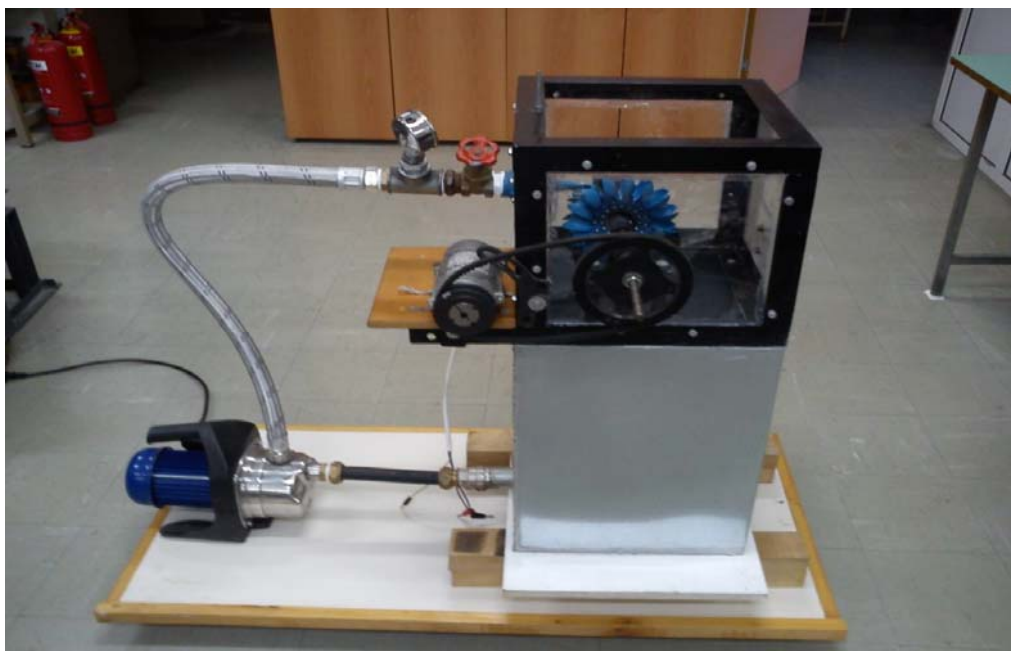




Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

**“ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΓΙΑ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ
ΜΟΝΑΔΑΣ ”**



Επιβλέπων Καθηγητής:
Τσιώλης Σπύρος
Σπουδαστής:
Βουλδής Κωνσταντίνος
Χουστουλάκης Κων/νος

ΑΜ:
33830
37852

Αθήνα

Δεκέμβριος - 2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή κ. Τσιώλη Σπύρο για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε και τη καθοδήγηση που μας προσέφερε, καθώς και τους υπόλοιπους ανθρώπους για την πολύτιμη βοήθεια και το ενδιαφέρον που έδειξαν για την υλοποίηση της κατασκευής. Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα τους γονείς μας για την υποστήριξή τους και την συμπαράσταση.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	i
Περιεχόμενα.....	ii
Λίστα σχημάτων.....	iii
Λίστα πινάκων.....	iv
Summary.....	v
Πρόλογος.....	1
1^ο Κεφάλαιο “Υδροηλεκτρικά”	1
1.1 Εισαγωγή.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
1.1.1 Ιστορική αναδρομή.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
1.1.2 Διάκριση μικρών και μεγάλων ΥΗΕ.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
1.1.2.1 Μικρά υδροηλεκτρικά(ΜΥΗΕ).....	2
1.1.3 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα ΥΗΕ.....	2
2^ο Κεφάλαιο “Επιμέρους τμήματα ΥΗΕ”	4
2.1 Υδροστρόβιλος.....	4
2.1.1 Γενικά-Τύποι υδροστροβίλων.....	4
2.1.2 Υδροστρόβιλοι αντίδρασης.....	4
2.1.2.1 Υδροστρόβιλος Francis.....	4
2.1.2.2 Υδροστρόβιλος Kaplan.....	5
2.1.2.3 Βολβοειδής υδροστρόβιλος.....	6
2.1.2.4 Υδροστρόβιλος αξονικής ροής.....	7
2.1.3 Υδροστρόβιλοι δράσης.....	7
2.1.3.1 Υδροστρόβιλος Pelton.....	7
2.1.3.2 Υδροστρόβιλος Cross-Flow.....	8
2.1.3.3 Υδροστρόβιλος Turgo.....	9
2.1.4 Βαθμός απόδοσης υδροστροβίλου.....	10
2.1.5 Επιλογή τύπου υδροστροβίλου.....	10
2.2 Γεννήτριες.....	12
2.2.1 Γενικά-Ορισμός.....	12
2.2.2 Τύποι γεννητριών.....	12
2.2.2.1 Σύγχρονες γεννήτριες.....	12
2.2.2.2 Ασύγχρονες γεννήτριες.....	13
2.2.3 Επιλογή τύπου γεννήτριας.....	14
2.3 Αγωγοί νερού.....	15
2.4 Δεξαμενή.....	16
2.5 Φράγματα.....	16
2.6 Υπερχειλιστές.....	18
2.7 Σύστημα εισόδου νερού.....	18
2.8 Λεκάνη καθίζησης.....	19
2.9 Κτίριο.....	19
3^ο Κεφάλαιο “Γενικά για Pelton”	20
3.1 Ιστορική αναδρομή.....	20
3.2 Σχεδιασμός.....	21
3.3 Αρχή λειτουργία.....	21
3.4 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα.....	22
4^ο Κεφάλαιο “Διαστασιολόγηση”	23
4.1 Βασικά βήματα μελέτης και κατασκευής ΜΥΗΕ.....	23
4.1.1 Μελέτη σκοπιμότητας.....	23

4.1.2	Προμελέτη	23
4.1.3	Τελική μελέτη	24
4.2	Εργαστηρική προσομοίωση ΜΥΗΕ	26
4.2.1	Στοιχεία κατασκευής	26
4.2.2	Υπολογισμοί	29
4.2.3	Εργαστηριακές μετρήσεις.....	31
	Συμπεράσματα.....	36
	Βιβλιογραφία	37

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1	Υδροστρόβιλος Francis	5
Σχήμα 2.2	Υδροστρόβιλος Kaplan	6
Σχήμα 2.3	Βολβοειδής υδροστρόβιλος.....	6
Σχήμα 2.4	Υδροστρόβιλος αξονικής ροής.....	7
Σχήμα 2.5	Υδροστρόβιλος Pelton.....	8
Σχήμα 2.6	Υδροστρόβιλος Cross Flow.....	9
Σχήμα 2.7	Υδροστρόβιλος Turgo	9
Σχήμα 2.8	Βαθμός απόδοσης διαφόρων τύπων υδροστροβίλων.....	10
Σχήμα 2.9	Διάγραμμα επιλογής υδροστροβίλου για δεδομένη παροχή και καθαρό υδραυλικό ύψος (<i>Tamburrini Mark, 2004</i>).....	11
Σχήμα 2.10	Σύγχρονη γεννήτρια με κυλινδρικό δρομέα	13
Σχήμα 2.11	Ασύγχρονη γεννήτρια.....	14
Σχήμα 2.12	Δεξαμενή νερού.....	16
Σχήμα 2.13	Τοξοειδή φράγμα.....	17
Σχήμα 2.14	Φράγμα από σκυρόδεμα.....	17
Σχήμα 2.15	Φράγμα Embankment.....	17
Σχήμα 2.16	Υπερχειλιστής.....	18
Σχήμα 2.17	Εσωτερικό κτιρίου από μπετόν, που στεγάζει τον Η/Μ εξοπλισμό.....	19
Σχήμα 3.1	Κυκλικός δίσκος Pelton με κυπελλοειδή λεπίδες(κουτάλια)	21
Σχήμα 4.1	Διάγραμμα παροχής νερού ανά ύψος αντλίας SGP 1200X.....	16
Σχήμα 4.2	Δεξαμενή διαστάσεων (37cm*37cm*50cm).....	27
Σχήμα 4.3	Φτερωτή PELTON με άξονα.....	27
Σχήμα 4.4	Ρουλεμάν κλειστού τύπου	28
Σχήμα 4.5	Ακροφύσιο.....	28
Σχήμα 4.6	Διάγραμμα μεταβολής τάσης συναρτήσει της αντίστασης.....	31
Σχήμα 4.7	Διάγραμμα μεταβολής ρεύματος συναρτήσει της αντίστασης.....	32
Σχήμα 4.8	Διάγραμμα μεταβολής ισχύος συναρτήσει της αντίστασης.....	32
Σχήμα 4.9	Διάγραμμα μεταβολής στροφών συναρτήσει της αντίστασης.....	33
Σχήμα 4.10	Διάγραμμα μεταβολής τάσης συναρτήσει της πίεσης.....	34
Σχήμα 4.11	Διάγραμμα μεταβολής ρεύματος συναρτήσει της πίεσης.....	34
Σχήμα 4.12	Διάγραμμα μεταβολής ισχύος συναρτήσει της πίεσης.....	35
Σχήμα 4.13	Διάγραμμα μεταβολής στροφών συναρτήσει της πίεσης.....	35

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 4.1 Μετρήσεις τάσης, ρεύματος, ισχύος και στροφών για διαφορετικές τιμές της αντίστασης	31
Πίνακας 4.2 Μετρήσεις τάσης, ρεύματος, ισχύος και στροφών για διαφορετικές τιμές της πίεσης.....	31

SUMMARY

The aim of this thesis is the introduction to hydroelectric plants as well as the calculation and construction of laboratory simulation of a small hydroelectric.

The first chapter is a presentation of hydroelectric plants which helps us to distinguish between small and large hydropower plants, also citing advantages and disadvantages of these.

Then it becomes a richer introduction to the different sections that make up a hydro-electro-mechanical equipment both in and on the premises. More specifically mentioned various types of turbines and generators which compares the data and selecting the appropriate type. Dams, spillways, water pipes and other key parts of a hydroelectric plant are outlined in the second chapter.

Following is a detailed description of the Pelton turbine as far as the construction of parts, how it works, as well as advantages and disadvantages of the turbine.

Finally the basic steps of a study on the construction of a hydroelectric plant and the calculations were made for the implementation of laboratory simulation

Keywords: Pelton turbine, small hydroelectric, simulation of hydroelectric, impulse turbine, reaction turbine.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η εισαγωγή στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια καθώς επίσης ο υπολογισμός και κατασκευή εργαστηριακής προσομοίωσης ενός μικρού υδροηλεκτρικού.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια παρουσίαση των υδροηλεκτρικών μονάδων όπου μας βοηθάει στην διάκριση των μικρών και μεγάλων υδροηλεκτρικών εργοστασίων, παραθέτοντας επίσης πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτών.

Στη συνέχεια γίνεται μια πιο εμπλουτισμένη εισαγωγή στα επιμέρους τμήματα που απαρτίζουν ένα υδροηλεκτρικό τόσο στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό όσο και στην κτιριακή εγκατάσταση. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρονται διάφοροι τύποι υδροστροβίλων και γεννητριών από τους οποίους γίνεται σύγκριση των στοιχείων τους και επιλογή του κατάλληλου τύπου. Τα φράγματα, οι υπερχειλιστές, οι αγωγοί νερού και άλλα βασικά μέρη ενός υδροηλεκτρικού εργοστασίου αναφέρονται περιληπτικά στο δεύτερο κεφάλαιο.

Έπειτα γίνεται μια αναλυτική περιγραφή του υδροστροβίλου Pelton όσον αφορά τα κατασκευαστικά του μέρη, τον τρόπο λειτουργίας του, καθώς επίσης πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του υδροστροβίλου.

Τέλος αναφέρονται τα βασικά βήματα μιας μελέτης για την κατασκευή υδροηλεκτρικού εργοστασίου καθώς και οι υπολογισμοί που έγιναν για την υλοποίηση της εργαστηριακής προσομοίωσης

Λέξεις κλειδιά: υδροηλεκτρικά εργοστάσια, υδροστρόβιλος Pelton, μελέτη ΜΥΗΕ υδροστρόβιλος δράσης, υδροστρόβιλος αντίδρασης.

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ”

1.1 Εισαγωγή

1.1.1 Ιστορική αναδρομή υδροηλεκτρικών

Η υδραυλική ενέργεια ο “λευκός άνθρακας” όπως αναφέρετε ακολουθεί τον άνθρωπο σε όλη την ιστορία της εξέλιξης του. Οι περιγραφές από Ρωμαίους συγγραφείς, βουδιστές και ιησουίτες μοναχούς με υδραυλικούς τροχούς και υδρόμυλους αφθονούν. Η αρχαιότερη όμως διασωθείσα απόδειξη ύπαρξης σχετικής τεχνολογίας των κλασικών χρόνων είναι ο περίφημος Μηχανισμός των Αντικυθήρων. Ο Λεονάρντο Ντα Βίντσι ξαναανακαλύπτει πολλές από τις περιγραφές του Ήρωνα, Ο “λευκός άνθραξ” με τη μορφή της μηχανικής ενέργειας όπου αποτελούσε για σειρά αιώνων για όλους τους πολιτισμούς την κινητήρια δύναμη για την κίνηση υδροτροχών οριζόντιου ή κατακόρυφου άξονα με σκοπό κυρίως την άλεση δημητριακών.

Μέχρι τις αρχές του 19^{ου} αιώνα δεν υπήρξε κάποια εξέλιξη στην τεχνολογία των νερόμυλων ως την εμφάνιση των πρώτων μηχανών που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως υδροστρόβιλοι. Την τελευταία δεκαετία του 19^{ου} αιώνα τα έργα υδραυλικής ενέργειας που κατασκευάστηκαν ήταν μικρής ισχύος καθώς τα τεχνολογικά μέσα της εποχής δεν εδείκνυαν για κάτι μεγαλύτερο. Σημαντικό σταθμό στην αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας ήταν η ανάπτυξη των εφαρμογών του ηλεκτρισμού. Έτσι το έργο αξιοποίησης της υδραυλικής ενέργειας γίνεται Υδροηλεκτρικό, δηλαδή η υδραυλική ενέργεια από τον υδροστρόβιλο μετατρέπεται σε μηχανική και στη συνέχεια με την ηλεκτρική γεννήτρια που είναι συζευγμένη με τον υδροστρόβιλο μετατρέπεται σε ηλεκτρική.

Στην Ευρώπη για τουλάχιστον δύο με τρεις δεκαετίες μετά τον Β' παγκόσμιο πόλεμο αξιοποιήθηκε σημαντικά η ύπαρξη των μεγάλων ΥΗΕ. Η έντονη αξιοποίηση του διαθέσιμου υδραυλικού δυναμικού έγινε με μονάδες μεγάλης ισχύος, μερικών εκατοντάδων MW η κάθε μια. Εν συγκρίσει με τα μεγάλα ΥΗΕ, τα παλαιάς τεχνολογίας μικρά ΥΗΕ που υπήρχαν αποδείχθηκαν αντιοικονομικά, με χαμηλό βαθμό απόδοσης και υψηλό κόστος παραγωγής της KWh και σταδιακά εγκαταλείφθηκαν. Στη συνέχεια της ιστορίας των μικρών ΥΗΕ περίπου την δεκαετία του 1980 παρατηρείται ένα έντονο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη τους το οποίο εκδηλώνεται είτε με την αξιοποίηση νέων μικρών υδατοπτώσεων είτε με την επανασχεδίαση και επανεξοπλισμό των μικρών ΥΗΕ που είχαν απομείνει ή είχαν εγκαταλειφθεί.

1.1.2 Διάκριση μικρών και μεγάλων ΥΗΕ

Αρχικά θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι μεταξύ μικρών και μεγάλων υδροηλεκτρικών η αρχή λειτουργίας τους όσων αφορά την μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε μηχανική και

αυτής σε ηλεκτρική δεν διαφέρουν. Επίσης δεν διαφέρουν ως προς το είδος ή το πλήθος των επιμέρους τμημάτων τα οποία απαρτίζεται ένα ΥΗΕ. Ο χαρακτηρισμός ενός ΥΗΕ ως μικρό ή μεγάλο δεν αναφέρετε αποκλειστικά στην εγκατεστημένη ισχύ ή στις διαστάσεις των μονάδων αλλά σε ένα σύνολο χαρακτηριστικών, πολλά από τα οποία δεν είναι μετρήσιμα, δηλαδή οι διαφορές μεταξύ μικρών και μεγάλων ΥΗΕ δεν είναι μόνο ποσοτικές αλλά κυρίως ποιοτικές. Στα μεγάλα ΥΗΕ ο χαρακτηρισμός τους ως ‘‘μεγάλα’’ παραλείπεται ως εννοούμενος.

1.1.2.1 Μικρά υδροηλεκτρικά (ΜΥΗΕ)

Ως μικρό χαρακτηρίζεται ένα ΥΗΕ όταν η ονομαστική του ισχύς είναι μικρότερη των 10MW, χωρίς η τιμή αυτή να αποτελεί γενικά ένα αποδεκτό όριο. Σημειώνεται ότι σε ορισμένες χώρες το όριο διακύμανσης μεταξύ μεγάλων και μικρών ΥΗΕ ορίζεται στα 5MW. Στην πραγματικότητα όμως δεν υπάρχει κάποια γενική διεθνής παροχή για τον ορισμό των μικρών υδροηλεκτρικών εργοστασίων. Το όριο μεταξύ μικρών και μεγάλων ποικίλει από 2,5MW έως και 25MW όπως συμβαίνει με την Ευρωπαϊκή Εταιρία Μικρών Υδροηλεκτρικών (ESHA).

Τα μικρά υδροηλεκτρικά συστήματα δεν αποταμιεύουν μεγάλες ποσότητες νερού επομένως δεν είναι και απαραίτητη η κατασκευή μεγάλων δεξαμενών (ταμιευτήρων) και φραγμάτων αφού τα συστήματα αυτά είναι συνεχούς ροής νερού.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των ΜΥΗΣ εν συγκρίσει με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ότι μπορούν να έχουν παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος οποιαδήποτε στιγμή υπάρξει ζήτηση, τουλάχιστον όσο υπάρχει επαρκής ροή νερού. Μάλιστα πολλές φορές το κόστος παραγωγής της kWh είναι πολύ ανταγωνιστικό σε σχέση με τους συμβατικούς σταθμούς ενέργειας. Ένας ΜΥΗΣ των 5MW υποκαθιστά 1400 τόνους /έτος ορυκτού καυσίμου, αποτρέπει την εκπομπή 16000 τόνων CO₂ και πάνω από 100 τόνους SO₂/έτος, ενώ καλύπτει τις ανάγκες ηλεκτροφωτισμού τουλάχιστον 5000 οικογενειών.

Δεν γίνεται κάποια ιδιαίτερη αναφορά στα μεγάλα υδροηλεκτρικά συστήματα καθώς εν μέρει δεν είναι αποδεκτά ως συστήματα Α.Π.Ε. λόγω του ότι τα μεγάλα φράγματα μεταβάλλουν το οικοσύστημα, αφού εγκαθίστανται σε περιοχές φυσικών ρευμάτων και μειώνουν το οξυγόνο του νερού. Τα νερά στους ταμιευτήρες είναι στάσιμα με αποτέλεσμα να επηρεάζουν το οικοσύστημα.

1.1.3 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα ΥΗΕ

Πλεονεκτήματα ΥΗΕ

- Ένα υδροηλεκτρικό σύστημα δεν διατρέχει κάποιον ορατό κίνδυνο εξαντλήσεως του καυσίμου όπως συμβαίνει με άλλες μορφές καυσίμου όπως το πετρέλαιο κ.λπ. καθώς το νερό είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.
- Δεν αφήνουν κατάλοιπα και απόβλητα, επίσης δεν μολύνουν τον περιβάλλοντα χώρο ούτε επηρεάζουν την θερμοκρασία των υδάτων.
- Έχουν παράλληλα και άλλες χρήσεις όπως άρδευση και ύδρευση, ρύθμιση πλημύρας, αλιεία κ.α.

- Το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας δεν παρουσιάζει διακυμάνσεις και αντιστοιχεί ουσιαστικά στις αποσβέσεις του έργου (το κόστος συντήρησης και λειτουργίας είναι σημαντικά μικρότερο).
- Ο στιβαρός εξοπλισμός τους τις καθιστά αξιόπιστες μηχανές όπου απαιτούν μικρή συντήρηση και επίβλεψη, συνεπώς χρειάζονται και μικρό ανθρώπινο δυναμικό σε σχέση με την εγκατεστημένη ισχύ (περίπου 25 άτομα για ένα ΥΗΕ συνολικής ισχύς 300MW)
- Η ανέγερση ενός ΥΗΕ πολλές φορές συνεπάγεται και την ανοικοδόμηση νέων έργων όπως δρόμοι , γέφυρες κλπ. τα οποία βοηθούν στην αναβάθμιση και αξιοποίηση της γύρω περιοχής .
- Η διάρκεια ζωής των υδροηλεκτρικών έργων είμαι μεγάλη, της τάξης των 50 ετών για τα μεγάλα και 20-30 ετών για τα μικρά υδροηλεκτρικά (ονομαστικής ισχύος μικρότερης των 10MW). Η διάρκεια ζωής τους μπορεί να γίνει μεγαλύτερη με ανανέωση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.
- Το πλέον σημαντικό και αναντικατάστατο πλεονέκτημα των υδροηλεκτρικών έργων είναι η δυνατότητα πολύ γρήγορης παραλαβής και απόρριψης φορτίου έτσι ώστε να γίνεται δυνατή η παρακολούθηση της μεταβολής της ζήτησης του διασυνδεδεμένου δικτύου. Τον ρόλο αυτό αναλαμβάνουν τα μεγάλης ισχύος υδροηλεκτρικά έργα αποθήκευσης (αυτών που το φράγμα δημιουργεί δεξαμενή μεγάλης χωρητικότητας). Από οικονομικής πλευράς η δυνατότητα αυτή είναι σημαντική επειδή το κόστος της KWh αιχμής είναι πολλαπλάσιο της KWh βάσεως. Σε αυτό ακριβώς το πλεονέκτημα των ΥΗΕ βασίζεται η κατασκευή αναστρέψιμων μονάδων οι οποίες κατά τη διάρκεια της χαμηλής ζήτησης (νύχτα) λειτουργούν αντλώντας νερό από τον κάτω ταμιευτήρα προς τον άνω αποταμιεύοντας ενέργειας , την οποία είναι έτοιμα να αποδώσουν κατά τις ώρες αιχμής (πρωινές ώρες).

Μειονεκτήματα ΥΗΕ

- Τα κυριότερα μειονεκτήματα των υδροηλεκτρικών έργων είναι ότι έχουν μεγάλη διάρκεια τόσο στην κατασκευή τους όσο και στην μελέτη και συλλογή υδρολογικών και γεωλογικών πληροφοριών ώστε το να εξεταστεί εάν το έργο είναι βιώσιμο. Πράγμα που σημαίνει ότι το έργο μπορεί να χρειασθεί 7-10 έτη για την ολοκλήρωση ενός μεγάλου ΥΗΕ. Επίσης όσο μεγαλύτερο είναι το έργο χρειάζεται και πιο πλήρη ανάλυση των παραπάνω στοιχείων.
- Το υψηλό κόστος κατασκευής τους δημιουργεί ένα ακόμα μειονέκτημα καθώς χρειάζονται μεγάλα κεφάλαια τις τάξης 1.500-4.000 €/KWh.

Ο τύπος κατασκευής τους είναι συνήθως μακριά από πόλης λόγω της ανάγκης τους από μεγάλες υδατοπτώσεις και μεγάλη ποσότητα παροχής και έτσι χρειάζεται να γίνουν σημαντικά έργα ώστε να μπορέσει να μεταφερθεί η ενέργεια, το οποίο σημαίνει και οικονομική επιβάρυνση

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΤΜΗΜΑΤΑ ΥΗΕ ”

2.1 Υδροστρόβιλος

2.1.1 Γενικά-Τύποι υδροστροβίλων

Οι υδροστρόβιλοι μετατρέπουν την ενέργεια του νερού που πέφτει σε ισχύ περιστρεφόμενου άξονα και **διακρίνονται σε υδροστροβίλους δράσεως και σε υδροστροβίλους αντίδρασεως**, ανάλογα με τη διαδικασία που χρησιμοποιείται, προκειμένου να μετατραπεί το υδραυλικό ύψος και η παροχή νερού, σε μηχανική ισχύ.

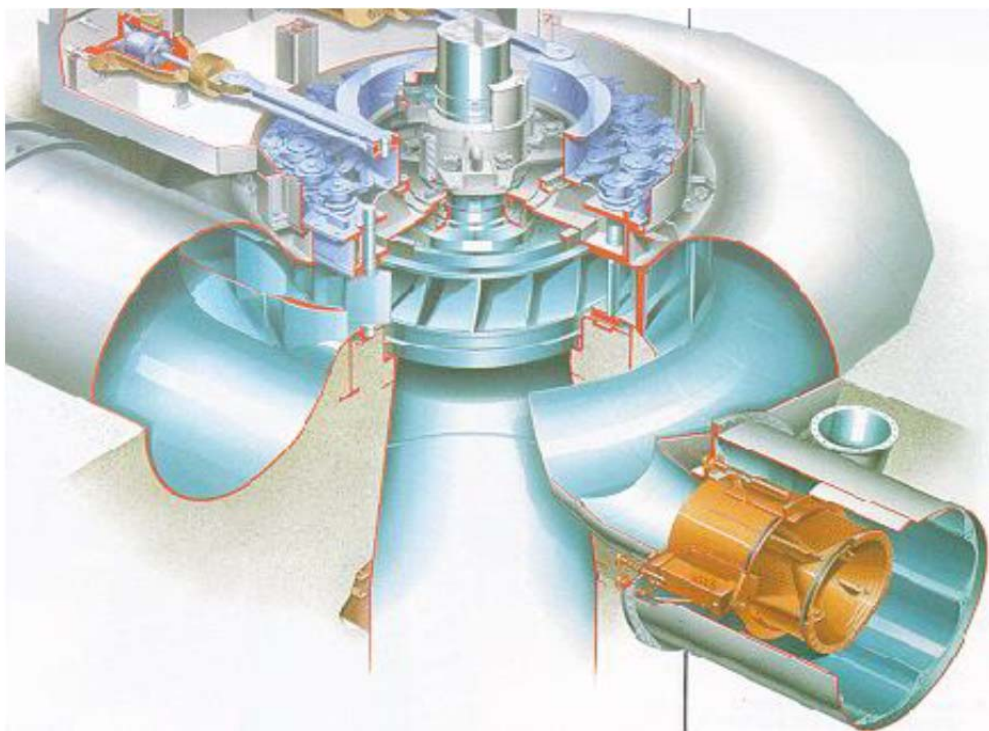
2.1.2 Υδροστρόβιλοι αντίδρασης

Οι υδροστρόβιλοι αντίδρασης είναι ολικής προσβολής, δηλαδή ολόκληρη η φτερωτή λειτουργεί αξονοσυμμετρικά. Στην κατηγορία αυτή η στατική πίεση μεταβάλλεται διαρκώς. Αυτή η κατηγορία υδροστροβίλων χρησιμοποιούνται για κατασκευές μικρού υδραυλικού ύψους και μεγάλης παροχής νερού. Ένα σημαντικό πλεονέκτημά τους είναι το γεγονός ότι πετυχαίνουν μεγάλο βαθμό απόδοσης και πιάνουν μεγάλες ταχύτητες περιστροφής. Αντίθετα ένα μειονέκτημά τους είναι ότι πρέπει απαραίτητως να στεγανοποιούνται τα ανοίγματα μεταξύ δρομέα και στροβίλου καθώς η διαρροή νερού συνεπάγεται και μεγάλη απώλεια ισχύος και απαιτούνται μεγάλες παροχές νερού. Τα βασικότερα και πιο διαδεδομένα είδη υδροστροβίλων αντίδρασης είναι οι υδροστρόβιλοι Francis, Kaplan, οι βολβοειδής και οι υδροστρόβιλοι αξονικής ροής.

2.1.2.1 Υδροστρόβιλος Francis

Είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος υδροστροβίλου που χρησιμοποιείται. Συνήθως έχουν τον άξονά τους κάθετα στο επίπεδο αλλά υπάρχουν και περιπτώσεις που λειτουργούν με τον άξονα οριζόντια. Όσον αφορά τη λειτουργία τους τώρα, ο στρόβιλος κινείται μέσω της πίεσης του νερού στα πτερύγια της φτερωτής το οποίο φτάνει σε αυτά μέσω του του σπειροειδούς κελύφους. Αντίθετα υπάρχει ένας σταθερός τροχός καθοδήγησης που περιέχει και αυτός πτερύγια τα οποία κινούνται αντίθετα με αυτά της φτερωτής και ρυθμίζουν την γωνία πρόσπτωσης και την ταχύτητα του νερού, άρα και κατά συνέπεια τις στροφές και την ισχύ. Το νερό περνώντας από τα πτερύγια του δρομέα χάνει την ταχύτητά του και οδηγείται προς τα κάτω λόγω της βαρύτητας εξερχόμενο από τον αγωγό απαγωγής του νερού. Το σχήμα των πτερυγίων του υδροστροβίλου είναι σημαντικό καθώς συνδέονται άμεσα με το βαθμό απόδοσης του στροβίλου. Με τον καλύτερο σχεδιασμό του συστήματος μειώνουμε τις απώλειες από τις τριβές και κατά συνέπεια τις απώλειες ισχύος. Τέλος η απόδοση του συγκεκριμένου υδροστροβίλου μπορεί να φτάσει ακόμα και το 95% αν καταφέρουμε να διατηρήσουμε σταθερή ταχύτητα αλλά και κατεύθυνση νερού.

Χρησιμοποιείται για ύψη πτώσης νερού από 10 μέχρι 300 μέτρα και ποσότητες νερού από 0,5 μέχρι 20m³/s για ισχύς από 10KW μέχρι 500MW.

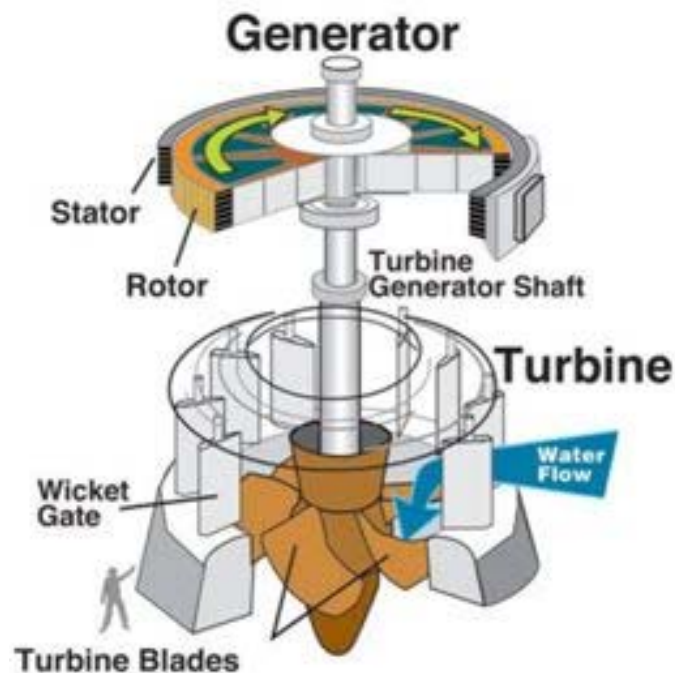


Σχήμα 2.1. Υδροστροβίλος Francis

2.1.2.2 Υδροστροβίλος Kaplan

Οι υδροστροβίλοι Kaplan αποτελούν μια εξέλιξη του υδροστροβίλου Francis για την επίτευξη παραγωγής ισχύος σε μεγάλες παροχές νερού και μικρά ύψη (μανομετρικά). Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η σχεδόν ευθεία διέλευση του νερού που βοηθά στην απλούστευση της κατασκευής, και τη μείωση του κόστους εγκατάστασης. Το ρευστό εισέρχεται από τον κυκλικής διατομής αγωγό προσαγωγής, συναντά τη στεφάνη των ρυθμιστικών πτερυγίων και αφού διέλθει δια του δρομέα εξέρχεται μέσω του αγωγού απαγωγής. Τα ρυθμιστικά πτερύγια διατάσσονται αξονοσυμμετρικά σε ευθεία η κωνική διαμόρφωση. Τα πτερύγια μπορεί να είναι είτε σταθερά, είτε η κλίση τους να μεταβάλλεται ομοιόμορφα μέσω μηχανισμού κίνησης. Η δυνατότητα μεταβολής της κλίσης των ρυθμιστικών πτερυγίων προσδίδει στον υδροστροβίλο ευελιξία, ώστε να λειτουργεί με τον μέγιστο δυνατό βαθμό απόδοσης στις διάφορες συνθήκες ύψους πτώσης και παροχής. Ο δρομέας με την μορφή έλικας μεταβλητού βήματος αποτελείται από μικρό αριθμό πτερυγίων (3-7 ανάλογα με το ύψος πτώσης), που έχουν και αυτά την δυνατότητα μεταβολής της κλίσης τους, ώστε να λειτουργεί ικανοποιητικά για ευρεία μεταβολή του ύψους πτώσης. Το τμήμα εξόδου κωνικής μορφής, χρησιμεύει στην μείωση της ταχύτητας του ρευστού, με ταυτόχρονη αύξηση της στατικής του πίεσης, έτσι ώστε η είσοδος του στον κάτω ταμιευτήρα να γίνεται ομαλά και με μικρή ταχύτητα. Στις εικόνες παρατίθενται τα ρυθμιστικά πτερύγια και το στροφέιο του υδροστροβίλου. Χρησιμοποιείται για ύψη πτώσης

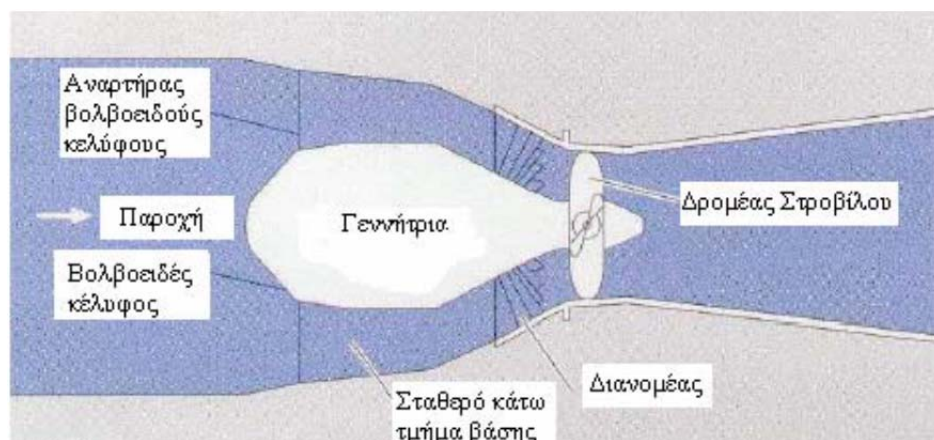
νερού από 2 μέχρι 50 μέτρα και ποσότητες νερού από 2 μέχρι $120\text{m}^3/\text{s}$ για ισχύς από 5 μέχρι 120MW.



Σχήμα 2.2. Υδροστρόβιλος Kaplan

2.1.2.3 Βολβοειδής υδροστρόβιλος

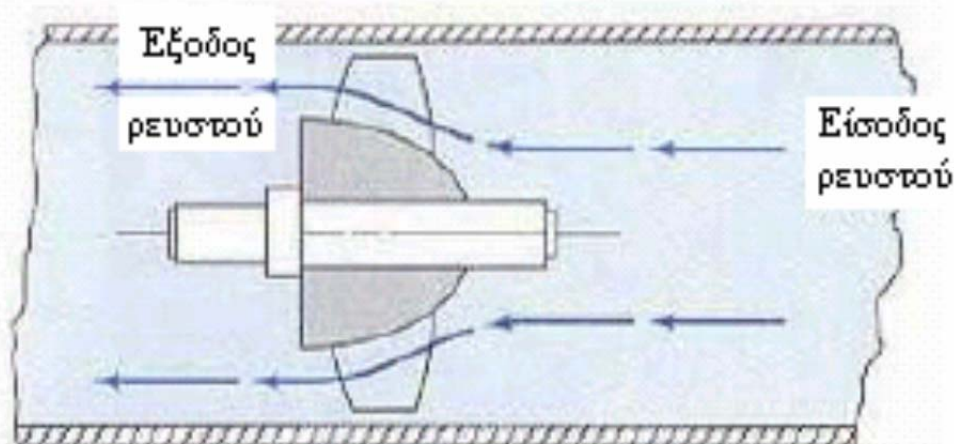
Οι βολβοειδής υδροστρόβιλοι ονομάστηκαν έτσι λόγω τους σχήματος που έχουν το τυλίγματα στεγάνωσης. Η γεννήτρια βρίσκεται στο εσωτερικό ενός αξονοσυμμετρικού βολβού, που γύρω από αυτόν έχουμε ροή νερού. Οι υδροστρόβιλοι αυτοί είναι κατάλληλοι για μικρά υδραυλικά ύψη, έχοντας αντικαταστήσει τους υδροστρόβιλους Kaplan και αυτό γιατί η σχεδίαση της ροής του νερού είναι ευθεία με αποτέλεσμα να παρουσιάζει μια βελτίωση στα υδραυλικά χαρακτηριστικά της ροής ενώ παράλληλα μειώνεται το μέγεθος και το κόστος.



Σχήμα 2.3. Βολβοειδής υδροστρόβιλος

2.1.2.4 Υδροστρόβιλος αξονικής ροής

Οι υδροστρόβιλοι αυτοί ονομάζονται έτσι καθώς η ροή του νερού είναι παράλληλη με τον άξονα του στροβίλου καθώς η γωνία κλίσης των πτερυγίων δεν μεταβάλλεται. Θα μπορούσαμε να τον παρομοιάσουμε με την προπέλα ενός σκάφους με τη διαφορά ότι ο δρομέας του υδροστρόβιλου λειτουργεί μέσα σε κέλυφος με πίεση. Ο βαθμός απόδοσης του υδροστροβίλου αξονικής ροής φτάνει περίπου στο 50%, αν και για ένα μικρό εύρος παροχής νερού μπορούν να επιτευχθούν καλύτεροι βαθμοί απόδοσης και υψηλές ταχύτητες. Γενικά όμως όταν πέφτει η τιμή της παροχής, μειώνεται και ο βαθμός απόδοσης.



Σχήμα 2.4. Υδροστρόβιλος αξονικής ροής

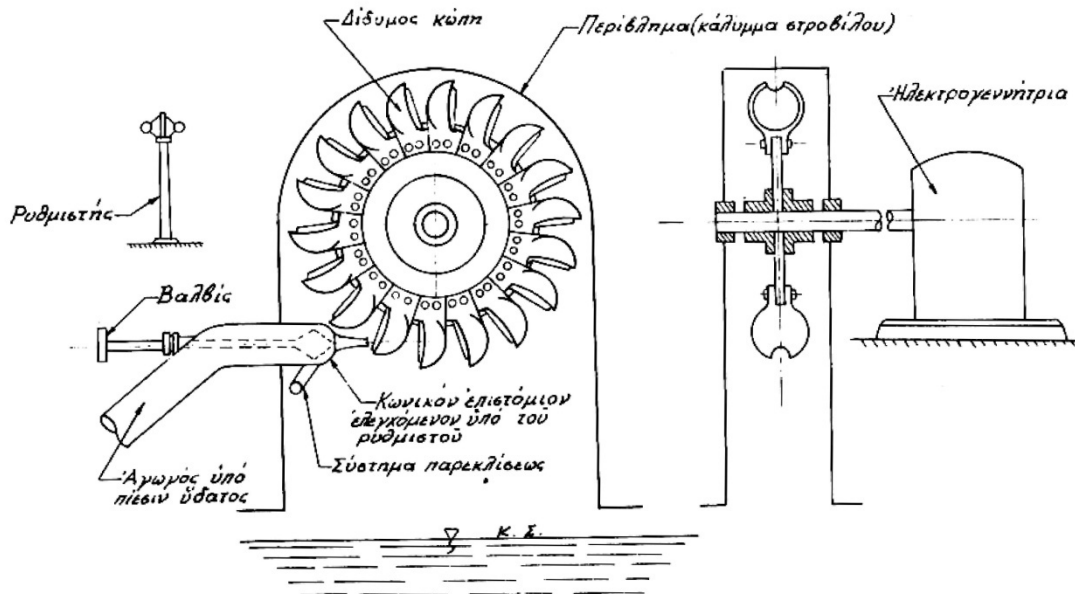
2.1.3 Υδροστρόβιλοι δράσης

Οι υδροστρόβιλοι δράσης είναι μερικής προσβολής, δηλαδή κάθε χρονική στιγμή μόνο ένα τμήμα της φτερωτής συμμετέχει στην μετατροπή ενέργειας. Η στατική πίεση δεν μεταβάλλεται μεταξύ εισόδου και εξόδου της φτερωτής και ο βαθμός αντίδρασης είναι ίσως με μηδέν.

2.1.3.1 Υδροστρόβιλος Pelton

Ο υδροστρόβιλος PELTON ανήκει στην κατηγορία υδροστροβίλων δράσης και είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος που χρησιμοποιείται κατά κόρον στην κατηγορία αυτή. Ο άξονας του στροφείου μπορεί να είναι οριζόντιος ή κατακόρυφος. Το στροφείο έχει στην περιφέρειά του σκαφίδια ή αλλιώς κουτάλια και κατασκευάζεται είτε ενιαίο, είτε με τα σκαφίδια ανεξάρτητα. Το τμήμα εισόδου του υδροστροβίλου PELTON αποτελείται από ένα ή περισσότερα ακροφύσια. Η ρύθμιση της παροχής επιτυγχάνεται μέσω βελόνας, η οποία μετακινείται κατά τον άξονα του ακροφυσίου μέσω υδραυλικού συστήματος. Για την περίπτωση γρήγορης απόρριψης του φορτίου υπάρχει όνυχας εκτροπής της δέσμης αμέσως μετά την διατομή εξόδου του ακροφυσίου. Ο όνυχας εκτρέπει την δέσμη η οποία δεν προσπίπτει πλέον στο στροφείο και στην συνέχεια η παροχή μειώνεται κλείνοντας τη βελόνα

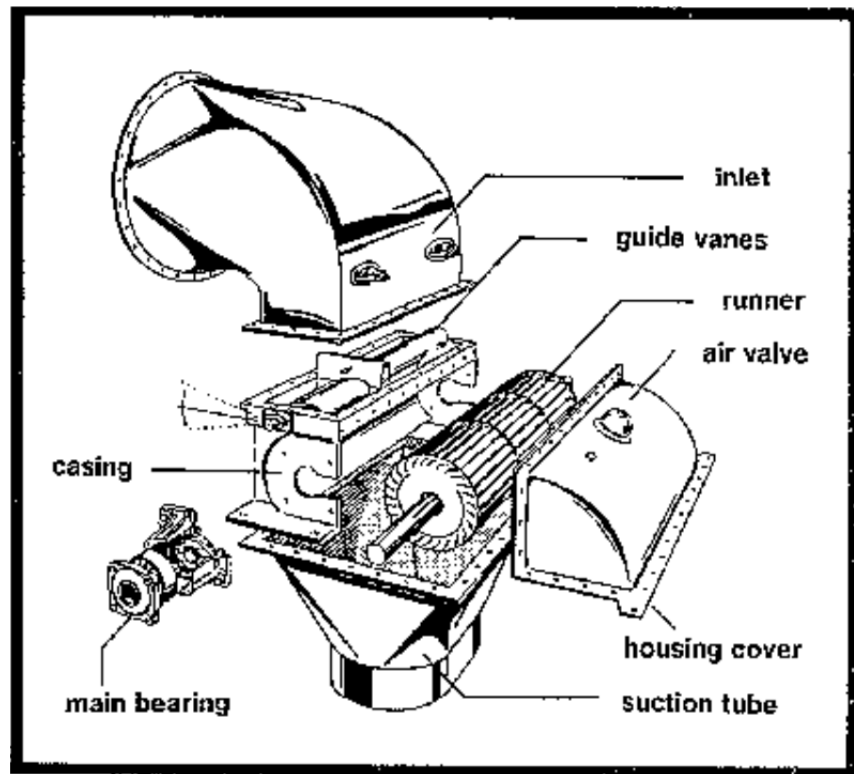
με ρυθμό που έχει υπολογισθεί έτσι ώστε η υπερπίεση να μην ξεπερνά τις επιτρεπόμενες τιμές. Σημειώνεται ότι ο αγωγός προσαγωγής των υδροστροβίλων PELTON έχει συνήθως σημαντικό μήκος λόγω του μεγάλου ύψους πτώσης. Το περίβλημα του υδροστροβίλου συνδέεται με το τμήμα εξόδου και οδηγεί το νερό που πέφτει από το στροφέιο στην διώρυγα απαγωγής. Χρησιμοποιείται για ύψη πτώσης νερού από 50 μέχρι 1300 μέτρα και ποσότητες νερού από 0,01 μέχρι 5m³/s και κατασκευάζονται για πολύ μικρές, (της τάξεως των δεκάδων KW) έως πολύ μεγάλες ισχύς (της τάξεως των εκατοντάδων MW) και τέλος έχουν πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης σε όλη τη διάρκεια της λειτουργίας τους.



Σχήμα 2.5. Υδροστρόβιλος Pelton

2.1.3.2 Υδροστρόβιλος Cross Flow

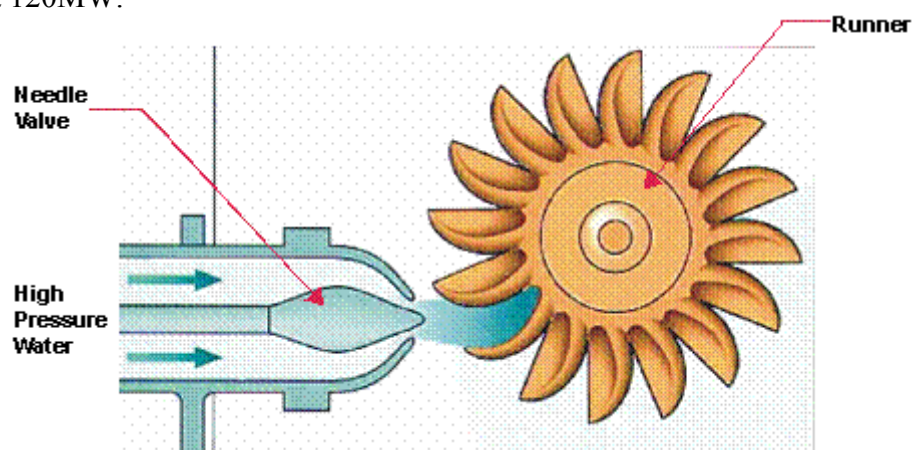
Ο υδροστρόβιλος Banki ή Cross-Flow είναι στρόβιλος δράσης ακτινικού τύπου με χωριστές εισόδους. Η ειδική του ταχύτητα τον κατατάσσει στους αργόστροφους στροβίλους και είναι απόλυτα κατάλληλος για αξιοποίηση υδατοπτώσεων με μεγάλες διακυμάνσεις παροχής. Η παροχή ελέγχεται από ένα ή δύο ρυθμιστικά πτερύγια, που κινούνται ανεξάρτητα από χωριστούς μοχλούς συνδεδεμένους με αυτόματο σύστημα ελέγχου. Το στόμιο εισόδου μετατρέπει την ολική ενέργεια της ροής σε κινητική και έχοντας την κατάλληλη καμπυλότητα οδηγεί τη ροή με την κατάλληλη κλίση στα πτερύγια του δρομέα. Ο κυλινδρικού σχήματος δακτυλιοειδής δρομέας στηρίζεται σε άτρακτο, που τον διαπερνά κεντρικά σε όλο το μήκος του. Αποτελείται από μεταλλικά πτερύγια, που στερεώνονται στα άκρα τους σε δίσκους. Στα πτερύγια που έχουν ακτινική μόνο καμπυλότητα δεν αναπτύσσονται αξονικές δυνάμεις, οπότε δεν χρειάζονται αξονικοί τριβείς. Η βασική συνολική απόδοση είναι περίπου 80%, παραμένει δε υψηλή για μεγάλο εύρος διακύμανσης της παροχής. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την απλότητα και στιβαρότητα της κατασκευής, αποτελούν τα βασικά πλεονεκτήματα του υδροστροβίλου. Χρησιμοποιείται για ύψη πτώσης νερού μικρότερες των 100m, για παροχές 0,04 μέχρι 10m³/s και για ισχύς μικρότερες των 2MW.



Σχήμα 2.6. Υδροστροβίλος Cross Flow

2.1.3.3 Υδροστροβίλος Turgo

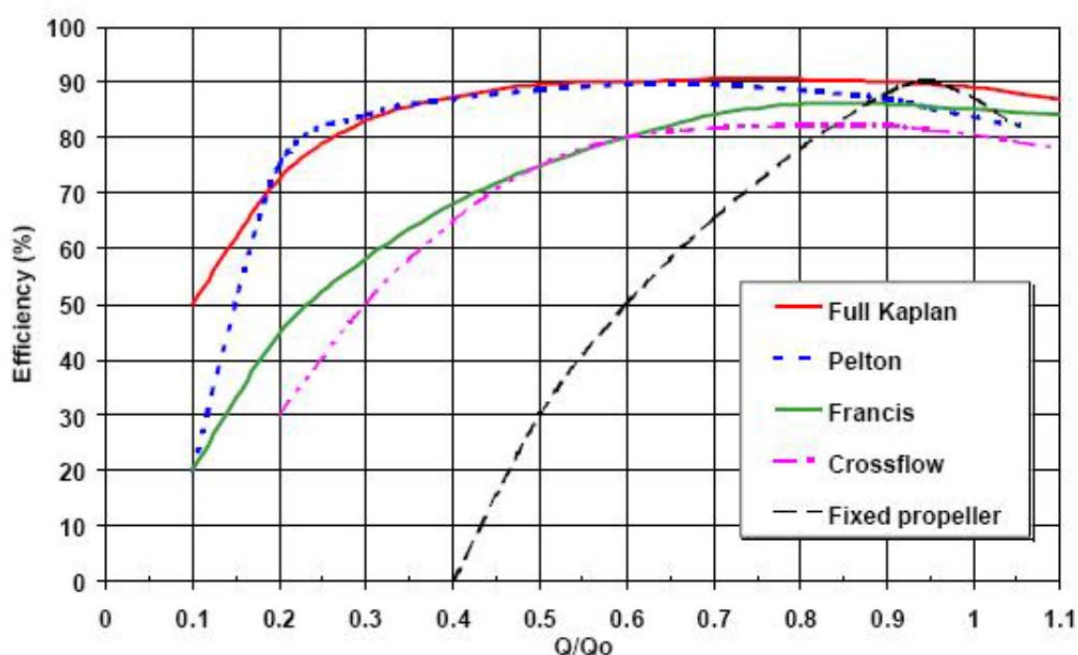
Ο υδροστροβίλος Turgo είναι μια παραλλαγή του Pelton με τη διαφορά ότι λειτουργεί με μεγαλύτερες παροχές νερού, σε μικρότερα μανομετρικά και με ελάχιστα μικρότερο βαθμό απόδοσης. Τα χαρακτηριστικά ενός υδροστροβίλου Turgo είναι ότι παρουσιάζει υψηλό βαθμό απόδοσης, υψηλή ταχύτητα περιστροφής και αν αυξήσουμε τον αριθμό των ακροφυσίων σε 2 αυξάνεται και η απόδοσης του υδροστροβίλου. Χρησιμοποιείται για ύψη πτώσης νερού από 30 μέχρι 400 μέτρα και ποσότητες νερού από 0,02 μέχρι 8m³/s για ισχύς από 5 μέχρι 120MW.



Σχήμα 2.7. Υδροστροβίλος Turgo

2.1.4 Βαθμός απόδοσης υδροστροβίλου

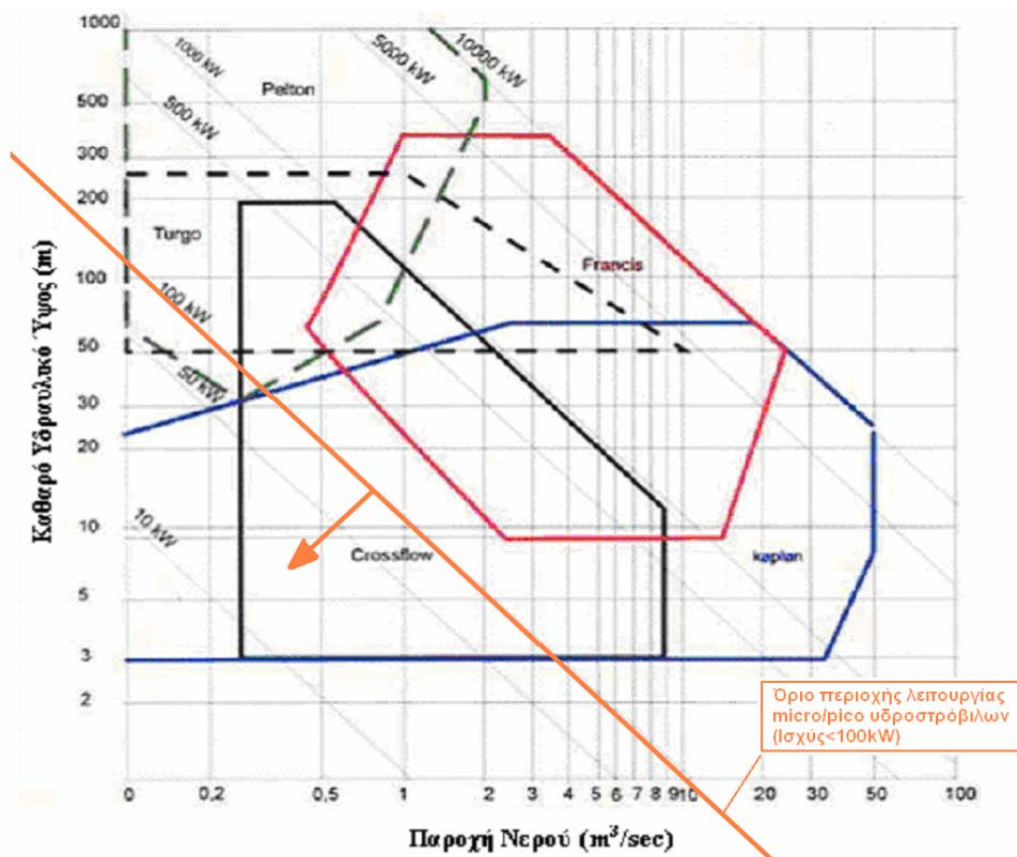
Ως βαθμός απόδοσης υδροστροβίλου ορίζεται το πηλίκο της μηχανικής ισχύος στον άξονα του στροβίλου ως προς την προσδιδόμενη ισχύ από το νερό. Η τελευταία υπολογίζεται από την παροχή και το ύψος πτώσης του νερού. Πιο συγκεκριμένα οι στροβίλοι Cross-flow ή Banki έχουν βαθμό απόδοσης περίπου 80% και ο οποίος παραμένει σταθερός για κάτι παραπάνω από το μισό της περιοχής λειτουργίας. Ο στροβίλος Francis έχει αρκετά υψηλό βαθμό απόδοσης της τάξης του 95% αλλά παρουσιάζει απότομες μεταβολές. Όσον αφορά τον στροβίλο Kaplan παρουσιάζει έναν ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης μέχρι και 90%, ο οποίος μπορεί να μεταβληθεί εάν ρυθμίσουμε τα πτερύγια του συγκεκριμένου στροβίλου. Τέλος οι στροβίλοι Pelton παρουσιάζουν έναν αρκετά υψηλό βαθμό απόδοσης της τάξης του 90% και για φορτία άνω του 25% του ονομαστικού τους. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα γράφημα με τους βαθμούς απόδοσης διάφορων υδροστροβίλων.



Σχήμα 2.8. Βαθμός απόδοσης διάφορων τύπων υδροστροβίλων.

2.1.5 Επιλογή τύπου υδροστροβίλου

Για την επιλογή του πιο αποδοτικού και αξιόπιστου υδροστροβίλου, για μια δεδομένη παροχή και υδραυλικό ύψος, λαμβάνονται υπόψη οι περιοχές λειτουργίας του κάθε τύπου υδροστροβίλου. Όπως αυτές φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα.



Σχήμα 2.9. Διάγραμμα επιλογής υδροστροβίλου για δεδομένη παροχή και καθαρό υδραυλικό ύψος (Tamburrini Mark, 2004).

Η περιοχή εντός της μπλε γραμμής αναπαριστά την περιοχή λειτουργίας ενός υδροστροβίλου Kaplan ή ενός βολβοειδούς, η περιοχή εντός της κόκκινης γραμμής ενός υδροστροβίλου Francis, εντός της πράσινης διακεκομμένης γραμμής ενός υδροστροβίλου Pelton, εντός της μαύρης διακεκομμένης γραμμής ενός υδροστροβίλου Turgo και η περιοχή εντός της μαύρης γραμμής την περιοχή λειτουργίας ενός υδροστροβίλου Cross-Flow.

Αν οι συνθήκες παροχής και υδραυλικού ύψους οδηγούν σε κάποιο σημείο, στο παραπάνω διάγραμμα, που βρίσκεται σε περιοχή λειτουργίας που ανήκει όχι σε έναν, αλλά σε περισσότερους τύπους υδροστροβίλων, δηλαδή όταν οι περιοχές λειτουργίας διαφορετικών τύπων υδροστροβίλων επικαλύπτονται, τότε η διαδικασία επιλογής του τύπου υδροστροβίλου βασίζεται στη σύγκριση του κόστους των υδροστροβίλων, αλλά και στην εκτίμηση των ακολούθων παραγόντων (U.S.Department of Energy, 1983):

- Αν το νερό που χρησιμοποιείται στην εγκατάσταση δεν είναι καθαρό, αλλά περιέχει άμμο ή λάσπη, τότε προτιμάται κάποιος υδροστρόβιλος δράσεως, προκειμένου να αποφευχθούν οι απώλειες στις στεγανώσεις των υδροστροβίλων αντιδράσεως.
- Αν ο υδροστρόβιλος πρέπει να τοποθετηθεί σε κάποιο ύψος πάνω από τη στάθμη του νερού του φράγματος, προτιμάται κάποιος υδροστρόβιλος αντιδράσεως με σωλήνα εκροής στην έξοδο, έτσι ώστε να γίνει εκμετάλλευση του μέγιστου διαθέσιμου υδραυλικού ύψους.
- Αν οι τιμές της παροχής και του υδραυλικού ύψους μπορούν να θεωρηθούν σχεδόν σταθερές, τότε θα πρέπει να εξεταστεί πολύ σοβαρά η περίπτωση χρησιμοποίησης φυγοκεντρικής αντλίας με αντεστραμμένη ροή ως υδροστρόβιλο, λόγω του σημαντικού

πλεονεκτήματος του χαμηλού αρχικού κόστους και της μεγάλης διαθεσιμότητας στην αγορά.

- Από τη χρησιμοποίηση ενός υδροστροβίλου Pelton προτιμάται η χρησιμοποίηση υδροστροβίλου Cross-Flow ή ενός τύπου Turgo, αφού οι τελευταίοι προσφέρουν μεγαλύτερη ταχύτητα και χειρίζονται μεγαλύτερες παροχές.

Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι οι υδροστρόβιλοι Francis και οι υδροστρόβιλοι αξονικής ροής, επειδή χρησιμοποιούν κινητές πύλες που κατευθύνουν τη ροή στην είσοδό της ή δρομείς με ελεγχόμενη κλίση των πτερυγίων, δε συμφέρουν οικονομικά για ΜΥΕ και σπανίως χρησιμοποιούνται.

2.2 Γεννήτριες

2.2.1 Γενικά-Ορισμός

Γεννήτρια ή ηλεκτρογεννήτρια είναι μια μηχανή η οποία βασίζεται πάνω στους νόμους της ηλεκτροφυσικής και ιδιαίτερα του φαινομένου της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής που ανακάλυψε Άγγλος φυσικός Μιχαήλ Φαραντέυ, το 1831 και που αφορά την ενέργεια και την μετατροπή της από μηχανική σε ηλεκτρική. Συγκεκριμένα η γεννήτρια μετατρέπει την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική, σύμφωνα με το φαινόμενο της φυσικής κατά το οποίο εάν ένα πηνίο περιστρέφεται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο, τότε στις άκρες του πηνίου παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα.

Η γεννήτρια αποτελείται από δύο μέρη το ακίνητο μέρος της που λέγεται στάτορας ή στατόν ή επαγωγέας ή πόλοι της μηχανής, στο οποίο υπάρχουν μαγνήτες (μόνιμοι μαγνήτες ή ηλεκτρομαγνήτες) και το κινητό μέρος της που λέγεται επαγωγίμο ή στρεπτόν ή ρότορας, στο οποίο υπάρχουν πηνία. Γυρίζοντας τον ρότορα μέσα στο στάτορα παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Η περιστροφή του ρότορα γίνεται με διάφορες μεθόδους, στην δική μας περίπτωση όμως ο ρότορας κινείται με υδροστρόβιλο. Η πιο γνωστή και απλούστερη ηλεκτρογεννήτρια είναι το γνωστό δυναμό.

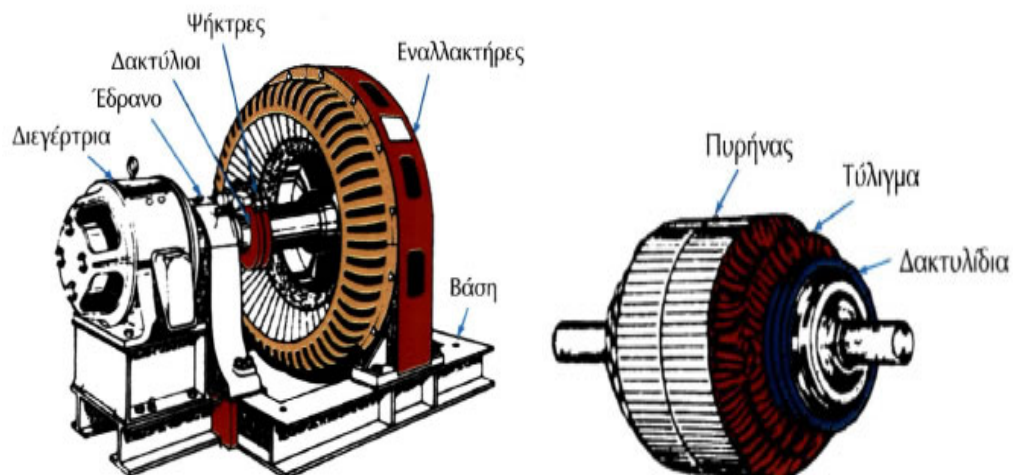
2.2.2 Τύποι γεννητριών

Οι γεννήτριες μετατρέπουν τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του υφιστάμενου δικτύου, ο παραγωγός έχει δύο επιλογές:

2.2.2.1 Σύγχρονες γεννήτριες

Οι σύγχρονες γεννήτριες (εναλλακτήρες) μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα από το δίκτυο και να παράγουν ισχύ δεδομένου ότι η ισχύς διέγερσης δεν εξαρτάται από το δίκτυο. Για την λειτουργία των σύγχρονων γεννητριών είναι απαραίτητη προϋπόθεση η τροφοδοσία του δρομέα με συνεχές ρεύμα. Καθώς περιστρέφεται ο δρομέας του υδροστροβίλου περιστρέφεται μαζί του και το παραγόμενο μαγνητικό πεδίο, επάγοντας τριφασική τάση στο τύλιγμα του στάτη. Ο δρομέας μπορεί να είναι είτε κυλινδρικός είτε εκτύπων πόλων και είναι κατασκευασμένος από δυναμοελάσματα. Οι κυλινδρικοί δρομείς φέρουν αυλακώματα όπου τοποθετούνται τα τυλίγματα και χρησιμοποιούνται κυρίως σε

γεννήτριες μέχρι τεσσάρων πόλων. Αντίθετα σε γεννήτριες με περισσότερους πόλους επιλέγονται δρομείς εκτύπων πόλων.



Σχήμα 2.10. Σύγχρονη γεννήτρια με κυλινδρικό δρομέα.

2.2.2.2 Ασύγχρονες γεννήτριες

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των ασύγχρονων γεννητριών είναι ότι δεν μπορούν να παράγουν άεργη ισχύ. Αντίθετα καταναλώνουν άεργο ισχύ, για αυτό για την λειτουργία τους απαιτείται μια εξωτερική πηγή άεργης ισχύος μόνιμα συνδεδεμένης. Αυτή η εξωτερική πηγή είναι εκείνη που θα ρυθμίσει και την τάση στην έξοδο της γεννήτριας καθώς λόγω έλλειψης ρεύματος διέγερσης αυτό είναι αδύνατο να το καταφέρει από μόνη της η γεννήτρια. Συνεπώς οι εξωτερικοί πυκνωτές είναι αυτοί που θα παράγουν το ρεύμα μαγνήτισης που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη γεννήτρια. Επίσης, ένα ιδιαίτερο πρόβλημα που παρατηρείται είναι ότι η τάση στα άκρα της έχει άμεση και μεγάλη εξάρτηση από το φορτίο και όταν αυτό έχει ισχυρό επαγωγικό χαρακτήρα μπορεί να έχουμε μεγάλη πτώση στην τάση της γεννήτριας. Αυτός είναι και ο λόγος δυσκολίας εκκίνησης επαγωγικού κινητήρα από ασύγχρονη γεννήτρια. Γενικά η ασύγχρονη γεννήτρια επιδεινώνει τον συντελεστή ισχύος του δικτύου και προκαλεί μεγάλες πτώσεις τάσης. Παρόλα τα μειονεκτήματα της η ασύγχρονη γεννήτρια παρουσιάζει ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα. Αυτό είναι η απλότητα της, η οποία έγκειται στο γεγονός ότι δεν απαιτείται ξεχωριστό κύκλωμα διέγερσης και ότι δεν χρειάζεται να κινείται συνεχώς με την ίδια ταχύτητα. Έτσι όσο μεγαλύτερη ροπή εφαρμόζεται στον άξονα (δρομέα) τόσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς στην έξοδο.



Σχήμα 2.11. Ασύγχρονη γεννήτρια.

Οι σύγχρονες γεννήτριες ΕΡ είναι ακριβότερες από τις ασύγχρονες και χρησιμοποιούνται σε συστήματα ισχύος όπου η παραγωγή της γεννήτριας αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό ποσοστό του φορτίου του συστήματος ισχύος. Οι ασύγχρονες γεννήτριες χρησιμοποιούνται σε μεγάλα δίκτυα όπου η παραγωγή τους είναι ένα αμελητέο ποσοστό του φορτίου του συστήματος ισχύος.

2.2.3 Επιλογή τύπου γεννήτριας

Ένα από τα σημαντικότερα και πιο δαπανηρά τμήματα της κατασκευής ενός υδροηλεκτρικού σταθμού παραγωγής ρεύματος είναι η επιλογή της γεννήτριας που θα τοποθετηθεί στην εγκατάσταση. Για την σωστή επιλογή θα πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν τα παρακάτω.

Το βασικό χαρακτηριστικό ενός επαγωγικού κινητήρα είναι ότι λειτουργεί ως γεννήτρια μόνο όταν είναι συνδεδεμένος με ένα εξωτερικό σύστημα ηλεκτρικής ισχύος. Σε αντίθεση με την σύγχρονη γεννήτρια η οποία λειτουργεί με ή χωρίς σύνδεση σε εξωτερικό κύκλωμα. Παρατηρούμε λοιπόν ότι όταν η εγκατάσταση υδροηλεκτρικής μονάδας χρειάζεται ανεξαρτησία από το εξωτερικό ηλεκτρικό δίκτυο ή όταν υπάρχει η έλλειψη του τελευταίου τότε επιλέγεται σύγχρονη γεννήτρια. Δύο λόγοι που μπορούν ακόμα να οδηγήσουν στην επιλογή της σύγχρονης γεννήτριας είναι ότι επιτυγχάνει καλύτερο βαθμό απόδοσης και το ότι έχει μεγαλύτερη εκκίνηση, σε σχέση πάντα με τον κινητήρα επαγωγής.

Οι λόγοι τώρα που μπορεί να οδηγήσουν στην επιλογή ενός κινητήρα επαγωγής (εφόσον υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης με εξωτερικό δίκτυο ηλεκτρικής ισχύος) είναι οι χαμηλές τιμές στις οποίες κυμαίνεται η ταχύτητα λειτουργίας τους, το ότι είναι ευρέως διαθέσιμοι στην αγορά και το ότι έχουν σαφώς χαμηλότερο κόστος από τις σύγχρονες γεννήτριες. Επίσης σημαντικό τους πλεονέκτημα είναι η απλή και στιβαρή τους κατασκευή, που τους καθιστά ιδιαίτερα ανθεκτικούς ακόμα και σε λειτουργίες πολύ ύψιλον ταχυτήτων.

Τέλος, όσον αφορά τις γεννήτριες συνεχούς ρεύματος (DC), αξίζει να αναφερθεί ότι είναι ακατάλληλες για την ηλεκτροδότηση περιοχών, αφού η ισχύς του συνεχούς ρεύματος (σε αντίθεση με αυτήν του εναλλασσόμενου) δε μπορεί να μεταβιβαστεί εύκολα σε αρκετά μεγάλες αποστάσεις. Χρησιμοποιούνται πιο σπάνια σε μικρές υδροηλεκτρικές

εγκαταστάσεις και αυτό όταν γίνεται, γίνεται κυρίως λόγω του πολύ χαμηλού τους κόστους για παραγωγή πολύ μικρών τιμών ισχύος .

2.3 Αγωγοί νερού

Ο αγωγός μεταφοράς νερού είναι ο σωλήνας ο οποίος μεταφέρει το νερό από την περιοχή υδροληψίας υπό πίεση στον υδροστρόβιλο. Οι αγωγοί αυτοί ξεκινούν κάποιες φορές κατευθείαν από την πηγή του νερού(ποταμός) αλλά συνήθως ξεκινούν από την δεξαμενή(ταμιευτήρας) που αποθηκεύεται το νερό. Στην αρχή του αγωγού τοποθετείται ένα φίλτρο, για να φιλτράρει το νερό που εισέρχεται στον αγωγό. Επίσης τοποθετείται μια βαλβίδα για έλεγχο της παροχής του νερού πριν από το ακροφύσιο. Η επιλογή των αγωγών αυτών δεν είναι τόσο απλή καθώς ο αγωγός μπορεί να εγκατασταθεί πάνω στην επιφάνεια του εδάφους ή να υπογειοποιηθεί ανάλογα με τη μορφολογία του εδάφους, το υλικό του αγωγού που θα χρησιμοποιηθεί, τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος και τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις.

Ο αγωγός πτώσης χαρακτηρίζεται από:

- Το υλικό του, το οποίο επιλέγεται με βάση τις εδαφολογικές συνθήκες, την πρόσβαση στην περιοχή, το βάρος, το σύστημα σύνδεσης των σωληνώσεων και το κόστος.
- Τη διάμετρό του, η οποία επιλέγεται ώστε η υδραυλικές απώλειες να βρίσκονται μέσα στα αποδεκτά όρια.
- Το πάχος του τοιχώματος, το οποίο επιλέγεται έτσι ώστε ο εκάστοτε αγωγός να αντέχει στην αντίστοιχη ασκούμενη εσωτερική υδραυλική πίεση.

Το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένος ο αγωγός του νερού ποικίλει ανάλογα με το ύψος πτώσης. Για μεγάλα ύψη πτώσης και σχετικά μεγάλες διαμέτρους η καλύτερη λύση είναι η χρήση σωληνών από συγκολλητικό χάλυβα. Για μεσαία ύψη η καλύτερη και οικονομικότερη λύση είναι οι πλαστικοί σωλήνες από PVC με διάμετρο από 0,4 μέτρα οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ύψη πτώσης έως 200 μέτρα. Οι σωλήνες αυτές εκτός από οικονομικές είναι ελαφρύτερες και πιο εύχρηστες στο χειρισμό τους σε σχέση με τους χαλύβδινους σωλήνες, ενώ δεν χρειάζονται επιπλέον κατεργασία για την αποφυγή της διάβρωσής τους. Σε περίπτωση όμως που έχουμε υπέργεια τοποθέτηση αυτών είναι απαραίτητη η ειδική κατεργασία λόγω χαμηλής αντοχής τους στην υπεριώδη ακτινοβολία. Για μικρότερες τιμές ύψους μπορούμε να επιλέξουμε χαλύβδινους σωλήνες με ή χωρίς φλάντζες, σωλήνες από προεντεταμένο ή μη σκυρόδεμα, αμιαντοτσιμέντο, ελατό χάλυβα, PVC, πολυαιθυλένιο ή ακόμα και πλαστικό ενισχυμένο με κολλώδεις ίνες.

Η εσωτερική διάμετρος του αγωγού καθορίζει τη διαθέσιμη ισχύ στον υδροστρόβιλο. Δηλαδή όσο μεγαλώνει η διάμετρος του αγωγού μεγαλώνει και η διαθέσιμη ισχύς. Επίσης παρόλο που η εσωτερική επιφάνεια φαίνεται λεία στην πραγματικότητα εμφανίζει κάποια τραχύτητα η οποία επιβραδύνει τη ροή του νερού. Λόγο αυτού χρειάζεται να υπολογίσουμε τη σωστή διάμετρο του αγωγού.

Τέλους όσο μεγαλύτερη είναι η πίεση του αγωγού τόσο μεγαλύτερο πρέπει να είναι και το πάχος των τοιχωμάτων του αγωγού έτσι ώστε να αποφευχθεί πιθανός κίνδυνος σπασίματος του αγωγού από την μεγάλη πίεση του νερού. Αυτό συνεπάγεται και την αύξηση του κόστους.

2.4 Δεξαμενή

Η δεξαμενή αποθήκευσης νερού καθιστά το έργο βιώσιμο καθώς παρέχει την ασφάλεια ότι σε περιόδους χαμηλής υδατόπτωσης υπάρχει διαθέσιμη παροχή νερού, η οποία έχει αποθηκευτεί σε περιόδους υψηλής υδατόπτωσης. Η δεξαμενή είναι επίσης χρήσιμη σε περιπτώσεις όπου το νερό συλλέγεται από περισσότερες από μια πηγές ή και όταν χρησιμοποιείται νερό από κάποιο κανάλι.

Σημαντικός παράγοντας για τις δεξαμενές είναι η προστασία από το φαινόμενο της υπερχειλίσης. Είναι απαραίτητο να υπάρχει ένα σύστημα διαφυγής του νερού σε περίπτωση υπερχειλίσης χωρίς αυτό να προκαλέσει οποιαδήποτε ζημιά. Για να αποφευχθεί αυτή η κατάσταση μπορούμε είτε να δημιουργήσουμε μια εγκοπή στο χαμηλότερο τοίχωμα της δεξαμενής είτε με την σύνδεση ενός επιπλέον σωλήνα ο οποίος θα δίνει τη δυνατότητα να απομακρύνεται το περισσευούμενο νερό όποτε αυτό είναι απαραίτητο.



Σχήμα 2.12. Δεξαμενή νερού.

2.5 Φράγματα

Τα φράγματα χρησιμοποιούνται για να παρέχουν στην υδροηλεκτρική μονάδα την απαραίτητη παροχή νερού αλλά και να σχηματίζουν ταμιευτήρες ώστε να ανεξαρτητοποιήσουν τη λειτουργία του σταθμού από τις μεταβολές της φυσικής παροχής νερού. Τα φράγματα κατασκευάζονται στην κοίτη του ποταμού όπου η έκταση του εδάφους επιτρέπει τη δημιουργία μιας λίμνης ή μιας δεξαμενής. Επίσης ορισμένα κριτήρια τα οποία είναι απαραίτητα για την κατασκευή του φράγματος είναι τα εξής:

- Ο σχηματισμός ταμιευτήρα μεγάλης χωρητικότητας
- Ο σχηματισμός μεγάλης υψομετρικής διαφοράς με το μικρότερο δυνατό μήκος αγωγού πρόπτωσης του νερού
- Το κόστος

- Η ευκολία κατασκευής του

Τα παραπάνω αποτελούν τα κριτήρια μιας οικονομοτεχνικής μελέτης η οποία θα πρέπει να πραγματοποιηθεί για την επιλογή της θέσης ενός φράγματος.

Τα φράγματα δημιουργούν με τεχνητό τρόπο λίμνες με τις οποίες γίνεται αποθήκευση του νερού. Έτσι ανάλογα με τις ανάγκες κάλυψης του φορτίου απελευθερώνεται η κατάλληλη ποσότητα νερού που χρειάζεται για την παραγωγή ισχύος. Αυτό γίνεται μέσω θυρών ολίσθησης του νερού οι οποίες ανοίγουν έτσι ώστε να περάσει περισσότερο νερό στον υδροστρόβιλο όταν αυτό είναι απαραίτητο.

Η παραγωγή ενέργειας εξαρτάται τόσο από την παροχή νερού όσο και από την υψομετρική διαφορά μεταξύ της ανώτατης στάθμης του νερού και του σημείου όπου βρίσκεται ο υδροστρόβιλος. Τέλος τα υδροηλεκτρικά φράγματα σχεδιάζονται και κατασκευάζονται ώστε να εκμεταλλεύονται στο μέγιστο τον όγκο αλλά και την ταχύτητα του νερού. Ανάλογα με την κατασκευή τους υπάρχουν 3 τύποι φραγμάτων:

1. **Φράγματα τύπου Embankment** τα οποία κατασκευάζονται από χώμα ή βράχους και αποτελούν μια απλή και οικονομική λύση
2. **Φράγματα από σκυρόδεμα** τα οποία είναι μεγάλα και ακριβά και συνήθως κατασκευάζονται σε πλατιές κοιλάδες
3. **Τοξοειδή φράγματα** τα οποία έχουν λεπτό τοίχωμα και είναι κυρτά προς την πλευρά της λίμνης



Σχήμα 2.13. Τοξοειδή φράγμα



Σχήμα 2.14. Φράγμα από σκυρόδεμα



Σχήμα 2.15. Φράγμα Embankment

2.6 Υπερχειλιστές

Η αλλαγή της προτιδόμενης ενέργειας η οποία προσφέρετε από τη φύση μπορεί να είναι καταστροφική για ένα ΥΗΕ καθώς σε περιόδους μεγάλων υδατοπτώσεων θα έχουμε υπερχειλίση του φράγματος και πιθανές καταστροφές όπως πλημύρες, ρήγματα στο φράγμα, καταστροφή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού κ.α. Προς αποφυγή λοιπών τέτοιων καταστάσεων χρειάζεται η κατασκευή ενός καλά σχεδιασμένου υπερχειλιστή επάνω στο φράγμα, ο οποίος θα διοχετεύει το πλεονάζων νερό προς την κατάντη πλευρά. Λόγω του ότι οι μεγάλες ταχύτητες νερού μπορούν να προκαλέσουν καταστροφή στο φράγμα, ο υπερχειλιστής θα πρέπει να έχει την μορφή της τροχιάς την οποία θα ακολουθήσει το νερό. Η τροχιά μεταβάλλεται ανάλογα με το ύψος της στάθμης του νερού πάνω από τον υπερχειλιστή. Για μεγάλες τιμές αυτού του ύψους ως προς το ύψος σχεδιασμού μπορεί να συμβεί αποκόλληση της ροής με κίνδυνο εμφάνισης του φαινομένου της παλαιώσης. Υπάρχουν διάφορες διατάξεις υπερχειλιστών στις οποίες δεν θα αναφερθούμε, θα πούμε μόνο ότι σε κάποιες περιπτώσεις είναι απαραίτητη η ύπαρξη διατάξεων καταστροφής ενέργειας, διατάξεων εκτροπής του υδατορρέυματος κ.λ.π.



Σχήμα 2.16. Υπερχειλιστής.

2.7 Σύστημα εισόδου νερού

Για να επιτύχουμε την μεταφορά και είσοδο του νερού στη δεξαμενή φόρτισης μιας μικρής υδροηλεκτρικής εγκατάστασης υπάρχουν διάφοροι τρόποι. Εάν η μονάδα παραγωγής δεν μπορεί να εγκατασταθεί κατά μήκος ενός ποταμού, τότε μια οικονομική λύση για την τροφοδότησή της, είναι η χρησιμοποίηση ενός βυθιζόμενου αγωγού κατά μήκος του ποταμού. Ο αγωγός αυτός θα πρέπει να έχει μεγάλη στεγανότητα ώστε να αποφεύγεται η αστάθεια του εδάφους. Ένας άλλος τρόπος εισόδου του νερού στη εγκατάσταση είναι η χρήση μεγάλων πετρωμάτων τα οποία τοποθετούνται κατάλληλα έτσι ώστε να επιτευχθεί η εκτροπή ενός μεγάλου μέρους του ποταμού. Ο πρώτος τρόπος μεταφοράς θεωρείται οικονομικότερος εάν η γεωγραφία της περιοχής μας επιτρέπει την τοποθέτησή του, αλλά με τον δεύτερο εξασφαλίζεται η εκμετάλλευση όλου του διαθέσιμου νερού κατά τις περιόδους ξηρασίας.

2.8 Λεκάνη καθίζησης

Το νερό που συλλέγεται από τον ποταμό για να οδηγηθεί στον υδροστρόβιλο συνήθως περιέχει διάφορα σωματίδια όπως άμμος, πέτρες κλπ., τα οποία μπορούν να επιφέρουν σοβαρές βλάβες στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό. Για την αποφυγή τέτοιων καταστάσεων κατασκευάζεται μια διάταξη προστασίας, στην αρχή του καναλιού που οδηγεί το νερό στην δεξαμενή, στην οποία η ροή του νερού επιβραδύνεται με αποτέλεσμα την κατακρήνη των σωματιδίων στον πυθμένα της. Η λεκάνη αυτή καθαρίζεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

2.9 Κτίριο

Όσον αφορά τη κτιριακή εγκατάσταση του υδροηλεκτρικού εργοστασίου πρέπει να προσέξουμε ιδιαίτερα τη σχεδίαση και την υλοποίηση του, διότι σκοπό έχει την προστασία του εξοπλισμού από ακραία καιρικά φαινόμενα. Το κτίριο διακρίνεται σε δύο επιμέρους τμήματα, το τμήμα που αφορά τη είσοδο και την έξοδο του νερού και το τμήμα της εγκατάστασης του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός που στεγάζεται στο κτίριο αποτελεί ένα πολύ σημαντικό, αν όχι το σημαντικότερο, μέρος ολόκληρης της εγκατάστασης. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που λειτουργούν καταλυτικά για την σωστή κατασκευή του κτιρίου όπως για παράδειγμα τα χαρακτηριστικά της τοποθεσίας και του εδάφους που θα φιλοξενήσουν την εγκατάσταση, καθώς επίσης τα διαθέσιμα υλικά, οι κλιματολογικές συνθήκες κτλ.

Συγκεκριμένα το πάτωμα του κτιρίου θα πρέπει να είναι πιο ψηλά από την επιφάνεια του εδάφους για να αποφεύγονται πλημμύρες σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων. Πρέπει όμως να λαμβάνεται υπόψη και το φαινόμενο της σπληαίωσης. Για την αποφυγή αυτού του φαινομένου ο υδροστρόβιλος δεν θα πρέπει να είναι τοποθετημένος πολύ ψηλότερα από το επίπεδο της λίμνης ηρεμίας. Το υλικό κατασκευής του θα πρέπει να είναι μετόν για να έχουμε μεγάλη αντοχή και να διασφαλίσουμε την καλύτερη προστασία του οικήματος. Τέλος οι τοίχοι του κτιρίου θα πρέπει να έχουν τουλάχιστον δύο μέτρα ύψος και αρκετά μεγάλο πάχος, ενώ η οροφή του κτιρίου πρέπει να είναι κατασκευασμένη από πυρασφαλές υλικό.

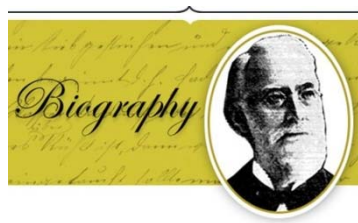


Σχήμα 2.17 Εσωτερικό κτιρίου από μετόν, που στεγάζει τον Η/Μ εξοπλισμό.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ PELTON ”

3.1 Ιστορική αναδρομή



Ο Lester Allan Pelton ήταν ένας Αμερικανός εφευρέτης που ανέπτυξε επιτυχώς ένα εξαιρετικά αποτελεσματικό είδος τουρμπίνας νερού, για μεγάλο ύψος πτώσης και χαμηλή τιμή παροχής του νερού. Λίγα είναι γνωστά για τη ζωή του πριν γίνει γνωστός για την εφεύρεση του. Το 1864 δούλευε στα μεταλλεία χρυσού ως εργάτης του μύλου. Ήταν εκεί όπου έκανε μια ανακάλυψη που κέρδισε για αυτόν μια μόνιμη θέση στην ιστορία της μηχανικής ενέργειας του νερού. Στα ορυχεία, ο Pelton είδε τους τροχούς νερού που χρησιμοποιούνταν για την παροχή μηχανικής ενέργειας για την εξόρυξη, τους αεροσυμπιεστές, τις αντλίες και τη λειτουργία άλλων μηχανών. Η ενέργεια για την κίνηση αυτών των τροχών δίνονταν από ισχυρούς πίδακες νερού που χτυπούσαν τη βάση του τροχού η οποία είχε πάνω της επίπεδα πτερύγια. Αυτά τα πτερύγια τελικά εξελίχθηκαν σε ημισφαιρικά κύπελλα, όπου ο πίδακας χτυπούσε στο κέντρο των κυπέλλων που βρίσκονταν τοποθετημένα επάνω στον τροχό. Ο Pelton παρατήρησε επιπλέον ότι ένας από τους τροχούς του νερού φαίνονταν να περιστρέφεται ταχύτερα από ότι άλλες παρόμοιες μηχανές. Αποδείχθηκε ότι αρχικά αυτό οφειλόταν στο γεγονός ότι ο τροχός είχε χαλαρώσει και μετακινούνταν πάνω στον άξονα του. Παρατήρησε ότι ο πίδακας χτυπούσε την εσωτερική άκρη των κυπέλλων, και εξέρχονταν από την άλλη πλευρά αυτού. Η αναζήτησή του για βελτίωση οδήγησε σε μια καινοτομία. Έτσι ο Pelton ανακατασκεύασε τον τροχό, τοποθετώντας τα κύπελλα στο κέντρο βρίσκοντας ότι περιστρέφεται πιο γρήγορα. Διαπίστωσε επίσης ότι η χρήση κυπέλλων με χώρισμα στη μέση ενίσχυσε το αποτέλεσμα. Μέχρι το 1879 είχε δοκιμαστεί ένα πρωτότυπο σχέδιο στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια, το οποίο στέφθηκε με επιτυχία. Το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας του χορηγήθηκε το 1880. Από το 1890, οι τουρμπίνες Pelton ήταν πλέον σε λειτουργία, ανέπτυξαν μεγάλη ισχύ και τροφοδοτούσαν όλα τα είδη του εξοπλισμού. Ο πρώτος τροχός Pelton που τέθηκε σε λειτουργία ήταν για να τροφοδοτήσει την ραπτομηχανή της σπιτονοικοκυράς του, κ. Groves WG στο Camptonville. Στη συνέχεια πήρε τα πρότυπα του στο Allan Machine Shop and Foundry στην πόλη της Νεβάδα. Τροχοί διαφόρων τύπων και μεγεθών κατασκευάστηκαν και δοκιμάστηκαν. Υδροηλεκτρικά εργοστάσια με ισχύ χιλιάδων βατ και με απόδοση άνω του 90% παρήγαγαν ηλεκτρική ενέργεια από τη στιγμή του θανάτου του, το 1910. Ο τροχός Pelton είναι αναγνωρισμένος ως η μόνη υδραυλική τουρμπίνα τύπου αντίδρασης που χρησιμοποιείται για μεγάλο ύψος και χαμηλή ροή νερού σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι τροχοί Pelton χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς σε όλο τον κόσμο.

3.2 Σχεδιασμός

Ο υδροστρόβιλος Pelton αποτελείται από ένα κυκλικό δίσκο τοποθετημένο επάνω στον περιστρεφόμενο άξονα ή αλλιώς ρότορα. Επάνω σε αυτόν τον κυκλικό δίσκο είναι τοποθετημένες κυπελλοειδής λεπίδες, που ονομάζονται κάδοι ή κουτάλια. Αυτά τοποθετούνται σε ίση απόσταση μεταξύ τους γύρω από την περιφέρειά του δίσκου. Επιπλέον υπάρχουν ένα ή περισσότερα ακροφύσια τα οποία είναι διατεταγμένα γύρω από τον δίσκο, έτσι ώστε ο πίδακας νερού που εξέρχεται από το κάθε ακροφύσιο να είναι εφαπτόμενος στην περιφέρεια του δίσκου. Σύμφωνα με το διαθέσιμο ύψος πτώσης νερού (πίεση νερού) και τις λειτουργικές απαιτήσεις της εγκατάστασης τοποθετείται ανάλογος αριθμός ακροφυσίων τα οποία βρίσκονται γύρω από τον υδροστρόβιλο Pelton.



Σχήμα 3.1 Κυκλικός δίσκος Pelton με κυπελλοειδή λεπίδες(κουτάλια).

3.3 Αρχή λειτουργίας

Καθώς το νερό εκχύνεται με πίεση από το ακροφύσιο, η δέσμη του νερού χτυπάει στο μέσο των κάδων(κουτάλια) της φτερωτής και χωρίζεται σε δύο όμοιες δέσμες. Αυτές ρέουν κατά μήκος της εσωτερικής καμπύλης του κάδου και τελικά έρχονται σε αντίθετη κατεύθυνση με τη δέσμη που εισέρχεται στον κάδο από το ακροφύσιο. Όσο μεγαλύτερη είναι η πίεση του νερού που εξέρχεται από το ακροφύσιο τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η ταχύτητα του νερού που προσπίπτει στον κάδο, με συνέπεια μεγαλύτερη ταχύτητα περιστροφής. Η υψηλή πίεση νερού μπορεί να επιτευχθεί από οποιοδήποτε υδάτινο σώμα αρκεί να βρίσκεται σε κάποιο ύψος πάνω από τον υδροστρόβιλο.

Η μεταβολή στην ορμή (κατεύθυνση καθώς επίσης και ταχύτητα) της ροής του νερού παράγει μια ώθηση για τους κάδους του τροχού Pelton. Αυτή η ώθηση δημιουργεί μια ροπή και περιστρέφει τον άξονα του στρόβιλου. Για να επιτευχθεί η βέλτιστη απόδοση από τον στρόβιλο Pelton, η ώθηση που έλαβαν οι κάδοι πρέπει να είναι η μέγιστη επομένως η ορμή του νερού θα πρέπει να είναι η μέγιστη δυνατή. Αυτό επιτυγχάνεται όταν η δέσμη του νερού εκτρέπεται προς την αντίθετη διεύθυνση με την οποία χτυπά τους κάδους και με την ίδια ταχύτητα σε σχέση με αυτούς.

3.4 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα

Πλεονεκτήματα

- Κατάλληλος για ροή με διακυμάνσεις
- Εύκολη πρόσβαση αφού δεν χρειάζεται να είναι εγκιβωτισμένος ο στρόβιλος
- Λόγω της διαμόρφωσης των σκαφιδίων δεσμεύουν σχεδόν το 100% της κινητικής ενέργειας του νερού σε χαμηλές ταχύτητες με αποτέλεσμα σταθερό βαθμό απόδοσης σε όλο το πεδίο λειτουργίας του στροβίλου
- Μπορεί να προσφέρει σημαντική ισχύ με χαμηλές ταχύτητες ροής
- Σχετική ευκολία κατασκευής, αφού τα διάφορα μέρη μπορούν να κατασκευαστούν χωριστά και στη συνέχεια να συναρμολογηθούν
- Σχετικά εύκολη συντήρηση αφού τα διάφορα μέρη μπορούν να αποσυναρμολογηθούν
- Μεγάλος βαθμός απόδοσης

Μειονεκτήματα

- Χρειάζεται μεγάλο ύψος πτώσης με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας(μεγαλύτερο από 60 μέτρα)
- Μεγάλα μήκη αγωγών λόγω του μεγάλου ύψους πτώσης
- Μεγάλο κόστος κατασκευής
- Ανάγκες καλά φιλτραρισμένου νερού για να την αποφυγή σωματιδίων τα οποία μπορεί να προκαλέσουν ζημιές τόσο στα ακροφύσια όσο και στη φτερωτή

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ”

4.1 Βασικά βήματα μελέτης και κατασκευής ΜΥΗΕ

Στην ενότητα αυτή θα αναφερθούν κάποια από τα βασικά τμήματα μελέτης και κατασκευής ενός ΜΥΗΕ. Μικρό υδροηλεκτρικό έργο, όπως έχουμε αναφέρει και σε προηγούμενη ενότητα, χαρακτηρίζεται ως το έργο που η ισχύς του δεν ξεπερνά τα 15MW. Αυτό τονίζεται διότι ανάλογα με το μέγεθος της εγκατάστασης διαφέρει και η διαδικασία μελέτης του έργου. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι τρεις κατηγορίες μελετών:

4.1.1 Μελέτη σκοπιμότητας

Στόχος αυτής της μελέτης είναι να εξετάσουμε εάν η τοποθεσία που έχουμε χρίζει περισσότερης διερεύνησης. Τα βήματα αυτής της μελέτης είναι τα εξής:

- Εκτίμηση των διαθέσιμων ποσοτήτων νερού για ενεργειακή εκμετάλλευση
- Προσδιορισμός του ύψους πτώσης από τη θέση υδροληψίας έως τη θέση του σταθμού παραγωγής
- Χάραξη της καμπύλης διάρκειας παροχής για τον υπολογισμό της παραγωγής ενέργειας και εσόδων ετησίως
- Υπολογισμός του κόστους κατασκευής, που περιλαμβάνει το μήκος του αγωγού πτώσης, τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό και την απόσταση της διασύνδεσης με το δίκτυο της ΔΕΗ
- Οικονομική ανάλυση βιωσιμότητας του έργου

Εφόσον τα στοιχεία που προκύπτουν από την παραπάνω μελέτη είναι θετικά προχωράμε στην επόμενη κατηγορία μελέτης.

4.1.2 Προμελέτη

Σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης είναι η διαμόρφωση και διαστασιολόγηση του έργου με στόχο την παράθεση διαφόρων εναλλακτικών λύσεων. Κατά την προμελέτη του έργου προβλέπεται η διαθεσιμότητα διάφορων αδειών οι οποίες είναι απαραίτητες για την κατασκευή και ολοκλήρωση του έργου. Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει:

- Επιλογή του τύπου υδροστροβίλου καθώς επίσης και τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του
- Επιλογή γεννήτριας με τα χαρακτηριστικά της καθώς και τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό που απαιτείται

- Τον καθορισμό των χαρακτηριστικών του συστήματος αυτοματισμού και λειτουργίας της εγκατάστασης.
- Τον καθορισμό του συστήματος προσαγωγής του νερού στον σταθμό, δηλαδή την υδροληψία, τον αγωγό προσαγωγής, ανοικτό ή κλειστό, την δεξαμενή φόρτισης και τις υπόλοιπες βοηθητικές εγκαταστάσεις.
- Την κτιριακή υποδομή για την εγκατάσταση του μηχανολογικού εξοπλισμού με τη διάταξη του υδροστρόβιλου – γεννητριας, για εύκολη πρόσβαση και συντήρηση χωρίς διακοπή της λειτουργίας των υπολοίπων μονάδων, των αυτοματισμών και όλου του βοηθητικού εξοπλισμού, του υποσταθμού, καθώς και τη διασύνδεση με το δίκτυο.

Εφόσον τα στοιχεία που προκύπτουν από την παραπάνω μελέτη είναι θετικά προχωράμε στην τελευταία κατηγορία μελέτης.

4.1.3 Τελική μελέτη

Σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης είναι να συγκεντρωθούν όλα τα σχέδια, οι υπολογισμοί και τα αποτελέσματα των αναλύσεων όσον αφορά τα οικονομικά στοιχεία, τον εξοπλισμό του έργου, όπως επίσης και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα έχει αυτό. Με την ολοκλήρωση αυτής της μελέτης ξεκινά η κατασκευή του ΜΥΗΕ. Τα βήματα αυτής της μελέτης είναι τα εξής:

1. **Αναγνώριση της περιοχής:** Στο στάδιο αυτό περιλαμβάνεται η αρχική διάταξη και ο χώρος που θα καταλαμβάνει το έργο, η καταγραφή των περιβαλλοντικών και γεωλογικών συνθηκών και δυσκολιών της υποδομής στην περιοχή καθώς και των διαφόρων χρήσεων του νερού, όπως άρδευση και ύδρευση. Τέλος εξετάζεται το κατά πόσο υπάρχει ζήτηση ηλεκτρικού ρεύματος στην περιοχή από καταναλωτές και αγοραστές.
2. **Συγκέντρωση υδρολογικών στοιχείων:** Στο στάδιο αυτό γίνεται η συγκέντρωση όλων των υδρολογικών στοιχείων τα οποία έχουμε συλλέξει και χαράζουμε την καμπύλη διάρκειας παροχής. Εάν δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία, γίνεται μια προσεγγιστική εκτίμηση, συλλέγοντας στοιχεία από την συγκεκριμένη λεκάνη απορροής και γειτονικές λεκάνες. Στην περίπτωση αυτή μπορούμε επίσης να συλλέξουμε στοιχεία από τους κατοίκους της γύρω περιοχής.
3. **Έρευνα αγοράς και διαθεσιμότητα:** Κατά το στάδιο αυτό γίνεται απλά μια έρευνα αγοράς ως προς το κόστος του υδροστρόβιλου, της γεννήτριας, του ελεγκτή της γεννήτριας καθώς και των σωληνώσεων της εγκατάστασης.
4. **Ο υπολογισμός της παραγόμενης ισχύος:** Βασικές παράμετροι για τον υπολογισμό της παραγόμενης ισχύος είναι το υδραυλικό ύψος και η παροχή νερού που μπορούμε να έχουμε στην εγκατάσταση.
5. **Ο συνολικός βαθμός απόδοσης** της εγκατάστασης εξαρτάται από τους βαθμούς απόδοσης των επιμέρους στοιχείων που την απαρτίζουν και ο οποίος υπολογίζεται ως εξής:

$$\eta = \eta_{\text{υδροστρόβιλου}} * \eta_{\text{γεννήτριας}}$$

Ακόμη, σημειώνεται, ότι ο βαθμός απόδοσης του υδροστρόβιλου, αποτελείται και αυτός από επιμέρους βαθμούς απόδοσης και προκύπτει από την εξής σχέση:

$$\eta_{\text{υδροστρόβιλου}} = \eta_{\text{μηχανικός}} * \eta_{\text{υδραυλικός}} * \eta_{\text{ογκομετρικός}}$$

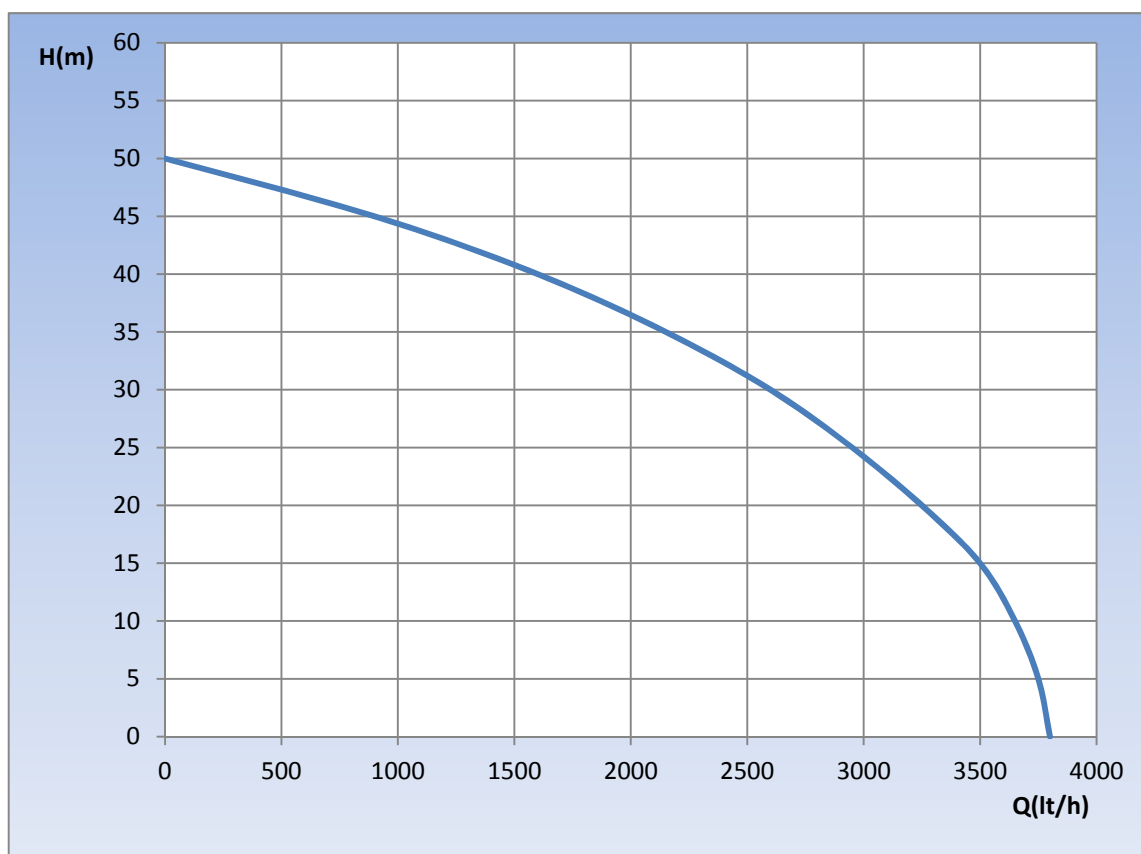
6. **Υπολογισμός απαιτήσεων της εγκατάστασης :** Στο στάδιο αυτό υπολογίζουμε την ελάχιστη ηλεκτρική ισχύ την οποία θα παράγει η γεννήτρια ώστε να λειτουργούν στα κατάλληλα επίπεδα όλες οι συσκευές που θα τροφοδοτηθούν.
7. **Μέγεθος και κόστος γεννήτριας :** Σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εγκατάστασης όσον αφορά την ισχύ και σε συνδυασμό με την οικονομική μελέτη που προκύπτει από το βήμα τρία, επιλέγεται η κατάλληλη γεννήτρια.
8. **Έλεγχος οικονομικής βιωσιμότητας :** Στο βήμα αυτό γίνεται η επιλογή του καλύτερου σχεδιασμού και πραγματοποιείται σύγκριση μεταξύ των αιτήσεων εσόδων και του κόστους της επένδυσης. Εάν τα ετήσια έσοδα είναι λιγότερα από το 10% του κόστους η επένδυση κρίνεται μη βιώσιμη. Εάν όμως τα ετήσια έσοδα κυμαίνονται μεταξύ 10% και 25% η επένδυση κρίνεται πραγματοποιησίμη. Τέλος εάν τα ετήσια έσοδα ξεπερνούν το 25% η χαρακτηρίζεται ως βιώσιμη.
9. **Υδραυλικό ύψος και παροχή :** Για να παράγουμε την απαραίτητη ισχύ σημαντικό ρόλο παίζει η τιμή του υδραυλικού ύψους, της παροχής και να γίνει εκτίμηση του βαθμού απόδοσης της εγκατάστασης (ο βαθμός απόδοσης κυμαίνεται μεταξύ 55% και 75%).
10. **Τελική τιμή ισχύος εξόδου :** Αφού έχουν υπολογιστεί το υδραυλικό ύψος και η παροχή οριστικοποιούμε το μέγεθος της γεννήτριας που θα χρησιμοποιήσουμε. Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι το μέγεθος της γεννήτριας την οποία θα τοποθετηθεί θα πρέπει να είναι μικρότερο από ότι υπολογίστηκε θεωρητικά προς αποφυγή κάποιου σφάλματος αλλά και λόγω σημαντικής διαφοράς στο κόστος.
11. **Σχεδιασμός εγκατάστασης :** Κατασκευάζουμε τα σχέδια και τους χάρτες της εγκατάστασης, στα οποία πρέπει να απεικονίζονται όλα τα στοιχεία της εγκατάστασης, καθώς και οι διαστάσεις και η διάταξή τους.
12. **Εναλλακτικές λύσεις :** Ελέγχουμε κάποιες διαφορετικές λύσεις που αφορούν τον σχεδιασμό της εγκατάστασης οι οποίες θα μας αποφέρουν μείωση του κόστους ή καλύτερη λειτουργία.
13. **Υπολογισμός κόστους :** Αρχικά υπολογίζουμε το κόστος των επιμέρους στοιχείων της εγκατάστασης και στη συνέχεια το συνολικό κόστος. Για την αποφυγή απρόβλεπτων εξόδων στα επιμέρους τμήματα υπολογίζεται μια προσαύξηση 5% στο αρχικό κόστος.
14. **Έλεγχος οικονομικής βιωσιμότητας :** Σύμφωνα με την νέα τιμή στο κόστος της εγκατάστασης υπολογίζουμε εάν η επένδυση συνεχίζει να είναι βιώσιμη οικονομικά. Εάν δεν είναι, τότε προχωράμε σε αλλαγές των στοιχείων που επιβαρύνουν οικονομικά την εγκατάσταση.
15. **Παραγγελία υλικών και εξοπλισμού :** Τα στοιχεία παραγγέλλονται με βάση τους υπολογισμούς που έχουν γίνει στα προηγούμενα βήματα της διαδικασίας μελέτης και εγκαθίστανται σύμφωνα με το σχεδιασμό της εγκατάστασης.
16. **Προσωπικό :** Επιλογή άρτια καταρτισμένου προσωπικού το οποίο θα αναλάβει την επίβλεψη, τη συντήρηση και γενικά την λειτουργία του έργου.
17. **Λειτουργία :** Αφού γίνει έλεγχος της σωστής τοποθέτησης και σύνδεσης των επιμέρους τμημάτων η μονάδα είναι έτοιμη να τεθεί σε λειτουργία.

4.2 Εργαστηριακή προσομοίωση ΜΥΗΕ

4.2.1 Στοιχεία κατασκευής

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν καθώς επίσης και οι υπολογισμοί που έγιναν για την πραγματοποίηση της προσομοίωσης ενός μικρού υδροηλεκτρικού. Λόγω του ότι η προσομοίωση δεν πραγματοποιήθηκε σε φυσικό περιβάλλον αλλά στο χώρο του εργαστηρίου, δεν υπήρχε φυσική παροχή νερού. Τον παράγοντα ύψος αντικαθιστά μια αντλία με τα εξής χαρακτηριστικά:

- Απόδοση= 2 HP
- Μέγιστη παροχή= 3800 Lt/h
- Πίεση= 5bar max
- Μανομετρικό= 50m
- Διάμετρος εισόδου 1"
- Διάμετρος εξόδου 1"



Σχήμα 4.1. Διάγραμμα παροχής νερού ανά ύψος αντλίας SGP 1200X

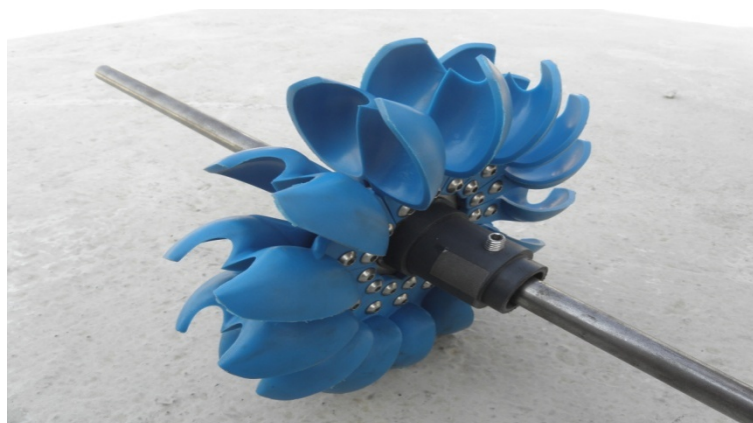
Στην κατασκευή μας το ρόλο της τεχνητής λίμνης καλύπτει μια δεξαμενή νερού από λευκοσίδηρο όπου στο πυθμένα της έχει μούφα μίας ίντσας για την σύνδεσή της με την αντλία. Η επιλογή της μεταλλικής κατασκευής έγινε για την διευκόλυνση της στήριξης των υπόλοιπων εξαρτημάτων. Η χωρητικότητα της δεξαμενής είναι περίπου 60lt καθώς κρίναμε πως δεν χρειάζεται μεγαλύτερη διότι το κύκλωμα μας είναι κλειστού τύπου.



Σχήμα 4.2 Δεξαμενή διαστάσεων (37cm*37cm*50cm)

Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της κατασκευής αποτελεί η φτερωτή. Μετά από έρευνα στο διαδίκτυο αλλά και σε διάφορα καταστήματα καταλήξαμε στην επιλογή μιας φτερωτής τύπου PELTON, την οποία παραγγείλαμε μέσω διαδικτύου καθώς ήταν μια οικονομική λύση και δεν υπήρχε παρόμοιο υλικό στην Ελλάδα. Η φτερωτή έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Εξωτερική διάμετρος= 16,2cm ή 6,5''
- Υδραυλική διάμετρος= 12cm
- Αποτελείται από 15 κουτάλια(spoon pelton)
- Διάμετρος κουταλιού 12mm



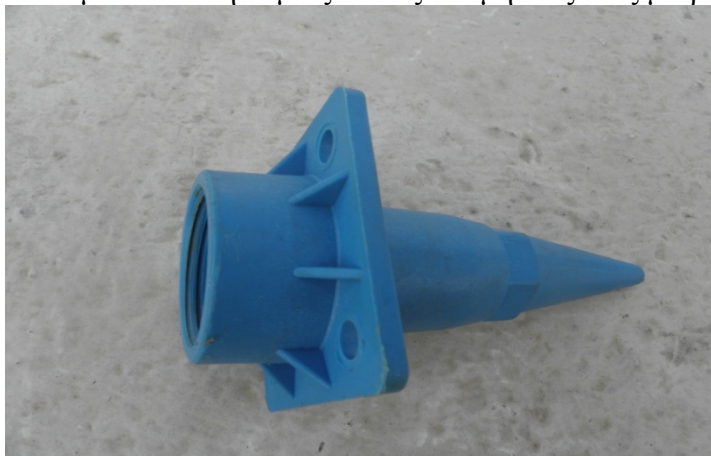
Σχήμα 4.3 Φτερωτή PELTON με άξονα.

Η φτερωτή αυτή προσαρμόστηκε σε έναν άξονα 12mm και μήκους 50cm και η στήριξη τους στην κατασκευή έγινε με τη βοήθεια ρουλεμάν κλειστού τύπου με εσωτερική διάμετρο 12mm.



Σχήμα 4.4 Ρουλεμάν κλειστού τύπου.

Η επιλογή του ακροφυσίου ήταν ένα ακόμα σημαντικό κομμάτι της κατασκευής. Στο πακέτο της φτερωτής υπήρχε και το κατάλληλο ακροφύσιο με στόμιο διατομής μίας ίντσας και το οποίο μας έδινε τη δυνατότητα να επιλέξουμε την κατάλληλη διατομή εξόδου. Η επιλογή της διατομής θα αναλυθεί καλύτερα σε επόμενο κεφάλαιο. Η σύνδεση του ακροφυσίου με την αντλία έγινε με εύκαμπτου σωλήνα μιας ίντσας και μήκους ενός μέτρου.



Σχήμα 4.5 Ακροφύσιο

Για την ασφαλή λειτουργία της κατασκευής αλλά και για τη λήψη μετρήσεων τοποθετήθηκαν στην είσοδο και στη έξοδο της αντλίας βάνες για τον έλεγχο της κυκλοφορίας του νερού καθώς επίσης και ένα μανόμετρο για την μέτρηση της πίεσης. Για τη ευκολία της στήριξης των παραπάνω υλικών καθώς επίσης και για τη στεγανοποίηση της κατασκευής φτιάξαμε έναν σιδερένιο σκελετό τον οποίο προσαρμόσαμε πάνω στη δεξαμενή. Τέλος με βάση τις μετρήσεις που πραγματοποιήσαμε έγινε η επιλογή του κατάλληλου μοτέρ. Το μοτέρ αυτό είναι συνεχούς ρεύματος με μόνιμους μαγνήτες τα χαρακτηριστικά του οποίου φαίνονται παρακάτω:

- Μέγιστη τάση εξόδου =170 Volts
- Μέγιστο ρεύμα εξόδου=0,7 Amperes
- Μέγιστη ισχύς εξόδου= 80Watt
- Ονομαστικές στροφές =3000

Η μετάδοση της κίνησης από τον άξονα της φτερωτής στο μοτέρ έγινε μέσω τροχαλίας με μάντα και η σχέση μεταξύ στροφών φτερωτής και μοτέρ είναι 1:2,5.

4.2.2 Υπολογισμοί

Η ισχύς που παράγεται από το σύστημα υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$P = \rho * g * Q * H * n$$

Όπου:

ρ : Η πυκνότητα του νερού ($\approx 1000 \text{ kg/m}^3$)

g : Η επιτάχυνση της βαρύτητας ($\approx 9.81 \text{ m}^2/\text{sec}$)

Q : Η παροχή νερού (m^3/sec)

H : Το ύψος πτώσης (m)

n : Ο ολικός βαθμός απόδοσης

Ο συνολικός βαθμός απόδοσης της κατασκευής εξαρτάται από τους βαθμούς απόδοσης των επιμέρους στοιχείων κι υπολογίζεται από τον τύπο:

$$n = n_{\text{υδροστροβίλου}} * n_{\text{γεννήτριας}}$$

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Μετά από δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν υπολογίσαμε ότι η παροχή νερού που έχουμε είναι 1184lt/h ή 0,33lt/sec, το οποίο είναι 0,00033m³/sec. Επίσης η ένδειξη του μανομέτρου είναι 3bar άρα συμπεραίνουμε ότι το ύψος είναι 30m.

Μέγιστη ισχύς(χωρίς απώλειες συστήματος)

Σύμφωνα με τα παραπάνω υπολογίζουμε τη ισχύ:

$$P = 1000 \text{ kg/m}^3 * 9.81 \text{ m}^2/\text{sec} * 0.00033 \text{ m}^3/\text{sec} * 30 \text{ m} * 1 \Rightarrow$$

$$P = 88 \text{ Watt}$$

Ισχύς με βαθμό απόδοσης 80%

$$P = 1000 \text{ kg/m}^3 * 9.81 \text{ m}^2/\text{sec} * 0.00033 \text{ m}^3/\text{sec} * 30 \text{ m} * 0.8 \Rightarrow$$

$$P = 77.5 \text{ Watt}$$

Ταχύτητα νερού που εκχύνεται από το ακροφύσιο

$$U = \sqrt{2 * g * H}$$

Όπου:

H : Το ύψος πτώσης (m)

g : Η επιτάχυνση της βαρύτητας ($\approx 9.81 \text{ m}^2/\text{sec}$)

Άρα

$$U = \sqrt{2 * 9.81 * 30} = \sqrt{588.6} = 24.26 \text{ m/sec} \text{ ή } 87.34 \text{ km/h}$$

Γωνιακή ταχύτητα φτερωτής (χωρίς φορτίο)

Για τον υπολογισμό της γωνιακής ταχύτητας της φτερωτής θα χρησιμοποιήσουμε τον ακόλουθο τύπο.

Ο υπολογισμός αυτός ισχύει μόνο για την εφαρμογή με μηδενικό φορτίο λόγω του ότι δεν υπάρχουν αντίθετες δυνάμεις προς τα κουτάλια του υδροστροβίλου. Ως εκ τούτου το νερό είναι ελεύθερο να ακολουθήσει την περιστροφή των κουταλιών που προκαλείται και δεν έχει ροπή. Ωστόσο είναι δυνατόν α εκτιμηθεί ότι η διαφορά δεν θα μπορούσε να είναι περισσότερο από 10 έως 15% όταν υπάρχει ροπή.

$$\omega = \frac{U}{R} \Rightarrow \omega = \frac{24,26}{0,081} = 299,5 \text{ rad/sec}$$

Όπου:

U : Ταχύτητα νερού που εκχύνεται από το ακροφύσιο (m/sec)

R : Η ακτίνα της φτερωτής (m)

Ταχύτητα περιστροφής

Για να μετατρέψουμε τη γωνιακή ταχύτητα σε ταχύτητα περιστροφής χρησιμοποιούμε τον ακόλουθο τύπο:

$$\omega = 2 * \pi * N$$

Όπου:

$$\pi=3,14$$

N : στροφές ανά λεπτό (rpm)

$$N = \frac{\omega}{2\pi} \Rightarrow N = \frac{299,5}{2 * 3,14} = 47,69 \text{ στροφές ανά δευτερόλεπτο}$$

Άρα N=2862 στροφές ανά λεπτό

Επιφάνεια διατομής ακροφυσίου

Δεδομένου ότι $Q=S*U$ για να υπολογίσουμε το εμβαδόν της εγκάρσιας διατομής του ακροφυσίου παίρνουμε τον τύπο:

$$S = \frac{Q}{U}$$

Όπου:

Q: Η παροχή νερού(m³/sec)

U : Ταχύτητα νερού που εκχύνεται από το ακροφύσιο (cm/sec)

Άρα

$$S = \frac{Q}{U} \Rightarrow S = \frac{328.3}{2426} = 0.135 \text{ cm}^2$$

Μετατροπή της διατομής σε διάμετρο ακροφυσίου

Για να μετατρέψουμε τη διατομή σε διάμετρο θα πρέπει να μετατρέψουμε τον ακόλουθο τύπο:

$$S = \pi * r^2 \Rightarrow r = \sqrt{\frac{S}{\pi}} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{0.135}{3.14}} = \sqrt{0.042} = 0.20 \text{ cm}$$

Άρα η διάμετρος του ακροφυσίου ισούται με 2 φορές την ακτίνα του, δηλαδή 0,4cm ή 4mm.

Ροπή υδροστροβίλου

Για να υπολογίσουμε τη ροπή του υδροστροβίλου θα πρέπει πρώτα να υπολογίσουμε τη δύναμη που ασκείται από το ακροφύσιο σε επίπεδη επιφάνεια καθέτως στον πίδακα ύδατος. Η δύναμη αυτή υπολογίζεται από τον τύπο:

$$F=\rho*Q*(U-u)$$

Όπου:

ρ : Η πυκνότητα του νερού ($\approx 1000 \text{ kg/m}^3$)

Q: Η παροχή νερού (m³/sec)

U: Ταχύτητα νερού που εκχύνεται από το ακροφύσιο (m/sec)

u: Ταχύτητα μετατοπίσεως κουταλιού (m/sec)

Συνεπώς

$$F=1000 \text{ kg/m}^3 * 0.00033 \text{ m}^3/\text{sec} * (24.26 \text{ m/sec} - 12.13 \text{ m/sec}) \Rightarrow F=4 \text{ Newton}$$

Άρα η ροπή του υδροστροβίλου θα είναι:

$$M=F*R \Rightarrow M=4*0.081=0.324 \text{ Nm}$$

Όπου:

F : (N)

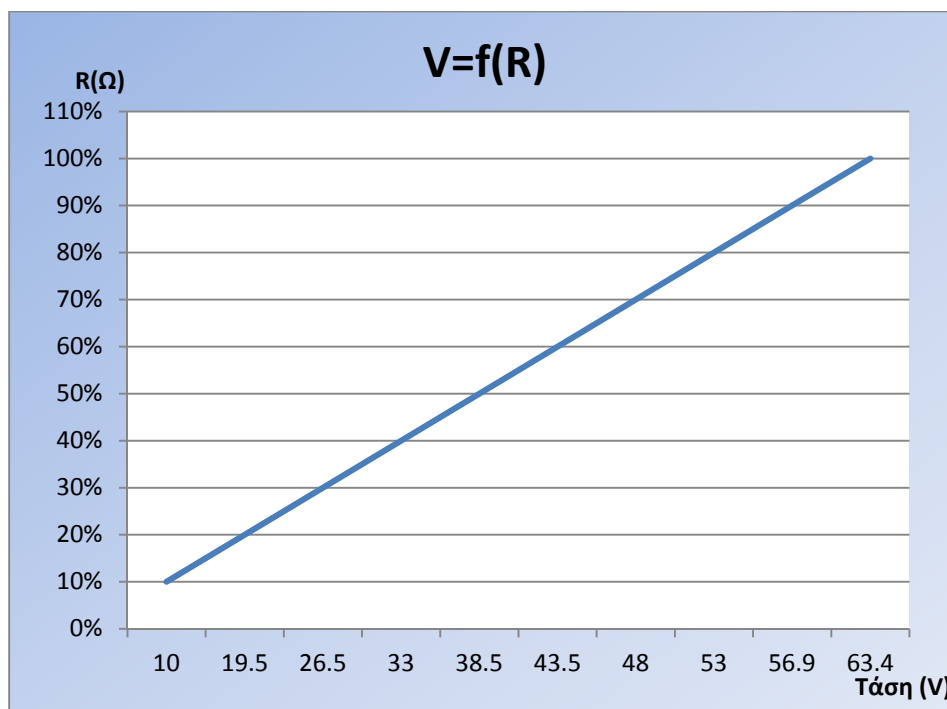
R: Η ακτίνα της φτερωτής (m)

4.2.3 Εργαστηριακές μετρήσεις

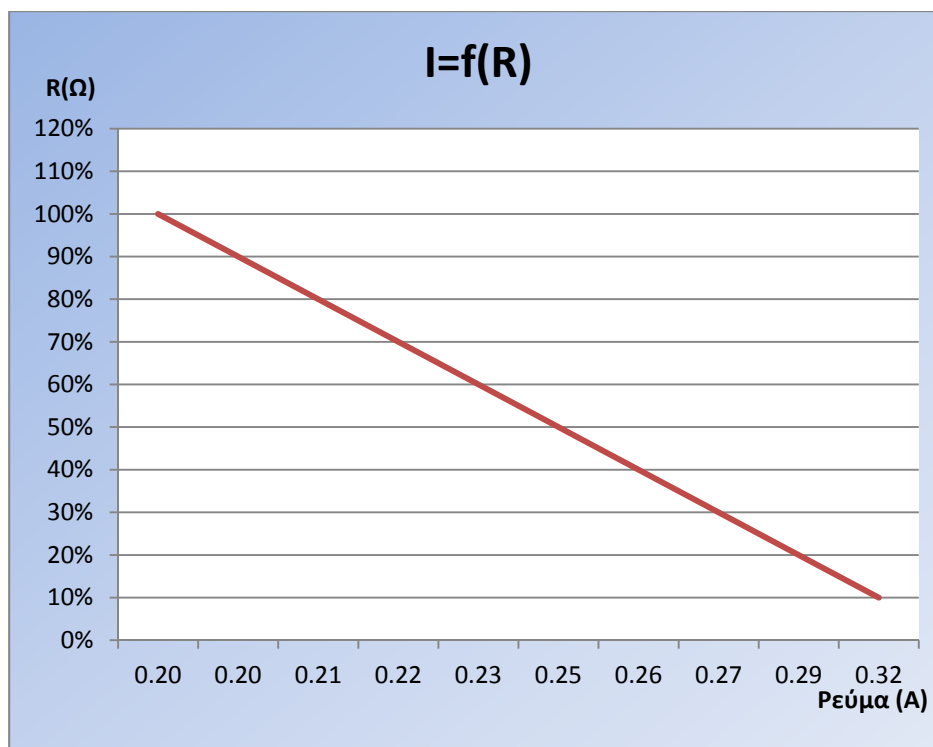
Μετά την ολοκλήρωση των υπολογισμών και την υλοποίηση της κατασκευής πραγματοποιήσαμε μια σειρά μετρήσεων τοποθετώντας φορτίο στην έξοδο της γεννήτριας. Συνδέσαμε ένα αμπερόμετρο, ένα βολτόμετρο, ένα βαττόμετρο και μια μεταβλητή αντίσταση ($R=270\Omega$, 1,2A) και καταγράψαμε τις ενδείξεις των οργάνων για διαφορετικές τιμές της αντίστασης. Οι τιμές αυτές παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

α/α	Αντίσταση (Ω)	Τάση (V)	Ρεύμα (A)	Ισχύς (W)	Στροφές (rpm)
1	100%	63.4	0.20	12.5	1327
2	90%	56.9	0.20	11.2	1203
3	80%	53	0.21	10.9	1127
4	70%	48	0.22	10.5	1051
5	60%	43.5	0.23	10.2	975
6	50%	38.5	0.25	9.5	887
7	40%	33	0.26	8.5	695
8	30%	26.5	0.27	7.3	670
9	20%	19.5	0.29	5.5	547
10	10%	10	0.32	3.2	390

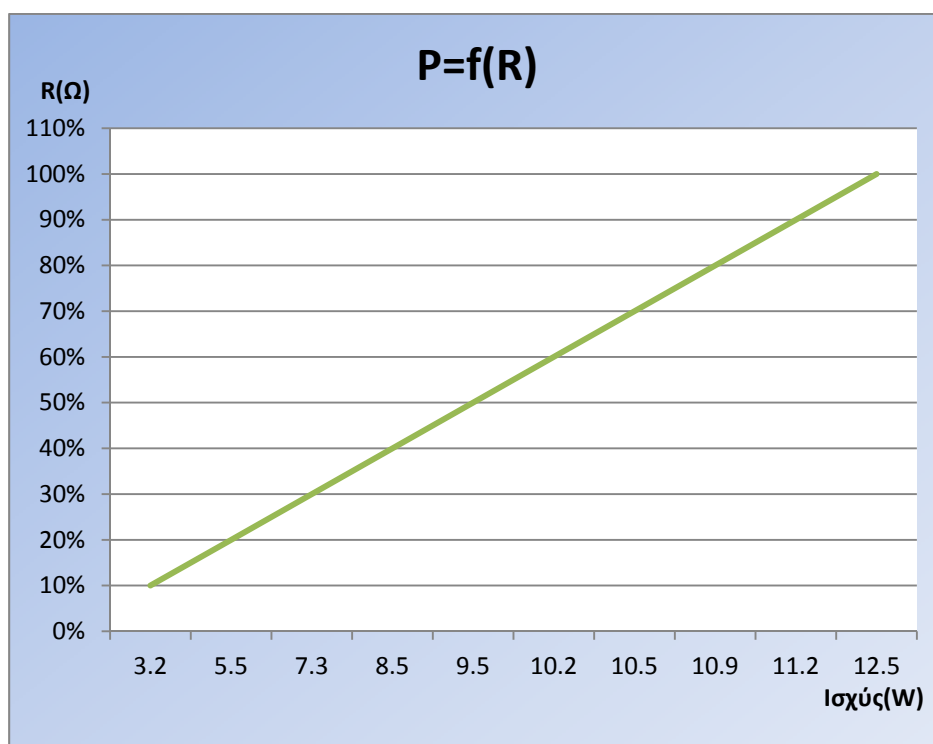
Πίνακας 4.1 Μετρήσεις τάσης, ρεύματος, ισχύος και στροφών για διαφορετικές τιμές της αντίστασης.



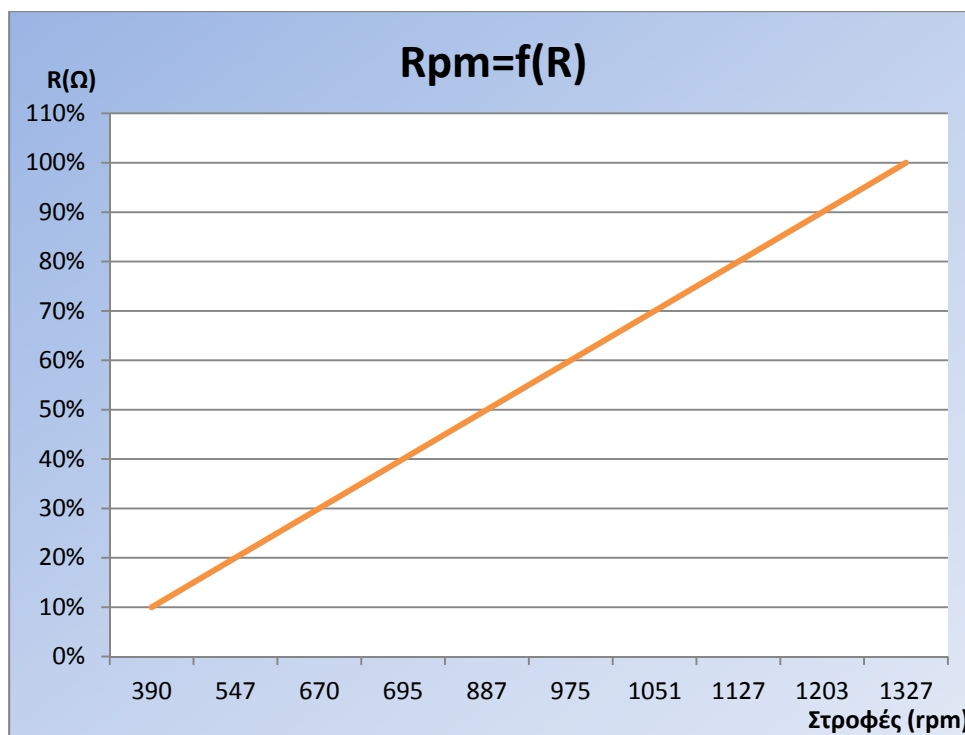
Σχήμα 4.6 Διάγραμμα μεταβολής τάσης συναρτήσει της αντίστασης.



Σχήμα 4.7 Διάγραμμα μεταβολής ρεύματος συναρτήσει της αντίστασης.



Σχήμα 4.8 Διάγραμμα μεταβολής ισχύος συναρτήσει της αντίστασης.

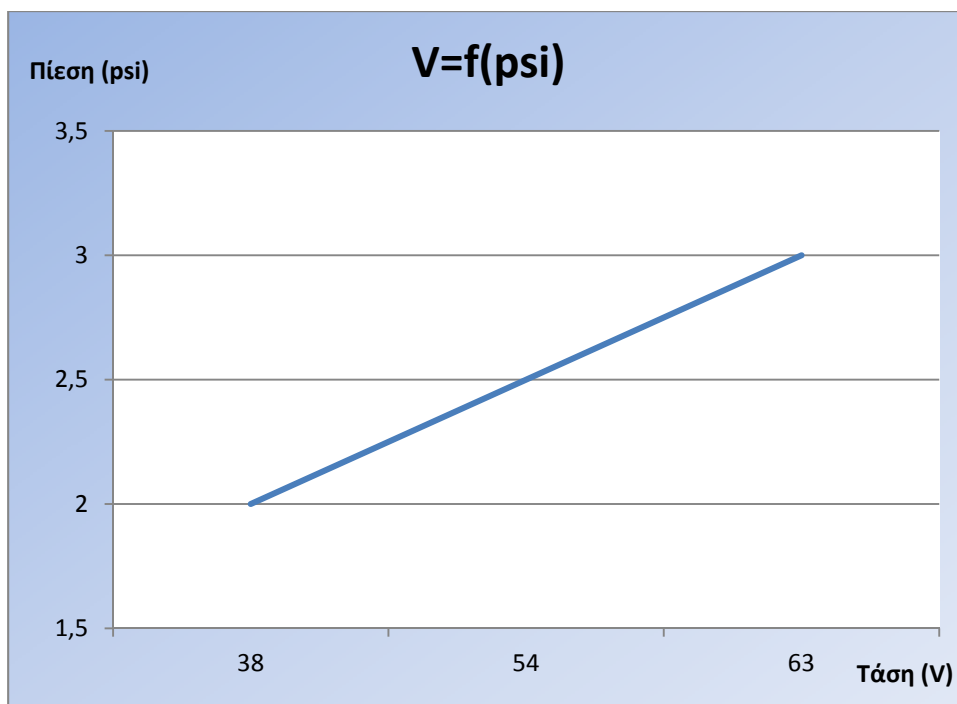


Σχήμα 4.9 Διάγραμμα μεταβολής στροφών συναρτήσει της αντίστασης.

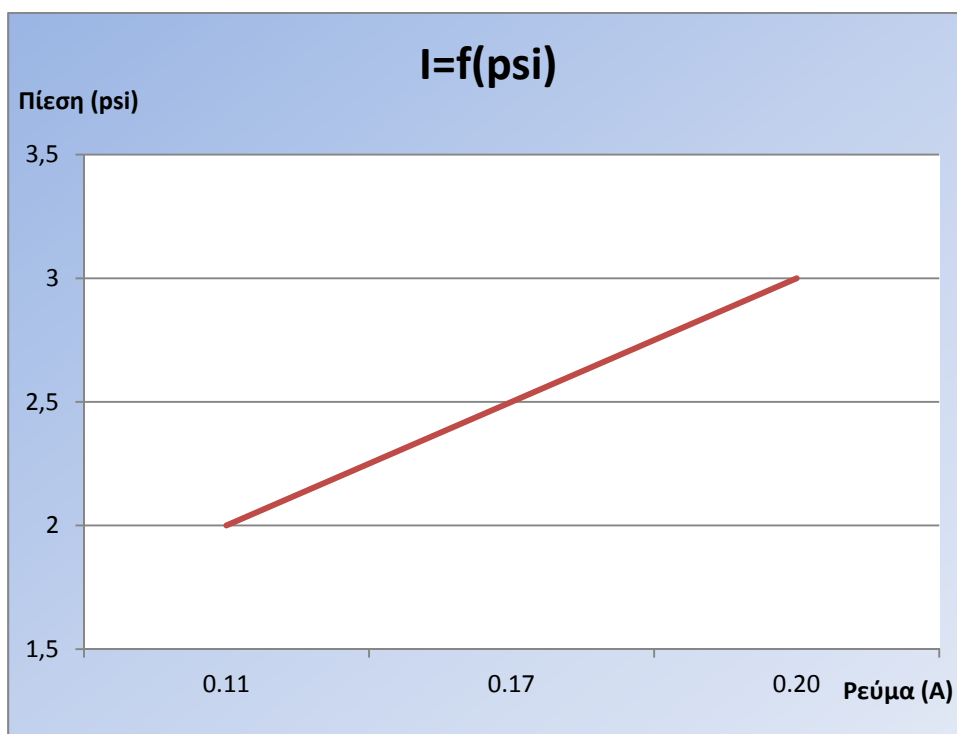
Στη συνέχεια για την τιμή της αντίστασης η οποία μας έδωσε τη μέγιστη ισχύ, πήραμε μετρήσεις μεταβάλλοντας την πίεση μέσω της βάνας και καταγράψαμε τις ενδείξεις των οργάνων. Οι τιμές αυτές παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

a/a	Πίεση (Psi)	Τάση (V)	Ρεύμα (A)	Ισχύς (W)	Στροφές (rpm)
1	2	38	0.11	4	785
2	2.5	54	0.17	9	1130
3	3	63	0.20	12.5	1327

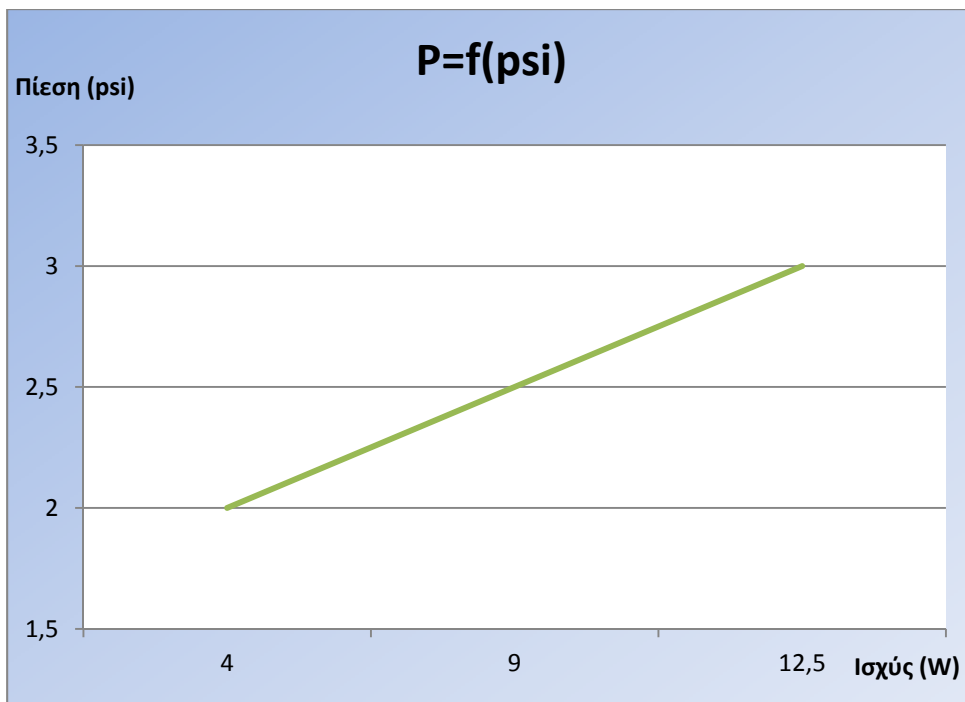
Πίνακας 4.2 Μετρήσεις τάσης, ρεύματος, ισχύος και στροφών για διαφορετικές τιμές της πίεσης.



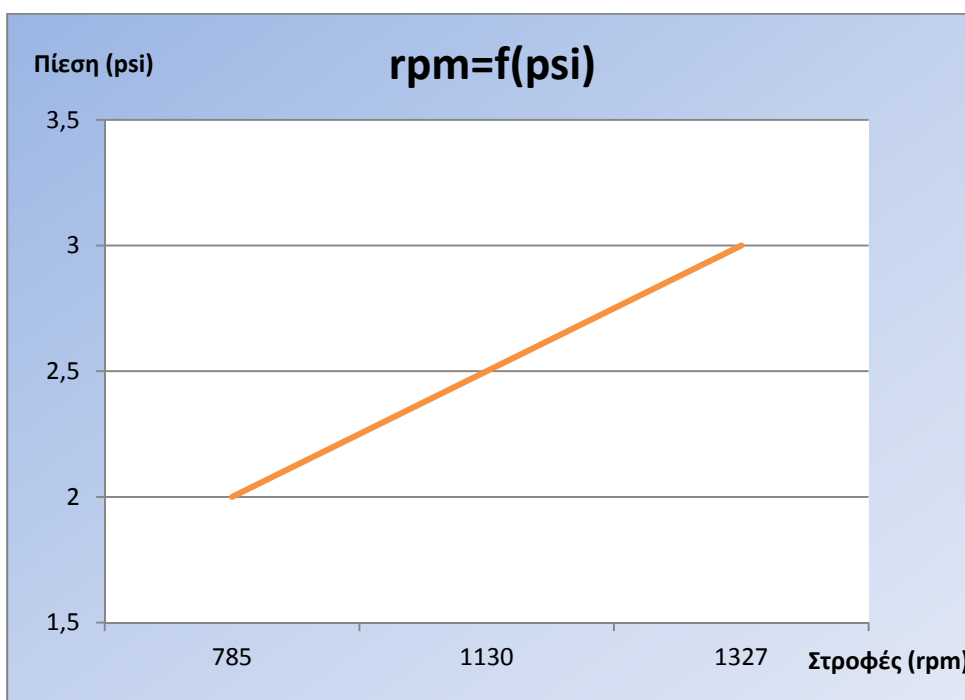
Σχήμα 4.10 Διάγραμμα μεταβολής τάσης συναρτήσει της πίεσης.



Σχήμα 4.11 Διάγραμμα μεταβολής ρεύματος συναρτήσει της πίεσης.



Σχήμα 4.12 Διάγραμμα μεταβολής ισχύος συναρτήσει της πίεσης.



Σχήμα 4.13 Διάγραμμα μεταβολής στροφών συναρτήσει της πίεσης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα θεωρούνται από πολύ παλιά μέχρι σήμερα σημαντικά έργα για τον άνθρωπο. Ένας σημαντικός λόγος που καθιστά τα ΥΗΕ βιώσιμα αλλά και απαραίτητα για τον άνθρωπο είναι ότι χρησιμοποιούν μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και χωρίς να μολύνουν το περιβάλλον.

Εφόσον υπάρχουν κατάλληλα κεφάλαια ώστε να καλυφθεί το υψηλό κόστος κατασκευής τους ένα τέτοιο έργο μπορεί να συνεισφέρει ενεργειακά σε περιοχές απομακρυσμένες από το εθνικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικού ρεύματος.

Οι επιλογές που υπάρχουν, ως προς το είδος του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι πολλές, πράγμα που σημαίνει την δυνατότητα εναλλακτικών λύσεων στην περίπτωση που κάποιο κομμάτι της εγκατάστασης είναι δυσεύρετο, ακριβό ή δύσκολο ως προς την εγκατάστασή του. Επιπλέον η σωστή μελέτη και επιλογή των κατάλληλων υλικών τόσο στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό όσο και στα επιμέρους τμήματα μπορεί να μειώσει ακόμα περισσότερο το κόστος της εγκατάστασης και να αυξήσει την αποδοτικότητα του ΥΗΕ.

Όσον αφορά τώρα την υλοποίηση της εργαστηριακής προσομοίωσης ενός ΥΗΕ κρίθηκε απαραίτητη τόσο η μελέτη των μεγθών του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (γεννήτρια, φτερωτή, αντλία, ακροφύσιο) όσο και η οικονομική μελέτη αλλά και ο έλεγχος της διαθεσιμότητας των παραπάνω στοιχείων. Μετά από μία σειρά μετρήσεων της τάσης, του ρεύματος, της ισχύς και των στροφών συναρτήσεως των διαφόρων τιμών του φορτίου και της πίεσης, όπως ήταν αναμενόμενο (νόμος του Ohm) συμπεράναμε ότι η τάση αυξάνεται όσο αυξάνεται το φορτίο και η πίεση, το ρεύμα αυξάνεται όσο μειώνεται η τιμή του φορτίου ενώ αυξάνεται όσο η πίεση μεγαλώνει. Όσον αφορά την ισχύ, αυτή αυξάνεται όσο το φορτίο και η πίεση μεγαλώνουν. Ακόμα ο αριθμός των στροφών αυξάνεται όσο η τιμή του φορτίου μεγαλώνει, ώστε να μπορέσει να καλύψει τις ανάγκες του συστήματος. Όσο η πίεση του νερού μεγαλώνει δίνει μεγαλύτερη κίνηση στον τροχό συνεπώς αυξάνονται και οι στροφές. Τέλος παρατηρούμε μια μεγάλη διαφορά μεταξύ θεωρητικής και πειραματικής τιμής της παραγόμενης ισχύος, πράγμα το οποίο οφείλεται στις απώλειες του συστήματος καθώς επίσης και στη μικρή παροχή νερού Q την οποία μας δίνει η αντλία. Ο λόγος που επιλέχθηκε ο υδροστρόβιλος Pelton σε αντίθεση με τον Kaplan ο οποίος λειτουργεί σε μικρότερες τιμές παροχής νερού είναι το μεγάλο κόστος του Kaplan και η ευκολία εύρεσης και κατασκευής του Pelton. Επίσης δεν χρησιμοποιήσαμε μεγαλύτερη αντλία που να καλύπτει τις ανάγκες του Pelton, λόγω του μεγάλου κόστους και αρκεστήκαμε στη μικρή τιμή της παραγόμενης ισχύος καθώς αυτό θεωρήσαμε ότι ήταν αρκετό ώστε να παρουσιάσουμε τον τρόπο λειτουργίας ενός υδροηλεκτρικού έργου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Δημήτριος Ε. Παπαντώνης, Κθηγητής Ε.Μ.Π. “Υδροδυναμικές Μηχανές, Αντλίες-Υδροστρόβιλοι” Έκδοση 2^η·2004.
- [2] Κωνσταντίνος Α. Βαλάρας, Αθανάσιος Α. Αργυρίου, Φώτης Ε. Καραγιάννης, “Συμβατικές και Ήπιες Μορφές Ενέργειας” Αθήνα 2006
- [3] Καλδέλλης Ι. ,(1994). Εισαγωγή στην Αξιοποίηση των ΜΥΗΕ. ΤΕΙ Πειραια,

ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

<http://www.oldpelton.net/history/>

1. <http://www.emichanikos.gr/showthread.php>
2. <http://www.knowenergysolutions.com/conventional-energy/oil-and-gas/mechanical-engineering/the-pelton-turbine/>
3. <http://www.synergy-res.gr/ydroelektrika.php>
4. http://www.cres.gr/kape/pdf/press/MYD_KAPE.pdf
5. http://imarinakiss.webs.com/small_hydraulic_work.pdf
6. http://dSPACE.lib.ntua.gr:8080/bitstream/123456789/6006/1/ZikosI_SHPoptimization.pdf
7. http://www.microhydropower.gr/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=45&Itemid=67
8. http://vivliothmyy.ee.auth.gr/693/1/ΤΕΛΙΚΟ-ΜΥΗΣ_Σμοκόβου..pdf
9. http://www.if.uidaho.edu/~gunner/Turbomachinery/LectureNotes/Hydropower_IIB.pdf
10. http://sei.oregonstate.edu/wp-content/uploads/documents/JWil_VJohn_331%20Special%20Project.pdf
11. <http://www.scribd.com/doc/51990148/«ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ-ΜΕΛΕΤΗ-ΤΩΝ-ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ-ΜΕΘΟΔΩΝ-ΚΑΙ-ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ-ΓΙΑ-ΤΗΝ-ΠΑΡΑΓΩΓΗ-ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ-ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ>
12. http://www.tex.unipi.gr/undergraduate/notes/energy_tech/4_Hydro_plus_v01.pdf
13. http://www.toural.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=78&language=en
14. http://www.tm.teiher.gr/Portals/23/Shmeioseis/udrodunamiki/12_Τύποι%20υδροστροβίλων.pdf

ΑΘΗΝΑ

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ - 2012