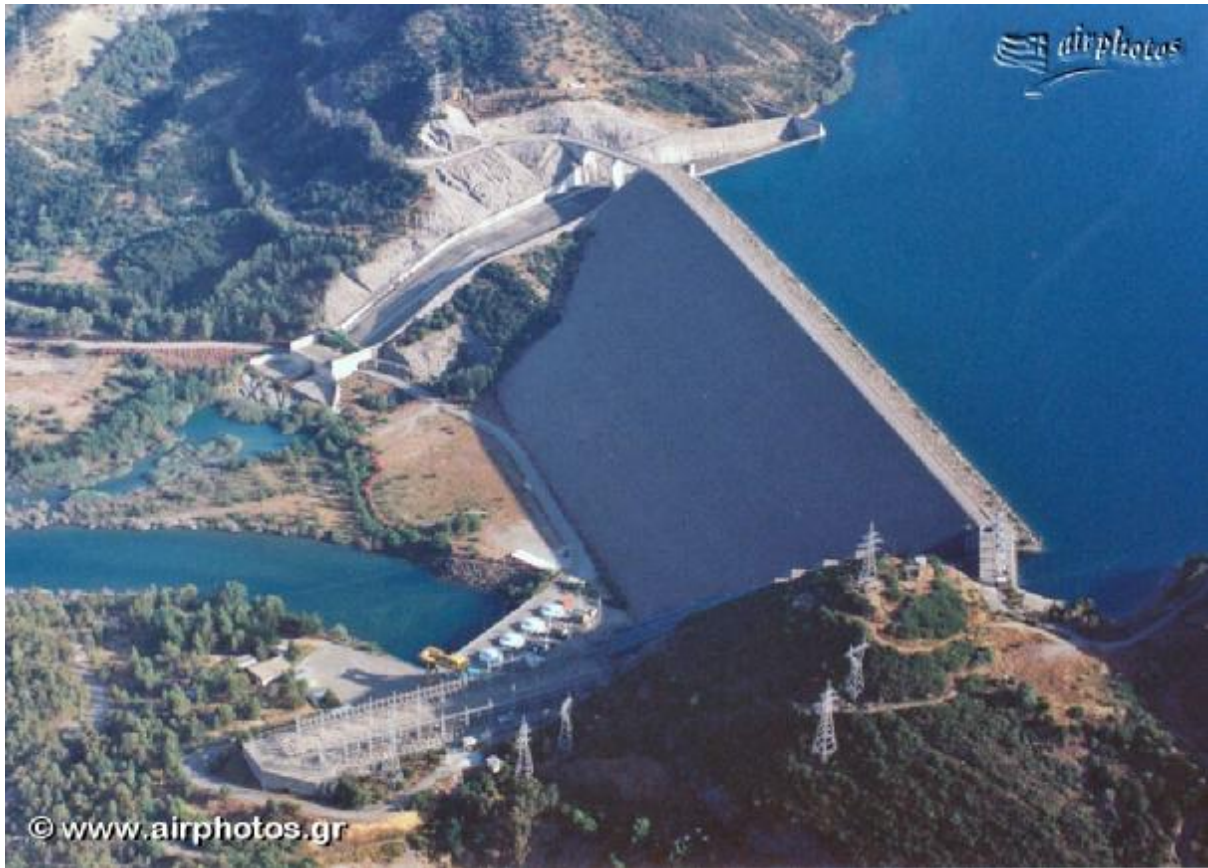

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1483



ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΟ ΤΕΧΝΗΤΟ ΦΡΑΓΜΑ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ

STUDY OF KASTRAKI HYDROPOWER PLANT IN ARTIFICIAL DAM

ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΜΑΜΑΣΟΥΛΑΣ
ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΠΡΑΣΙΝΟΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΣΧΟΙΝΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2015



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σε αυτό το σημείο θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή μας και ηλεκτρολόγο μηχανικό κύριο Νικόλαο Σχοινά που μας εμπιστεύθηκε καθώς και για την εποικοδομητική καθοδήγηση και υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θέλουμε να ευχαριστήσουμε τον ηλεκτρολόγο εργοδηγό του ΥΗΣ Καστρακίου κύριο Θεόδωρο Μαμασούλα για την εξαιρετική ξενάγηση, καθοδήγηση και επεξήγηση στο 'control room' ,στις γεννήτριες, στον ρυθμιστή στοφών, στον 'HTD amplifier' ρυθμιστή τάσης και σε όλα τα περιφερειακά συστήματα του εργοστασίου. Σε όλα τα παραπάνω, είχαμε μεγάλη βοήθεια από τον ηλεκτρολόγο μηχανικό κύριο Γεώργιο Λάππα και από τον μηχανολόγο μηχανικό Αθανάσιο Σταράμο, όπου μας έδωσαν όλα τα στοιχεία και τις πληροφορίες που χρειαζόμασταν για την μελέτη του εργοστασίου.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον διευθυντή και προϊστάμενο του ΥΗΣ Καστρακίου, Δημήτρη Παπακαμμένο για την βοήθεια και κυρίως την συγκατάθεση του για την δημιουργία αυτής της διπλωματικής εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε για το τμήμα ηλεκτρολογίας του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πατρών. Το θέμα της αφορά στη μελέτη της υδροηλεκτρικής εγκατάστασης στο τεχνητό φράγμα Καστρακίου που εδρεύει στον νομό Αιτωλοακαρνανίας.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η ανάλυση και η παρουσίαση των στοιχείων που διέπουν ως ολότητα την υδροηλεκτρική εγκατάσταση του Καστρακίου. Αυτό το σύνολο περιλαμβάνει όλα τα αναγκαία τμήματα που απαιτούνται για να λειτουργήσει αυτή η εγκατάσταση. Επιγραμματικά αυτά είναι, το τεχνητό φράγμα με όλες τις επιμέρους κατασκευαστικές εγκαταστάσεις του, οι υδροστρόβιλοι που είναι προσαρτημένοι στις σύγχρονες τριφασικές γεννήτριες και οι μετασχηματιστές ανύψωσης τάσης. Η συλλογή των στοιχείων αναφορικά με την εγκατάσταση πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία πάντα με τους ηλεκτρολόγους – μηχανικούς του σταθμού παραγωγής στο Καστράκι.

Η διπλωματική εργασία διαιρείται σε έξι κεφάλαια. Αρχικά πραγματοποιείται μια συνοπτική ιστορική αναδρομή που περιγράφει την αξιοποίηση των υδάτινων πόρων. Στην αρχή του δεύτερου κεφαλαίου δίνουμε γενικές πληροφορίες για τα φράγματα και τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς, ενώ στη συνέχεια εξηγούμε τα είδη των φραγμάτων που υπάρχουν και τα επιμέρους μέρη ενός τεχνητού φράγματος.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια γενική περιγραφή βασικών εννοιών της ηλεκτρικής ενέργειας και των βασικών αρχών που διέπουν , την κατασκευή και λειτουργία των σύγχρονων μηχανών. Επιπλέον, επεξηγούνται η αρχές λειτουργίας του μετασχηματιστή. Στο τέταρτο κεφάλαιο κάνουμε λόγο αποκλειστικά για τους τύπους υδροστροβίλων. Στο πέμπτο κεφάλαιο θα περιγράψουμε και θα αναλύσουμε όλα τα στοιχεία που έχουμε περισυλλέξει για το σταθμό παραγωγής του Καστρακίου.

Εν κατακλείδι θα αναφερθούμε στο περιβαλλοντικό αντίκτυπο που έχει ένας τέτοιος σταθμός ηλεκτροπαραγωγής , αναλύοντας τα προτερήματα και τα μειονεκτήματα που αποκομίζουμε.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	i
Περίληψη.....	ii
Περιεχόμενα.....	iii

Κεφάλαια:

1. Ιστορική Αναδρομή

1.1 Υδατοπτώσεις.....	1
1.2 Η αναγκαιότητα της υδροηλεκτρικής ενέργειας.....	2
1.3 Υδροηλεκτρικοί σταθμοί στην Ελλάδα.....	3
1.4 Στοιχεία εκμετάλλευσης υδροηλεκτρικών σταθμών.....	7
1.5 Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί ως έργα πολλαπλού σκοπού.....	8
1.6 Συμμετοχή των ΥΗΣ στο Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα.....	9
1.7 Η ιστορία του υδροηλεκτρικού σταθμού στο Καστράκι Αιτ/νίας.....	13

2. ΥΗΣ μικρής και μεγάλης κλίμακας – Είδη Φραγμάτων και Συστήματα Υδροληψίας

2.1 Υδροηλεκτρικοί σταθμοί μικρής κλίμακας.....	14
2.2 Υδροηλεκτρικοί σταθμοί μεγάλης κλίμακας.....	14
2.3 Συμπλέγματα Υδροηλεκτρικών Σταθμών.....	15
2.4 Φράγματα της ΔΕΗ.....	16
2.5 Κατηγοριοποίηση των φραγμάτων μέσω της Γεωτεχνικής μηχανικής.....	16
2.5.1 Τύποι Φραγμάτων.....	17
2.5.2 Ακαμπτα Φράγματα – Βαρύτητας.....	17
2.5.3 Ακαμπτα Τοξωτά Φράγματα	19
2.5.4 Ακαμπτα Αντηριδωτά Φράγματα.....	20
2.5.5 Εύκαμπτα Λιθόριπτα Φράγματα.....	21
2.5.6 Εύκαμπτα Χωμάτινα Φράγματα.....	21
2.6 Το φράγμα, η υδροληψία, το σύστημα προσαγωγής και απαγωγής του νερού.....	22
2.6.1 Έργα σύλληψης του νερού – Φράγματα	24
2.6.2 Έργα υδροληψίας	24

3. Βασικές Έννοιες της Ηλεκτρικής Ενέργειας και των Ηλεκτρικών Μηχανών

3.1 Εισαγωγή στις Βασικές Έννοιες της Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	29
3.1.1 Ηλεκτρισμός	29

3.1.2 Μαγνητισμός και Ηλεκτρομαγνητισμός	29
3.1.3 Εναλλασσόμενα κυκλώματα.....	31
3.1.4 Τριφασικά κυκλώματα.....	32
3.2 Τριφασική σύγχρονη μηχανή.....	33
3.2.1 Κατασκευή σύγχρονης μηχανής	33
3.2.2 Τύλιγμα στάτη.....	34
3.2.3 Τροφοδοσία δρομέα.....	36
3.3 Λειτουργία Σύγχρονης Γεννήτριας	38
3.3.1 Ταχύτητα περιστροφής.....	38
3.3.2 Παραγόμενη τάση στο εσωτερικό της Σύγχρονης Μηχανής	38
3.3.3 Ισχύς και ροπή.....	41
3.4 Σύγχρονη Μηχανή Έκτυπων Πόλων.....	42

4. Τύποι Υδροστροβίλων

4.1 Στρόβιλοι.....	45
4.2 Υδροστρόβιλοι δράσεως Pelton και Turgo.....	45
4.3 Υδροστρόβιλος δράσεως Cross flow ή Banki.....	47
4.4 Υδροστρόβιλοι αντιδράσεως Francis, Kaplan, Deriaz και Βολβοειδής (Bulb).....	48
4.5 Οι μεγαλύτεροι υδροστρόβιλοι παγκοσμίως.....	52
4.6 Απόδοση υδροστροβίλων.....	55
4.7 Σύνοψη χαρακτηριστικών υδροστροβίλων.....	56
4.8 Συγκρίσεις και Πλεονεκτήματα του κάθε υδροστροβίλου.....	56
4.9 Υδροστρόβιλοι για μικρές εγκαταστάσεις.....	58

5.Μελέτη των κύριων μερών του υδροηλεκτρικού εργοστασίου στο Καστράκι Αιτωλοακαρνανίας.

5.1 Γενική μελέτη υδροστροβίλου.....	59
5.1.1 Περιοριστικά όρια ισχύος των υδροστροβίλων.....	59
5.1.2 Δρομέας στροβίλου.....	60
5.1.3 Άξονας του υδροστροβίλου.....	61
5.1.4 Λίπανση του στροβίλου με νερού.....	61
5.1.5 Οδηγό έδρανο τουρμπίνας	62
5.1.6 Σύστημα λίπανσης του οδηγού εδράνου.....	62
5.1.7 Προδιαγραφές των λιπαντικών για τους υδροστροβίλους.....	63
5.1.8 Ανοιγοκλειόμενα πτερύγια.....	63
5.1.9 Βαλβίδες αέρα υδροστροβίλου.....	65
5.2 Προδιαγραφές Σύγχρονης Γεννήτριας	67
5.2.1 Ιδιότητες	67
5.2.2 Εγγυημένη αύξηση της θερμοκρασίας.....	67

5.2.3	Απαιτήσεις της γεννήτριας από το στρόβιλο.....	67
5.2.4	Κύριες διαστάσεις.....	67
5.2.5	Το βάρος της μονάδας παραγωγής	67
5.2.6	Στοιχεία οστικού εδράνου.....	68
5.2.7	Στοιχεία οδηγού εδράνου	68
5.2.8	Ψύξη του αέρα.....	68
5.2.9	Υπολογισμένες τιμές της αντίστασης των τυλιγμάτων του στάτη και του δρομέα.....	68
5.2.10	Αντίσταση μόνωσης	68
5.2.11	Φρένα και στηρίγματα φρένων.....	69
5.2.12	Σύστημα λίπανσης υψηλής πίεσης.....	69
5.2.13	Αντλία υψηλής πίεσης των φρένων.....	69
5.3	Κατασκευή της γεννήτριας.....	69
5.3.1	Πλαίσιο του στάτη.....	69
5.3.2	Ο πυρήνας του στάτη.....	70
5.3.3	Τυλίγματα στάτη.....	71
5.3.4	Πυρήνας των πόλων του δρομέα.....	71
5.3.5	Τυλίγματα πεδίου	72
5.3.6	Αμορτισέρ περιέλιξης	72
5.3.7	Στεφάνι του ρότορα.....	72
5.3.8	Αράχνη του ρότορα	73
5.3.9	Ο ανεμιστήρας του ρότορα.....	73
5.3.10	Δακτύλιος πέδης και πέδηση.....	73
5.3.11	Άξονας με ωστικό δακτύλιο.....	74
5.3.12	Άνω υποστήριγμα.....	75
5.3.13	Κάτω υποστήριγμα.....	76
5.3.14	Οστικό έδρανο.....	76
5.3.15	Οδηγό έδρανο.....	77
5.3.16	Επιπρόσθετα μέρη γεννήτριας	77
5.4	Κατασκευή της διέγερσης	77
5.4.1	Στάτης της διέγερσης	77
5.4.2	Ρότορας της διέγερσης	79
5.4.3	Δακτύλιος ολίσθησης	80
5.5	Μετασχηματιστές ισχύος.....	80
5.5.1	Προδιαγραφές.....	80
5.5.2	Γενικές πληροφορίες των μετασχηματιστών ισχύος	81
5.6	Αυτόματος ρυθμιστής τάσης τύπου HTD.....	81
5.6.1	Τι είναι ο HTD	81
5.6.2	Κατασκευαστικά μέρη ενός HTD.....	82
5.6.3	Εφαρμογή του HTD.....	83
5.7	Αυτόματος ρυθμιστής στροφών.....	83
5.7.1	Λειτουργία ρυθμιστικής βαλβίδας.....	83
5.7.2	Οι δύο λειτουργίες των γεννητριών με την βοήθεια του ρυθμιστή στροφών.....	84

6. Οφέλη και επιπτώσεις από την κατασκευή ΥΗΣ

6.1 Κατηγορίες επιπτώσεων	86
6.2 Θετικές επιπτώσεις ΥΗΣ	86
6.2.1 Τα ΥΗΕ ως έργα πολλαπλού σκοπού με σημαντικά οφέλη	86
6.2.2 Η ενεργειακή συμβολή των ΥΗΕ στο διασυνδεδεμένο δίκτυο	89
6.3 Αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις από ΥΗΕ.....	91
6.3.1 Αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο έδαφος.....	91
6.3.2 Αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο νερό	92
6.3.3 Αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην πανίδα.....	92
6.3.4 Αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα, στη χλωρίδα και στη βλάστηση	93
6.3.5 Αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο τοπίο.....	93
6.3.6 Αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο μικροκλίμα	94
6.3.7 Δημιουργία αποβλήτων στους ΥΗΣ	94
6.3.8 Αρνητικές κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις από ΥΗΣ	94
6.4 Μέτρα αντιμετώπισης ενδεχόμενων περιβαλλοντικών επιπτώσεων από ΥΗΣ	95

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

Ιστορική Αναδρομή

1.1 Υδατοπτώσεις

Για να πάρουμε ενέργεια από το νερό θα πρέπει αυτό να πέφτει από ένα υψηλότερο επίπεδο σε άλλο χαμηλότερο. Φυσικά, όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα του νερού και η υψομετρική διαφορά, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ενέργεια που παίρνουμε. Η εκμετάλλευση των υδατοπτώσεων άρχισε να εφαρμόζεται από πολλούς αιώνες πριν. Οι γραφικοί νερόμυλοι για το άλεσμα της σοδιάς, οι νεροτριβές για την επεξεργασία των υφαντών, που ακόμα και σήμερα συναντάμε στην ελληνική επαρχία, και μια σειρά άλλων εφαρμογών που προαναφέραμε, αποτελούν ζωντανή μαρτυρία για τη δύναμη των υδάτων.



Εικόνα 1.1 : Νερόμυλος του 1782

Σήμερα, κύρια χρήση των υδατοπτώσεων είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η τεχνική στον τομέα αυτόν έχει σημειώσει τεράστια άλματα. Γιγαντιαία υδροηλεκτρικά εργοστάσια χτίστηκαν και χτίζονται παντού όπου οι συνθήκες προσφέρονται. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται με τη βοήθεια της τεχνικής των πολύ υψηλών τάσεων, ακόμα και χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά, για να φτάσει στους καταναλωτές. Τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια χαρακτηρίζονται από απουσία ατμοσφαιρικών ρύπων, πολύ μικρό κόστος παραγωγής, σχετικά απλή ρύθμιση, ταχεία προσαρμογή στο συνεχώς μεταβαλλόμενο φορτίο και απεριόριστη διάρκεια ζωής. Το πρώτο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο κατασκευάστηκε το 1880 στο Northumberland της Αγγλίας. Σήμερα, οι υδατοπτώσεις αποτελούν την κυριότερη πηγή ανανεώσιμης ενέργειας που αξιοποιείται.

Υπάρχουν χώρες, πλούσιες σε υδατοπτώσεις, που καλύπτουν τις ανάγκες τους σε ηλεκτρική ενέργεια κατά μεγάλο μέρος, ή σχεδόν αποκλειστικά από αυτές. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε μερικές:

- Νορβηγία 99.3 %
- Καναδάς 63 %
- Ουρουγουάη 99 %
- Παραγουάη 99.92%
- Ζαΐρ 97%
- Γκάνα 95%
- Βραζιλία 82.7%
- Αυστρία 67.2%

Ο μεγαλύτερος υδροηλεκτρικός σταθμός σήμερα, βρίσκεται στην Κίνα, στον ποταμό Jangtsekiang με ισχύ 18200 MW.



Εικόνα 1.2: Υδροηλεκτρικός σταθμός στην Κίνα.

Στην Ελλάδα το ποσοστό κάλυψης των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια από υδατοπτώσεις ανέρχεται στο 3.8% . Λειτουργούν 23 υδροηλεκτρικοί σταθμοί με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 3302.4 MW. Δυνατότητες αύξησης των υδροηλεκτρικών σταθμών υπάρχουν ακόμα αν και περιορισμένες. Περισσότερα περιθώρια υπάρχουν για μονάδες σχετικά μικρής ισχύος που δεν πρέπει ούτε αυτές να μείνουν ανεκμετάλλευτες.

1.2 Η αναγκαιότητα της υδροηλεκτρικής ενέργειας

Η υδραυλική ενέργεια, η ενέργεια του νερού, είναι μια ανανεώσιμη, και αποκεντρωμένη πηγή ενέργειας που υπηρέτησε και υπηρετεί πιστά τον άνθρωπο στο δρόμο της ανάπτυξης. Πολυάριθμοι υδραυλικοί τροχοί, νερόμυλοι, υδροτριβεία, πριονιστήρια, κλωστοϋφαντουργεία και άλλοι μηχανισμοί υδροκίνησης συνεχίζουν ακόμη και σήμερα να χρησιμοποιούν τη δύναμη του νερού, συμβάλλοντας σημαντικά στην πρόοδο της τοπικής οικονομίας πολλών περιοχών, με απόλυτα φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο.

Ø Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα υδροηλεκτρικής ενέργειας.

Τα κύρια πλεονεκτήματα της υδροηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από μονάδες μικρής και μεγάλης κλίμακας είναι:

- Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι δυνατό να τεθούν σε λειτουργία αμέσως μόλις απαιτηθεί, σε αντίθεση με τους θερμικούς σταθμούς που απαιτούν σημαντικό χρόνο προετοιμασίας.
- Είναι μία “καθαρή” και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα προαναφερθέντα συνακόλουθα οφέλη (εξοικονόμηση συναλλάγματος, φυσικών πόρων, προστασία περιβάλλοντος).
- Μέσω των υδατοταμιευτήρων δίνεται η δυνατότητα να ικανοποιηθούν και άλλες ανάγκες, όπως ύδρευση, άρδευση, ανάσχεση χειμάρρων, δημιουργία υγροτόπων, περιοχών αναψυχής και αθλητισμού.

Ως μειονεκτήματα αναφέρονται μόνο αποτελέσματα που σχετίζονται με τη δημιουργία έργων μεγάλης κλίμακας, όπως:

- Το μεγάλο κόστος κατασκευής φραγμάτων και εγκατάστασης εξοπλισμού, καθώς και ο συνήθως μεγάλος χρόνος που απαιτείται για την αποπεράτωση του έργου.
- Η έντονη περιβαλλοντική αλλοίωση της περιοχής του έργου (συμπεριλαμβανομένων της γεωμορφολογίας, της πανίδας και της χλωρίδας), καθώς και η ενδεχόμενη μετακίνηση πληθυσμών, η υποβάθμιση περιοχών, οι απαιτούμενες αλλαγές χρήσης γης. Επιπλέον, σε περιοχές δημιουργίας μεγάλων έργων παρατηρήθηκαν αλλαγές του μικροκλίματος, αλλά και αύξηση της σεισμικής επικινδυνότητας τους.

1.3 Υδροηλεκτρικοί σταθμοί στην Ελλάδα

Ονομαστικά αυτοί είναι:

- Λάδωνας
- Γκιώνα
- Ν. Πλαστήρας
- Κρεμαστά
- Καστράκι
- Στράτος

- Πουρνάρι I, II
- Λούρος
- Πηγές Αώου
- Πολύφυτος
- Σφηκιά
- Ασώματα
- Μακροχώρι
- Άγρας
- Εδεσσαίος
- Θησαυρός
- Πλατανόβρυση



Εικόνα 1.3: Υδροηλεκτρικά εργοστάσια στην Ελλάδα

Ο υδροηλεκτρικός σταθμός Λάδωνα βρίσκεται κοντά στην Ολυμπία στον ποταμό Λάδωνα, έναρξης λειτουργίας το 1956 με ισχύ 70 MW. Το φράγμα είναι τσιμεντένιο αντιρρηδωτό με εξαιρετική παραγωγή. Ο ΥΗΣ Γκιώνας βρίσκεται κοντά στην Άμφισσα, στη σήραγγα προσαγωγής του νερού ύδρευσης της ΕΥΔΑΠ για την Αθήνα από τον ταμιευτήρα του

Μόρνου, με έναρξη λειτουργίας το 1988 και ισχύς 9.6 MW περίπου. Ο ΥΗΣ Ν. Πλαστήρα που αξιοποιεί τα νερά του ποταμού Ταυρωπού και είναι η πρώτη εκτροπή των νερών της λεκάνης απορροής του Αχελώου προς τη Θεσσαλία. Βρίσκεται κοντά στην Καρδίτσα με έναρξη λειτουργίας το 1962 και ισχύς 130 MW. Το φράγμα βρίσκεται στον ποταμό Ταυρωπό 40 περίπου χιλιόμετρα από την Καρδίτσα. Αποτελεί τυπικό παράδειγμα υδροηλεκτρικού έργου που λειτουργεί άριστα ως έργο πολλαπλού σκοπού.



Εικόνα 1.4: Τοξωτό φράγμα στον Ταυρωπό ποταμό.

Ο υδροηλεκτρικός σταθμός Κρεμαστών βρίσκεται στον Αχελώο ποταμό, 60 χιλιόμετρα από το Αγρίνιο. Αποτελείται από ένα μεγάλο χωμάτινο φράγμα και έχει μεγάλο ταμιευτήριο. Η έναρξη λειτουργίας έγινε το 1965 και έχει ισχύς 437 MW. Ο ΥΗΣ Καστρακίου βρίσκεται στον Αχελώο ποταμό μετά τα Κρεμαστά, 25 χιλιόμετρα από το Αγρίνιο. Η έναρξη λειτουργίας του πραγματοποιήθηκε το 1970 και έχει ισχύς 320 MW. Ο ΥΗΣ Στράτος Ι βρίσκεται και αυτός στον Αχελώο μετά το Καστράκι. Είναι υπόγειος σταθμός με έναρξη λειτουργίας το 1988 και με ισχύ 150 MW. Οι τρεις σταθμοί του Αχελώου έχουν μεγάλη παραγωγή και είναι πολύ σημαντικοί για το Σύστημα Παραγωγής – Μεταφοράς.

Ο ΥΗΣ Πουρναρίου Ι εντοπίζεται 4 χιλιόμετρα μακριά από την Άρτα, στον ποταμό Άραχθο. Έχει έναρξη λειτουργίας 1981 με συνολική ισχύς 300 MW. Το εργοστάσιο Πουρνάρι ΙΙ τοποθετείται γεωγραφικά μετά το Πουρνάρι Ι και έχει έναρξη λειτουργίας το 2000 με ισχύς 31.5 MW. Ο ΥΗΣ Λούρου κοντά στη Φιλιπιάδα, έχει τσιμεντένιο φράγμα βαρύτητας, αποδίδει ισχύς 10.5 MW με έναρξη λειτουργίας το 1954. Ο ΥΗΣ Πηγών Αώου εντοπίζεται 45 χιλιόμετρα από τα Ιωάννινα, κοντά στο Μέτσοβο και εκτρέπει μικρό μέρος των νερών του Αώου προς τη λεκάνη του Αράχθου. Φράγμα χωμάτινο με υπόγειο σταθμό

και έναρξη λειτουργίας 1990 με συνολική ισχύς 210 MW. Ο σταθμός Πολυφύτου στον ποταμό Αλιάκμονα βρίσκεται κοντά στα Σέρβια Κοζάνης και αποτελείται από χωμάτινο φράγμα. Έναρξη λειτουργίας 1974 και ισχύς 360 MW. Ιστορικά είναι ένα πολύ σημαντικό έργο για την εξασφάλιση νερού στη Μακεδονία.



Εικόνα 1.5: ΥΗΣ Πολυφύτου στην Μακεδονία

Ο ΥΗΣ Σφηκιάς κατάντη του Πολυφύτου στον Αλιάκμονα, εντοπίζεται 25 χιλιόμετρα από την Βέροια. Το έτος έναρξης λειτουργίας είναι το 1985 με ισχύς 315 MW. Ο σταθμός αυτός είναι αναστρέψιμος, δηλαδή λειτουργεί το βράδυ ως αντλητικός με ισχύς 315 MW για την ρύθμιση του συστήματος ανεβάζοντας τα νερά του ταμιευτήρα Ασωμάτων στον ταμιευτήρα της Σφηκιάς. Επίσης υπάρχει και ο ΥΗΣ Ασωμάτων κατάντη της Σφηκιάς, με έναρξη λειτουργίας 1985 και ισχύς 108 MW. Ο υδροηλεκτρικός σταθμός του Άγρα 2 χιλιόμετρα από την Έδεσσα στον ποταμό Έδεσσαίο έχει χαμηλό χωμάτινο φράγμα και αποδίδει ισχύ 50 MW. Το εργοστάσιο ξεκίνησε να λειτουργεί το 1956. Ο Έδεσσαίος σταθμός εντοπίζεται μετά τους καταρράκτες της Έδεσσας, με έτος έναρξης 1969 και μικρής συνολικής ισχύς 19 MW.

Ο ΥΗΣ Θησαυρού βρίσκεται 60 Km από τη Δράμα κοντά στο Παρανέστι, στο ποταμό Νέστο. Φράγμα υψηλό, λιθόρριπτο χωμάτινο με έτος έναρξης το 1997 και ισχύς 384 MW. Είναι σταθμός αναστρέψιμος με λειτουργία ως αντλητικός το βράδυ ανεβάζοντας το νερό του ταμιευτήρα Πλατανόβρυσης στον ταμιευτήρα Θησαυρού. Ο ΥΗΣ Πλατανόβρυσης κατάντη του Θησαυρού αποτελείται από φράγμα κατασκευασμένο από κυλινδρικό σκυρόδεμα (RCC) και ξεκίνησε να λειτουργεί το 1999 με μέγιστη ισχύ 116 MW. Τέλος υπάρχει μια ομάδα μικρών, ιστορικών υδροηλεκτρικών σταθμών ισχύος κάτω των 10 MW όπως ο Αλμυρός και Αγιά στην Κρήτη, ο Γλαύκος στην Πάτρα, ο Στράτος II (αρδευτικός στο Αγρίνιο), Βέρμιο και Μακροχώρι στην Βέροια, Αγ. Ιωάννης στις Σέρρες με μικρή σχετική Παραγωγή.



Εικόνα 1.6: ΥΗΣ Θησαυρού στη Δράμα.

1.4 Στοιχεία εκμετάλλευσης υδροηλεκτρικών σταθμών

Ακόμη και αν δεν ληφθούν υπόψη οι άλλες ωφέλειες και σταθούμε μόνο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι γνωστό ότι σε ένα διασυνδεδεμένο ηλεκτρικό σύστημα η λειτουργία των ΥΗΣ είναι ζωτικής σημασίας όχι τόσο από πλευράς ενεργειακής όσο για τα άλλα χαρακτηριστικά τους που δίνουν τη δυνατότητα καλύτερης εκμετάλλευσης όλου του πάρκου μονάδων παραγωγής και των γραμμών μεταφοράς και παράλληλα αυξάνουν την ελαστικότητα της παραγωγής και την αξιοπιστία του συστήματος. Εκτός, επομένως των εμφανών ποσοτικών μεγεθών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και εγκατεστημένης ισχύος σε MW με εξαιρετικά υψηλή διαθεσιμότητα, προσφέρουν πολλές υπηρεσίες στο εθνικό ηλεκτρικό διασυνδεδεμένο σύστημα όπως :

- Ρύθμιση των μεταβαλλόμενων φορτίων.
- Παραγωγή άεργου ενέργειας για τις ανάγκες του συστήματος επομένως ρύθμιση της τάσεως.
- Κάλυψη των αιχμών του συστήματος και επομένως καλύτερη εκμετάλλευση των θερμικών σταθμών.

-
- Στρεφόμενη εφεδρεία λόγω της ταχείας ανάληψης φορτίου – επομένως ρύθμιση συχνότητας.
 - Ψυχρή εφεδρεία με την εγκατεστημένη ισχύ για την αντιμετώπιση οποιασδήποτε αντιξοότητας που επιφέρει έλλειμμα παραγωγής.
 - Αύξηση της αξιοπιστίας του συστήματος και βελτιστοποίηση όλης της παραγωγής.

1.5 Οι υδροηλεκτρική σταθμοί ως έργα πολλαπλού σκοπού.

Στην συνέχεια θα εξετάσουμε τις ωφέλειες ή επιπτώσεις που έχουν σχέση με την εκμετάλλευση των υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων και ιδιαίτερα των ταμιευτήρων ως έργα πολλαπλού σκοπού:

- Ύδρευση

Οι ταμιευτήρες μας με την μεγάλη χωρητικότητά τους και το εξαιρετικής ποιότητας νερό εξυπηρετούν πολλές περιοχές εξασφαλίζοντας μεγάλες ποσότητες πόσιμου νερού σε περίπου 2,5 εκατομμύρια πολίτες (Άρτα, Πρέβεζα, Λευκάδα, Αγρίνιο, Καρδίτσα, σύντομα Θεσσαλονίκη). Η διατήρηση της καλής ποιότητας του νερού ως αγαθό απαραίτητο για την ζωή και σε ανεπάρκεια διότι αυξάνεται η κατανάλωση και υποβαθμίζεται η ποιότητα, είναι ο πρώτος στόχος μας. Χρειάζονται καθημερινές μάχες απόκρισης παντός είδους αιτήσεων για ανθρωπογενείς δραστηριότητες στις τεχνητές λίμνες (δρομολόγηση πλοίων, ιχθυοκαλλιέργειες, ναυταθλητισμός, αναψυχή). Υποστηρίζουμε τις δραστηριότητες που είναι συμβατές με το περιβάλλον και την ποιότητα νερού. Η καλή ποιότητα νερού φαίνεται και σε διάφορες μελέτες που έχουν εκπονηθεί κυρίως από το ΕΚΘΕ και άλλους φορείς.

- Άρδευση

Οι ταμιευτήρες εξασφαλίζουν μεγάλες ποσότητες νερού την θερινή περίοδο με αιχμή τον Ιούλιο και τον Αύγουστο για την άρδευση εκτεταμένων περιοχών στα κατάντη των φραγμάτων. Υπολογίζεται ότι αρδεύονται περίπου 5 εκατομμύρια στρέμματα αυξάνοντας τόσο την αξία της παρουσίας των αγροτικών πληθυσμών όσο και το ετήσιο εισόδημα. Θα μπορούσε να προσθέσει κανείς ότι τόσο μεγάλες αρδευόμενες περιοχές συμβάλλουν στην γενικότερη αναβάθμιση του περιβάλλοντος. Με τον τρόπο αυτό οι υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις ενισχύουν την απασχόληση μεγάλου μέρους του πληθυσμού και διατηρούν την χλωρίδα και πανίδα που χωρίς νερό θα καταστρεφόταν. Οι ταμιευτήρες αρδεύουν μεγάλες πεδιάδες όπως Αγρινίου, Μεσολογγίου, Άρτας, Θεσσαλίας, Ημαθίας, Πιερίας, Καβάλας, Ξάνθης, κ.α.

- Αντιπλημμυρική Προστασία

Η ΔΕΗ Α.Ε. με τα φράγματα που κατασκεύασε στα κυριότερα ποτάμια της Ελλάδας προσφέρει αντιπλημμυρική προστασία.

- Ξηρασία – Λειψυδρία

Οι ταμιευτήρες των υδροηλεκτρικών σταθμών προφυλάσσουν πολλές περιοχές της χώρας από μεγάλες καταστροφές και αποφυγή δραματικών καταστάσεων λόγω παρατεταμένης ξηρασίας που εμφανίζεται στη Μεσόγειο.

- Αναπλάσεις – Ελαχίστη παροχή κατάντη – Περιβαλλοντικές Μελέτες

Η ΔΕΗ προσπαθώντας να μειώσει τις επιπτώσεις των έργων προβαίνει σε διάφορα επανορθωτικά μέτρα που προκύπτουν από περιβαλλοντικές μελέτες. Τέτοιες δράσεις είναι οι αναπλάσεις όπως στην Άρτα, στον Αραχθο, δένδροφυτεύσεις όπως στο Στράτο στον Αχελώο κ.τ.λ.. Επίσης στα κατάντη των φραγμάτων εξασφαλίζεται ικανή παροχή για την διατήρηση του οικοσυστήματος του ποταμού. Χωρίς την παρουσία του φράγματος και του αντίστοιχου ταμιευτήρα δεν θα υπήρχαν παροχές στις κοίτες των ποταμών το καλοκαίρι.

- Διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος.

Η μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων με τη χρήση υδροηλεκτρικών έργων παράγει την υδροηλεκτρική ενέργεια. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες εκμεταλλεύονται τη φυσική διαδικασία του κύκλου του νερού. Κάθε μέρα ο πλανήτης μας αποβάλλει μια μικρή ποσότητα νερού καθώς η υπεριώδης ακτινοβολία διασπά τα μόρια του νερού σε ιόντα. Ταυτόχρονα νέες ποσότητες νερού εμφανίζονται λόγω της ηφαιστειακής δραστηριότητας, έτσι ώστε η συνολική ποσότητα του νερού να διατηρείται περίπου σταθερή. Η λειτουργία των υδροηλεκτρικών μονάδων βασίζεται στην κίνηση του νερού λόγω διαφοράς μανομετρικού ύψους μεταξύ των σημείων εισόδου και εξόδου. Κατά τη διέλευσή του νερού από τον αγωγό πτώσεως κινεί έναν στρόβιλο ο οποίος θέτει σε λειτουργία τη γεννήτρια. Μία τουρμπίνα που είναι εγκατεστημένη σε μεγάλη μονάδα μπορεί να ζυγίζει μέχρι 172 τόνους και να περιστρέφεται με 90 rpm. Η ποσότητα του ηλεκτρισμού που παράγεται καθορίζεται από αρκετούς παράγοντες.

Δύο από τους σημαντικότερους είναι ο όγκος του νερού που ρέει και η διαφορά μανομετρικού ύψους μεταξύ της ελεύθερης επιφάνειας του ταμιευτήρα και του στρόβιλου. Η ποσότητα ηλεκτρισμού που παράγεται είναι ανάλογη των δύο αυτών μεγεθών. Συνεπώς, ο παραγόμενος ηλεκτρισμός εξαρτάται από την ποσότητα του νερού του ταμιευτήρα. Για το λόγο αυτόν μόνο σε περιοχές με σημαντικές βροχοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση είναι δυνατόν να κατασκευαστούν υδροηλεκτρικά έργα.

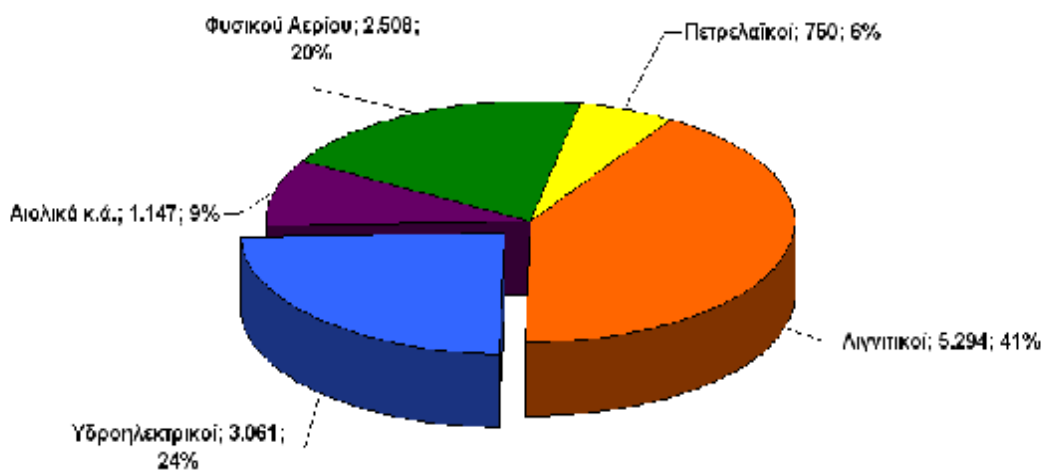
1.6 Συμμετοχή των ΥΗΣ στο Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα.

Η ΔΕΗ Α.Ε. προσφέρει στο εθνικό διασυνδεδεμένο σύστημα, εγκατεστημένη ισχύς που φτάνει έως και τα 12.760 MW. Οι πωλήσεις της αγγίζουν τις 55.153GWh με 7.4 εκατομμύρια καταναλωτές χαμηλής τάσης, 9.056 καταναλωτές μέσης τάσης και 33 καταναλωτές υψηλής τάσης. Παράλληλα, προσφέρει και 24.602 θέσεις εργασίας. Σε όλο αυτό η συμμετοχή των υδροηλεκτρικών σταθμών καλύπτει κατά μέσο όρο το 9% των αναγκών των καταναλωτών με μέση ετήσια παραγωγή, περίπου 4.500MWh. Επίσης, με την ενεργειακή συμβολή των υδροηλεκτρικών σταθμών παρατηρείτε μεγάλη ευελιξία ως

αναφορά τα φορτία αιχμής, επικουρικές υπηρεσίες, ρύθμιση συχνότητας κ.α. Το πιο σημαντικό όμως, είναι ότι οι ΥΗΣ παράγουν πράσινη – οικολογική ενέργεια χωρίς ρύπους. Επιπρόσθετα, οι ΥΗΣ συμβάλουν και ως έργα πολλαπλού σκοπού, τα οποία έχουμε προαναφέρει.

- Ø Παρακάτω ακολουθούν διάφορα διαγράμματα που απεικονίζουν την συμμετοχή των ΥΗΣ στο εθνικό διασυνδεδεμένο σύστημα.

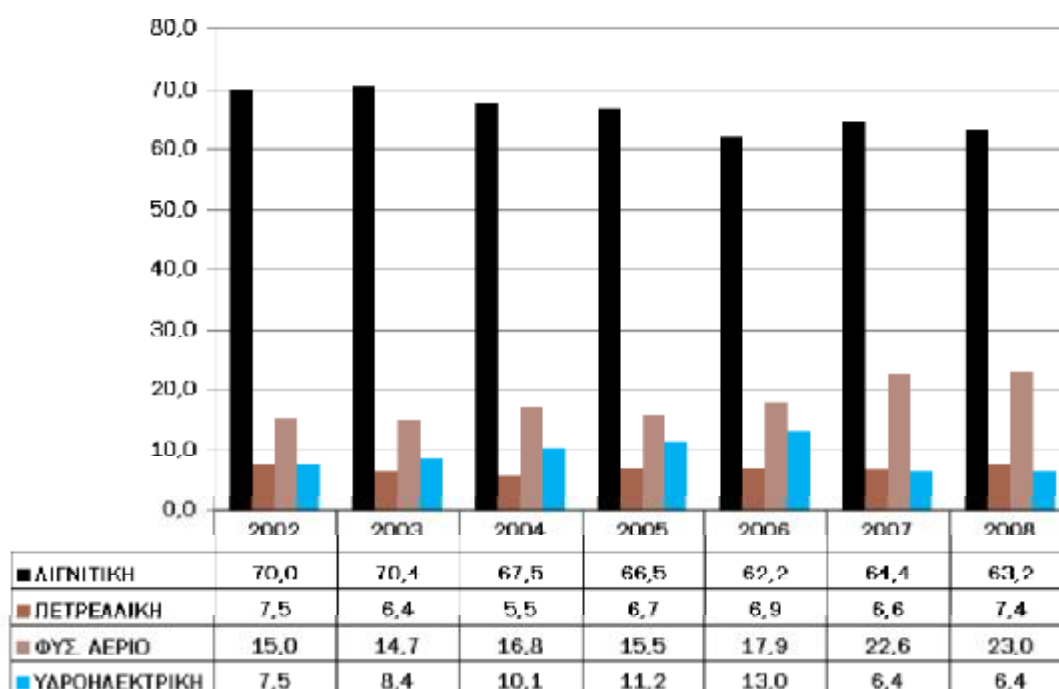
Εγκατ. ΙΣΧΥΣ σταθμών διασυνδ. συστ. ανά τύπο καυσίμου 2008: 12.760 MW



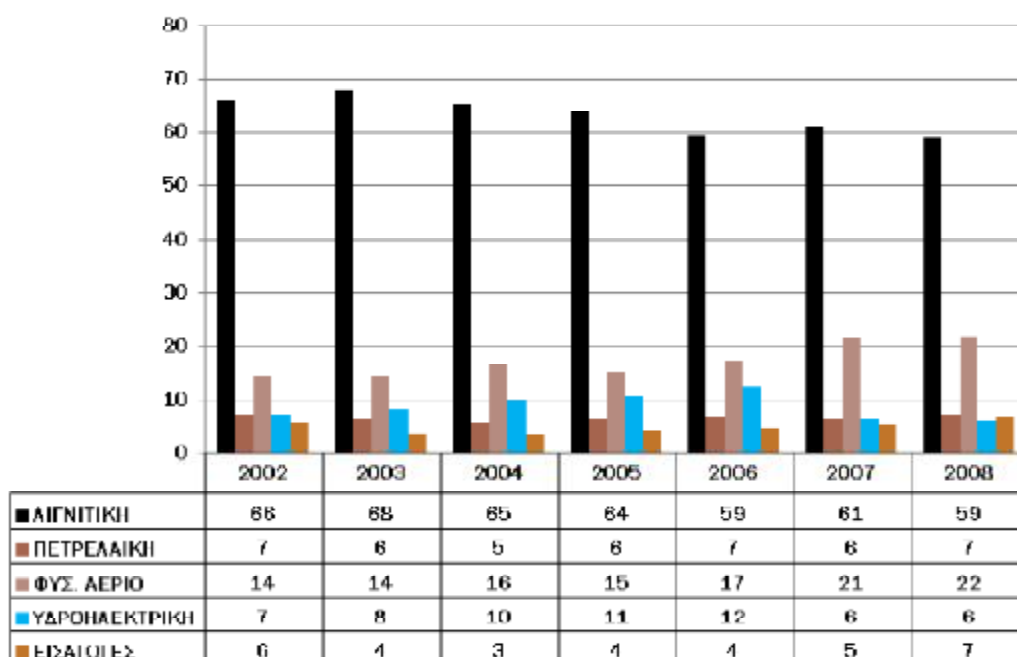
Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας 2008 ανά καύσιμο (GWh)



ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ (%) χωρίς εισαγωγές

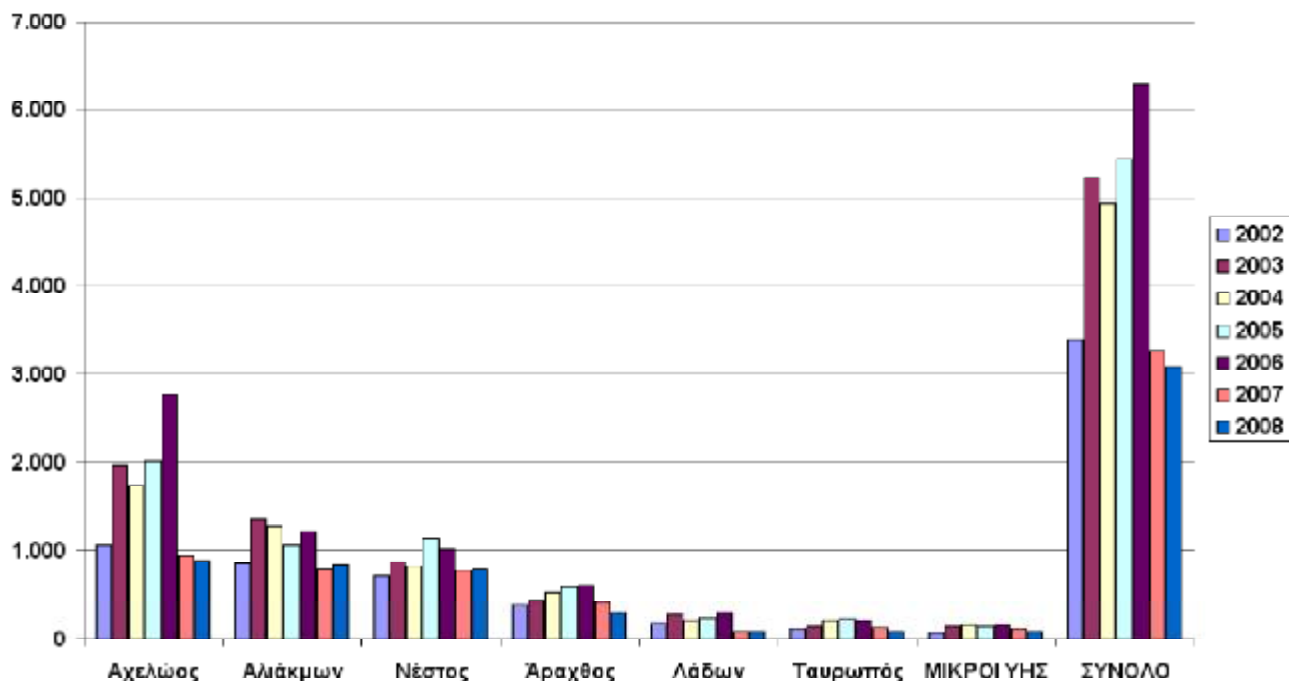


ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ (%) με εισαγωγές

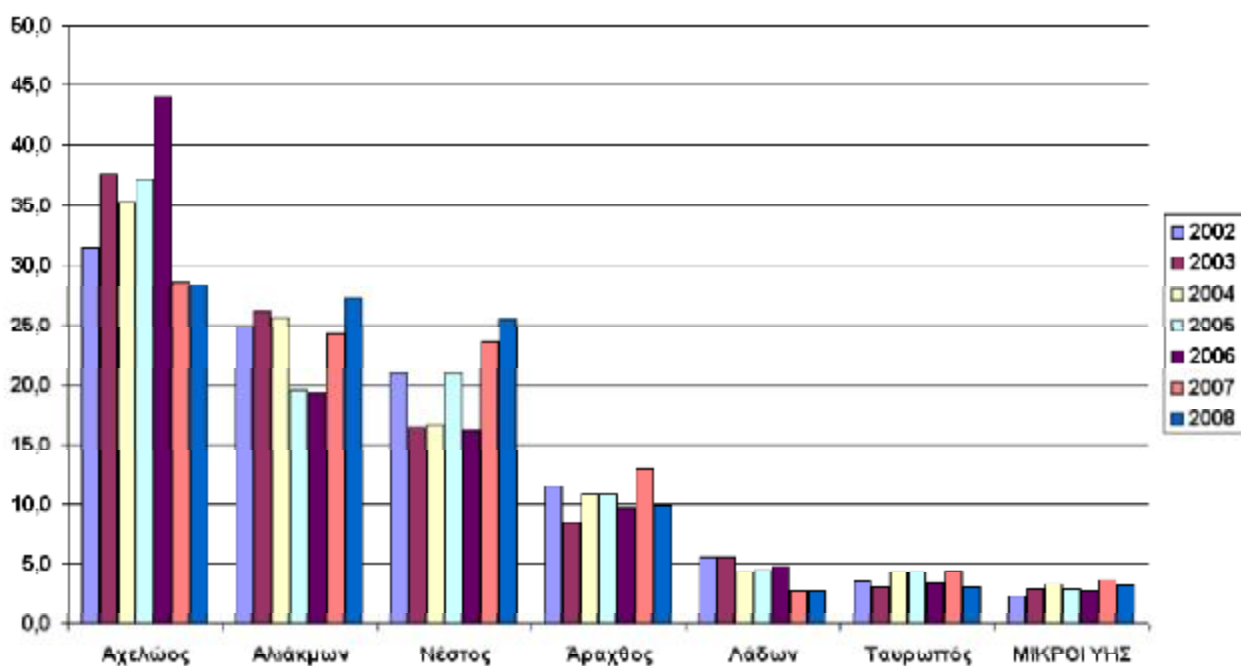


Ø Παρακάτω ακολουθούν διαγράμματα της παραγωγής των υδροηλεκτρικών σταθμών ανά ποταμό από το 2002 έως το 2008.

Ετήσια υδροηλεκτρική παραγωγή ανά ποταμό (GWH)



Ποσοστό συμμετοχής ποταμού στο σύνολο της παραγωγής (%)



1.7 Η ιστορία του υδροηλεκτρικού σταθμού στο Καστράκι Αιτωλοακαρνανίας.

Τα πρώτα φράγματα που κατασκευάστηκαν ήταν του Λούρου το 1954, του Λάδωνα το 1955, του Ταυρωπού το 1959 και των Κρεμαστών το 1965. Ακολούθησε το φράγμα Καστρακίου το 1969, το οποίο παρουσίασε σημαντικό ενδιαφέρον, από την άποψη ότι ήταν το πρώτο που κατασκευάστηκε από ελληνικές εταιρείες (Οδών – Οδοστρωμάτων, Δομική, ΕΔΟΚ – ΕΤΕΡ Α.Ε.). Η μελέτη έγινε από την αμερικάνικη εταιρεία Ebasco Services Inc., με ευρεία όμως συμμετοχή Ελλήνων μηχανικών.



Εικόνα 1.7: Φράγμα Καστρακίου

Το φράγμα αυτό κατασκευάστηκε απέναντι από το χωριό Καστράκι της Αιτωλοακαρνανίας, λίγο έξω από την πόλη του Αγρινίου, σε απόσταση περίπου 35 χιλιόμετρα νότια των Κρεμαστών όπου υπάρχει το πρώτο φράγμα του Αχελώου. Έχει ύψος 96m και είναι φτιαγμένο από αμμοχάλικο του ποταμού με κεντρικό αργιλικό πυρήνα. Ο ταμιευτήρας που σχηματίστηκε είναι τρίλοβος, έχει μέγιστο μήκος 8.5 χιλιόμετρα, μέγιστο πλάτος 6 χιλιόμετρα και το ανάπτυγμα της ακτογραμμής του φτάνει τα 90 χιλιόμετρα. Όταν τα νερά βρίσκονται στη μέγιστη στάθμη τους, σε υψόμετρο 150 m, καλύπτουν έκταση 28 χιλιομέτρων. Ο υδροηλεκτρικός σταθμός, ο οποίος λειτούργησε το 1969, είναι εγκατεστημένος στο αριστερό πρηνές κατάντη του φράγματος και έχει τέσσερις μονάδες συνολικής ισχύος 320 MW. Η λίμνη του Καστρακίου είναι κι αυτή ολιγοτροφική και η πανίδα της είναι παρόμοια μ' εκείνη της λίμνης των Κρεμαστών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.

Υδροηλεκτρική Σταθμοί Μικρής και Μεγάλης Κλίμακας

Είδη Φραγμάτων και Σύστημα Υδροληψίας

2.1 Υδροηλεκτρικοί σταθμοί μικρής κλίμακας

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι διαθέσιμη από μερικές εκατοντάδες Watt μέχρι και 10GW. Στο χαμηλό σημείο αυτού του φάσματος, η υδροηλεκτρική ενέργεια μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις κατηγορίες. Οι ορισμοί των κατηγοριών ποικίλλουν, αλλά συνήθως διακρίνονται στους:

- Ø Μίκρο, με δυναμικό λιγότερο από 100 kW.
- Ø Μίνι, με δυναμικό από 100 kW έως 1 MW.
- Ø Μικρό, με δυναμικό από 1MW έως 5MW.

Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά συστήματα λειτουργούν με την καθοδήγηση μέρους της ροής κάποιου ποταμού στον ρυθμιστή ροής και στον υδροστρόβιλο, ο οποίος κινεί μια γεννήτρια και παραγάγει την ηλεκτρική ενέργεια. Το νερό ρέει έπειτα πίσω στον ποταμό. Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά συστήματα λειτουργούν συνήθως παράλληλα στη ροή του ποταμού, και έτσι δεν διακόπτεται η ροή του. Αυτό είναι προτιμότερο από περιβαλλοντική άποψη, καθώς οι εποχιακές αυξομειώσεις νερού δεν επηρεάζουν την ροή του ποταμού στην κατεύθυνση του ρεύματος, ενώ δεν πλημμυρίζουν κοιλάδες σε υψηλότερα από το σύστημα επίπεδα. Μια περαιτέρω επίπτωση είναι ότι η παραγωγή ενέργειας δεν καθορίζεται με κάποιο έλεγχο της ροής του ποταμού, αλλά αντίθετα ο στρόβιλος λειτουργεί όταν υπάρχει κάποια ροή και σε παραγωγή ενέργειας εξαρτάται αποκλειστικά από αυτή.

Αυτό σημαίνει ότι το μηχανικό σύστημα ρύθμισης της ροής του νερού δεν απαιτείται με αποτέλεσμα να μειώνεται το κόστος και οι απαιτήσεις συντήρησης. Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά συστήματα είναι ιδιαίτερα κατάλληλα ως μακρινές παροχές ηλεκτρικού ρεύματος για τις αγροτικές και απομονωμένες κοινότητες, ως οικονομική εναλλακτική λύση στην επέκταση ή αναβάθμιση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Τα συστήματα παρέχουν μια πηγή φτηνής, ανεξάρτητης και συνεχούς ενέργειας, χωρίς υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

2.2 Υδροηλεκτρικοί σταθμοί μεγάλης κλίμακας

Τα συστήματα υδροηλεκτρικής ενέργειας μεγάλης κλίμακας έχουν εγκατασταθεί σε όλο τον κόσμο, με το μεγαλύτερο να έχει δυναμικότητα 10.000 MW (10 GW). Κάθε ένα από αυτά τα συστήματα μεγάλης κλίμακας απαιτεί ένα πολύ μεγάλο φράγμα, ή μια σειρά φραγμάτων, για να αποθηκεύσει τις τεράστιες ποσότητες νερού που απαιτούνται από το σύστημα. Το φράγμα 'Kariba' στη Ζάμπια της Αφρικής συγκρατεί 160 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερό, και παράγει 1.300 MW ηλεκτρικό ρεύμα. Ενώ η παραγωγή ενέργειας από το νερό έχει τα οφέλη της, από την άποψη των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, έχει επίσης σημαντικές αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Οι εγκαταστάσεις υδροηλεκτρικής ενέργειας έχουν μια καταστρεπτική επίδραση στις ροές των ποταμών και στις παροχές νερού. Για την κατασκευή μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικών έργων χρειάζεται συνήθως να πλημμυρίσουν μεγάλες εκτάσεις εδάφους, οδηγώντας στη μετατόπιση των ανθρώπων που ζουν στην περιοχή, και στις αρνητικές επιδράσεις στην τοπική πανίδα και χλωρίδα. Τα προτεινόμενα σχέδια παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας αντιμετωπίζουν συχνά την έντονη αντίδραση από ομάδες ανθρώπων σχετικές με το

περιβάλλον και τα ανθρώπινα δικαιώματα καθώς προβληματίζονται για τις κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιδράσεις αυτών των αναπτυξιακών προγραμμάτων.



Εικόνα 2.1: Το φράγμα της Kariba στη Ζάμπια της Αφρικής

2.3 Συμπλέγματα Υδροηλεκτρικών Σταθμών

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναφέραμε ονομαστικά όλους τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς της ελληνικής επικράτειας, μικρής και μεγάλης κλίμακας. Όλοι αυτοί οι σταθμοί κατηγοριοποιούνται σαν συγκροτήματα ή συμπλέγματα, σύμφωνα με τον ποταμό στον οποίο εδρεύουν. Το μεγαλύτερο σύμπλεγμα, από θέμα ισχύος, εντοπίζεται στον ποταμό Αχελώο. Αποτελείται από τα φράγματα, των Κρεμαστών, του Καστρακίου, στο Στράτο I και II, της Γκιώνας και τελευταίο στον Γλαύκο Αχαΐας, με συνολική ισχύ 925.6 MW.

Το δεύτερο μεγαλύτερο εντοπίζεται στον ποταμό Αλιάκμονα με τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια του Πολυφύτου, της Σφηκιά, των Ασώματων, της Αγ. Βαρβάρας, του Μακροχωρίου, στο Βέρμιο, του Άγρα και του Εδεσσαίου. Η συνολική ισχύς αυτού του συγκροτήματος αγγίζει τα 880.2 MW. Το συγκρότημα του Αράχθου έχει ισχύ 553.9 MW και αποτελείται από των ΥΗΣ Π. Αώου, του Πουρναρίου I και II και του Λούρου. Το μικρότερο σύμπλεγμα της Ελλάδας βρίσκεται στον ποταμό Νέστο με δύο φράγματα, του Θησαυρού και της Πλατανόβρυσης με συνολική ισχύ 500 MW. Παράλληλα, με τα συγκροτήματα υπάρχει ο υδροηλεκτρικός σταθμός του Ν. Πλαστήρα με ισχύ 129.9 MW και του Λάδωνα με ισχύ 70 MW. Σε όλο αυτό το σύστημα υδροηλεκτροπαραγωγής συνδέονται και κάποιοι μικροί ΥΗΣ, ισχύος 1.3 MW.

2.4 Φράγματα της ΔΕΗ

Τα πρώτα φράγματα που κατασκευάστηκαν ήταν του Λούρου το 1954, του Λάδωνα το 1955 και του Ταυρωπού το 1959. Ήταν και τα τρία από σκυρόδεμα, βαρύτητας του Λούρου, τοξωτό του Ταυρωπού και βαρύτητας μετά διακένων στοιχείων ή αντηριδωτό του Λάδωνα. Αν εξαιρέσουμε το φράγμα του Λούρου, όπου συμμετείχε από ελληνικής πλευράς η ΕΤΕΡ Α.Ε., αυτά τα φράγματα μελετήθηκαν και κατασκευάστηκαν από ξένες εταιρείες. Το 1965 και με αμερικάνικες πιστώσεις, κατασκευάζεται το φράγμα Κρεμαστών στον ποταμό Αχελώο, το πρώτο χωμάτινο και ένα από τα μεγαλύτερα της Ευρώπης. Όπως αναφέραμε και στο πρώτο κεφάλαιο, ακολούθησε το φράγμα Καστρακίου το 1969.

Μετά το φράγμα Καστρακίου, οι Ελληνικές εταιρίες επικεντρώθηκαν στις μελέτες και κατασκευές χωμάτων και λιθόρριπτων φραγμάτων. Έτσι, κατασκευάστηκαν τα φράγματα Πολυφύτου το 1974, Πουρναρίου το 1981, Σφηκιάς και Ασωμάτων το 1985, Στράτου το 1988, Πηγών Αώου το 1989. Στα τέλη του 1997 ολοκληρώθηκε η κατασκευή των φραγμάτων Θησαυρού και Πλατανόβρυσης στο Νέστο και του φράγματος της Μεσοχώρας στον Αχελώο. Τα φράγματα της ΔΕΗ, αν και έχουν υψηλό κόστος κατασκευής, δικαιολογούν την ύπαρξή τους, διότι η παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας αποσβένει αυτό το κόστος και με το παραπάνω, όπως αποδεικνύει η μέχρι τώρα ιστορία των πρώτων φραγμάτων στον ελληνικό χώρο. Επιπλέον, τα φράγματα της ΔΕΗ εξυπηρετούν αρδευτικούς και υδρευτικούς σκοπούς.

Από τα φράγματα αυτά, καινοτομία παρουσιάζουν:

- Το λιθόρριπτο φράγμα Μεσοχώρας του οποίου το στεγανό στοιχείο αποτελεί ανάντη πλάκα σκυροδέματος, η κατασκευή της οποίας απαιτεί ειδική τεχνική και εξειδικευμένο επιστημονικό και εργοτεχνικό προσωπικό.
- Το φράγμα Πλατανόβρυσης από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα με χρήση ιπτάμενης τέφρας στη σύνθεση του σκυροδέματος. Η ιπτάμενη τέφρα προέρχεται από την καύση λιγνίτη στους θερμικούς σταθμούς της Κοζάνης και έχει ως αποτέλεσμα και μείωση του κόστους κατασκευής του έργου.

2.5 Κατηγοριοποίηση των φραγμάτων μέσω της Γεωτεχνικής μηχανικής

Σε όλη την ανθρώπινη ιστορία, οι κοινωνίες αναπτύσσονται κοντά σε υδάτινους πόρους. Είναι φυσικό επακόλουθο, ιδίως όταν αυτοί παύουν να επαρκούν για την κάλυψη όλων των αναγκών των πολιτών, η πλειοψηφία των τεχνικών έργων να αποσκοπεί τόσο στη βέλτιστη εκμετάλλευσή τους όσο και στη συγκράτηση της καταστροφικής τους δράσης, όταν αυτό είναι απαραίτητο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων έργων αποτελούν τα φράγματα.

Ξεκινώντας από πρόχειρα αναχώματα για τη συγκράτηση των νερών, περνάμε σε πιο σύνθετες δομές, όπως λιθόθετα φράγματα, λιθοδομές, γεωφράγματα, τοξωτά φράγματα καθώς και σε συνδυασμούς της πολλαπλής χρησιμότητας αυτών των έργων: ταμίευση νερού, αντιπλημμυρική προστασία, συγκράτηση φερτών. Οποιαδήποτε κι αν είναι η σκοπιμότητα κατασκευής ενός φράγματος, το τεχνικό έργο μπορεί σε κάθε περίπτωση να κατηγοριοποιηθεί βάσει των υλικών κατασκευής του και της στατικής του λειτουργίας.

2.5.1 Τύποι Φραγμάτων

Οι τρεις μεγάλες κατηγορίες φραγμάτων είναι:

- Τα άκαμπτα
- Τα εύκαμπτα
- Τα μικτά ή σύνθετα

Τα άκαμπτα κατηγοριοποιούνται σε:

- Ø Βαρύτητας
- Ø Τοξωτά
- Ø Αντηριδωτά

Τα εύκαμπτα χωρίζονται σε:

- Ø Χωμάτινα
- Ø Λιθόριπτα

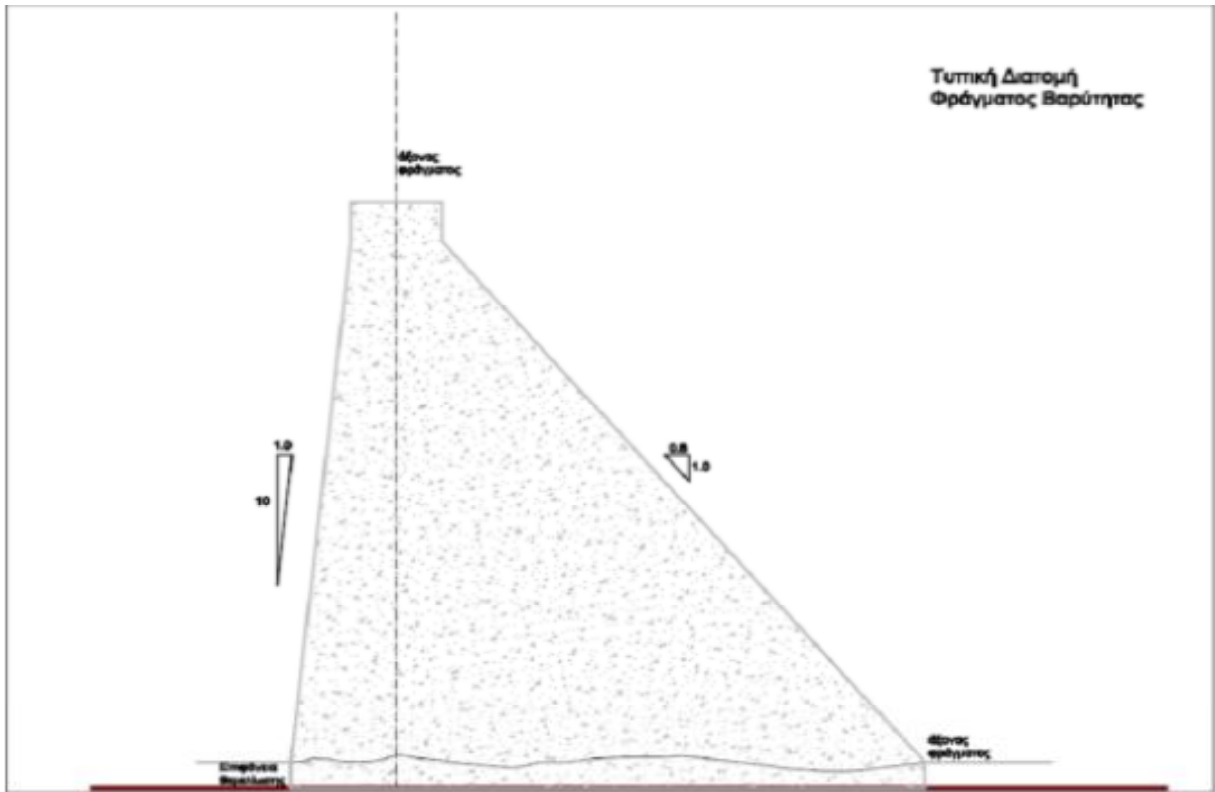
Ο τύπος μικτών φραγμάτων συνδέει την γεωτεχνική βαρύτητας, χωμάτινο και αντηριδωτά μαζί.

2.5.2 Ακαμπτα Φράγματα – Βαρύτητας

Με τον όρο φράγματα βαρύτητας περιγράφονται όλες εκείνες οι μορφές φραγμάτων που διατηρούν την ευστάθειά τους βάσει του αυξημένου ιδίου βάρους τους, χωρίς όμως να συμπεριλαμβάνονται τα γεωφράγματα. Τα ξεχωριστά τεχνικά χαρακτηριστικά τους τα ομαδοποιούν σε διαφορετική κατηγορία. Κατά συνέπεια, ως φράγματα βαρύτητας ορίζονται οι κατασκευές εκείνες που η δομή και το υλικό τους εξασφαλίζουν το μεγάλο ίδιον βάρος.

Όποια κι αν είναι η τεχνολογία του υλικού που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του σώματος του φράγματος βαρύτητας, η ανάληψη των οριζόντιων ωθήσεων πραγματοποιείται από τη διατμητική αντοχή του υλικού του σώματος καθώς και από τη διεπιφάνεια σώματος – εδάφους θεμελίωσης. Ταυτόχρονα, το βάρος της κατασκευής δρα αντισταθμιστικά στις ανατρεπτικές ροπές από τα επιβαλλόμενα φορτία ανά πάσα στιγμή κατά τη διάρκεια ζωής του έργου. Κατά τη διάρκεια της ιστορικής τους εξέλιξης, φαίνεται ότι προηγήθηκαν τα λιθόκτιστα φράγματα και ακολούθησαν τα φράγματα από συμβατικό σκυρόδεμα. Με τον όρο συμβατικό σκυρόδεμα εννοείται το μίγμα αδρανών, νερού, ποζολάνων και τσιμέντου, με το τελευταίο σε περιεκτικότητα 250kg/m³ σκυροδέματος.

Το σκληρό μίγμα είναι ένα ομοιογενές υλικό με αυξημένο βάρος, πυκνότητα της τάξης των 2400 kg/m³ και πρακτικά αδιαπέρατο. Η συμπεριφορά του αυτή επιτρέπει την κατασκευή τριγωνικών διατομών με πολύ απότομες κλίσεις παρειών. Η κλίση στην κατάντη παρειά είναι μικρότερη του 0,67:1 (Ο:Κ), ενώ η ανάντη είναι συνήθως κατακόρυφη ή πολύ μικρής κλίσης: 0,1:1(Ο:Κ).



Εικόνα 2.2: Τυπική διατομή φράγματος βαρύτητας

Παραμένοντας στον παράγοντα γεωμετρία, οι παρειές τέμνονται στη στέψη, εάν νοητά προεκταθούν και η μεθοδολογία κατασκευής με συναρμογή ανεξάρτητων μονόλιθων συμπαγούς σκυροδέματος επιτρέπει την ευελιξία στη χάραξη του οριζοντίου άξονα του φράγματος: ευθύγραμμος, καμπύλος, τεθλασμένος. Οι αρχές σχεδιασμού των φραγμάτων από συμβατικό σκυρόδεμα, που σήμερα εφαρμόζονται, καλλιεργήθηκαν από τις ανάγκες που στην πορεία εξέλιξης των κατασκευών αυτών προέκυψαν. Το αξιοσημείωτο είναι ότι οι αρχές σχεδιασμού των φραγμάτων βαρύτητας παραμένουν οι ίδιες παρ' όλες τις κατά καιρούς αναπροσαρμογές τους βάσει των διαφοροποιήσεων στα υλικά και τις μεθόδους κατασκευής. Σε γενικές γραμμές συνίστανται στα φορτία που λαμβάνονται υπ' όψιν κατά το σχεδιασμό, στην ανάλυση ευστάθειας, στις απαιτήσεις της θεμελίωσης και τέλος στην επιλογή καταλληλότερης διάταξης υπερχειλιστή.

Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι τα φράγματα βαρύτητας αντιδρούν στις υδροστατικές πιέσεις, στις ανώσεις, στις δυνάμεις ανατροπής και τις σεισμικές φορτίσεις με το βάρος τους. Η τομή τους σχεδιάζεται έτσι ώστε να αντιστέκονται σε:

- Ανατροπή και ολίσθηση συνεπεία των υδροστατικών και των σεισμικών φορτίσεων.
- Θραύση συνεπεία διαφορικών καθιζήσεων και εφελκυστικών δυνάμεων.



Εικόνα 2.3: ΥΗΣ Πλατανόβρυσης, κτίστηκε από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα αποτελούμενο από ένα μέρος τσιμέντου και τρία μέρη τέφρας προερχόμενης από το ΘΗΣ της Πτολεμαΐδας.

2.5.3 Ακαμπτα Τοξωτά Φράγματα

Τα τοξωτά φράγματα κατασκευάζονται σε στενές κοιλάδες μεγάλου ύψους αντί των φραγμάτων βαρύτητας. Επιτυγχάνεται οικονομία στον όγκο του απαιτούμενου σκυροδέματος σε ποσοστό έως και 70%. Κατασκευάζονται από σπλισμένο αλλά και άοπλο σκυρόδεμα. Όταν το πάχος τους είναι μεγάλο λειτουργούν εν μέρει και ως φράγματα βαρύτητας. Μεταφέρουν τις υδροστατικές πιέσεις στα αντερείσματα. Απαιτείται λεπτομερής διερεύνηση των μηχανικών χαρακτηριστικών της βραχομάζας των αντερεισμάτων (αντοχή, μέτρο ελαστικότητας βραχομάζας, προσανατολισμός, εύρος, πυκνότητα και μέγεθος των ασυνεχειών).



Εικόνα 2.4: Τοξωτό από σκυρόδεμα, διπλής καμπυλότητας.

2.5.4 Ακαμπτα Αντηριδωτά Φράγματα

Αποτελούνται από μια πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος η οποία αντιστηρίζεται από αντηρίδες μεταβλητού πλάτους. Με αυτό επιτυγχάνεται οικονομία στον όγκο του απαιτούμενου σκυροδέματος σε ποσοστό έως και 90% σε σχέση με τα φράγματα βαρύτητας. Επίσης, τα αντηριδωτά φράγματα μεταφέρουν τις υδροστατικές πιέσεις κυρίως στην επιφάνεια θεμελίωσης και δευτερευόντως στα αντερίσματα. Παράλληλα, είναι σημαντικό να πραγματοποιείται η λεπτομερής διερεύνηση των μηχανικών χαρακτηριστικών της βραχομάζας της επιφάνειας θεμελίωσης. Άρα είναι αναγκαία η υψηλή αντοχή.



Εικόνα 2.5: Αντηριδωτό φράγμα του εξωτερικού

2.5.5 Εύκαμπτα Λιθόριπτα Φράγματα

Τα φράγματα αυτά μπορούν να κατασκευαστούν σε οποιαδήποτε κοιλάδα και δεν απαιτούν σχηματισμούς θεμελίωσης εξαιρετικής ποιότητας. Το κόστος δόμησης ενός τέτοιου φράγματος είναι πολύ οικονομικό λόγω των υλικών κατασκευής. Το σώμα στήριξης κατασκευάζεται από χονδροκλαστικά υλικά ποτάμιας προέλευσης ή από βραχώδη υλικά δανειοθαλάμων. Το βάρος ανά τεμάχιο κυμαίνεται από 50 έως 100 kgr. Το αδιαπέρατο στοιχείο του φράγματος μπορεί να είναι αργιλικός πυρήνας κατακόρυφος ή κεκλιμένος, ανάντι πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα ή ασφαλτικός τάπητας.



Εικόνα 2.6: Λιθόριπτο φράγμα στο Καστράκι Αιτωλοακαρνανίας

2.5.6 Εύκαμπτα Χωμάτινα Φράγματα

Όπως και τα λιθόριπτα, αυτά τα φράγματα μπορούν να κατασκευαστούν σε οποιαδήποτε κοιλάδα και δεν απαιτούν σχηματισμούς θεμελίωσης εξαιρετικής ποιότητας. Ένα τέτοιο φράγμα χρησιμοποιεί οικονομικά υλικά κατασκευής, αφού δομείται αποκλειστικά και μόνο από γαιώδη υλικά. Τα χωμάτινα φράγματα διακρίνονται σε:

- Ομογενή
- Ζωνώδη

Τα ομογενή, φυσικά, χρησιμοποιούν το ίδιο υλικό κατασκευής ενώ τα ζωνώδη μπορεί να έχουν κατακόρυφο ή κεκλιμένο αργιλικό πυρήνα.



Εικόνα 2.7: Το χωμάτινο φράγμα του ΥΗΣ Σφηκιάς

2.6 Το φράγμα, η υδροληψία, το σύστημα προσαγωγής και απαγωγής του νερού

Τα κύρια μέρη των έργων πολιτικού μηχανικού ενός μεγάλου υδροηλεκτρικού έργου είναι: το φράγμα, η υδροληψία, το σύστημα προσαγωγής και απαγωγής του νερού και ο υδροηλεκτρικός σταθμός παραγωγής για τον οποίο θα μιλήσουμε σε επόμενο κεφάλαιο.

Το φράγμα έχει ως σκοπό την τροφοδοσία του αγωγού προσαγωγής ή πτώσεως ενώ παράλληλα επιδιώκεται ο σχηματισμός ταμιευτήρα νερού μέσω του οποίου ανεξαρτητοποιείται, ως ένα βαθμό, η παραγωγή ενέργειας από τον ρυθμό της φυσικής παροχής του ποταμού. Το φράγμα κατασκευάζεται στην κοίτη του ποταμού. Για την επιλογή της πλέον κατάλληλης θέσης για την κατασκευή του φράγματος λαμβάνεται υπόψη μεγάλο πλήθος κριτηρίων όπως:

- ο σχηματισμός ταμιευτήρα μεγάλης χωρητικότητας
- το κόστος και η ευκολία κατασκευής του
- σχηματισμός μεγάλης υψομετρικής διαφοράς με το κατά δυνατόν μικρότερο μήκος αγωγού προσαγωγής, κ.α.

Για τον λόγο αυτό η επιλογή της θέσης ενός φράγματος και ο καθορισμός των βασικών χαρακτηριστικών τους είναι αποτέλεσμα οικονομοτεχνικής μελέτης που εξετάζει διάφορες εναλλακτικές λύσεις. Η θέση του φράγματος καθορίζεται ως ένα βαθμό και τον τύπο του φράγματος. Δηλαδή, αν είναι βαρύτητας (χωμάτινο ή από σκυρόδεμα) ή τοξωτό (από οπλισμένο σκυρόδεμα). Το φράγμα συνοδεύεται και από τα ακόλουθα κύρια έργα τα οποία εξυπηρετούν το έργο ή σχετίζονται με την ασφάλεια του:

- τον εκχυλιστή
- τη σήραγγα εκτροπής
- τον εκκενωτή πυθμένα

- πύργος εκτόνωσης
- άνω βαλβίδα
- και η υδροληψία

Αναλυτικότερα, ο εκχειλιστής έχει ως σκοπό τη διοχέτευση πλημμυρικής παροχής ώστε η στάθμη του νερού να μην ξεπεράσει τη στέψη του φράγματος. Οι εκχειλιστές των ΥΗΣ που κατασκευάζονται κατά τον ρου ενός ποταμού και οι οποίοι σκοπό έχουν είτε τη δημιουργία της υδραυλικής πτώσης στην περίπτωση μικρού ύψους κατά τον ρου του ποταμού, είτε τη διαμόρφωση μίας στάθμης του νερού, που να εξασφαλίζει ικανοποιητικές συνθήκες στην υδροληψία, δηλαδή στην είσοδο της διώρυγας ή του αγωγού προσαγωγής. Εκχειλιστές που συνήθως χρησιμοποιούνται σε μικρούς σταθμούς είναι οι πλευρικοί και οι σωληνοειδείς που εφαρμόζονται σε ΥΗΕ μικρού ύψους πτώσεως και όταν είναι επιθυμητή η διατήρηση της ανάντι στάθμης σε περιορισμένα όρια διακύμανσης. Από την σήραγγα εκτροπής διοχετεύεται η φυσική παροχή κατά τη διάρκεια της τελευταίας φάσης κατασκευής του φράγματος. Μέσω του εκκενωτή πυθμένα εκκενώνεται ο ταμιευτήρας σε περίπτωση ανάγκης ή συντήρησης ενώ επίσης από αυτόν διοχετεύεται η απαιτούμενη παροχή συντήρησης της κοίτης του ποταμού.

Ο πύργος εκτόνωσης είναι υπόγειος με συγκεκριμένη διάμετρο και ύψος σε κάθε υδροηλεκτρική εγκατάσταση και χρησιμοποιείται για την προστασία του αγωγού προσαγωγής από υπερβολικές πιέσεις καθώς και την παροχή της πρόσθετης ποσότητας νερού που απαιτείται κατά την εκκίνηση των μονάδων. Η άνω βαλβίδα είναι μια βαλβίδα τύπου πεταλούδας με συγκεκριμένη διάμετρο που χρησιμοποιείται για προστασία του αγωγού προσαγωγής στο τμήμα που ξεκινάει απ' αυτήν και καταλήγει στο σταθμό παραγωγής σε περίπτωση υπερβολικής ταχύτητας του νερού στον αγωγό. Η υδροληψία πραγματοποιείται από το στόμιο εισόδου του αγωγού ή της σήραγγας προσαγωγής.



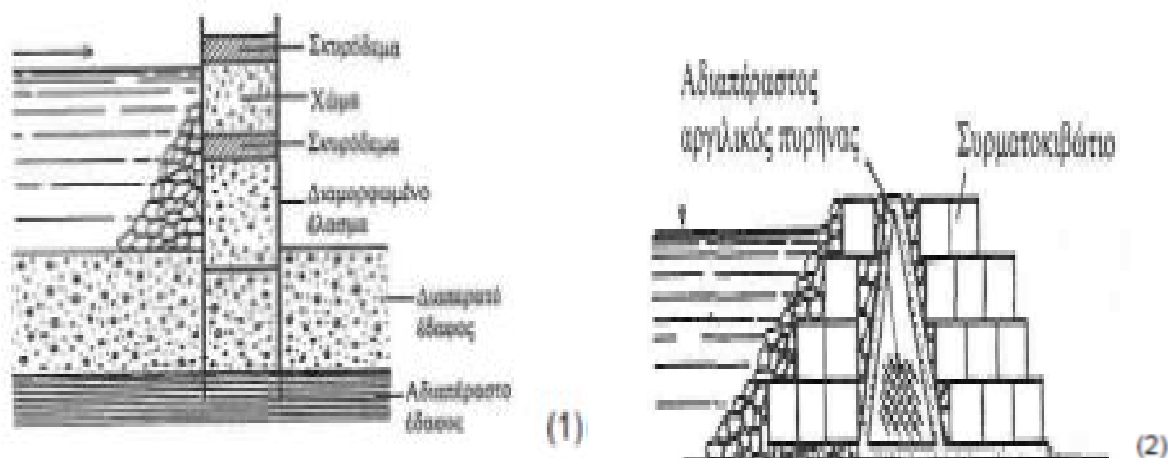
Εικόνα 2.8: Εκκενωτής πυθμένα

Το υδραυλικό σύστημα προσαγωγής και απαγωγής της παροχής από το φράγμα στους υδροστρόβιλους και στη συνέχεια στην φυσική κοίτη του ποταμού αποτελείται από την σήραγγα και τον αγωγό προσαγωγής, τις βάνες και τα θυροφράγματα. Ανάλογα με τη διαμόρφωση του έργου, το σύστημα προσαγωγής μπορεί να μην περιλαμβάνει σήραγγα ή και αγωγό προσαγωγής όπως στην περίπτωση υδροστρόβιλων βολβοειδούς τύπου. Ο αγωγός προσαγωγής είναι χαλύβδινος με διάμετρο η οποία καθορίζεται με οικονομοτεχνικά κριτήρια και η οποία ενδέχεται να μην είναι ομοιόμορφη σε όλο το μήκος του αγωγού. Στην

περίπτωση αγωγού προσαγωγής μεγάλου μήκους προκύπτει προτιμότερη η κατασκευή ενός αγωγού προσαγωγής για την τροφοδοσία όλων των υδροστροβίλων του ΥΗΣ, ενώ στην αντίθετη περίπτωση κάθε υδροστροβίλος τροφοδοτείται από ανεξάρτητο αγωγό. Για τις ανάγκες κατασκευής και συντήρησης του έργου προβλέπονται τα θυροφράγματα και οι βάνες διακοπής ανάντι και κατάντη των υδροστροβίλων και οι οποίες κατά την διάρκεια της κανονικής λειτουργίας είναι πλήρως ανοικτές.

2.6.1 Έργα σύλληψης του νερού – Φράγματα

Σε ότι αφορά τις τυπικές επιλογές φραγμάτων, εάν είναι φράγματα βαρύτητας επιλέγεται ως υλικό πλήρωσης του αδιαπέραστου πυρήνα διαμορφωμένα στεγανά χαλυβοελάσματα, ενώ σπάνια επιλέγεται τοξωτό φράγμα, λόγω των υψηλών προδιαγραφών που απαιτεί η μελέτη και η κατασκευή του. Συχνά, σε μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς επιλέγονται τύποι φραγμάτων απλής κατασκευής από υλικά που αφθονούν στην περιοχή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα λιθόκτιστα φράγματα, τα οποία απαιτούν πολλά εργατικά και λίθους καλής ποιότητας. Σε περίπτωση εδάφους ιδιαίτερα διαπερατού και για ύψος έως 3m είναι δυνατή η διαμόρφωση στεγανού παραπετάσματος από χαλυβοελάσματα κατάλληλης διατομής, σε μονή ή διπλή σειρά. Μειονέκτημα της εφαρμογής αυτής είναι το κόστος καθώς απαιτούνται υλικά και ειδικός εξοπλισμός των οποίων το κόστος μεταφοράς ίσως να είναι δυσανάλογα υψηλό, ιδίως σε απομακρυσμένες περιοχές. Άλλες δυνατές κατασκευές είναι τα φράγματα βαρύτητας με αργιλικό πυρήνα και κυβικά πλέγματα από ανοξείδωτο ή από γαλβανισμένο συρματοπλέγμα γεμισμένα με χαλίκια.



Εικόνα 2.9: Φράγμα από διαμορφωμένα χαλυβοελάσματα (1). Φράγμα με εγκιβωτισμένα χαλίκια και αδιαπέραστο αργιλικό πυρήνα (2).

2.6.2 Έργα υδροληψίας

Σκοπός του έργου υδροληψίας είναι η οδήγηση της παροχής του νερού στη διώρυγα προσαγωγής ή κατ' ευθείαν στον αγωγό πτώσεως ή προσαγωγής, για την περίπτωση στην οποία δεν παρεμβάλλεται ανοικτή διώρυγα, εξασφαλίζοντας τη δυνατότερη ομοιόμορφη ροή ώστε να μην αναπτυχθούν υπερβολικές ταχύτητες, οι οποίες θα προκαλούσαν αποκόλληση και σχηματισμό στροβιλισμών. Το έργο υδροληψίας πρέπει να είναι εφοδιασμένο με σχάρα η οποία θα συγκρατεί τα επιπλέοντα σώματα όπως κλαδιά δένδρων κ.α., με θυρόφραγμα ή βάνα ώστε να διακόπτεται η ροή στην περίπτωση ηθελημένης διακοπής της λειτουργίας στην

περίπτωση συντήρησης και να φέρει διάταξη εξαμμωτή, ώστε τα αιωρούμενα σωματίδια να απομακρύνονται και να μη συμπαρασύρονται προς τους υδροστροβίλους.

Η διαμόρφωση εξαμμωτή είναι πολύ μεγάλης σημασίας στην περίπτωση κατά την οποία η χωρητικότητα και η έκταση του ταμιευτήρα ανάντι του φράγματος ή του εκχειλιστή είναι μικρή, όπως συνήθως συμβαίνει στα μικρά υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Διάταξη εξαμμωτή δεν απαιτείται, σε περίπτωση σταθμού με μικρό ύψος πτώσης κατά το ρου του ποταμού, όταν η κλίση του υδατορεύματος, σε αρκετή απόσταση ανάντι του έργου, είναι μικρή οπότε και η ταχύτητα της ροής είναι μικρή με αποτέλεσμα η ποσότητα των αιωρούμενων σωματιδίων να είναι αμελητέα. Θα πρέπει όμως σε περίπτωση εξαιρετικών πλημμυρικών επεισοδίων να διακόπτεται η λειτουργία των υδροστροβίλων ώστε να αποφεύγεται η φθορά τους από μηχανική διάβρωση.

Η παροχή φερτών και αιωρούμενων σωματιδίων σε μία διατομή υδατορεύματος είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθεί με ακρίβεια. Στις ορεινές περιοχές που το πρόβλημα είναι περισσότερο έντονο προτείνεται η κατασκευή προφράγματος ανάντι του κυρίως φράγματος ή του εκχειλιστή, από φυσικούς λίθους μεγάλου μεγέθους, ώστε να συγκρατούνται οι φερτές ύλες. Ο καθαρισμός της λεκάνης ανάντι του προφράγματος πρέπει να γίνεται περιοδικά με μηχανικά μέσα και για το λόγο αυτό η θέση κατασκευής του προφράγματος θα πρέπει να είναι προσβάσιμη. Η υδροληψία είναι σχεδιασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε ένα μέρος της παροχής να αποδίδεται απευθείας στο φυσικό υδατόρευμα, προκειμένου να διατηρούνται ικανές συνθήκες επιβίωσης για το παρόχθιο οικοσύστημα.

Τα κυριότερα μέρη του έργου της υδροληψίας είναι:

- Διώρυγα υδροληψίας

Η ροή που οδηγείται μέσω της διώρυγας υδροληψίας στην διώρυγα προσαγωγής ή κατ' ευθείαν στον αγωγό πτώσεως πρέπει να είναι απαλλαγμένη από φερτές ύλες. Πρέπει να διαμορφώνεται κοντά στον εκχειλιστή ώστε να αποφεύγεται ο σχηματισμός νεκρών ζωνών ή ανακυκλοφορίας, όπου ευνοείται η κατακάθιση των αιωρούμενων σωματιδίων, δηλαδή της άμμου. Η γωνία μεταξύ της διώρυγας και της διεύθυνσης της ροής του υδατορεύματος μπορεί να είναι ακόμη και ορθή, αρκεί η ταχύτητα της ροής του υδατορεύματος να μην ξεπερνά το 1m/sec. Σε ότι αφορά το σημείο διαμόρφωσής της είναι προτιμότερο το κοίλο τμήμα του υδατορεύματος, καθώς η ζώνη ανακυκλοφορίας και κατακάθισης των φερτών σχηματίζεται στην απέναντι κυρτή καμπυλότητα.

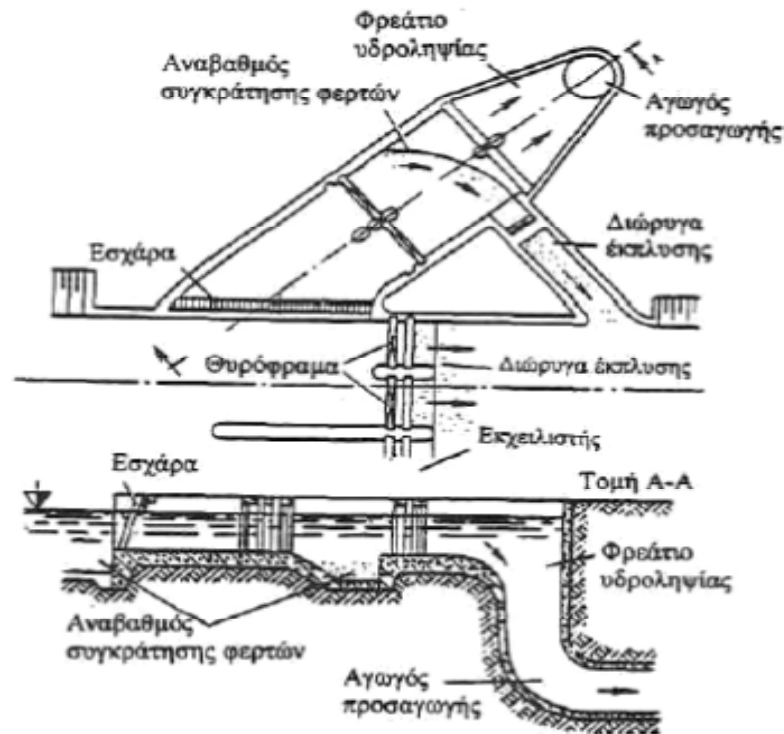
- Σχάρα συγκράτησης

Στην είσοδο της διώρυγας υδροληψίας τοποθετείται σχάρα η οποία συγκρατεί τα επιπλέοντα σώματα (κλαδιά δένδρων κλπ.) ώστε να μην εισχωρήσουν σε αυτή. Οι ράβδοι είναι κατασκευασμένοι από μέταλλο ή πλαστικό για μικρές υδραυλικές απώλειες. Η καθαρή διατομή της σχάρας, δηλαδή ολική διατομή μείον τη διατομή των ράβδων της σχάρας, υπολογίζεται έτσι ώστε να αντιστοιχεί σε μέση ταχύτητα όχι μεγαλύτερη από 0,75m/sec για πολύ μικρές παροχές ή 1,5m/sec για μεγαλύτερες παροχές.

- Αναβαθμός πυθμένα

Η μη εισχώρηση των φερτών υλών στην διώρυγα υδροληψίας επιτυγχάνεται με την κατάλληλη διαμόρφωση της εισόδου του νερού σε αυτή, συνήθως με την κατασκευή αναβαθμού, δηλαδή ο πυθμένας της διώρυγας υδροληψίας είναι κατά 1-2m ψηλότερα από τον αρχικό πυθμένα της λεκάνης (Σχήμα 3.4). Πιο αποτελεσματικός στην συγκράτηση των φερτών θεωρείται ο αναβαθμός με προέκταση μορφής προβόλου. Οι φερτές ύλες που

συσσωρεύονται ανάντι του αναβαθμού θα πρέπει περιοδικά να απομακρύνονται και για το λόγο αυτό ανάντι του αναβαθμού και μεταξύ του εκχειλιστή και της διώρυγας υδροληψίας διαμορφώνεται διώρυγα έκπλυσης. Με το άνοιγμα θυροφράγματος σχηματίζεται ροή υψηλής ταχύτητας η οποία συμπαρασύρει τις φερτές ύλες κατάντη του εκχειλιστή.



Εικόνα 2.10: Διώρυγα υδροληψίας με αναβαθμό

- Ορεινή υδροληψία

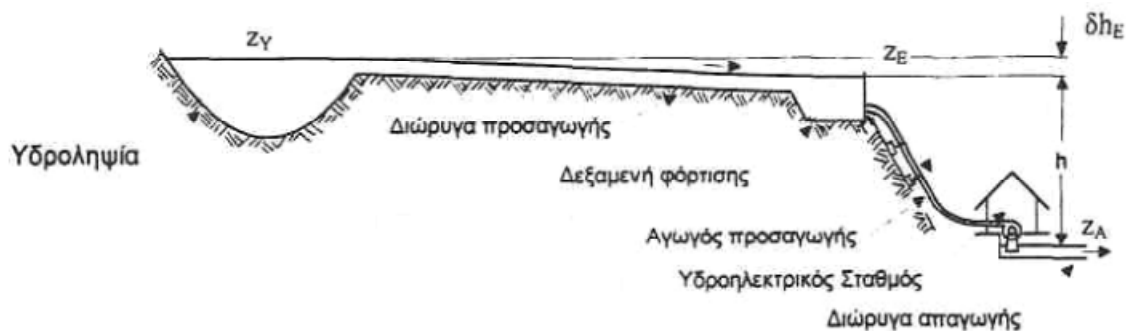
Μία μορφή υδροληψίας κατάλληλη για ορεινές περιοχές με μεγάλη στερεοπαροχή και απότομες μεταβολές της παροχής του υδατορεύματος είναι η λεγόμενη ορεινή υδροληψία. Έχει την μορφή εκχειλιστή στο πάνω μέρος του οποίου τοποθετείται σχάρα με τις λάμες διατεταγμένες κατά την φορά της ροής ή διάτρητο έλασμα. Η παροχή του υδατορεύματος υπερχειλίζει την όλη κατασκευή και μέρος ή στο σύνολο της διέρχεται από τα διάκενα της σχάρας ή τις οπές του διάτρητου ελάσματος προς την συλλεκτήρια διώρυγα, διαμορφωμένη κατά το πλάτος του εκχειλιστή, έπειτα στη διάταξη του αμμοκράτη και στη συνέχεια στη διώρυγα ή τον αγωγό προσαγωγής αν απαιτηθεί. Τα βασικά πλεονεκτήματα της ορεινής υδροληψίας είναι η απλότητα της κατασκευής, η εύκολη συντήρηση και η αποτελεσματικότητά της στην αποφυγή εισόδου φερτών υλών στον προσαγωγό. Η κατασκευή αναβαθμό μπορεί να εφαρμοστεί και σε αυτή την περίπτωση.

- Διώρυγα προσαγωγής – Δεξαμενή φόρτισης

Η διώρυγα προσαγωγής ΥΗΕ προσάγει την παροχή του νερού από την υδροληψία στην δεξαμενή φόρτισης, από την οποία τροφοδοτείται ο αγωγός πτώσεως όπως φαίνεται στην εικόνα 2.10. Σε πολλές περιπτώσεις κρίνεται αναγκαία η κάλυψη της στέψης της διώρυγας, κυρίως σε σημεία στα οποία υπάρχει κίνδυνος να πέσουν σε αυτή χώματα ή πέτρες λόγω κατολισθήσεων. Η δεξαμενή φόρτισης διαμορφώνεται στο άκρο της διώρυγας προσαγωγής και από αυτή τροφοδοτείται ο αγωγός πτώσης. Η θέση κατασκευής της επιλέγεται ώστε το

μήκος του αγωγού πτώσης να είναι το μικρότερο δυνατό ώστε να μειώνεται το κόστος του αγωγού και η ένταση των μεταβατικών φαινομένων – υδραυλικών πηλγμάτων.

Ο βασικός ρόλος της δεξαμενής φόρτισης είναι η απρόσκοπτη τροφοδοσία του αγωγού πτώσεως και των υδροστροβίλων κατά την φάση της εκκίνησης των μονάδων η οποία στους μικρούς υδροστροβίλους διαρκεί περίπου 5sec, χρόνο στον οποίο ο αγωγός δεν θα μπορούσε να τροφοδοτηθεί από την διώρυγα με αποτέλεσμα την είσοδο αέρα στον αγωγό πτώσεως και τη μη ομαλή εξέλιξη της λειτουργίας της μονάδας.



Εικόνα 2.11: Σχηματική διάταξη μικρού ΥΗΣ με διώρυγα προσαγωγής και δεξαμενή φόρτισης.

Λόγω του σχετικά μεγάλου όγκου της δεξαμενής φόρτισης, η ταχύτητα της ροής σε αυτή είναι πολύ μικρή με αποτέλεσμα να κατακάθονται τα αιωρούμενα, δηλαδή η δεξαμενή φόρτισης παίζει τον ρόλο τελικού εξαμμωτή. Επί πλέον στον πυθμένα της διαμορφώνεται αναβαθμός και θυρόφραγμα έκπλυσης. Επίσης η δεξαμενή φόρτισης θα πρέπει να φέρει υπερχειλιστή ώστε να διοχετεύεται από αυτή η υπερβάλλουσα παροχή κυρίως κατά το σταμάτημα των υδροστροβίλων.

- Αγωγός πτώσης

Οι αγωγοί πτώσης μπορεί να είναι πλαστικοί, χαλυβωσολήνες ή αμιαντοσολήνες ανάλογα με την παροχή και την υδραυλική πτώση. Πλαστικοί σωλήνες από εύκαμπτο πολυαιθυλένιο, πολυπροπυλένιο ή PVC χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές με παροχή μέχρι 0,03m³/sec και υδραυλική πτώση μικρότερη των 100m. Τα βασικά πλεονεκτήματα είναι το μικρό βάρος, το μικρό κόστος και ευκολία στην κατασκευή, ακόμη και σε απόκρημνο έδαφος. Τοποθετούνται συνήθως υπόγειοι γιατί η έκθεση στον ήλιο προκαλεί γήρανση του υλικού. Για υδραυλική πτώση μικρότερη από 33m ο αγωγός πτώσης μπορεί να κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Αμιαντοσολήνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παροχή μέχρι 0,2m³/sec και υδραυλική πτώση μικρότερη των 160m, αλλά είναι ακατάλληλοι σε ασταθές ή έντονα επικλινές έδαφος. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο αγωγός πτώσης κατασκευάζεται από χαλυβωσολήνες λόγω της δυνατότητας συγκόλλησης των διαφόρων τμημάτων, της υψηλής αντοχής και ελαστικότητας. Η επιλογή της διαμέτρου του αγωγού πτώσεως γίνεται λαμβάνοντας υπόψη την μέση ταχύτητα της ροής της παροχής λειτουργίας της μονάδας. Η τιμή της μέσης ταχύτητας της ροής επιλέγεται έτσι ώστε:

∅ Να μην είναι μεγαλύτερη από μία μέγιστη τιμή, που είναι διαφορετική σε κάθε εφαρμογή και εξαρτάται από το υλικό του αγωγού και της επένδυσής του, το διακινούμενο υγρό και την περιεκτικότητά του σε στερεά. Για παράδειγμα, η

επιτρεπόμενη ταχύτητα της ροής είναι της τάξεως των 4 m/sec για χαλυβωσώλινα και νερό που περιέχει πυριτική άμμο.

- ∅ Να ικανοποιούνται οικονομοτεχνικά κριτήρια από τα οποία προκύπτει μία βέλτιστη τιμή της διαμέτρου της σωλήνωσης, λαμβάνοντας υπόψη τις υδραυλικές απώλειες και το κόστος κατασκευής.
- ∅ Να μην αναπτύσσονται υπερβολικές υπερπιέσεις και υποπιέσεις κατά την εξέλιξη των μεταβατικών φαινομένων και κυρίως κατά την πλήρη απόρριψη φορτίου. Συμβολίζοντας με L το μήκος του αγωγού προσαγωγής και με h την υδραυλική πτώση αποδεικνύεται ότι για: $L/h < 2$ κατά κανόνα δεν υπάρχει πρόβλημα υπερπιέσεων. Ένα πρακτικό κριτήριο για τον καθορισμό της διαμέτρου του αγωγού πτώσεως προκύπτει από τον περιορισμό των υδραυλικών απωλειών σε ποσοστό μεταξύ του 3 έως 5% του ύψους πτώσεως h .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

Βασικές Έννοιες της Ηλεκτρικής Ενέργειας και των Ηλεκτρικών Μηχανών

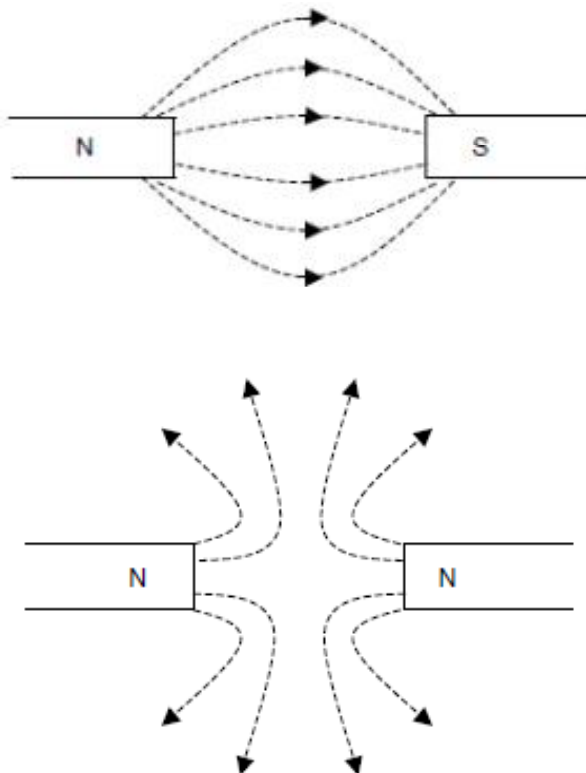
3.1 Εισαγωγή στις Βασικές Έννοιες της Ηλεκτρικής Ενέργειας

3.1.1 Ηλεκτρισμός

Ηλεκτρισμός είναι η ροή των θετικών ή αρνητικών φορτίων. Ο ηλεκτρισμός μπορεί να ρέει μέσα από ηλεκτρικά αγωγά στοιχεία οι λεγόμενοι αγωγοί, ή μπορεί να ρέει ως σύννεφα ιόντων στο κενό ή μέσα σε αέρια. Και οι δύο τύποι ηλεκτρικής αγωγής συμβαίνουν μέσα στις στροβιλογεννήτριες.

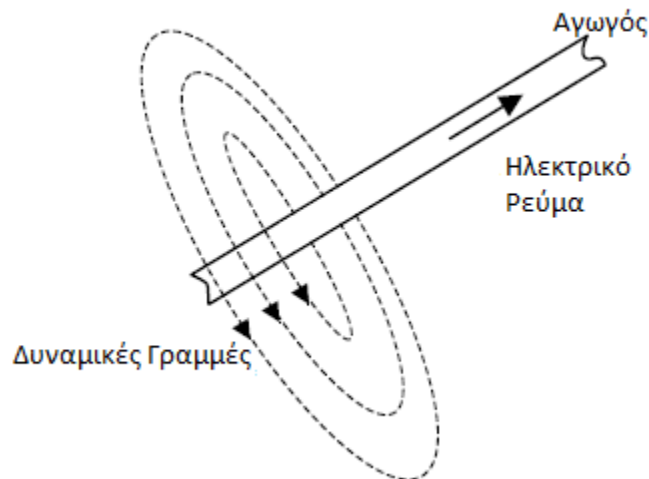
3.1.2 Μαγνητισμός και Ηλεκτρομαγνητισμός

Ορισμένα υλικά που βρίσκονται στη φύση έχουν μια τάση να προσελκύουν ή να απωθούν το ένα το άλλο. Αυτά τα υλικά, αποκαλούνται μαγνήτες ή φερομαγνητικά υλικά επειδή η δομή τους περιλαμβάνει το στοιχείο του σιδήρου. Οι μαγνήτες έχουν πάντα δύο πόλους το βορρά και το νότο. Ένα μαγνητικό πεδίο ορίζεται ως ένας φυσικός τομέας που καθιερώνεται μεταξύ των δύο πόλων. Η ένταση και η κατεύθυνσή του καθορίζουν τις δυνάμεις έλξης ή απώθησης μεταξύ των δύο μαγνητών.



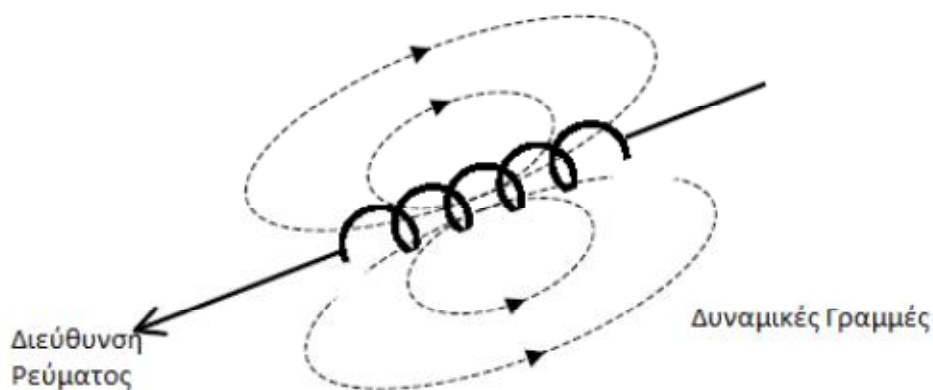
Εικόνα 3.1: Αλληλεπίδραση μεταξύ δύο μαγνητών.

Οι μαγνήτες μπορούν να βρεθούν στη φύση σε όλα τα είδη των μορφών και χημικής σύνθεσης. Οι μαγνήτες που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία κατασκευάζονται με τεχνική επεξεργασία. Οι μαγνήτες που «κρατούν» το μαγνητισμό τους για μεγάλες χρονικές περιόδους ονομάζονται «μόνιμοι μαγνήτες». Αυτό το είδος χρησιμοποιείται ευρέως σε διάφορους τύπους ηλεκτρικών μηχανών, συμπεριλαμβανομένων των σύγχρονων μηχανών. Εντούτοις, λόγω μηχανικών και λειτουργικών λόγων, οι μόνιμοι μαγνήτες στις σύγχρονες μηχανές είναι περιορισμένοι σε μικρής ισχύος γεννήτριες. Οι στροβιλογεννήτριες εκμεταλλεύονται το γεγονός ότι τα μαγνητικά πεδία μπορούν να δημιουργηθούν από τη ροή των ηλεκτρικών ρευμάτων μέσα στους αγωγούς.



Εικόνα 3.2: Παραγωγή μαγνητικού πεδίου από ροή ηλεκτρικού ρεύματος σε αγωγό.

Με τη διαμόρφωση του αγωγού σε μορφή μιας σπείρας μπορούμε να αυξήσουμε την ένταση του μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται από τη ροή του ρεύματος μέσω του αγωγού. Έτσι, με αυτόν τον τρόπο όσο περισσότερες στροφές προστίθενται στη σπείρα, το ίδιο ρεύμα παράγει μεγαλύτερα μαγνητικά πεδία.



Εικόνα 3.3: Αναπαράσταση δημιουργίας μαγνητικού πεδίου από ροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από μία σπείρα.

3.1.3 Εναλλασσόμενα κυκλώματα

Η συχνότητα ενός εναλλασσόμενου κυκλώματος μετρείται από το πόσες φορές άλλαξαν πολικότητα τα ρεύματα ή/και οι τάσεις σε μια μονάδα του χρόνου και η μονάδα που μετρείται είναι τα hertz (cycles/sec). Τα εναλλασσόμενα ρεύματα και τάσεις που παράγονται είναι για διάφορους πρακτικούς λόγους σταθερής συχνότητας. Αυτό είναι σημαντικό επειδή στα περιοδικά συστήματα, δηλαδή συστήματα που έχουν σταθερή συχνότητα, επιτρέπουν στα ρεύματα και τις τάσεις να αντιπροσωπευθούν με φάσορες (phasors) δηλαδή ένα περιστρεφόμενο διάνυσμα. Το όφελος με τους phasors στην ανάλυση ηλεκτρικών μεγεθών είναι ότι απλοποιεί πολύ τους υπολογισμούς που απαιτούνται για να λύσουν τα προβλήματα κυκλωμάτων.

Όταν μια ημιτονοειδής τάση εφαρμόζεται σε ένα κλειστό κύκλωμα, τότε ένα ρεύμα θα περάσει μέσα από αυτό. Μετά από μια στιγμή το ρεύμα θα έχει μια ημιτονοειδή μορφή και ίδια συχνότητα με την τάση. Ένα ενδιαφέρον φαινόμενο στα περιοδικά κυκλώματα είναι ότι η προκύπτουσα γωνία μεταξύ της εφαρμοσμένης τάσης και του ρεύματος εξαρτάται από ορισμένα χαρακτηριστικά του κυκλώματος. Αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν να ταξινομηθούν σαν ωμικά, χωρητικά, και επαγωγικά. Το συννημίτονο της γωνίας μεταξύ του ρεύματος και της τάσης καλείται συντελεστής ισχύος (Σ.Ι.) του κυκλώματος.

Στην περίπτωση ενός κυκλώματος που έχει μόνο τις αντιστάσεις, οι τάσεις και τα ρεύματα είναι σε φάση, δηλαδή η γωνία μεταξύ τους είναι ίση με μηδέν. Οι αντιστάσεις όταν διαρρέονται από ρεύμα παράγουν θερμότητα. Η θερμότητα που παράγεται είναι ίση με το τετράγωνο του ρεύματος επί την τιμή της αντίστασης. Όταν το ρεύμα μετρείται σε Ampere και η αντίσταση σε ohm, η προκύπτουσα ισχύ που χάνεται ως θερμότητα δίνεται σε Watt. Στις ηλεκτρικές μηχανές αυτή η θερμότητα αντιπροσωπεύει μια απώλεια ενέργειας. Μια από τις θεμελιώδεις απαιτήσεις στο σχεδιασμό μιας ηλεκτρικής μηχανής είναι η αποδοτική αφαίρεση αυτών των ωμικών απωλειών, με σκοπό τον περιορισμό της ανεπιθύμητης ανόδου θερμοκρασίας στα εσωτερικά στοιχεία της μηχανής.

Στα ωμικά κυκλώματα η στιγμιαία ισχύς που δίνεται από την πηγή στο φορτίο είναι ίση με τις στιγμιαίες τιμές της τάσης και του ρεύματος. Όταν η ίδια ημιτονοειδής τάση εφαρμόζεται σε ένα κύκλωμα με χωρητικά ή επαγωγικά χαρακτηριστικά, το ρεύμα θα υποστεί μια γωνιακή μετατόπιση σε σχέση με την τάση. Το μέγεθος της γωνίας εξαρτάται από πόσο χωρητικό ή επαγωγικό είναι το φορτίο. Σε ένα καθαρό χωρητικό κύκλωμα, το ρεύμα θα προηγείται της τάση κατά 90° ενώ ένα καθαρά επαγωγικό φορτίο θα καθυστερήσει της τάση κατά 90° .

Βάση τα πιο πάνω ορίζονται τα παρακάτω μεγέθη :

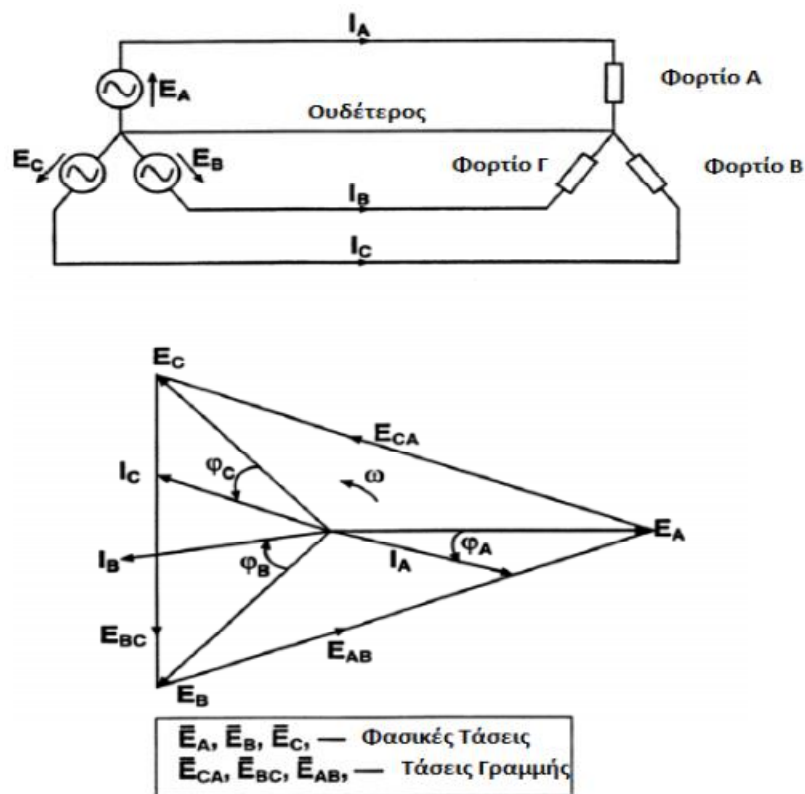
- Φαινόμενη ισχύς (S) που ισούται: $S = E \cdot I$, VA
- Ενεργός ισχύς (P) που ισούται: $P = E \cdot I \cdot \cos\phi$, Watt
- Άεργος ισχύς (Q) που ισούται: $Q = E \cdot I \cdot \sin\phi$, VAR

Η ενεργός ισχύς P σε ένα κύκλωμα δείχνει την πραγματική ροή ενέργειας. Αυτό είναι η ισχύς που μπορεί να καταναλωθεί σε μια αντίσταση ως θερμότητα, ή μπορεί να μετασχηματιστεί σε μηχανική ενέργεια. Η φαινόμενη δύναμη και η άεργος ισχύς δεν αντιπροσωπεύουν οποιοδήποτε μέτρο της πραγματικής ενέργειας. Αντιπροσωπεύουν τα άεργα χαρακτηριστικά ενός δεδομένου φορτίου και την προκύπτουσα γωνία (συντελεστή

ισχύος) μεταξύ του ρεύματος και της τάσης. Αυτή η γωνία μεταξύ της τάσης και του ρεύματος έχει σημαντικές επιπτώσεις στη λειτουργία μιας ηλεκτρικής μηχανής.

3.1.4 Τριφασικά κυκλώματα

Όλα τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας με τα οποία οι βιομηχανικές γεννήτριες συνδέονται είναι τριφασικά συστήματα. Επιπλέον στις βιομηχανικές εφαρμογές οι τάσεις είναι, για πρακτικούς λόγους, συμμετρικές δηλαδή όλες οι τριφασικές τάσεις είναι ίσες σε μέγεθος και έχουν διαφορά φάσης 120 ηλεκτρικές μοίρες. Τα τριφασικά ηλεκτρικά συστήματα μπορεί να έχουν ένα τέταρτο καλώδιο τον ουδέτερο. Το ουδέτερο καλώδιο ενός τριφασικού συστήματος θα άγει ηλεκτρικό ρεύμα εάν η πηγή ή/και το φορτίο είναι μη συμμετρικές. Στα τριφασικά συστήματα μπορούν να προσδιοριστούν δύο σύνολα τάσεων και ρευμάτων της φάσης και τις γραμμής.



Εικόνα 3.4: Κύρια στοιχεία ενός τριφασικού κυκλώματος

Τα τριφασικά κυκλώματα μπορούν να συνδέσουν τις πηγές ή/και τα φορτία τους σε αστέρα ή τρίγωνο. Σχεδόν χωρίς εξαίρεση, οι στροβιλογεννήτριες συνδέουν τα τυλίγματα τους σε αστέρα. Υπάρχουν διάφοροι σημαντικοί λόγοι για τους οποίους οι στροβιλογεννήτριες συνδέονται σε αστέρα όπως η αποτελεσματική προστασία της μηχανής όπως επίσης ως σχέδιο (μόνωση, γείωση κ.λπ.). Αφ' ενός, τα φορτία μπορούν να συνδεθούν σε αστέρα, τρίγωνο ή συνδυασμό των δύο.

3.2 Τριφασική σύγχρονη μηχανή

Μια σύγχρονη μηχανή είναι μια περιστρεφόμενη μηχανή εναλλασσόμενου ρεύματος της οποίας η ταχύτητα σε ονομαστικές συνθήκες είναι ανάλογη προς τη συχνότητα του ρεύματος που ρέει στο τύμπανο. Το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται από τα ρεύματα που διαρρέουν το τύμπανο της μηχανής περιστρέφεται με την ίδια ταχύτητα με αυτήν που δημιουργείται από μια σταθερή ροπή και το ρεύμα διέγερσης του δρομέα ο οποίος περιστρέφεται με τη σύγχρονη ταχύτητα.

Η σύγχρονη μηχανή χρησιμοποιούμενη ως γεννήτρια είναι η σπουδαιότερη μηχανή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με μετατροπή μηχανικής ενεργείας σε εναλλασσόμενη ηλεκτρική ενέργεια και αποτελεί το επίκεντρο σε κάθε σταθμό παραγωγής. Επειδή η ταχύτητα του δρομέα είναι ανάλογη προς τη συχνότητα της διέγερσης, οι σύγχρονοι κινητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε καταστάσεις όπου απαιτείται σταθερή ταχύτητα. Καθώς η παραγόμενη ισχύς που παράγεται από την σύγχρονη μηχανή μπορεί να ρυθμιστεί από το μέγεθος του ρεύματος που δίνουμε στο τύλιγμα διέγερσης, αφόρτιστες σύγχρονες μηχανές συχνά εγκαθίστανται σε δίκτυα ισχύος με σκοπό την διόρθωση του συντελεστή ισχύος ή τον έλεγχο της άεργου ισχύος. Αυτές οι μηχανές ονομάζονται σύγχρονοι αντισταθμιστές και είναι πιο οικονομικοί σε μεγαλύτερα μεγέθη από τους στατικούς πυκνωτές.

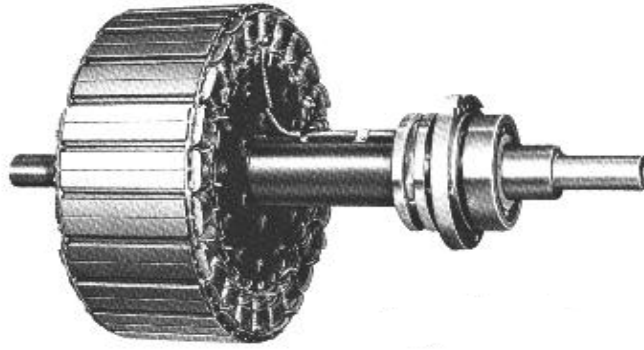
3.2.1 Κατασκευή σύγχρονης μηχανής

Υπάρχουν δύο είδη σύγχρονων μηχανών:

- Στατικού μαγνητικού πεδίου.
- Περιστρεφόμενου μαγνητικού πεδίου.

Η σύγχρονη μηχανή στατικού μαγνητικού πεδίου έχει τοποθετημένους τους έκτυπους πόλους στο στάτη. Οι πόλοι μαγνητίζονται είτε από τους μόνιμους μαγνήτες είτε από ένα συνεχές ρεύμα. Το τριφασικό τύλιγμα τυμπάνου, τοποθετείται στον άξονα. Το τύλιγμα τυμπάνου τροφοδοτείται μέσω τριών δακτυλίων (συλλέκτες) και ενός συνόλου ψηκτρών. Αυτή η διάταξη μπορεί να βρεθεί σε μηχανές μέχρι και 5 kVA. Για μεγαλύτερης ισχύος μηχανές έχουμε τον τύπο του περιστρεφόμενου μαγνητικού πεδίου.

Η σύγχρονη μηχανή περιστρεφόμενου μαγνητικού πεδίου έχει το τύλιγμα διέγερσης στο περιστρεφόμενο μέλος δηλαδή στο δρομέα, και το τύλιγμα τυμπάνου στο στάσιμο μέλος του στάτη. Ένα συνεχές ρεύμα, που δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο που πρέπει να περιστραφεί με τη σύγχρονη ταχύτητα, τροφοδοτεί το τύλιγμα διέγερσης. Το τύλιγμα διέγερσης μπορεί να τροφοδοτηθεί μέσω ενός συνόλου δακτυλίων ολίσθησης και ψηκτρών (εξωτερική διέγερση), ή από μια γέφυρα με διόδους που τοποθετείται στο δρομέα. Η γέφυρα τροφοδοτείται από έναν εναλλάκτη, που είναι τοποθετημένος πάνω στον άξονα, ο οποίος διεγείρεται από την προδιεγέρτρια μηχανή.



Εικόνα 3.5: Δρομέας έκτυπων πόλων μαζί με διεγέρτρια

Ο πυρήνας του στάτη αποτελείται από μονωμένα ελάσματα χάλυβα. Το πάχος των ελασμάτων και ο τύπος χάλυβα επιλέγονται για να ελαχιστοποιήσουν τις απώλειες δινορευμάτων και υστέρησης, διατηρώντας το απαραίτητο μήκος του πυρήνα και ελαχιστοποιώντας το κόστος. Ο πυρήνας τοποθετείται επάνω στο πλαίσιο. Ο πυρήνας διαθέτει ανοικτές αυλακώσεις και οι σπείρες αποτελούν το τύλιγμα τοποθετούνται μέσα στις αυλακώσεις. Υπάρχουν δύο τύποι τυλιγμάτων τυμπάνου το βροχοτύλιγμα και το κυματοτύλιγμα, αλλά συνήθως στις μεγάλες σύγχρονες μηχανές έχουμε τυλίγματα διπλής στρώσης με βροχοτύλιγμα!

Ο δρομέας είναι είτε έκτυπων πόλων ή κυλινδρικού δρομέα. Οι κυλινδρικοί δρομείς χρησιμοποιούνται σε διπολικές ή τετραπολικές μηχανές, και, πολύ σπάνια, σε εξαπολικές μηχανές. Αυτού του τύπου οι γεννήτριες στρέφονται από αμοστροβίλους ή ντιζελοκινητήρες. Οι περισσότερες μηχανές έκτυπων πόλων έχουν έξι ή περισσότερους πόλους. Αυτές περιλαμβάνουν όλους τους σύγχρονους υδροστροβίλους, τους σύγχρονους αντισταθμιστές και την συντριπτική πλειοψηφία των σύγχρονων κινητήρων. Οι κυλινδρικοί δρομείς αποτελούνται από ένα συμπαγές κομμάτι χάλυβα, επειδή το μαγνητικό πεδίο αυτού είναι συνεχές έτσι δεν δημιουργούνται απώλειες δινορευμάτων. Το τύλιγμα τοποθετείται στις αυλακώσεις του δρομέα και διατηρείται στην θέση του με μεταλλικές σφήνες, φτιαγμένες από αργίλιο ή χάλυβα, οι οποίες το προστατεύουν από τις μεγάλες φυγοκεντρικές δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά την λειτουργία.

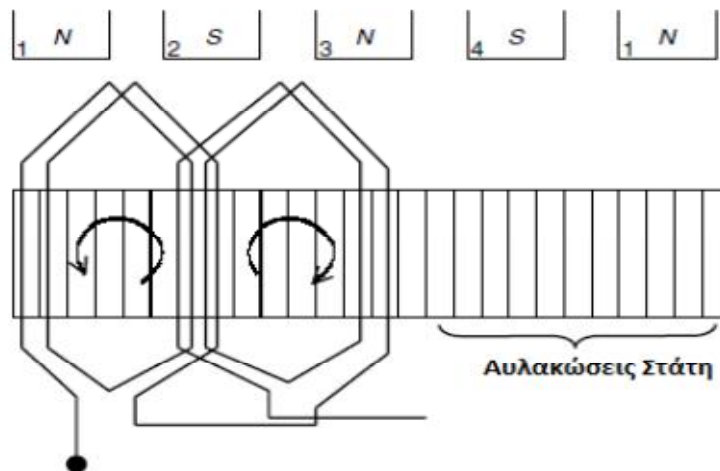
Τα πέλματα των δρομέων έκτυπων πόλων αποτελούνται από ελάσματα για την αποφυγή δινορευμάτων, διότι σε αυτή την περίπτωση το μαγνητικό πεδίο παρουσιάζει κάποια μεταβολή. Το τύλιγμα διέγερσης τυλίγεται γύρω από το πέλμα. Οι μηχανές έκτυπων πόλων έχουν ένα ακόμη τύλιγμα στον δρομέα. Αυτό το τύλιγμα είναι φτιαγμένο από χάλκινες μπάρες που βραχυκυκλώνονται και στις δύο άκρες τους και είναι τοποθετημένες στην κεφαλή του πόλου. Ο ρόλος αυτών των μπαρών είναι να ξεκινάει τη μηχανή λειτουργώντας ως επαγωγική μηχανή, και να την στρέψει κοντά στη σύγχρονη ταχύτητα. Οι μπάρες χρησιμεύουν επίσης για να αποσβένουν τις ταλαντώσεις του δρομέα γύρω από τη σύγχρονη ταχύτητα, και επομένως ονομάζονται μπάρες απόσβεσης.

3.2.2 Τύλιγμα στάτη

Το πλάτος της τάσης που επάγεται στο τύλιγμα του στάτη είναι αποτέλεσμα της έντασης των μαγνητικών πεδίων, της ταχύτητας του δρομέα και του αριθμού στροφών στο τύλιγμα του στάτη.

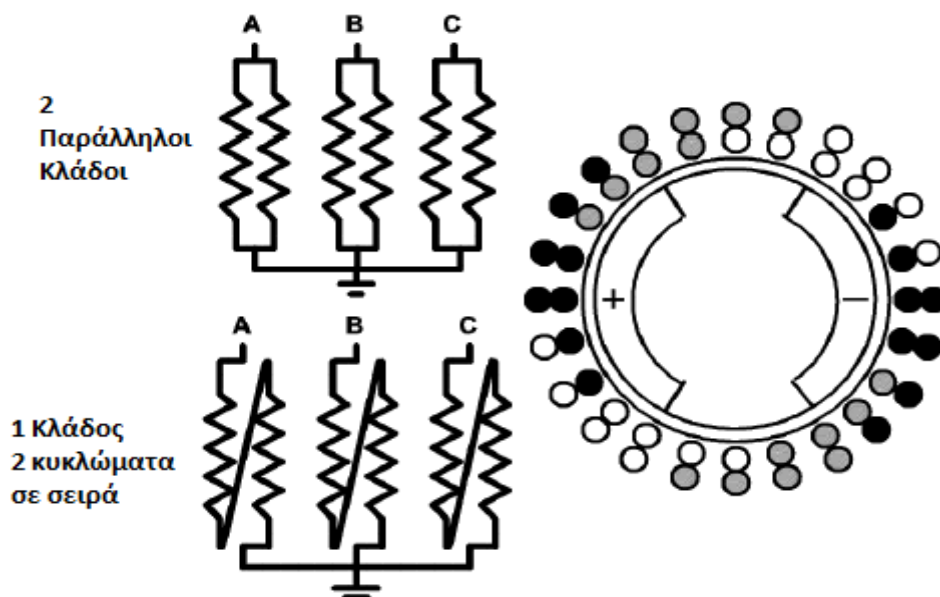
Οι σπείρες διανέμονται στο στάτη με διάφορους τρόπους όπου ο κάθε ένας έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του. Για παράδειγμα το βροχοτύλιγμα μπορεί να τροφοδοτεί με μεγάλο ρεύμα διότι το ολικό ρεύμα κατανέμεται σε πολλούς παράλληλους

κλάδους. Αντίθετα το κυματούλιγμα δίνει μεγαλύτερη τάση εξ επαγωγής διότι έχουμε περισσότερους αγωγούς συνδεδεμένους σε σειρά. Ο βασικός στόχος είναι να ληφθούν τρεις συμμετρικές και ημιτονοειδείς τάσεις που έχουν πολύ λίγο αρμονικό περιεχόμενο, επειδή οι αρμονικές που μπορεί να υπάρχουν στις τάσεις και τα ρεύματα είναι επιβλαβείς για τη μηχανή και τον εξοπλισμό. Για να πετύχει επιθυμητή τάση και ισχύ, ο σχεδιαστής μπορεί να χρησιμοποιήσει διαφορετικό συνδυασμό στον αριθμό αυλακώσεων και τον τρόπο σύνδεσης των σπειρών έτσι παράγοντας διάφορα τυλίγματα.



Εικόνα 3.6: Μια φάση του τυλίγματος του στάτη μιας τετραπολικής μηχανής. Διακρίνονται οι αυλακώσεις, οι πόλοι και ένα μέρος του τυλίγματος.

Ένα σχέδιο σύνδεσης που επιτρέπει μεγάλη ελευθερία επιλογής στο σχεδιασμό των τυλιγμάτων προκειμένου να προσαρμόσει μια δεδομένη τερματική τάση είναι αυτό που επιτρέπει τα τμήματα του τυλίγματος να συνδεθούν παράλληλα, σε σειρά ή/και συνδυασμό των δύο.



Εικόνα 3.7: Σχηματική αναπαράσταση μιας γεννήτριας 2 πόλων με παράλληλη σύνδεση και σύνδεση σε σειρά.

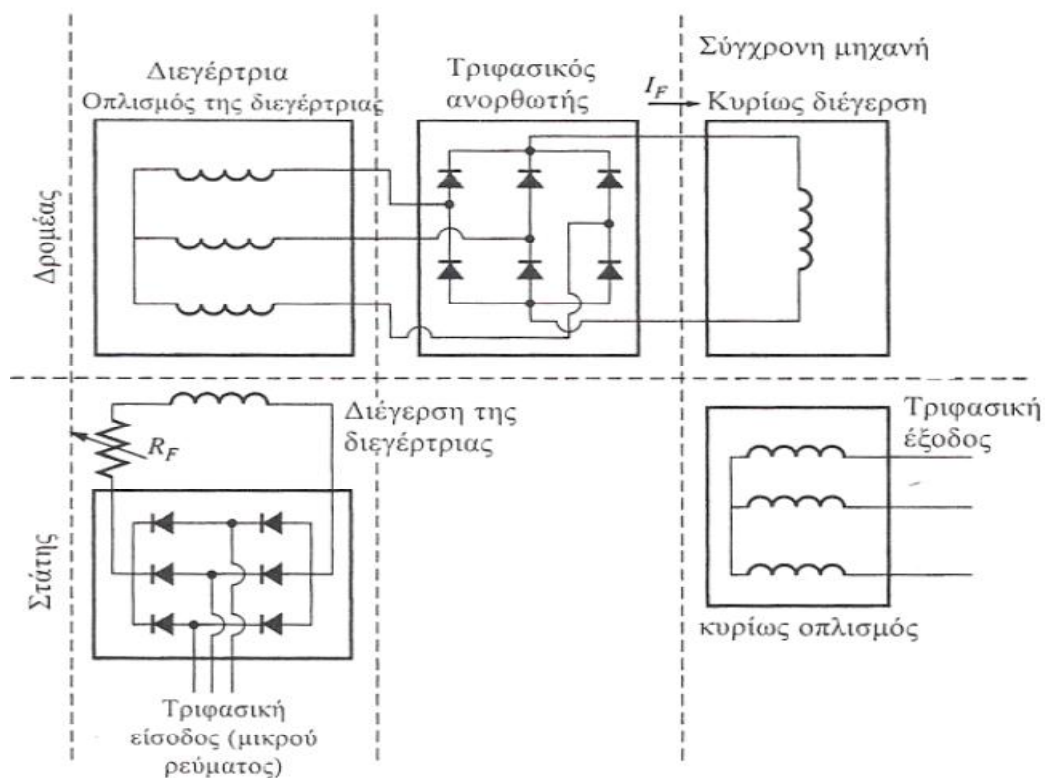
Στο δεξιά σχήμα παρουσιάζονται οι τρεις φάσεις με διαφορετικό χρώμα και παρατηρούμε πως σε κάποιες αυλακώσεις έχουμε τυλίγματα που ανήκουν στην ίδια φάση ενώ σε άλλες υπάρχουν τυλίγματα από διαφορετικές φάσεις που μοιράζονται την αυλάκωση.

3.2.3 Τροφοδοσία δρομέα

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως επειδή ο δρομέας περιστρέφεται υπήρχε ανάγκη να αναπτυχθεί κάποιος ειδικός τρόπος τροφοδοσίας του τυλίγματος του. Οι συνηθισμένες τεχνικές τροφοδοσίας του δρομέα είναι:

- Με τροφοδοσία από εξωτερική πηγή ρεύματος οπότε ο δρομέας θα πρέπει να είναι εφοδιασμένος με ψήκτρες και δαχτυλίδια
- Με τροφοδοσία από ειδική πηγή συνεχούς ρεύματος τοποθετημένη πάνω στον άξονα της γεννήτριας.

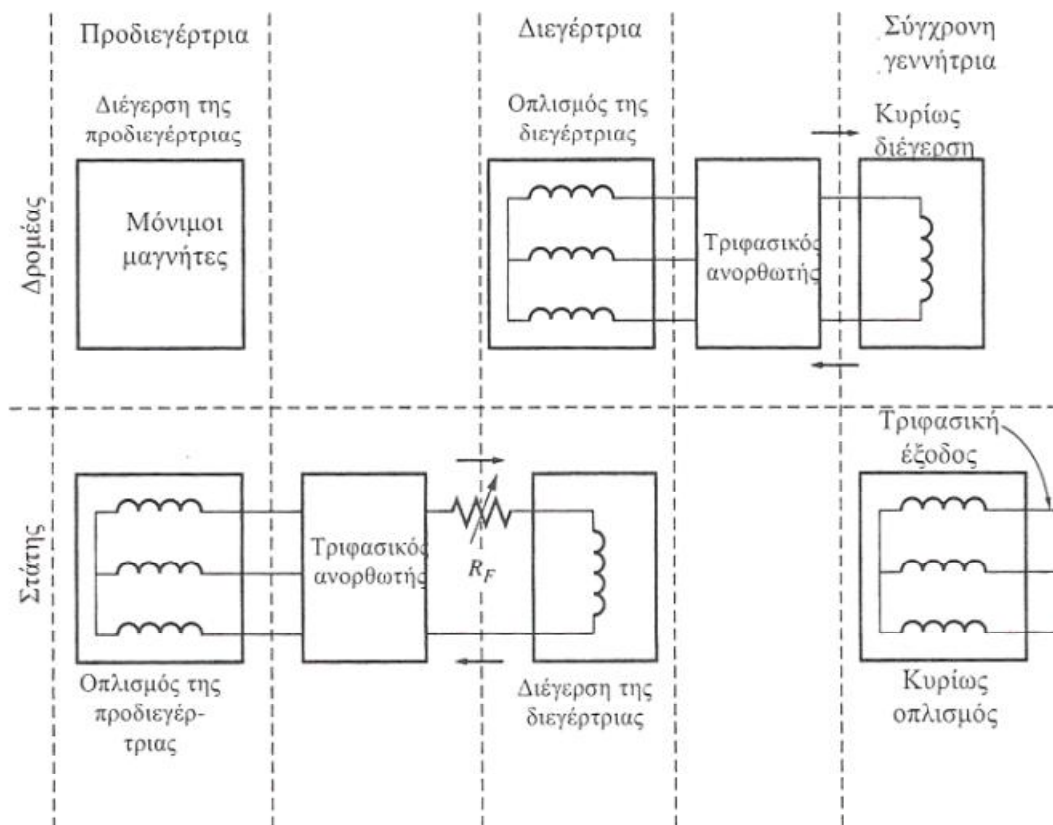
Η χρήση όμως δαχτυλιδιών και ψηκτρών για την τροφοδοσία του δρομέα της γεννήτριας με συνεχές ρεύμα παρουσιάζει δύο μειονεκτήματα, πρώτον η συνεχής αντικατάσταση των ψηκτρών που φθείρονται λόγω τριβής και δεύτερο ότι η πτώση τάσης στις ψήκτρες μπορεί να προκαλέσει σημαντικές απώλειες ισχύος. Στις μεγαλύτερες χρησιμοποιούνται διεγέρτριες μηχανές χωρίς ψήκτρες για τροφοδοσία του δρομέα της γεννήτριας. Αυτές οι διεγέρτριες μηχανές είναι μικρές γεννήτριες εναλασσόμενου ρεύματος των οποίων το κύκλωμα οπλισμού τους τοποθετείται στον άξονα του δρομέα. Η τριφασική έξοδος της διεγέρτριας ανορθώνεται από ένα τριφασικό ανορθωτή, που βρίσκεται πάνω στον άξονα της μηχανής και το συνεχές ρεύμα εξόδου του ανορθωτή οδηγείται στο τύλιγμα διέγερσης της μηχανής. Στο πιο κάτω σχήμα φαίνετε παραστατικά το διάγραμμα του κυκλώματος διέγερσης.



Εικόνα 3.8: Κύκλωμα διέγερσης χωρίς ψήκτρες.

Μ' αυτό τον τρόπο μπορούμε να ρυθμίσουμε το ρεύμα διέγερσης της σύγχρονης γεννήτριας μεταβάλλοντας απλά το συνεχές ρεύμα διέγερσης της διεγέρτριας, που βρίσκεται πάνω στο στάτη, και έχει πολύ μικρή τιμή.

Ακόμα ένας τρόπος για τροφοδοσία του στάτη που κάνει τη μέθοδο εντελώς ανεξάρτητη από εξωτερικές πηγές είναι με την εισαγωγή στο σύστημα μιας προδιεγέρτριας μηχανής. Αυτή είναι μια μικρή γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος με δρομέα που διαθέτει μόνιμους μαγνήτες και τοποθετείται στον άξονα της σύγχρονης γεννήτριας. Η προδιεγέρτρια παράγει τριφασική τάση που ανορθώνεται και τροφοδοτεί τη διέγερση της διεγέρτριας, η οποία με τη σειρά της τροφοδοτεί το δρομέα της σύγχρονης γεννήτριας.



Εικόνα 3.9: Κύκλωμα διέγερσης με προδιεγέρτρια.

Το τύλιγμα του στάτη δημιουργείται από προκατασκευασμένες συστάδες αγωγών και είναι συνήθως δύο στρώσεων δηλαδή εντός μίας αυλάκωσης βρίσκονται δύο πλευρές πηνίων. Επίσης το τύλιγμα του στάτη είναι διανεμημένο τύλιγμα χορδής, για να καταστέλλει τις αρμονικές στην έξοδο της γεννήτριας. Εάν ο αριθμός των αυλακώσεων είναι N , ο αριθμός των φάσεων m και ο αριθμός των πόλων $2p$, τότε σχηματίζεται ο χαρακτηριστικός αριθμός (q) ο οποίος δηλώνει τον αριθμό αυλακώσεων ανά πόλο και ανά φάση.

$$\text{Τύπος : } q = N/2 \cdot p \cdot m$$

3.3 Λειτουργία Σύγχρονης Γεννήτριας

Οι σύγχρονες γεννήτριες όπως αναφέραμε και παραπάνω χρησιμοποιούν μηχανική ενέργεια για την κίνηση του δρομέα. Η ενέργεια αυτή μπορεί να προέρχεται από ατμοστρόβιλους, αεριοστρόβιλους, υδροστρόβιλους και ντιζελοκινητήρες όπου για κάθε τύπο έχουμε διαφορετικό τρόπο παραγωγής της ενέργειας αυτής και διαφορετικά επίπεδα ενέργειας που μπορούν να αποδώσουν. Όταν ο δρομέας φτάσει τις ονομαστικές του στροφές τότε τροφοδοτείται το τύλιγμα διέγερσης και η γεννήτρια δίνει τριφασική τάση στα τυλίγματα του στάτη.

3.3.1 Ταχύτητα περιστροφής

Ο δρομέας των Σ.Μ. είναι ένας ηλεκτρομαγνήτης, του οποίου το πεδίο περιστρέφεται με φορά ίδια μ' αυτή του δρομέα. Η σχέση της ηλεκτρικής συχνότητας του στάτη με την ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου είναι:

$$f_c = n_m * P / 120$$

όπου f_c : Η ηλεκτρική συχνότητα σε Hz.

n_m : Η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα σε r/min.

P : Ο αριθμός των πόλων.

Επειδή ένας κύκλος τάσης, που αντιστοιχεί σε 360 μοίρες, παράγεται κάθε φορά που ένα ζεύγος πόλων περνά από ένα τύλιγμα στάτη, θα πρέπει να κάνουμε την διάκριση μεταξύ της ηλεκτρικής γωνίας και της μηχανικής γωνίας. Η πρώτη εκφράζει τις τάσεις και τα ρεύματα ενώ η δεύτερη εκφράζει την θέση του δρομέα. Η Σχέση που συνδέει τις δύο γωνιές είναι:

$$\theta_e = (P/2) * \theta_m$$

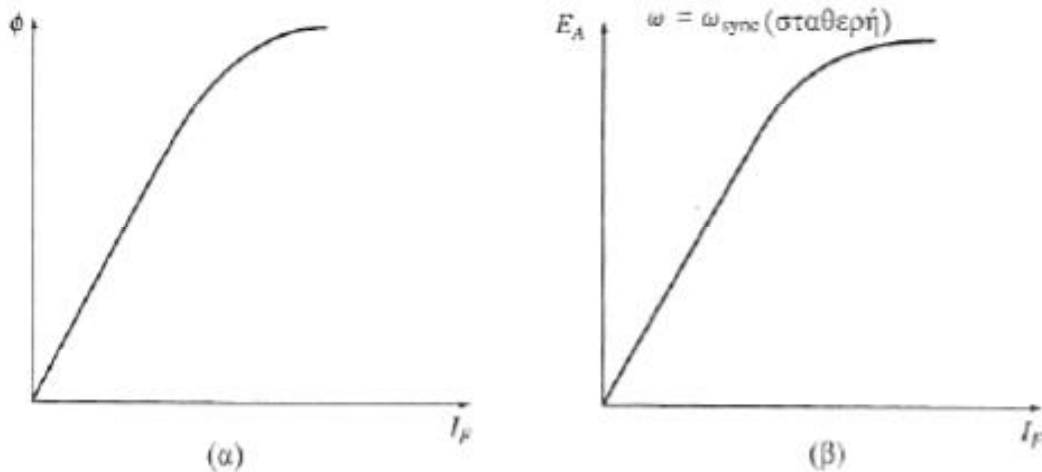
Όπου θ_e είναι εκφρασμένη σε ηλεκτρικές μοίρες και η θ_m σε μηχανικές μοίρες.

3.3.2 Παραγόμενη τάση στο εσωτερικό της Σύγχρονης Μηχανής

Η τάση στα άκρα της κάθε φάσης μιας μηχανής εναλλασσόμενου ρεύματος είναι:

$$E_A = \sqrt{2} * \pi * N_c * \phi * f$$

Από την εξίσωση φαίνεται πως η E_A εξαρτάται από τη μαγνητική ροή ϕ , από τη συχνότητα ή ταχύτητα περιστροφής της μηχανής και από κάποια κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της. Η μαγνητική ροή με την σειρά της εξαρτάται από το ρεύμα του δρομέα δηλαδή το ρεύμα διέγερσης I_F . Δίνονται πιο κάτω οι καμπύλες της μαγνητικής ροής με το ρεύμα διέγερσης και της τάσης E_A με το ρεύμα διέγερσης.



Εικόνα 3.10: (α) Καμπύλη $\phi \square I_F$ (β) Καμπύλη $E_A \square I_F$ (Καμπύλη μαγνήτισης)

Η τάση E_A παράγεται στο εσωτερικό της γεννήτριας αλλά εμφανίζεται στα άκρα της μηχανής V_ϕ μόνο όταν το ρεύμα τυμπάνου της γεννήτριας είναι μηδέν. Οι λόγοι που η E_A και V_ϕ διαφέρουν είναι:

- Η παραμόρφωση του μαγνητικού πεδίου στο διάκενο της μηχανής που προκαλείται από το ρεύμα του στάτη (αντίδραση οπλισμού).
- Οι αυτεπαγωγές των αγωγών του στάτη.
- Οι αντιστάσεις των αγωγών του στάτη.
- Το σχήμα των έκτυπων πόλων του δρομέα.

Αντίδραση οπλισμού ονομάζεται το φαινόμενο όπου το τυλίγμα του στάτη (τύμπανο) παραμορφώνει την τάση στα άκρα της γεννήτριας. Αυτό συμβαίνει όταν στα άκρα της μηχανής συνδεθεί κάποιο φορτίο, οπότε εμφανίζεται ρεύμα στους αγωγούς του στάτη το οποίο με τη σειρά του παράγει ένα νέο πεδίο στο εσωτερικό της μηχανής. Το νέο πεδίο του στάτη επηρεάζει το μαγνητικό πεδίο που ήταν από πριν διαμορφωμένο στη μηχανή, αλλά και την τάση στα άκρα της κάθε φάσης.

Η τάση E_A παράγεται από το μαγνητικό πεδίο του δρομέα B_R και η μέγιστη τιμή της συμπίπτει με τη διεύθυνση του B_R . Όταν δεν υπάρχει συνδεδεμένο φορτίο στο στάτη, το ρεύμα τυμπάνου του είναι μηδενικό και η E_A είναι ίση με τη V_ϕ στα άκρα της αντίστοιχης φάσης. Αν τώρα η γεννήτρια συνδεθεί με ένα επαγωγικό φορτίο, τότε η μέγιστη τιμή της τάσης προπορεύεται της μέγιστης τιμής του ρεύματος. Στην αντίθετη περίπτωση δηλαδή συνδέσουμε την γεννήτρια με χωρητικό φορτίο τότε η μέγιστη τιμή της τάσης θα καθυστερεί της μέγιστης τιμής του ρεύματος. Με την σύνδεση φορτίου όμως έχουμε ροή ρεύματος στα τυλίγματα του στάτη και δημιουργία μαγνητικού πεδίου με επαγωγή B_s στο εσωτερικό του.

Το νέο αυτό πεδίο παράγει στα άκρα της κάθε φάσης του στάτη την τάση E_{stat} . Έτσι η συνολική τάση στα άκρα του τυλίγματος μιας φάσης του στάτη είναι το άθροισμα της E_A και της E_{stat} που παράγεται λόγω της αντίδρασης οπλισμού.

$$V_\phi = E_A + E_{stat}$$

Η μαγνητική επαγωγή του ολικού μαγνητικού πεδίου στο διάκενο είναι ίση με το άθροισμα των πεδίων του στάτη και του δρομέα.

$$B_{net} = B_R + B_s$$

Για επαγωγικό φορτίο όπως αναφέρεται και πιο πάνω η τάση E_{stat} έπεται του ρεύματος I_A κατά 90° και είναι ανάλογη προς αυτό. Αν ο συντελεστής αναλογίας μεταξύ της τάσης E_{stat} και του ρεύματος I_A είναι X τότε η τάση που οφείλεται στην αντίδραση οπλισμού είναι :

$$E_{stat} = jX * I_A$$

Και η τάση στα άκρα της κάθε φάσης του στάτη γίνεται:

$$V_\phi = E_A - jX * I_A$$

Όμως εκτός από την αντίδραση οπλισμού υπάρχουν οι αυτεπαγωγές και οι ωμικές αντιστάσεις των ίδιων των τυλιγμάτων του στάτη. Έτσι η διαφορά των τάσεων V_ϕ και E_A δίνεται από την εξίσωση :

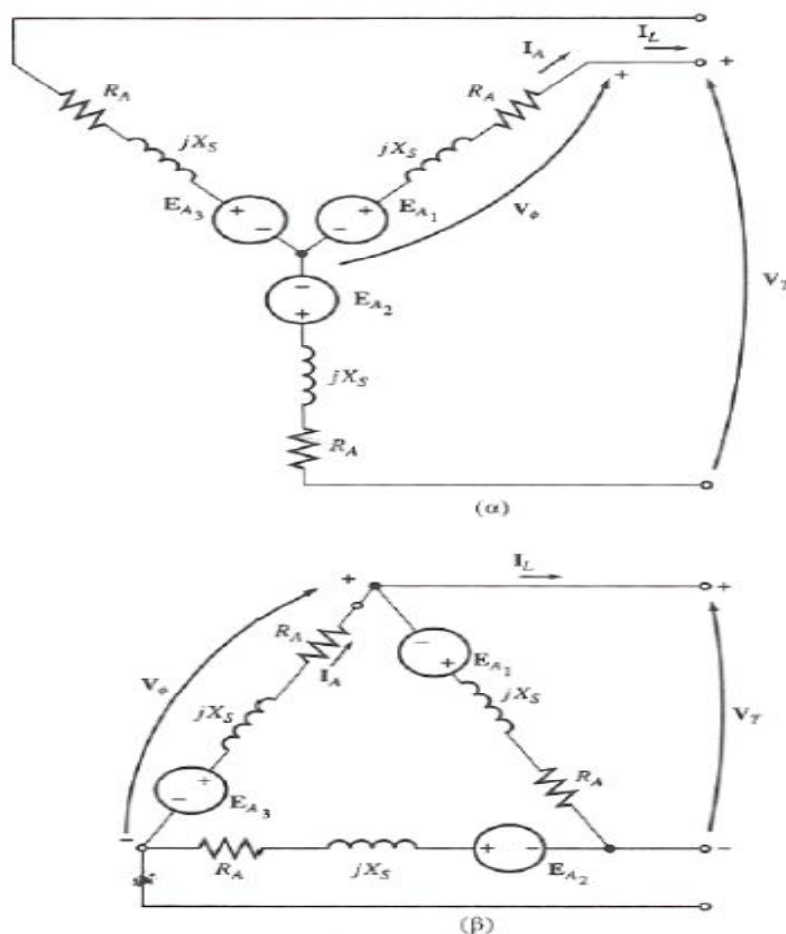
$$V_\phi = E_A - jX_s * I_A - R_A * I_A$$

όπου X_s είναι η σύγχρονη αντίδραση της μηχανής και ισούται με το άθροισμα του συντελεστή X και της αυτεπαγωγής κάθε φάσης (π.χ. X_A). Με βάση αυτή την ανάλυση μπορούμε να παραστήσουμε εύκολα το ισοδύναμο κύκλωμα. Στο πιο κάτω σχήμα δίνεται μια παράσταση των τριών φάσεων του στάτη σε σύνδεση αστέρα και τριγώνου. Όταν είναι συνδεδεμένες σε αστέρα, οι αντίστοιχες πολικές τάσεις V_T είναι:

$$V_T = \sqrt{3} * V_\phi$$

ενώ όταν συνδέονται σε τρίγωνο είναι:

$$V_T = V_\phi$$



Εικόνα 3.11: Ισοδύναμα κυκλώματα σύγχρονης γεννήτριας συνδεδεμένης σε (α) αστέρα και (β) τρίγωνο.

Σημείωση: Οι τάσεις και τα ρεύματα όλων των φάσεων είναι ίσα μόνο όταν το φορτίο της γεννήτριας είναι συμμετρικό.

3.3.3 Ισχύς και ροπή

Η σύγχρονες γεννήτριες πρέπει να λειτουργούν με σταθερή συχνότητα ανεξάρτητα από την ισχύ που απαιτεί κάθε φορά το φορτίο της γεννήτριας. Αν δεν ισχύει αυτή η προϋπόθεση η ηλεκτρική ισχύς που δίνεται από την γεννήτρια δεν θα έχει σταθερή συχνότητα. Όπως είναι φυσικό κατά την μετατροπή της μηχανικής ισχύος, που δίνεται στον άξονα της γεννήτριας, σε ηλεκτρική παρουσιάζονται απώλειες έτσι η ισχύς εισόδου δεν ισούται ποτέ με την ισχύ εξόδου. Οι απώλειες αυτές οφείλονται κυρίως στις απώλειες πυρήνα, στις μηχανικές απώλειες και στις κατανεμημένες απώλειες της γεννήτριας.

Η μηχανική ισχύς που εφαρμόζεται στον άξονα της γεννήτριας είναι:

$$P_{conv} = \tau_{app} * \omega_m * d$$

ενώ η ισχύς που μετατρέπεται στο εσωτερικό της μηχανής σε ηλεκτρική είναι:

$$P_{conv} = \tau_{app} * \omega_m = 3 * E_A * I_A * \cos\gamma$$

όπου γ είναι η γωνία μεταξύ των E_A και I_A .

Η ενεργός και άεργος ισχύς εξόδου της μηχανής σε πολικά μεγέθη ισούται με:

$$P_{out} = \sqrt{3} * V_T * I_L * \cos\theta$$
$$Q_{out} = \sqrt{3} * V_T * I_T * \sin\theta$$

και σε φασικά μεγέθη δίνεται ως:

$$P_{out} = 3 * V_\phi * I_A * \cos\theta$$
$$Q_{out} = 3 * V_\phi * I_A * \sin\theta$$

Προσεγγιστικά μπορούμε να υπολογίσουμε την ισχύ εξόδου αν αγνοήσουμε την αντίσταση οπλισμού R_A . Ο λόγος που είναι δυνατή αυτή η προσέγγιση είναι επειδή η αντίδραση X_s είναι πολύ μεγαλύτερη από την αντίσταση R_A $X_s \gg R_A$. Έτσι έχουμε:

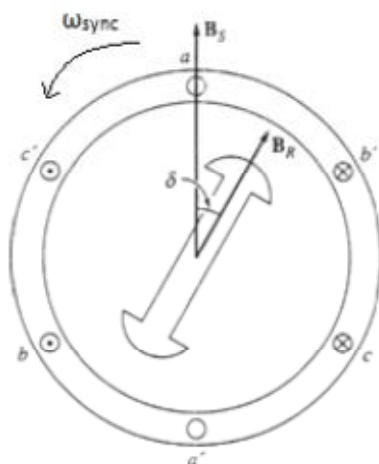
$$P = (3 * V_\phi * E_A * \sin\phi) / X_s$$

Από την πιο πάνω σχέση φαίνεται η εξάρτηση της ισχύος από την γωνία δ μεταξύ των V_ϕ και E_A και ονομάζεται γωνία ισχύος της μηχανής και δίνει μέγιστη τιμή της ισχύς στις 90° ($\sin\delta=1$). Αύτη η μέγιστη ισχύς ονομάζεται στατικό όριο ευστάθειας της γεννήτριας αλλά στην πραγματικότητα οι μηχανές δεν πλησιάζουν ποτέ αυτό το όριο. Συνήθως στην κανονική λειτουργία με πλήρες φορτίο η τιμή της γωνίας δ κυμαίνεται μεταξύ των 15 και 20 μοιρών. Τέλος με συνδυασμό των σχέσεων της ισχύς που μετατρέπεται σε ηλεκτρική και της προσεγγιστικής σχέσης εξόδου παίρνουμε την σχέση για την ροπή της σύγχρονης γεννήτριας.

$$T_{ind} = (3 * V_\phi * E_A * \sin\delta) / \omega_m * X_s$$

3.4 Σύγχρονη Μηχανή Έκτυπων Πόλων

Η πιο πάνω περιγραφή λειτουργίας ανταποκρίνεται για τις σύγχρονες μηχανές με κυλινδρικούς δρομείς αλλά για μια μηχανή με δρομέα έκτυπων πόλων θα πρέπει να λάβουμε υπόψη κάποιες παραμέτρους που εισάγονται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των πόλων. Μία παράμετρος που αγνοείτε είναι η ροπή μαγνητικής αντίστασης. Για να γίνει κατανοητή αυτή η έννοια δίνεται το παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 1.12: Δρομέας έκτυπων πόλων στον οποίο εμφανίζεται η ιδέα της ροπής μαγνητικής αντίστασης.

Στο πιο πάνω σχήμα φαίνεται ένας δρομέας έκτυπων πόλων χωρίς τύλιγμα, στο εσωτερικό ενός στάτη με τριφασικό τύλιγμα. Αν στο στάτη παραχθεί κάποιο μαγνητικό πεδίο, με τον τρόπο που φαίνεται στο σχήμα, στο δρομέα επάγεται κάποιο μαγνητικό πεδίο. Επειδή είναι πολύ πιο εύκολο να αναπτυχθεί μαγνητική ροή κατά μήκος του άξονα του δρομέα και όχι εγκάρσια στον άξονα του, η ροή στο δρομέα ευθυγραμμίζεται με τον άξονα. Αφού μεταξύ του μαγνητικού πεδίου του στάτη και του πεδίου του δρομέα υφίσταται κάποια διαφορά φάσης, στο δρομέα εφαρμόζεται κάποια επαγόμενη ροπή που τείνει να ευθυγραμμίσει το δρομέα με το πεδίο του στάτη. Το μέτρο αυτής της ροπής είναι ανάλογο με το ημίτονο του διπλάσιου της γωνίας μεταξύ των δύο πεδίων ($\sin 2\delta$).

Όπως και στις μηχανές με κυλινδρικό δρομέα υπάρχουν τέσσερα στοιχεία που συνθέτουν το ισοδύναμο κύκλωμα:

- Η τάση που αναπτύσσεται στο εσωτερικό της γεννήτριας E_A
- Η αντίδραση οπλισμού της σύγχρονης γεννήτριας
- Η αυτεπαγωγή των τυλιγμάτων του στάτη
- Η αντίσταση των τυλιγμάτων του στάτη

Το μόνο στοιχείο που χρειάζεται να τροποποιηθεί είναι οι επιπτώσεις της αντίδρασης οπλισμού για να περιλαμβάνουν το γεγονός ότι η ανάπτυξη μαγνητικής ροής σε κάποιες κατευθύνσεις είναι πιο εύκολη απ' ό,τι σε κάποιες άλλες. Η συνολική τάση στο στάτη είναι:

$$V_\phi = E_A + E_d + E_q$$

όπου E_d είναι η συνιστώσα της τάσης εξαιτίας της αντίδρασης οπλισμού στον ορθό άξονα και E_q είναι η συνιστώσα της τάσης εξαιτίας της αντίδρασης οπλισμού στον εγκάρσιο άξονα. Κάθε τάση εξαιτίας της αντίδρασης οπλισμού είναι ανάλογη του ρεύματος στο στάτη και καθυστερεί σε σχέση με το ρεύμα του στάτη κατά 90° . Έτσι, η καθεμιά από τις τάσεις λόγω αντίδρασης οπλισμού μπορεί να εκφραστεί σύμφωνα με τις σχέσεις:

$$\begin{aligned} E_d &= -jX_d * I_d \\ E_q &= -jX_q * I_q \end{aligned}$$

και η συνολική τάση στο στάτη γίνεται τελικά:

$$V_\phi = E_A - jX_d * I_d - jX_q * I_q$$

Λαμβάνοντας υπόψη την αντίδραση και αντίσταση του στάτη προκύπτουν η ορθή σύγχρονη αντίδραση και η εγκάρσια σύγχρονη αντίδραση της γεννήτριας.

$$X_d = x_d + X_d$$

$$X_q = x_q + X_q$$

Βάση των πιο πάνω παίρνουμε την τελική μορφή της φασικής τάσης μιας μηχανής έκτυπων πόλων.

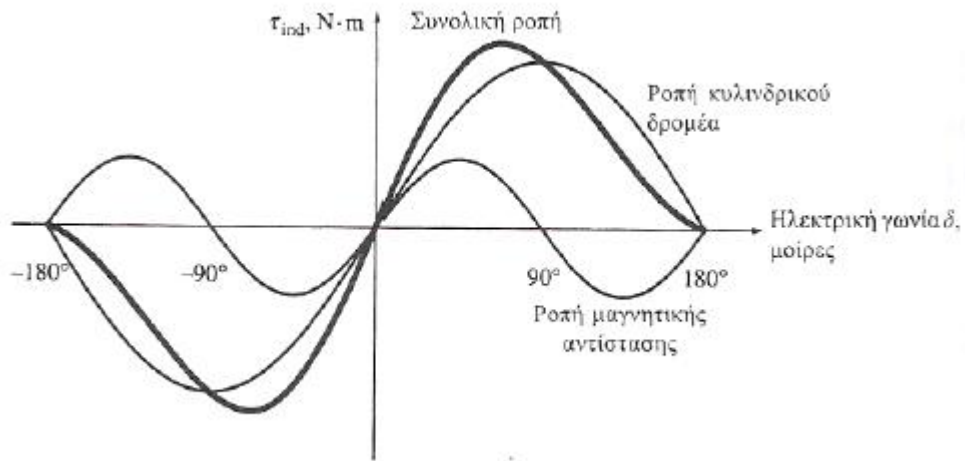
$$V_\phi = E_A - jX_d * I_d - jX_q * I_q - R_A * I_A$$

Στη συνέχεια δίνονται η ισχύς εξόδου και η ροπή στην περίπτωση των έκτυπων πόλων. Η ισχύς εξόδου μιας σύγχρονης γεννήτριας είναι ίση με το άθροισμα της ισχύος που οφείλεται στο ρεύμα ορθού άξονα με την ισχύ που οφείλεται στο ρεύμα του εγκάρσιου άξονα έτσι καταλήγουμε στην εξίσωση:

$$P = \frac{3 * V_\phi * E_A}{X_d} \sin \delta + \frac{3 * V_\phi^2}{2} \left(\frac{X_d - X_q}{X_d X_q} \right) \sin (2\delta)$$

Παρατηρούμε πως ο πρώτος όρος της εξίσωσης είναι ο ίδιος με την ισχύ μιας μηχανής κυλινδρικού δρομέα ενώ ο δεύτερος όρος είναι η πρόσθετη ισχύς που οφείλεται στη ροπή αντιδράσεως που οφείλεται στην μαγνητική ασυμμετρία της μηχανής. Βάση της ισχύος εξόδου εκφράζεται και η ροπή:

$$\tau_{ind} = \frac{3 * V_\phi * E_A}{\omega_m * X_d} \sin \delta + \frac{3 * V_\phi^2}{2 * \omega_m} \left(\frac{X_d - X_q}{X_d X_q} \right) \sin (2\delta)$$



Εικόνα 3.12: Γραφική παράσταση της ροπής μιας σύγχρονης γεννήτριας έκτυπων πόλων συναρτήσει της γωνίας ισχύος δ της γεννήτριας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.

Τύποι Υδροστροβίλων

4.1 Στρόβιλοι

Ο υδροστρόβιλος, ανά μονάδα μάζας του διερχόμενου νερού, μετατρέπει την διαθέσιμη υδραυλική πτώση της εγκατάστασης σε μηχανική ενέργεια. Για να επιλέξουμε τον τύπο και το πλήθος των στροβίλων χρησιμοποιούμε τα ανάλογα μεγέθη σχεδιασμού, δηλαδή τη παροχή και το ύψος πτώσης του νερού. Υπάρχει ένας βασικός διαχωρισμός των στροβίλων και χωρίζονται σε κατηγορίες.

- Υπάρχουν οι υδροστρόβιλοι αντίδρασης ή ολικής προβολής, δηλαδή ολόκληρη η περωτή λειτουργεί αξονομετρικά και η στατική πίεση μεταβάλλεται μεταξύ εισόδου και εξόδου της περωτής. Στην περίπτωση αυτή ο δρομέας είναι πλήρως βυθισμένος και η πίεση του νερού κινεί τα περύγια του υδροστρόβιλου. Η εφαρμογή τους είναι κυρίως για μικρά και μεσαία ύψη πτώσης και μεγάλες παροχές. Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν οι στρόβιλοι Francis και Kaplan.
- Υπάρχουν οι υδροστρόβιλοι δράσεως ή μερικής προβολής, δηλαδή κάθε χρονική στιγμή μόνο ένα τμήμα της περωτής συμμετέχει στην ενεργειακή μετατροπή και η στατική πίεση δεν μεταβάλλεται μεταξύ εισόδου και εξόδου της περωτής και ο βαθμός αντιδράσεως ισούται με μηδέν. Στην περίπτωση αυτή η πίεση του νερού έχει μετατραπεί σε κινητική ενέργεια πριν την είσοδο του στο δρομέα. Η εφαρμογή τους είναι μόνο για μεγάλα ύψη πτώσης και ο συνηθέστερος στρόβιλος δράσεως είναι ο Pelton και Turgo.

4.2 Υδροστρόβιλοι δράσεως Pelton και Turgo

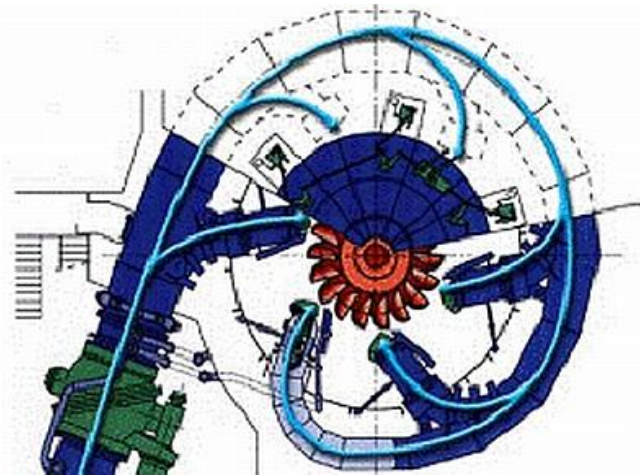
- Pelton



Εικόνα 1: Συντήρηση υδροστροβίλου Pelton.

Από τους υδροστρόβιλους δράσεως ο μόνος τύπος που έχει επικρατήσει είναι ο Pelton και παρουσιάζει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά :

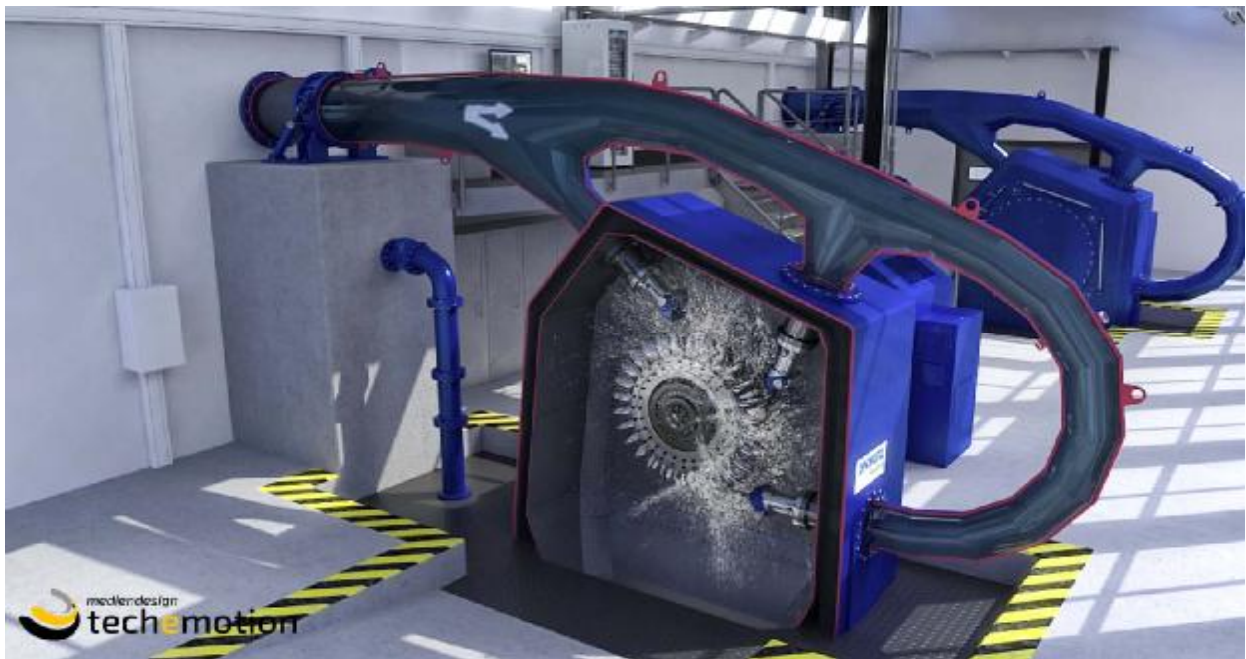
- Ø Λόγω της διαμόρφωσης των σκαφιδίων, δεσμεύουν σχεδόν το 100% της κινητικής ενέργειας του ρευστού σε χαμηλές ταχύτητες , επιτυγχάνοντας έτσι σταθερό υψηλό βαθμό απόδοσης σε όλο πεδίο λειτουργίας του.
- Ø Αυξάνοντας τον αριθμό των ακροφύσιων (έως 6), αυξάνεται η δέσμευση ενέργειας του ρευστού και συνεπώς η απόδοση του στρόβιλου.
- Ø Πεδίο λειτουργίας :
Μανομετρικό : 30 – 1.500m
Παροχή : 0,01 – 5 m³/s.



Εικόνα 2: διαδρομή του νερού μέσα στον αγωγό παροχής.



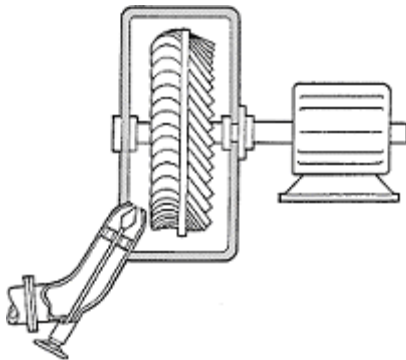
Εικόνα 3: ακίδα ακροφύσιου.



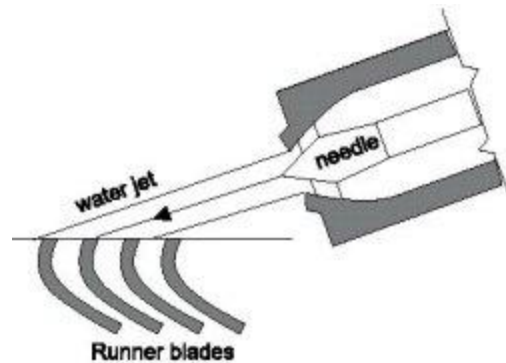
Εικόνα 4: υδροστρόβιλος εν λειτουργία.

- **Turgo**

Οι υδροστρόβιλοι Turgo έχουν σχεδόν εκλείψει και αποτελούν μία παραλλαγή του υδροστρόβιλου Pelton.



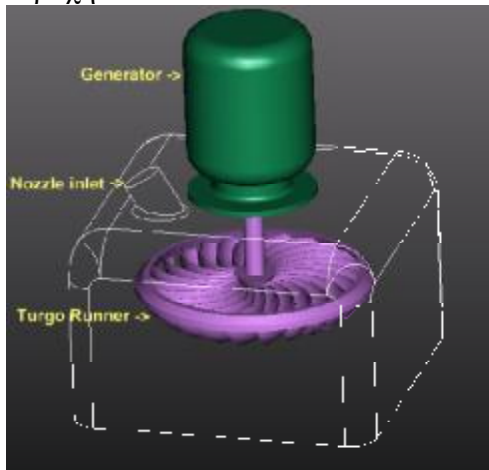
Εικόνα 5: υδροστρόβιλος Turgo.



Εικόνα 6 : ακροφύσιο Turgo.

Οι υδροστρόβιλοι Turgo παρουσιάζουν τα εξής χαρακτηριστικά :

- ∅ Λειτουργεί με υψηλότερες παροχές , σε χαμηλότερα μανομετρικά και παρουσιάζει ελαφρώς χαμηλότερη απόδοση.
- ∅ Στην πραγματικότητα η πτερωτή Turgo είναι η πτερωτή Pelton κομμένη στη μέση.
- ∅ Συνεπώς , μία πτερωτή Turgo θα πρέπει να έχει διπλάσια διάμετρο από μία πτερωτή Pelton ίδιας ισχύος.
- ∅ Παρουσιάζει σταθερό υψηλό των ακροφύσιων (έως 2) αυξάνεται η απόδοση του στρόβιλου.
- ∅ Έχει υψηλή ταχύτητα περιστροφής , συνεπώς δεν χρειάζεται κιβώτιο ταχυτήτων για τη σύζευξη με τη γεννήτρια, σε αντίθεση με τον υδροστρόβιλο Pelton.
- ∅ Πεδίο λειτουργίας :
Μανομετρικό : 30-400m
Παροχή : 0.02- 8 m³/s.



Εικόνα 7



εικόνα 8: στρόβιλος Turgo

4.3 Υδροστρόβιλος δράσεως Cross flow ή Banki

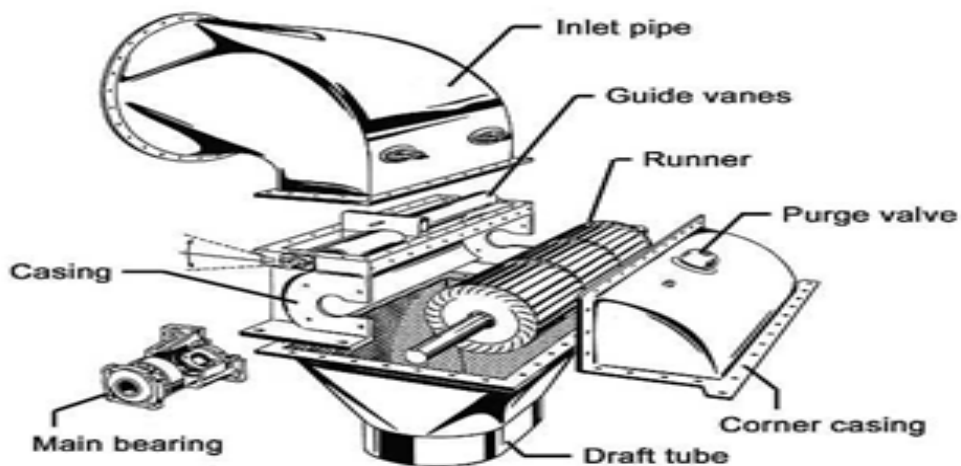
- ∅ Ο υδροστρόβιλος Cross Flow έχει σχεδόν μηδενικό βαθμό αντιδράσεως στο κανονικό σημείο λειτουργίας. Τον ξεχωρίζω από τους άλλους δύο διότι

χρησιμοποιείται για μικρές υδραυλικές πτώσεις ($H < 100\text{m}$), παροχές ($0,04 - 10\text{m}^3/\text{s}$) και κατασκευάζεται για μικρές ισχύς ($P < 100\text{MW}$).

- Ø Είναι απλός στην κατασκευή και οικονομικός στην κτήση και στη λειτουργία του.
- Ø Έχει σταθερή απόδοση σε όλο το εύρος λειτουργίας του.
- Ø Και έχει την χαμηλότερη μέγιστη απόδοση από Francis, Pelton, Kaplan και Turgo.



Εικόνα 9 : υδροστρόβιλος Cross Flow υπό κατασκευή



Εικόνα 10 : επεξήγηση τμημάτων μηχανισμού με στρόβιλο τύπου Cross Flow.

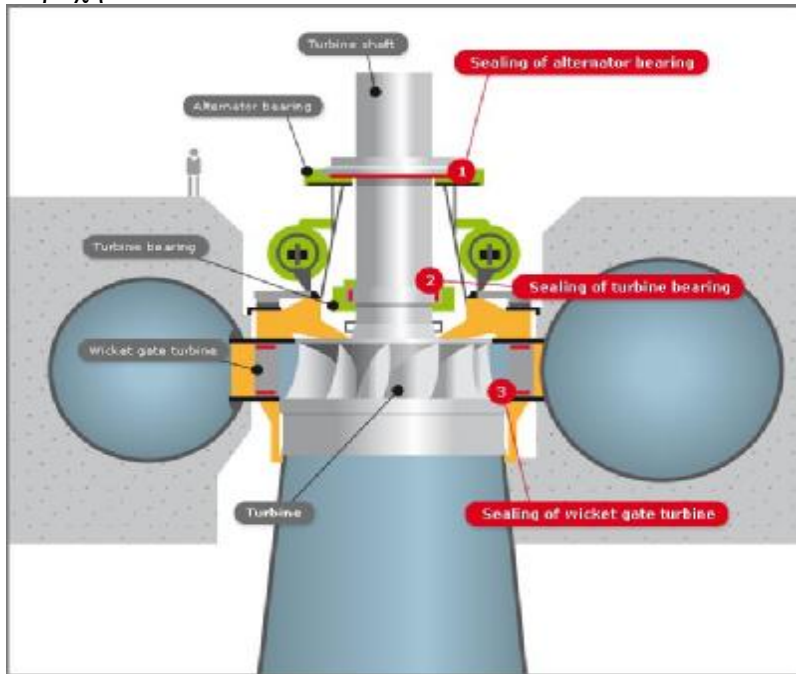
4.4 Υδροστρόβιλοι αντιδράσεως Francis, Kaplan, Deriaz και Βολβοειδής (Bulb)

- Francis

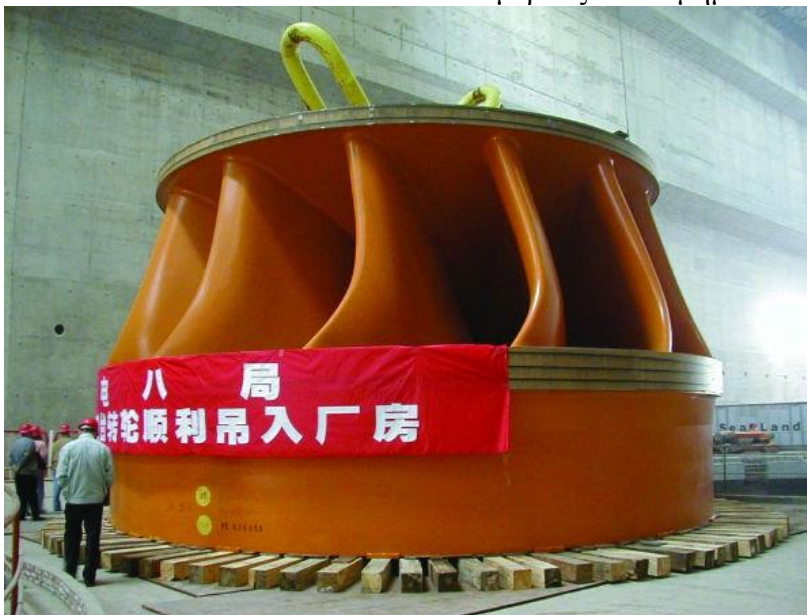
- Ø Ο υδροστρόβιλος Francis έχει εγκατασταθεί στα περισσότερα υδροηλεκτρικά έργα στον κόσμο, με ποσοστό 70-80% .

- Ø Έχει υψηλή απόδοση, η οποία όμως δεν διατηρείται σταθερή σε μεγάλο πεδίο τιμών, έξω από το ονομαστικό σημείο λειτουργίας.
- Ø Πεδίο λειτουργίας:
Μανομετρικό : 20-300m
Παροχή :

0.15-10m³/s



Εικόνα 11 : Επιμέρους τμήματα του στροβίλου



Εικόνα 12 : Στρόβιλος τύπου Francis

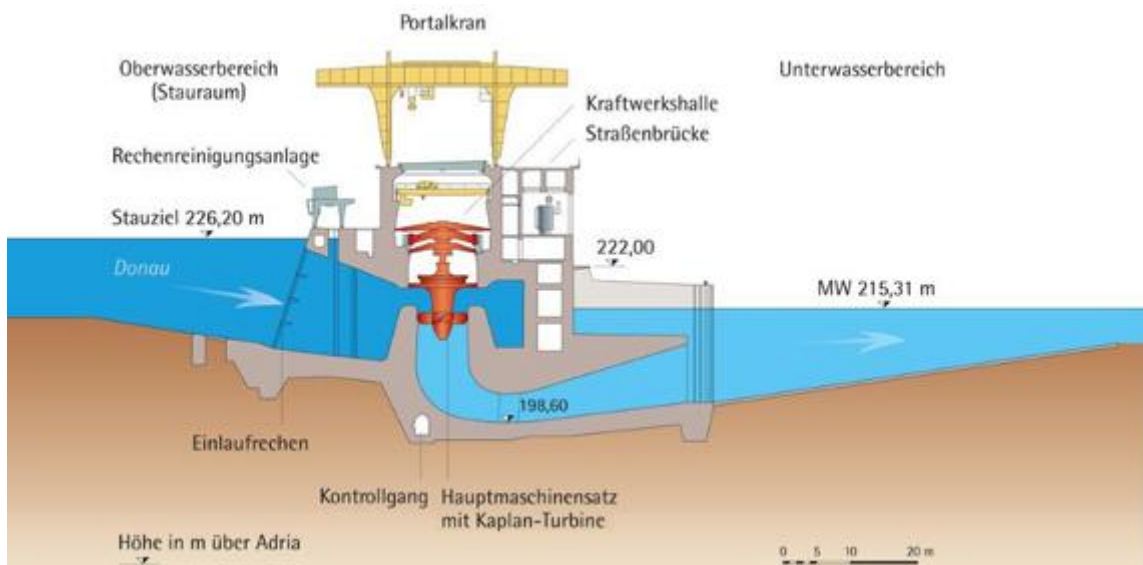
• Kaplan

- Ø Οι υδροστρόβιλοι Kaplan αποτελούν μία εξέλιξη του υδροστροβίλου Francis, προκειμένου να γίνει δυνατή η παραγωγή ισχύος σε μεγάλες παροχές και μικρά μανομετρικά.
- Ø Παρουσιάζει υψηλή σταθερή απόδοση σε μεγάλο εύρος λειτουργίας.
- Ø Πεδίο λειτουργίας :

Μανομετρικό : <50m
Παροχή : 0.5 – 50m³/s



Εικόνα 13: Στρόβιλος τύπου Kaplan

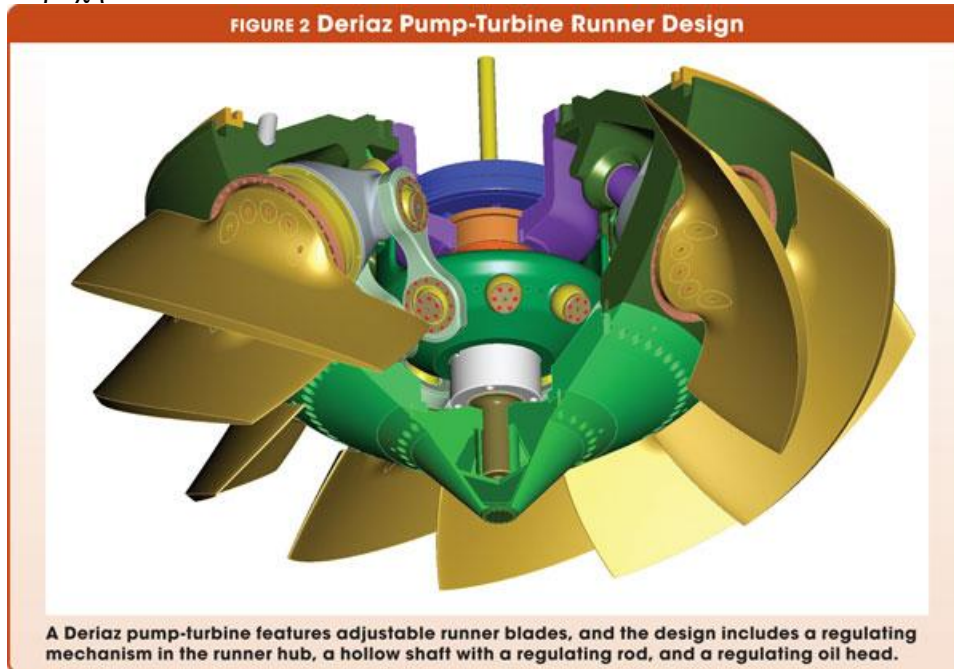


Εικόνα 14: Εγκάρσιο σχέδιο μονάδας με στρόβιλο τύπου Kaplan

- **Deriaz**

- ∅ Ο υδροστρόβιλος Deriaz είναι παραλλαγή του υδροστρόβιλου Kaplan με επίπεδα κεκλιμένα πτερύγια, με σκοπό τη λειτουργία του σε υψηλότερα μανομετρικά.
- ∅ Είναι υδροστρόβιλος μικτής ροής.
- ∅ Η κλίση των πτερυγίων είναι προσαρμοζόμενη, συνεπώς προσφέρεται η δυνατότητα λειτουργίας σε ευρύ πεδίο μανομετρικού και παροχής.

- ∅ Για τον ίδιο λόγο είναι δυνατή η αποφυγή της σπηλαιώσης, σε όλα τα σημεία λειτουργίας.
- ∅ Πεδίο λειτουργίας:
Μανομετρικό : 20 – 100m
Παροχή : 0.5 – 50 m³/s



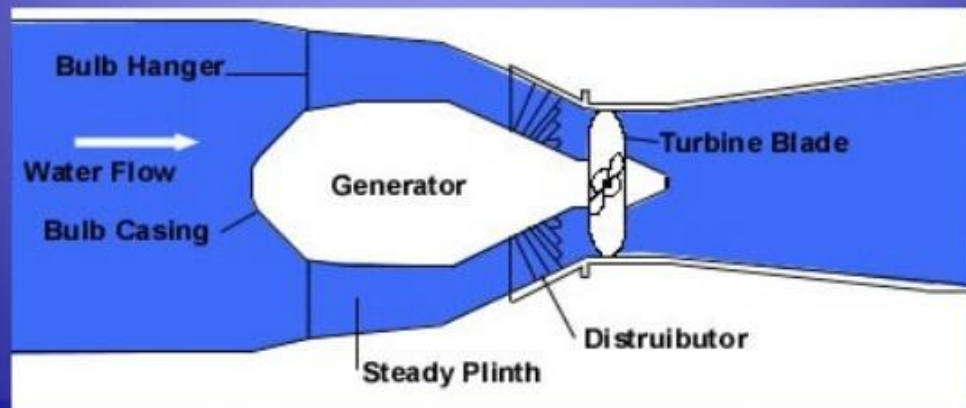
Εικόνα 15: Τρισδιάστατη τομή στροβίλου Deriaz



Εικόνα 16 : Στρόβιλος Deriaz υπό συντήρηση

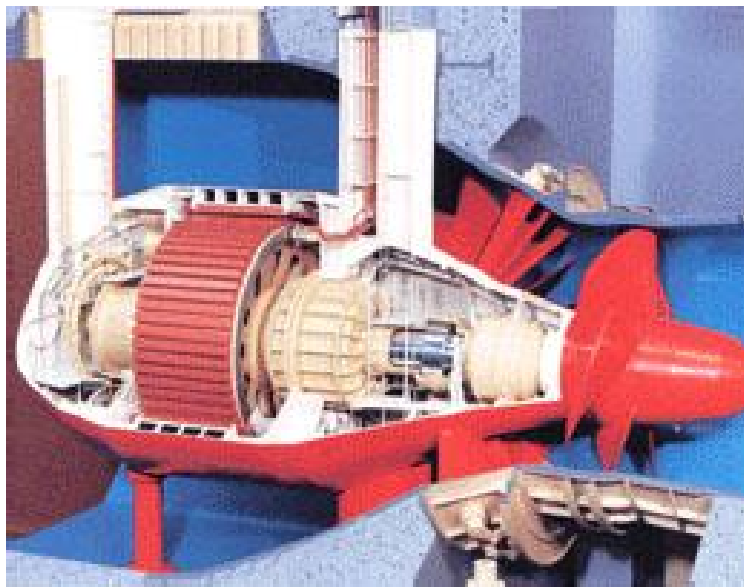
- **Βολβοειδής (Bulb)**
- Οι βολβοειδής υδροστροβίλοι αποτελούν παραλλαγή των υδροστροβίλων Kaplan, με μεγαλύτερο αριθμό πτερυγίων, με σκοπό τη λειτουργία τους σε ακόμα μεγαλύτερες παροχές (>100m³/s).

Bulb Turbine System



- A bulb turbine is one in which water flows around the turbine

Εικόνα 17: Σύστημα βολβοειδούς στροβίλου



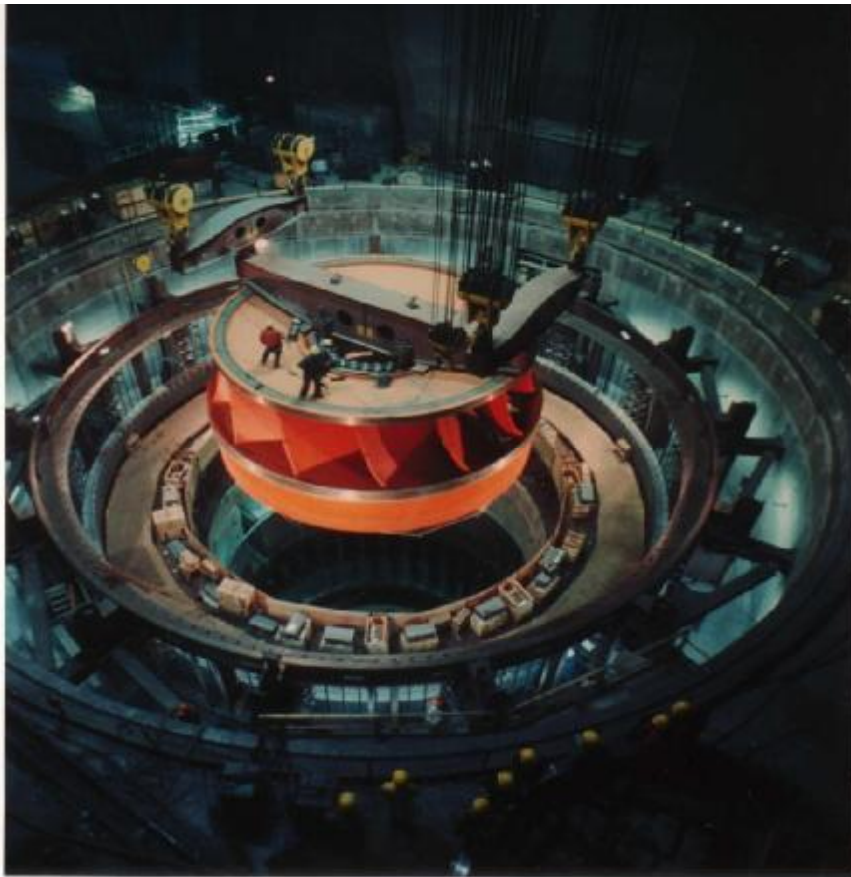
Εικόνα 18 : Τομή βολβοειδούς στροβίλου

4.5 Οι μεγαλύτεροι υδροστρόβιλοι παγκοσμίως

- YHE Grand Coulee στις Η.Π.Α

Στο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο Grand Coulee χρησιμοποιούν υδροστρόβιλους Francis αναστρέψιμους. Κατασκευάστηκε από την Voith Group και η έναρξη λειτουργίας του έγινε

το 1978. Χρησιμοποιεί τρεις μονάδες και η κάθε μία αποδίδει ισχύ 838 MW. Η μέγιστη υδραυλική πτώση φτάνει τα 87m και η διάμετρος της πτερωτής είναι 9.900mm.



Εικόνα 19 : Grand Coulee Dam turbine

- ΥΗΕ Itaipu στη Βραζιλία

Στο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο της Βραζιλίας έχουν τοποθετηθεί στρόβιλοι τύπου Francis. Κατασκευαστικά, δημιουργήθηκε από τη συνεργασία των εταιριών Neyric και Voith και λειτούργησε για πρώτη φορά το 1984. Είναι ένα πραγματικά μεγάλο εργοστάσιο με δεκαοχτώ συνολικά μονάδες, ισχύος 740 MW έκαστη. Έχει μέγιστη υδραυλική πτώση 118m και η διάμετρος της πτερωτής είναι 8.100mm.

- ΥΗΕ Sima στη Νορβηγία

Το εργοστάσιο Sima κατασκευάστηκε από τις εταιρίες Kvaerner και Hydro και είναι εξοπλισμένη με στρόβιλους τύπου Pelton. Η μέγιστη υδραυλική πτώση είναι 885m με ταχύτητα περιστροφής του στρόβιλου στις 300rpm. Επίσης γνωρίζουμε ότι αποτελείται από δύο μονάδες συνολικής ισχύος 630MW.



Εικόνα 20 : Το εργοστάσιο της Sima στη Νορβηγία

- ΥΗΕ Shulbinsaya στη Ρωσία

Η υδροηλεκτρική εγκατάσταση αυτή λειτούργησε για πρώτη φορά το 1983 και κατασκευάστηκε από εταιρία Kharkov. Χρησιμοποιεί στροβίλους τύπου Kaplan με διάμετρο περωτής 8.500mm και ταχύτητα περιστροφής 93.3rpm. Έχει συνολικά έξι μονάδες και η καθμία έχει 230MW ισχύ. Η μέγιστη υδραυλική πτώση που παρέχεται φτάνει τα 48.3m.

- ΥΗΕ Dnieper 2 στη Ρωσία

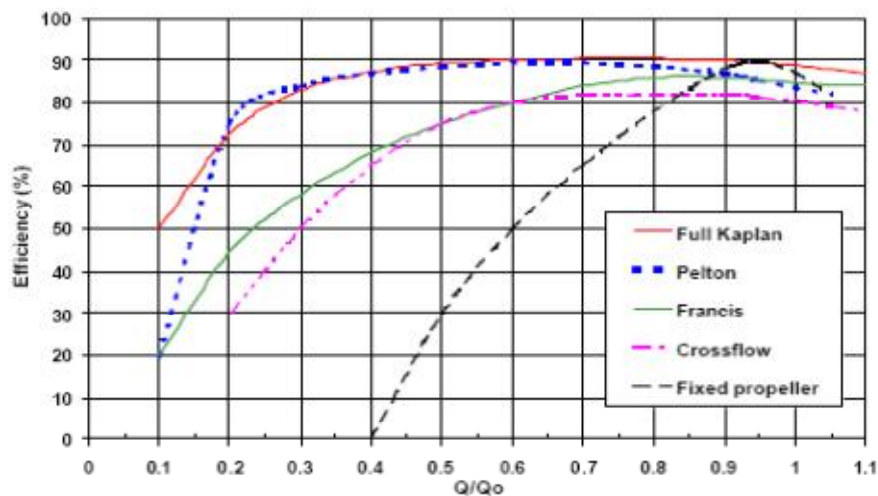
Η κατασκευαστική εταιρία του Dnieper 2 είναι η USSR. Η εγκατάσταση αποτελείται από έξι μονάδες με συνολική ισχύ 930MW και σε αυτές έχει τοποθετηθεί βολβοειδής στρόβιλος. Το έτος έναρξης λειτουργίας του εργοστασίου είναι το 1973.



Εικόνα 21: Βολβοειδής στρόβιλος στη Ρωσία υπό συντήρηση

4.6 Απόδοση υδροστροβίλων

Ένας σημαντικός παράγοντας για τη σύγκριση διαφορετικών τύπων υδροστροβίλων είναι οι σχετικοί τους βαθμοί απόδοσης τόσο στο σημείο σχεδιασμένης λειτουργίας τους όσο και σε λειτουργία με μειωμένη παροχή. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι υδροστροβίλοι τύπου Pelton και Kaplan διατηρούν πολύ υψηλούς βαθμούς απόδοσης όταν λειτουργούν χαμηλότερα από το σημείο σχεδιασμού τους, αντίθετα με τους υδροστροβίλους τύπου Francis.



Εικόνα 22: Διάγραμμα που δείχνει τη σχέση μεταξύ βαθμού απόδοσης (efficiency) διάφορων τύπων υδροστροβίλων συναρτήσει του βαθμού φόρτισης υδροστροβίλων.

4.7 Σύνοψη χαρακτηριστικών υδροστροβίλων

- Pelton :

Είναι υδροστροβίλος δράσεως κατάλληλος για μεγάλα μανομετρικά από 300 – 1800mΣΥ και ισχύς μέχρι και 400MW. Έχει ιδανική προσαρμογή για λειτουργία με μεταβλητή παροχή, ενώ παρουσιάζει κακή προσαρμογή για λειτουργία με μεταβαλλόμενο μανομετρικό.

- Francis αργόστροφος :

Είναι υδροστροβίλος αντιδράσεως, κατάλληλος για μεγάλα μανομετρικά από 150 – 750mΣΥ και ισχύς έως 400MW. Έχει παρατηρηθεί καλή προσαρμογή για λειτουργία με μεταβλητή παροχή, ενώ έχει μέτρια προσαρμογή για λειτουργία με μεταβαλλόμενο μανομετρικό.

- Francis ταχύστροφος :

Είναι υδροστροβίλος αντιδράσεως κατάλληλος για μέσα μανομετρικά από 150 – 200mΣΥ και ισχύς έως 800MW. Παρουσιάζει μέτρια προσαρμογή για λειτουργία με μεταβλητή παροχή, ωστόσο έχει σχετικά καλή προσαρμογή για λειτουργία με μεταβαλλόμενο μανομετρικό.

- Kaplan :

Είναι στροβίλος αντιδράσεως κατάλληλος για μικρά μανομετρικά από 10 – 80mΣΥ και ισχύς έως 200MW. Παρατηρείται καλή προσαρμογή για λειτουργία με μεταβλητή παροχή αλλά και για λειτουργία με μεταβαλλόμενο μανομετρικό.

- Deriaz :

Είναι στροβίλος αντιδράσεως και αποτελεί το ενδιάμεσο μεταξύ των Francis και Kaplan. Κατάλληλος για μανομετρικά από 20 έως 150m και ισχύς έως 150MW λόγω των φορτίων που παραλαμβάνουν τα πτερύγια του. Όταν βρίσκεται σε λειτουργία με μεταβαλλόμενο μανομετρικό ή μεταβαλλόμενη παροχή, παρουσιάζει καλή προσαρμογή.

- Bulb (Βολβοειδής) :

Ο υδροστροβίλος αυτός έχει αντίστοιχα χαρακτηριστικά με αυτά του Kaplan και είναι κατάλληλος για μικρά μανομετρικά και για μεγάλες παροχές.

4.8 Συγκρίσεις και Πλεονεκτήματα του κάθε υδροστροβίλου

- Pelton :

Η στάθμη τοποθέτησης του Pelton είναι ψηλότερη από αυτή του Francis και πάνω από τη μέγιστη στάθμη του κάτω ταμιευτήρα, συνεπώς δεν υπάρχει κίνδυνος πλημμύρας του υδροηλεκτρικού συγκροτήματος. Δεν απαιτείται διάταξη προστασίας του αγωγού φυγής από υδραυλικό πλήγμα. Για την αντίστοιχη περίπτωση του στροβίλου Francis είναι απαραίτητη η κατασκευή πύργου εκτόνωσης. Ο υδραυλικός βαθμός απόδοσης είναι μεγαλύτερος στα μερικά φορτία και το πεδίο λειτουργίας του πολύ εκτεταμένο. Η αποσυναρμολόγηση του στροβίλου και ειδικά της πτερωτής είναι πολύ εύκολη και πιο γρήγορη.

Οι υπερπιέσεις στον αγωγό τροφοδοσίας είναι πιο ήπιες και ελεγχόμενες κατά τα μεταβατικά φαινόμενα όπως εκκίνηση, παύση λειτουργίας και μεταβολή παροχής. Υπάρχει η ευκολία στην εν κενώ λειτουργία, παραγωγής άεργης ισχύος και ταυτόχρονα τη διόρθωση του συντελεστή ισχύος, καθώς δεν απαιτείται άδειασμα του υδροστροβίλου δεδομένου ότι η περωτή είναι πάντοτε έξω από το νερό.

- Francis :

Η διαθέσιμη υδραυλική πτώση στον Francis είναι μεγαλύτερη, δεδομένου του ότι ο Pelton πάντα ψηλότερα από τη μέγιστη στάθμη του κάτω ταμιευτήρα. Ο ολικός βαθμός απόδοσης στον Francis είναι μεγαλύτερος στο ονομαστικό σημείο λειτουργίας. Η ταχύτητα περιστροφής αυτού του στροβίλου είναι μεγαλύτερη από αυτή του Pelton, με αποτέλεσμα οι ολικές διαστάσεις και το κόστος του Francis να είναι μικρότερα. Παράλληλα, μικρότερο είναι το μέγεθος και το κόστος της γεννήτριας του Francis.

Η ρύθμιση λειτουργίας του Francis μέσω της στεφάνης των ρυθμιστικών περυγίων είναι ακριβέστερη και πιο ικανοποιητική, ιδιαίτερα όσον αφορά τη ρύθμιση της συχνότητας ηλεκτρικού ρεύματος σε αυτόνομο δίκτυο. Η μηχανική διάβρωση των διαρρεόμενων στοιχείων στον Francis επηρεάζει λιγότερο τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του υδροστροβίλου από ότι η φθορά των ακμών των σκαφιδίων ή της βελόνας τροφοδοσίας στον Pelton. Το πρόβλημα της κόπωσης της περωτής Pelton, λόγω των επαναλαμβανόμενων φορτίσεων, απαιτεί συχνότερους ελέγχους από ότι στον Francis.

- Σύγκριση :

Τα ανωτέρω διαμορφώνουν την τάση που επικρατεί σήμερα. Οι ελάχιστες υδραυλικές πτώσεις για την λειτουργία υδροστροβίλου Pelton δεν επιδιώκονται να μειωθούν, αυξάνοντας το πεδίο εφαρμογών του Pelton. Αντίθετα, η τεχνολογική – κατασκευαστική έρευνα επιδιώκει την αύξηση των ανώτατων τιμών υδραυλικής στάθμης για τη λειτουργία με στροβίλο Francis. Συνεπώς, φαίνεται ότι τα πλεονεκτήματα του Francis είναι πιο σημαντικά από ότι αυτά του Pelton.

- Francis :

Η διάμετρος της περωτής και το μήκος του σπειροειδούς κελύφους είναι μικρότερα των αντίστοιχων του Kaplan. Η μηχανική διαμόρφωση του Francis είναι πιο απλή, ενώ στον Kaplan η δυνατότητα περιστροφής των περυγίων της περωτής αυξάνει την πολυπλοκότητα και το κόστος. Η παράμετρος σπηλαιώσης είναι μικρότερη, άρα είναι μικρότερη η πιθανότητα εμφάνισης του φαινομένου. Τα μεταβατικά φαινόμενα είναι πιο απλά και πιο εύκολα στον έλεγχο τους. Η δυνατότητα λειτουργίας σε αυτόνομο δίκτυο με διατήρηση της συχνότητας είναι πιο εύκολη, ακόμα και σε δίκτυα με έντονες διαταραχές.

- Kaplan :

Ο μέγιστος βαθμός απόδοσης είναι μεγαλύτερος από αυτόν του Francis, ενώ διατηρείται σταθερά σε υψηλές τιμές για μεγαλύτερο πεδίο τιμών λειτουργίας του υδροστροβίλου. Ο Kaplan μπορεί να λειτουργήσει ικανοποιητικά και σε μερικά φορτία ή σημαντικά μειωμένες τιμές της υδραυλικής πτώσης, ενώ ο αντίστοιχος Francis, λόγω της έντονα ασταθούς λειτουργίας και κραδασμών υπό αυτές τις συνθήκες, δεν είναι δυνατό να λειτουργήσει.

- Σύγκριση :

Συμπερασματικά, στην πλειονότητα των περιπτώσεων, η οικονομοτεχνική μελέτη επιλέγει υδροστροβίλο Francis, καθώς είναι οικονομικότερες στην κτήση και λειτουργία τους.

- **Σύγκριση Kaplan με Deriaz**

Στην περίπτωση αναστρέψιμης μονάδας, ο υδροστροβίλος – αντλία Deriaz έχει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τον υδροστροβίλο Francis, ιδιαίτερα όταν η υψομετρική διαφορά μεταβάλλεται και όταν το ολικό ύψος δεν ξεπερνά τα 150m. Συγκρίνοντας τους υδροστροβίλους Kaplan και Deriaz για υδραυλική πτώση 55m, έχουμε :

Για τον υδροστροβίλο Deriaz η διατομή εισόδου στην πτερωτή είναι μεγαλύτερη και άρα οι αντίστοιχες ταχύτητες μικρότερες. Η τιμή της παραμέτρου σπηλαιώσης για τον Deriaz είναι περίπου 20% μικρότερη από αυτή του Kaplan. Η ταχύτητα φυγής στον Deriaz είναι μικρότερη κατά 20% από αυτήν στον Kaplan, άρα έχουμε μεγαλύτερη δέσμευση ενέργειας. Οι φυγοκεντρικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στα πτερύγια του Deriaz είναι μικρότερες από ότι στον Kaplan. Λόγω της κωνικής πλήμνης, ο μηχανισμός περιστροφής των πτερυγίων είναι απλούστερος στον Deriaz. Επιπρόσθετα, για τις υδραυλικές πτώσεις μεγαλύτερες των 40m ο Deriaz πλεονεκτεί σημαντικά του Kaplan.

- **Σύγκριση Kaplan με Βολβοειδούς (Bulb)**

Το κόστος έργων πολιτικού μηχανικού είναι περίπου 15% μικρότερο για υδροηλεκτρικά εργοστάσια με υδροστροβίλο τύπου Bulb. Αντίστοιχη μείωση μεγέθους και κόστους από 20 - 45% προκύπτει για τον εξοπλισμό της γεννήτριας με στροβίλο βολβοειδούς τύπου. Ο ολικός βαθμός απόδοσης είναι ελαφρώς μεγαλύτερος στους Bulb, τόσο στο ονομαστικό σημείο λειτουργίας όσο και στα μερικά φορτία. Η συνολική παραγωγή ενέργειας παρουσιάζεται 1-2% μεγαλύτερη. Η τιμή της παραμέτρου σπηλαιώσης για το βολβοειδή είναι μικρότερη από αυτή του Kaplan. Εν κατακλείδι, για υδραυλικές πτώσεις κάτω των 20m ο στροβίλος Bulb είναι προτιμότερος του Kaplan.

4.9 Υδροστροβίλοι για μικρές εγκαταστάσεις

Σε μικρές εγκαταστάσεις υπάρχει η δυνατότητα επιλογής τυποποιημένης μορφής υδροστροβίλου, με βασικό πλεονέκτημα τη μείωση του κόστους. Επιπλέον, επιτυγχάνεται η μείωση του χρόνου παράδοσης καθώς αυτός ουσιαστικά ισούται με το χρόνο κατασκευής, δεδομένου ότι τα κατασκευαστικά σχέδια ήδη προϋπάρχουν. Επίσης αυξάνεται η αξιοπιστία του εξοπλισμού καθώς υφίσταται συνεχείς βελτιώσεις. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια οι κατασκευαστές τυποποιημένων υδροστροβίλων προσφέρουν μία μικρή δυνατότητα τροποποίησης, κυρίως του δρομέα, ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερη προσαρμογή στα λειτουργικά χαρακτηριστικά ενός συγκεκριμένου έργου, χωρίς ιδιαίτερη επιβάρυνση του κόστους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.

Μελέτη των κύριων μερών του υδροηλεκτρικού εργοστασίου στο Καστράκι Αιτωλοακαρνανίας.

5.1 Γενική μελέτη υδροστροβίλου

Αυτή η μελέτη καλύπτει την λειτουργία και την συντήρηση, των τεσσάρων κατακόρυφων υδροστροβίλων Francis, που έχουν εγκατασταθεί στο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο Καστρακίου Αιτωλοακαρνανίας. Αυτές οι τουρμπίνες είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε να αποδίδουν τουλάχιστον 109.425 HP στην μέγιστη υδροληψία όταν λειτουργούν με ταχύτητα 166.7 rpm και με ένα κανονικό ύψος πτώσης των 72.9 m. Η περιστροφή των υδροστροβίλων είναι ωρολογιακή, όταν κοιτάμε προς τα κάτω την μονάδα.

Επίσης, οι υδροστροβίλοι είναι σχεδιασμένοι να λειτουργούν σε οποιοδήποτε ύψος πτώσης μεταξύ των 72.2 m και 75.7 m. Ωστόσο, καταλαβαίνουμε ότι η υδροληψία θα πρέπει να βρίσκεται αυστηρά στο μέγιστο, ώστε οι έξοδοι των υδροστροβίλων για να μην υπερβούν αυτή την ισχύ που παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα 5.1.

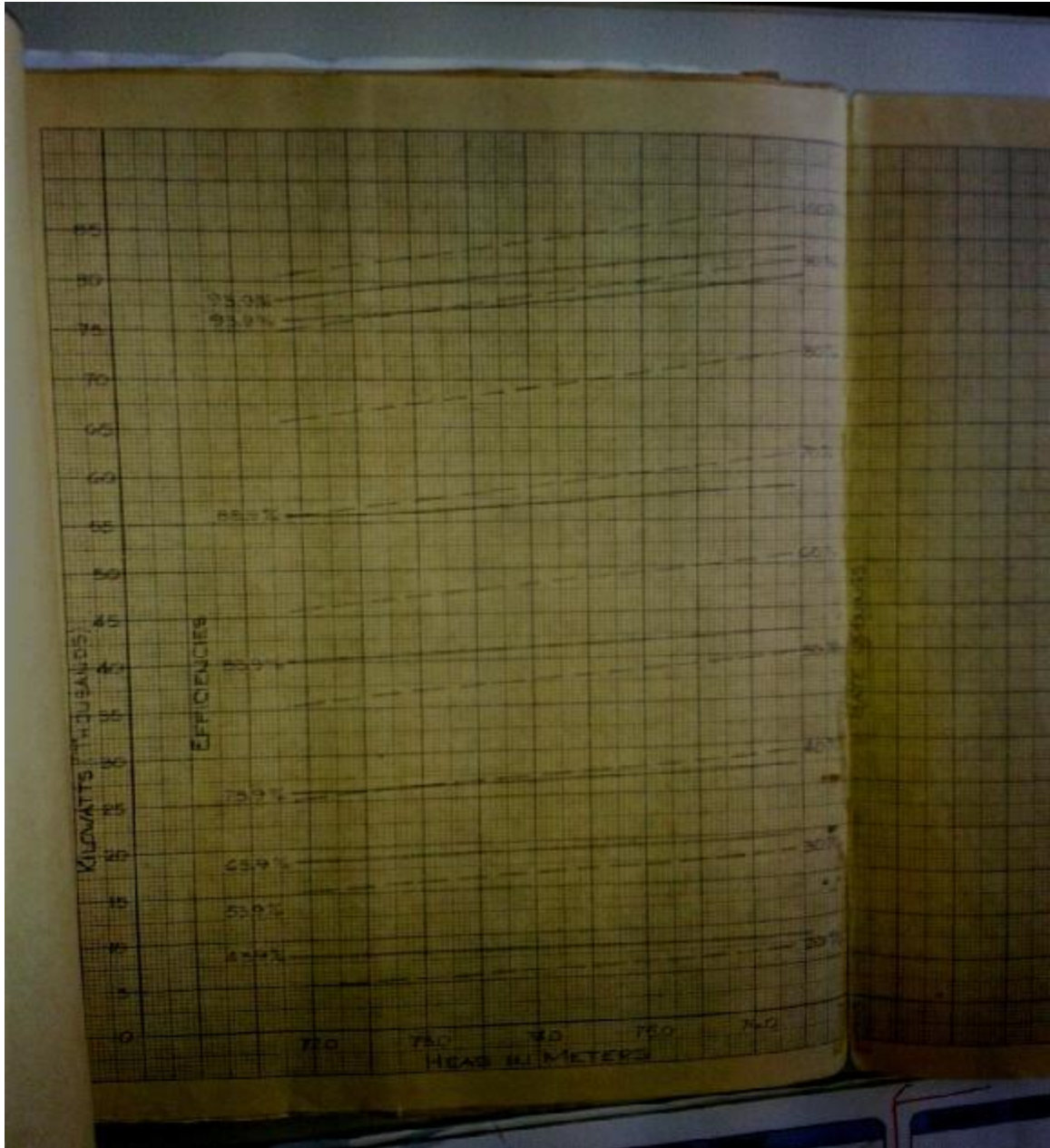
5.1.1 Περιοριστικά όρια ισχύος των υδροστροβίλων

Η ισχύς εξόδου της τουρμπίνας θα πρέπει να διατηρείται μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής που εμφανίζεται στον παρακάτω πίνακα σε σχέση με τα διάφορα ύψη πτώσης. Με αυτόν τον πίνακα διασφαλίζεται και η διατήρηση των μερών του υδροστροβίλου, από την υπερβολική σπηλαίωση.

A/A	Ύψος Πτώσης (m)	Max HP	Max KW	Min HP	Min KW
1	72.4	108.000	80.600	36.000	26.850
2	72.9	109.425	81.600	36.475	27.220
3	73.5	110.700	82.600	36.900	27.550
4	74.5	112.500	84.000	37.500	28.000
5	75.1	114.100	85.200	38.033	27.400

Πίνακας 5.1: Όρια ισχύος σε σχέση με το ύψος πτώσης.

Παράλληλα, υπάρχει μια χειροκίνητη συσκευή περιορισμού της πύλης υδροληψίας μεταβλητής διακύμανσης από 0 έως 100%. Αυτή η συσκευή έχει παρασχεθεί, για να αποτρέψει ένα τυχόν άνοιγμα της πύλης υδροληψίας που είναι χρονικά προκαθορισμένο. Η συσκευή αποτελείται από ένα χειροκίνητο στρεφόμενο κουμπί παύσης τοποθετημένο στην δεξιά πλευρά του σεβρό-μοτέρ, το οποίο καθορίζει το άνοιγμα της υδροληψίας σε αντιστοίχιση με την μέγιστη επιτρεπτή ισχύς. Χρησιμοποιώντας το κουμπί παύσης αποτρέπουμε την υπερβολική καταπόνηση του υδροστροβίλου αλλά και της γεννήτριας λόγω υπερφόρτωσης και συγχρόνως βοηθάει στην ελαχιστοποίηση της σπηλαίωσης των μερών της τουρμπίνας.



Εικόνα 5.1: Διάγραμμα του ύψους πτώσης σε σχέση την ισχύς εξόδου του στροβίλου.

5.1.2: Δρομέας στροβίλου

Στις μονάδες 1,2 και 3 ο δρομέας στροβίλου αποτελείται από έναν συνδυασμός χυτού ατσάλιου και ατσάλινου ελάσματος όπου ζυγίζει 26.900kg. Οι ενώσεις είναι κατασκευασμένες από ατσάλινο έλασμα. Η στεφάνι είναι φτιαγμένη από χυτό ατσάλι, ενώ οι κουβάδες – συλλέκτες νερού του στροβίλου κατασκευάστηκαν από χυτό ανοξείδωτο ατσάλι. Στην τέταρτη μονάδα ο δρομέας του στροβίλου έχει κατασκευαστεί από μονοκόμματο χυτό ανοξείδωτο ατσάλι.



Εικόνα 5.2: Μονοκόμματα κατασκευή δρομέα Francis από ανοξείδωτο ατσάλι

5.1.3 Άξονας του υδροστροβίλου

Ο άξονας του υδροστροβίλου είναι κατασκευασμένος από σφυρήλατο ατσάλι και ζυγίζει 17.400kg, έχει μήκος 4,0513m, διάμετρο 80,01cm και ένα διάτρημα 8 – ιντσών. Το διάτρημα του άξονα είναι συνδεδεμένο στο κάτω μέρος του δρομέα. Ο άξονας του στροβίλου και της γεννήτριας ενώθηκαν μόνιμα σε επιχείρηση που κάνει ευθυγραμμίσεις με την μέθοδο αντιστοίχισης σημείων (match – marked). Επίσης, έχει γίνει η ζεύξη του άξονα της τουρμπίνας και του δρομέα με δεκαέξι εντοιχισμένα μπουλόνια διαμέτρου 4,5 ιντσών.

Παράλληλα, η ζεύξη του άξονα του στροβίλου με της γεννήτριας πραγματοποιείται με δεκαέξι εντοιχισμένα μπουζόνια διαμέτρου 4,5 ιντσών. Τα μπουλόνια και τα μπουζόνια είναι αντιστοιχισμένα στις οπές τους σύμφωνα με την παραπάνω μέθοδο και παρέχουν αξιοποιήσιμα άκρα, αν χρειαστεί να αφαιρεθούν. Το κέλυφος στο οποίο είναι τοποθετημένος ο άξονας και ο δρομέας του στροβίλου είναι κατασκευασμένο από χυτό ατσάλι και αποτελείται από κομμάτια τα οποία είναι βιδωμένα στο κέλυφος της κεφαλής.

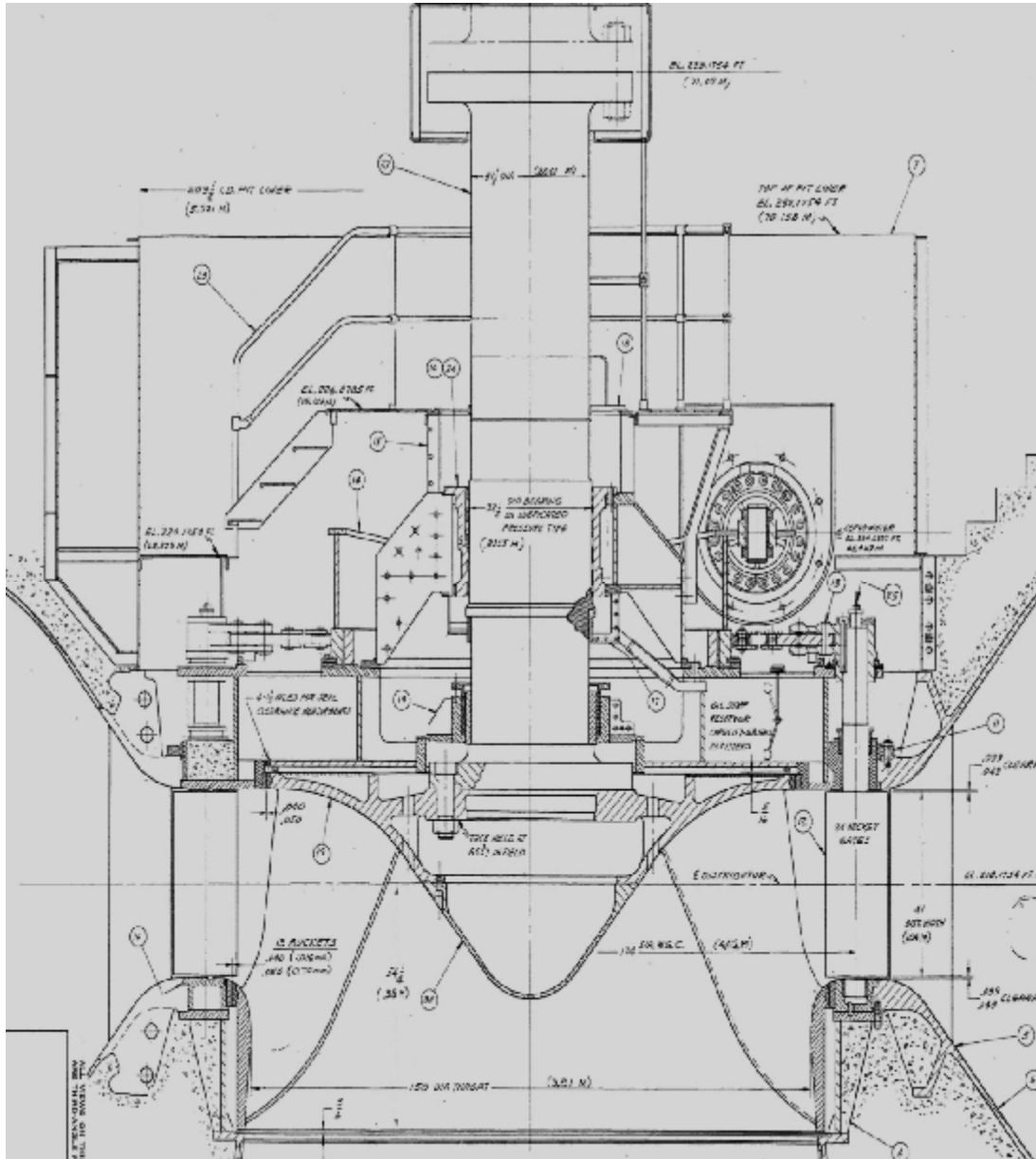
5.1.4 Λίπανση του στροβίλου με νερού

Κρύο καθαρό νερό πρέπει να διοχετεύεται μέσα στο κέλυφος του στροβίλου κάθε φορά που περιστρέφεται, για να έχουμε την σωστή ψύξη και λίπανση στο κέλυφος και στο αξονικό περίβλημα. Το κέλυφος αυτό θα πρέπει αρχικώς να ελέγχεται περιοδικά για να υφίσταται σωστή ροή νερού μέσα σε αυτό και στη συνέχεια να πραγματοποιείται διερεύνηση για τυχόν υπέρμετρη διαρροή. Μία μέτρια ποσότητα διαρροής απαιτείται για να διασφαλίσει την ορθή ψύξη και λίπανση στο κέλυφος. Αυτή η φυσική διαρροή εκρέει λόγω της βαρύτητας στο πηγάδι αποστράγγισης.

Ταυτόχρονα, κρύο και καθαρό νερό θα πρέπει να ρέει στα πάνω και κάτω δακτυλίδια στεγανοποίησης εάν θεωρήσουμε ότι η μονάδα βρίσκεται σε κίνηση, είναι σύγχρονη και τα ανοιγοκλειόμενα πτερύγια είναι κλειστά. Η λίπανση των δακτυλιδίων στεγανοποίησης είναι επίσης επιθυμητή, όταν έχουμε έναυση και απενεργοποίηση της μονάδος.

5.1.5 Οδηγό έδρανο τουρμπίνας

Το οδηγό έδρανο του στροβίλου είναι αντιτριβικού τύπου και δέχεται λίπανση από ένα σύστημα τροφοδοσίας πεπιεσμένου λαδιού. Το οδηγό έδρανο είναι κατασκευασμένο σε κομμάτια από χυτό ατσάλι. Το οδηγό έδρανο βρίσκεται εντοιχισμένο στο περίβλημα του εδράνου το οποίο είναι τοποθετημένο και βιδωμένο στο κέλυφος της κεφαλής.



Εικόνα 5.3: Εγκάρσιο σχέδιο στροβίλου Francis του ΥΗΣ Καστρακίου

5.1.6 Σύστημα λίπανσης του οδηγού εδράνου

Το λάδι τροφοδοτείται συνεχόμενα και στις δύο πλευρές του εδράνου από δύο αντλίες. Στη συνέχεια, το λάδι που έχει διοχετευτεί στο έδρανο στραγγίζει στο συλλέκτη λαδιού που

βρίσκεται από κάτω και κατόπιν οδηγείται πίσω στη δεξαμενή. Η χωρητικότητα της δεξαμενής είναι περίπου 257lt. Οι δύο αντλίες λαδιού είναι δύο ταχυτήτων με ρυθμό εκροής 7,5 GPM και 9 GPM (gallons per minute) αντίστοιχα, και έχουν ως σκοπό την διασφάλιση της μέγιστης αξιοπιστίας στην τροφοδοσία λαδιού.

- Η μία αντλία είναι 1HP, μονοφασική, $f=50$ Hz και 220V A.C. κινητήρας
- Η άλλη αντλία είναι 1HP, 125V D.C. κινητήρας και τροφοδοτείται από τις αποθηκευτικές μπαταρίες του σταθμού παραγωγής.

5.1.7 Προδιαγραφές των λιπαντικών για τους υδροστρόβιλους

- Λάδι λίπανσης

Το λιπαντικό του οδηγού εδράνου θα πρέπει να ακολουθεί κάποιες συγκεκριμένες προδιαγραφές. Ο τύπος λιπαντικού που χρησιμοποιείται έχει υψηλή περιεκτικότητα ορυκτέλαιων με ένα ιξώδες μεταξύ 225 και 310 SSU στους 100⁰F. Το σημείο ανάφλεξης του λιπαντικού θα πρέπει να είναι περίπου στους 390⁰F. Επίσης, ορθό είναι να μπορεί εύκολα να εμποδίζει τον φερόμενο αέρα. Πολύ σημαντικό είναι να περιορίζει την σκουριά, το άφρισμα και τα ανασχετικά της οξείδωσης. Παράλληλα, πρέπει το λιπαντικό να μην περιέχει λιπαρά έλαια, θείο, νερό και άλλα διαβρωτικά στοιχεία. Στην συγκεκριμένη περίπτωση ο κατασκευαστής προτείνει το λιπαντικό Mobil DTE Oil Heavy Medium, το οποίο καλύπτει αυτές τις προδιαγραφές.

- Γράσο

Το γράσο που χρησιμοποιείται για την λίπανση των μηχανικών λειτουργιών θα πρέπει να είναι τύπου NLGI Grease. Αυτός ο τύπος γράσου είναι αδιάβροχος στο νερό, έχει 15% περιεκτικότητα σε σαπούνι και το ιξώδες λαδιού δεν ξεπερνά τα 1000 SSU στους 100⁰F. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να παρέχει αντίσταση στην καταπόνηση από την οξείδωση, να έχει ομοιόμορφη υφή, συνοχή, χαρακτηριστικά ροής, βαθμό λίπανσης και κυρίως θα πρέπει να είναι αντλήσιμο, φυσικά, μέσα στα όρια του λιπαντικού εξοπλισμού. Το λιπαντικό που προτείνει ο κατασκευαστής στην προκειμένη περίπτωση είναι το Mobilplex 47.

5.1.8 Ανοιγοκλειόμενα πτερύγια

Σε κάθε υδροστρόβιλο υπάρχουν 24 ανοιγοκλειόμενα πτερύγια κατασκευασμένα από χυτό ατσάλι. Κάθε πτερύγιο είναι υδραυλικά ισορροπημένο όταν είναι περίπου 15% ανοικτό. Ο μοχλός των κόμβων είναι τοποθετημένος στην κορυφή του άνω στελέχους. Επιπλέον, το κάθε πτερύγιο επικεντρώνεται ανάμεσα από το κάτω δακτυλίδι και το κάλυμμα της κεφαλής, από ένα παξιμάδι προσαρμογής που βρίσκεται πάνω στο μοχλό των κόμβων.



Εικόνα 5.4: Τα έμβολα που ανοιγοκλείνουν τα περυγία.

Ταυτόχρονα, δύο σέρβο – κινητήρες είναι συνδεδεμένοι στο δακτυλίδι λειτουργίας σε διαμετρικά απέναντι σημεία ελέγχου θέσης και ανοίγματος περυγίων. Για κάθε περυγίο, οι κινητήρες είναι εξοπλισμένοι με ένα παξιμάδι κλειδώματος πάνω στη ράβδο του εμβόλου. Το παξιμάδι κλειδώματος παρέχεται για τον περιορισμό του ανοίγματος των περυγίων σε οποιαδήποτε θέση μεταξύ του 50% έως 100%. Επιπρόσθετα, το παξιμάδι κλειδώματος χρησιμοποιείται για το κλείδωμα των περυγίων όταν αυτά είναι ερμητικά κλειστά, δηλαδή στο 0%.

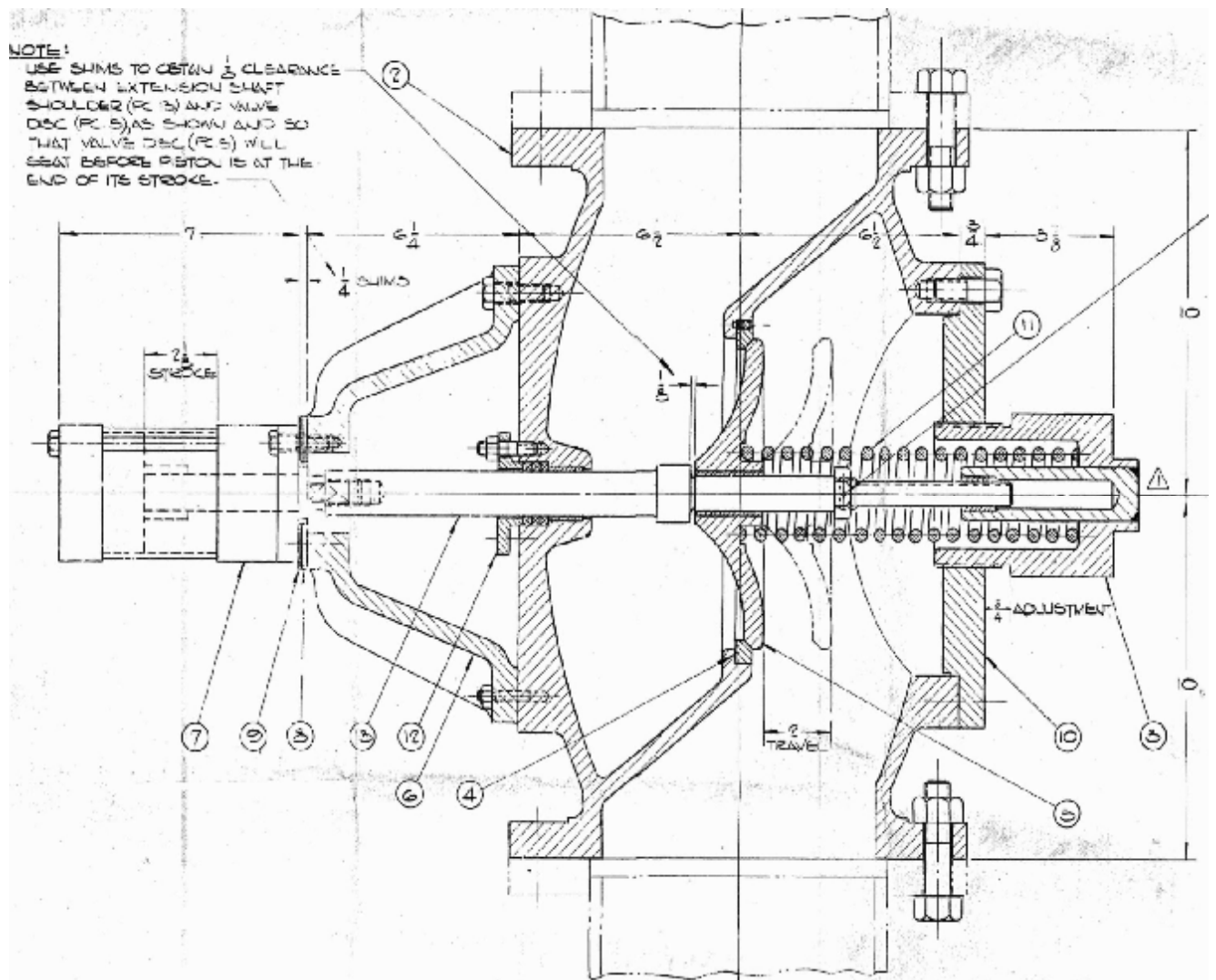


Εικόνα 5.5: Ο ένας από τους δύο αντιπαράλληλους σέρβο – κινητήρες.

5.1.9 Βαλβίδες αέρα υδροστροβίλου

Σε κάθε υδροστρόβιλο παρέχεται μία βαλβίδα αέρος οχτώ ιντσών, όπου διοχετεύεται έξω από τον σταθμό παραγωγής, σε σημείο πάνω από την μέγιστη στάθμη του νερού του φράγματος. Η λειτουργία των βαλβίδων αέρος είναι να εισάγουν αέρα στον δρομέα στροβίλου, όταν το άνοιγμα των πτερυγίων είναι μικρό, με αποτέλεσμα την ομαλή λειτουργία της τουρμπίνας.

METRIC FIN WT	PC NO.	NO. REQ.	DESCRIPTION	ERN	EFN	MATERIAL	REMARKS	TESTS
129.260 Kg	1	1	3" AIR VALVE COMPLETE	—	285#	—	CONSISTS OF PC 2 THROUGH PC 18	—
	2	X	VALVE BODY	150#	120#	CAST IRON	500-5-45148 PC.1	—
	3	X	VALVE SHAFT BONNET	32#	—	BRASS	500-5-45148 PC.9	—
	4	X	VALVE DISC SEAT	5#	—	CAST BRONZE	500-5-45148 PC.11	—
	5	X	VALVE DISC	16#	—	CAST BRONZE	500-5-45148 PC.12	—
	6	X	CYL. SUPPORT BRACKET	60#	51#	CAST IRON	500-5-45147 PC.1	—
	7	X	AIR CYLINDER	—	—	—	500-5-45147 PC.8	—
	8	X	SHIM - 1/8 THK.	—	—	STEEL	500-5-45147 PC.6	—
	9	X	SHIM - 1/16 THK.	—	—	STEEL	500-5-45147 PC.7	—
	10	X	VALVE BONNET	60#	49#	STAINLESS STEEL	500-5-45147 PC.11	—
	11	X	SPRING	—	—	STAINLESS STEEL	500-5-45147 PC.13	—
	12	X	GLAND	3#	—	STEEL	500-5-45147 PC.16	—
	18	X	EXTENSION SHAFT	10#	—	STAINLESS STEEL	500-5-45147 PC.17	—



Εικόνα 5.6: Εγκάρσια τομή βαλβίδας αέρος

5.2 Προδιαγραφές Σύγχρονης Γεννήτριας

5.2.1 Ιδιότητες

- Ονομασία τύπου: VTFKAW_RD
- Υπερφόρτωση: 89.000 KVA
- Ονομαστική ισχύς εξόδου: 77.390 KVA
- Ταχύτητα: 166,7 rpm
- Τάση: 15.750 V
- Ονομαστικό ρεύμα: 2.837 A
- Συχνότητα: 50 Hz
- Αριθμός των πόλων: 36
- Συντελεστής ισχύος: 0,9

5.2.2 Εγγυημένη αύξηση της θερμοκρασίας

Τυλίγματα στάτη	Τυλίγματα πεδίο	
60°C	60°C	Ονομαστική ισχύς εξόδου
80°C	80°C	Στην υπερφόρτωση

5.2.3 Απαιτήσεις της γεννήτριας από το στρόβιλο

- Ταχύτητα διαφυγής : 300 rpm ή το 180% της ταχύτητας του δρομέα.
- Επίδραση του βολάν (GD^2) : $6580 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
- Βάρος των περιστρεφόμενων μερών της γεννήτριας : $50.5 \cdot 10^3 \text{ kg}$
- Υδραυλική ώθηση : $214 \cdot 10^3 \text{ kg}$
- Περιστροφή : ωρολογιακή ή δεξιόστροφη

5.2.4 Κύριες διαστάσεις

- Εξωτερική διάμετρος του καλύμματος : 11.700 mm
- Εξωτερική διάμετρος του πλαισίου του στάτη : 9.000 mm
- Εξωτερική διάμετρος του δρομέα : 7.262 mm
- Εσωτερική διάμετρος του στάτη : 7.300 mm
- Κενό αέρος : 19 mm
- Ύψος όπου βρίσκεται ο εξαερισμός : 2.150mm
- Ύψομετρο στέγης : 75.750mm
- Ύψομετρο όπου βρίσκεται η όψη της φλάντζας : 71.072mm

5.2.5 Το βάρος της μονάδας παραγωγής

	Στάτης	115.000kg	
--	--------	-----------	--

Βάρος γεννήτριας	της	Δρομέας	211.000kg	Σύνολο :
		Άλλα	79.000kg	
		Εξαερισμός	7.000kg	412.000kg
Συνολικό βάρος της διέγερσης και της διεγέρτριας				19.200kg

Συνολικό βάρος μονάδας παραγωγής : 431.200kg

5.2.6 Στοιχεία οστικού εδράνου

- Τύπος : Hitachi Kingsbury type (κομματιαστός)
- Αριθμός κομματιών : 12
- Ποσότητα του νερού ψύξης : 700lt/min
- Μέγιστη πίεση του νερού ψύξης : 3,52 kg/cm²
- Τεστ πίεσης : 5,28 kg/cm²
- Έλαιο λίπανσης : 6.850lt (aprox.)
- Προτεινόμενες προδιαγραφές λαδιού : 300 SSU στους 100⁰F

5.2.7 Στοιχεία οδηγού εδράνου

- Τύπος : Κομματιαστός
- Αριθμός κομματιών : 12
- Μέγιστη πίεση του νερού ψύξης : 3,52 kg/cm²
- Τεστ πίεσης : 5,28 kg/cm²
- Έλαιο λίπανσης : 6.850lt aprox.
- Μέγιστη και ελάχιστη τιμή ανοιχτού χώρου στο οδηγό έδρανο: 0,17 έως 0,26mm (ακτίνα).

5.2.8 Ψύξη του αέρα

- Αριθμός μονάδων : 12
- Ποσότητα του νερού ψύξης : 6.500lt/min (aprox.)
- Ποσότητα νερού ψύξης όταν υπάρχει φορτίο στην γεννήτρια : 7.300lt/min (aprox.)
- Μέγιστη πίεση του νερού ψύξης : 3,52 kg/cm²
- Τεστ πίεσης : 5,28 kg/cm²

5.2.9 Υπολογισμένες τιμές της αντίστασης των τυλιγμάτων του στάτη και του δρομέα.

Τύλιγμα στάτη	0,011Ω/phase
Τύλιγμα δρομέα	0,373 Ω

5.2.10 Αντίσταση μόνωσης

Τύλιγμα στάτη	1ΜΩ
Τύλιγμα δρομέα	0,2 ΜΩ

5.2.11 Φρένα και στηρίγματα φρένων

- Αριθμός φρένων : 6
- Πίεση πεπιεσμένου αέρα : 7kg/cm^2
- Διαστάσεις πέλματος φρένου :
 - Ø μήκος : 440mm
 - Ø πλάτος : 360mm
 - Ø ύψος : 40mm
- Όρια φθοράς στο ύψος του πέλματος : 25mm
- Αριθμός στηριγμάτων : 6
- Εφαρμοσμένη πίεση : 160kg/cm^2
- Επιτρεπόμενη ανύψωση του ρότορα : 7mm

5.2.12 Σύστημα λίπανσης υψηλής πίεσης

- Κινητήρας :
 - Ø Ισχύς : 10HP
 - Ø Τάση : 380 V
 - Ø Φάσεις : 3
- Αντλία :
 - Ø Χωρητικότητα : 19lt/cm^2
 - Ø Πίεση σε φυσικά επίπεδα : 120kg/cm^2

5.2.13 Αντλία υψηλής πίεσης των φρένων

- Κινητήρας :
 - Ø Ισχύς : 1,5 KW
 - Ø Τάση : 380 V
 - Ø Φάσεις : 3
- Αντλία :
 - Ø Χωρητικότητα : 0.72lt/cm^2
 - Ø Πίεση σε φυσικά επίπεδα : 180kg/cm^2

5.3 Κατασκευή της γεννήτριας

5.3.1 Πλαίσιο του στάτη

Το πλαίσιο του στάτη είναι φτιαγμένο από πλάκες ατσαλένιου ελάσματος σε συνδυασμό με συγκολλημένη κατασκευή και είναι τοποθετημένο σε οριζόντια θέση επί της βάσεως. Ο πυρήνας του στάτη σχηματίζεται στο εσωτερικό του πλαισίου του στάτη. Φυσικά, το πλαίσιο του στάτη είναι αρκετά σταθερό για να υποστηρίξει το βάρος του πυρήνα και για να μπορεί να αντισταθεί στην ασύμμετρη μαγνητική έλξη. Επιπρόσθετα, έχει κατασκευαστεί έτσι ώστε να αντέχει τις μεγάλες ροπές κατά την διάρκεια συνθηκών βραχυκυκλώματος.

Εκτός αυτού, στη συμβατικού τύπου γεννήτρια κατακόρυφου άξονα, και το βάρος του δρομέα, το βάρος τις υδραυλικής πίεσης που δέχεται ο υδροστρόβιλος αλλά και το βάρος

του υδροστρόβιλου, στηρίζονται από το επάνω στηρικτικό έδρανο, το οποίο βρίσκεται στο πλαίσιο του στάτη. Ταυτόχρονα, το βάρος του εδράνου προστίθεται στο συνολικό βάρος που δέχεται το πλαίσιο. Για αυτό το λόγο το πλαίσιο είναι κατασκευαστικά πάρα πολύ ανθεκτικό. Στις γεννήτριες τύπου ομπρέλα και ήμι – ομπρέλα το οστικό έδρανο βρίσκεται στο χαμηλότερο μέρος του δρομέα και το μεγάλο φορτίο ώθησης να μην χρειάζεται στήριξη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, αυτοί οι τύποι γεννητριών να πλεονεκτούν έχοντας ευκολότερη κατασκευή. Στις γεννήτριες μεγαλύτερου όγκου συνηθίζεται το πλαίσιο του στάτη να διαιρείται σε περισσότερα κομμάτια για την ευκολότερη μεταφορά τους.

5.3.2 Ο πυρήνας του στάτη

Ο πυρήνας του στάτη είναι κατασκευασμένος από υψηλής ποιότητας ψυχρής έλασης ατσάλιου και πυριτίου, σφυρηλατημένο σε ημικυκλική μορφή. Οι ατσάλενες πλάκες απομονώνονται η μία από την άλλη με ένα ειδικό θερμό – σκληρυντικό βερνίκι που ψήνεται πάνω τους, ώστε να μειωθούν οι δινορευματικές απώλειες. Δεδομένου ότι αυτό το μονωτικό φιλμ έχει μεγάλη δύναμη, σημαίνει ότι ο πυρήνας αποκτά εξίσου μεγαλύτερη δύναμη. Τα ημικυκλικά κομμάτια του πυρήνα στοιχίζονται εναλλάξ έχοντας το πλαίσιο του στάτη ως οδηγό και τα κομμάτια των αγωγών εισάγονται στα κατάλληλα χρονικά διαστήματα. Αυτά είναι βιδωμένα σφικτά στη θέση τους με μπουλόνια που διέρχονται από το πλαίσιο του στάτη, με μπουλόνια που διέρχονται διαμέσου των ακραίων πλακών του στάτη και μπουλόνια βιδωμένα στα ακραία κομμάτια του αγωγού.



5.7 Επισκευή του πυρήνα του στάτη στο ΥΗΣ Καστρακίου. Έτος 2015

5.3.3 Τυλίγματα στάτη

Τα τυλίγματα στο στάτη έχουν όλα διπλό στρώμα περιέλιξης. Κάθε συστάδα χαλκού είναι ξεχωριστά μονωμένη, αλλά όλες είναι συναρμολογημένες μεταξύ τους. Αυτή η ρύθμιση έχει υιοθετηθεί έτσι ώστε να ισορροπήσει την εγκατεστημένη τάση μεταξύ των συστάδων χαλκού αλλά και για να αποτρέψει τις απώλειες λόγω δινορευμάτων στους αγωγούς. Όταν οι αγωγοί συναρμολογηθούν σε μία αναπόσπαστη μορφή, ταινία μίκας τυλίγεται γύρω τους ως μονωτικό εδάφους και στη συνέχεια εμποτίζονται τα κενά της μόνωσης με ένα βερνίκι συνθετικής ρητίνης. Αυτή η συνθετική ρητίνη είναι ειδικά σχεδιασμένη για να χρησιμοποιείται σε τυλίγματα υψηλής τάσης και έχει εξαιρετικά καλές ηλεκτρικές και μηχανικές ιδιότητες.

Οι πλευρές των τυλιγμάτων μέσα στις σχισμές προσδίδουν χαμηλή αντίσταση της ασπίδας, έτσι ώστε να αποφευχθεί η εκκένωση στέμματος. Ταυτόχρονα, έξω από τις σχισμές προσδίδεται υψηλή αντίσταση της ασπίδας ώστε να αποφευχθεί η εκκένωση στέμματος. Πρακτικά, η εξωτερική μόνωση στις σχισμές είναι ίδια με την εσωτερική και υπάρχει επαρκής προστασία από μία μη φυσιολογική ηλεκτρομαγνητική ελκτική δύναμη κατά την διάρκεια ενός βραχυκυκλώματος. Τα καλώδια μολύβδου συγκρατούνται σταθερά στην τερματική πλάκα που είναι τοποθετημένη πάνω στο πλαίσιο του στάτη.

5.3.4 Πυρήνας των πόλων του δρομέα

Ο πυρήνας των πόλων του δρομέα κατασκευάζεται από απανωτές στρώσεις ασάλινων πλακιδίων με σφυρήλατες τις ακραίες πλάκες για να δέσει σαν σύνολο και να είναι στέρεο. Δεδομένου ότι ο πυρήνας των πόλων του ρότορα είναι ένα πέρασμα της μαγνητικής ροής και αντέχει τη φυγοκεντρική δύναμη των τυλιγμάτων και του πυρήνα, η επιλογή του υλικού κατασκευής του θα πρέπει να είναι πολύ προσεκτικά διαλεγμένη.



5.8 Πυρήνας των πόλων μαζί με τα τυλίγματα. Αμορτισέρ περιέλιξης συγκολλημένα στους πόλους. (πάνω και κάτω). Ανεμιστήρας του ρότορα. (κάτω). Καστράκι, έτος 2015

5.3.5 Τυλίγματα πεδίου

Τα τυλίγματα πεδίου είναι φτιαγμένα από επίπεδες λωρίδες χαλκού τυλιγμένες από μονωτικά στρώματα καλής ποιότητας πρεσαρισμένου ασβέστη που απομονώνουν το ένα τυλίγμα από το άλλο. Τα τυλίγματα πρεσάζονται κατά την τοποθέτηση, με την χρησιμοποίηση ενός βερνικιού συγκόλλησης, με μία πίεση πολύ μεγαλύτερη από τη φυγόκεντρο δύναμη που δέχονται τα τυλίγματα κατά τη διάρκεια λειτουργίας της γεννήτριας. Για αυτό το λόγο, τα τυλίγματα δεν μπορούν να γίνουν αντικείμενο παραμόρφωσης ακόμη και μετά από μία μακρά περίοδο λειτουργίας.

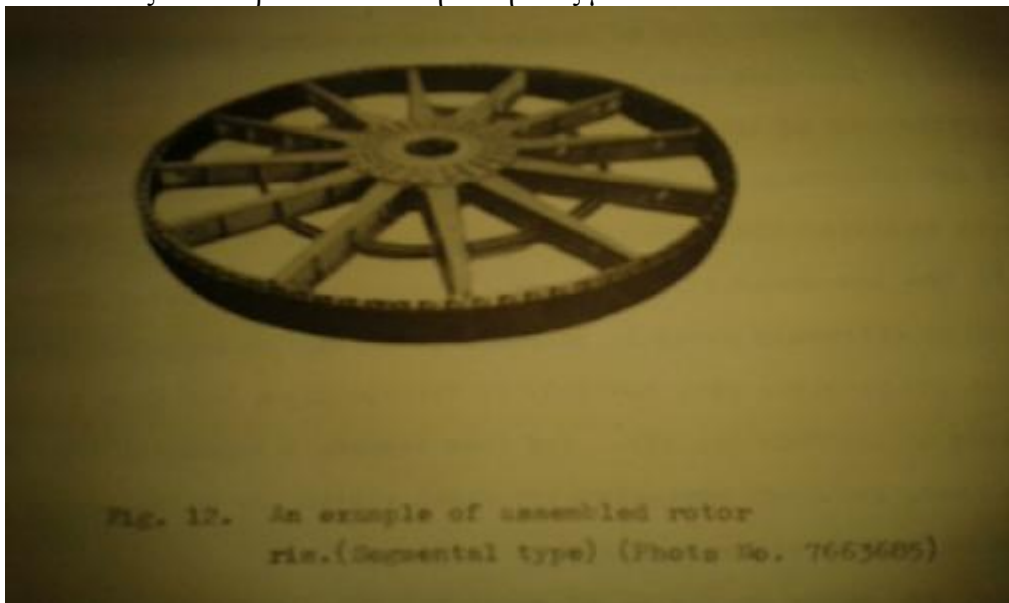
Η μόνωση μεταξύ των τυλιγμάτων και των υποδοχέων – σχισμών από ταινία μίκας, συγκολλητικό βερνίκι και λάστιχο σιλικόνης ή παρόμοια, παρεμβάλλεται ανάμεσα στον πυρήνα των πόλων του ρότορα και στο κολάρο μόνωσης, προκειμένου να αποφευχθεί η διείσδυση ξένης ύλης και η πιθανή πτώση της αντίστασης της μόνωσης.

5.3.6 Αμορτισέρ περιέλιξης

Κάποιες μπάρες χαλκού ή ορείχαλκου περνούν μέσα από τους πόλους κοντά στις επιφάνειες. Διαλεγμένα κομμάτια χαλκού συγκολλούνται πάνω στις μπάρες και στα δύο άκρα του κάθε πόλου. Οι παρακείμενοι πόλοι συνδέονται μεταξύ τους με ελάσματα βραχυκύκλωσης, όπου όλα μαζί συνδεδεμένα δημιουργούν ένα δαχτυλίδι βραχυκύκλωσης. Αυτό το χαρακτηριστικό, αυξάνει τη σταθερότητα κατά τη διάρκεια διαταραχών του συστήματος και αποτρέπει την εμφάνιση της ανώμαλης τάσης λόγω της ανομοιομορφίας ηλεκτρικού φορτίου και βραχυκυκλώματος. Διάφορες κατασκευές υιοθετήθηκαν για το αμορτισέρ περιέλιξης βασιζόμενες στη ταχύτητα και στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των γεννητριών.

5.3.7 Στεφάνι του ρότορα

Η στεφάνι του ρότορα έχει συνδεδεμένους τους πόλους γύρω από την περιφέρεια της. Όχι μόνο συμπληρώνει την διαδρομή της μαγνητικής ροής, αλλά είναι ταυτόχρονα ένα περιστρεφόμενο μέρος το οποίο στηρίζει τους πόλους και τα τυλίγματα του πεδίου. Υπάρχουν διάφορες κατασκευές της στεφάνης του ρότορα, βασιζόμενες στην χωρητικότητα και στη ταχύτητα της γεννήτριας. Σε κάθε περίπτωση, υπάρχουν ψαλιδωτές συνδέσεις στις αυλακώσεις στην εξωτερική περιφέρεια της στεφάνης του ρότορα για την σύνδεση των πόλων. Οι προεξοχές των ψαλιδωτών συνδέσεων των πόλων εισάγονται σε αυτές τις αυλακώσεις και στερεώνονται στη θέση τους με κωνικό κλειδί.



5.9 Η στεφάνι του ρότορα

5.3.8 Αράχνη του ρότορα

Η αράχνη του ρότορα είναι ένα κομμάτι το οποίο συνδέεται με την στεφάνι του ρότορα. Αυτό το κομμάτι χρησιμοποιείται γενικά σε μηχανές χαμηλής ταχύτητας. Κατασκευάζεται από συγκολλημένη χαλύβδινη πλάκα και αποτελείται από ακτινωτούς βραχίονες στήριξης και μία πλύμνη που εφάπτεται πάνω στον άξονα. Οι βραχίονες του ρότορα αράχνη είναι αποσπώμενοι για μεταφορικούς λόγους.



5.10 Αράχνη του ρότορα.

5.3.9 Ο ανεμιστήρας του ρότορα

Ο ανεμιστήρας του ρότορα επισυνάπτεται στα μπουλόνια διεύρυνσης οπών της στεφάνης του ρότορα. Στις μηχανές που αναπτύσσουν μεγάλες ταχύτητες, ο ανεμιστήρας αποτελείται από ένα δακτυλίδι, ενώ στις χαμηλόστροφες μηχανές αποτελείται από δύο ή περισσότερα κομμάτια για λόγους συντήρησης και μεταφοράς.

5.3.10 Δακτύλιος πέδης και πέδηση

Ο δακτύλιος πέδης είναι προσκολλημένος στο κατώτερο σημείο του δρομέα και αποτελείται από ένα δακτυλίδι όταν πρόκειται για υψηλόστροφες μηχανές, ενώ στις χαμηλόστροφες μηχανές για λόγους συντήρησης και μεταφοράς αποτελείται από δύο ή περισσότερα τμήματα. Οι αυλακώσεις που παρέχονται στην επιφάνεια ολίσθησης του δακτυλίου πέδης, είναι ειδικά σχεδιασμένες σε μια ακτινική κατεύθυνση ώστε να μειώνονται οι θερμικές καταπονήσεις που οφείλονται στη δράση πέδησης. Η πέδηση είναι τοποθετημένη πάνω στους βραχίονες στήριξης του κάτω εδράνου, απέναντι από τον δακτύλιο πέδης. Η

πέδηση της γεννήτριας μπορεί να ενεργοποιηθεί μόνο όταν αυτή στρέφεται με 27rpm ή λιγότερο λόγω θερμικών καταπονήσεων.

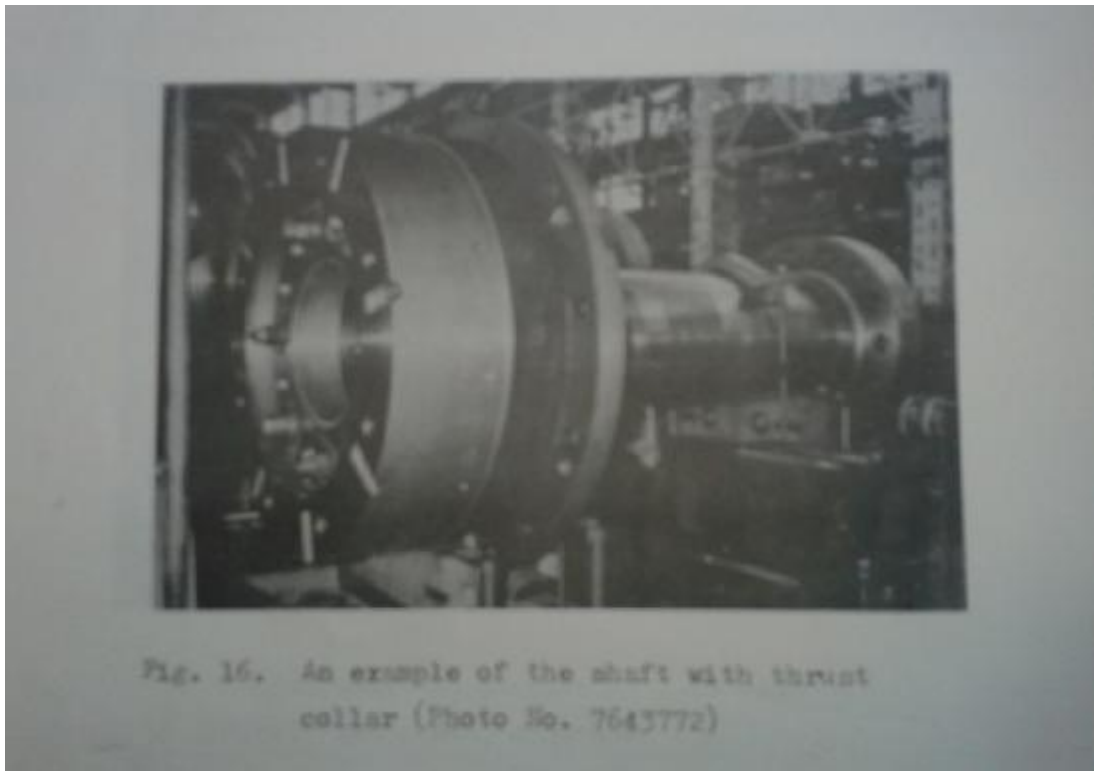


5.11 Κομμάτια του δακτύλιου πέδης

5.3.11 Άξονας με ωστικό δακτύλιο

Ο άξονας αυτός είναι ένα πολύ σημαντικό τμήμα του δρομέα, διότι μεταφέρει την ροπή που αποκτά από τον υδροστρόβιλο στην γεννήτρια και στην διέγερση της. Το υλικό κατασκευής του είναι πολύ καλής ποιότητας και έχει υποστεί τέλεια θερμική επεξεργασία. Ο άξονας μετά την σφυρηλάτηση ελέγχεται με δοκιμή υπερήχων για την ύπαρξη ρωγμών ή οπών.

Στις A.C. γεννήτριες τύπου ομπρέλα, ο άξονας διαιρείται σε κάτω άξονα και πάνω άξονα ο οποίος είναι βιδωμένος με μπουλόνια στην αράχνη του ρότορα. Ο ωστικός δακτύλιος υποστηρίζει όλο το βάρος του ρότορα της γεννήτριας, του ρότορα της διέγερσης, τα στρεφόμενα μέρη του υδροστρόβιλου και την ανισόροπη υδραυλική ώθηση, τα οποία βασίζονται στο κάτω άξονα. Επιπλέον, ο κάτω άξονας έχει μία ενσωματωμένη σφυρήλατη σύζευξη η οποία είναι παρόμοια με την φλάντζα σύζευξης που συνδέει τον άξονα με τον υδροστρόβιλο.



5.12 Άξονας με οστικό δακτύλιο

5.3.12 Άνω υποστήριγμα

Κύριος σκοπός του άνω υποστηρίγματος είναι υποστηρίξει το στατικό μέρος του διεγέρτη και του εξαερισμού. Είναι διαφορετικό από το συμβατικό τύπο γεννήτριας, διότι δεν εφαρμόζονται μεγάλα φορτία ώθησης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να είναι πιο απλό στην κατασκευή του και έχει και μεγαλύτερη αντοχή σε σύγκριση με τον συμβατικό τύπο. Ωστόσο, είναι από συγκολλημένη κατασκευή η οποία αποτρέπει τους κραδασμούς επαρκώς.



5.13 άνω υποστήριγμα του ρότορα

5.3.13 Κάτω υποστήριγμα

Αφού το κάτω υποστήριγμα δέχεται όλο το βάρος του δρομέα της γεννήτριας, την διέγερση του δρομέα, τα περιστρεφόμενα τμήματα του υδροστρόβιλου και την ανισόροπη υδραυλική ώθηση, θα πρέπει να είναι από σταθερή και ενισχυμένη κατασκευή. Το τυπικό κάτω μέρος κατασκευάζεται από συγκολλημένη χαλύβδινη πλάκα και αποτελείται από μία πλήμνη κυλινδρικού τύπου που εφάπτεται με τον δρομέα και πολλαπλούς βραχίονες που προβάλλονται ακτινικά. Σε περίπτωση που αφαιρέσουμε το οστικό έδρανο και τον οστικό δρομέα χωρίς να πειράξουμε άλλα τμήματα της γεννήτριας, θα δούμε δύο παράλληλες ακτίνες τύπου – I, οι οποίες μερικές φορές υιοθετούνται αντί της κυλινδρικής πλύμνης. Για πιο εύκολη μεταφορά του κάτω στηρίγματος, διαιρείται σε δύο ή περισσότερα τμήματα και συναρμολογούνται με μπουλόνια επιτόπου.

5.3.14 Οστικό έδρανο

Το οστικό έδρανο υποστηρίζει το συνολικό βάρος του δρομέα της γεννήτριας, τον δρομέα του υδροστρόβιλου όπως και το φορτίο υδραυλικής ώθησης. Όλα τα παραπάνω είναι εγκατεστημένα στο κατώτερο μέρος του ρότορα και ταυτόχρονα υποστηρίζονται διαμέσου του κάτω υποστηρίγματος που αναλύσαμε παραπάνω. Το έδρανο είναι Hitachi τμηματικής διάταξης, το οποίο έχει την ίδια στοιχεία με το έδρανο τύπου Kingsbury. Το έδρανο αποτελείται από έναν δρομέα και μερικά ημικυκλικά πέδιλα, τα οποία στηρίζουν τον δρομέα. Δεδομένου ότι ο δρομέας λαμβάνει την ώθηση μέσω μιας λεπτής ταινίας λιπαντικού λαδιού καθώς περιστρέφεται, η συρόμενη επιφάνεια του έχει ένα ειδικό φινίρισμα που την ακόμη πιο λεία.

Οι επιφάνειες ολίσθησης των πέδλων είναι κατασκευασμένες από αντιτριβικό μέταλλο. Εξαιρετικά σκληρά κυκλικά στηρίγματα τοποθετούνται κάτω από τα πέδιλα και στηρίζονται από μπουλόνια ρύθμισης, τα οποία έχουν σφαιρική κεφαλή. Τα πέδιλα είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να μπορούν ελεύθερα να κλίνουν, χωρίς όμως να υπάρχει αλλαγή της θέσης τους. Κατά συνέπεια, σφηνοειδής ταινίες λιπαντικού είναι εύκολο να διοχετεύονται ανάμεσα από τα πέδιλα και τον δρομέα, ως αποτέλεσμα κίνησης του δρομέα.

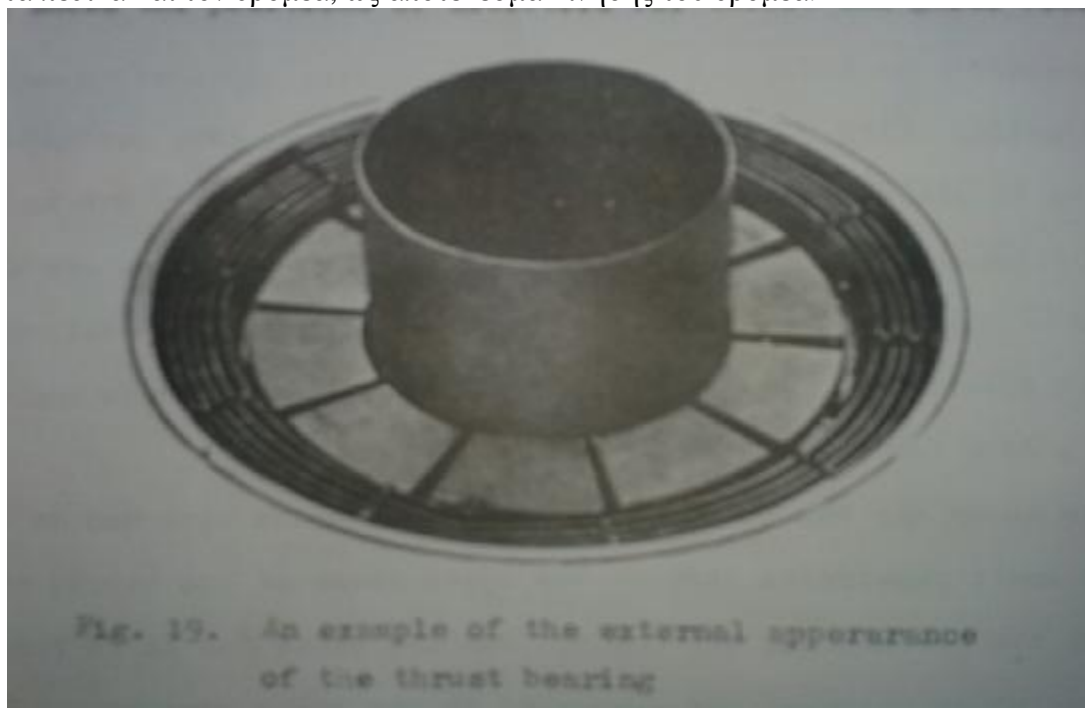


Fig. 19. An example of the external appearance of the thrust bearing

5.14 Οστικό έδρανο του δρομέα της γεννήτριας

5.3.15 Οδηγό έδρανο

Το τμηματικό τύπου οδηγό έδρανο χωρίζεται σε μερικά στηρικτικά πέδιλα, το καθένα από τα οποία έχει αντιτριβικό μέταλλο στην επιφάνεια ολίσθησης του. Το διάκενο της έδρασης ρυθμίζεται από μπουλόνια ρύθμισης. Όταν το κάλυμμα στο πάνω μέρος της δεξαμενής λαδιού αφαιρείται, τότε μπορούμε πολύ εύκολα να ρυθμίσουμε τα μπουλόνια έτσι ώστε να προσαρμόσουμε το διάκενο του εδράνου.



5.15 Οδηγό έδρανο

5.3.16 Επιπρόσθετα μέρη γεννήτριας

Υπάρχουν και κάποια επιπλέον μέρη της γεννήτριας τα οποία θα τα αναφέρουμε ονομαστικά, όπως:

- Ψύξη του αέρα – Εξαερισμός
- Σύστημα υψηλής πίεσης ελαίου λίπανσης
- Διακόπτης ροής
- Αντλία υψηλής πίεσης για την ανύψωση στο σύστημα πέδησης

5.4 Κατασκευή της διέγερσης

5.4.1 Στάτης της διέγερσης

Ο πυρήνας των πόλων του στάτη της διέγερσης αποτελείται από πολλές λεπτές χαλύβδινες πλάκες, τις οποίες συσσωρεύουν και τις καρφώνουν μεταξύ τους μέχρι να έχουν το σχήμα που απαιτείται. Τα τυλίγματα των κύριων και βοηθητικών πόλων είναι από καθαρό σύρμα χαλκού, επιμελώς μονωμένα με ειδικό βερνίκι και στερεώνονται στο ζυγό μέσω του πόλου. Για να ρυθμιστεί το διάκενο αέρα μεταξύ του δρομέα και των άκρων των

πόλων, εισάγονται λεπτές επενδύσεις ανάμεσα από το ζύγωμα και τον πυρήνα του κάθε πόλου. Αυτό το διάκενο ρυθμίζεται έτσι ώστε να βρίσκεται στην πιο κατάλληλη τιμή αφού υποστεί εργοστασιακές δοκιμές.



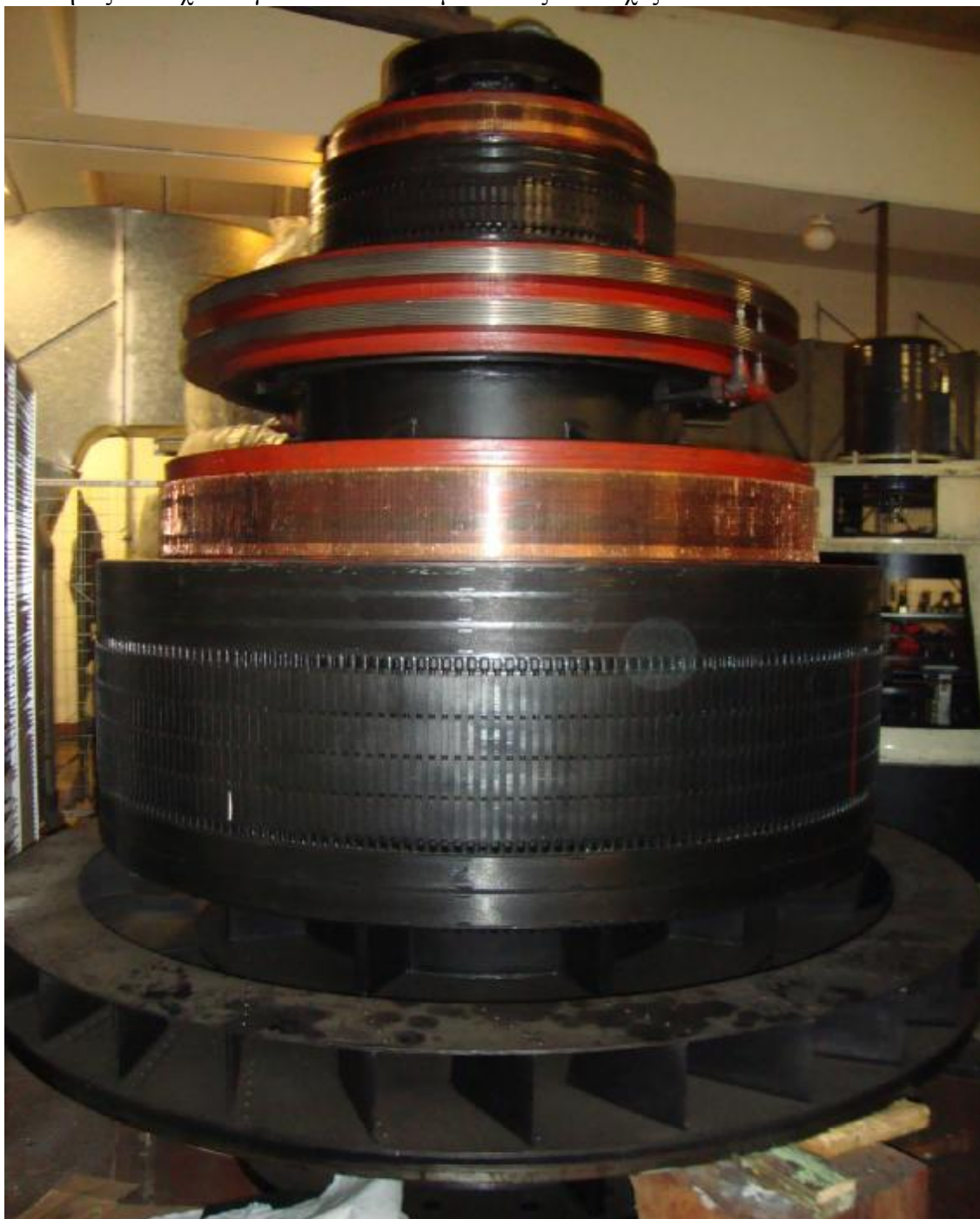
5.16 Στάτης της διέγερσης και οι θήκες των ψηκτρών



5.17 Στάτης της διέγερσης της διεγέρτριας και οι θήκες των ψηκτρών

5.4.2 Ρότορας της διέγερσης

Ο πυρήνας του οπλισμού είναι κατασκευασμένος από φύλλα χαλύβδινου πυριτίου. Ολόκληρη η περιφέρεια αποτελείται από αρκετά κομμάτια σχήματος περωτής. Οι υποδοχές για την τοποθέτηση των τυλιγμάτων, δημιουργήθηκαν με διάτρηση στην περιφερειακή επιφάνεια. Αυτά τα κομμάτια βερνικώνονται, στη συνέχεια ψήνονται και εγκαθίσταται πάνω στο ρότορα αράχνη με μπουλόνια διάτρησης. Έτσι, στερεώνονται και είναι σαν ένα ενιαίο κομμάτι μέσω των ακραίων πλακών και των μπουλονιών. Ο οπλισμός των τυλιγμάτων είναι φτιαγμένος από καθαρό σύρμα χαλκού, μονωμένο με μίκα και άλλα μονωτικά υλικά καλής ποιότητας που έχουν εγκατασταθεί ανάμεσα στις υποδοχές.



5.18 Ρότορας της διέγερσης, ρότορας της διέγερσης της διεγέρτριας, δακτύλιος ολίσθησης και κάτω ο ανεμιστήρας ψύξης.

5.4.3 Δακτύλιος ολίσθησης

Ο δακτύλιος ολίσθησης είναι τοποθετημένος μεταξύ της κύριας διέγερσης και της διέγερσης της διεγέρτριας και καθοδηγεί το ρεύμα στο τύλιγμα της γεννήτριας. Η θέση στην οποία βρίσκεται ο δακτύλιος διευκολύνει την επιθεώρηση και την συντήρηση του τμήματος της διέγερσης. Ο δακτύλιος ολίσθησης είναι κατασκευασμένος από σφυρήλατο ατσάλι και έχει προσκολληθεί με δύναμη πάνω στην πλύμνη του δακτυλίου ολίσθησης πάνω από την μόνωση από μίκα. Οι ψήκτρες του δακτυλίου ολίσθησης συνδέονται με τις βασικές ψήκτρες της κύριας διέγερσης, με μόνωση.

5.5 Μετασχηματιστές ισχύος

5.5.1 Προδιαγραφές

Στοιχεία :

- Hitachi, Ltd. Tokyo Japan
- Τάξης : FOA
- Αριθμός φάσεων : 3
- $F= 50\text{Hz}$
- Τιμές τάσης :
 - Ø High voltage : 161.250 V (Y) / 93.100 V (Δ)
 - Ø Low voltage : 15.750 V
- Τιμές ισχύος : 90.000 KVA
- Άνοδος θερμοκρασίας λόγω αντίστασης : 55°C



5.19 Μετασχηματιστής ισχύος στον ΥΗΣ Καστρακίου

5.5.2 Γενικές πληροφορίες των μετασχηματιστών ισχύος

Οι δακτύλιοι του μετασχηματιστή Hitachi έχουν ένα σώμα από συμπτυκνωμένο χαρτί με λεία φύλλα αλουμινίου. Αυτό το συμπτυκνωμένο σώμα είναι σφραγισμένο μέσα σε ένα πορσελάνινο κέλυφος και αποτελείται από τα παρακάτω εξαρτήματα :

- Ένα άνω κέλυφος
- Ένα άνω μέρος πορσελάνης
- Μία συγκολλημένη φλάντζα κάτω περιβλήματος
- Η συνδεσμολογία
- Ένα κάτω μέρος πορσελάνης
- Και ένα κάτω κέλυφος

Η πορσελάνινη μόνωση στο πάνω και κάτω μέρος καλύπτονται με ένα καστανό γάνωμα. Το συμπτυκνωμένο σώμα στεγνώνεται προσεκτικά και στη συνέχεια εμποτίζεται με απαερωμένο λάδι. Το κενό που υπάρχει ανάμεσα από το συμπτυκνωμένο σώμα και την πορσελάνη μόνωσης, συμπληρώνεται με λάδι μέχρι τον χώρο εκτόνωσης του άνω περιβλήματος. Ένα ελατήριο συμπίεσης που βρίσκεται στο άνω μέρος του περιβλήματος κρατάει όλες τις φλάντζες του κάτω τμήματος πορσελάνης υπό ελεγχόμενη πίεση και σφραγίζει το χιτώνιο αποτρέποντας τη διαρροή. Ο χώρος αερίου στο πάνω κέλυφος του μετασχηματιστή γεμίζεται με αέριο άζωτο χαμηλής πίεσης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, η οξείδωση του λαδιού να παραμένει στο ελάχιστο. Το άνω κέλυφος, το άνω μέρος πορσελάνης και η φλάντζα του κάτω περιβλήματος είναι σταθεροποιημένα μεταξύ τους με σιδερένια μπουλόνια και πορσελάνινους υποστηρικτές. Τα περισσότερα μέταλλα μέσα στον μετασχηματιστή, εκτός των ηλεκτρικών αγωγών, είναι από μη μαγνητικά υλικά.

5.6 Αυτόματος ρυθμιστής τάσης τύπου HTD

Η επέκταση του ενεργειακού συστήματος στο πεδίο εφαρμογής του, στις τελευταίες δεκαετίες έχει κάνει απαραίτητη τη χρήση του αυτόματου ρυθμιστή τάσης, ο οποίος διατηρεί την τάση σταθερή και καλή απόκριση. Για αυτό το λόγο η Hitachi ανέπτυξε τον αυτόματο ρυθμιστή τάσης τύπου HTD, ο οποίος είναι πολύ ικανοποιητικός στην εφαρμογή του στις σύγχρονες μηχανές που χρησιμοποιούνται σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και σε υποσταθμούς. Μέσω του HTD το σφάλμα ρύθμισης τάσης συγκρατείται από το -1% έως το +1%, σε όλη την περιοχή λειτουργίας της κύριας μηχανής. Σε δοκιμή που επεβλήθη σε γεννήτρια με πλήρες φορτίο 48.500 KVA, ο αυτόματος ρυθμιστής μπόρεσε να περιορίσει την υπέρταση κατά 19% και έπειτα από 6.5 sec έφερε την γεννήτρια στην αρχική της κατάσταση σταθερότητας. Σαν αποτέλεσμα των δοκιμών κατατέθηκε ότι ο HTD ξεπέρασε τους συμβατικούς ρυθμιστές τάσης, ειδικά στην ικανότητα να διατηρεί την τάση σταθερή, να έχει γρήγορη απόκριση και να υπάρχει σταθερότητα στο σύστημα.

5.6.1 Τι είναι ο HTD

Ο HTD είναι ένας περιστρεφόμενος ενισχυτής υψηλής απόδοσης που αναπτύχθηκε και τελειοποιήθηκε από την Hitachi, έχοντας υψηλή ενίσχυση και άμεση απόκριση. Χρησιμοποιείται ευρέως σε όλους τους τομείς της σύγχρονης αυτοματοποίησης. Επίσης, ο HTD βρίσκει ποικίλη εφαρμογή στον έλεγχο ροπής και ταχύτητας σε ελασματοουργεία, μηχανές κατασκευής χαρτιού, ναυτική χρήση και άλλων ηλεκτροκίνητων εξοπλισμών, καθώς και τον έλεγχο τάσης στην χωρητικότητα AC και DC γεννήτριες.



5.20 HITACHI HTD Amplifier

5.6.2 Κατασκευαστικά μέρη ενός HTD

- Κύριοι πόλοι

Το τύλιγμα της ανεξάρτητης διέγερσης και το τύλιγμα αυτοδιέγερσης των HTD τυλίγονται χωριστά στους δύο βασικούς πόλους. Δηλαδή, ξεχωριστό πόλο διέγερσης και ξεχωριστό πόλο αυτοδιέγερσης, οι οποίοι είναι μαγνητικά ανεξάρτητες. Εξαλείφοντας τον μαγνητικό συνδυασμό των τυλιγμάτων, αποφεύγεται αύξηση της σταθεράς χρόνου με αμοιβαία επαγωγή και με αυτόν τον τρόπο αποκτάται επιτάχυνση της γρήγορης απόκρισης. Και η ξεχωριστή διέγερση και οι αυτοδιέγερση των πόλων, είναι σχεδιασμένες για χαμηλό κορεσμό έτσι ώστε η καμπύλη κορεσμού να σχεδιάζεται ως μία ευθεία γραμμή τάσης, πολύ υψηλότερη από την ονομαστική τάση.

Αυτό ελαττώνει την είσοδο ελέγχου και αυξάνει την ενίσχυση, ενώ το αποτέλεσμα σε μια παροδική κατάσταση είναι πολύ διευρυμένο, αυξάνοντας την συνολική γρήγορη απόκριση που επιδρά στο σύστημα ελέγχου. Ο πόλος ξεχωριστής διέγερσης έχει αρκετό χώρο για να φιλοξενήσει τις περιελίξεις που χρησιμοποιούνται για διάφορους σκοπούς ελέγχου. Η πυρήνες των δύο πόλων είναι κατασκευασμένη από υψηλής ποιότητας χαλύβδινης πλάκας πυριτίου με ανόπτηση σε αέριο άζωτο.

- Ζύγωμα της μηχανής

Δεδομένου ότι και η ξεχωριστή διέγερση και οι πόλοι αυτοδιέγερσης είναι κατασκευασμένοι από υψηλής ποιότητας χαλύβδινης πλάκας πυριτίου με ανόπτηση σε αέριο άζωτο, τα αμπεροτυλίγματα της διέγερσης εφαρμόζουν πάνω στο ζύγωμα της μηχανής με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιείται ο όγκος και η ροή υστέρησης λόγω δινορευμάτων να εμποδίζεται, συμβάλλοντας έτσι στη βελτίωση της γρήγορης απόκρισης.

- Βοηθητικοί πόλοι

Οι βοηθητικοί πόλοι έχουν την ίδια κατασκευή με αυτή που χρησιμοποιείται στις συνηθισμένες DC γεννήτριες. Τα κομμάτια των πόλων είναι κατασκευασμένα σε κατάλληλο σχήμα για την καλύτερη μεταγωγή. Επιπλέον, αποτελείται από έναν πυρήνα κατασκευασμένο από συγκολλημένα φύλλα χαλύβδινων πλακών πυριτίου, που αποτρέπουν την μεταγωγή των δινορευμάτων στην παροδική λειτουργία.

- Οπλισμός

Ο οπλισμός έχει την ίδια κατασκευή με αυτή που χρησιμοποιείται στις συνηθισμένες DC γεννήτριες αλλά η μεταγωγική ικανότητα και η μηχανική αντοχή είναι πολύ καλύτερες λαμβάνοντας υπόψη το μέγιστο φορτίο που απαιτείται για τον έλεγχο της. Έτσι ο οπλισμός διακρίνεται για την αξιοπιστία, την συντήρηση και την διάρκεια ζωής του.

5.6.3 Εφαρμογή του HTD

Το HTD έχει την ικανότητα να ελέγχει οποιαδήποτε φυσική ποσότητα, όσο δίνεται προσοχή στην μέθοδο ανίχνευσης της ποσότητας. Έτσι, μπορεί να εφαρμοστεί για μια μεγάλη ποικιλία σκοπών συμπεριλαμβανομένης, τον αυτόματο έλεγχο μιας γεννήτριας, την τάση, τον συντελεστή ισχύος του ρεύματος, την ταχύτητα ή την ροπή του κινητήρα, την ένταση ενός ελάστρου, το πρόγραμμα μιας μηχανής ανύψωσης, κ.α. Όλοι αυτοί οι έλεγχοι είναι αρνητικά τροφοδοτούμενοι έλεγχοι, στους οποίους έχει οριστεί μία τιμή και η ρύθμιση γίνεται κάθε φορά που υπάρχει διαφορά μεταξύ της ελεγχόμενης ποσότητας και της καθορισμένης τιμής.

Με μία μεγάλη ενισχυτική βαθμίδα και μία μικρή χρονική υστέρηση, ο HTD μετατρέπει στιγμιαία την διαφορά σε μεγάλη ποσότητα λειτουργίας και κάνει την ποσότητα που πρέπει να ελέγχεται, να συμπίπτει με την καθορισμένη τιμή. Όταν οι ενισχυτές χρησιμοποιούνται σε πολλά στάδια (ενίσχυσης), ένας υψηλός βαθμός ενίσχυσης μπορεί να ληφθεί, δίνοντας την δυνατότητα έλεγχου υψηλής ακρίβειας και μιας μεγάλης τιμής εξόδου. Στον HTD έχουν εφαρμοστεί ένα από τα διάφορα κυκλώματα του συστήματος έλεγχου 'Leonard', στο οποίο η ταχύτητα του κινητήρα ελέγχεται με τον έλεγχο της τάσης της γεννήτριας.

5.7 Αυτόματος ρυθμιστής στροφών

Ο ρυθμιστής στροφών προσπαθεί πάντα να κρατήσει τις στροφές της γεννήτριας σταθερές ανεξάρτητα με την αυξομείωση του φορτίου. Αυτό επιτυγχάνεται με έναν σύγχρονο τριφασικό κινητήρα του οποίου οι στροφές επηρεάζονται άμεσα από τις στροφές της κύριας γεννήτριας. Σε αυτόν τον κινητήρα εφάπτεται μια ρυθμιστική βαλβίδα η οποία με την σειρά της δίνει σήμα στα σέρβο-μοτέρ που ρυθμίζουν τα κινητά πτερύγια του υδροστροβίλου. Το σήμα που δίνει η ρυθμιστική βαλβίδα πηγαίνει στην βαλβίδα έλεγχου των πτερυγίων που αναλύσαμε παραπάνω.

5.7.1 Λειτουργία ρυθμιστικής βαλβίδας

Η ρυθμιστική βαλβίδα αποτελείται από δύο παράλληλα μεταλλικά ελάσματα που εφάπτονται πάνω στον άξονα του σύγχρονου κινητήρα. Πάνω στα μεταλλικά ελάσματα είναι προσκολλημένα δύο αντίβαρα. Όπως αναφέραμε παραπάνω οι στροφές του κινητήρα είναι

ίδιες με της γεννήτριας. Έτσι όταν αυξάνονται οι στροφές του κινητήρα τα δύο ελάσματα, λόγω των αντίβαρων και του φαινομένου της φυγόκεντρου δύναμης, αποκλίνουν από το φυσικό τους κέντρο με αποτέλεσμα το άνοιγμα της ρυθμιστικής βαλβίδας, δίνοντας έτσι σήμα στη βαλβίδα ελέγχου των σέρβο-μοτέρ να ανοίξουν τα κινητά πτερύγια.

Ενώ, όταν μειώνονται οι στροφές του κινητήρα τα δύο μεταλλικά ελάσματα συγκλίνουν από το νοητό τους κέντρο με αποτέλεσμα το κλείσιμο της ρυθμιστικής βαλβίδας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μειώνεται η κλίση των κινητών πτερυγίων.



5.21 Αυτόματος ρυθμιστής στροφών

5.7.2 Οι δύο λειτουργίες των γεννητριών με την βοήθεια του ρυθμιστή στροφών

Οι γεννήτριες του υδροηλεκτρικού εργοστασίου στο Καστράκι Αιτωλοακαρνανίας μπορούν να λειτουργούν και αποκομμένες από το δίκτυο, όπου αυτό δεν είναι σύνηθες φαινόμενο, αλλά η βασική λειτουργία τους πραγματοποιείται όταν οι γεννήτριες είναι παραλληλισμένες με το δίκτυο. Ανάλογα με τις καταναλωτικές ανάγκες του ελλαδικού χώρου, θα έχουμε δύο βασικές περιπτώσεις λειτουργίας των γεννητριών, που επιλέγονται από το κέντρο κατανομής φορτίου που βρίσκεται στην Αθήνα. Η πρώτη περίπτωση λειτουργίας είναι οι γεννήτριες να δουλεύουν με πλήρες φορτίο, όπως η θερμοηλεκτρικές. Η άλλη περίπτωση είναι οι υδροηλεκτρικές γεννήτριες που χρησιμοποιούνται εν ώρα αιχμής να κάνουν μόνο ρύθμιση συχνότητας. Και οι δύο αυτές λειτουργίες επιτυγχάνονται μέσω των παραμέτρων που διαθέτει ο ρυθμιστής στροφών.

-
- Όταν μία γεννήτρια είναι αποκομμένη από το δίκτυο και τροφοδοτεί ένα κομμάτι του δικτύου, ο ρυθμιστής στροφών παίζει σημαντικό ρόλο στη σταθερότητα της συχνότητας – στροφές της γεννήτριας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση παίζει σημαντικό ρόλο ο στατισμός της γεννήτριας δηλαδή η ευαισθησία και η ανταπόκριση που εμφανίζει η γεννήτρια στις διάφορες μεταβολές των στροφών – συχνότητας. Έτσι, αν τείνει να μειωθεί το φορτίο της γεννήτριας και οι στροφές τείνουν να αυξηθούν, οι ρυθμιστική βαλβίδα δίνει σήμα στην βαλβίδα ελέγχου και από τα σέρβο-μοτέρ μειώνουν την κλίση των περυγίων μειώνοντας την παροχή νερού με αποτέλεσμα οι στροφές της γεννήτριας να παραμένουν σταθερές.

Αντίθετα, αν το φορτίο τείνει να αυξηθεί άρα οι στροφές της γεννήτριας τείνουν να μειωθούν, τότε η ρυθμιστική βαλβίδα δίνει σήμα στην βαλβίδα ελέγχου των σέρβο-μοτέρ με αποτέλεσμα να ανοίγουν τα κινητά περύγια να αυξάνεται η παροχή νερού και οι στροφές της γεννήτριας να παραμένουν σταθερές.

- Ωστόσο, όταν έχουμε πολλές γεννήτριες παραλληλισμένες σε κοινό δίκτυο τότε υπάρχει μεγάλη σταθερότητα και ο ρυθμιστής στροφών δεν παίζει τόσο σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της μεταβολής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.

Οφέλη και επιπτώσεις από την κατασκευή ΥΗΣ

6.1 Κατηγορίες επιπτώσεων

Η κατασκευή του υδροηλεκτρικού εργοστασίου στο Καστράκι Αιτωλοακαρνανίας αλλά και των υπόλοιπων ΥΗΕ της Ελλάδας, παρόλο που είχε ως πρωτεύοντα στόχο την ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών της χώρας, αποτελεί πλέον δραστηριότητα πολλαπλής σκοπιμότητας, που καλύπτει ζωτικές ανάγκες ευρύτερης εθνικής σημασίας, όπως ύδρευση, άρδευση και αντιπλημμυρική προστασία. Όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ανθρώπινης αυτής επέμβασης και της μετατροπής του φυσικού ποτάμιου συστήματος σε λιμναίο, κυρίαρχη είναι η συμβολή της στη διαχείριση των υδατικών πόρων της χώρας και στη γενικότερη διατήρηση οικοσυστημάτων και της βιοποικιλότητας αυτών.

Η κατασκευή ενός φράγματος σε ένα ποτάμι και η δημιουργία τεχνητής λίμνης (ταμιευτήρας), μετατρέπει το φυσικό ποτάμιο σύστημα σε λιμναίο. Η ανθρώπινη αυτή επέμβαση επιφέρει, όπως άλλωστε θα περιέμενε κανείς, κάποιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι κυριότερες από αυτές προέρχονται από τη δημιουργία της τεχνητής λίμνης που έχει ως συνέπεια την κατάκλιση μεγάλων εκτάσεων, τη διακοπή της ροής του ποτάμιου συστήματος και τη διακοπή της τροφοδοσίας των κατόντη εκτάσεων με φερτές ύλες. Όλα τα παραπάνω επιδρούν ως ένα βαθμό στην αλλαγή της χλωρίδας και πανίδας της περιοχής, καθώς επίσης και στο τοπικό κλίμα.

Από την άλλη πλευρά, τα θετικά χαρακτηριστικά της υδροηλεκτρικής ενέργειας σε συνδυασμό με την ανάδειξη της περιοχής καταδεικνύουν τη συνολικά θετική συνεισφορά των ΥΗΕ στο περιβάλλον. Η υδροηλεκτρική ενέργεια αποτελεί καθαρή ανανεώσιμη ενέργεια με μηδενικό κόστος καυσίμου και μηδενικές εκπομπές ρύπων, ενώ η ευελιξία των μονάδων επιτρέπει τη χρήση της για την κάλυψη των αιχμών ζήτησης.

6.2 Θετικές επιπτώσεις ΥΗΣ

6.2.1 Τα ΥΗΕ ως έργα πολλαπλού σκοπού με σημαντικά οφέλη

Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί ως εγκαταστάσεις πολλαπλού σκοπού, όπως αναφέραμε και στο πρώτο κεφάλαιο, παίζουν πολύ σοβαρό ρόλο στην εθνική οικονομία και συμβάλλουν τα μέγιστα στην κοινωνική ζωή των περιοχών που βρίσκονται και λειτουργούν. Έτσι συμβάλλουν θετικά στα ακόλουθα:

- Παραγωγή ενέργειας:

Με τους μεγάλους ΥΗΣ που λειτουργούν σήμερα, αξιοποιείται το 30-35% περίπου του τεχνικά εκμεταλλεύσιμου υδροδυναμικού της χώρας, καλύπτοντας το 10% της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και διαθέτοντας το 30% περίπου της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος του διασυνδεδεμένου συστήματος. Η παραγόμενη ενέργεια είναι πράσινη – καθαρή, δηλαδή δεν επιβαρύνει με εκπομπές και υψηλής ποιότητας δηλαδή καλύπτει αιχμές φορτίου ενώ έχει μεγάλη ευελιξία στην ένταξή της.

- Επικουρικές υπηρεσίες:

Εξαιτίας των ειδικών τους χαρακτηριστικών, οι ΥΗΣ μπορούν και παρέχουν επικουρικές υπηρεσίες στο Ηλεκτρικό Σύστημα δηλαδή εφεδρεία ισχύος, ρύθμιση συχνότητας, τάσης, κ.α.

- **Αντιπλημμυρική προστασία:**

Η αντιπλημμυρική προστασία που προσφέρει ένα φράγμα με τον αντίστοιχο ταμιευτήρα είναι ανάλογη της ωφέλιμης χωρητικότητας του ταμιευτήρα και του μεγέθους της πλημμύρας που καλείται να ελέγξει, δηλαδή ένταση, διάρκεια και όγκος νερού. Τα φράγματα που διαθέτει η Ελλάδα προσφέρουν αντιπλημμυρική προστασία στα κατάντη των ποταμών καθώς επίσης επιτρέπεται και η αξιοποίηση μεγάλων γόνιμων παραποτάμων εκτάσεων εκατοντάδων χιλιάδων στρεμμάτων. Καλλιεργούνται από πλημμύρες παραποτάμιες περιοχές κοντά στις εκβολές του Λάδωνα, του Αχελώου, του Άραχθου, του Αλιάκμονα, του Νέστου κ.α. Μετά από μια περίοδο έντονης ξηρασίας 2000 - 2002, τα τελευταία χρόνια οι βροχοπτώσεις ήταν αυξημένες. Σε πολλές περιπτώσεις εμφανίστηκαν ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα, όπως για παράδειγμα το Δεκέμβριο 2002 και τον Ιανουάριο του 2003 μεγάλες πλημμύρες στο Νέστο και το 2006 στον Αλιάκμονα. Υπήρξαν πρωτοφανείς σε ένταση και διάρκεια βροχοπτώσεις που είχαν ως συνέπεια μεγάλες εισροές νερού στους ταμιευτήρες των υδροηλεκτρικών σταθμών των ποταμών Αχελώου (ΥΗΣ Κρεμαστών, Καστρακίου, Στράτου I και II) Αράχθου (ΥΗΣ Πουρναρίου I και II) και Νέστου (ΥΗΣ Θησαυρού και Πλατανόβρυσης). Οι μεγάλοι ταμιευτήρες των ΥΗΣ κατά τις πλημμύρες αυτές έκαναν σημαντική ανάσχεση και κυριολεκτικά έσωσαν ζωές και περιουσίες.

- **Ξηρασία – Λειψυδρία:**

Οι ταμιευτήρες των υδροηλεκτρικών σταθμών προφυλάσσουν πολλές περιοχές της χώρας από μεγάλες καταστροφές και δραματικές καταστάσεις λόγω της παρατεταμένης ξηρασίας που εμφανίζεται στη Μεσόγειο.

- **Αρδεύσεις:**

Οι ταμιευτήρες εξασφαλίζουν μεγάλες ποσότητες νερού τη θερινή περίοδο με αιχμή τον Ιούλιο – Αύγουστο για την άρδευση εκτεταμένων περιοχών στα κατάντη των φραγμάτων. Υπολογίζεται ότι αρδεύονται περίπου 5 εκατομμύρια στρέμματα αυξάνοντας τόσο την αξία της περιουσίας των αγροτικών πληθυσμών όσο και το ετήσιο εισόδημα. Θα μπορούσε να προσθέσει κανείς ότι τόσο μεγάλες αρδευόμενες εκτάσεις συμβάλλουν και στη γενικότερη αναβάθμιση του περιβάλλοντος. Με τον τρόπο αυτό οι υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις ενισχύουν την απασχόληση μεγάλου μέρους του πληθυσμού και διατηρούν τη χλωρίδα και την πανίδα, που χωρίς νερό θα καταστρέφονταν. Οι ταμιευτήρες αρδεύουν μεγάλες πεδιάδες όπως αυτές του Αγρινίου, του Μεσολογγίου, της Άρτας, της Θεσσαλίας, της Ημαθίας, της Πιερίας, της Καβάλας, της Ξάνθης, κ.α.

- **Ύδρευση:**

Οι ταμιευτήρες με την μεγάλη χωρητικότητα τους και το εξαιρετικής ποιότητας νερό, εξυπηρετούν πολλές περιοχές εξασφαλίζοντας μεγάλες ποσότητες πόσιμου νερού σε περίπου 2,5 εκατομμύρια πολίτες της Άρτας, της Πρέβεζας, της Λευκάδας, του Αγρινίου, της Καρδίτσας και σύντομα της Θεσσαλονίκης.

- **Ναυταθλητισμός:**

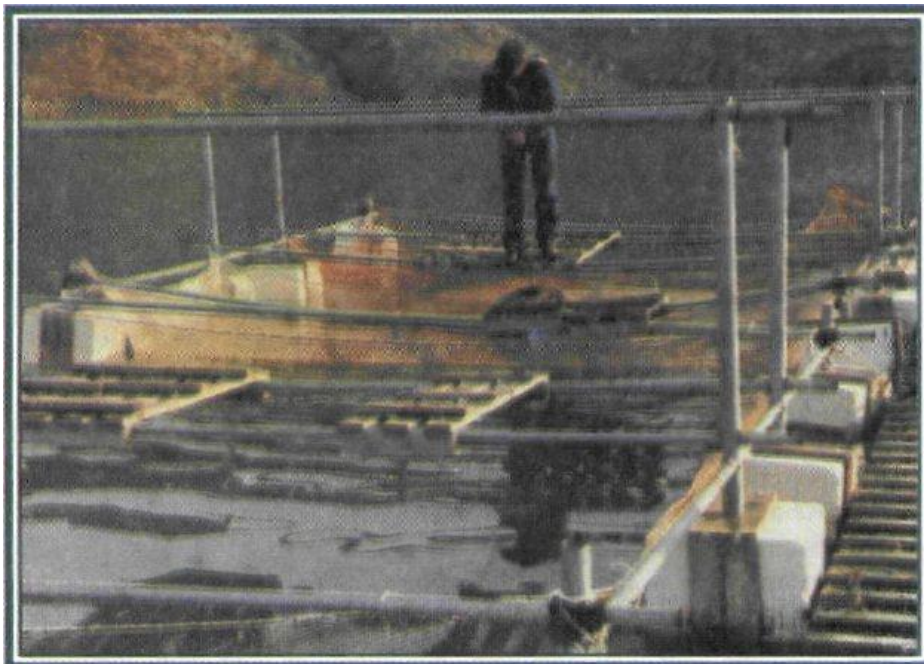
Πολλές περιοχές των λιμνών των ΥΗΣ χρησιμοποιούνται για ναυταθλητικές δραστηριότητες όπως το θαλάσσιο σκι, την κωπηλασία, το καγιάκ κ.α.



Εικόνα 6.1: Rafting στον ποταμό Αχελώο

- Αλιεία:

Η αλιεία τόσο σε επαγγελματικό όσο και ερασιτεχνικό επίπεδο είναι μία από τις πολλές δραστηριότητες στους ταμιευτήρες των ΥΗΣ, οι οποίοι διαθέτουν καθαρό νερό και τους οποίους η ΔΕΗ εμπλουτίζει με γόννο ψαριών όπως στις ιχθυοκαλλιέργειες στον ταμιευτήρα των Κρεμαστών.



Εικόνα 6.2: Εκτροφή πέστορφας σε πλωτές δεξαμενές, στην τεχνητή λίμνη των Κρεμαστών

- Αναψυχή:

Οι όχθες των λιμνών είναι ιδανικές θέσεις για δημιουργία πόλων αναψυχής και τουρισμού. Χαρακτηριστικά παραδείγματα η λίμνη Πηγών Αώου και η πλαζ Λαμπερού στη Λίμνη Πλαστήρα.



Εικόνα 6.3: Απόδραση στη λίμνη Πλαστήρα

- Αναβάθμιση Περιβάλλοντος:

Γενικά οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί αναβαθμίζουν το περιβάλλον τους με τη δημιουργία οικοσυστημάτων στην περιοχή των λιμνών και με τη διατήρηση εντός των κοιτών των ποταμών των οικολογικών παροχών για τη διατήρηση της ιχθυοπανίδας.

6.2.2 Η ενεργειακή συμβολή των ΥΗΕ στο διασυνδεδεμένο δίκτυο

Όπως προαναφέρθηκε οι ΥΗΣ συμβάλλουν σε σημαντικό ποσοστό στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του εθνικού συστήματος. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των Μονάδων Παραγωγής της ΔΕΗ στο Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα σήμερα ανέρχεται σε 11.612 MW, από την οποία οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί διαθέτουν τα 3.060 MW, δηλαδή το 30% περίπου της συνολικής εγκατεστημένης ισχύς της ΔΕΗ. Η μέση ετήσια παραγωγή των ΥΗΣ καλύπτει περίπου το 10% της παραγόμενης ενέργειας από το παραγωγικό δυναμικό της ΔΕΗ. Η ετήσια παραγωγή των ΥΗΣ εξαρτάται από τις βροχοπτώσεις του έτους. Με στοιχεία των τελευταίων ετών η ετήσια παραγωγή κυμαίνεται από 3.150 GWh έως 6.230 GWh δηλαδή η συμμετοχή τους συνέβαλλε από 6% έως 13%. Χαρακτηριστική είναι η

υδροηλεκτρική παραγωγή κατά το έτος 2006, η οποία έφθασε τις 6.232GWh και κάλυψε το 13 % της Παραγωγής του Εθνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος.

Πέραν όμως των ποσοτικών χαρακτηριστικών η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τους ΥΗΣ έχει τα εξής χαρακτηριστικά, τα οποία της προσδίδουν ιδιαίτερη αξία στο Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα.

- Η ισχύς των ΥΗΣ είναι ευέλικτη και εντάσσεται γρήγορα στο σύστημα. Αυτό καθιστά πολύτιμη τη συμβολή τους στην κάλυψη αιχμών φορτίου σε περιόδους αυξημένης ζήτησης. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ένταξη μιας υδροηλεκτρικής μονάδας στο σύστημα απαιτεί μόλις λίγα λεπτά ώστε από ακινησία να παραλάβει το πλήρες της φορτίο. Έτσι οι υδροηλεκτρικές μονάδες παρέχουν εφεδρεία ισχύος που αυξάνει την αξιοπιστία του συστήματος. Η ευελιξία τους, η ικανότητα τους δηλαδή σε γρήγορες αυξομειώσεις του φορτίου, τις καθιστά πολύ χρήσιμες στην παροχή Επικουρικών Υπηρεσιών δηλαδή στη συμβολή τους στη ρύθμιση των χαρακτηριστικών του Συστήματος, δηλαδή στοιχεία που εξασφαλίζουν την ποιότητα της ηλεκτρικής ενέργειας.
- Η παραγόμενη ενέργεια είναι πράσινη ή καθαρή, χωρίς ρύπους. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μια μέση παραγωγή της τάξεως των 5.000 GWh κατ' έτος από ΥΗΣ υποκαθιστά, εκπομπές ρύπων CO₂ που είναι της τάξης των 3 έως 8 εκατομμυρίων τόνων CO₂ κατ' έτος ανάλογα με τον τύπο του καυσίμου που υποκαθιστά.
- Τέλος ορισμένοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί της, όπως ο ΥΗΣ Σφηκιάς και ο ΥΗΣ Θησαυρού, λειτουργούν και ως αναστρέψιμοι – αντλητικοί σταθμοί. Με τη λειτουργία αυτή αποθηκεύουν νερό στους άνω ταμιευτήρες με άντληση κατά τις ώρες χαμηλού φορτίου χρησιμοποιώντας ενέργεια χαμηλού κόστους και την αποδίδουν σε ώρες αιχμής, συμβάλλοντας έτσι στην εξομάλυνση των αιχμών της ημερήσιας καμπύλης φορτίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα αφ' ενός τη δυνατότητα κάλυψης αυξημένων ενεργειακών αναγκών τις συγκεκριμένες ώρες και αφ' ετέρου τη μείωση του κόστους παραγωγής, δηλαδή βελτιστοποίηση ενεργειακού ισοζυγίου.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, εάν δεν υπήρχαν οι ΥΗΣ με τα παραπάνω χαρακτηριστικά το εθνικό σύστημα θα απαιτούσε υποκατάσταση της αντίστοιχης ισχύος με ευέλικτη παραγωγή όπως για παράδειγμα αεροστροβίλους, ωστόσο υψηλού κόστους και μεγάλης περιβαλλοντικής επιβάρυνσης.

Στα παραπάνω περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα των ΥΗΣ έρχονται να προστεθούν και αρκετά τεχνικοοικονομικά και κοινωνικά οφέλη από την χρήση τους όπως:

- Είναι δυνατό να τεθούν σε λειτουργία αμέσως μόλις ζητηθεί επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια, σε αντίθεση με τους θερμικούς σταθμούς, έχουν πολύ υψηλή απόδοση (>90%) και μεγάλη διάρκεια ζωής, έχουν άριστη διαχρονική συμπεριφορά, έχουν σχετικά μικρό κόστος λειτουργίας και συντήρησης και παρέχουν δυνατότητα χρήσης του νερού για άρδευση-ύδρευση και για άλλες χρήσεις, όπως αναψυχή.
- Επίσης εκμεταλλεύονται εγχώριους ανανεώσιμους φυσικούς πόρους, γεγονός που απαιτείται για την ικανοποίηση της απαίτησης της Πράσινης Βίβλου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία υποχρεώνει τα κράτη - μέλη να έχουν παραγωγή από ΑΠΕ σε ποσοστό 20,1 % μέχρι το 2010 από 8,6 % που ήταν το 1997.
- Αποτελούν ακόμη κομβικό σημείο συνάντησης πολλών επιστημονικών περιοχών όπως η μηχανική, η μετεωρολογία, η γεωλογία, η φυσική, η χημεία, η γεωγραφία, η βιολογία κ.ά.

- Τέλος συμβάλλουν σημαντικά στην εκτέλεση περιφερειακών έργων, στη διάνοιξη καινούργιων δρόμων, στην ανάπτυξη δικτύων, στην οικιστική, βιομηχανική ανάπτυξη και εξασφαλίζουν νέες θέσεις εργασίας.



Εικόνα 6.4: Εξασφάλιση νέων θέσεων εργασίας μέσω των ΥΗΣ

6.3 Αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις από ΥΗΕ

Η παράθεση των προαναφερθέντων πλεονεκτημάτων δεν συνεπάγεται ότι οι ΥΗΣ έχουν ασήμαντες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Με βάση όλες τις πιο πάνω παρατηρήσεις, μπορούν να αναλυθούν οι ενδεχόμενες αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ΥΗΣ ανά παράμετρο του περιβάλλοντος.

6.3.1 Αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο έδαφος.

Είναι γνωστό ότι η κατασκευή των ΥΗΣ συνήθως συνδέεται με την κατασκευή ταμιευτήρα. Με τη δημιουργία του φράγματος και των λοιπών συνοδευτικών έργων κατακλύζονται εκτάσεις γης, συνήθως γεωργικές και έτσι μεταβάλλονται οι χρήσεις γης της περιοχής. Παρατηρείται σημαντική ποιοτική μεταβολή, όπου μια χερσαία έκταση και ένας ποτάμιος υγρότοπος μετατρέπονται σε λιμναίο βιότοπο, ενώ το προηγούμενο φυσικό περιβάλλον μετατρέπεται κατά μεγάλο ποσοστό σε ανθρωπογενές. Αναμένεται πιθανή αλλοίωση του εδάφους από τη διάνοιξη δανειοθάλαμου για την απόληψη υλικών. Έτσι, μεταβάλλεται η μορφολογία του εδάφους από την κατασκευή τόσο του ορύγματος του ταμιευτήρα όσο και του ίδιου του φράγματος καθώς και αλλοίωση του ανάγλυφου από την κατασκευή της λίμνης και των υπόλοιπων οικοδομικών έργων. Επίσης κατά την πλήρωση του ταμιευτήρα μπορεί να προκληθούν κάποιες σεισμικές δραστηριότητες ή κατολισθήσεις, ενώ από την άνοδο του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα στην περιοχή του ταμιευτήρα μπορούν να προκληθούν στατικά προβλήματα.

Όταν δεν κατασκευάζεται υδροταμιευτήρας (σε περιπτώσεις μικρών ΥΗΣ) τότε επίσης αναμένεται πάλι αλλοίωση του εδάφους από την κατασκευή πιθανού αποθεσιοθάλαμου για την επακόλουθη απόθεση των υλικών που θα προκύψουν από την κατασκευή του ορύγματος, που θα δημιουργηθεί από τον αγωγό μεταφοράς και πώσης του νερού, καθώς και από όλα τα υπόλοιπα βοηθητικά κατασκευαστικά έργα καθώς επίσης μεταβάλλεται και η μορφολογία του εδάφους από τις προαναφερθείσες κατασκευές.

6.3.2 Αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο νερό

- Στην ποσότητα :

Η κατασκευή ταμιευτήρα προκαλεί μεταβολή της ποσότητας του νερού στα κατάντη του φράγματος με εναλλαγές περιόδων ξηρασίας και πλημμυρών. Επιβραδύνεται η ροή του ποταμού στο φράγμα και επιταχύνεται η ροή του κατάντη του φράγματος καθώς παρατηρούνται έντονες αυξομειώσεις της στάθμης του ταμιευτήρα, διαφορετικές από αυτές που σημειώνονται σε μια φυσική λίμνη ενώ μεταβάλλεται και ο υδροφόρος ορίζοντας της περιοχής .

- Στην ποιότητα :

Το νερό που υπερχειλίζει από το φράγμα είναι «φτωχό» σε φερτές ύλες λόγω της κατακράτησης των υλών αυτών στο φράγμα, με αποτέλεσμα να προκαλείται διάβρωση της παλιάς κοίτης του ποταμού. Επίσης, σε περίπτωση μη αποψίλωσης της βλάστησης μέσα από το χώρο που κατακλύζεται, παρατηρείται μείωση του οξυγόνου στο νερό λόγω βιοαποδόμησης των οργανικών και έκλυση μεθανίου εξαιτίας της συνεπακόλουθης δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών στον πυθμένα. Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι τα αναπτυσσόμενα αναερόβια βακτήρια μπορούν να μετατρέψουν τον αβλαβή ανόργανο υδράργυρο, που προϋπάρχει στο έδαφος, σε μεθυλδράργυρο, ο οποίος είναι τοξικός και βιοσυσσωρεύσιμος, και μέσω της τροφικής αλυσίδας μπορεί να μεταβιβαστεί τελικά και στους ανώτερους οργανισμούς.

Επίσης, μπορεί να παρατηρηθεί μείωση του διαλυμένου οξυγόνου και αλλαγή στη θερμοκρασία του νερού, όπου το νερό της λίμνης στα ανώτερα στρώματα είναι πιο ζεστό λόγω της στασιμότητας, ενώ το πιο κρύο νερό βυθίζεται και είναι φτωχότερο σε οξυγόνο. Αυτό έχει ως συνέπεια το νερό που απελευθερώνεται στην κοίτη του ποταμού, είτε άμεσα είτε μετά το σταθμό παραγωγής, να είναι πιο κρύο και πιο ανοξικό από το φυσικό, αν προέρχεται από το κάτω στόμιο του φράγματος, και να προκαλέσει προβλήματα διαβίωσης ή ακόμα και θανάτωση της ιχθυοπανίδας, που είναι συνηθισμένη να ζει σε θερμότερο και πιο οξυγονωμένο νερό. Το πρόβλημα είναι σαφώς τοπικό και επικεντρώνεται στην περιοχή αμέσως κατάντη του φράγματος ή του σταθμού παραγωγής. Αν πάλι το νερό προέρχεται από το πάνω στόμιο του φράγματος, τότε θα είναι πιο θερμό από το κανονικό οπότε και πάλι θα δημιουργηθεί τοπικό πρόβλημα. Τέλος, μπορεί να υπάρξει μείωση του pH από την αποσύνθεση της βιομάζας που υπάρχει στον ταμιευτήρα, θολότητα και αιωρούμενα στερεά από την διάβρωση του πυθμένα, καθώς και πιθανή αλάτωση του νερού.

6.3.3 Αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην πανίδα

- Στην ιχθυοπανίδα:

Παρόλο που ευνοούνται νέα είδη ιχθυοπανίδας κυρίως λιμναίας, ταυτόχρονα δημιουργείται αναταραχή με μείωση έως και εξαφάνιση της πρότερης ποτάμιας ιχθυοπανίδας. Οι λόγοι αφορούν στις αλλαγές της θερμοκρασίας του νερού και στη συγκέντρωση των διαλυμένων αερίων κατάντη, στη μεταβολή της ποσότητας και της ποιότητας του νερού καθώς στις έντονες διακυμάνσεις της στάθμης του νερού. Εξαφανίζονται ή μειώνονται αισθητά τα ψάρια κατάντη του φράγματος εξαιτίας της εκεί μικρής παροχής του νερού.

Μεγάλο πρόβλημα επίσης δημιουργείται σε όλα τα είδη των μεταναστευτικών ψαριών, τα ανάδρομα όπως για παράδειγμα, ο σολομός, τα κατάδρομα όπως για παράδειγμα το χέλι, τα αμφίδρομα όπως για παράδειγμα κάποια είδη κεφάλων και τα ποταμοδρομικά. Τα μεταναστευτικά ψάρια απαιτούν διαφορετικό περιβάλλον στις βασικές φάσεις της ζωής. Ο κύκλος ζωής τους πραγματοποιείται εν μέρει στο γλυκό νερό και εν μέρει στο αλμυρό νερό

της θάλασσας και έτσι το φράγμα και η δεξαμενή αποτελούν εμπόδιο για τη μετανάστευση των ψαριών είτε στα ανάντη είτε στα κατάντη.

Το εμπόδιο λοιπόν, που συναντούν τα ψάρια κατά το ταξίδι της μετανάστευσης τους, είναι πιθανό:

α) να τα οδηγήσει στους στροβίλους του σταθμού παραγωγής με αποτέλεσμα τον τραυματισμό τους ή και τη θανάτωσή τους, μιας και οι μηχανισμοί τραυματισμού των ψαριών μέσα σε μια τουρμπίνα, μπορεί να είναι: οι αλλαγές πιέσεων, ο στροβιλισμός, το χτύπημά τους στα μηχανικά μέρη της τουρμπίνας και ο τεμαχισμός τους ανάμεσα στα κενά και τα κινητά μέρη της τουρμπίνας.

β) να τα καθυστερήσει, με αποτέλεσμα να συσσωρευτούν πίσω από το φράγμα, να παραμείνουν σε ακατάλληλες θερμικές ζώνες στο βαθύτερο στρώμα του νερού και να πέσουν εύκολο θύμα παράνομης αλιείας ή θύματα άλλων ειδών ιχθυοπανίδας ή αρπακτικών ζώων .

- Στην λοιπή πανίδα :

Ευνοούνται από την ύπαρξη του ταμιευτήρα κάποια είδη ορνιθοπανίδας, ερπετών και θηλαστικών κυρίως αρπακτικών καθώς επίσης λόγω της αύξησης της υγρασίας και του ηπιότερου περιβάλλοντος ευνοούνται κάποια είδη εντόμων. Βέβαια αποκόπτονται κιόλας, από το ίδιο το φράγμα, κάποια είδη ζώων κυρίως θηλαστικών και δυσκολεύουν οι μετακινήσεις και οι μεταναστεύσεις τους.

6.3.4 Αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα, στη χλωρίδα και στη βλάστηση

Με την κατασκευή του φράγματος και την κατάκλυση του ταμιευτήρα χάνεται όλο το χερσαίο οικοσύστημα. Αλλοιώνεται έτσι το ποτάμιο και παραποτάμιο οικοσύστημα, ανάντη και κατάντη του φράγματος, ενώ ταυτόχρονα αντικαθίσταται με μια ομοιόμορφη δεξαμενή, με έντονες και αφύσικες διακυμάνσεις της στάθμης με πιθανό αποτέλεσμα την απώλεια ενός μέρους της φυσικής παρόχθιας βλάστησης και πανίδας. Είναι δυνατόν, επίσης, να επέλθουν ολέθριες υποβιβάσεις ακτών, με προβλήματα τόσο στην αλιεία, όσο και στα υδρόβια πουλιά.

Συγκρατείται πίσω από το φράγμα όλο το φορτίο των φερτών ιζημάτων που μετέφερε το νερό του ποταμού με αποτέλεσμα να μην μεταφέρεται το φορτίο αυτό στα κατάντη και να αλλοιώνεται έτσι το εκεί περιβάλλον, κυρίως στο στόμιο της εκβολής (δέλτα) του ποταμού ή ακόμα και αρκετά μέτρα πιο μακριά στις γειτονικές ακτές. Επιβεβαιώνεται έτσι αυτό που υποστηρίζουν πολλοί ότι τα φράγματα δεν παγιδεύουν μόνο το νερό των ποταμών αλλά και το περιεχόμενό τους. Επιπλέον, η εναλλαγή περιόδων ξηρασίας ή πλημμυρών μπορεί να επιφέρει τη διάβρωση του εδάφους και την εξαφάνιση της βλάστησης, παρόχθιας ή μη.

6.3.5 Αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο τοπίο

Παρατηρείται σημαντική σημειακή αλλαγή του τοπίου, όπου από φυσικό τοπίο μετατρέπεται σε κάποια σημεία του σε ανθρωπογενές. Το διαμήκες, δαιδαλώδες και άγριο ποτάμιο τοπίο, μετατρέπεται σε λιμναίο, συνήθως ήπιο και ομαλό. Τα δάση και η όποια βλάστηση προϋπάρχει, δίνουν τη θέση τους στη λίμνη, σε διώρυγες, κανάλια και στο σταθμό παραγωγής, σε νέους δρόμους πρόσβασης καθώς και σε νέα δίκτυα κοινής ωφέλειας. Με τη μειωμένη, λοιπόν, ροή του νερού στα κατάντη του φράγματος και με την πολλές φορές διαβρωμένη κοίτη του ποταμού αλλοιώνεται σημαντικά το τοπίο μέχρι και το σημείο της εκβολής του.

6.3.6 Αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο μικροκλίμα

Η κατασκευή ταμιευτήρα συνεπάγεται αλλαγή του τοπικού υδρολογικού κύκλου με συνέπεια την αύξηση της υγρασίας. Είναι δε σύνηθες το φαινόμενο της πρωινής ομίχλης στη λίμνη. Το κλίμα γίνεται ηπιότερο καθώς παρατηρείται σχετική άνοδος της θερμοκρασίας και αλλαγή στους τοπικούς ανέμους, αφού πλέον δεν συναντούν στο πέρασμά τους έδαφος, βλάστηση, δέντρα αλλά μια επίπεδη υγρή επιφάνεια.

6.3.7 Δημιουργία αποβλήτων στους ΥΗΣ

Στη φάση της κατασκευής των ΥΗΣ δημιουργούνται κάποια απόβλητα, κυρίως από εξαρτήματα, λάδια ή και από τους εργαζομένους, τα οποία όμως είναι μικρής κλίμακας όγκου. Από τη λειτουργία ενός ΥΗΣ δεν δημιουργούνται ιδιαίτερης επικινδυνότητας απόβλητα, συνήθως αυτά είναι οικιακής μορφής και διατίθενται εύκολα. Για τη λειτουργία όμως, του στροβίλου και της γεννήτριας απαιτούνται κάποια λιπαντικά, όπως υδραυλικό έλαιο λειτουργίας, λιπαντικό για τον αξονικό τριβέα της ηλεκτρογεννήτριας και άλλα για τα οποία απαιτείται ιδιαίτερη μέριμνα για τη συλλογή και τη διαχείριση τους σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία περί διάθεσης χρησιμοποιούμενων ορυκτέλαιων. Επίσης, δημιουργούνται κάποια απόβλητα στην περιοχή του ταμιευτήρα κατά τον τακτικό καθαρισμό του πυθμένα του από τις συσσωρεύσεις φερτών υλικών και βούρκου.

6.3.8 Αρνητικές κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις από ΥΗΣ

- Στην εργασία :

Οι επιπτώσεις σε αυτόν τον τομέα, οφείλονται στη μετακίνηση των ανθρώπων και των κατοικιών τους, οι οποίοι βρίσκονται εγκατεστημένοι στις περιοχές όπου κατασκευάζεται ο ταμιευτήρας και τα υπόλοιπα οικοδομικά έργα. Οδηγούν στην αλλαγή του αντικειμένου εργασίας τους και στην απώλεια των γεωργικών εκτάσεων που εκμεταλλεύονταν οικονομικά και πλέον κατακλύζονται από τα νερά που συγκεντρώνονται στον ταμιευτήρα. Σαφώς αλλάζουν κάποιοι παραγωγικοί τομείς δραστηριότητας των κατοίκων της περιοχής. Κάποιοι από αυτούς επωφελούνται βρίσκοντας εργασία στο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο είτε κατά την κατασκευή είτε κατά τη λειτουργία του, κάποιοι άλλοι όμως χάνουν τις γεωργικές τους εκτάσεις, που απαλλοτριώνονται και αλλάζουν εργασία.

- Στην υγεία :

Είναι γνωστό ότι, οι μεταβολές του κλίματος και κυρίως της υγρασίας μπορούν να επιφέρουν μεταβολές στην υγεία των κατοίκων της τοπικής κοινωνίας. Ενδεχόμενοι κίνδυνοι αναμένονται από σεισμικές δονήσεις ή και κατολισθήσεις κατά τη φάση κατασκευής και λειτουργίας του ΥΗΣ. Επίσης πολύ μικροί κίνδυνοι αναμένονται από επαφή των λιπαντικών του στροβίλου και της γεννήτριας με το νερό ή από διαρροή ελαίων του μετασχηματιστή.



Εικόνα 6.5: Λάδια λίπανσης και μονωτικά λάδια LE.Hellas

6.4 Μέτρα αντιμετώπισης ενδεχόμενων περιβαλλοντικών επιπτώσεων από ΥΗΣ

Τα μέτρα, που μπορούν να εφαρμοστούν προκειμένου να μειωθούν ή να αντιμετωπιστούν οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ΥΗΣ, διαχωρίζονται σε αυτά που αφορούν στο σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία τους καθώς και στη διαδικασία της οικολογικής τους πιστοποίησης. Τα ενδεχόμενα μέτρα για την αντιμετώπιση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ΥΗΣ περιγράφονται παρακάτω για την κάθε παράμετρο χωριστά.

- Έδαφος :
 - Û Μείωση των κατακλυζόμενων εκτάσεων.
 - Û Διάνοιξη δανειοθάλαμου μέσα στη λεκάνη.
 - Û Χρήση πιθανώς υπάρχοντος λατομείου.
 - Û Γεωτεχνικές μελέτες κατά τη φάση του σχεδιασμού για αποφυγή σεισμικών δονήσεων και κατολισθήσεων με συνοδευτικά έργα ενίσχυσής του.
 - Û Αποφυγή διατήρησης σε υψηλή στάθμη του νερού του ταμιευτήρα και μικρότερη διακύμανση των μεταβολών της.
 - Û Διάθεση των αποβλήτων των φερτών υλών που κατακρατεί το φράγμα στις κατάντη καλλιέργειες ως εδαφοβελτιωτικό.
 - Û Δενδροφυτεύσεις και τεχνητή δασοκάλυψη.

-
- Νερό :
 - Û Εξασφάλιση ελάχιστης μόνιμης ροής και στα κατάντη του φράγματος.
 - Û Ιεράρχηση χρήσεων νερού του ταμιευτήρα.
 - Û Μείωση του χρόνου παραμονής του νερού στον ταμιευτήρα.
 - Û Για τη βελτίωση των προβλημάτων της ποιότητας του νερού, προτείνονται λύσεις όπως εκχειλιστές σε διάφορα ύψη του φράγματος, ώστε το νερό να διατηρεί σταθερή μέση θερμοκρασία, τεχνητά συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού, αναμείκτες και συστήματα αερισμού μέσα στο νερό της λίμνης ή στην ειδικά διαμορφωμένη τουρμπίνα που θα βοηθούν την αύξηση του οξυγόνου που είναι διαλυμένο στο νερό της λίμνης.
 - Û Αποψίλωση της κατακλυζόμενης βλάστησης στο χώρο του ταμιευτήρα.
 - Πανίδα:
 - Û Τοποθέτηση αποτελεσματικών και ελκυστικών ιχθυόσκαλων ή ιχθυοπερασμάτων για την ασφαλή μετάβαση των ψαριών στα κατάντη ή στα ανάντη του φράγματος.
 - Û Για την ομαλή μετάβαση των ψαριών στα κατάντη μπορούν να τοποθετηθούν συστήματα αερισμού, θέρμανσης ή κλιματισμού που θα αποτρέπουν την είσοδο των ψαριών στις επικίνδυνες για αυτά τουρμπίνες. Πολύ συχνά εφαρμοζόμενες τεχνικές είναι οι παρακαμπτήριες επιφανειακές διόδοι ή τα κόσκινα – φίλτρα. Τα φίλτρα μπορεί να είναι διάτρητοι δίσκοι και μεταλλικές ή πλαστικές ράβδοι. Επίσης, αντί των φυσικών φραγμών των κόσκινων μπορούν να χρησιμοποιηθούν συμπεριφοριστικοί φραγμοί όπου χρησιμοποιώντας κάποιο φως ή ήχους ή ηλεκτρικά πεδία ή φυσαλίδες να προσελκύουν τα ψάρια να περάσουν μέσα από αυτές τις διόδους αποφεύγοντας έτσι τους στροβίλους.
 - Û Όλα τα πιο πάνω για το ασφαλές πέρασμα είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω πρέπει να συνδυάζονται με τις φιλικές για τα ψάρια τουρμπίνες. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται ο περιβαλλοντικός επανασχεδιασμός τους, ώστε τα ψάρια να μην πεθαίνουν είτε άμεσα είτε έμμεσα στο πέρασμά τους από αυτές. Οι φιλικές για τα ψάρια τουρμπίνες σχεδιάζονται με ένα συνδυασμό αλλαγών στα μεγέθη των ανοιγμάτων, στις γωνίες των ραφιών – ελασμάτων, στις διόδους ανοιγμάτων και στις προεξοχές τους καθώς και στη ροή του νερού μέσα σε αυτές, έτσι ώστε το ψάρι να βρεθεί σε μια ζώνη ασφαλείας όπου οι πιέσεις, ο στροβιλισμός και η πιθανότητα χτυπήματος του να είναι σε αποδεκτά επίπεδα.
 - Û Συνεργασία μηχανικών και βιολόγων για την εξομοίωση της συμπεριφοράς των ψαριών, μέσω κάποιων αισθητήρων στο φράγμα και στο πέρασμά τους από τις τουρμπίνες.
 - Û Δημιουργία τεχνητών καλλιεργειών και αναπαραγωγικών ειδών ιχθυοπανίδας.

-
- Û Εγκατάσταση μονάδων αερισμού, θέρμανσης για τη διατήρηση της θερμοκρασίας και του οξυγόνου του νερού στα πρότερα επίπεδα, ώστε να μπορεί να επιβιώνει η ιχθυοπανίδα, που είναι συνηθισμένη σε αυτές τις συνθήκες.
 - Û Προσεκτικός καθαρισμός της παρόχθιας ζώνης.
 - Û Εξασφάλιση ελάχιστης μόνιμης ροής του ποταμού στην παλιά του κοίτη.
 - Û Προσεκτικός καθαρισμός της παρόχθιας ζώνης.
 - Û Δενδροφυτεύσεις.
 - Û Δημιουργία ζωνών προστασίας και τεχνητή μεταφορά ευαίσθητων ειδών πανίδας.
 - Οικοσυστήματα-Βλάστηση-Χλωρίδα :
 - Û Εξασφάλιση ελάχιστης μόνιμης ροής του ποταμού στην παλιά του κοίτη.
 - Û Δενδροφυτεύσεις, πυκνοφυτεύσεις.
 - Û Δημιουργία ζωνών προστασίας στη γειτονική παρόχθια περιοχή.
 - Û Διατήρηση σταθερής στάθμης του νερού του ταμιευτήρα με την κατασκευή πολλαπλών ταμιευτήρων όπως ημερήσιων ή μηνιαίων, ώστε να προσομοιάζεται ο ταμιευτήρας με μια φυσική λίμνη.
 - Û Για την αντιμετώπιση της ιζηματοπόθεσης στον ταμιευτήρα και των συνεπαγόμενων επιπτώσεων του, προτείνονται:
 1. Οι κατασκευές εξόδων των φερτών υλών πριν τη δεξαμενή καθώς και η δημιουργία μικρών ταμιευτήρων πριν από τον κεντρικό για την εναπόθεση των φερτών σε αυτόν και την ομαλή απομάκρυνσή τους μέσω ειδικών διόδων,
 2. Συχνός καθαρισμός των ιζημάτων και μεταφορά τους στο κατάντη νερό.
 - Τοπίο:
 - Û Κατασκευή των οικοδομικών έργων με υλικά εναρμονισμένα με τον περιβάλλοντα χώρο όπως για παράδειγμα χρήση τοπικής πέτρας κ.ά.
 - Û Αν το φράγμα είναι μεγάλο, προτείνεται η επένδυσή του με πέτρες ή με σιδερένιες κατασκευές, ώστε να προσφέρεται μια καλή αμφιθεατρική θέαση.
 - Û Υπογείωση του κτιρίου του σταθμού και όλων των αγωγών, ώστε να μην υπάρχει οπτική θέαση και διακοπή στην υπάρχουσα βλάστηση και πανίδα που πιθανώς υπάρχουν πάνω στο λόφο. Η υπογείωση αυτή των αγωγών μπορεί να επιτευχθεί σχετικά εύκολα, με τη χρήση κατάλληλων υλικών κυρίως πλαστικού όπου η επιδιόρθωση και η συντήρησή τους είναι πιο σπάνιες, στη δε περίπτωση διαρροής ή βλάβης αυτή βρίσκεται εύκολα με τη χρήση θερμοκάμερας.

-
- **Û** Εξασφάλιση ελάχιστης μόνιμης ροής του ποταμού στην παλιά του κοίτη, έτσι ώστε να είναι ορατή η παρουσία του ποταμού και μετά την κατασκευή του φράγματος.
 - Απόβλητα :
 - **Û** Συλλογή και διάθεση σύμφωνα με τις ισχύουσες νομοθετικές διατάξεις Κατά την κατασκευή, ειδική μέριμνα απομάκρυνσης και σωστής διάθεσης για τα πάσης φύσης απόβλητα είτε οικοδομικά είναι αυτά είτε οικιακά.
 - **Û** Προγραμματισμένη μεταφορά των φερτών υλών που προκύπτουν από τον καθαρισμό του φράγματος.
 - **Û** Κατά τη λειτουργία του υδροηλεκτρικού εργοστασίου χρειάζεται ειδική μέριμνα, κυρίως συμμόρφωση με την ισχύουσα νομοθεσία και κυρίως για τη διάθεση των χρησιμοποιούμενων ορυκτέλαιων σε εταιρείες που κατέχουν τη νόμιμη άδεια συλλογής και διάθεσης αυτών.
 - Κοινωνικοοικονομικοί παράμετροι:
 - **Û** Ορθολογικός προγραμματισμός των κύριων και συνοδευτικών έργων, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι κατακλυζόμενες περιοχές. Κατόπιν θα πρέπει να απαλλοτριωθούν άμεσα οι θιγμένοι και να ενταχθούν σε προγράμματα επανεγκατάστασης.
 - **Û** Νέες θέσεις εργασίας για την τοπική κοινωνία από την κατασκευή αλλά και στη λειτουργία του ΥΗΣ.
 - **Û** Ανταποδοτικά οφέλη στην τοπική κοινωνία, (π.χ. φθηνότερο αρδευτικό νερό, δωρεάν πόσιμο νερό).
 - **Û** Σωστή εκμετάλλευση του ήπιου τουρισμού και της ανάπτυξης της περιοχής.
 - **Û** Πληροφόρηση και περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση για την αποδοχή του έργου από τους κατοίκους.
 - Υγεία :
 - **Û** Απεντομώσεις.
 - **Û** Μετρήσεις ποιότητας νερού.
 - **Û** Ενισχύσεις των εδαφών για την περίπτωση κατολισθήσεων ή σεισμών.
 - **Û** Κατά τη λειτουργία του ΥΗΣ να υπάρχει ειδική μέριμνα για τη διαχείριση των χρησιμοποιούμενων λιπαντικών, που είναι απαραίτητα για την ομαλή λειτουργία του στροβίλου και της γεννήτριας, όπως εξασφάλιση μη επαφής αυτών με το νερό.

Συμπερασματικά, οι περιβαλλοντικές μεταβολές που προέρχονται από την κατασκευή φραγμάτων είναι ποικίλες, και με διαφορετική σημασία ή σπουδαιότητα. Υπάρχει μεγάλη δυσκολία στον καθορισμό και υπολογισμό εκ των προτέρων των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και των επιδράσεων στις οικοσυστημικές λειτουργίες, καθώς και στο να καθοριστεί ποιες μεταβολές είναι θετικές και ποιες αρνητικές.

Οι μεταβολές αυτές εξαρτώνται από το είδος, το μέγεθος, τη θέση του φράγματος και του ταμιευτήρα του, τη βιοποικιλότητα και ευαισθησία του οικοσυστήματος ανάντη και κατόντη του φράγματος, ενώ η εκτίμησή τους θα πρέπει να γίνεται χωριστά για κάθε φράγμα και ταμιευτήρα. Από την άλλη πλευρά είναι λάθος να θεωρούνται εξ αρχής οι επιπτώσεις των φραγμάτων αρνητικές στο σύνολό τους. Για τον ορθολογικό σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός τέτοιου έργου έχει σημασία η επιστημονική κατάρτιση και η γνώση του μελετητή και η διεπιστημονικότητα στην προσέγγιση των θετικών και αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, καθώς και των εφικτών λύσεων, με στόχο την ορθότερη περιβαλλοντική και αειφορική διαχείριση των σχετιζόμενων υδατικών πόρων.

Τελειώνοντας το κεφάλαιο αυτό, θα πρέπει να επισημανθεί ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΥΗΣ αποτελεί για την Ελλάδα μία ελπιδοφόρα λύση στο ενεργειακό πρόβλημά της. Η αξιοποίηση της υδροηλεκτρικής ενέργειας από υδροηλεκτρικούς σταθμούς παρουσιάζει ιδιαίτερα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη χρήση συμβατικών μορφών ενέργειας, μιας και οι επεμβάσεις στο περιβάλλον είναι σαφώς μικρότερες σε μέγεθος. Εκτός των περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων τους, οι ΥΗΣ παρουσιάζουν και πολλά τεχνικά αλλά και κοινωνικοοικονομικά πλεονεκτήματα ακόμα και σε σύγκριση με τις άλλες μορφές αξιοποίησης ΑΠΕ.

Βιβλιογραφία

Βιβλία:

[1] Stephen J. Chapman, Ηλεκτρικές μηχανές AC-DC, 3^η έκδοση, εκδόσεις Τζιόλα.

Manuals (βιβλία του εργοστασίου):

[2] HITACHI Manual, made in Japan, πρωτότυπη έκδοση, έτος έκδοσης 1969.

Ηλεκτρονικά βιβλία (pdf):

URL: <https://www.google.gr>

[3] Ι. Αργυράκης – Διευθυντής διεύθυνσης υδροηλεκτρικής παραγωγής , Εκμετάλλευση των υδροηλεκτρικών σταθμών ως έργο πολλαπλού σκοπού, εκδότης Δ.Ε.Η Α.Ε.

Έρευνα (pdf):

[4] Αικατερίνη Α. Δημοπούλου, Επιβλέπων: Ν.Ι. Μουτάφης – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Έρευνα: Επιστήμη και Τεχνολογία υδάτινων πόρων, Έκδοση Αθήνα, Σεπτέμβριος 2008.

[5] Δημήτρης Κατσαπρακάκης-Καθηγητής στο Τ.Ε.Ι Κρήτης , Έρευνα: Τύποι υδροστροβίλων.

Διάλεξη (pdf):

[6] Δημήτριος Ρόζος-Επίκουρος καθηγητής Ε.Μ.Π, Κων/νος Λουπασάκης-Λέκτορας Ε.Μ.Π , Γεωτεχνική Μηχανική, Ζωγράφου Αθήνα.