμπύλη II.

2.2.9 Αντίδραση του επαγωγικού τυμπάνου και τρόποι αντιμετώπισης

Όπως προαναφέραμε η ένταση φορτίσεως I που περνά μέσα από το φορτίο, περνά και μέσα από του αγωγούς του επαγωγικού τυμπάνου. Είναι γνωστό όμως, ότι οι αγωγοί που διαρρέονται από ρεύμα δημιουργούν γύρω τους μαγνητικό πεδίο. Το μαγνητικό πεδίο που δημιουργούν οι αγωγοί του επαγωγικού τυμπάνου έχει σαν αποτέλεσμα να παραμορφώνει το κύριο μαγνητικό πεδίο της μηχανής. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται αντίδραση του επαγωγικού τυμπάνου και σχηματικά το βλέπουμε παρακάτω.



Εικόνα 2.18

Στο πρώτο σχήμα είναι σχεδιασμένο το κύριο μαγνητικό πεδίο και οι αγωγοί του επαγωγικού τυμπάνου με τις ηλεκτρεγερτικές δυνάμεις που δημιουργούνται σε αυτούς από επαγωγή. Στο δεύτερο, απεικονίζονται οι αγωγοί του επαγωγικού τυμπάνου, όταν η μηχανή εργάζεται με φορτίο, να διαρρέονται από εντάσεις τις ίδιες φορές με τις ηλεκτρεγερτικές δυνάμεις. Δημιουργούν τότε ένα δικό τους μαγνητικό πεδίο, όπως είναι σχεδιασμένο.

Τέλος, στο τρίτο σχήμα φαίνεται η παραμόρφωση που παθαίνει το κύριο μαγνητικό πεδίο από την αντίδραση του επαγωγικού τυμπάνου. Συνέπεια αυτού είναι να μετατοπισθεί η ουδέτερη ζώνη, όπως φαίνεται και στο σχήμα. Οι ψήκτρες για να πληρούν τον προορισμό τους πρέπει να μετατοπισθούν σε μια θέση κάθετη προς τη νέα ουδέτερη ζώνη. Αν δεν γίνει αυτό θα έχουμε κατά τη λειτουργία της μηχανής σπινθηρισμούς ανάμεσα στο συλλέκτη και τις ψήκτρες. Η μετάθεση αυτή πρέπει να είναι τόσο μεγάλη όσο μεγαλύτερο είναι και το φορτίο της μηχανής, αφού το μέγεθος της παραμορφώσεως του κύριου μαγνητικού πεδίου εξαρτάται από την ένταση του ρεύματος του επαγωγικού τυμπάνου. Παρατηρούμε ακόμα ότι στις γεννήτριες η μετάθεση των ψηκτρών

πρέπει να γίνονται κατά τη φορά περιστροφής του τυμπάνου. Στην πράξη, τις ψήκτρες τις μεταθέτουμε στρέφοντας τον ψηκτροφορέα κατά μια σταθερή γωνία, ώστε να μην έχουμε σπινθηρισμούς κοντά στο φορτίο της μηχανής.

Οι κατασκευαστές των μηχανών συνεχούς ρεύματος, εκτός από τη μετάθεση των ψηκτρών, που εφαρμόζεται σε μικρές σχετικά μηχανές, παίρνουν και διάφορα άλλα μέτρα για να αντιμετωπίσουν τις επιδράσεις που έχει η αντίδραση του επαγωγικού τυμπάνου. Τέτοια μέτρα είναι η τοποθέτηση τυλιγμάτων αντισταθμίσεως και η τοποθέτηση βοηθητικών μαγνητικών πόλων.

Τα τυλίγματα αντισταθμίσεως αποτελούνται από αγωγούς, οι οποίοι τοποθετούνται μέσα σε λούκια, που υπάρχουν στα πέδιλα των μαγνητικών πόλων, παράλληλα προς τον άξονα της μηχανής.

Οι αγωγοί του τυλίγματος αντισταθμίσεως συνδέονται σε σειρά μεταξύ τους και προς το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου της γεννήτριας, ώστε να διέρχεται από αυτούς όλο το ρεύμα φορτίσεως της μηχανής. Η σύνδεση γίνεται έτσι ώστε κάθε αγωγός του τυλίγματος αντισταθμίσεως να διαρρέεται κάθε στιγμή από ρεύμα ίσης έντασης αλλά αντίθετης φοράς από αυτή που διαρρέεται το γενικό σύνολο του δρομέα. Έτσι το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται αντισταθμίζει το πεδίο των δινορρευμάτων.

Επιπλέον, πολύ αποτελεσματικό μέτρο για την αντιμετώπιση της αντιδράσεως του επαγωγικού τυμπάνου αλλά και των σπινθηρισμών στο συλλέκτη που οφείλονται σε άλλες αιτίες, αποτελεί η τοποθέτηση βοηθητικών μαγνητικών πόλων.

Κάθε βοηθητικός πόλος αποτελείται από πυρήνα και τύλιγμα. Οι πυρήνες των βοηθητικών πόλων είναι μικρότεροι από τους πυρήνες των κύριων πόλων και τα τυλίγματα τους αποτελούνται από λίγες σπείρες χονδρού σύρματος, γιατί συνδέονται σε σειρά με το τύλιγμα του τυμπάνου και διέρχεται μέσα από αυτά όλο το ρεύμα φορτίσεως της μηχανής.

Οι βοηθητικοί πόλοι τοποθετούνται μεταξύ των κύριων, δηλαδή στις ουδέτερες ζώνες. Τα τυλίγματα των βοηθητικών πόλων συνδέονται στις γεννήτριες συνεχούς ρεύματος έτσι ώστε κατά τη φορά περιστροφής του τυμπάνου μετά από κάθε βόρειο κύριο πόλο να έρχεται ένας νότιος βοηθητικός και μετά από κάθε νότιο κύριο πόλο να έρχεται ένας βόρειος βοηθητικός.

2.3 ΙΣΧΥΣ, ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

2.3.1 Ισχύς

Είναι η ισχύς N που παίρνουμε από την γεννήτρια. Ο τύπος που εκφράζει την ισχύ είναι: $N = \frac{U \cdot I}{1000}$ [KW]

Όπου: U είναι η τάση της γεννήτριας σε V και

I η ένταση του ρεύματος σε A .

Η ονομαστική ισχύς κάθε γεννήτριας αναφέρεται σε μια πινακίδα πάνω στη γεννήτρια. Αυτή είναι η μεγαλύτερη ισχύς που μπορεί να δώσει η γεννήτρια, όταν δουλεύει υπό ονομαστική τάση και ταχύτητα που αναφέρονται επίσης στην πινακίδα. Τέλος η ονομαστική ένταση της γεννήτριας συνδέεται με την ονομαστική ισχύ και την ονομαστική τάση με τον παραπάνω τύπο.

2.3.2 Απώλειες

Είναι γνωστό πως μια γεννήτρια για να δώσει ηλεκτρική ενέργεια πρέπει να πάρει μηχανική. Η μετατροπή της ενέργειας από μηχανική σε ηλεκτρική δεν μπορεί να γίνει χωρίς απώλειες. Η ισχύς $N_{\text{εισ}}$ που παίρνει η γεννήτρια είναι

πάντα μεγαλύτερη από την ισχύ N που θα δώσει. Η διαφορά τους ονομάζεται ισχύς απωλειών και ισούται: $N_{\text{απ}} = N_{\text{εισ}} - N$.

Οι απώλειες εμφανίζονται πάντα με την μορφή θερμότητας. Οι απώλειες των γεννητριών διακρίνονται σε:

- Σταθερές απώλειες, δηλαδή ανεξάρτητες του φορτίου της γεννήτριας και
- Μεταβλητές απώλειες, δηλαδή μεταβαλλόμενες με το φορτίο.

Σταθερές απώλειες είναι οι μηχανικές και οι μαγνητικές που διακρίνονται σε απώλειες υστερήσεως και δινορρευμάτων.

Οι μηχανικές απώλειες εκφράζονται ως απώλειες τριβής του δρομέα στα έδρανα των ψηκτρών με το συλλέκτη, του αέρα με τον περιστρεφόμενο δρομέα και το μηχανικό έργο που απορροφά ο ανεμιστήρας της μηχανής.

Οι απώλειες υστερήσεως οφείλονται στις μεταβολές της μαγνητίσεως του πυρήνα του επαγωγικού τυμπάνου, καθώς αυτό περιστρέφεται μέσα στο σταθερό μαγνητικό πεδίο. Οι απώλειες δινορρευμάτων οφείλονται στα ρεύματα που κυκλοφορούν στον πυρήνα του επαγωγικού τυμπάνου πάλι λόγω της περιστροφής του μέσα στο μαγνητικό πεδίο της μηχανής.

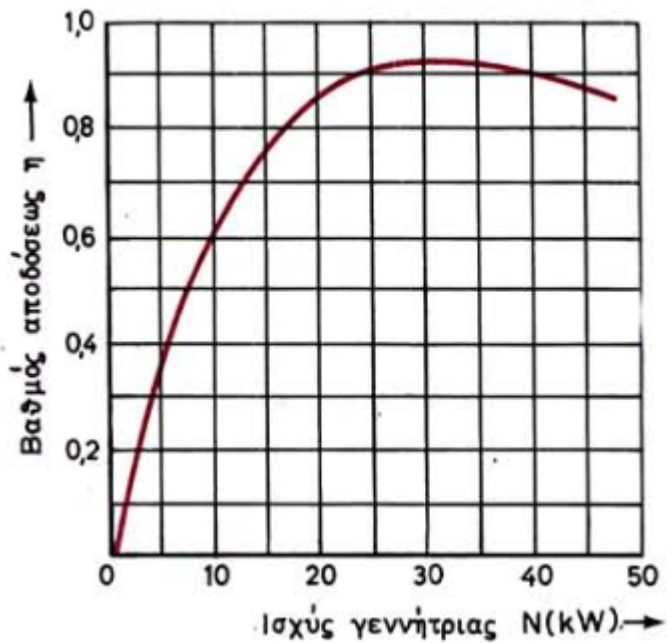
Μεταβλητές απώλειες είναι οι ηλεκτρικές απώλειες και οφείλονται στη θερμότητα που παράγεται στα διάφορα κυκλώματα της γεννήτριας, όταν διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα.

2.3.3 Βαθμός Απόδοσης

Ορίζεται ως ο λόγος της ισχύος που παίρνουμε από μια γεννήτρια προς την ισχύ που δίνει σε αυτή η κινητήρια μηχανή και είναι πάντοτε μικρότερος της μονάδας.

$$\eta = \frac{N}{N_{\text{εισ}}}$$

Ο βαθμός απόδοσης εξαρτάται από το φορτίο της γεννήτριας και η μέγιστη τιμή του είναι στην ονομαστική ισχύ της γεννήτριας.



Εικόνα 2.19: Βαθμός απόδοσης γεννήτριας συναρτήσει της ισχύος.

2.4 ΕΙΔΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Οι μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος διακρίνονται σε δυο κατηγορίες, τις **σύγχρονες** και τις **ασύγχρονες**.

Στις σύγχρονες υπάρχει μια σταθερή σχέση ανάμεσα στην ταχύτητα περιστροφής και τη συχνότητα του ρεύματος. Επίσης στις σύγχρονες μηχανές η διέγερση τους τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα από ένα δίκτυο ή από μία μηχανή συνεχούς ρεύματος, τη διεγέρτρια.

Στις ασύγχρονες μηχανές η ταχύτητα για μια ορισμένη συχνότητα του ρεύματος εξαρτάται από το φορτίο της μηχανής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην υπάρχει κάποια σταθερή σχέση μεταξύ συχνότητας ρεύματος και ταχύτητας περιστροφής.

Και οι δυο κατηγορίες μπορούν να λειτουργήσουν είτε ως γεννήτριες, είτε ως κινητήρες. Στην πράξη όμως οι σύγχρονες μηχανές χρησιμοποιούνται κυρίως ως γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος και ονομάζονται εναλλακτήρες. Τέτοιες μηχανές χρησιμοποιούνται στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η χρήση των ασύγχρονων γεννητριών δεν ήταν πολύ διαδεδομένη πριν λίγες δεκαετίες. Τα τελευταία χρόνια όμως, κυρίως με την ανάπτυξη της χρήσης ανεμογεννητριών ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο καθώς παρουσιάζουν ορισμένα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά.

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των ασύγχρονων γεννητριών είναι ότι δεν μπορούν να παράγουν άεργη ισχύ. Αντίθετα καταναλώνουν άεργο ισχύ. Έτσι για τη λειτουργία είναι απαραίτητη η παρουσία μιας εξωτερικής πηγής άεργης ισχύος που θα είναι μόνιμα συνδεδεμένη. Αυτή η εξωτερική πηγή θα ρυθμίζει την τάση στην έξοδο της γεννήτριας εφόσον είναι αδύνατο να το καταφέρει αυτό η γεννήτρια από μόνη της λόγω της έλλειψης του ρεύματος διέγερσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι εξωτερικοί πυκνωτές να παράγουν το ρεύμα μαγνήτισης που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη γεννήτρια. Οι ασύγχρονες γεννήτριες παρουσιάζουν ένα σημαντικό πρόβλημα, το οποίο είναι πως η τάση στα άκρα της έχει άμεση εξάρτηση από το φορτίο και όταν αυτό έχει ισχυρό επαγωγικό χαρακτήρα τότε μπορεί να έχουμε μεγάλη πτώση στην τάση της γεννήτριας. Αυτό το πρόβλημα είναι και ένας από τους λόγους δυσκολίας εκκίνησης επαγωγικού κινητήρα από ασύγχρονη γεννήτρια. Γενικά η ασύγχρονη γεννήτρια επιδεινώνει τον συντελεστή ισχύος του δικτύου και προκαλεί μεγάλες πτώσεις τάσης.

Παρόλα όμως τα μειονεκτήματα η ασύγχρονη γεννήτρια παρουσιάζει ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα. Αυτό είναι η απλότητα της, η οποία στηρίζεται στο γεγονός ότι δεν απαιτείται ξεχωριστό κύκλωμα διέγερσης και ότι δεν χρειάζεται να κινείται συνεχώς με την ίδια ταχύτητα. Έτσι όσο μεγαλύτερη είναι η ροπή που θα εφαρμόζεται στον άξονα τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η ισχύς στην έξοδο.

Οι ασύγχρονες γεννήτριες διακρίνονται σε δύο είδη, με τις ίδιες όμως αρχές λειτουργίας:

- α) γεννήτριες βραχυκυκλωμένου κλωβού (squirrel cage induction generator).
- β) γεννήτριες δακτυλιοφόρου δρομέα (wound rotor induction generator) .

2.4.1 Γεννήτρια βραχυκυκλωμένου κλωβού

Σε αυτή τη κατηγορία γεννήτριας ο κλωβός αποτελείται από μπάρες χαλκού λίγο μεγαλύτερες σε μήκος από το δρομέα και τοποθετούνται μέσα στις εγκοπές του κλωβού, ενώ οι άκρες των μπαρών συγκολλούνται σε δυο χάλκινους ακροδακτύλιους, έτσι ώστε όλες οι μπάρες να είναι βραχυκυκλωμένες μεταξύ τους. Σε μικρού και μεσαίου μεγέθους μηχανές οι μπάρες και οι ακροδακτύλιοι είναι φτιαγμένοι από σφυρηλατημένο αλουμίνιο έτσι ώστε να διαμορφώνει ένα εσωτερικό καλούπι .



Εικόνα 2.20: Εξωτερικό γεννήτριας βραχυκυκλωμένου κλωβού.



Εικόνα 2.21: Δρομέας γεννήτριας βραχυκυκλωμένου κλωβού.



Εικόνα 2.22: Εσωτερικό γεννήτριας βραχυκυκλωμένου κλωβού.

2.4.2 Ασύγχρονη γεννήτρια δακτυλιοφόρου δρομέα

Στη συγκεκριμένη περίπτωση ο δρομέας αποτελείται από ένα τριφασικό τύλιγμα παρόμοιο με αυτό του στάτη. Το τύλιγμα αυτό κατανέμεται ίσα στην κάθε εγκοπή του στάτη και τα άκρα του συνδέονται σε τρεις δακτυλίους, οι οποίοι ονομάζονται δακτύλιοι ολίσθησης και περιστρέφονται μαζί με τον δρομέα. Οι περιστρεφόμενοι δακτύλιοι και οι ψήκτρες μας δίνουν την δυνατότητα να συνδέσουμε εξωτερικές αντιστάσεις σε σειρά με το τύλιγμα του δρομέα. Αυτές οι αντιστάσεις χρησιμοποιούνται στην εκκίνηση, ενώ σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας οι τρεις ψήκτρες βραχυκυκλώνονται.



Εικόνα 2.23: Μηχανές δακτυλιοφόρου δρομέα.



Εικόνα 2.24: Δρομέας και στάτης μηχανής δακτυλιοφόρου δρομέα.



Εικόνα 2.25: Δρομείς μηχανών δακτυλιοφόρου δρομέα με εμφανείς τους δακτυλίους ολίσθησης.

2.4.3 Ασύγχρονη γεννήτρια διπλής τροφοδότησης

Σε αυτή τη περίπτωση στα άκρα του δρομέα, δηλαδή στις ψήκτρες συνδέουμε τριφασικό συμμετρικό σύστημα πηγών τάσης εναλλασσόμενου ρεύματος. Η συχνότητα των πηγών είναι διαφορετική της σύγχρονης. Τέτοιου είδους γεννήτριες χρησιμοποιούνται σε συστήματα όπου ελέγχουν και τροφοδοτούν αντλίες μεταβλητής ταχύτητας, επίσης χρησιμοποιούνται σε συστήματα παραγωγής ενέργειας από ανεμογεννήτριες σαν γεννήτριες μεταβλητής ταχύτητας. Γενικότερα, χρησιμοποιούνται σε διατάξεις μεταβλητής ταχύτητας αφού με τη ρύθμιση της συχνότητας των πηγών που συνδέονται στα άκρα του δρομέα ρυθμίζουν την ταχύτητα της μηχανής.

Η γεννήτρια είναι τριφασική με N ζεύγη πόλων συνδεδεμένη στη συχνότητα f_1 Hz. Η ροή που παράγεται από το κύκλωμα του στάτη θα περιστρέφεται με τη συνήθη σύγχρονη ταχύτητα $n_s = 2\pi f_1 / N$ rpm. Όταν η ροή στρέφεται με την ωρολογιακή φορά για κάποιον ακίνητο παρατηρητή τότε η ροή του πεδίου του στάτη θα στρέφεται με n_s . Αφού ο δρομέας είναι συνδεδεμένος με μια πηγή συχνότητας f_2 , η ροή του πεδίου του δρομέα θα περιστρέφεται με ταχύτητα $n_2 = 2\pi f_1 f_2$ rpm.

Για να κλειδώσουν οι βόρειοι πόλοι του στάτη με τους νότιους πόλους του δρομέα θα πρέπει να περιστρέφονται με την ίδια ταχύτητα. Αυτό σημαίνει ότι η ροή του δρομέα πρέπει να περιστρέφεται με την ωρολογιακή φορά στις n_s rpm. Ο μόνος τρόπος για να συμβεί αυτό είναι να περιστρέφεται ο ίδιος ο δρομέας με ταχύτητα $n_s - n_2$ rpm. Στην περίπτωση που ο δρομέας περιστρεφόταν με διαφορετική ταχύτητα τότε οι πόλοι του δρομέα θα ολισθαίναν πίσω από τους πόλους του στάτη και η μέση ροπή θα ήταν μηδέν, με αποτέλεσμα ο δρομέας κάποια στιγμή να σταματούσε.

Φαίνεται ότι η μηχανή μπορεί να λειτουργήσει μόνο αν η ταχύτητά της είναι $n_s - n_2$ rpm. Τότε λέμε ότι τρέχει σε υποσύγχρονη ταχύτητα. Αλλάζοντας δύο οποιουδήποτε ακροδέκτες που συνδέονται στους δακτυλίους ολίσθησης μπορούμε να προκαλέσουμε την περιστροφή της ροής του δρομέα με ανθρωρολογιακή φορά ως προς το δρομέα. Υπό αυτές τις συνθήκες οι βόρειοι πόλοι του στάτη μπορούν να «κλειδώσουν» με τους νότιους πόλους του δρομέα αν η ταχύτητα του δρομέα είναι $n_s + n_2$ rpm. Υπό αυτές τις συνθήκες η μηχανή τρέχει σε υπερσύγχρονη ταχύτητα. Η μετάβαση από υποσύγχρονη σε υπερσύγχρονη λειτουργία επηρεάζεται από τη μεταβολή της συχνότητας και της διαδοχής των φάσεων της πηγής τάσης που συνδέεται στο δρομέα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΙΣΧΥΟΣ

Το κεφάλαιο αυτό βασίζεται κατά κύριο λόγο στο βιβλίο του Stephen J. Chapman [9].

Ηλεκτρονικά ισχύος είναι τα ηλεκτρονικά συστήματα τα οποία διαχειρίζονται την ηλεκτρική ισχύ και μετατρέπουν την τάση, την ένταση και την κυματομορφή του ρεύματος, έτσι ώστε να μπορεί να αξιοποιηθεί κατάλληλα από τα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα ηλεκτρονικά αυτά συστήματα μπορούν να κάνουν τις παρακάτω μετατροπές:

- Μετατροπή του συνεχούς σε συνεχές , διαφορετικής τάσης και έντασης (Μετατροπείς DC-DC).
- Μετατροπή του εναλλασσόμενου σε συνεχές (Μετατροπείς AC-DC ή ανορθωτικές διατάξεις).
- Μετατροπή του εναλλασσόμενου σε εναλλασσόμενο διαφορετικού πλάτους(Ρυθμιστές AC-AC ή Μετασχηματιστές)
- Μετατροπή του συνεχούς σε εναλλασσόμενο (Μετατροπείς DC-AC ή αντιστροφείς).

Οι μετατροπές αυτές είναι δυνατό να επιτευχθούν με την βοήθεια ηλεκτρονικών διατάξεων οι οποίες χρησιμοποιούν κατάλληλους ηλεκτρονικούς διακόπτες όπως, διόδους ισχύος, τρανζίστορ ισχύος, θυρίστορς, MOSFET ισχύος και άλλα. Τα ηλεκτρονικά ισχύος είναι αναπόσπαστο τμήμα των συστημάτων ΑΠΕ και αποτελούν το ενδιάμεσο τμήμα ανάμεσα στα συστήματα παραγωγής ισχύος και τους καταναλωτές της ηλεκτρικής ενέργειας. Ο αντικειμενικός στόχος των ηλεκτρονικών ισχύος είναι να αντιστοιχίζουν τις δυνατότητες του συστήματος παραγωγής ισχύος στις απαιτήσεις της κατανάλωσης για την ποιότητα και την ποσότητα της ενέργειας κατά τον βέλτιστο δυνατό τρόπο.

3.2 ΔΙΟΔΟΙ ΙΣΧΥΟΣ

Οι δίοδοι έχουν δύο ακροδέκτες: την άνοδο (A) και την κάθοδο (K). Η βασική αρχή λειτουργίας μιας διόδου είναι ότι αυτή άγει όταν η τάση στην άνοδο είναι μεγαλύτερη από την τάση στην κάθοδο (η διόδος τότε είναι ορθά πολωμένη). Οι δίοδοι ισχύος χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

1. Δίοδοι γενικού σκοπού (ή διόδους δικτύου) κατάλληλες για μεγάλες τάσεις και ρεύματα αλλά όχι για μεγάλες συχνότητες (εξ ου και ο χαρακτηρισμός «δικτύου» καθώς συνίσταται η επιλογή τους για εφαρμογές που απαιτούν την λειτουργία των διόδων στην συχνότητα του δικτύου)
2. Δίοδοι Schottky με κύριο χαρακτηριστικό την μικρότερη πτώση τάσης κατά την αγωγή και την υψηλή απόδοση σε μικρές στάθμες τάσης και ρεύματος
3. Δίοδοι ταχείας αποκατάστασης με δυνατότητα λειτουργίας σε υψηλές διακοπτικές συχνότητες

3.3 TRANSISTOR

Τα transistor ισχύος χρησιμοποιούνται στον έλεγχο ηλεκτρικών μηχανών ως διακόπτες και συνήθως σε κυκλώματα αντιστροφών (inverters) για να διακόπτουν τελείως ή να επιτρέπουν τη ροή του ρεύματος. Για να είναι βέβαιο ότι το transistor άγει, χωρίς να καταναλώνει μεγάλη ισχύ, είναι απαραίτητη η οδήγησή του με μεγάλο ρεύμα βάσης, έτσι ώστε να οδηγείται πλήρως στον κορεσμό. Το σημαντικό μειονέκτημα των transistor μεγάλης ισχύος είναι η σχετικά αργή μετάβαση από την κατάσταση αγωγιμότητας στην κατάσταση

αποκοπής και το ανάποδο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι κατά τη μετάβαση εφαρμόζονται ή απομακρύνονται μεγάλα ρεύματα βάσης.

Το MOSFET είναι ένας τύπος τρανζίστορ μετάλλου – οξειδίου – ημιαγωγού με μονωμένη πύλη. Η τάση της μονωμένης πύλης καθορίζει την ηλεκτρική αγωγιμότητα της συσκευής. αυτή η δυνατότητα αλλαγής της αγωγιμότητας με την ποσότητα εφαρμοζόμενης τάσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση ή την εναλλαγή ηλεκτρονικών σημάτων. Το MOSFET είναι η πιο κοινή συσκευή ημιαγωγών σε ψηφιακά και αναλογικά κυκλώματα και η πιο κοινή συσκευή ισχύος. Ήταν το πρώτο αληθινά συμπαγές τρανζίστορ που θα μπορούσε να μπει σε μικρογραφία και να παραχθεί μαζικά για ένα ευρύ φάσμα χρήσεων, επαναφέροντας την βιομηχανία ηλεκτρονικών και την παγκόσμια οικονομία, έχοντας κεντρικό ρόλο στην επανάσταση του υπολογιστή και την ψηφιακή επανάσταση. Ένα βασικό πλεονέκτημα ενός MOSFET είναι ότι δεν απαιτεί σχεδόν κανένα ρεύμα εισόδου για τον έλεγχο του ρεύματος φορτίου και επιπλέον καταναλώνουν πολύ λιγότερη ισχύ.

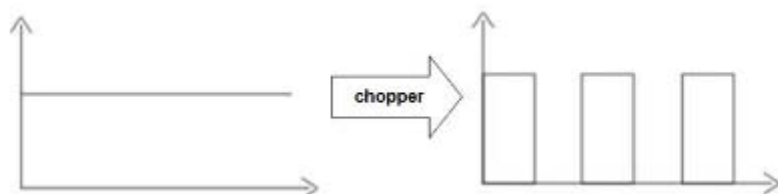
3.4 THYRISTORS

Τα θυρίστορ είναι ελεγχόμενοι ανορθωτές πυριτίου και ονομάζονται τα στοιχεία των ημιαγωγών των οποίων τα μέλη τους κατασκευάζονται από τέσσερα ημιαγωγικά επίπεδα τύπου P και N και είναι γνωστά ως δίοδοι PNPN. Όταν στην πύλη (Gate) του θυρίστορ δεν υπάρχει παλμός έναυσης, τότε δεν υπάρχει ροή ρεύματος μέσω του θυρίστορ. Για να μεταβεί το θυρίστορ σε κατάσταση αγωγής, θα πρέπει να είναι ορθά πολωμένο, δηλαδή η τάση ανόδου να είναι μεγαλύτερη από την τάση καθόδου. Επίσης θα πρέπει στην πύλη του να δοθεί παλμός έναυσης. Ένα τέτοιο στοιχείο όταν βρεθεί στην κατάσταση αγωγής, μετά την εφαρμογή του παλμού έναυσης, θα εξακολουθεί να παραμένει στην κατάσταση αυτή, ακόμα και αν ο παλμός έναυσης αφαιρεθεί. Μπορεί να διακοπεί η κατάσταση αγωγής μόνο όταν το ρεύμα, το οποίο ρέει μέσα στο θυρίστορ μηδενισθεί ή η πολικότητα της ανόδου γίνει αρνητική σε σχέση με την κάθοδο.

3.5 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ DC-DC

Οι μετατροπείς DC-DC ονομάζονται και καταμητές (choppers). Είναι μια ηλεκτρονική διάταξη η οποία μετασχηματίζει το συνεχές ρεύμα σε συνεχές διαφορετικού πλάτους. Παρουσιάζει δηλαδή παρόμοια λειτουργία με αυτή του μετασχηματιστή εναλλασσόμενου ρεύματος με τη διαφορά όμως πως μετασχηματίζει μια συνεχή τάση σε συνεχή και πως η λειτουργία του δεν βασίζεται στο φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής αλλά στους νόμους που διέπουν τη λειτουργία των ημιαγωγών. Με χρήση κατάλληλων στοιχείων και κυκλωματικών διατάξεων (αξιοποιώντας τις δυνατότητες αποθήκευσης ενέργειας παθητικών στοιχείων) είναι δυνατόν να παραχθούν και τάσης εξόδου με μεγαλύτερη μέση τιμή από αυτήν της εισόδου. Συνεπώς οι DC-DC μετατροπείς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υποβιβασμό και την ανύψωση μιας DC τάσης. Άρα ένας μετατροπέας μπορεί να λειτουργήσει με διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με την τοπολογία των ηλεκτρονικών διακοπών, ως:

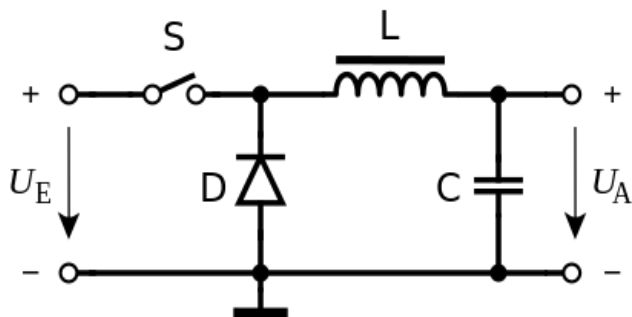
- Μετατροπέας υποβιβασμού συνεχούς τάσης (Step down Converter ή Buck Converter)
- Μετατροπέας ανύψωσης συνεχούς τάσης (Step up Converter ή Boost Converter)
- Μετατροπέας ανύψωσης -υποβιβασμού τάσης (Buck-Boost Converter)



Εικόνα 3.1: Απλούστερη αρχή λειτουργίας των καταμητών

3.5.1 Μετατροπέας υποβιβασμού συνεχούς τάσης

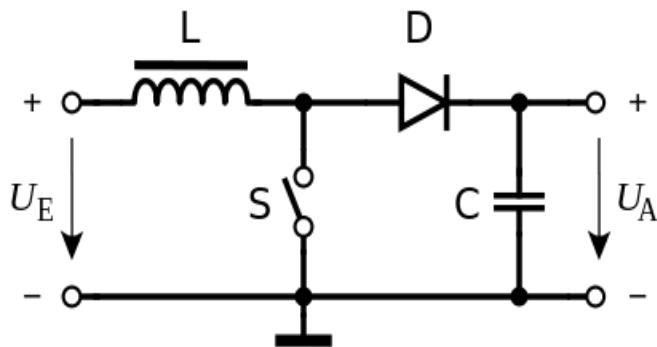
Ο μετατροπέας βγάζει στην έξοδο τάση U_A η οποία έχει μικρότερο πλάτος από την τάση εισόδου U_E γι' αυτό τον λόγο ονομάζεται μετατροπέας υποβιβασμού τάσης. Το πηλίκο του χρόνου T_{on} κατά τη διάρκεια του οποίου ο διακόπτης άγει προς τον συνολικό χρόνο T της περιόδου λειτουργίας του κυκλώματος ονομάζεται βαθμός χρησιμοποίησης ή κύκλος λειτουργίας του διακόπτη και συμβολίζεται με $D = \frac{T_{on}}{T_{on}+T_{off}}$. Το ρεύμα στο πηνίο μπορεί να είναι συνεχές ή όχι. Στην περίπτωση ασυνεχούς ρεύματος, η ανάλυση είναι γενικά πιο σύνθετη. Όταν το ρεύμα είναι συνεχές τότε αποδεικνύεται ότι ισχύει: $V_{out} = D * V_{in}$, με $D < 1$. Ο έλεγχος του χρόνου που ο διακόπτης άγει σε κάθε περίοδο προσφέρει και έλεγχο της τάσης εξόδου.



Εικόνα 3.2: Ηλεκτρονικό κύκλωμα μετατροπέα ανυψώσεως τάσης.

3.5.2 Μετατροπέας ανύψωσης τάσης

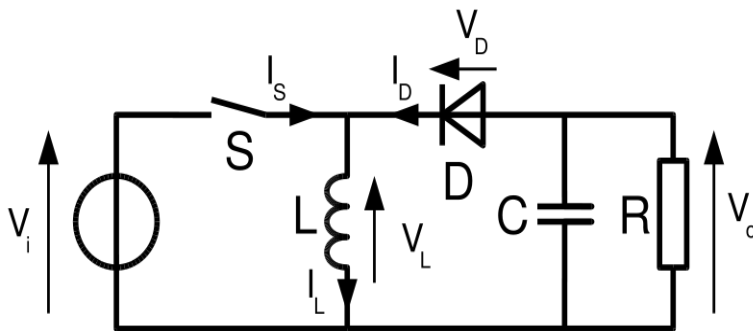
Ο μετατροπέας ανύψωσης τάσης μετασχηματίζει μια συνεχή τάση εισόδου σε μια άλλη τάση εξόδου που έχει μεγαλύτερο πλάτος. Η σχέση ανάμεσα στην τάση εξόδου και την τάση εισόδου του μετατροπέα δίνεται από τον τύπο $V_{out} = \frac{V_{in}}{1-D}$ όπου D, όπου D ο βαθμός χρησιμοποίησης του μετατροπέα που συνεπάγεται με τον λόγο του χρόνου αγωγής του διακόπτη προς την περίοδο λειτουργίας του κυκλώματος. Και σε αυτή την περίπτωση ελέγχοντας το εύρος του παλμού, είναι δυνατός ο έλεγχος της τάσης εξόδου η οποία θα προκύψει μεγαλύτερη από την εισόδου.



Εικόνα 3.3: Ηλεκτρονικό κύκλωμα μετατροπέα ανύψωσης τάσης.

3.5.3 Μετατροπέας ανύψωσης-υποβιβασμού

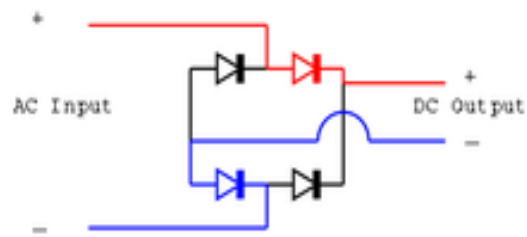
Ο Μετατροπέας ανύψωσης υποβιβασμού μπορεί άλλοτε να ανυψώνει την τάση , ώστε στην έξοδο να έχουμε τάση μεγαλύτερη από την τάση εισόδου, και άλλοτε να υποβιβάζει την τάση , ώστε στην έξοδο να παίρνουμε τάση μικρότερη από την τάση εισόδου. Αυτό εξαρτάται από τον βαθμό χρησιμοποίησης D , ο οποίος καθορίζεται από το κύκλωμα έναυσης και σβέσης του ημιαγωγού διακόπτη. Η εξίσωση που μας δίνει την σχέση ανάμεσα στην τάση εξόδου και την τάση εισόδου είναι η $V_{out} = \frac{D}{1-D} V_{in}$. Οπότε αν το $D > 0.5$ τότε ισχύει όπως βλέπουμε από την προηγούμενη εξίσωση ότι $V_{out} > V_{in}$ και ο μετατροπέας είναι μετατροπέας ανύψωσης. Τα αντίθετα συμβαίνουν όταν το $D < 0.5$. Στην περίπτωση αυτή $V_{out} < V_{in}$ και το κύκλωμα ισχύος λειτουργεί ως μετατροπέας υποβιβασμού τάσης.



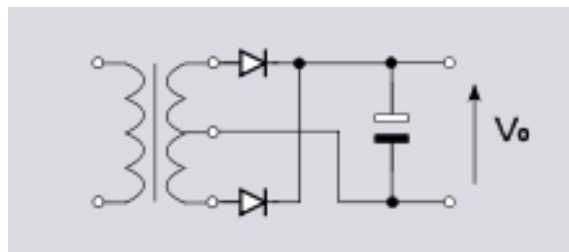
Εικόνα 3.4: Ηλεκτρονικό κύκλωμα μετατροπέα ανύψωσης-υποβιβασμού.

3.6 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ AC-DC (ΑΝΟΡΘΩΤΗΣ)

Οι ανορθωτές είναι ηλεκτρονικές διατάξεις οι οποίες μετασχηματίζουν το εναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές. Όταν ανορθώνουν το εναλλασσόμενο ρεύμα σε όλη τη διάρκεια της περιόδου λέγονται ανορθωτές πλήρους κύματος (Full Wave Rectification), ενώ όταν ανορθώνουν το εναλλασσόμενο κατά τη μισή περίοδο και το αποκόπτουν στην άλλη μισή περίοδο λέγονται ανορθωτές μισού κύματος. (Half Wave Rectification) Οι ανορθωτές ανάλογα με τους ημιαγωγούς που χρησιμοποιούμε σαν ηλεκτρονικούς διακόπτες διακρίνονται σε μη ελεγχόμενους αν χρησιμοποιούμε διόδους ισχύος και σε ελεγχόμενους αν χρησιμοποιούμε θυρίστορες ή άλλους ελεγχόμενους διακόπτες ισχύος.



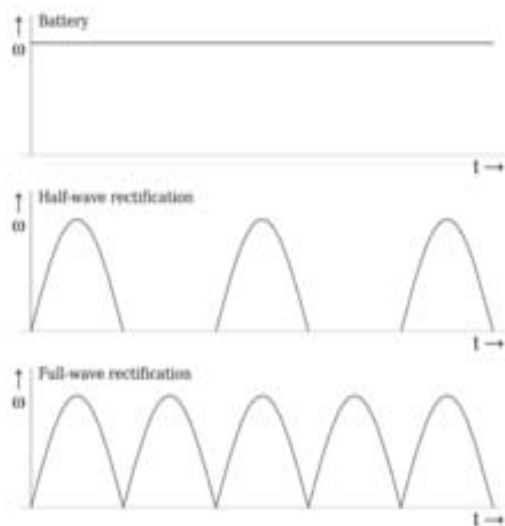
Εικόνα 3.5: Ανορθωτής πλήρους γέφυρας.



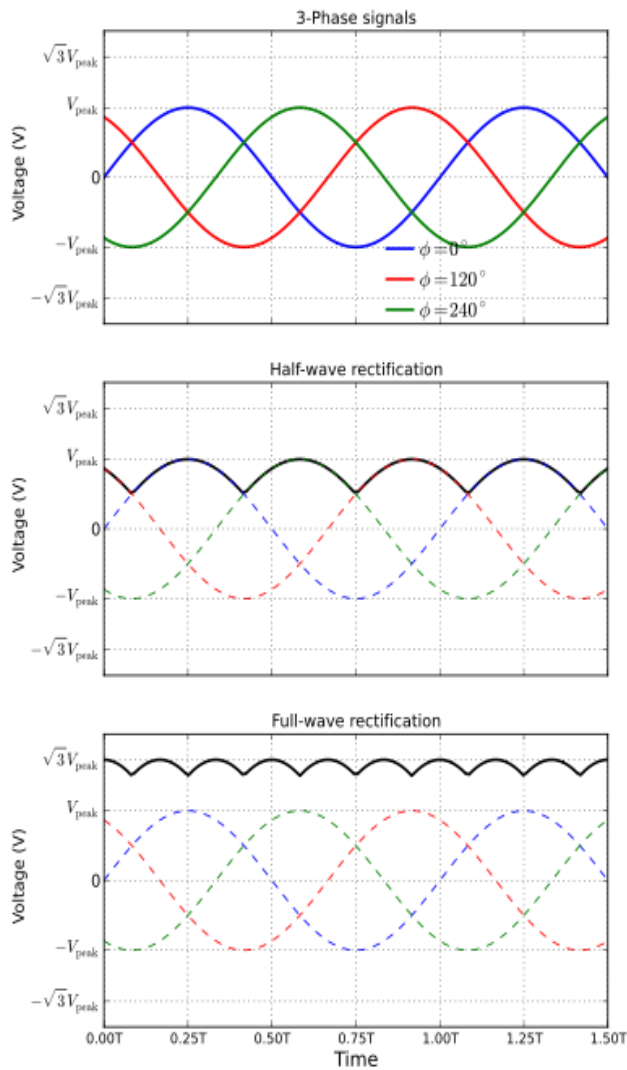
Εικόνα 3.6: Ανορθωτής Πλήρους κύματος με πυκνωτή.

3.6.1 Μη ελεγχόμενη ανόρθωση

Στην μη ελεγχόμενη ανόρθωση χρησιμοποιούμε διόδους ισχύος, και είναι δύο ειδών: Μονοφασική εάν η πηγή παρέχει μονοφασικό ρεύμα, ή τριφασική εάν το ρεύμα που παρέχει η πηγή είναι τριφασικό. Στην κάθε μία από τις περιπτώσεις αυτές μπορεί να έχουμε ημιανόρθωση ή πλήρη ανόρθωση. Επίσης, μπορεί να έχουμε φορτίο(δηλαδή καταναλωτή) το οποίο να είναι απλά ωμικό ή να περιέχει και αυτεπαγωγή(δηλαδή πηνίο).



Εικόνα 3.7: Κυματομορφή ανόρθωσης μονοφασικής τάσης α) μισού κύματος (Ημιανόρθωση) β) Πλήρους κύματος(Πλήρης ανόρθωση).



Εικόνα 3.8: Ανόρθωση τριφασικής τάσης: α) Μισού κύματος β) Πλήρους κύματος.

3.6.2 Ελεγχόμενη Ανόρθωση

Στην ελεγχόμενη ανόρθωση χρησιμοποιούμε ημιαγωγικούς διακόπτες, στους οποίους μπορούμε να ελέγξουμε την χρονική στιγμή που θα άγουν (γωνία έναυσης) και που θα σβέσουν (γωνία σβέσης). Με τον τρόπο αυτό διαμορφώνουμε το πλάτος και την ενεργό τιμή της τάσης και της έντασης, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του φορτίου. Τέτοιοι ημιαγωγικοί διακόπτες είναι

τα θυρίστορς τα GTO (Θυρίστορς που σβένουν από την πύλη) ή τα MOSFET (Τρανζίστορ εγκάρσιου πεδίου Μετάλλου Οξειδίου Ημιαγωγού).

3.7 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ AC-AC (ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΤΑΣΗΣ)

Ο ρυθμιστής τάσης είναι ένας μετατροπέας ο οποίος ελέγχει την τάση , το ρεύμα και την μέση ισχύ , η οποία αποδίδεται σε ένα εναλλασσόμενο φορτίο από μια πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος. Οι ηλεκτρονικοί διακόπτες συνδέουν και αποσυνδέουν την πηγή και το φορτίο σε κανονικά διαστήματα, απομακρύνοντας κάποια από την κυματομορφή της πηγής προτού να φτάσει στο φορτίο.

Οι ρυθμιστές εναλλασσόμενου χρησιμοποιούν θυρίστορς συνδεδεμένα αντιπαράλληλα ώστε να διέρχεται το ρεύμα και στις δύο ημιπεριόδους , και έτσι παίρνουμε ένα τμήμα μιας εναλλασσόμενης ημιτονοειδούς κυματομορφής , με ενεργές τιμές τάσης και ρεύματος οι οποίες εξαρτώνται από την γωνία έναυσης και σβέσης του ρυθμιστή.

Ορισμένες παρατηρήσεις σχετικά με την λειτουργία του ρυθμιστή είναι οι ακόλουθες:

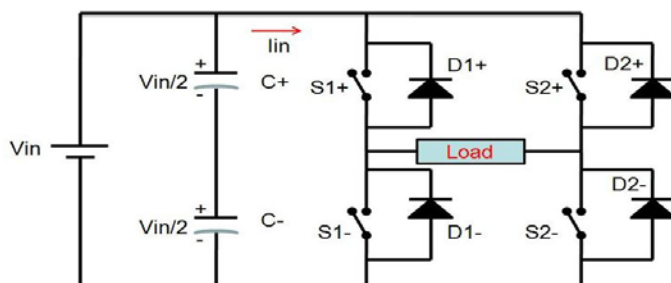
- Τα θυρίστορς δεν μπορούν να άγουν ταυτόχρονα
- Η τάση του φορτίου είναι ίδια με την τάση της πηγής όταν άγει οποιοδήποτε από τα SCR (Silicon Control Rectifier= Θυρίστορ)
- Η τάση του διακόπτη είναι μηδέν όταν άγει οποιοδήποτε από τα θυρίστορς και είναι ίση με την τάση της πηγής όταν κανένα δεν άγει.
- Η μέση τιμή του ρεύματος στην πηγή και το φορτίο είναι μηδέν όταν τα SCR άγουν για ίσα χρονικά διαστήματα. Η μέση τιμή του ρεύματος σε κάθε SCR είναι διάφορη του μηδενός.
- Η ενεργός τιμή του ρεύματος σε κάθε SCR είναι ίση με την ενεργό τιμή του ρεύματος του φορτίου διαιρεμένη με την $\sqrt{2}$ όταν τα SCR άγουν για ίσα χρονικά διαστήματα.

3.8 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ DC-AC (ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ)

Ο Αντιστροφέας (Inverter) είναι μια ηλεκτρονική διάταξη η οποία μετατρέπει το συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα σε εναλλασσόμενο, του οποίου μπορούμε να ρυθμίσουμε το πλάτος και την συχνότητα. Υπάρχουν οι αντιστροφείς τετραγωνικού παλμού οι οποίοι δίνουν στην έξοδό τους μια τετραγωνική κυματομορφή, και αντιστροφείς ημιτονοειδούς διαμόρφωσης εύρους παλμού (SPWM=Sinusoidal Pulse Width Modulation) οι οποίοι μπορούν να δώσουν μια κυματομορφή που να πλησιάζει αρκετά την ημιτονοειδή.

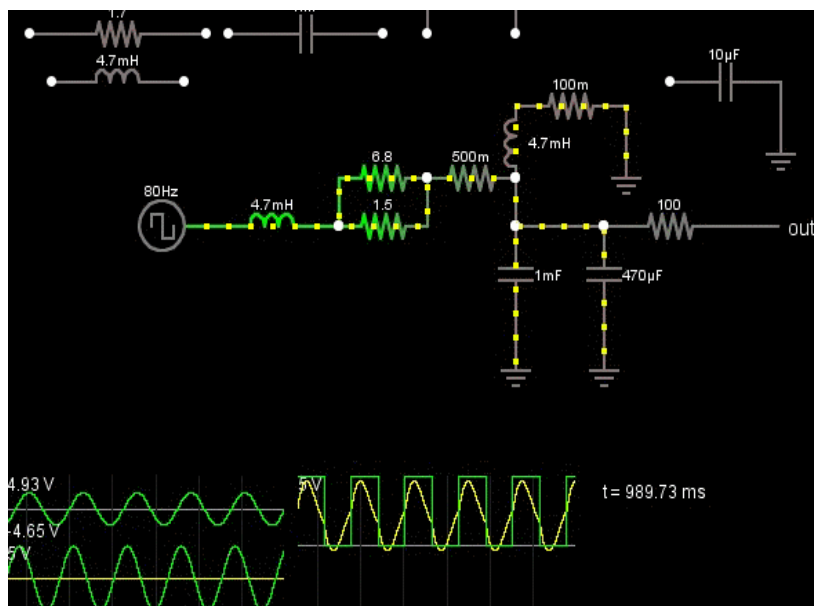
3.8.1 Αντιστροφέας τετραγωνικού παλμού

Ο αντιστροφέας τετραγωνικού παλμού υλοποιείται με την χρήση μιας συνδεσμολογίας πλήρους γέφυρας, η οποία αποτελείται από τέσσερις ελεγχόμενους διακόπτες (π.χ. IGBT , Thyristor κ.λ.π) σε σύνδεση γέφυρας και τέσσερις διόδους συνδεδεμένες στα άκρα κάθε ελεγχόμενου διακόπτη. Η λειτουργία του μονοφασικού αντιστροφέα τετραγωνικού παλμού έχει ως εξής:



Εικόνα 3.9: Μονοφασικός Αντιστροφέας Πλήρους Γέφυρας.

Όταν άγουν οι διακόπτες S_{1+} και S_{2-} οι άλλοι δύο διακόπτες είναι σε αποκοπή (δεν άγουν). Έτσι έχουμε τον θετικό πόλο της τάσης εξόδου στο αριστερό άκρο του φορτίου και τον αρνητικό στο δεξί άκρο. Στην δεύτερη ημιπερίοδο άγουν οι διακόπτες S_{1-} και S_{2+} ενώ οι προηγούμενοι δύο διακόπτες είναι σε αποκοπή. Στην περίπτωση αυτή, ο θετικός πόλος της τάσης εξόδου είναι στο δεξί άκρο του φορτίου και ο αρνητικός είναι στο αριστερό. Δηλαδή έχουμε την αντίθετη πολικότητα στην έξοδο. Με τον τρόπο αυτό παίρνουμε τετραγωνικούς παλμούς αντίθετης πολικότητας και μετατρέπουμε το συνεχές ρεύμα εισόδου σε εναλλασσόμενο στην έξοδο (φορτίο). Οι δίοδοι διέλευσης χρειάζονται για να μεταφέρουν τυχόν επιστροφές ρεύματος από την έξοδο στην είσοδο. Λειτουργούν δηλαδή σαν ανορθώσεις από την μεριά του εναλλασσόμενου της εξόδου στο συνεχές στην μεριά της πηγής.



Εικόνα 3.10: Μετατροπή του τετραγωνικού παλμού σε ημιτονοειδή κυματομορφή.

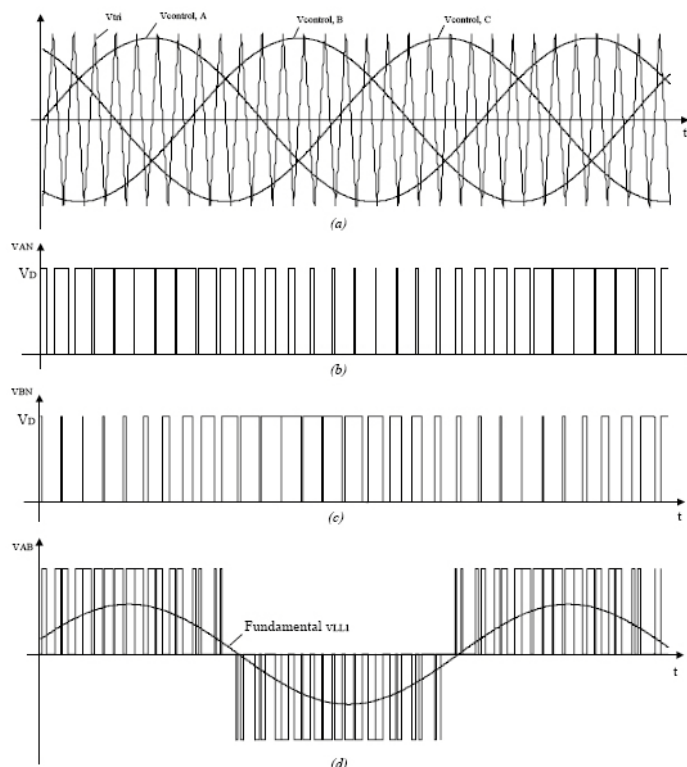
3.8.2 Αντιστροφείας διαμόρφωσης ευρέος παλμού (SPWM)

Το SPWM παράγεται σαν αποτέλεσμα της σύγκρισης ανάμεσα σε μια ημιτονοειδή και μια τριγωνική κυματομορφή. Το κύκλωμα που χρησιμοποιείται περιλαμβάνει:

- Μια γεννήτρια ημιτόνου συχνότητας 50Hz

- Μία γεννήτρια τριγωνικής κυματομορφής πολύ μεγάλης συχνότητας . Όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα της τριγωνικής κυματομορφής τόσο πιο λεπτός γίνεται ο διαχωρισμός των τετραγωνικών παλμών και συνεπώς τόσο περισσότερο προσεγγίζεται η ημιτονοειδής μορφή του σήματος SPWM.
- Έναν αναλογικό αντιστροφέα ο οποίος αντιστρέφει την κυματομορφή της ημιτονοειδούς γεννήτριας , παράγοντας στην έξοδό του μια ημιτονοειδή κυματομορφή η οποία έχει διαφορά φάσης 180° από την ημιτονοειδή μορφή της ημιτονοειδούς γεννήτριας.
- Δύο συγκριτές , εκ των οποίων ο ένας συγκρίνει την τριγωνική μορφή με την ημιτονοειδή κυματομορφή της γεννήτριας ημιτόνου και παράγει τους θετικούς παλμούς του SPWM και ο άλλος συγκρίνει την τριγωνική κυματομορφή με την αντεστραμμένη κυματομορφή στην έξοδο του αναλογικού αντιστροφέα συμμετρικά και παράγει συμμετρικά αντίθετους παλμούς του SPWM.

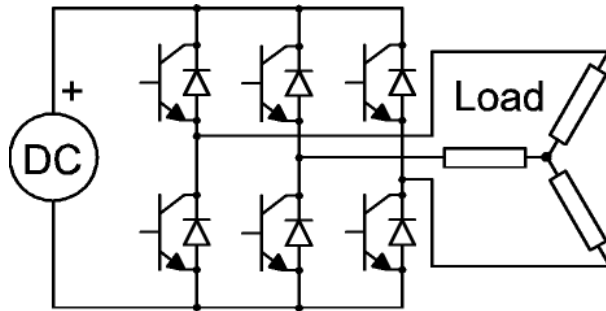
Αυξομειώνοντας το πλάτος του ημιτόνου διαμορφώνουμε την ενεργό τάση εξόδου επειδή διαμορφώνουμε το εύρος του παλμού. Ο τριγωνικός παλμός ρυθμίζει την ποιότητα της ισχύος εξόδου όπως αναφέρθηκε παραπάνω σχετικά με την προσέγγιση της ημιτονοειδούς κυματομορφής, αφού έτσι μπορεί να περιορίσει τις αρμονικές.



Εικόνα 3.11: Σύγκριση ημιτονοειδούς και τριγωνικής κυματομορφής για την δημιουργία παλμών SPWM.

3.8.3 Τριφασικός Αντιστροφέας

Ο τριφασικός αντιστροφέας αποτελείται από ένα σύστημα δύο μονοφασικών αντιστροφέων συνδεδεμένων σε σειρά. Από την πλακέτα ελέγχου ξεκινάνε έξη δίπολα (για τον τριφασικό αντιστροφέα) που συνδέονται με κάθε ένα από τους ημιαγωγούς διακόπτες. Για τον μονοφασικό αντιστροφέα έχουμε τέσσερα δίπολα. Η δειγματοληψία ρεύματος λέγεται ανάδραση ρεύματος και η δειγματοληψία τάσης λέγεται ανάδραση τάσης.



Εικόνα 3.12: Τριφασικός αντιστροφέας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 STUDY CASE

Ως χώρος προς μελέτη επιλέχθηκε το γυμναστήριο ICON FITNESS CLUB το οποίο βρίσκεται στη περιοχή της Πάτρας. Ο χώρος του γυμναστηρίου αποτελείται από τρία επίπεδα: το υπόγειο όπου περιλαμβάνει τα αποδυτήρια, έπειτα το ισόγειο στο οποίο βρίσκονται τα όργανα αερόβιας άσκησης (διάδρομοι, ελλειπτικά και ποδήλατα), η υποδοχή, καθώς και η αίθουσα με τα ελεύθερα βάρη. Τέλος στον πρώτο όροφο του γυμναστηρίου είναι εγκατεστημένα τα strength machines, ενώ υπάρχουν αίθουσες όπου διεξάγονται τα ομαδικά προγράμματα.

Οι ώρες λειτουργίας του γυμναστηρίου είναι για τις καθημερινές 7:30 – 23:30, για τα Σάββατα 9:00 – 21:00 και για τις Κυριακές 10:00 – 18:00. Οι ώρες αιχμής βάσει των στατιστικών στοιχείων που μας δόθηκαν είναι 19:00 – 21:00. Αναφορικά το γυμναστήριο λειτουργεί 305 μέρες τον χρόνο. Μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα η ημερήσια προσέλευση των αθλητών αναλογίζεται στους 405 εκ των οποίων το 55% χρησιμοποιεί strength machines δηλαδή 223, παράλληλα οι 300 από αυτούς κάνουν χρήση των αερόβιων μηχανημάτων. Συνοπτικά τα παραπάνω στοιχεία φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Αθλητές / ημέρα	Όργανα
300	Αερόβια
223	Strength Machines

Πίνακας 4.1 : Αριθμός αθλητών σε αντιστοιχία των οργάνων.

Γνωρίζουμε ότι από την συνολική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ της τάξης των 55KW, το 66% απορροφάται από τους μηχανισμούς θέρμανσης – ψύξης και τους led λαμπτήρες φωτισμού

4.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ

4.2.1 Strength machines

Για να υπολογίσουμε την ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παράγει ο αθλητής κατά τη διάρκεια της άσκησης πρέπει πρώτα να υπολογίσουμε την δυναμική ενέργεια που προσφέρει στο όργανο γυμναστικής. Όσον αφορά τα strength machines η δυναμική ενέργεια ορίζεται από τον τύπο:

$$E_{\text{δυναμικό}} = m * g * h$$

Όπου m η μάζα των κιλών που ανυψώνονται στην τροχαλία, g η επιτάχυνση της βαρύτητας και h η απόσταση που διανύουν οι πλάκες τις τροχαλίας σε μία πλήρη επανάληψη.

Η ενέργεια αυτή μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική με μια κατάλληλη σύνδεση του μηχανήματος και της γεννήτριας, όπου θα εξηγηθεί παρακάτω, ώστε να έχουμε όσο το δυνατόν λιγότερες απώλειες. Επιπλέον η μηχανική αντίσταση που θα νιώθει ο αθλητής δεν θα προέρχεται πλέον από τα βάρη αλλά από την αντίρροπη που παρουσιάζει ο άξονας της γεννήτριας.

Δεδομένου ότι ο μέσος όρος κιλών που σηκώνει ένας άνθρωπος στα strength machines είναι 30 Kg, το ύψος ανόρθωσης αυτών είναι 45 cm και η επιτάχυνση της βαρύτητας ισούται με $9,81 \text{ m/s}^2$, μπορούμε να υπολογίσουμε την μέση ηλεκτρική ενέργεια που παράγει ένας ασκούμενος. Επίσης γνωρίζοντας ότι ο μέσος χρόνος άσκησης στο συγκεκριμένο τύπο μηχανήματος είναι 72 δευτερόλεπτα, μέσα στα οποία περιλαμβάνονται 3 σετ των 12 επαναλήψεων, όπου η κάθε μια διαρκεί 2 δευτερόλεπτα, μπορούμε εύκολα να υπολογίσουμε την παραγόμενη ηλεκτρική ισχύ κατά τη διάρκεια παραμονής του αθλητή στο μηχάνημα. Επειδή τα μηχανήματα δεν χρησιμοποιούνται αδιάκοπα, θέτουμε έναν συντελεστή πληρότητας 0,8. Επιπλέον ο μέσος βαθμός απόδοσης μιας γεννήτριας είναι 0,85 λαμβάνουμε υπόψη συντελεστή διόρθωσης 0,68. Αυτό σημαίνει ότι από τον παραπάνω υπολογισμό της ισχύος στην πραγματικότητα λαμβάνουμε το 68%. Τέλος, βάση των ωρών λειτουργίας του γυμναστηρίου καθώς και τον αριθμό των ατόμων που απασχολούν τα εν λόγω μηχανήματα για τις καθημερινές, Σάββατα και Κυριακές προκύπτουν οι αντίστοιχες τιμές σε kWh.

Εξοικονόμηση σε kWh = Πραγμ.ισχύς/άτομοx Εβδ.Ωρες x Πλήθος μηχανημάτων

ΠΛΗΘΟΣ	ΜΕΣΗ ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ 1REP (Joule)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ/ΑΤΟΜΟ (Joule)	ΜΕΣΗ ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (W)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ-ΠΛΗΡΟΤΗΤΑΣ (Cπ)	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ/ΑΤΟΜΟ (kW)
7	132,44	4767,66	66,22	0,68	0,05

Πίνακας 4.2: Υπολογισμοί ενέργειας και ισχύος από strength machines.

Ημέρες	Ώρες	Ημερήσια (kWh)	Εβδομαδιαία (kWh)	Μηνιαία (kWh)	Ετήσια (kWh)
Καθημερινές	16	5,04	31,52	126,08	1260,78
Σάββατο	12	3,78			
Κυριακή	8	2,52			

Πίνακας 4.3: Υπολογισμοί kWh από strength machines.

Όπως προαναφέραμε η αντίσταση του μηχανήματος θα προέρχεται από την αντιροπή που δημιουργείται στον άξονα της γεννήτριας (κανόνας Lenz). Για να ρυθμιστεί αυτή, θα πρέπει να υπάρξει μια κατάλληλη σύνδεση ενός ελεγκτή με την γεννήτρια όπου ο χρήστης θα καθορίζει το ποσό του ρεύματος που θα εξέρχεται. Αυτό θα πραγματοποιηθεί με μια σειρά κατάλληλα βαθμονομημένων διακοπών όπου κάθε σκάλα θα αντιστοιχεί στο μέγιστο ρεύμα το οποίο θα μπορεί να παράγει η γεννήτρια. Γενικά ισχύει ότι μεγαλύτερη εφαρμογή ροπής στον δρομέα της γεννήτριας, τόσο μεγαλύτερο θα είναι το ρεύμα που τον διαπερνάει. Ταυτόχρονα μεγαλύτερη ροπή σημαίνει και μεγαλύτερη αντιροπή λόγω του τρίτου Νόμου του Νεύτωνα, δηλαδή ο αθλητής θα πρέπει να ασκήσει μεγαλύτερη δύναμη για να γυρίσει τον άξονα. Ενδεικτικά αυτό το βλέπουμε από τον μαθηματικό τύπο της ροπής του επαγωγικού τυμπάνου για ηλεκτρικές γεννήτριες συνεχούς ρεύματος:

$$T = \kappa \times \varphi \times I_T \text{ [Nm]}$$

Όπου: T η ροπή του άξονα, κ:σταθερά φ: το μαγνητικό πεδίο, I_T : το ρεύμα που διαπερνάει το επαγωγικό τύμπανο

Τέλος, η βαθμονόμηση θα γίνει βάσει αντιστοιχίας ροπής – κιλών όπου ισχύει, ότι 1 [Nm] ισοδυναμεί με 0,1 [kg*m]. Τα αποτελέσματα αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

ΚΙΛΑ (Kg)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (Joule)	ΙΣΧΥΣ (W)
5	22,07	11,04
10	44,15	22,07
15	66,22	33,11
20	88,29	44,15
25	110,36	55,18
30	132,44	66,22
35	154,51	77,25
40	176,58	88,29
45	198,65	99,33
50	220,73	110,36
55	242,80	121,40
60	264,87	132,44
65	286,94	143,47
70	309,02	154,51
75	331,09	165,54
80	353,16	176,58
85	375,23	187,62
90	397,31	198,65
95	419,38	209,69
100	441,45	220,73

Πίνακας 4.5: Αντιστοιχία κιλών σε ισχύ στα *strength machines*

4.2.2 Διάδρομοι Γυμναστικής

Το γυμναστήριο διαθέτει 20 διαδρόμους 1.5 Hp ή 1,12 kW έκαστος. Λαμβάνοντας υπ' όψη ότι δεν χρησιμοποιούνται στην μέγιστη ισχύ τους, αφού ο χρήστης επιλέγει το επίπεδο δυσκολίας θα ορίσουμε έναν συντελεστή προσαρμογής 0,7. Επιπλέον ορίζουμε και έναν συντελεστή ταυτοχρονισμού 0,7, καθώς οι διάδρομοι δεν χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Συνεπώς η δαπανωμένη ισχύς από τους διάδρους είναι:

$$\text{Δαπανωμένη ισχύς} = \text{Αριθμ. Διαδρ.} \times \text{KWatt} \times (0,7 \times 0,7) \rightarrow$$

$$\text{Δαπανωμένη ισχύς} = 10,98 \text{ kW}$$

Αν αυτό το πόσο το πολλαπλασιάσουμε με τις εβδομαδιαίες ώρες λειτουργίας του γυμναστηρίου θα βρούμε ότι η μέση κατανάλωση μόνο από του διαδρόμους αναλογεί σε **1.098 kWh**.

Από εργασία [1] γνωρίζουμε ότι ένας άνθρωπος κατά τη διάρκεια της άθλησης του στο διάδρομο μπορεί να παράγει περίπου 100 W ηλεκτρικής ισχύς. Αυτό το νούμερο μπορεί να επηρεαστεί από την δυσκολία, την ταχύτητα που επιλέγει, καθώς και το χρόνο παραμονής του στο μηχάνημα. Για παράδειγμα αν επιλέξει να τρέχει με μεγαλύτερη ταχύτητα για μεγάλο χρονικό διάστημα, τότε η ηλεκτρική ισχύς που θα παράγει θα αυξηθεί. Η μετατροπή της κινητικής ενέργειας που δαπανά ένας αθλητής σε ηλεκτρική είναι εφικτή με την κατάλληλη σύνδεση γεννήτριας – διάδρομου. Αυτή είναι δυνατό στη συνέχεια να αποθηκεύεται σε μπαταρίες με σκοπό την χρήση της για κάλυψη άλλων αναγκών του γυμναστηρίου.

Λαμβάνοντας υπ' όψη τις εβδομαδιαίες ώρες λειτουργίας του γυμναστηρίου, την δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ισχύς ανά διάδρομο καθώς και συντελεστή ταυτοχρονισμού 0,7 υπολογίζουμε την εξοικονόμηση σε kWh που θα επιτύχουμε.

ΠΛΗΘΟΣ	ΙΣΧΥΣ/ΑΤΟΜΟ (W)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΙ ΣΜΟΥ
20	100	0,7

Πίνακας 4.6: Υπολογισμός ισχύος.

Ημέρες	Ώρες	Ημερήσια (kWh)	Εβδομαδιαία (kWh)	Μηνιαία (kWh)	Ετήσια (kWh)
Καθημερινές	16	22,40	140,00	560,00	5600,00
Σάββατο	12	16,80			
Κυριακή	8	11,20			

Πίνακας 4.7: Υπολογισμός Κατανάλωσης σε kWh.

4.2.3 Στατικά ποδήλατα

Το γυμναστήριο διαθέτει 8 στατικά ποδήλατα. Για να υπολογίσουμε την παραγόμενη ηλεκτρική ισχύ, θα πρέπει πρώτα να υπολογιστεί η μηχανική ισχύς πάνω στον άξονα περιστροφής του ποδηλάτου. Στη συνέχεια με κατάλληλη σύνδεση του άξονα και της γεννήτριας και λαμβάνοντας υπόψη το βαθμό απόδοσης της (0,8), θα επιτύχουμε την μετατροπή της μηχανικής ισχύς που προσδίδει ο αθλητής σε ηλεκτρική. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι η προσέλευση των αθλητών στο γυμναστήριο το Σάββατο και την Κυριακή αντιστοιχεί σε 70% - 45% του πληθυσμού των καθημερινών αντίστοιχα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς να μειωθεί ανάλογα.

Εδώ είναι σημαντικό να αναφέρουμε πως όσο αυξάνεται το επίπεδο δυσκολίας τόσο αυξάνεται η παραγόμενη ισχύς στον ίδιο αριθμό στροφών. Αυτό συμβαίνει διότι ο αθλητής θέλοντας να κρατήσει σταθερές αυτές τις

στροφές, θα πρέπει να εφαρμόσει μεγαλύτερη δύναμη στα πετάλια. Συνεπώς ο άξονας του ποδηλάτου θα έχει μεγαλύτερη ροπή. Όπως προαναφέρθηκε, μεγαλύτερη ροπή σημαίνει μεγαλύτερη ένταση του ρεύματος άρα και μεγαλύτερη παραγωγή ισχύος. Αυτό φαίνεται από τον μαθηματικό τύπο:

$$P_{\eta\lambda} = U * I * \text{συν}\varphi \text{ [W]}$$

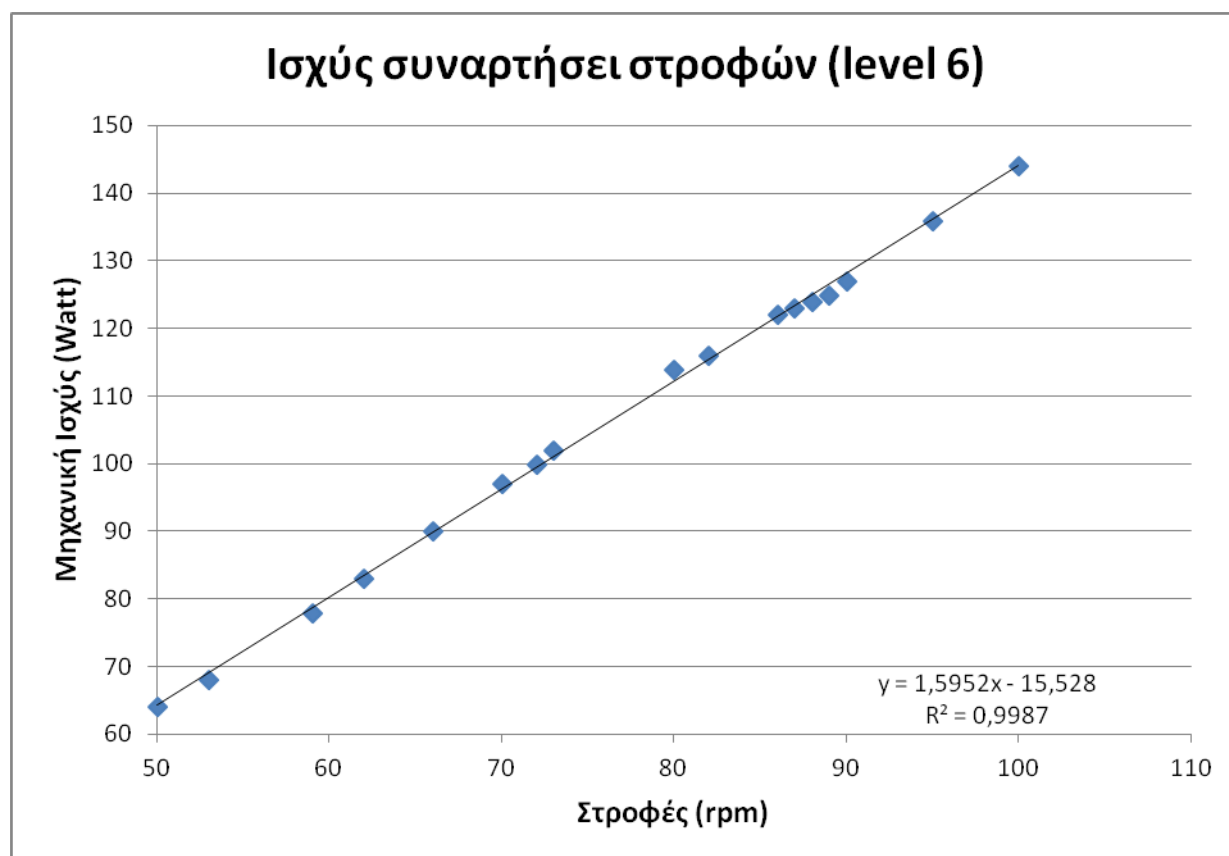
Όπου: $P_{\eta\lambda}$: η ηλεκτρική παραγόμενη ισχύς

U: η τάση που παράγεται στα άκρα της γεννήτριας

I: η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που θα διαρρεύσει στο φορτίο αν συνδεθεί στη γεννήτρια

συνφ: συντελεστής ισχύος της γεννήτριας, ορίζεται από τον κατασκευαστή

Από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στον χώρο του γυμναστηρίου στο επίπεδο δυσκολίας 6, σημειώθηκε πως ο μέσος αριθμός στροφών αντιστοιχεί σε 80 rpm, ενώ η αντιστοιχία στροφών και παραγόμενης ισχύς φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 4.1: Μηχανική ισχύς συναρτήσεως των στροφών ανά λεπτό σε στατικό ποδήλατο.

$$P_{\text{μεσο}} = 114 [W]$$

Βάση του αριθμού των ποδηλάτων που απασχολούνται ανά μία ώρα λειτουργίας του γυμναστηρίου θα υπολογιστεί η κατανάλωση σε kWh, όπου εν τέλει θα εξοικονομηθεί από τα έξοδα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας του γυμναστηρίου.

ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (W)	ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (Wh)
7:30 - 8:30	1	114,00	0,80	91,20
8:30 - 9:30	2	228,00		182,40
9:30 - 10:30	4	456,00		364,80
10:30 - 11:30	5	570,00		456,00
11:30 - 12:30	5	570,00		456,00
12:30 - 13:30	6	684,00		547,20
13:30 - 14:30	4	456,00		364,80
14:30 - 15:30	4	456,00		364,80
15:30 - 16:30	6	684,00		547,20
16:30 - 17:30	6	684,00		547,20
17:30 - 18:30	7	798,00		638,40
18:30 - 19:30	8	912,00		729,60
19:30 - 20:30	8	912,00		729,60
20:30 - 21:30	8	912,00		729,60
21:30 - 22:30	7	798,00		638,40
22:30 - 23:30	5	570,00		456,00

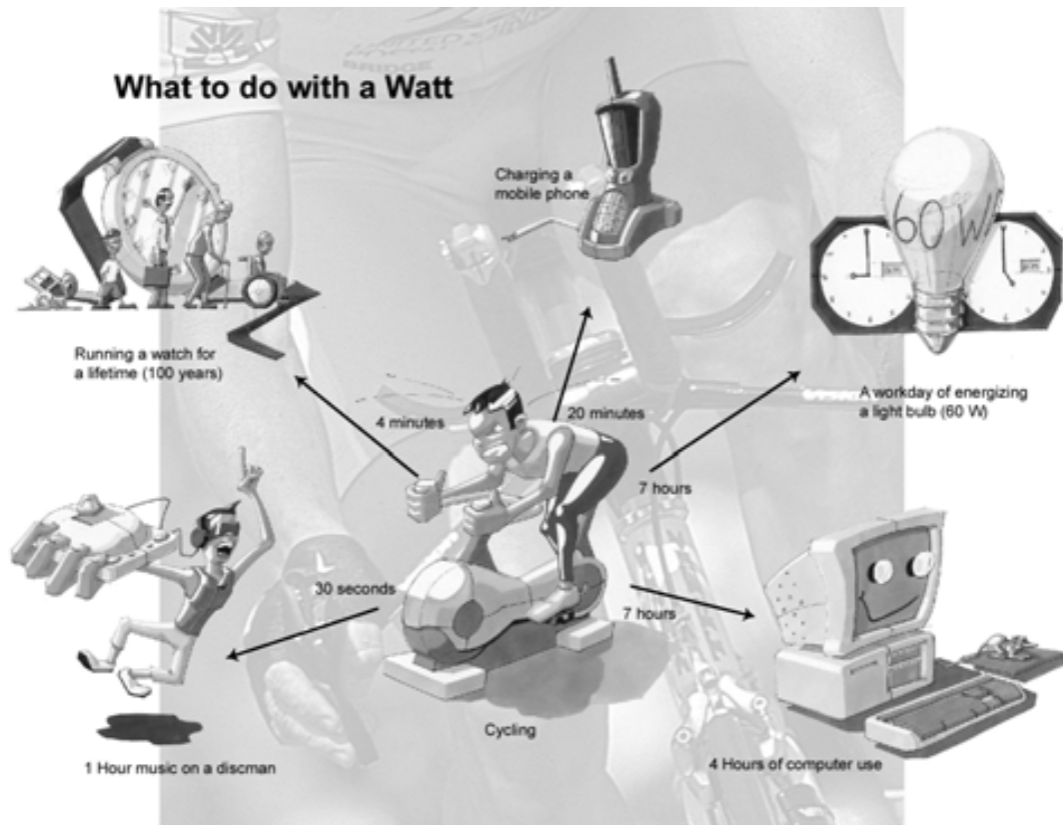
Πίνακας 4.8: Υπολογισμός μηχανικής και ηλεκτρικής ισχύος από στατικά ποδήλατα.

ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΕ kWh	ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΕ kWh	ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΕ kWh	ΕΤΗΣΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΕ kWh
7,84	48,24	192,94	1929,43

Πίνακας 4.9: Υπολογισμός εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh από στατικά ποδήλατα.



Διάγραμμα 4.2: Απεικόνιση διακύμανσης παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύς σε μία μέρα λειτουργίας από όλα τα ποδήλατα.



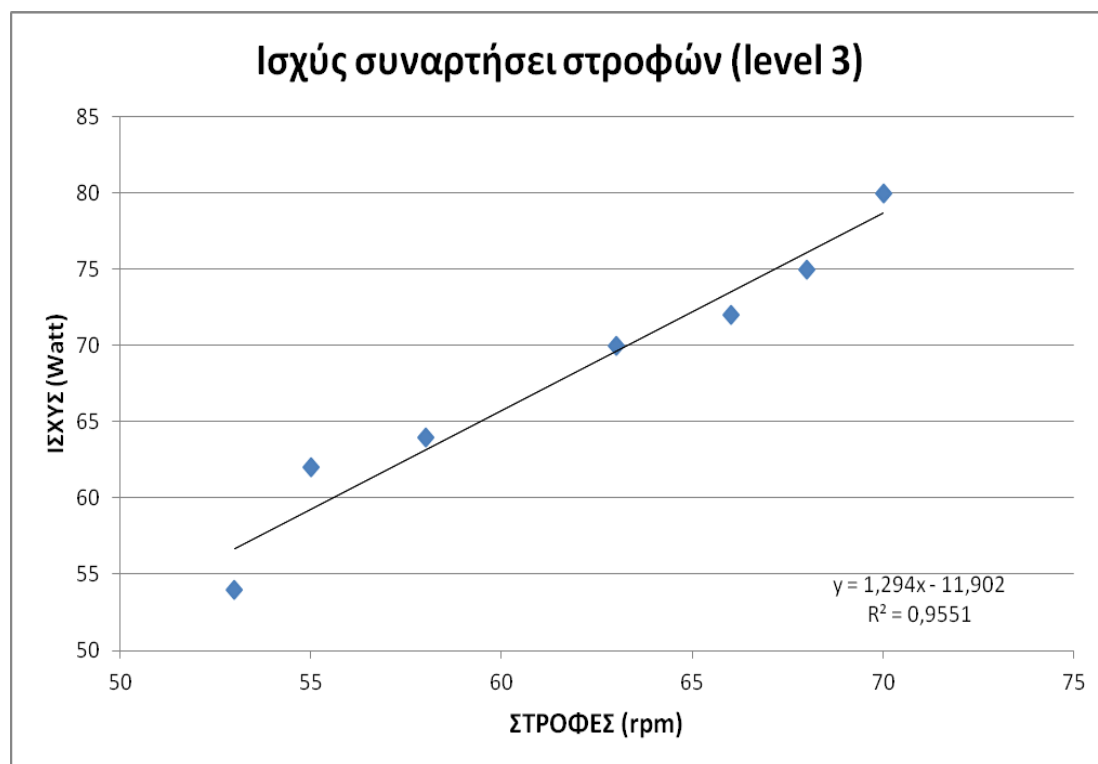
Εικόνα 4.1: Παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς από ποδήλατα σε πραγματικές εφαρμογές [4].

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται πως ένας ποδηλάτης ανάλογα τον χρόνο της άσκησης του μπορεί να τροφοδοτήσει με ηλεκτρικό ρεύμα διάφορες συσκευές της καθημερινής μας ζωής. Είναι εκπληκτικό πως 4 μόνο λεπτά ποδηλάτου με σταθερό ρυθμό μπορούν να κρατήσουν ένα ρολόι σε λειτουργία για 100 χρόνια. Ακόμα 20 λεπτά άσκησης είναι αρκετά ώστε να φορτίσουν το κινητό μας τηλέφωνο. Αντιθέτως, μπορεί 7 ώρες άσκησης πάνω στο ποδήλατο γυμναστικής να μην ακούγεται ως πρακτικά εφικτό, όμως αναλογιστείτε 7 άτομα ταυτόχρονα να ασκούνται για μια ώρα ή 14 άτομα για μισή. Τότε, σε αυτή τη περίπτωση θα έχουμε καταφέρει να κρατήσουμε σε λειτουργία έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή για 4 ώρες ή μια λάμπα πυρακτώσεως 60W για μια ολόκληρη μέρα. Συμπεραίνουμε λοιπόν, πως λίγη ώρα άσκησης στο ποδήλατο γυμναστικής μπορεί να προσφέρει σημαντικό ποσό ενέργειας, ειδικά σε έναν χώρο όπως του γυμναστηρίου που η δραστηριότητα είναι έντονη.

4.2.4 Ελλειπτικά μηχανήματα

Το γυμναστήριο διαθέτει επίσης 12 ελλειπτικά, τα οποία σημειώνουν μικρότερο αριθμό χρήσης. Παράλληλα οι αθλητές τείνουν να επιλέγουν μικρότερο βαθμό δυσκολίας αλλά και το φάσμα στροφών είναι μικρότερο σε σχέση με αυτόν στα ποδήλατα. Όπως στα στατικά ποδήλατα έτσι και στα ελλειπτικά θα πραγματοποιηθεί η ίδια διαδικασία για τον υπολογισμό των απαραίτητων μεγεθών, όπως την μηχανική, ηλεκτρική ισχύς καθώς και την εξοικονόμηση σε kWh. Επίσης η διαδικασία μετατροπής της ισχύος από μηχανική σε ηλεκτρική θα ακολουθήσει την ίδια συνδεσμολογία με αυτή στα στατικά ποδήλατα.

Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα όπου απεικονίζεται η διακύμανση της μηχανικής ισχύς σε συνάρτηση των στροφών περιστροφής του άξονα των ελλειπτικών μηχανημάτων, καθώς και οι πίνακες με τους υπολογισμούς της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύς από τους αθλητές και τέλος η εξοικονόμηση σε kWh που επιτυγχάνεται.



Διάγραμμα 4.3: Μηχανική ισχύς συναρτήσει των στροφών ανά λεπτό σε ελλειπτικό μηχανήματα βάσει μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στο γυμναστήριο.

ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΛΛΕΙΠΤΙΚΩΝ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (W)	ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (Wh)
7:30 - 8:30	0	0,00	0,80	0,00
8:30 - 9:30	1	70,00		56,00
9:30 - 10:30	2	140,00		112,00
10:30 - 11:30	2	140,00		112,00
11:30 - 12:30	3	210,00		168,00
12:30 - 13:30	4	280,00		224,00
13:30 - 14:30	4	280,00		224,00
14:30 - 15:30	4	280,00		224,00
15:30 - 16:30	3	210,00		168,00
16:30 - 17:30	5	350,00		280,00
17:30 - 18:30	5	350,00		280,00
18:30 - 19:30	7	490,00		392,00
19:30 - 20:30	10	700,00		560,00
20:30 - 21:30	12	840,00		672,00
21:30 - 22:30	6	420,00		336,00
22:30 - 23:30	3	210,00		168,00

Πίνακας 4.9: Υπολογισμός μηχανικής και ηλεκτρικής ισχύος σε ελλειπτικά μηχανήματα.

ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΕ kWh	ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΑ Α ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΕ kWh	ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΕ kWh	ΕΤΗΣΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΕ kWh
4,97	30,57	122,26	1222,62

Πίνακας 4.10: Υπολογισμός εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh από ελλειπτικά μηχανήματα.

4.3 ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ

Στην Ελλάδα περίπου το 30% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται από την καύση λιγνίτη. Η καύση λιγνίτη επιφέρει καταστροφικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και τη δημόσια υγεία. Καταναλώνει τεράστιες ποσότητες νερού, εκπέμπει ρύπους όπως διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου, μικροσωματίδια, βαρέα μέταλλα και μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα. Συνεπώς, το οικονομικό κόστος από τις υπερβάσεις των ευρωπαϊκών ορίων αποτιμάται σε πολλά εκατομμύρια ευρώ. Μια μέση λιγνιτική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εκπέμπει 1,075 kg CO₂/KWh και το κόστος αυτού ανέρχεται στα 18 €/τόνο (τιμή που καθορίζεται από την ΕΕ). Από τα παραπάνω δεδομένα μπορούμε να υπολογίσουμε την συνολική εξοικονόμηση σε χρήματα αλλά και την εκπομπή σε ρύπους με την υλοποίηση της ιδέας του ECOGYM.

Ανατρέχοντας στις προηγούμενες ενότητες, με σκοπό την συγκέντρωση των συνολικών μετρήσεων της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύς, καθώς και της εξοικονόμησης ενέργειας σε KWh προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

ΟΡΓΑΝΑ ΓΥΜΝΑΣΤΙΚΗΣ	ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΕ KWh	ΚΟΣΤΟΣ KWh (€)	ΚΟΣΤΟΣ CO ₂ (€/tn)	ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ CO ₂ (kg)	ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (€)	ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ CO ₂ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΙΣΗ (€)
STRENGTH MACHINES	88,26	0,15	18,00	94,88	113,08	13,57	126,65
ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	392,00			421,40			
ΠΟΔΗΛΑΤΑ	192,94			207,41			
ΕΛΛΕΙΠΤΙΚΑ	80,70			86,75			
Σύνολο x 0,7	753,90			810,44			

Πίνακας 4.11: Συνολική εξοικονόμηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ

Το Ecogym έχει ως στόχο την εκμετάλλευση της δαπανώμενης ενέργειας των αθλητών και την μετατροπή αυτής σε ηλεκτρική, με σκοπό την ανάκτηση της όποτε είναι αναγκαίο. Αυτό αποσκοπεί στην υποβοήθηση του γυμναστηρίου στις ηλεκτρικές του απαιτήσεις, καθώς και την άμεση εξοικονόμηση σε κόστος αλλά και την έμμεση συμβολή του στην μείωση ρύπων που παράγονται στα εργοστάσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Για την μετατροπή της ενέργειας των αθλητών σε ηλεκτρική και την ομαλή της έγχυση στο δίκτυο ή την απευθείας εκμετάλλευση της θα πρέπει να υπάρξει κατάλληλη ηλεκτρολογική διάταξη. Αυτή θα περιλαμβάνει:

- Τριφασική Γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος.
- Μετατροπέας AC/DC.
- Πυκνωτής φόρτισης.
- Σύστημα συσσωρευτών .
- Inverter (DC/AC) για έγχυση στο δίκτυο.
- Μετατροπέα DC/DC για άμεση εκμετάλλευση DC φορτίων.

5.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ

Το πρώτο στάδιο στην διαδικασία της ηλεκτρολογικής διάταξης αφορά την επιλογή της γεννήτριας. Υπάρχουν δύο κύρια είδη γεννητριών: εναλλασσόμενου (AC) και συνεχούς (DC) ρεύματος. Είναι γεγονός πως στις προηγούμενες δεκαετίες οι γεννήτριες συνεχούς ρεύματος είχαν τον πρωταγωνιστικό ρόλο στις εφαρμογές που απαιτούσαν παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο με το πέρασμα των χρόνων ολοένα και περισσότερες εφαρμογές βασίζονται στο εναλλασσόμενο ρεύμα, καθώς αποδείχθηκε ότι τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει έναντι του συνεχούς είναι μεγίστης σημασίας. Ενδεικτικά ορισμένα από αυτά είναι:

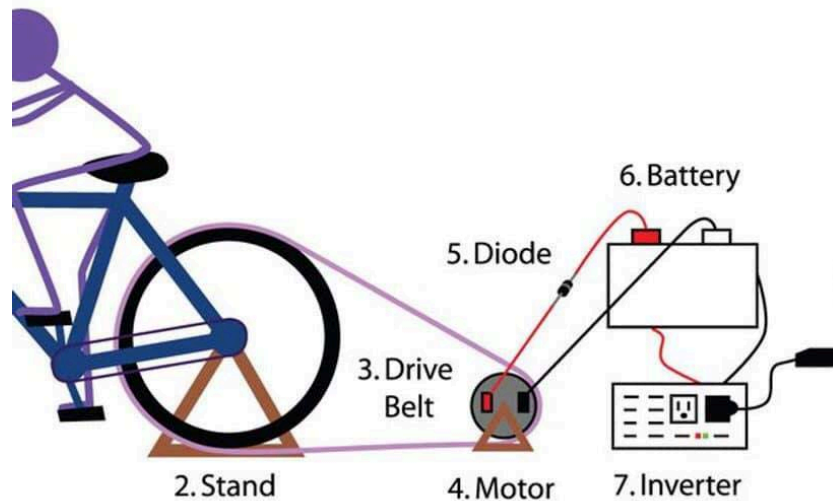
- Δυνατότητα μεταφοράς του ρεύματος σε μεγάλες αποστάσεις χωρίς σημαντικές απώλειες.
- Απλή και εύκολη κατασκευή της γεννήτριας.
- Χαμηλές απαιτήσεις όσον αφορά τη συντήρηση.
- Αξιόπιστη και σταθερή κατασκευή.

Πορευόμενοι με την εξέλιξη της τεχνολογίας στο κομμάτι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, θα επιλέξουμε για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης μια ασύγχρονη τριφασική γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος. Συγκεκριμένα, θα τοποθετηθεί κατάλληλα με σκοπό να εμπλέκεται άμεσα στην δημιουργία «μηχανικής αντίστασης» όπου είναι αναγκαίο, όπως για παράδειγμα στα strength machines ή σε κάθε άλλη περίπτωση μόνο για την παραγωγή ενέργειας. Επειδή όμως είναι αδύνατη η αποθήκευση εναλλασσόμενου ρεύματος, απαιτείται η παρουσία ενός μετατροπέα AC/DC. Η παρουσία του converter έχει διπλό ρόλο καθώς μετατρέπει το ρεύμα από εναλλασσόμενο σε συνεχές, ενώ ταυτόχρονα ελέγχει το βαθμό της έντασης του εξερχόμενου από την γεννήτρια ρεύματος και συνεπώς ρυθμίζει την «αντίσταση» που θα δέχεται ο αθλητής. Στη συνέχεια, με σκοπό την ομαλή φόρτιση του συσσωρευτή τοποθετείται ένας πυκνωτής ο οποίος τον τροφοδοτεί με συνεχές και σταθερής έντασης ρεύμα. Είναι γεγονός, ότι ούτε η παραγωγή ενέργειας από του αθλητές αλλά ούτε και η ζήτηση σε ηλεκτρικό ρεύμα από το γυμναστήριο έχει σταθερό ρυθμό. Γι αυτό το λόγο η απευθείας χρήση ή έκχυση του ρεύματος στο δίκτυο δεν αποτελεί την καλύτερη δυνατή

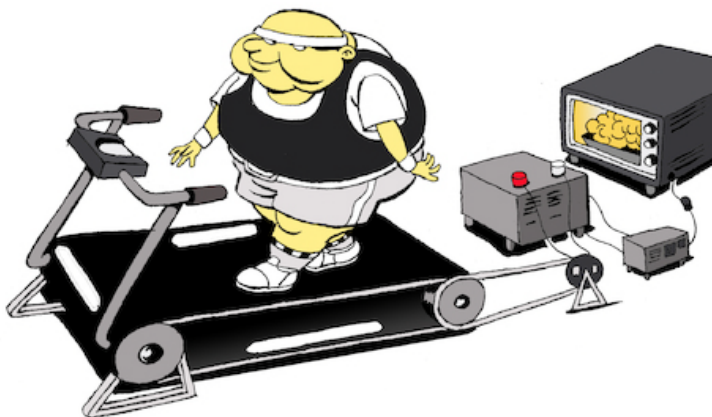
λύση. Έτσι τοποθετείται ένα σύστημα συσσωρευτών το οποίο θα αποθηκεύει την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τους αθλητές και θα την παρέχει όπου είναι αναγκαίο. Οι ηλεκτρικές απαιτήσεις μπορεί να είναι δυο ειδών : εναλλασσόμενου ή συνεχούς ρεύματος. Στην πρώτη περίπτωση το ρεύμα θα πρέπει να περάσει από έναν μετατροπέα DC/AC (inverter) διότι προέρχεται από τον συσσωρευτή και έπειτα θα τροφοδοτεί τον εξωτερικό ηλεκτρολογικό πίνακα της εγκατάστασης όπου και εκείνος με την σειρά του τον εσωτερικό χώρο του γυμναστήριου. Στην δεύτερη περίπτωση το ρεύμα θα διέρχεται από έναν μετατροπέα – ανορθωτή DC/DC με σκοπό να εξυπηρετούνται φορτία συνεχούς ρεύματος. Τέλος, εδώ είναι σημαντικό να πούμε ότι για χωροταξικούς λόγους θα δημιουργηθεί ειδικός χώρος μέσα στο γυμναστήριο όπου εκεί και μόνο θα υπάρχει τροφοδότηση συνεχούς ρεύματος.

Από τις μετρήσεις μας προκύπτει ότι από τα strength machines η μέγιστη ισχύς που μπορεί να παραχθεί (στα 100Kg) αντιστοιχεί σε 220 W. Κοντά σε αυτήν την τιμή είναι και η μέση παραγόμενη ισχύς από τους διαδρόμους γυμναστικής η οποία είναι της τάξης των 100 W. Για το λόγο αυτό η γεννήτρια που θα τοποθετηθεί στα παραπάνω μηχανήματα θα είναι η ίδια, η οποία θα έχει ονομαστική ισχύ 300 W. Από την άλλη πλευρά από τα ποδήλατα και τα ελλειπτικά μπορούν να παραχθούν έως και 586 - 880 W αντίστοιχα. Έτσι και εδώ θα επιλέξουμε και για τους δυο τύπους μηχανημάτων μια γεννήτρια με ονομαστική ισχύ 1000 W. Δεδομένης της μεγάλης διαφοράς ταχύτητας του άξονα που θα περιστρέφεται από την άσκηση των αθλητών, με τις ονομαστικές στροφές της γεννήτριας καθίσταται αναγκαία η παρεμβολή ενός κιβωτίου ταχυτήτων (μειωτήρας), ο οποίος θα προσαρμόζει τις στροφές του άξονα στην επιθυμητή τιμή.

Η σύνδεση της γεννήτριας στα ποδήλατα, ελλειπτικά και διαδρόμους θα γίνει με την βοήθεια ενός ιμάντα ο οποίος θα μεταδίδει την κίνηση από τον άξονα του κάθε μηχανήματος, του οποίου η περιστροφή θα προέρχεται από τον αθλητή στον άξονα της γεννήτριας.



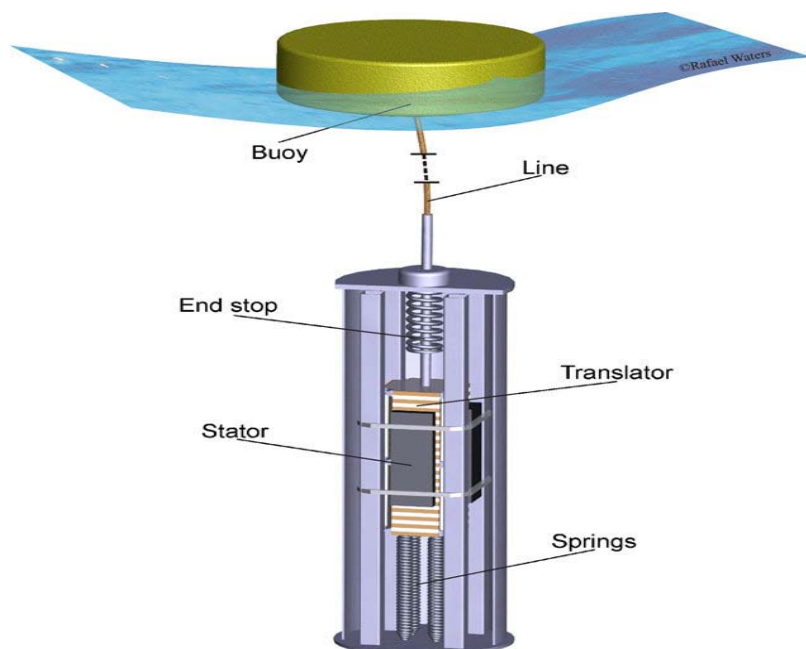
Εικόνα 5.1: Σύνδεση γεννήτριας με ποδήλατο.



Εικόνα 5.2: Σύνδεση γεννήτριας με διάδρομο.

Από την άλλη πλευρά για τα strength machines θα ακολουθήσει μία εναλλακτική μορφή διάταξης. Αναλυτικότερα, τα νέα όργανα γυμναστικής θα πληρούν προδιαγραφές Ecogym, όπου σε σύγκριση με τα συμβατικά δεν θα έχουν πλάκες κιλών οι οποίες καθορίζουν την «αντίσταση» που δέχεται ο αθλητής. Εμπνευσμένοι από μια εφαρμογή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Δανία, όπου εκμεταλλεύεται την παλινδρομική κίνηση των κυμάτων της θάλασσας θα χρησιμοποιήσουμε μία γραμμική γεννήτρια (linear generator). Στη συγκεκριμένη περίπτωση θα εκμεταλλευτούμε την παλινδρομική κίνηση του αθλητή όπου θα μετατρέπεται σε ηλεκτρική, μέσω της γραμμικής γεννήτριας. Καθώς το Ecogym αποτελεί έναν σύγχρονο χώρο γυμναστηρίου, ενώ ταυτόχρονα θέλοντας να διατηρηθεί η κλασική εικόνα των οργάνων

γυμναστικής , ενδεικτικά προτείνουμε ο στάτης της γεννήτριας μας να έχει την μορφή του κελύφους των πλακών που αφαιρέθηκαν. Στην πραγματικότητα το κέλυφος αυτό θα περιέχει δύο μόνιμους μαγνήτες, καθώς και τον δρομέα ο οποίος θα μετακινείται γραμμικά μέσω της επαναλαμβανόμενης κίνησης του αθλητή. Τέλος, επισημαίνουμε ότι η επιστροφή του δρομέα στην αρχική του θέση γίνεται με την βοήθεια ελατηρίων.



Εικόνα 5.3: Απεικόνιση γραμμικής γεννήτριας εκμεταλλευόμενοι την κίνηση των κυμάτων. Στην περίπτωση μας, το ρόλο της σηματοδούρας θα παίζει η λαβή του εκάστοτε οργάνου.

5.2.1 ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ

Η μπαταρία ή ηλεκτρικός συσσωρευτής είναι η συσκευή η οποία αποθηκεύει χημική ενέργεια και την αποδεσμεύει με τη μορφή ηλεκτρισμού. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ηλεκτροχημικές διατάξεις. Ο συσσωρευτής στην ηλεκτρολογία είναι χημική πηγή ρεύματος, η οποία έχει τη δυνατότητα να αποθηκεύει ηλεκτρική ενέργεια, αφού τη μετατρέψει σε χημική και όταν χρειαστεί, να την αποδώσει σε εξωτερικό κύκλωμα. Αποτελείται από ένα δοχείο το οποίο κατασκευάζεται από κάποιο μονωτικό υλικό (εβονίτη,

πλαστικό, γυαλί) με ηλεκτρολύτη (οξύ ή αλκάλιο), στο οποίο βυθίζονται τα ηλεκτρόδια. Η σύνδεσή τους σε εξωτερικό κύκλωμα προκαλεί σε αυτό διέλευση ρεύματος (εκφόρτιση του ηλεκτρικού συσσωρευτή). Έτσι, στον ηλεκτρικό συσσωρευτή γίνονται χημικές διεργασίες, που έχουν σχέση με τη μετατροπή της χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η φόρτιση του πλέον εκφορτισμένου συσσωρευτή γίνεται όταν περάσει από αυτόν συνεχές ρεύμα από άλλη πηγή, ενώ ταυτόχρονα στον ηλεκτρικό συσσωρευτή γίνονται αντίστροφες χημικές διεργασίες, με τις οποίες η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε χημική. Ο ηλεκτρικός συσσωρευτής χαρακτηρίζεται από τη χωρητικότητα, δηλαδή την ποσότητα του ηλεκτρισμού σε αμπερώρια, που μπορεί ο συσσωρευτής να δώσει στο κύκλωμα που τροφοδοτεί, από τη μέση τάση σε Volt κατά το χρόνο της φόρτισης και εκφόρτισης.

Υπάρχουν ηλεκτρικοί συσσωρευτές σε μόνιμη εγκατάσταση (για τις ανάγκες των ηλεκτρικών σταθμών, των τηλεφωνικών και τηλεγραφικών σταθμών, των ραδιοσταθμών κ.ά.) και φορητοί (για τροφοδότηση κινητών ραδιοσυσκευών και συσκευών ενσύρματης επικοινωνίας, αυτοκινήτων, αεροπλάνων κ.ά.). Στις μπαταρίες μολύβδου - θειικού οξέος χρησιμοποιούνται πλάκες κράματος μολύβδου - αντιμονίου καλυμμένες με πάστα οξειδίου του μολύβδου. Σε κάθε στοιχείο υπάρχουν αρκετές πλάκες. Μετά από την φόρτιση έχουμε μεταβολή του οξειδίου του μολύβδου σε διοξείδιο του μολύβδου στις θετικές πλάκες και σε πορώδη μόλυβδο στις αρνητικές πλάκες. Έτσι όταν η μπαταρία είναι σε πλήρη φόρτιση έχουμε δύο διαφορετικά υλικά (διοξείδιο του μολύβδου και πορώδη μόλυβδο) βυθισμένα σε αραιό θειικό οξύ. Όσο η μπαταρία αποφορτίζεται τότε οι επιφάνειες των πλακών μετατρέπονται σε θειικό μόλυβδο. Ανάμεσα στις πλάκες υπάρχουν χημικά αδρανή διαχωριστικά. Παλιότερα ήταν ξύλινα ή από πορώδες ελαστικό, αλλά σήμερα χρησιμοποιούνται πιο μοντέρνα υλικά όπως το ανόργανο υλικό Kieselguhr (KG) με ενίσχυση από ίνες υαλοϋφάσματος. Τα διαχωριστικά πρέπει να είναι ανθεκτικά, γιατί κατά την διάρκεια της φορτίσεως και της εκφορτίσεως (ειδικά σε υψηλά ρεύματα) οι πλάκες ζεσταίνονται και πετσικάρουν. Επίσης πρέπει να είναι πορώδη έτσι ώστε να επιτρέπουν τη διέλευση του ηλεκτρολύτη. Αν οι πόροι τους είναι μικροί τότε αυξάνεται η εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας και πέφτει η τάση στους ακροδέκτες της. Οι πλάκες είναι ομαδοποιημένες και είναι έτσι διευθετημένες ώστε στην αρχή και στο τέλος της ομάδας να υπάρχουν πάντα αρνητικές πλάκες έτσι ώστε να είναι πάντα περισσότερες από τις θετικές. Τα διαχωριστικά είναι έτσι τοποθετημένα ώστε η πλευρά τους η οποία έχει νεύρα να είναι προς τις θετικές πλάκες. Έτσι ο ηλεκτρολύτης συγκεντρώνεται στις θετικές πλάκες. Τα κελύφη των μπαταριών παλιότερα φτιάχνονταν με πίσσα και αμίαντο, αλλά σήμερα φτιάχνονται από πολυπροπυλένιο το οποίο είναι ημιδιαφανές και έτσι φαίνεται η στάθμη του ηλεκτρολύτη. Επίσης έχει μεγάλη αντοχή και μικρό βάρος.

Για την αποθήκευση λοιπόν της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να δημιουργηθεί ένας κατάλληλα σχεδιασμένος χώρος στον οποίο θα εγκατασταθεί το σύστημα συσσωρευτών. Συγκεκριμένα στο χώρο αυτό θα τοποθετηθούν τρεις μπαταρίες συνδεδεμένες σε σειρά, 50Ah η κάθε μια δημιουργώντας έτσι ένα σύνολο 150Ah σε κατάσταση πλήρους φόρτισης. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι κατά την φόρτιση και εκφόρτιση των μπαταριών παράγονται ή απελευθερώνονται αέρια και μπορούν να

αποτελέσουν σημαντικό πρόβλημα για την ασφάλεια και την υγεία, ιδίως όταν οι μπαταρίες τοποθετούνται ή φορτίζονται σε κλειστό ή κακώς αεριζόμενο χώρο. Το υδρόθειο (H_2S) είναι ένα πιθανό παραπροϊόν της υπερβολικής φόρτισης και της αποσύνθεσης της μπαταρίας. Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να εγκατασταθεί ένα όργανο ανίχνευσης αερίων. Ακόμα Δεδομένων των προβλημάτων υπερθέρμανσης, ενδέχεται να μην εντοπιστεί μόνο H_2S , αλλά πιθανότατα να εμφανιστούν και άλλα αέρια στον ανιχνευτή τα οποία είναι εξίσου επικίνδυνα. Έτσι ο χώρος που θα φιλοξενεί το σύστημα συσσωρευτών θα πρέπει να εφοδιαστεί με κατάλληλο σύστημα εξαερισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Στο πλαίσιο της βελτίωσης της μελέτης μας, σε αυτό το κεφάλαιο θα προτείνουμε κάποιες καινοτόμες εφαρμογές. Αυτές θα αποσκοπούν στο να εκσυγχρονίσουμε περαιτέρω το κτίριο του γυμναστηρίου, καθώς και να μετατρέψουμε ακόμα μεγαλύτερα ποσά της χαμένης ενέργειας σε ηλεκτρισμό.

6.2 ΠΙΕΖΟΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

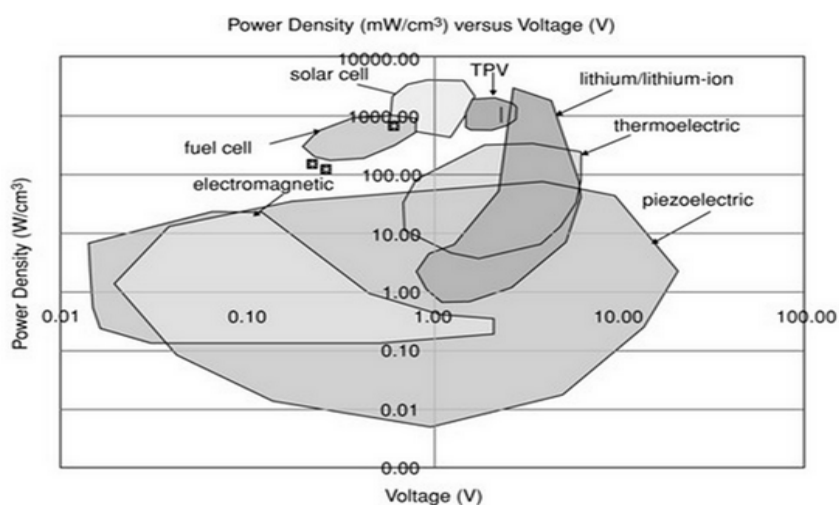
Από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα έχει μεγαλώσει αρκετά το ενδιαφέρον των ερευνητών για τις πηγές ενέργειας που βασίζονται στην δόνηση των υλικών. Ο λόγος είναι φυσικά το ελάχιστο ή και μηδαμινό έργο που απαιτείται προκειμένου να προκαλέσεις αυτή τη δόνηση, όπου έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή. Βασικός στόχος της έρευνας αυτού του φαινομένου είναι η κατασκευή μικρών συσκευών, οι οποίες θα μπορούν να τροφοδοτούνται με ρεύμα μόνο από τις δονήσεις που υπάρχουν στο περιβάλλον τους. Έτσι θα μειωθεί η παραγωγή μπαταριών που βασίζονται στην χημική αποθήκευση ενέργειας που αποτελούν ένα αρκετά επιβλαβές απόβλητο για το περιβάλλον.

Οι τρεις κύριοι μηχανισμοί μετατροπής δόνησης – ηλεκτρισμού είναι οι εξής: ηλεκτρομαγνητικός, ηλεκτροστατικός και πιεζοηλεκτρικός. Με συνεχείς

μελέτες την τελευταία δεκαετία οι επιστήμονες έχουν καταλήξει ότι ο πιεζοηλεκτρικός μηχανισμός είναι ο πιο αποδοτικός.

Ως πιεζοηλεκτρισμός ορίζεται η ιδιότητα κάποιων υλικών να παράγουν ηλεκτρική τάση όταν δέχονται κάποια μηχανική τάση/πίεση ή ταλάντωση. Το φαινόμενο μπορεί να εξηγηθεί ποιοτικά με τη μεταφορά ελεύθερων φορτίων στα άκρα του κρυσταλλικού πλέγματος. Επίσης, ο όρος περιλαμβάνει και το αντίστροφο φαινόμενο, κατά το οποίο το υλικό παραμορφώνεται, όταν βρεθεί κάτω από ηλεκτρική τάση. Παραδείγματα υλικών με πιεζοηλεκτρικές ιδιότητες είναι ο χαλαζίας, το αλάτι Rochelle ή Seignette (τρυγικό καλιονάτριο), το ADP (δισόξινο φωσφορικό αμμώνιο), το ένυδρο θειικό λίθιο, ο τουρμαλίνης, το συνθετικό πολυμερές PVDF (polyvinylidene difluoride), κτλ. Πέρα από τα προαναφερθέντα υλικά στη δεκαετία του 1950-60 βρέθηκε ότι το ανθρώπινο οστό επίσης επιδεικνύει ένα πιεζοηλεκτρικό δυναμικό όταν εφαρμόζεται σε αυτό στρεπτική φόρτιση (Fukada & Yasuda 1957).

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου έναντι των άλλων δυο, είναι η μεγάλη πυκνότητα ενέργειας, δηλαδή η ισχύς που παράγεται ανά μονάδα όγκου υλικού, καθώς και το ευρύ φάσμα που μπορούν τα πιεζοηλεκτρικά υλικά να βρουν χρήση. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα ο πιεζοηλεκτρισμός καταλαμβάνει την μεγαλύτερη περιοχή, ενώ η διαφορά στη παραγόμενη τάση με τον ηλεκτρομαγνητισμό είναι αισθητή. Μάλιστα, το ύψος της παραγόμενης τάσης από τον ηλεκτρομαγνητισμό απαιτεί ανόρθωση προκειμένου να αποθηκευτεί ή να χρησιμοποιηθεί, κάτι που στη περίπτωση των πιεζοηλεκτρικών υλικών δεν ισχύει. Ακόμα, όσο αναφορά το ηλεκτροστατικό φαινόμενο, η εκμεταλλεύση του απαιτεί μια μικρή τάση διέγερσης, κάτι που στην περίπτωση του πιεζοηλεκτρισμού δεν είναι αναγκαίο, αφού η τάση προέρχεται από το ίδιο το υλικό.



Εικόνα 6.1: Διάγραμμα πυκνότητα ενέργειας συναρτήσει τάσης υλικών [14].

Τέλος, σημαντικό να αναφερθεί είναι πως το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα από τα πιεζοηλεκτρικά υλικά είναι εναλλασσόμενο. Έτσι προκειμένου να αποθηκευτεί σε μπαταρίες θα πρέπει να υπάρχει κατάλληλη διάταξη μετατροπής AC / DC.

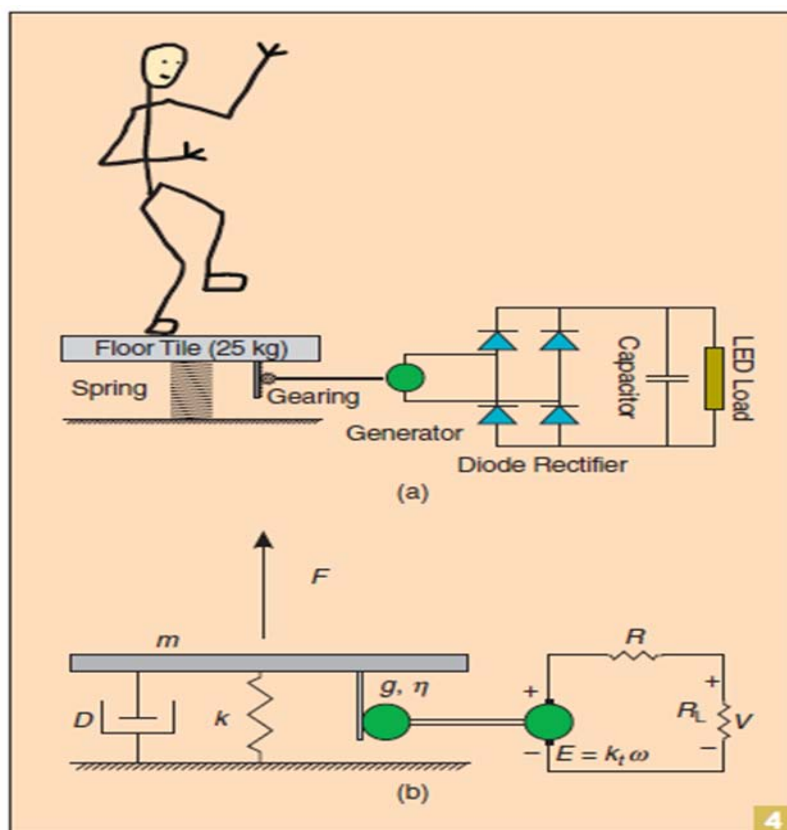
6.2.1 Energy floor

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η ιδέα της κατασκευή δαπέδων από πιεζοηλεκτρικά υλικά σε χώρους με έντονη διέλευση ανθρώπων όπως μετρό, αεροδρόμια και εμπορικά κέντρα.

Αξιοσημείωτη είναι η εφαρμογή πιεζοηλεκτρικών στον μαραθώνιο του Παρισιού το 2013, όπου 176 πλακίδια της εταιρίας PAVEGEN τοποθετήθηκαν σε μήκος 25 μέτρων. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι μαραθωνοδρόμοι να έχουν παράξει 4.7 KW, οι οποίες είναι αρκετές για να τροφοδοτούν πέντε LED για 940 ώρες ή ένα λάμπτοπ για πάνω από δύο μέρες. Το πάνω μέρος των πλακιδίων είναι φτιαγμένο από ελαστικά φορτηγών τα οποία έχουν ανακυκλωθεί. Κάθε ένα από αυτά είχε διαστάσεις 450x600x68 mm και κόστιζε περίπου 76 USD. Η ίδια εταιρία επίσης τοποθέτησε πιεζοηλεκτρικά πάνελ σε μία κεντρική οδό του Λονδίνου. Τα πάνελ αυτά έχουν την δυνατότητα να συλλέξουν την κινητική ενέργεια των διαβατών και να την μετατρέψουν σε ηλεκτρική, με ισχύ έως 5 W. Επιπλέον παρείχαν την δυνατότητα στους περαστικούς από την οδό, να δουν μέσω των κινητών τηλεφώνων τους πόση ηλεκτρική ενέργεια παρήγαγαν, καθώς και να ανακαλύψουν ότι ανταμείφθηκαν με εκπτώσεις σε διάφορες αγορές ανάλογα με το ποσό της παραγόμενης ενέργειας τους.

Με αφορμή τα παραπάνω προτείνουμε την εγκατάσταση πιεζοηλεκτρικών δαπέδων στους χώρους του γυμναστηρίου όπου λαμβάνουν χώρα τα ομαδικά προγράμματα. Στις μέρες μας αυτού το είδους προγράμματα έχουν μεγάλη απήχηση στους αθλητές του γυμναστηρίου, με αποτέλεσμα οι χώροι αυτοί να απασχολούνται συνεχώς. Επιπροσθέτως κατά την διάρκεια των ομαδικών προγραμμάτων οι αθλητές βρίσκονται συνέχεια σε κίνηση ή χρησιμοποιούν

επιπλέον βάρος κάτι που τα θέτει συνεχώς σε κατάσταση παραγωγής ή αυξάνει την απόδοση των πιεζοηλεκτρικών υλικών αντίστοιχα.



Εικόνα 6.2: Απεικόνιση λειτουργίας πιεζοηλεκτρικού υλικού. [14]

6.3 ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ

Στην παραπάνω μελέτη είχαμε ως δεδομένο πως το γυμναστήριο δεν θα αλλάξει τον ήδη υπάρχον γυμναστικό εξοπλισμό του αλλά, θα τον αναβαθμίσει με προδιαγραφές ECOGYM. Δηλαδή θα αφαιρεθούν κάποια μέρη από τα όργανα γυμναστικής (π.χ βάρη) και θα προστεθούν κάποια επιπλέον, όπως γεννήτριες. Συμπεριλαμβανομένου προφανώς και τις επιπλέον αναγκαστικές αλλαγές στο χώρο, όπως η εγκατάσταση του θαλάμου συσσωρευτών ή η δημιουργία του χώρου για DC συσκευές. Στη παρακάτω παράγραφο όμως θα πάρουμε την περίπτωση που το γυμναστήριο θέλει να αλλάξει εντελώς τον εξοπλισμό του. Πιο συγκεκριμένα θα αναφερθούμε στους διαδρόμους γυμναστικής.

Όπως είδαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο οι διάδρομοι γυμναστικής (20 σύνολο) καταναλώνουν σημαντικό ποσό ενέργειας σε μια εβδομάδα λειτουργίας του γυμναστήριου. Αυτό ανέρχεται περίπου στις 1.097 Kwh. Επιπλέον η επιλογή δυσκολίας καθορίζεται από την κλίση του διαδρόμου ως προς το έδαφος και όχι ως προς κάποιου είδους επιπλέον αντίστασης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η επιπλέον δύναμη που καταβάλλει ο αθλητής να μην επηρεάζει το ποσό παραγόμενου ρεύματος από την γεννήτρια, διότι δεν ασκείται παραπάνω ροπή στον άξονα της. Και όπως αναφέραμε στα πρώτα κεφάλαια: παραπάνω ροπή = παραπάνω παραγόμενο ρεύμα.

Προτείνουμε λοιπόν την κατασκευή διαδρόμων γυμναστικής χωρίς την ανάγκη ηλεκτρικού ρεύματος για την λειτουργία τους. Σαν δομή θα είναι ένας κοινός διάδρομος γυμναστικής. Με την διαφορά όμως ότι η οθόνη ενδείξεων θα λειτουργεί με ένα μικρής τάσεως δυναμό συνδεδεμένο στον άξονα κίνησης, παρόμοιο με αυτό των ελλειπτικών ή των ποδηλάτων. Αυτό σημαίνει ότι όσο ο αθλητής τρέχει στο διάδρομό τόσο θα λειτουργεί και η οθόνη. Η μεγάλη διαφορά με τους κοινούς διαδρόμους γυμναστικής θα είναι στον τρόπο με τον οποίο ο αθλητής θα νιώθει την αντίσταση. Η αντίσταση θα προέρχεται με τον ίδιο τρόπο όπως και στα strength machines του ECOGYM. Η γεννήτρια η οποία θα είναι στην ίδια θέση συνδεδεμένη όπως και πριν θα παίζει τον ρόλο της αντίστασης. Αναλυτικότερα, όσο πιο γρήγορα τρέχει ο αθλητής στο διάδρομο, τόσο μεγαλύτερη ροπή ασκείται στον άξονα της γεννήτριας και όσο μεγαλύτερη ροπή δέχεται ο άξονας τόσο μεγαλύτερη αντίρροπη «παράγει». Αυτό θα ελέγχεται πάντα από τον μετατροπέα, ο οποίος και εδώ θα παίζει το ρόλο του ελεγκτή, δηλαδή θα ορίζει το μέγιστο ρεύμα που φεύγει από την γεννήτρια, συνεπώς την μέγιστη αντίσταση του αθλητή. Με αυτήν την αλλαγή το γυμναστήριο πετυχαίνει πολύ μικρότερες μηνιαίες καταναλώσεις ρεύματος, ενώ ταυτόχρονα το «κέρδος» του σε ισχύ θα είναι πολύ μεγαλύτερο.

6.4 SMART BENCHES

Κάθε επιχείρηση από την ημέρα της έναρξής της έχει μοναδικό σκοπό την απόκτηση όσο το δυνατόν μεγαλύτερου κέρδους. Προφανώς, το ECOGYM δεν αποτελεί εξαίρεση. Ωστόσο σε αυτή την περίπτωση, κερδίζοντας το ενδιαφέρον το πολιτών δεν επωφελείται μόνο η επιχείρηση αλλά μακροπρόθεσμα ολόκληρος ο πλανήτης. Κάθε πελάτης του ECOGYM συμβάλει στην μείωση εκπομπών ρύπων, στηρίζει την χρήση πράσινης ενέργειας και στην καταπολέμηση την υπερθέρμανσης του πλανήτη.

Καταλήγουμε λοιπόν, πως ένας τέτοιος χώρος πρέπει να αποτελεί κέντρο έλξης για το ευρύ κοινό.

Εμπνευσμένοι από ένα διεθνές κίνημα οργανισμών ανά την Ευρώπη, όπου έχουν ως σκοπό την εγκατάσταση smart bench (έξυπνα παγκάκια) σε διάφορες πόλεις, προτείνουμε την εγκατάσταση έστω και ενός smart bench στον περιβάλλοντα χώρο του γυμναστηρίου.

Το έξυπνο παγκάκι γεωμετρικά δεν διαφέρει από ένα κοινό δημόσιο παγκάκι. Η μεγάλη διαφορά έγκειται στο πάνω μέρος του στο οποίο είναι εγκατεστημένο ένα φωτοβολταϊκό πάνελ προστατευμένο από γυαλί για να μπορεί να καθίσει κάποιος. Η ενέργεια που συλλέγεται από τον ήλιο μπορεί να χρησιμεύσει ως wi-fi spot, ενσύρματη ή ασύρματη φόρτιση μιας ηλεκτρονικής συσκευής αλλά και στην τροφοδότηση μιας LCD οθόνης όπου θα απεικονίζει την ενέργεια η οποία έχει παραχθεί σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα καθώς και πληροφορίες για την πόλη όπως θερμοκρασία και υγρασία του αέρα.

Ο σκοπός αυτής της πρότασης είναι καθαρά για να δημιουργήσουμε στους περαστικούς το ερέθισμα για την εξοικονόμηση ενέργειας, όπως και το ενδιαφέρον για τους τρόπους που μπορούμε να το επιτύχουμε. Ένα μικρό δείγμα, πως από ένα απλό παγκάκι μπορείς να έχεις τόσες δυνατότητες, θεωρούμε είναι αρκετές για να κάνουν την εγγραφή τους στο ECOGYM.



Εικόνα 6.3: Smart bench

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο πλανήτης μας, όπως όλοι ξέρουμε άλλα και παρατηρούμε στην καθημερινότητα μας, είναι σε κρίσιμη περιβαλλοντική κατάσταση. Λιώσιμο των πάγων, τρύπα του όζοντος και αυξημένη εμφάνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι μερικά από τα πιο εμφανή αποτυπώματα των απερίσκεπτων πράξεων μας. Για όλα αυτά και για πολλά παραπάνω μοναδικό αίτιο είναι ο άνθρωπος και η έντονη χρήση ουσιών ή υλικών κυρίως τις προηγούμενες δεκαετίες τα οποία είναι επιβλαβή για το περιβάλλον. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η υπερβολική χρήση χλωροφθορανθράκων (CFC) ως προωθητικά αέρια καθώς και οι ρύποι που παράγονται από τα αυτοκίνητα και μεγάλες εργοστασιακές μονάδες, όπως αυτές της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας [13].

Μέσα από αυτήν την κρίση όμως, δημιουργήθηκε στον άνθρωπο το αίσθημα της μέριμνας προς τον πλανήτη. Έτσι, τα τελευταία αυτά χρόνια η επιστήμη εξελίχθηκε με ραγδαίο ρυθμό στο κομμάτι της εύρεσης εναλλακτικών πηγών ενέργειας καθώς και στον τρόπο εκμετάλλευσης αυτών.

Με την ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας προσπαθήσαμε και εμείς να συμβάλουμε σε αυτόν τον τομέα της επιστήμης, μελετώντας την δημιουργία ενός γυμναστηρίου το οποίο θα υποβοηθάει την ηλεκτροδότησή του μέσω της ενέργειας που δαπανούν οι αθλητές. Πορευμένοι με την εξέλιξη της τεχνολογίας, έγιναν και οι επιλογές για τα ηλεκτρολογικά μέρη που θα απαρτίζουν το όλο σύστημα παραγωγής και αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας, με σκοπό την επίτευξη μιας καινοτόμας μελέτης.

Τα αποτελέσματα μας ήταν αρκετά ενθαρρυντικά, μάλιστα υπολογίσαμε μια συνολική μηνιαία εξοικονόμηση τάξεως 126.65 € ή 753.90 KWh, το οποίο θα αφαιρείται κάθε μήνα από τον λογαριασμό παροχής ρεύματος του

γυμναστηρίου. Εξοικονομώντας αυτό το χρηματικό ποσό σημαίνει πως έχουμε καταφέρει να μειώσουμε και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που αντιστοιχούν σε 0,81 tnCO₂ τον μήνα . Γνωρίζοντας ότι ένα δέντρο έχει τη δυνατότητα να απορροφά έως και 70 κιλά CO₂ [15], τότε με την παραπάνω εξοικονόμηση μπορούμε να αποδεσμεύουμε περίπου 11 δέντρα κάθε μήνα. Συνεπώς σε ένα χρόνο λειτουργίας του ECOGYM θα έχουν αποδεσμευτεί 110 δέντρα, και μακροπρόθεσμα σε μια δεκαετία 1100 δέντρα, όσο περίπου ένα δάσος.

Κλείνοντας, θα πρέπει να σημειωθεί πώς μελετήσαμε το ECOGYM από την τεχνική άποψη. Ωστόσο, μια οικονομοτεχνική μελέτη θα ήταν απαραίτητη ως μελλοντικό έργο για να καταλήξουμε στο συμπέρασμα κατά πόσο θα ήταν ελκυστική μια τέτοια επένδυση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Recovery of Useful Energy from Lost Human Power in Gymnasium, Bushra Chalermthai, Nisrein Sada, Omer Sarfraz and Bahaa Radi, Department of Electrical Engineering and Computer Science, Masdar Institute of Science and Technology Abu Dhabi, United Arab Emirates.
2. Generation of Electrical power Using Gymnasium Bicycle, K.M. Ahsan-uz-Zaman, Kafi Mohammad Ullah, Md. Mishir, Mahafujul Alam, Dept. of EEE, Mymensingh Engineering College, University of Dhaka, 21-23 Dec 2017.
3. Harvesting Green Energy from Wastage Energy of Human Activities Using Gymnasium Bicycle at Chittagong City, Md, Thuhid Ullah, Dept. of Electrical & Electronic Engineering Chittagong University of Engineering and Technology Chittagong, Bangladesh, Giasuddin Muhammad Tauseef, Dept. of Electrical & Information Technology Technical University Darmstadt Hessen , Germany.
4. Eco-design and human-powerd products, Thierry Kazazian, Arjen Jansen, O2 France, PES research group, Delf University of Technology.
5. ΔΕΣΜΕΥΣΗ CO₂ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΛΙΓΝΙΤΗ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΑΕΡΙΟ Ε. Κακαράς, Α. Δουκέλης, Δ. Γιαννακόπουλος, Α. Κουμανάκος ΕΜΠ, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Θερμότητας, Εργαστήριο Ατμοπαραγωγών και Θερμικών Εγκαταστάσεων, Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 15780, Αθήνα.
6. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΑΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΓΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ, Καΐσας Αθανάσιος Σκαμπαβίας Ευστράτιος Θεσσαλονίκη, 2008.
7. Smart GasDetection <https://goodforgas.com/hazardous-gases-associated-lead-acid-battery-charging-stations/>.
8. Ηλεκτρονικά Ισχύος <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE>

[%BA%CF%84%CF%81%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AC %CE%B9%CF%83%CF%87%CF%8D%CE%BF%CF%82.](#)

9. Electric Machinery Fundamentals, Stephen J. Chapman
10. Ηλεκτρικές Μηχανές, Σπυρίδωνος Ν. Βασιλακοπούλου Μηχανολόγου – Ηλεκτρολόγου Διπλωματούχου ΕΜΠ.
11. Γενική Ηλεκτροτεχνία, Θεοφάνης Αραβανής, Πάτρα, 2019.
12. ENERGY HARVESING THROUGH SMART GYM Himanshu Gaurav, Kavindra Singh Nikhurpa1, Dhruva Chaudhary and Wasim Feroz , July 2015 National Conference on “Emerging Trends in Electronics& Communication” (ETEC-2015).
13. Πιεζοηλεκτρισμός <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%B9%CE%B5%CE%B6%CE%BF%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82>
14. PIEZOELECTRIC ENERGY HARVESTING, Alper Erturk, Daniel J. Inman.
15. <https://www.conservation.org>