

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
Αριθμός 1109

**ΘΕΜΑ:** ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΣΤΡΟΦΩΝ ΥΗΣ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ  
REGULATOR OF TURNS OF HYDROELECTRIC STATION  
OF KASTRAKI

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:**  
ΛΙΑΡΟΠΟΥΛΟΣ ΓΙΩΡΓΟΣ

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:**  
ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ ΠΛΑΤΩΝ-ΑΛΚΗΣ  
ΓΑΡΓΕΡΑΚΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2010

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο  
Ανώτατο

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πάτρας, στο τμήμα  
Ηλεκτρολογίας. Για την ολοκλήρωσή της απαιτήθηκε  
ενδεδειγμένη έρευνα κυρίως στο ΥΗΣ Καστρακίου. Στόχος  
αυτής της πτυχιακής

είναι η μελέτη ρυθμιστής στροφών ΥΗΣ Καστρακίου.  
Δηλαδή την ανάλυση του ρυθμιστή στροφών αλλά και όλων  
των λοιπών εξαρτημάτων και μηχανημάτων με τα οποία  
συνεργάζεται ο ρυθμιστής ώστε να επιτευχθεί η ρύθμιση  
των στροφών.

Θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου  
Λιαρόπουλο Γεώργιο ο οποίος μας βοήθησε πάρα πολύ  
ώστε να ολοκληρωθεί αυτή η

Εργασία που μου έδωσε την ευκαιρία να εκπονήσω την  
παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο που επιλέξαμε εμείς.

Τον ευχαριστούμε πολύ για όλα όσα μας δίδαξε, για το  
επιστημονικό υλικό που  
μας προσέφερε, τις συμβουλές του, την συμπαράστασή του  
και τις ώρες που μας  
αφιέρωσε καθ' όλη την διάρκεια της συνεργασίας μας.  
Σεβασμό και ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλουμε σε όλους τους  
καθηγητές μας που μας στήριξαν και μας δίδαξαν σε όλη  
αυτήν την πορεία μας μέχρι τώρα, καθώς επίσης και στον  
προϊστάμενο του τμήματος.

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

	Σλ.
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΓΕΝΙΚΑ</b>	<b>7</b>
<b>1.2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....</b>	<b>11</b>
1.2.1.ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ .....	12
1.2.2.ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	15
1.2.3.ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	18
<b>1.3 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ.....</b>	<b>25</b>
1.3.1.ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	30
1.3.2.ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ.....	34
1.3.3.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΚΜΕΤΑΛΕΥΣΗΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ.....	36
1.3.4.ΟΙ ΥΗΣ ΩΣ ΕΡΓΑ ΠΟΛΑΠΛΟΥ ΣΚΟΠΟΥ.....	39
1.3.5.ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ...	42
1.3.6ΤΥΠΟΙ ΥΗΣ.....	45
<b>1.4. ΥΗΣ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ .....</b>	<b>47</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....</b>	<b>51</b>
<b>2.1. Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ.....</b>	<b>51</b>
<b>2.2. ΓΕΝΙΚΑ-ΤΥΠΟΙ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ.....</b>	<b>56</b>

<b>2.3. ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ ΔΡΑΣΕΩΣ.....</b>	57
2.3.1ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ PELTON.....	58
2.3.2ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ CROSS-FLOW.....	63
2.3.3ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ TURGO.....	63
<b>2.4 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΣ.....</b>	65
2.4.1ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ FRANCIS.....	65
2.4.2ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ ΚΑΡΛΑΝ.....	69
2.4.3ΒΟΛΒΟΕΙΔΗΣ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ.....	72
2.4.4ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΡΟΗΣ(ΠΡΟΠΕΛΑ).....	73
<b>2.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΥΠΟΥ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ.....</b>	75
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....</b>	77
<b>3.1 ΓΕΝΙΚΑ-ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΣΤΡΟΦΩΝ</b>	78
<b>3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΣΤΡΟΦΩΝ.....</b>	79
3.2.1.ΟΔΗΓΟΣ ΒΑΛΒΙΔΑ.....	90
3.2.2ΒΑΛΒΙΔΑ ΟΡΙΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ (E).....	92
3.2.3ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΠΤΩΣΗΣ .....	93
3.2.4ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΑΣ (DASHPOT).....	94
<b>3.3. ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ.....</b>	96

3.3.1.ΣΤΑΤΙΣΜΟΣ ΓΕΝΙΚΑ.....	96
3.3.2.ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΣΤΑΤΙΣΜΟΥ.....	99
<b>3.4. ΜΑΓΝΗΤΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ Ρ.Μ.Γ...</b>	101
3.4.1.ΓΕΝΙΚΑ.....	101
3.4.2.ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΕΠΑΦΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ.....	102
<b>3.5. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ.....</b>	102
3.5.1. ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΥΘΜΙΣΤΟΥ.....	103
3.5.2. ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΑΣ(DASHPOT).....	104
<b>3.6. ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΗ ΟΡΙΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ.....</b>	104
3.6.1. ΒΑΛΒΙΔΑ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΘΕΣΗ "GOVERNOR CONTROL"(ΕΛΕΓΧΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗ).....	107
3.6.2. ΒΑΛΒΙΔΑ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΘΕΣΗ"ΑUXILIARY CONTROL"(ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ) .....	108
<b>3.7. ΟΙ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΤΟΥ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΣΤΡΟΦΩΝ</b>	109
3.7.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	109
3.7.2. ΒΑΛΒΙΔΑ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΘΕΣΗ "GOVERNOR CONTROL"(ΕΛΕΓΧΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗ).....	109
3.7.3. ΒΑΛΒΙΔΑ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΘΕΣΗ"ΑUXILIARY CONTROL"(ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ).....	110
3.7.4. ΒΑΛΒΙΔΑ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΘΕΣΗ "BLOCKED" ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΜΠΛΟΚΑΡΙΣΜΕΝΟΣ.....	111
<b>3.8. ΑΝΤΛΙΑ ΕΛΑΙΟΥ ΡΥΘΜΙΣΤΟΥ.....</b>	111
3.8.1. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ.....	114

3.8.2. ΑΝΑΚΟΥΦΙΣΤΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ..	115
<b>3.9. ΒΑΛΒΙΔΑ ΑΕΡΟΣ ΠΕΔΗΣΕΩΣ.....</b>	115
<b>3.10 ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΡΧΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΡΥΘΜΙΣΤΟΥ.....</b>	118
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....</b>	120
<b>4.1. ΕΠΕΙΓΟΥΣΑ ΚΡΑΤΗΣΗ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΟΣ.....</b>	120
4.1.1. ΕΠΕΙΓΟΥΣΑ ΚΡΑΤΗΣΗ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΟΣ.	120
4.1.2. ΟΜΑΛΗ ΚΡΑΤΗΣΗ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΟΣ.....	125
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....</b>	126
<b>5.1 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΟΣ (START).....</b>	126
<b>5.2 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΡΑΤΗΣΗ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΟΣ (STOP).....</b>	132
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	134

## Εισαγωγή

---

## 1.1 Γενικά

Τα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Η.Ε.) είναι το σύνολο των εγκαταστάσεων και των μέσων που χρησιμοποιούνται για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε εξυπηρετούμενες περιοχές κατανάλωσης. Βασικές προϋποθέσεις καλής λειτουργίας ενός Σ.Η.Ε. είναι να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια οπουδήποτε υπάρχει ζήτηση με το ελάχιστο δυνατό κόστος και τις ελάχιστες οικολογικές επιπτώσεις, εξασφαλίζοντας σταθερή συχνότητα, σταθερή τάση και υψηλή αξιοπιστία τροφοδότησης [1]. Τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας ανήκουν στο σύνολο ή κατά τμήματα σε δημόσιες-κρατικές ή ιδιωτικές επιχειρήσεις ηλεκτρισμού. Στη χώρα μας μέχρι και πριν λίγα χρόνια το σύνολο των εγκαταστάσεων άνηκε στη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), η οποία κατείχε το μονοπώλιο. Τα τελευταία χρόνια με την απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας όλο και περισσότεροι ιδιώτες επενδύουν κεφάλαια στην παραγωγή ενέργειας [2].

Τα σύγχρονα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να διακριθούν στα ακόλουθα τμήματα:

- Τους Σταθμούς Παραγωγής
- Τα Δίκτυα Μεταφοράς
- Τα Δίκτυα Διανομής (Δ.Δ.)

Η ηλεκτρική ενέργεια από το σημείο που θα παραχθεί μέχρι το σημείο που θα καταναλωθεί βρίσκεται σε μια συνεχή ροή. Η παραγωγή γίνεται στους σταθμούς παραγωγής. Εκεί με διάφορες τεχνικές μετατρέπεται η

θερμική ενέργεια των ορυκτών καυσίμων (άνθρακα, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, κ.α.) και η μηχανική ενέργεια των υδάτινων ροών και υδατοπτώσεων σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μεταφορά της από τα εργοστάσια παραγωγής προς τις περιοχές καταναλώσεως γίνεται με τις γραμμές υψηλής και υπερύψηλης τάσεως (στην Ελλάδα οι γραμμές είναι των 400kV ή των 150kV), οι οποίες μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια σε κεντρικά σημεία του δικτύου. Αυτά είναι οι λεγόμενοι υποσταθμοί, από όπου ξεκινούν τα δίκτυα διανομής της μέσης τάσεως (20kV ή 15kV) που διανέμουν την ηλεκτρική ενέργεια στους καταναλωτές δια μέσου των υποσταθμών διανομής και των γραμμών χαμηλής τάσεως 400/240V [1]. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά των Δ.Δ., σε αντιπαραβολή με τα δίκτυα Μεταφοράς, είναι ότι αποτελούνται από μεγάλο πλήθος στοιχείων. Από το γεγονός αυτό αποκτά ιδιαίτερη σημασία για τα Δ.Δ. η τυποποίηση των επί μέρους κατασκευαστικών τους στοιχείων, καθώς και του υλικού που χρησιμοποιείται σε αυτά, δεδομένου ότι πρόκειται για επαναλαμβανόμενες κατασκευές από πολλά διεσπαρμένα συνεργεία σε ολόκληρη τη χώρα.

Η σύνδεση των καταναλωτών από το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται ανάλογα με τη μέγιστη απορροφημένη ισχύ τους. Έτσι τους διακρίνουμε σε τρεις κύριες κατηγορίες:

- Καταναλωτές Υψηλής Τάσης -Υ.Τ.-
- Καταναλωτές Μέσης Τάσης -Μ.Τ.- (συνήθως για απορροφημένη ένταση άνω των 200Α ανά φάση στη χαμηλή τάση)
- Καταναλωτές Χαμηλής Τάσης -Χ.Τ.-

Μία άλλη διάκριση των καταναλωτών γίνεται ανάλογα με την χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας. Διακρίνουμε:



- Τους Βιομηχανικούς καταναλωτές
- Τους Εμπορικούς ( ή Γενικής χρήσεως) καταναλωτές
- Τους Οικιακούς καταναλωτές
- Τους Αρδευτικούς καταναλωτές κ.α.

Οι πελάτες που είναι συνδεδεμένοι στα δίκτυα υψηλής και μέσης τάσης είναι στην πλειονότητά τους βιομηχανικοί καταναλωτές (τριφασικές παροχές) , ενώ στα δίκτυα χαμηλής τάσης συνδέονται πελάτες οικιακής χρήσης και ένα μεγάλο μέρος πελατών εμπορικής χρήσης (μονοφασικές παροχές), καθώς και τριφασικές παροχές για βιομηχανικές εγκαταστάσεις μέχρι περίπου 200Α ανά φάση [1],[2].

Η δομή του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας κάθε χώρας εξαρτάται σημαντικά από το μέγεθος της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, τη χρονική της μεταβολή κατά τη διάρκεια του 24ώρου και από την χωροταξική της κατανομή. Το μέγεθος λοιπόν των εγκαταστάσεων παραγωγής, μεταφοράς και διανομής, που πρέπει να έχει διαθέσιμο κάθε στιγμή μια επιχείρηση ηλεκτρισμού, καθορίζεται από τη συνολική μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ισχύος. Η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας καθορίζει την ποσότητα των καυσίμων που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία των σταθμών παραγωγής, ενώ η μορφή της καμπύλης ζήτησης περιγράφει χρονικά την απασχόληση των εγκαταστάσεων παραγωγής, μεταφοράς και διανομής από τους καταναλωτές.

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της ζήτησης (μέγιστη ζήτηση, συνολική ενέργεια, μορφή καμπύλης ζήτησης) διαμορφώνουν το κόστος μιας επιχείρησης ηλεκτρισμού. Το κόστος προοδευτικά αυξάνει από την παραγωγή προς την διανομή, γιατί μεσολαβούν πρόσθετες εγκαταστάσεις. Το κόστος αυτό καταβάλλεται από τους καταναλωτές, σύμφωνα

με τα χαρακτηριστικά της ζήτησής τους και με τα τιμολόγια που έχουν θεσπιστεί. Τα τιμολόγια διακρίνονται σε τιμολόγια υψηλής τάσης (πολύ μεγάλοι βιομηχανικοί καταναλωτές), μέσης τάσης (μεγάλοι και μεσαίου μεγέθους καταναλωτές) και χαμηλής τάσης (οικιακοί, εμπορικοί καταναλωτές, καθώς και βιομηχανικοί καταναλωτές χαμηλής τάσης).

Οι εγκαταστάσεις παραγωγής και μεταφοράς είναι συνήθως οικονομικά εξαρτημένες μεταξύ τους και για αυτό ο τεχνικός και οικονομικός σχεδιασμός των σταθμών παραγωγής, των κύριων γραμμών μεταφοράς και των κεντρικών υποσταθμών πρέπει να είναι ενιαίος, με κύριο στόχο την ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών της κατανάλωσης, με το ελάχιστο δυνατό κόστος και τη μέγιστη δυνατή αξιοπιστία τροφοδοτήσεως. Από την άλλη, η διανομή είναι μια διαφορετική λειτουργία, η οποία σχεδιάζεται και αναπτύσσεται χωριστά και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής και των καταναλωτών τους οποίους εξυπηρετεί. Η σε βάθος μελέτη των Δ.Δ. έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την εθνική οικονομία, δεδομένου ότι οι δαπάνες για την κατασκευή τους είναι πολύ σημαντικές, όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 1.1. Σε αυτόν δείχνεται η ποσοστιαία κατανομή της αξίας των εγκαταστάσεων και των δαπανών εκμεταλλεύσεως ανάλογα με το είδος της εγκαταστάσεις. Εκτός όμως από την οικονομική σημασία, η μελέτη των Δ.Δ. παρουσιάζει ενδιαφέρον διότι η κατασκευαστική τους διαμόρφωση συνδέεται άμεσα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά δομήσεως των πόλεων και γενικότερα του τρόπου της χωροταξικής διαμορφώσεως κάθε χώρας. Είναι αξιοσημείωτο ότι τα Δ.Δ. κάθε χώρας έχουν κατά γενικό κανόνα τα δικά τους ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, σε αντίθεση με τα δίκτυα Μεταφοράς [1].

Κατανομή αξίας εγκαταστάσεων ΔΕΗ και δαπανών εκμεταλλεύσεως		
Είδος Εγκαταστάσεων	Αξίας εγκαταστάσεων	Δαπανών εκμεταλλεύσεως
Θερμικοί Σταθμοί Παραγωγής	34,2%	66% } 55% καύσιμα 11% λοιπά
Υδροηλεκτρικοί « »	18,0%	
Ληνιτορραχία	11,8%	
Εγκαταστάσεις Μεταφοράς	7,5%	3%
Εγκαταστάσεις Διανομής	27,5%	17%
Λοιπά	1,0%	14%
Σύνολο	100%	100%

Πίνακας 1.1 [2]

## 1.2 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ονομάζεται η διαδικασία που απαιτείται για την μετατροπή μιας μορφής πρωτογενούς ενέργειας σε ηλεκτρική. Σήμερα χρησιμοποιείται κυρίως η μετατροπή κάποιας άλλης μορφής πρώτα σε μηχανική (κινητήριες μηχανές, στρόβιλοι) και στη συνέχεια σε ηλεκτρική μέσω των γεννητριών. Το σύνολο της ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχεται στον καταναλωτή σήμερα, προέρχεται κυρίως από θερμοηλεκτρικούς σταθμούς με την καύση ορυκτών καυσίμων (άνθρακας, λιγνίτης, πετρέλαιο, φυσικό αέριο), από υδροηλεκτρικούς σταθμούς με την ροή ή την πτώση των υδάτων και από

πυρηνικούς σταθμούς με την πυρηνική σχάση διαφόρων σωματιδίων (ουράνιο, θόριο, πλουτώνιο). Την τελευταία δεκαετία ο άνθρωπος προσπάθησε να βρει νέες πηγές ενέργειας, καθώς τα γνωστά αποθέματα ενέργειας ολοένα και μειώνονταν. Έτσι, τα τελευταία χρόνια οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως ο άνεμος (αιολική ενέργεια), η ηλιακή ενέργεια, η γεωθερμία, η βιομάζα, κ.α. αποτελούν μια σημαντικότερη περιοχή έρευνας και εφαρμογών [1].

### 1.2.1 Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής

Η θερμότητα που προέρχεται από την καύση των ορυκτών καυσίμων ή την πυρηνική σχάση μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια μέσω κινητήριων μηχανών (στροβίλων) και στη συνέχεια σε ηλεκτρική μέσω γεννητριών.

Οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί χρησιμοποιούν τον ατμό που παράγεται από την καύση του καυσίμου μέσα στον λέβητα, ο οποίος στη συνέχεια κινεί τον αμοστρόβιλο, ο οποίος με τη σειρά του κινεί την ηλεκτρογεννήτρια (σχήμα 1.1). Ο βαθμός απόδοσης του παραπάνω θερμοδυναμικού κύκλου αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας και της πίεσης του ατμού στην είσοδο του στροβίλου. Αντίθετα στους ντιζελοηλεκτρικούς σταθμούς η θερμότητα παράγεται από μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) που είναι είτε εμβολοφόρες ντιζελομηχανές, είτε αεροστρόβιλοι (gas turbines). Οι εμβολοφόρες είναι μικρής εγκαταστημένης ισχύος και χρησιμοποιούνται κυρίως σε μικρά συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. Από την άλλη οι αεροστρόβιλοι είναι πολύ μεγαλύτερης ισχύος και χρησιμοποιούνται συνήθως για την κάλυψη φορτίου κατά τις περιόδους μεγάλης ζήτησης. Αυτό συμβαίνει επειδή έχουν τη δυνατότητα να αποδίδουν γρήγορα τη μέγιστη παραγωγή τους. Τα κύρια μέρη ενός αεροστροβίλου είναι ο συμπιεστής, ο θάλαμος

καύσης, ο στρόβιλος και η γεννήτρια. Το χρησιμοποιούμενο καύσιμο είναι το πετρέλαιο DIESEL, με τους πιο σύγχρονους αεροστρόβιλους να χρησιμοποιούν και φυσικό αέριο.

Ο πυρηνικός σταθμός είναι ένας ατμοηλεκτρικός σταθμός με τη διαφορά ότι η παραγωγή ατμού γίνεται χρησιμοποιώντας τη θερμική ενέργεια που ελκύεται από ένα πυρηνικό αντιδραστήρα. Ο πυρηνικός αντιδραστήρας είναι ένα σύστημα το οποίο περιέχει σχάσιμους πυρήνες (το πυρηνικό καύσιμο), σε κατάλληλη γεωμετρική διάταξη και συγκέντρωση και στην οποία μπορεί να επιτευχθεί ελεγχόμενη αλυσωτή αντίδραση σχάσεων. Η ενέργεια που εκλύεται κατά τις σχάσεις χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού είτε απευθείας στον αντιδραστήρα, είτε σε βοηθητικά συστήματα, τις λεγόμενες γεννήτριες ατμού [1].



Σχήμα 1.1 Λιγνιτοθερμικός σταθμός Πτολεμαΐδας [5]

Βασικά χαρακτηριστικά των αντιδραστήρων, με βάση τα οποία και γίνεται ο χαρακτηρισμός τους είναι [1]:

- Μέση ενέργεια των νετρονίων, και διακρίνονται σε αντιδραστήρες θερμικών νετρονίων, νετρονίων μέσης ενέργειας και ταχέων νετρονίων.
- Καύσιμο, και διακρίνονται σε αντιδραστήρες φυσικού ουρανίου, πλουτωνίου, ουρανίου U-233 και με μίγμα σχάσιμων πυρήνων.
- Χρησιμοποιούμενο υλικό για την επιβράδυνση των νετρονίων, και διακρίνονται σε αντιδραστήρες ελαφρού ύδατος, βαρέως ύδατος, γραφίτου κ.α.
- Ψυκτικό μέσο για τη μεταφορά της θερμότητας εκτός του αντιδραστήρα, και διακρίνονται σε υδρόψυκτους, αερόψυκτους (αέρας, CO<sub>2</sub>, He) και σε ψυχόμενους με τηγμένο μέταλλο (Na, K).

Σήμερα οι περισσότερο εξελιγμένοι τεχνολογικά αντιδραστήρες που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι οι αντιδραστήρες θερμικών νετρονίων, φυσικού ή ελαφρώς εμπλουτισμένου ουρανίου [1].

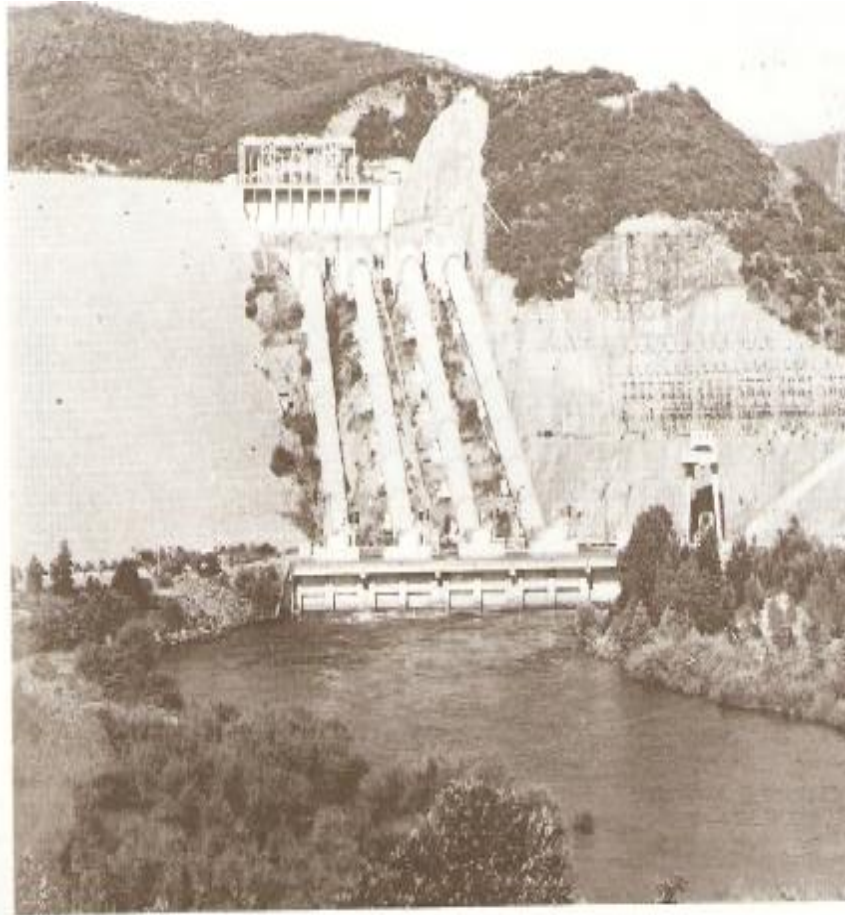
### 1.2.2 Υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής

Στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής γίνεται εκμετάλλευση της υδραυλικής ενέργειας του νερού, η οποία μέσω καταλλήλων διατάξεων (υδροστρόβιλος-γεννήτρια) μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Η παραγόμενη ενέργεια από έναν υδροηλεκτρικό σταθμό είναι ανάλογη της παροχής

νερού, του χρόνου λειτουργίας, της καθαρής υψομετρικής διαφοράς της υδατόπτωσης (αφαιρουμένων των υδραυλικών απωλειών) και του βαθμού απόδοσης της μονάδας.

Ανάλογα με τον τρόπο χρήσης του νερού, οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες [1]:

- Φυσικής ροής, που χρησιμοποιούν την ενέργεια διερχομένου υδάτινου ρεύματος (ροή ποταμού).
- Ρυθμιζόμενης ροής, που χρησιμοποιούν το νερό, το οποίο συλλέγεται σε ταμιευτήρες (τεχνητές λίμνες-φράγματα), ώστε να δημιουργείται υψομετρική διαφορά και να γίνεται εκμετάλλευση ελεγχόμενης υδατοπτώσεως. Τα φράγματα που χρησιμοποιούνται είναι είτε φράγματα σκυροδέματος, είτε φράγματα γαιώδη (σχήμα 1.2).
- Αντλητικοί, οι οποίοι λειτουργούν όπως και οι ρυθμιζόμενης ροής με τη διαφορά ότι έχουν δύο φράγματα, ένα σε υψηλότερη και ένα σε χαμηλότερη στάθμη από το σταθμό και χρησιμοποιούν χαμηλού κόστους ηλεκτρική ενέργεια κατά τις ώρες χαμηλού φορτίου, για να αποταμιεύσουν νερό που θα χρησιμοποιηθεί σε ώρες αιχμής για την παραγωγή ενέργειας με υψηλό εναλλακτικό κόστος παραγωγής από άλλες πηγές. Έχουν σχετικά μικρότερο βαθμό απόδοσης λόγω του κύκλου άντλησης-παραγωγής, αλλά είναι πολύ χρήσιμοι για την βελτίωση του συντελεστή φορτίου του συστήματος.



Σχήμα 1.2 Υδροηλεκτρικό έργο Καστρακίου [5]

Στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς χρησιμοποιούνται δύο τύποι υδροστροβίλων [1]:

- Δράσεως ή τύπου Pelton, οι οποίοι έχουν οριζόντιο άξονα και ένα ακροφύσιο και χρησιμοποιούνται για υψομετρικές διαφορές μεγαλύτερες από 150 μέτρα.
- Αντιδράσεως, που περιλαμβάνουν τους στροβίλους τύπου Francis και τους στροβίλους Kaplan ή προώσεως. Οι υδροστροβίλοι Francis έχουν κατακόρυφο άξονα με κινητά και ρυθμιζόμενα ακίνητα



πτερύγια και χρησιμοποιούνται για χαμηλά ύψη. Οι υδροστρόβιλοι Kaplan αλλάζουν αυτόματα τη γωνία των πτερυγίων τους, για αυτό έχουν υψηλή απόδοση σε μεγαλύτερο εύρος φορτίσεων.

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα των υδροηλεκτρικών έναντι των θερμοηλεκτρικών σταθμών είναι ότι το «καύσιμο» παρέχεται δωρεάν από τη φύση και δεν προκαλούν ρύπανση στο περιβάλλον. Το μέγεθος της εγκαταστημένης ισχύος ενός υδροηλεκτρικού σταθμού εξαρτάται κυρίως από τη διαθέσιμη ετήσια ποσότητα νερού, το ύψος πτώσης, την κατανομή της παροχής στη διάρκεια του έτους, τις οικονομίες κλίμακας του κόστους εγκατάστασης με την αύξηση της ισχύος, αλλά και από ενδεχόμενο συνδυασμό της λειτουργίας του με άλλα κοινωφελή έργα, όπως η άρδευση εκτάσεων, η ρύθμιση ροής ποταμών κ.α. Οι τελευταίοι ονομάζονται σταθμοί πολλαπλού σκοπού. Σημειώνεται ότι ένας υδροηλεκτρικός σταθμός χαρακτηρίζεται ως μικρό έργο, όταν έχει εγκαταστημένη ισχύ μέχρι 10MW [1].

### 1.2.3 Εναλλακτικοί σταθμοί παραγωγής

Στους εναλλακτικούς σταθμούς παραγωγής χρησιμοποιούνται πηγές ενέργειας που βρίσκονται στη φύση πρακτικά ανεξάντλητες, οι λεγόμενες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (π.χ. ηλιακή ενέργεια, αιολική ενέργεια, θαλάσσια κύματα κλπ.). Χρησιμοποιούνται κυρίως για ηλεκτροδότηση απομονωμένων οικισμών ή αυτόνομων συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Οι περισσότερο διαδομένοι τύποι είναι οι φωτοβολταϊκοί και τα αιολικά πάρκα.

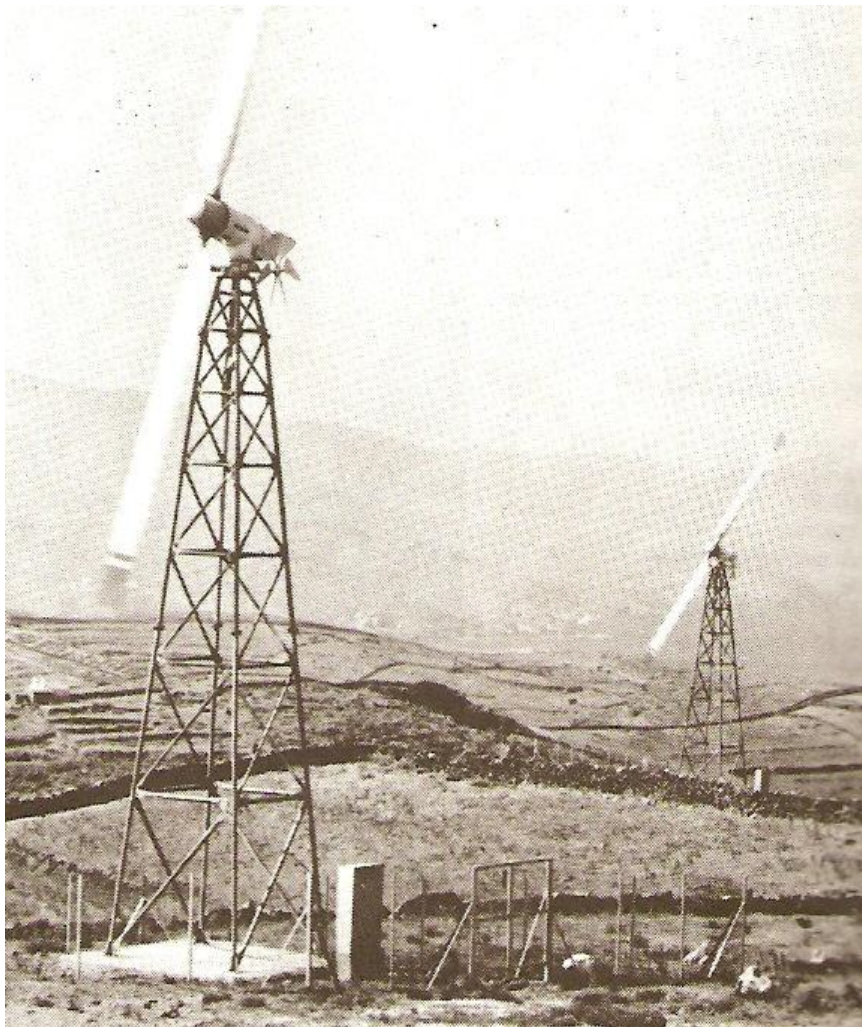
Ένας Φωτοβολταϊκός σταθμός (σχήμα 1.3) αποτελείται από ένα σύνολο φωτοβολταϊκών πλαισίων και μπορεί να περιλαμβάνει, ανάλογα με τη χρήση του, ένα μετατροπέα του συνεχούς σε εναλλασσόμενο ρεύμα, ρυθμιστές τάσης και ρεύματος, διατάξεις ελέγχου και συστοιχίες συσσωρευτών για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας. Κάθε πλαίσιο περιλαμβάνει ένα πλήθος ηλιακών κυψελών (solar cells) που μπορούν να μετατρέψουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Η ηλιακή κυψέλη αποτελείται από ένα ημιαγωγό συνήθως από μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό πυρίτιο με υψηλό κόστος κατασκευής. Οι διαστάσεις μιας τυπικής κυψέλης είναι  $100\text{cm}^2$  και μπορεί να παράγει περίπου  $1\text{Watt}$ . Ομάδες από ηλιακές κυψέλες συγκροτούν το φωτοβολταϊκό πλαίσιο με διαστάσεις  $1\text{m}^2$  ή και μικρότερες και με ισχύ που κυμαίνεται μεταξύ  $30\text{W}$  και  $120\text{W}$ . Σειρές φωτοβολταϊκών πλαισίων αποτελούν το φωτοβολταϊκό σταθμό. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι δύο ειδών: τα επίπεδα, τα οποία είναι τα πιο συνηθισμένα και αυτά που χρησιμοποιούν συσκευές συγκέντρωσης ηλιακής ακτινοβολίας για την αύξηση του βαθμού απόδοσης. Οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί ομαδοποιούνται σε δύο κατηγορίες: στους σταθμούς που τροφοδοτούν αυτόνομα μικρά συστήματα με ισχύ από  $100\text{W}$  έως  $200\text{W}$  (π.χ. κάλυψη αναγκών απομακρυσμένων περιοχών, κατοικίες, φάροι κ.α.) και στους σταθμούς που συνδέονται σε ηλεκτρικά συστήματα και έχουν ισχύ από λίγα kilowatts έως  $6\text{MW}$  [1].



Σχήμα 1.3 Φωτοβολταϊκός σταθμός Κύθνου [5]

Τα αιολικά πάρκα αποτελούνται από συστοιχίες ανεμογεννητριών που συνδέονται στον ίδιο ζυγό του δικτύου. Οι ανεμογεννήτριες (Α/Γ) (σχήμα 1.4) μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανικό έργο μέσω ενός ανεμοκινητήρα και στη συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω των γεννητριών. Η ισχύς που παράγεται εξαρτάται κυρίως από την ταχύτητα του ανέμου και κατά προσέγγιση είναι ανάλογη της τρίτης δύναμης της ταχύτητας. Η συνολική ετήσια παραγωγή ενέργειας εξαρτάται από τη μορφή της ετήσιας καμπύλης κατανομής της ταχύτητας. Διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με τη θέση του άξονα περιστροφής του ανεμοκινητήρα και της γεννήτριας, ως προς το πεδίο ροής του ανέμου: τις Α/Γ οριζοντίου άξονα και τις Α/Γ κατακόρυφου άξονα. Η λειτουργία της

ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα (είναι η πιο συνηθισμένη) έχει ως εξής: Ο ανεμοκινητήρας μετατρέπει την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανική, η οποία μεταφέρεται μέσω του άξονα της και ενός κιβωτίου αύξησης της ταχύτητας περιστροφής στον άξονα της γεννήτριας, που βρίσκεται στο θάλαμο μηχανισμών στην κορυφή του πύργου. Ο άξονας περιστροφής του ανεμοκινητήρα διατηρείται παράλληλος ως προς το πεδίο ροής του ανέμου με τη βοήθεια του συστήματος προσανατολισμού. Κάθε ανεμογεννήτρια αποτελείται από τα εξής μέρη: τον ανεμοκινητήρα (που περιλαμβάνει πτερύγια, μηχανισμό αλλαγής βήματος, πλήμνη), τη μηχανική μετάδοση κινήσεως (που περιλαμβάνει κιβώτιο αύξησης στροφών, άξονες, ελαστικούς συνδέσμους, έδρανα), τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό (που περιλαμβάνει την γεννήτρια και τον πίνακα φορτίου), τον πύργο στηρίξεως (που περιλαμβάνει θεμέλια και θάλαμο), το σύστημα προσανατολισμού (περιλαμβάνει κινητήρα, μειωτήρα, φρένο, έλεγχο συστήματος), το σύστημα ασφάλειας (που περιλαμβάνει δισκόφρενο, αεροδυναμικό φρένο, προστασία, ηλεκτρονικό σύστημα, πυρασφάλεια). Οι περισσότερες Α/Γ που λειτουργούν σήμερα ανά τον κόσμο έχουν ισχύ μεταξύ 100 και 200 KW , αλλά υπάρχουν και μεγαλύτερα μεγέθη, π.χ. 500 KW [1]. Συνήθως τα αιολικά πάρκα εγκαθίστανται σε δίκτυα που περιλαμβάνουν σταθμούς με υψηλό λειτουργικό κόστος και σε θέσεις με υψηλό αιολικό δυναμικό [1].



Σχήμα 1.4 Ανεμογεννήτριες στο Αιολικό πάρκο Κύθνου [5]

Αν και είναι γνωστές στη Φυσική πάνω από 30 μέθοδοι για την

παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η συντριπτικά μεγαλύτερη ποσότητα αυτής της ποιοτικά υψηλής ενεργειακής μορφής παράγεται σε ηλεκτροπαραγωγούς σταθμούς με χρήση *γεννητριών*. Κι ενώ αυτές οι γεννήτριες στηρίζονται πάντα στην αρχή της ηλεκτρο-μαγνητικής επαγωγής, η πρωτογενής ενέργεια που αξιοποιείται για την κίνησή τους, παράγεται άλλοτε με την *πτώση νερού* (*υδρο-ηλεκτρικοί σταθμοί*) και άλλοτε με την *καύση ορυκτών υλών*, δηλαδή κάρβουνου, πετρελαίου, αερίου (*θερμο-ηλεκτρικοί σταθμοί*). Ο αέρας ως κινητήρια δύναμη αξιοποιείται όλο και περισσότερο από τα τέλη του 20<sup>ου</sup> αιώνα, αλλά δεν έχει ακόμα ευρεία εφαρμογή, κρίνοντας από τη συμμετοχή του στη συνολικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια.



(ΕΙΚ.ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ)



(ΕΙΚ.ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ)

Άλλη σημαντική πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ικανοποιητική ισχύ και σταθερότητα στην τάση, η οποία αξιοποιείται ευρέως, αποτελεί ο *χημικός συσσωρευτής*. Νεότερες μέθοδοι που στηρίζονται σε *στοιχεία καυσίμων*, *φωτοβολταϊκά στοιχεία* και *θερμοστοιχεία*, αποτελούν τεχνολογίες των τελευταίων δεκαετιών του 20<sup>ου</sup> αιώνα.

Σταθμοί παραγωγής που χρησιμοποιούν ως πρωτογενή ενέργεια την κίνηση νερών ή στροβίλους αέριου καυσίμου, είναι δυνατόν να διαθέσουν την ονομαστική ισχύ μέσα σε λίγα λεπτά από την εκκίνησή τους. Ατμοηλεκτρικοί σταθμοί χρειάζονται όμως μέχρι να φτάσουν στην ονομαστική ισχύ τους αρκετές ώρες μέχρι μερικές ημέρες. Αυτός είναι και ο λόγος που οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί χρησιμοποιούνται για την κάλυψη του βασικού ενεργειακού φορτίου, ενώ οι σταθμοί ταχείας εκκινήσεως αναλαμβάνουν να καλύψουν τις αιχμές ενεργειακής ζήτησης.

### 1.3 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

Σε ένα *υδρο-ηλεκτρικό* σταθμό μετατρέπεται η μηχανική ενέργεια του νερού σε ηλεκτρική. Συγκεκριμένα, το νερό που διοχετεύεται σε καθοδικό αγωγό, αποκτάει κινητική ενέργεια και περιστρέφει ένα *υδρόμυλο* ή ένα *υδροστρόβιλο*. Σε άλλες περιπτώσεις αξιοποιείται η σταθερή ροή των υδάτων ενός ποταμού για να κινήσει αυτές τις μηχανές. Αυτή η περιστροφική κίνηση μεταφέρεται στον άξονα ηλεκτρικής γεννήτριας, η οποία παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Ο συνολικός βαθμός αποδόσεως ενός υδροηλεκτρικού σταθμού φτάνει μέχρι το 90%.

Με την πάροδο των δεκαετιών εξελίχθηκαν και τυποποιήθηκαν μορφές και μεγέθη υδροηλεκτρικών μονάδων, ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες και τις ιδιαιτερότητες του γεωγραφικού χώρου. Ένα κριτήριο κατηγοριοποίησης είναι το ύψος πτώσης των υδάτων:

Μονάδες με ύψος πτώσης νερού κάτω των 15 μέτρων και μεγάλη παροχή νερού, χρησιμοποιούνται για την κάλυψη βασικού φορτίου ισχύος.

Μονάδες με ύψος πτώσης νερού μεταξύ 15 και 50 μέτρων και μέση ως μεγάλη παροχή νερού, χρησιμοποιούνται για την κάλυψη βασικού και μεσαίου φορτίου ισχύος.

Μονάδες με ύψος πτώσης νερού από 50 μέτρα και πάνω και μικρή παροχή νερού, χρησιμοποιούνται για την κάλυψη φορτίων αιχμής.

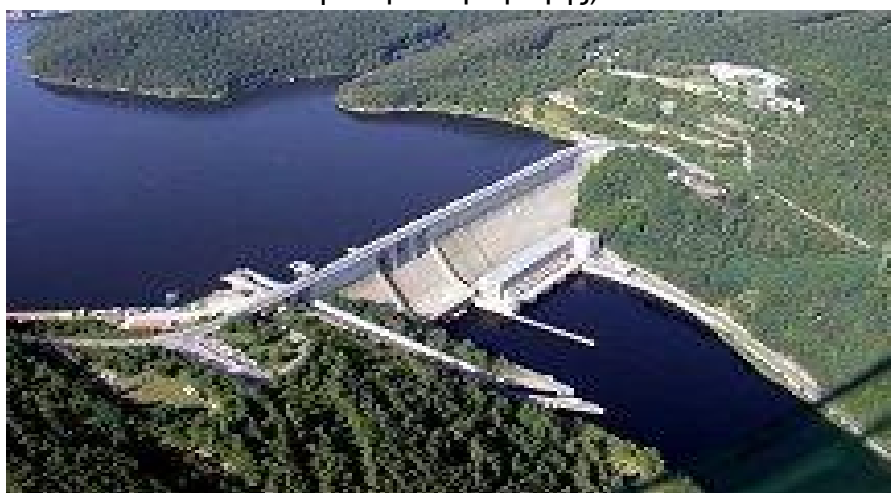
Ένα άλλο κριτήριο κατηγοριοποίησης είναι η διαθεσιμότητα



μιας ηλεκτροπαραγωγού μονάδας. Αυτό σημαίνει ότι η μονάδα παράγει στην κανονική λειτουργία της ένα μικρότερο ποσοστό από την πραγματική δυναμικότητά της και σε ώρες μεγάλης ενεργειακής ζήτησης αυξάνεται βραχυπρόθεσμα η παραγόμενη ποσότητα ενέργειας.



(ΕΙΚ. Ποτάμια μονάδα  
ηλεκτροπαραγωγής)



(ΕΙΚ. Ταμιευτήρας με φράγμα)



(ΕΙΚ. Αντλητική μονάδα)

Ένα τρίτο κριτήριο για κατηγοριοποίηση των υδροηλεκτρικών σταθμών είναι το είδος κατασκευής της υδροηλεκτρικής μονάδας:

Μονάδες με ύδατα συνεχούς ροής:: Συσσωρεύεται το νερό ενός ποταμού και ελέγχεται η απορρέουσα ποσότητα για την παραγωγή ενέργειας.

Μονάδες με ταμιευτήρα νερού: Αποθηκεύεται το νερό για κάποιο χρονικό διάστημα (ώρες, ημέρες, εβδομάδες) και, όταν παρουσιαστεί ζήτηση φορτίου, διατίθεται το νερό για την παραγωγή ενέργειας.

Αντλητική μονάδα: Με τυχόν περίσσευμα ηλεκτρικής ενέργειας αντλείται το νερό από χαμηλό σημείο σε υψηλότερο και, όταν παρουσιαστεί ζήτηση φορτίου, διατίθεται το νερό για την παραγωγή ενέργειας.

Άλλοι τύποι υδροηλεκτρικών μονάδων κατασκευάζονται λιγότερο και μόνο σε γεωγραφικές περιοχές με ειδικές προδιαγραφές, όπως για την αξιοποίηση της θαλάσσιας παλίρροιας, των θαλάσσιων κυμάτων και ρευμάτων κ.ά.

Η σημασία των υδροηλεκτρικών μονάδων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι τεράστια. Μερικές χώρες κάλυπταν τις ανάγκες τους σε ηλεκτρική ενέργεια στα τέλη του 20<sup>ου</sup> αιώνα εξ ολοκλήρου (Νορβηγία) και άλλες κατά μεγάλο ποσοστό (Βραζιλία 80%) με υδροηλεκτρικούς σταθμούς.

Σε παγκόσμια κλίμακα, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται κατά περίπου 18% σε υδατοπτώσεις. Μειονεκτήματα αυτού του τρόπου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι το μεγάλο κόστος των εγκαταστάσεων, ο κίνδυνος για γεωλογικές επιπτώσεις (σεισμοί, κατολισθήσεις κ.ά.) λόγω του σημαντικού μηχανικού φορτίου στο υπέδαφος από το συσσωρευόμενο νερό και πιθανές πλημμύρες λόγω θραύσης φραγμάτων.

Πλεονεκτήματα είναι η ανανεωσιμότητα, η απουσία εκπομπών στο περιβάλλον, η ρύθμιση της παροχής υδάτων στους ποταμούς κ.ά.

Οι πρώτοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί για μικρές ισχύς κατασκευάστηκαν στη δεκαετία του 1870 στην Αγγλία και ένας στο Appleton, Wisconsin των ΗΠΑ το έτος 1882, ο οποίος τροφοδοτούσε την πόλη και το τοπικό εργοστάσιο παραγωγής χαρτιού με ηλεκτρική ενέργεια. Άλλα ανάλογα υδροηλεκτρικά έργα κατασκευάστηκαν στην Αυστραλία (Duck Reach, 1895) και στον Καναδά (St. Catharine, Ontario, 1898).

Το έτος 1932 εγκαινιάστηκε ένα από τα μεγαλύτερα υδροηλεκτρικά έργα εκείνης της εποχής, το Dnjeprostroj στον ποταμό Δνήπερο της Ουκρανίας, με ισχύ 1500 MW. Το φράγμα

είχε ύψος πάνω από 50 μέτρα και μήκος τόξου 762 μέτρα. Το 1941, κατά τη διάρκεια του β' παγκόσμιου πολέμου, προκάλεσαν σοβιετικοί στρατιώτες **ρήγμα το φράγμα**, υποχωρώντας μπροστά στους προελαύνοντες Γερμανούς.

Έτσι άδειασε ο ταμιευτήρας, αλλά οι δυνάμεις κατοχής επιδιόρθωσαν τη βλάβη και έθεσαν μετά από ένα χρόνο περίπου τον υδροηλεκτρικό σταθμό σε λειτουργία, μέχρι το έτος 1943, οπότε αποχώρησαν.

Κατά την αποχώρησή τους βομβάρδισαν όμως το φράγμα, με αποτέλεσμα να χρειαστούν πάλι μερικά χρόνια για την επιδιόρθωσή του. Το έτος 1936 εγκαινιάστηκε το υδροηλεκτρικό έργο **Hoover** στη Νεβάδα των ΗΠΑ με ισχύ 2.000 MW και ήταν μέχρι το έτος 1949 ο μεγαλύτερος σταθμός αυτού του είδους.

Επεκτάσεις και βελτιώσεις του έργου γίνονταν μέχρι τη δεκαετία του 1960. Το μέχρι στιγμής μεγαλύτερο υδροηλεκτρικό έργο στον κόσμο εγκαινιάστηκε το έτος 1983 στον ποταμό Παρανά μεταξύ Βραζιλίας και Παραγουάης, με ισχύ 14 GW. Μέχρι το 2010 θα λειτουργήσει το υδροηλεκτρικό έργο των «τριών φαραγγιών» στον ποταμό Γιανγκ Τσε της Κίνας, με ισχύ 18,2 GW και αργότερα το έργο Turukhansk στη Ρωσία με προγραμματιζόμενη ισχύ 20 GW.

Στην Ελλάδα κατασκευάστηκαν και λειτουργούν, σταδιακά επεκτεινόμενοι και βελτιούμενοι οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί (ΥΗΣ) του επόμενου πίνακα. Λεπτομέρειες και ιστορικά στοιχεία περιέχονται στο άρθρο για την *Εκβιομηχάνιση στη Ελλάδα*

## Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί (ΥΗΣ) που λειτουργούν στην Ελλάδα

ΥΗΣ	Ποταμός	Επιφ. λίμνης m <sup>2</sup>	Ύψος πτώσης νερού/m	Εγκαστ. ισχύς MW
Άγρα	Εδεσσαίος	-	156	50
Εδεσσαίου	Εδεσσαίος	-	125	19
Λούρου	Λούρος	0,15	59	10
Πουρναρίου	Άραχθος	20,6	79	300
Κρεμαστών	Αχελώος	80,6	136	436
Καστρακίου	Αχελώος	24,2	76	320
Πολύφυτου	Αλιάκμων	74,0	149	360
Σφηκιάς	Αλιάκμων	4,2	62	315
Ασωμάτων	Αλιάκμων	2,6	40	108
Πλαστήρα	Ταυρωπός	25,2	577	129
Λάδωνα	Λάδωνας	4,0	239	70
Πηγών Αώου	Αώος	13,0	655	210
Θησαυρού	Νέστος	20,0	154	240
Στράτου	Αχελώος	8,4	37	150

**1.3.1 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Στη συνέχεια φαίνεται πως γίνεται η διαχείριση των εισροών νερού στους ταμιευτήρες. Επίσης εξετάζεται η επίδραση των έργων στο περιβάλλον και η συμβολή τους στην ανάπτυξη των περιοχών όπου βρίσκονται.

Τέλος συνοψίζονται τα συμπεράσματα για τον τρόπο

εκμετάλλευσης και τις βασικότερες προτάσεις για την καλύτερη εκμετάλλευση των μεγάλων αυτών έργων με στόχο την βέλτιστη λειτουργία τους ως υδραυλικά έργα πολλαπλού σκοπού για την κάλυψη των αναγκών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και των άλλων χρήσεων όπως ύδρευση, άρδευση, αντιπλημμυρική προστασία, αναψυχή, ναυταθλητισμός και άλλα.

### **ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΥΗΣ**

1. Λάδωνας
2. Γκιώνα
3. Ν. Πλαστήρας
4. Κρεμαστά, Καστράκι, Στράτος
5. Πουρνάρι I, II, Λούρος
6. Πηγές Αώου
7. Πολύφυτο
8. Σφηκιά, Ασώματα, Μακροχώρι
9. Άγρας, Εδεσσαίος
10. Θησαυρός, Πλατανόβρυση
11. Μικροί ΥΗΣ

Παρουσιάζονται στη συνέχεια τα σημαντικά αυτά έργα που βρίσκονται γεωγραφικά.

**Ο ΥΗΣ 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** κοντά στην Άμφισσα, στη σήραγγα προσαγωγής του νερού ύδρευσης της ΕΥΔΑΠ για την Αθήνα από τον ταμιευτήρα του Μόρνου, έναρξη λειτουργίας το 1988, ισχύος 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, έναρξη λειτουργίας το 1962, ισχύος 130 MW. Το φράγμα τσιμεντένιο τοξωτό στον ποταμό Ταυρωπό (Μέγδοβα) 40 περίπου χιλ. από την Καρδίτσα. Αποτελεί τυπικό παράδειγμα υδροηλεκτρικού έργου που λειτουργεί άριστα ως έργο πολλαπλού σκοπού.

**Ο ΥΗΣ Κρεμαστών** στον Αχελώο, 60 Km από το Αγρίνιο, μεγάλο φράγμα χωμάτινο, έναρξη λειτουργίας 1965, ισχύος 437 MW, μεγάλος ταμιευτήρας.

**Ο ΥΗΣ Καστρακίου** στον Αχελώο, μετά τα Κρεμαστά, 25 Km από το Αγρίνιο, φράγμα χωμάτινο, έναρξη λειτουργίας 1970, ισχύς 320 MW.

**Ο ΥΗΣ Στράτος Ι** στον Αχελώο μετά το Καστράκι. Σταθμός υπόγειος, έναρξη λειτουργίας 1988, 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**, 4 Km. από Άρτα, στον ποταμό Άραχθο, έναρξη λειτουργίας 1981, ισχύος 300 MW, φράγμα χωμάτινο.

**Ο ΥΗΣ Πουρναρίου ΙΙ** μετά το Πουρνάρι Ι, έναρξη λειτουργίας 2000, ισχύος 31,5 MW.

**Ο ΥΗΣ Λούρου** κοντά στη Φιλιππιάδα, στον ποταμό Λούρο, φράγμα τσιμεντένιο βαρύτητας, ισχύος 10,5 MW, έναρξη λειτουργίας το 1954, υψηλής παραγωγικότητας.

**Ο ΥΗΣ Πηγών Αώου** 45 Km από τα Ιωάννινα, κοντά στο Μέτσοβο, εκτρέπει μικρό μέρος των νερών του Αώου προς τη λεκάνη του Αράχθου. Φράγμα χωμάτινο, σταθμός υπόγειος, έναρξη λειτουργίας 1990, ισχύς 210 MW.

**Ο ΥΗΣ Πολυφύτου** στον ποταμό Αλιάκμονα, κοντά στα Σέρβια Κοζάνης, φράγμα χωμάτινο, έναρξη λειτουργίας 1974, ισχύς 360 MW. Έργο πολύ σημαντικό για την εξασφάλιση νερού στη Μακεδονία.

**Ο ΥΗΣ Σφηκιάς** κατάντη του Πολυφύτου στον Αλιάκμονα 25 Km. από Βέροια. Φράγμα χωμάτινο, έναρξη λειτουργίας 1985, ισχύς 315 MW. Ο σταθμός αυτός είναι αναστρέψιμος δηλ. λειτουργεί το βράδυ ως αντλητικός ισχύς 315 MW για την ρύθμιση του συστήματος ανεβάζοντας τα νερά του ταμιευτήρα Ασωμάτων στον ταμιευτήρα Σφηκιάς.

**Ο ΥΗΣ Ασωμάτων** κατάντη της Σφηκιάς έναρξη λειτουργίας 1985, ισχύος 108 MW .

**Ο ΥΗΣ Άγρα** 2Km από την Έδεσσα στον ποταμό Εδεσσαίο (Βόδα), Φράγμα χαμηλό χωμάτινο έναρξη 1956, ισχύς 50MW. Ο Εδεσσαίος μετά τους καταρράκτες της Έδεσσας, έναρξη 1969 19 MW.

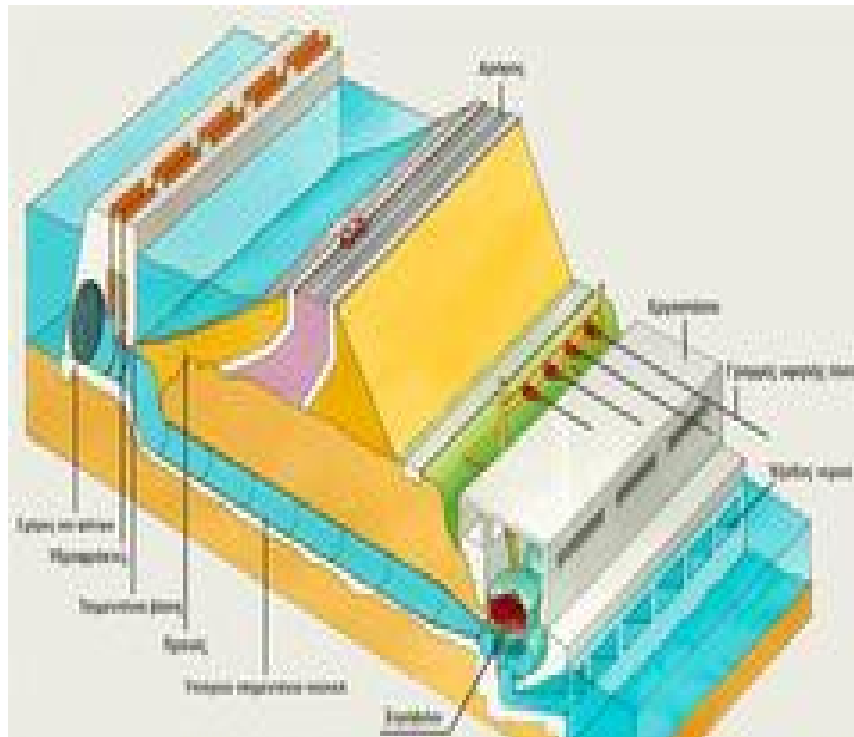
**Ο ΥΗΣ Θησαυρού**, 60Km από τη Δράμα κοντά στο Παρανέστι, στο ποταμό Νέστο. Φράγμα υψηλό, λιθόρριπτο χωμάτινο, έναρξη το 1997, ισχύς 384 MW. Είναι σταθμός αναστρέψιμος με λειτουργία ως αντλητικός το βράδυ ανεβάζοντας το νερό του ταμιευτήρα Πλατανόβρυσης στον ταμιευτήρα Θησαυρού.

**Ο ΥΗΣ Πλατανόβρυσης** κατάντη του Θησαυρού, Φράγμα από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα (RCC), έναρξη λειτουργίας 1999, ισχύς 116 MW.

Τέλος υπάρχει μια ομάδα μικρών, ιστορικών υδροηλεκτρικών σταθμών ισχύος κάτω των 10 MW όπως,:

Αλμυρός και Αγκιά στην Κρήτη,  
Γλαύκος στην Πάτρα,  
Στράτος II, αρδευτικός στο Αγρίνιο,  
Βέρμιο και Μακροχώρι στην Βέροια,  
Αγ. Ιωάννης στις Σέρρες με μικρή σχετική Παραγωγή.





Σχηματική απεικόνιση Υ.Η.Σ.

### 1.3.2 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Οι Υδροηλεκτρικές Εγκαταστάσεις έχουν μεγάλη έκταση ανάλογα με το μέγεθος του ποταμού και το σχέδιο εκμετάλλευσης του νερού της λεκάνης απορροής. Ύστερα από μετρήσεις και έρευνες γίνεται η προμελέτη έργων αξιοποίησης ενός ποταμού, η μελέτη, η κατασκευή και τέλος αρχίζει η εκμετάλλευση του έργου.

Κύρια τμήματα ενός υδροηλεκτρικού έργου είναι το Φράγμα, ο Ταμιευτήρας, ο Εκχειλιστής ή Υπερχειλιστής, η Υδροληψία, οι Σήραγγες, ο Αγωγός Προσαγωγής / Απαγωγής του νερού, το Εργοστάσιο παραγωγής, ο Υποσταθμός ανύψωσης τάσεως και οι Γραμμές μεταφοράς.

**Το Φράγμα:** Υπάρχουν πολλά είδη φραγμάτων και

χωρίζονται ανάλογα το υλικό με το οποίο κατασκευάζονται, πέτρα, σκυρόδεμα, χώμα και άλλα υλικά. Επίσης, ανάλογα με το ύψος τους, υπάρχουν τα μεγάλα, μεσαία και μικρά.

**Ο Ταμιευτήρας:** Ο Ταμιευτήρας σχηματίζεται μετά την έμφραξη της σήραγγας εκτροπής. Η έκταση και η χωρητικότητά του εξαρτώνται από την μορφολογία της λεκάνης απορροής του ποταμού ανάντη του φράγματος αλλά και το ύψος του.

**Ο Εκχειλιστής – Υπερχειλιστής – Εκκενωτής:** Ο Εκχειλιστής ή Υπερχειλιστής και ο Εκκενωτής είναι τα επιμέρους έργα ή τμήματα του φράγματος που εξασφαλίζουν την ασφάλειά του σε έκτακτες περιπτώσεις όπως είναι οι μεγάλες πλημμύρες ή κάποιο άλλο συμβάν που μπορεί να θέσει σε κίνδυνο ένα φράγμα από αιτίες όπως σεισμούς, γεωλογικό πρόβλημα, κατολισθήσεις κ.τ.λ.

**Υδροληψία, Σήραγγες – Αγωγοί Προσαγωγής-Απαγωγής του νερού:** Είναι τα έργα που οδηγούν το νερό από τον ταμιευτήρα στο σταθμό παραγωγής και μετά την διέλευσή του από τις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη κοίτη του ποταμού κατάντη ή στον επόμενο ταμιευτήρα ανάλογα τις περιπτώσεις.

**Το Εργοστάσιο Παραγωγής:** Είναι το κτίριο που περιέχει τις μονάδες παραγωγής, τους πίνακες ελέγχου και τον βοηθητικό εξοπλισμό που χρειάζεται για την λειτουργία του. Μπορεί να είναι υπόγειος, υπαίθριος, ημιυπαίθριος.

**Ο Υποσταθμός Υψώσεως Τάσεως – Γραμμές Μεταφοράς:** Κοντά στο εργοστάσιο βρίσκεται ο υποσταθμός όπου υπάρχουν οι μετασχηματιστές ισχύος, διακόπτες, το κτίριο ελέγχου και άλλος βοηθητικός εξοπλισμός. Επίσης στον υποσταθμό είναι εγκατεστημένοι οι διακόπτες των γραμμών που μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια και αποτελούν τμήμα του εθνικού συστήματος μεταφοράς υψηλής τάσεως 150 KV και 380 KV.

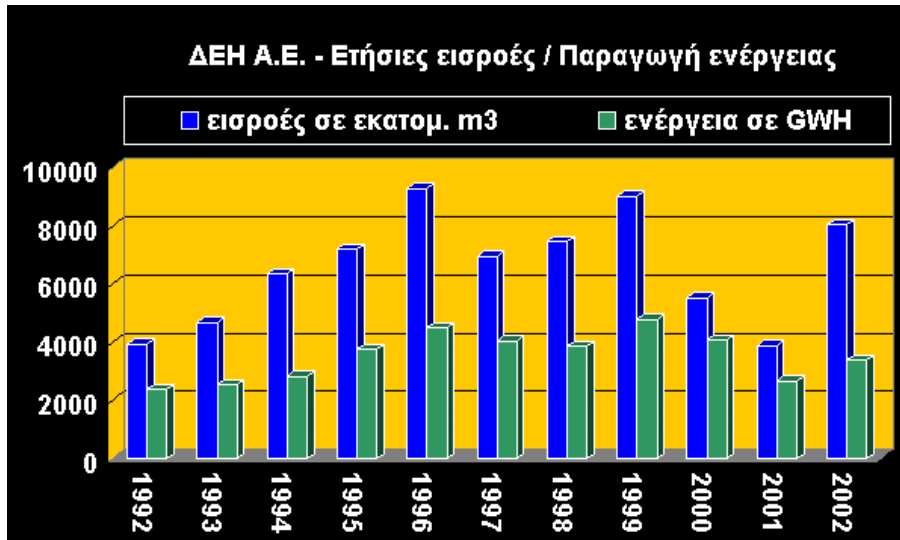
### 1.3.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

Αφού έγινε γνωστό το μεγάλο πάρκο των υδροηλεκτρικών σταθμών κρίνεται σκόπιμο να εξεταστεί η προσφορά του στο ελληνικό διασυνδεδεμένο σύστημα παραγωγής-μεταφοράς δηλαδή να γίνει σαφή ποια είναι η ενεργειακή τους εκμετάλλευση.

Στο **πρώτο διάγραμμα** φαίνεται η εγκατεστημένη ισχύς των υδροηλεκτρικών σταθμών και το ποσοστό της σε σχέση με τους άλλους σταθμούς παραγωγής, Λιγνιτικούς, Πετρελαϊκούς, Φυσικού Αερίου και Ανανεώσιμων Πηγών (Ανεμογεννήτριες, Ηλιακά, Μικρά Υδροηλεκτρικά). Απαιτήθηκαν τεράστια ποσά για την κατασκευή όλων αυτών των σταθμών στα προηγούμενα 50 χρόνια. Είχαν όμως μεγάλη συνεισφορά στην περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας μεταπολεμικά (δρόμοι, απασχόληση, κάλυψη αναγκών σε νερό και αντιπλημμυρική προστασία).

Στο **δεύτερο διάγραμμα** παρουσιάζεται η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το ποσοστό αυτό μεταβάλλεται ανάλογα με την υδραυλικότητα του έτους αλλά και τις ενεργειακές ανάγκες της χώρας.





Ακόμη και αν δεν λογαριαστούνε οι άλλες ωφέλειες και σταθεί κανείς 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 εξαιρετική διαθεσιμότητα, προσφέρουν πολλές υπηρεσίες στο εθνικό ηλεκτρικό διασυνδεδεμένο σύστημα όπως :

- Ρύθμιση των διασυνδέσεων και γενικότερα 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 του για την αντιμετώπιση οποιασδήποτε αντιξοότητας που επιφέρει έλλειμμα παραγωγής
- Αύξηση της αξιοπιστίας του συστήματος και βελτιστοποίηση όλης της παραγωγής

Το **διάγραμμα των εισροών** ανά έτος και της αντίστοιχης παραγωγής δείχνει τις μεγάλες ποσότητες νερού που διαχειρίζεται η ΔΕΗ με τις υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Τα αποθέματα στους ταμιευτήρες σε όγκο νερού μπορούν να φθάσουν 6,5 δις περίπου  $m^3$  στο τέλος της υγρής περιόδου (31<sup>ης</sup> Μαΐου) και 3 δις περίπου στην αρχή της (1<sup>ης</sup> Οκτωβρίου.)

### 1.3.4 ΟΙ ΥΗΣ ΩΣ ΕΡΓΑ ΠΟΛΛΑΠΛΟΥ ΣΚΟΠΟΥ

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

#### Υδρευση

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 απαραίτητου για την ζωή και σε ανεπάρκεια διότι αυξάνεται η κατανάλωση και υποβαθμίζεται η ποιότητα, είναι ο πρώτος στόχος μας. Χρειάζονται καθημερινές μάχες απόκρουσης παντός είδους αιτήσεων για ανθρωπογενείς δραστηριότητες

στις τεχνητές λίμνες (δρομολόγηση πλοίων, ιχθυοκαλλιέργειες, ναυταθλητισμός, αναψυχή κ.τ.λ.).

### **Άρδευση**

Οι ταμιευτήρες της ΔΕΗ εξασφαλίζουν μεγάλες ποσότητες νερού την 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 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.τ.λ.).

### **Αντιπλημμυρική Προστασία**

Η ΔΕΗ Α.Ε. με τα φράγματα που κατασκεύασε στα κυριότερα ποτάμια της Ελλάδας προσφέρει αντιπλημμυρική προστασία στα κατάντη και επέτρεψε την αξιοποίηση μεγάλων γόνιμων παραποτάμιων εκτάσεων εκατοντάδων χιλιάδων στρεμμάτων. Καλλιεργούνται χωρίς φόβο από πλημμύρες παραποτάμιες περιοχές κοντά στις εκβολές (Λάδωνας, Αχελώος, Άραχθος, Αλιάκμονας, Νέστος κ.τ.λ.).

### **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. Αρκεί να θυμηθεί κανείς το 1990, ένα από τα ξηρότερα έτη του αιώνα, όπου η Αθήνα με τα 3 εκατομμύρια ανθρώπων, βρέθηκε μπροστά στο φάσμα της έλλειψης πόσιμου νερού. Εξετάσθηκε η λύση για μεταφορά νερού με δεξαμενόπλοια από τον Αχελώο. Βέβαια αυτή ήταν η μόνη εφικτή λύση διότι το έργο μεταφοράς νερού της Τριχωνίδας δεν μπορούσε να εκτελεστεί σε τόσο σύντομο χρονικό διάστημα και η Τριχωνίδα δεν είχε τόσες ποσότητες νερού.

Το έτος 2000 και ιδιαίτερα το 2001 ήταν πολύ ξηρά. Με τη συνετή διαχείριση του νερού των ταμιευτήρων, τη συνεργασία των αρχών της πολιτείας (Υπουργεία, Περιφέρειες, Νομαρχίες, Δήμοι) και με τα αποθέματα ασφάλειας καλύφθηκαν σε ικανοποιητικό βαθμό οι ανάγκες της Θεσσαλίας, Μακεδονίας και Θράκης, όπου οι υδάτινοι πόροι είναι σε ανεπάρκεια. Έτσι προστατεύεται το φυσικό περιβάλλον και προστατεύονται τα εισοδήματα εκατομμυρίων πολιτών.

### **Επιπτώσεις**

Τα φράγματα και οι ταμιευτήρες που δημιουργούνται κάνουν ανάσχεση πλημμύρων και κατακρατούν τα φερτά υλικά. Με τον τρόπο αυτό τροποποιούν το δέλτα των ποταμών και επιδρούν αρνητικά στα φυσικά οικοσυστήματα. Βέβαια δεν είναι ο μόνος λόγος υποβάθμισης αυτών των οικοσυστημάτων.

Επίσης δίνεται η δυνατότητα για καταπατήσεις που μειώνουν την παροχетеυτικότητα. Αυτό έχει ως συνέπεια την δυσκολία στη χρησιμοποίηση των υπερχειλιστών χωρίς να προκληθούν ζημιές στα κατάντη. Επίσης με την δημιουργία του



ταμειυτήρα χάνονται αγροτικές εκτάσεις, χωριά πνίγονται, μνημεία ιστορικά σκεπάζονται από το νερό.

### **1.3.5 ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ**

Η κατασκευή ενός μεγάλου φράγματος επηρεάζει σημαντικά την περιοχή και τμήμα του ποταμού όπως και όλο το ποτάμι μέχρι τις εκβολές και το δέλτα του. Ταυτόχρονα όμως δημιουργείται ένα άλλο οικοσύστημα που αναπτύσσεται και εξελίσσεται σε ένα υγροβιότοπο που εμπλουτίζεται με πλούσια χλωρίδα και πανίδα.

Στο φράγμα Ν. Πλαστήρα που έρχονται 120.000 επισκέπτες το χρόνο έχουν δημιουργήσει σε συνεργασία με τον Δήμο Ιτάμου, Κέντρο Πληροφόρησης των επισκεπτών. Στόχος είναι σε κάθε έργο να υπάρχει υποδομή υποδοχής μαθητών, φοιτητών και γενικότερα πολιτών για να γίνονται γνωστά τα σημαντικά αυτά έργα αλλά και να αποτελούν πόλο έλξης που θα συμβάλλουν στην ήπια τουριστική ανάπτυξη.



**(ΕΙΚ.ΥΗΣ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ)**

- Η ΔΕΗ μελέτησε, κατασκεύασε και λειτουργεί όλα σχεδόν τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα αξιοποιώντας σημαντικό μέρος του υδροδυναμικού.
- Οι ΥΗΣ είναι απαραίτητοι για την παραγωγή καθαρής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμη πηγή (νερό).
- Οι ΥΗΣ εξασφαλίζουν την ρύθμιση της τάσεως και της συχνότητας του ηλεκτρικού συστήματος, βελτιστοποιούν την παραγωγή των θερμικών σταθμών και αυξάνουν την αξιοπιστία του.
- Η ΔΕΗ λειτουργεί τους ΥΗΣ εξυπηρετώντας τις ανάγκες των άλλων χρήσεων όπως ύδρευση,

άρδευση, αντιπλημμυρική προστασία, αναψυχή, κ.τ.λ. αναλαμβάνοντας την οικονομική επιβάρυνση χωρίς μέχρι τώρα να αποζημιωθεί από τους άλλους χρήστες.

- Οι ΥΗΣ είναι έργα μεγάλα που επηρεάζουν σημαντικά το περιβάλλον της λεκάνης απορροής και της κοίτης του ποταμού.
- Είναι έργα πολλαπλού σκοπού απολύτως αναγκαία σε μια χώρα μεσογειακή όπως η Ελλάδα όπου οι βροχές είναι λίγες και η διάρκειά τους επικεντρώνεται στη χειμερινή περίοδο.
- Δεν γίνεται διαχείριση υδατικών πόρων χωρίς την ύπαρξη φραγμάτων για την αποθήκευση νερού.
- Οι ταμιευτήρες των ΥΗΣ εξελίσσονται σε υδροβιότοπους σπάνιας ομορφιάς, με πλούσια χλωρίδα και πανίδα (ιδιαιτέρως ιχθυοπανίδα και ορνιθοπανίδα).
- Οι ΥΗΣ συμβάλουν στην ήπια τουριστική ανάπτυξη των περιοχών που βρίσκονται.

### Προτάσεις

- Η Ελλάδα έχει ανάγκη από υδραυλικά έργα πολλαπλού σκοπού για τη διαχείριση των υδατικών πόρων.
- Η κατανομή των δαπανών στις διάφορες χρήσεις πρέπει να γίνεται ανάλογα με τις ωφέλειες που θα πάρει η κάθε χρήση.
- Υπερετήσια εκμετάλλευση με διατήρηση αποθεμάτων ασφαλείας για την προφύλαξη από ξηρασίες μακράς διάρκειας.
- Εκσυγχρονισμός των αρδευτικών δικτύων και εξοικονόμηση νερού κυρίως στην άρδευση.
- Η εναρμόνιση της νομοθεσίας με την οδηγία 60/2000 που αφορά στη διαχείριση των υδατικών πόρων για τις χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης πρέπει να γίνει με πολλή προσοχή και ταχύτερους ρυθμούς.
- Η ΔΕΗ Α.Ε. δεν είναι δυνατόν να μην συμμετέχει

καθοριστικά στη διαχείριση των υδατικών πόρων έχοντας την ευθύνη της εκμετάλλευσης τόσων ΥΗΣ στους περισσότερους μεγάλους ποταμούς της χώρας.

### 1.3.6 ΤΥΠΟΙ Υ.Η.Σ:

- Μεγάλης υψομετρικής διαφοράς ή μεγάλης δεξαμενής αποθήκευσης.
- Μεσαίας υψομετρικής διαφοράς ή μικρής δεξαμενής αποθήκευσης.
- Ροής ποταμών ή αγωγών.

Ανάλογα με τον τύπο Υ.Η.Σ. χρησιμοποιούνται αντίστοιχοι στρόβιλοι:

**Pelton:** από 184 έως 1840 μ. και αποτελείται από υδραυλικό τροχό με σκαφίδια όπου κατευθύνεται το νερό με ρυθμιζόμενης ροής ακροφύσια (υδροστρόβιλος δράσεως)

**Francis** : από 37 έως 490 μ και είναι υδροστρόβιλος αντιδράσεως, δηλαδή το νερό έχει μικρή ταχύτητα και μεγάλη πίεση και κατά τη ροή από το τροχό μειώνεται η πίεση και αυξάνεται η ταχύτητα.

**Kaplan:** Φυσική ροή. Έχει στροφείο και χρησιμοποιεί αξονική ροή νερού και μεταβλητό βήμα πτερυγίων.

Όλη είναι κατάλληλοι για την κάλυψη φορτίων αιχμής αφού εκκινούν γρήγορα (περί τα 2min) και χρησιμοποιούνται και σαν σύγχρονοι αντισταθμιστές άεργου.

Η παραγόμενη ισχύς είναι :

$$P_t = n * 9,81 * q * h$$

(σχέση 1.1.1)

$n$ : βαθμός απόδοσης (0,65 % και άνω),  $q$ : ροή νερού ( $m^3/s$ ) και  $h$  : υψομετρική διαφορά (m).



(ΕΙΚ.ΦΡΑΓΜΑ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ)

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της **υδραυλικής ενέργειας** παρουσιάζονται παρακάτω :

- § Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι δυνατό να τεθούν σε λειτουργία αμέσως μόλις ζητηθεί επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια, σε αντίθεση με τους θερμικούς σταθμούς ( γαιανθράκων, πετρελαίου ).
- § Είναι μια « καθαρή » και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα γνωστά ευεργετήματα ( εξοικονόμηση συναλλάγματος, φυσικών πόρων, προστασία περιβάλλοντος ).

§ Μέσω των υδροταμιευτήρων δίνεται η δυνατότητα να ικανοποιηθούν και άλλες ανάγκες, όπως ύδρευση, άρδευση, ανάσχεση χειμάρρων, δημιουργία υγροτόπων, αναψυχή, αθλητισμός.

Τα μειονεκτήματα που συνήθως εμφανίζονται είναι :

§ Το μεγάλο κόστος κατασκευής φραγμάτων και εξοπλισμού των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, όπως και ο πολύς χρόνος που απαιτείται μέχρι την αποπεράτωση του έργου.

§ Η έντονη περιβαλλοντική αλλοίωση στην περιοχή του ταμιευτήρα ( ενδεχόμενη μετακίνηση πληθυσμών, υποβάθμιση περιοχών, αλλαγή στη χρήση γης, στη χλωρίδα και πανίδα περιοχών αλλά και του τοπικού κλίματος, πλήρωση ταμιευτήρων με φερτές ύλες, αύξηση σεισμικής επικινδυνότητας, κ.ά. ). Η διεθνής πρακτική σήμερα προσανατολίζεται στην κατασκευή μικρών φραγμάτων.

#### **1.4 ΥΗΣ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ**

Το υδροηλεκτρικό φράγμα Καστρακίου κατασκευάστηκε το 1969. Είναι το δεύτερο κατά σειρά φράγμα του Αχελώου. Το ύψος του φράγματος είναι 95 μέτρα και το μήκος του 530 μέτρα. Με την κατασκευή του φράγματος δημιουργήθηκε η τεχνητή λίμνη του Καστρακίου.

Στη βάση τους φράγματος είναι ο Υδροηλεκτρικό Σταθμός Κατρακίου. Τα νερά της λίμνης οδηγούνται μέσω τεσσάρων αγωγών (με ονομαστική ισχύ 80 MW ο καθένας) στους τέσσερις υδροστροβίλους του σταθμού και παράγεται ηλεκτρική ενέργεια.



(ΕΙΚ.ΥΗΣ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ)

Οι αγωγοί βρίσκονται αριστερά του φράγματος στη μεριά της Αιτωλοακαρνανίας. Στην είσοδο των αγωγών υπάρχουν σχάρες για να εμποδίσουν την είσοδο αντικειμένων στους υδροστροβίλους. Η είσοδος των αγωγών με το σταθμό έχουν υψομετρική διαφορά με τον σταθμό να βρίσκεται χαμηλότερα των εισόδων. Αυτή η διαφορά ύψους συναρτήσκει και με την τεράστια υδροστατική πίεση προσδίδουν στο νερό δυναμική ενέργεια που μετατρέπεται σε μηχανική στους στροβίλους. Αυτή η ενέργεια λειτουργεί τις γεννήτριες παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια. Το ρεύμα της γεννήτριας έχει ονομαστική τάση 15.750 Volts που ανορθώνεται σε 150.000 Volts.

Ο έλεγχος του σταθμού γίνεται από το Εθνικό Κέντρο Ενέργειας στην Αθήνα. Όποτε υπάρχει ανάγκη στο Εθνικό Δίκτυο τότε ο σταθμός παράγει την ενέργεια που απαιτείται. Ο Υδροηλεκτρικός Σταθμός Καστρακίου λειτουργεί ως «υποστηρικτής» και όχι ως βασικός σταθμός συνεχόμενης παραγωγής ηλ. ενέργειας, όπως οι σταθμοί στην Πτολεμαΐδα.

#### ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ

Θέση: Δυτική Ελλάδα, Νομός Αιτωλοακαρνανίας

Σκοπός: Υδροηλεκτρική Παραγωγή, Άρδευση & Ύδρευση του Αγρινίου

Έναρξη Εμπορικής Λειτουργίας: Μάιος, 1969

Βρίσκεται στον ποταμό Αχελώο, 35 Km κατάντη του ΥΗΣ Κρεμαστών, σε απόσταση 310 Km από την Αθήνα. Το Έργο αποτελείται από μια σήραγγα εκτροπής μήκους 393 m, ένα χωμάτινο φράγμα με αργιλικό πυρήνα, ύψους 96 m και συνολικού όγκου  $5,2 \times 10^6 \text{ m}^3$ , έναν ανοικτό υπερχειλιστή με κεκλιμένη διώρυγα επενδυμένη με σκυρόδεμα και έργο καταστροφής ενέργειας, μια κατακόρυφη υδροληψία 4 ανοιγμάτων, 4 αγωγούς πτώσης και έναν ημι-υπαίθριο σταθμό παραγωγής εξοπλισμένο με 4 υδροηλεκτρικές μονάδες τύπου Francis κατακόρυφου άξονα, εγκατεστημένης ισχύος 80 MW καθεμία, που παράγουν μέση συνολική ετήσια ενέργεια 598 GWh.

Ο σταθμός εκμεταλλεύεται τις εκροές του ΥΗΣ Κρεμαστών καθώς επίσης και τα νερά του παραπόταμου Ινάχου, ο οποίος εκβάλλει μέσα στον ταμιευτήρα του Έργου.



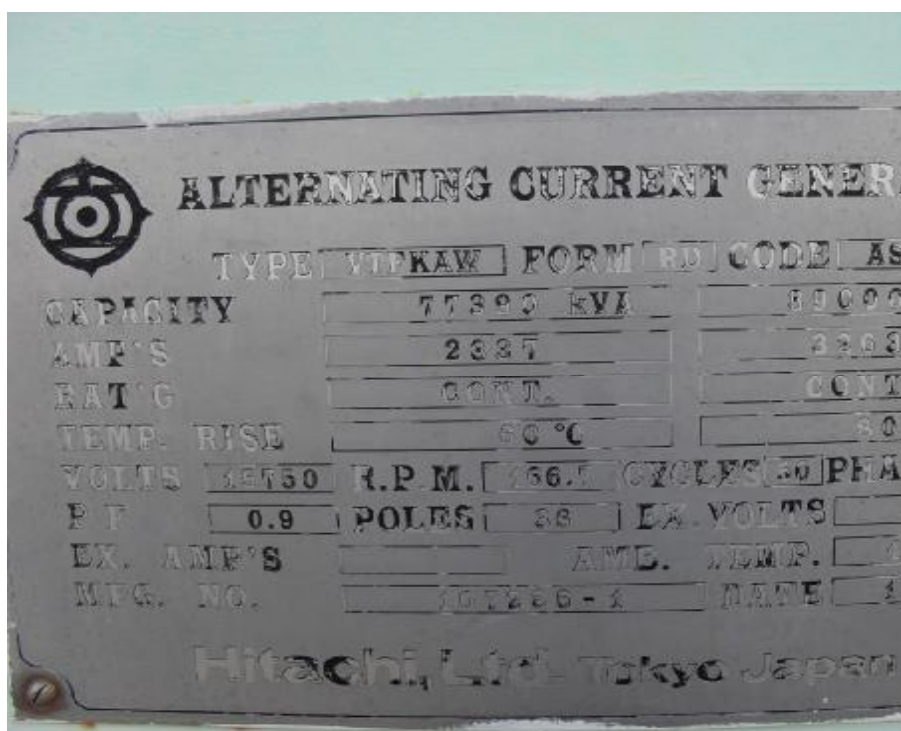
## ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΥΗΣ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ



(εικ. μετασχηματιστής ανύψωσης τάσης)

Το υδροηλεκτρικό εργοστάσιο Καστρακίου είναι εξοπλισμένο με 4 υδροκινητήρες τύπου Francis οι οποίοι παράγουν συνολικά 320 MW. Κάθε ένας από αυτούς παράγει 80MW. Οι γεννήτριες οι οποίες είναι τοποθετημένες είναι της εταιρίας HITACHI LTD ισχύος 77.390kva. με έτος κατασκευής το 1968. Κάθε μία εξ αυτών παράγει ονομαστική τάση 15.750VOLTS στις 166.8RPM .Η τάση αυτή ύστερα ανυψώνεται στα 150.000volts μέσω

μετασχηματιστών. Το ονομαστικό ρεύμα της κάθε γεννήτριας είναι 2837 AMPERE. Κάθε μια γεννήτρια είναι τριφασική και διαθέτει 36 πόλους και έχει βαθμό απόδοσης 0.9

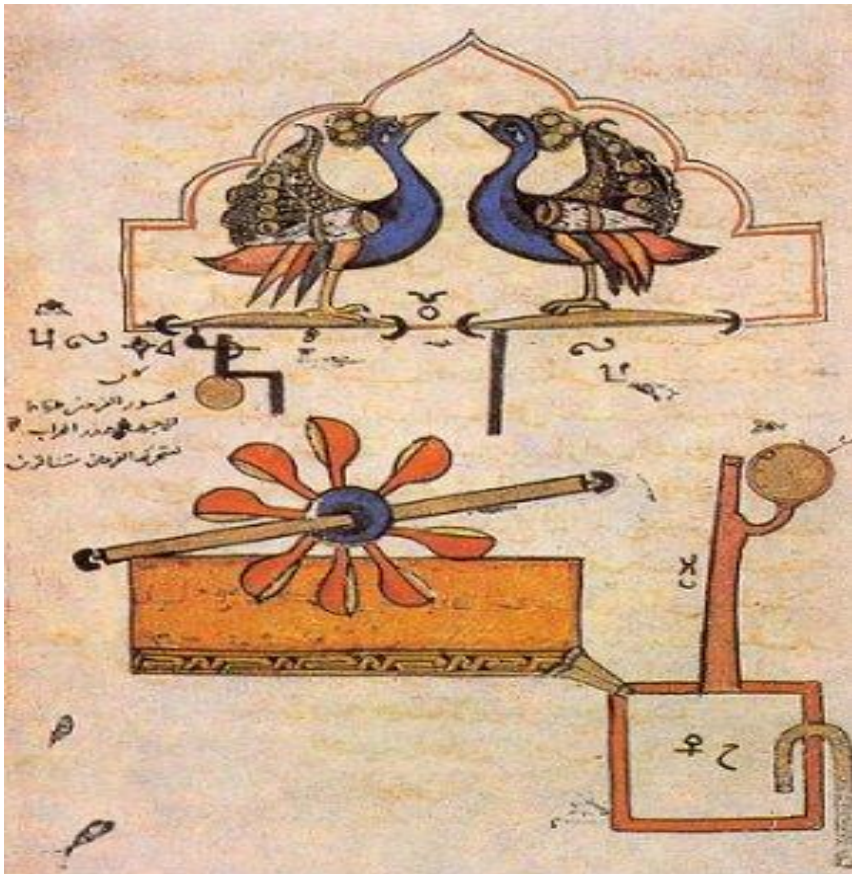


(ΕΙΚ. ΠΙΝΑΚΙΔΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

---

### 2.1 Η ιστορία των υδροστροβίλων



ΕΙΚ. Υδροστρόβιλος σε υδραυλικό-μηχανικό ωρολόγιο του Αλ Τζάζαρι.

Ιστορικά, τα πρώτα έργα που αξιοποίησαν την κίνηση του νερού ήταν εκείνα με τους υδροτροχούς. Ήδη κατά τη ρωμαϊκή εποχή παράγονται άλευρα κλπ. με υδροκίνηση των μύλων, η οποία περιγράφεται από το Βιτρούβιο (Vitruv ή Vitruvius) τον 1<sup>ο</sup> αιώνα π.χ. Στα τέλη της πρώτης χιλιετίας μΧ. κατασκευάστηκαν από Άραβες μελετητές υδροτροχοί με σκαφίδια για την κίνηση μηχανικών ρολογιών. Την ίδια εποχή έχει διαδοθεί η υδροκίνηση σε όλη την Ευρώπη και από το 12<sup>ο</sup> αιώνα αξιοποιούνται βελτιωμένες εκδοχές των υδροτροχών σε παραγωγικές διαδικασίες, όπως πριονιστήρια και φρέζες ξύλου κ.ά. Σ' αυτές τι μονάδες χρησιμοποιείται ιμάντας για τη μεταφορά της κίνησης. Ο μεγαλύτερος ευρωπαϊκός υδροτροχός των ύστερων χρόνων κατασκευάστηκε στη δεκαετία του 1740 στο **Bad Nauheim** της Γερμανίας και κινούσε τις αντλίες απορρόφησης υπόγειων υδάτων σε αλατωρυχεία της περιοχής.

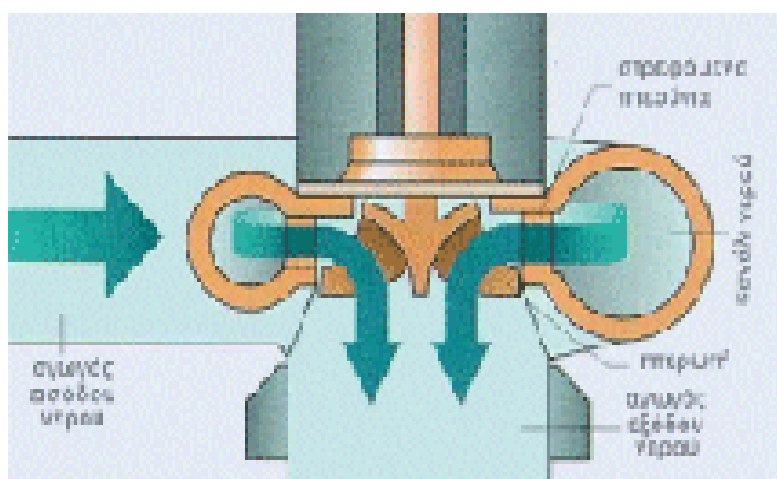
Από τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα αρχίζουν να κατασκευάζονται **υδροστρόβιλοι**, οι οποίοι είναι δυνατόν να αξιοποιήσουν πολύ μεγαλύτερες ποσότητες νερού και μεγαλύτερες υψομετρικές διαφορές. Με την εισαγωγή για ευρεία χρήση του ηλεκτρισμού, δεν ήταν πια απαραίτητο να αξιοποιηθεί στον τόπο της υδατόπτωσης η παραγόμενη ενέργεια, αλλά μπορούσε να μεταφερθεί μέσω των εναέριων γραμμών στα σημεία κατανάλωσης, δηλαδή κοντά ή μέσα στις μεγάλες πόλεις.

Ο υδροστρόβιλος (τουρμπίνα) μετατρέπει την δυναμική και κινητική ενέργεια του νερού σε μηχανική ενέργεια (περιστροφή) και μεταδίδει αυτή την κίνηση, σπανιότερα σε μηχανές παραγωγής μέσω ιμάντα, αλλά συνηθέστερα σε *ηλεκτρογεννήτρια περιστρεφόμενου δρομέα* για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Με την πάροδο των δεκαετιών βελτιώθηκε η σχετική τεχνολογία σε τέτοιο βαθμό, ώστε στο τέλος του 20<sup>ου</sup> αιώνα κατασκευάζονται υδροστρόβιλοι με ισχύς,

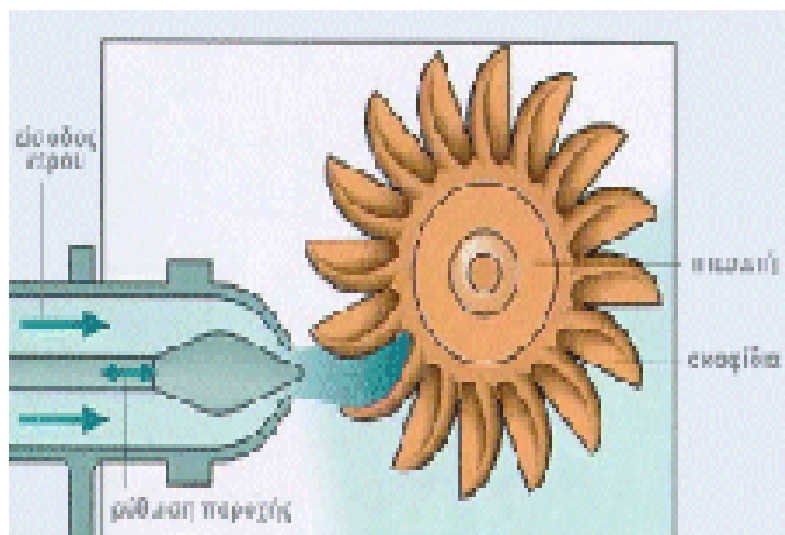
από περίπου 10 kW μέχρι αρκετές εκατοντάδες MW. Αυτοί οι υδροστροβίλοι σχεδιάζονται με διαφορετικές τεχνικές λεπτομέρειες, ανάλογα με τις γεωγραφικές συνθήκες της περιοχής που θα εγκατασταθούν, αν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε μια ποτάμια μονάδα παραγωγής ή σε ένα σταθμό με μεγάλο ύψος πτώσης νερού κλπ. Οι μεγαλύτεροι υδροστροβίλοι που έχουν κατασκευαστεί μέχρι το τέλος του 20<sup>ου</sup> αιώνα έχουν διάμετρο περί τα 11 μέτρα. Σημαντικό ρόλο στη λειτουργία ενός υδροστροβίλου παίζει ο αυτόματος έλεγχος του αριθμού στροφών, λόγω της μεταβαλλόμενης ποσότητας διερχόμενου νερού και λόγω μεταβολών στην πλευρά του φορτίου (ανοικτό κύκλωμα, ονομαστική λειτουργία, βραχυκύκλωμα λόγω βλάβης κλπ.)

Αρχική μορφή υδροστροβίλων του 18<sup>ου</sup> και 19<sup>ου</sup> αιώνα ήταν υδροτροχοί με κατακόρυφο άξονα. Ο όρος *τουρμπίνα* (turbine) χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από το Γάλλο μηχανικό Claude Burdin (Μπυρνταίν, 1790-1873) το έτος 1824. Το έτος 1833 κατέκτησε ο επίσης Γάλλος μηχανικός Benoit Fourneyron (Φουρνερόν, 1802-1867) ένα χρηματικό βραβείο που είχε προκηρύξει γαλλική εταιρία για την κατασκευή ενός αποδοτικού υδροστροβίλου. Η θεωρητική περιγραφή της λειτουργίας αυτού του υδροστροβίλου διατυπώθηκε από τον Jean-Victor Poncelet (Πονσελέτ, 1788-1867) δύο χρόνια αργότερα. Ο υδροστροβίλος του Φουρνερόν βελτιώθηκε αρκετές φορές, το 1837 από τον Γερμανό Karl Anton Henschel, το 1838 από τον Αμερικάνο Samuel B. Howd και από τον Άγγλο James Thomson. Το έτος 1849 κατασκεύασε ο Αμερικάνος μηχανικός James B. Francis (Φράνσις, 1815-1892) ένα νέο υδροστροβίλο, ο οποίος έκτοτε φέρει αυτό το όνομα και αποτελεί το συνηθέστερο τύπο στροβίλου σε υδροηλεκτρικά έργα μεσαίου μεγέθους. Ο στροβίλος Francis χρησιμοποιείται συνήθως για ύψος πτώσης νερού από 10 μέχρι 250 m και για διερχόμενες ποσότητες

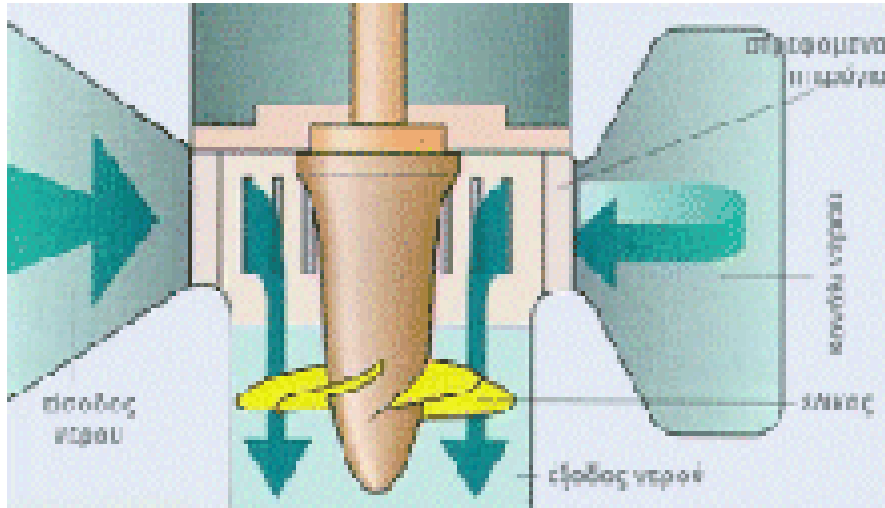
νερού από 0,2 μέχρι 20 m<sup>3</sup>/s, με ισχύς από 10 kW μέχρι 770 MW.



(ΕΙΚ. Στρόβιλος Francis)



(ΕΙΚ. Στρόβιλος Pelton)



(ΕΙΚ.ΣΤΡΟΒΙΛΟΣ ΚΑΡΛΑΝ)

Αυτός ο στρόβιλος κινείται με την πίεση νερού στα πτερύγια της πτερωτής, το οποίο νερό διοχετεύεται σ' αυτά μέσω περιμετρικού κοχλιοειδούς καναλιού. Ένας σταθερός τροχός καθοδήγησης έχει τοποθετημένα **πτερύγια** που στρέφονται αντίθετα με την κατεύθυνση προσανατολισμού των σταθερών πτερυγίων της πτερωτής και ρυθμίζουν έτσι τη γωνία πρόσπτωσης και την ταχύτητα του εισερχόμενου νερού και κατ' επέκταση ρυθμίζουν τον αριθμό στροφών και την ισχύ του στρόβιλου. Ο περιστρεφόμενος δρομέας του στρόβιλου είναι συνδεδεμένος απευθείας σε προέκταση του άξονα της γεννήτριας κι έτσι όλη η ροπή του στρόβιλου μεταφέρεται στη γεννήτρια.

## 2.2 Γενικά - Τύποι Υδροστρόβιλων

Οι υδροστρόβιλοι (<http://www.microhydropower.net>) μετατρέπουν την ενέργεια του νερού που πέφτει σε ισχύ περιστρεφόμενου άξονα και διακρίνονται σε υδροστρόβιλους

δράσεως και σε υδροστροβίλους αντιδράσεως, ανάλογα με τη διαδικασία που χρησιμοποιείται, προκειμένου να μετατραπεί το υδραυλικό ύψος και η παροχή νερού, σε μηχανική ισχύ. Οι υδροστροβίλοι αντιδράσεως είναι ολικής προσβολής, δηλαδή ολόκληρος ο δρομέας λειτουργεί αξονοσυμμετρικά, ενώ οι υδροστροβίλοι δράσεως είναι μερικής προσβολής, και σε κάθε χρονική στιγμή τμήμα μόνο του δρομέα συμμετέχει στην ενεργειακή μετατροπή. Επίσης οι υδροστροβίλοι κατηγοριοποιούνται σε υδροστροβίλους μεγάλου, μεσαίου και μικρού υδραυλικού ύψους, ανάλογα προφανώς με το μέγεθος του υδραυλικού ύψους. Στον πίνακα που ακολουθεί (Σχήμα 1.12) φαίνονται συνδυαστικά οι πιο συνήθεις τύποι υδροστροβίλων, για τις διάφορες κατηγορίες που αναφέρθηκαν.

	Μεγάλο Υδρ. Ύψος	Μεσαίο Υδρ. Ύψος	Μικρό Υδρ. Ύψος
Στροβίλοι Δράσεως	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pelton</li> <li>•Turgo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Cross-Flow (ή Banki)</li> <li>•Pelton Πολλαπλών Δέσμεων Υγρού</li> <li>•Turgo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Cross-Flow (ή Banki)</li> </ul>
Στροβίλοι Αντιδράσεως	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Francis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Αξονικής Ροής</li> <li>•Βολβοειδής</li> <li>•Kaplan</li> </ul>

(Σχήμα: Κατηγοριοποίηση υδροστροβίλων)

### 2.3 Υδροστροβίλοι Δράσεως

Οι υδροστροβίλοι δράσεως (U.S.Department of Energy, 1983) χρησιμοποιούνται συνήθως στις περιπτώσεις που έχουμε μεγάλο υδραυλικό ύψος και μικρή τιμή παροχής νερού. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι στην περίπτωση αυτή, η μεγάλη ταχύτητα του νερού (λόγω μεγάλου υδραυλικού



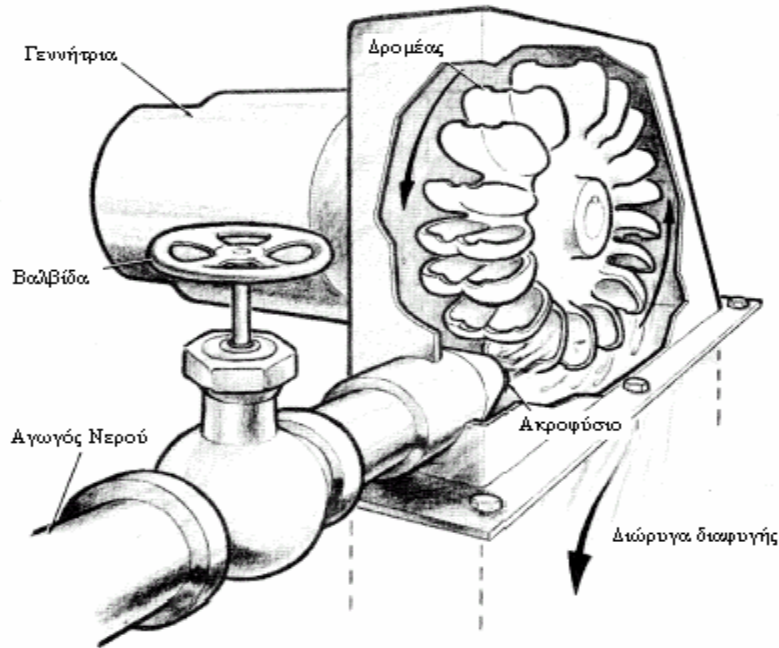
ύψους), επικεντρώνει τη διαθέσιμη υδραυλική ισχύ σε μια μικρή περιοχή ροής. Έτσι, η συγκεντρωμένη αυτή ισχύς μετατρέπεται πιο αποδοτικά, αφού κατευθυνθεί μέσω ενός ή περισσότερων δεσμών νερού που προσπίπτουν πάνω στο δρομέα, ο οποίος μειώνει σημαντικά την 18 ταχύτητά τους. Η βέλτιστη απόδοση ενός υδροστροβίλου δράσεως, προκύπτει όταν η ταχύτητα του δρομέα είναι περίπου ίση με τη μισή της ταχύτητας της δέσμης νερού, καθώς η τελευταία εγκαταλείπει το ακροφύσιο που την οδήγησε.

Ένα πλεονέκτημα των υδροστροβίλων δράσεως, σε σχέση με τους υδροστροβίλους αντιδράσεως, είναι το ότι εφόσον το υδραυλικό ύψος μετατρέπεται σε ταχύτητα στα ακίνητα ακροφύσια, δεν υπάρχει πτώση πίεσης στο δρομέα, οπότε δεν είναι απαραίτητη η στεγανοποίηση στα ανοίγματα μεταξύ του δρομέα και της στέγασης του στροβίλου. Το γεγονός αυτό καθιστά τους υδροστροβίλους δράσεως πιο απλούς στο να κατασκευαστούν και ταυτόχρονα πιο ανεκτικούς σε συνθήκες μη καθαρού νερού.

Οι πιο βασικοί τύποι υδροστροβίλων δράσεως είναι οι υδροστρόβιλοι Pelton, Turgo και Cross-Flow, οι οποίοι περιγράφονται αναλυτικά στη συνέχεια (U.S.Department of Energy, 1983).

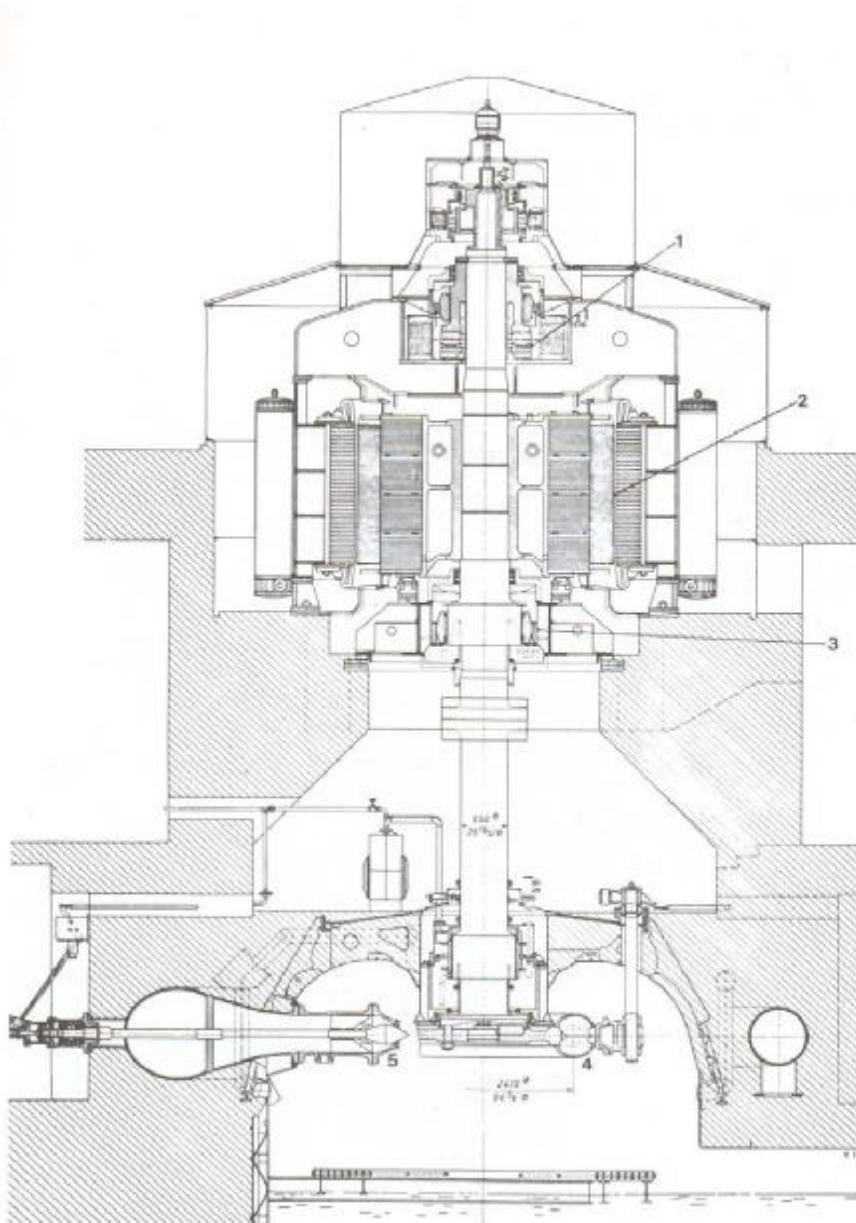
### 2.3.1 Υδροστρόβιλος Pelton

Ο υδροστρόβιλος Pelton πήρε το όνομα του από αυτό ενός εκ των δημιουργών του και είναι ο πιο γνωστός υδροστρόβιλος δράσεως. Το τμήμα εισόδου του αποτελείται από ένα ή περισσότερα ακροφύσια τροφοδοσίας, σκοπός των οποίων είναι η μετατροπή της δυναμικής ενέργειας σε κινητική, μέσω του σχηματισμού μιας ή περισσότερων δεσμών κυκλικής διατομής. Κάθε δέσμη προσπίπτει στο δρομέα, δίνοντας σε αυτόν μια ώθηση κατά την περιφερειακή διεύθυνση που δημιουργεί την κινητήρια ροπή. Ο δρομέας είναι τοποθετημένος πάνω από την ελεύθερη στάθμη του κάτω ταμιευτήρα νερού, και έτσι η δέσμη του νερού, μετά την πρόσπτωσή της στο δρομέα, πέφτει στην ελεύθερη επιφάνεια της διώρυγας διαφυγής χάρη στη βαρύτητα.



(Σχήμα : Υδροστρόβιλος Pelton )

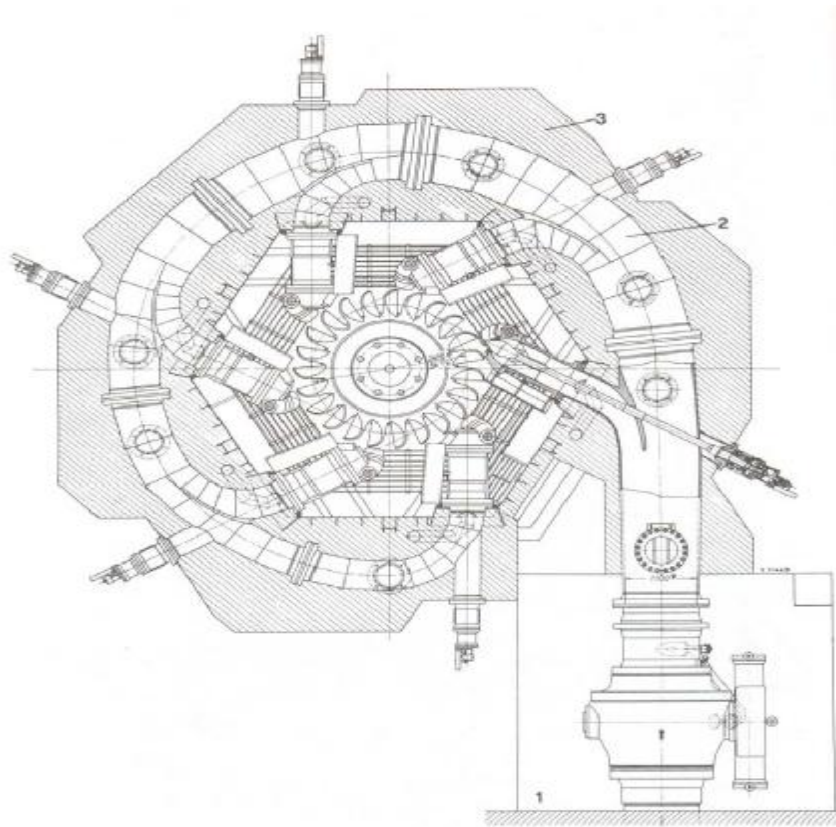
Ο άξονας του δρομέα μπορεί να είναι οριζόντιος ή κατακόρυφος. Στους υδροστρόβιλους Pelton πολλαπλών δεσμών είναι προτιμότερη η κατακόρυφη διάταξη του άξονα, ώστε όλα τα ακροφύσια να βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο, χωρίς να παρενοχλείται η λειτουργία τους από τα απόνερα των σκαφιδιών, που φέρει κατά την περιφέρειά του ο δρομέας Pelton. Στο Σχήμα 2.1 φαίνεται ένας στρόβιλος τύπου Pelton σε τομή. Στους στροβίλους Pelton, το νερό προσάγεται σε πολλά ακροφύσια διατεταγμένα ισομετρικά γύρω από τον τροχό Pelton. Εκεί το νερό εκρέει και η δυναμική του ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια. Η δέσμη του νερού που εκρέει από κάθε ακροφύσιο κτυπά εφαιπτομενικά στον τροχό Pelton που φέρει πτερύγια.



**Σχήμα 2.1: Εγκατάσταση στροβίλου Pelton . Τομή**

Η 1.ωστικό έδρανο, 2.γεννήτρια, 3.οδηγόν έδρανο, 4.Pelton τροχός, 5.βελονοειδής βαλβίδα

Η ρύθμιση ισχύος γίνεται με βελονοειδείς βαλβίδες όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.2 . Υπάρχουν, όμως, εμπρός από τα ακροφύσια και ανακλαστές της δέσμης νερού που μπορούν να τεθούν σε μικρό χρόνο μπρος στη δέσμη νερού και να την αποκλίνουν από το να πέσει πάνω στα πτερύγια. Έτσι, μπορεί η ισχύς να μηδενιστεί σε διάστημα μερικών δεκάτων δευτερολέπτων. Στους στροβίλους Pelton η υδροστατική πίεση στα πτερύγια είναι παντού η ίδια. Σε κάθε στιγμή μόνο ορισμένα πτερύγια, π.χ. 6, έχουν επαφή με το νερό και έτσι όπως κινείται ο τροχός, αυτά τα πτερύγια εναλλάσσονται.



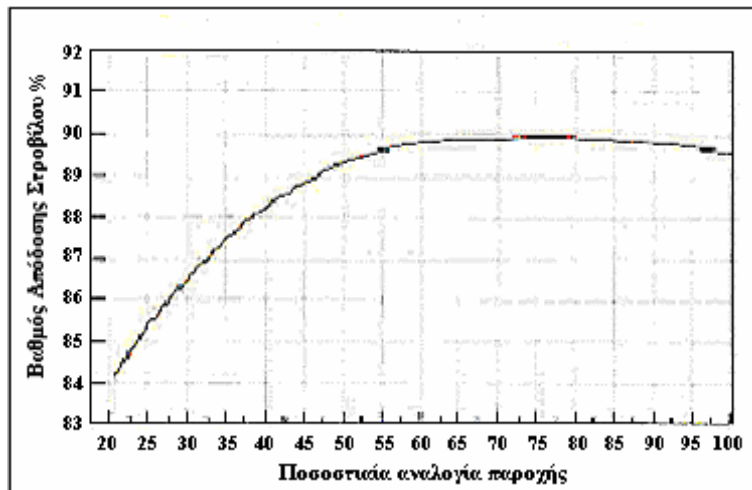
**Σχήμα 2.2: Εγκατάσταση στροβίλου Pelton . Κάτοψη**

1.αποφρακτικό όργανο, 2.σωλήνας σπειροειδής με 6 ακροφύσια, 3.σπλισμένο σκυρόδεμα.



(Σχήμα : Δρομέας Υδροστροβίλου Pelton)

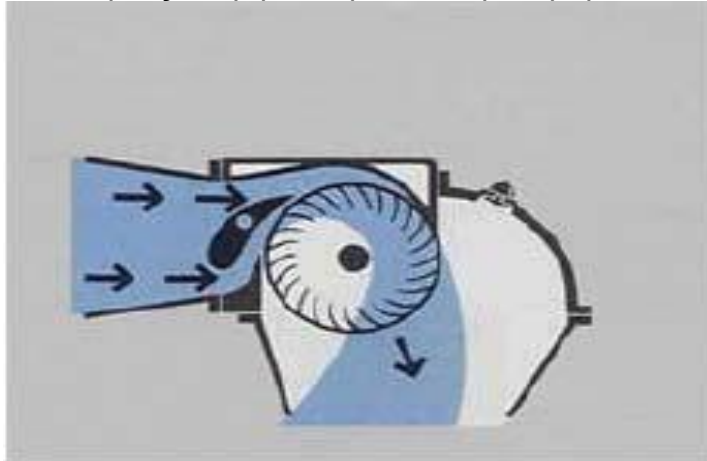
Σε βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας, με τη χρήση ενός υδροστροβίλου Pelton, μπορεί να επιτευχθεί βαθμός απόδοσης έως και 90%.



(Σχήμα: Καμπύλη βαθμού απόδοσης υδροστροβίλου Pelton μίας δέσμης υγρού)

### 2.3.2 Υδροστρόβιλος Cross-Flow

Ο υδροστρόβιλος cross-flow (ή Banki) δημιουργήθηκε για τη διαχείριση μεγαλύτερων παροχών νερού και μικρότερου υδραυλικού ύψους, συγκριτικά με τον υδροστρόβιλο Pelton.



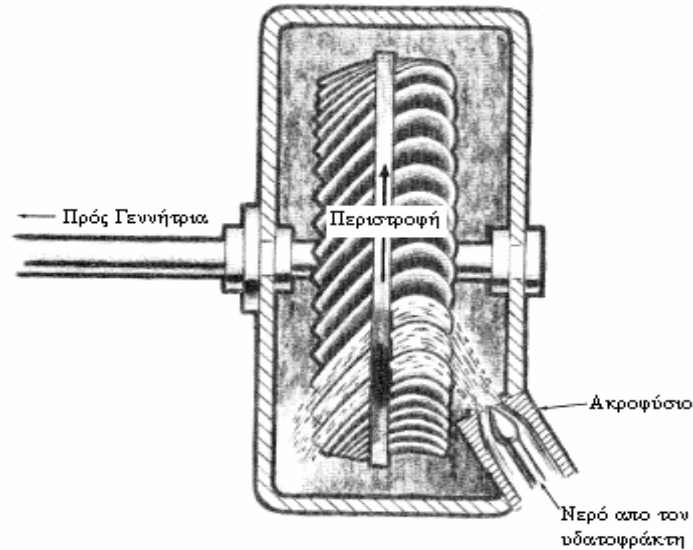
(Σχήμα: Υδροστρόβιλος Cross-Flow (1))

Ο υδροστρόβιλος cross-flow χρησιμοποιεί ένα ορθογωνικής διατομής ακροφύσιο μεγαλύτερου μήκους, που οδηγεί το νερό καμπυλωτά σε έναν κυλινδρικού σχήματος δρομέα. Το νερό επιβραδύνεται σε δύο στάδια, συναντώντας τα πτερύγια του δρομέα δύο φορές, καθώς διέρχεται σε αυτόν οριζόντια. Η σχεδίαση μεγαλύτερου μήκους, όσον αφορά το δρομέα και το ακροφύσιο εισόδου, αυξάνει τη χωρητικότητα για παροχή του υδροστρόβιλου, επιτρέποντας έτσι τη διαχείριση μικρότερων τιμών υδραυλικού ύψους. Ο βαθμός απόδοσης του υδροστρόβιλου cross-flow, κυρίως λόγω της περισσότερο πολύπλοκης διαδρομής της ροής, κυμαίνεται σε τιμές γύρω στο 65%.

### 2.3.3 Υδροστρόβιλος Turgo

Ο υδροστρόβιλος Turgo είναι ένας υδροστρόβιλος δράσεως, ο οποίος δύναται να διαχειριστεί μεγαλύτερες τιμές παροχής νερού, σε σχέση με τον υδροστρόβιλο Pelton. Περισσότερα και

μακρύτερα ακροφύσια τοποθετούνται γύρω από την περιφέρεια του δρομέα, προκειμένου να οδηγήσουν τη ροή να τα αφήσει.



(Σχήμα: Υδροστρόβιλος Turgo (1))

Ένα πλεονέκτημα του υδροστρόβιλου Turgo είναι ότι, για την ίδια υδραυλική ισχύ και για την ίδια διάμετρο δρομέα, η ταχύτητα είναι περίπου η διπλάσια, πάντα σε σχέση με τον υδροστρόβιλο Pelton. Εδώ ο βαθμός απόδοσης μπορεί να αγγίξει τιμές όπως 92% και παραμένει υψηλός ακόμα και για παροχές ίσες με το 25% της παροχής σχεδίασης.



(Σχήμα : Υδροστρόβιλος Turgo (2))

## 2.4 Υδροστροβίλοι Αντιδράσεως

Οι υδροστροβίλοι αντιδράσεως (U.S.Department of Energy, 1983) ταιριάζουν καλύτερα σε σχέση με τους υδροστροβίλους δράσεως σε περιπτώσεις μικρότερου υδραυλικού ύψους και μεγαλύτερων τιμών παροχής νερού, αν και υπάρχουν αρκετές τέτοιες περιπτώσεις στην πράξη που και οι δύο τύποι μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Ένα πλεονέκτημα των υδροστροβίλων αντιδράσεως είναι ότι επιτυγχάνουν καλούς βαθμούς απόδοσης. Δυστυχώς όμως επιβάλλεται συνήθως σε αυτούς η στεγανοποίηση στα ανοίγματα μεταξύ του δρομέα και της στέγασης του στροβίλου, διότι λειτουργούν με εφαρμογή του υδραυλικού ύψους εγκάρσια στο δρομέα, και έτσι λόγω διαρροής, δημιουργείται σημαντική απώλεια ισχύος. Οπότε μπορεί οι επιδόσεις και η απόδοση τους να υποβαθμιστούν, αφού η άμμος και τα κατακάθια λάσπης προκαλούν μεγαλύτερη τριβή στη στεγάνωση, σε σχέση πάντα με τους υδροστροβίλους δράσεως. Πάντως σε γενικές γραμμές, για εφαρμογές μικρού υδραυλικού ύψους, οι υδροστροβίλοι

αντιδράσεως προσφέρουν μικρότερες διαμέτρους στροβίλου και μεγαλύτερες ταχύτητες περιστροφής, σε σχέση με τους παραδοσιακούς υδροστροβίλους δράσεως. Βέβαια το πλεονέκτημα αυτό του μικρότερου δρομέα, αντισταθμίζεται από το γεγονός ότι οι υδροστροβίλοι αντιδράσεως απαιτούν μεγαλύτερες τιμές παροχής νερού νερού, εξαιτίας του μικρού υδραυλικού ύψους.

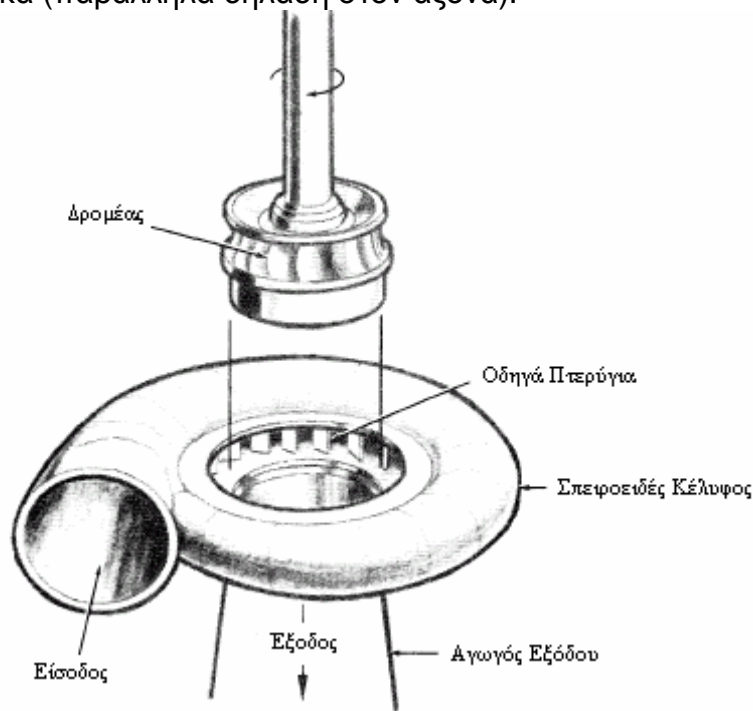
Οι πιο βασικοί τύποι υδροστροβίλων αντιδράσεως είναι οι υδροστροβίλοι Francis, Kaplan, οι υδροστροβίλοι αξονικής ροής και οι βολβοειδείς υδροστροβίλοι. Οι υδροστροβίλοι αυτοί περιγράφονται αναλυτικά στη συνέχεια (U.S.Department of Energy, 1983).

### 2.4.1 Υδροστροβίλος Francis

Αυτός ο τύπος σχεδίασης αναπτύχθηκε για πρώτη φορά στα



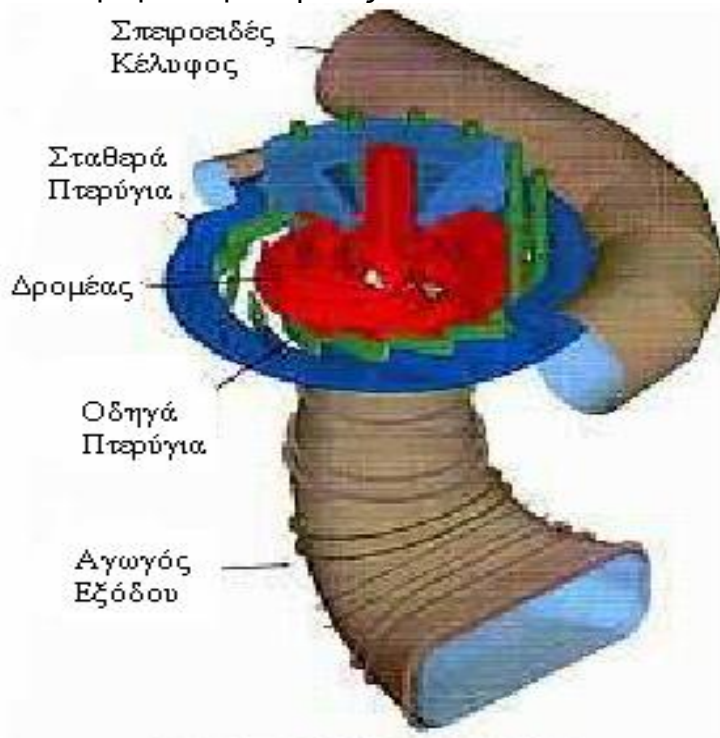
τέλη του 19ου αιώνα, γνώρισε ευρεία αποδοχή και χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλο εύρος τιμών υδραυλικού ύψους και χαρακτηριστικών της ροής. Όντας υδροστρόβιλος αντιδράσεως, ο υδροστρόβιλος Francis χρησιμοποιεί πίεση και ταχύτητα προκειμένου να λειτουργήσει. Το νερό οδηγείται ακτινικά -κάθετα στον άξονα- στην είσοδο του δρομέα, στρέφεται κατά γωνία  $90^\circ$  μέσα σε αυτόν και βγαίνει τέλος αξονικά (παράλληλα δηλαδή στον άξονα).



(Σχήμα : Υδροστρόβιλος Francis (1))

Η ροή συνήθως ελέγχεται από περίπου 12 έως 24 πύλες φράγματος, οι οποίες ρυθμίζουν την τιμή της παροχής, αλλά και αλλάζουν τη γωνία της ροής. Το νερό στις περισσότερες μοντέρνες μονάδες Francis κατανέμεται στις πύλες και στο στρόβιλο, μέσω του σπειροειδούς κελύφους, του οποίου η διατομή ελαττώνεται καθώς τυλίγεται γύρω από το δρομέα, λόγω του μικρότερου όγκου του νερού. Υπάρχουν ακόμα περιπτώσεις στις οποίες το σπειροειδές κέλυφος δε

σχηματίζεται με αυτόν τον τρόπο. Παλιότερα για παράδειγμα, τοποθετούσαν τον υδροστρόβιλο Francis στη βάση ενός ανοικτού αγωγού νερού ή ενός κουτιού.



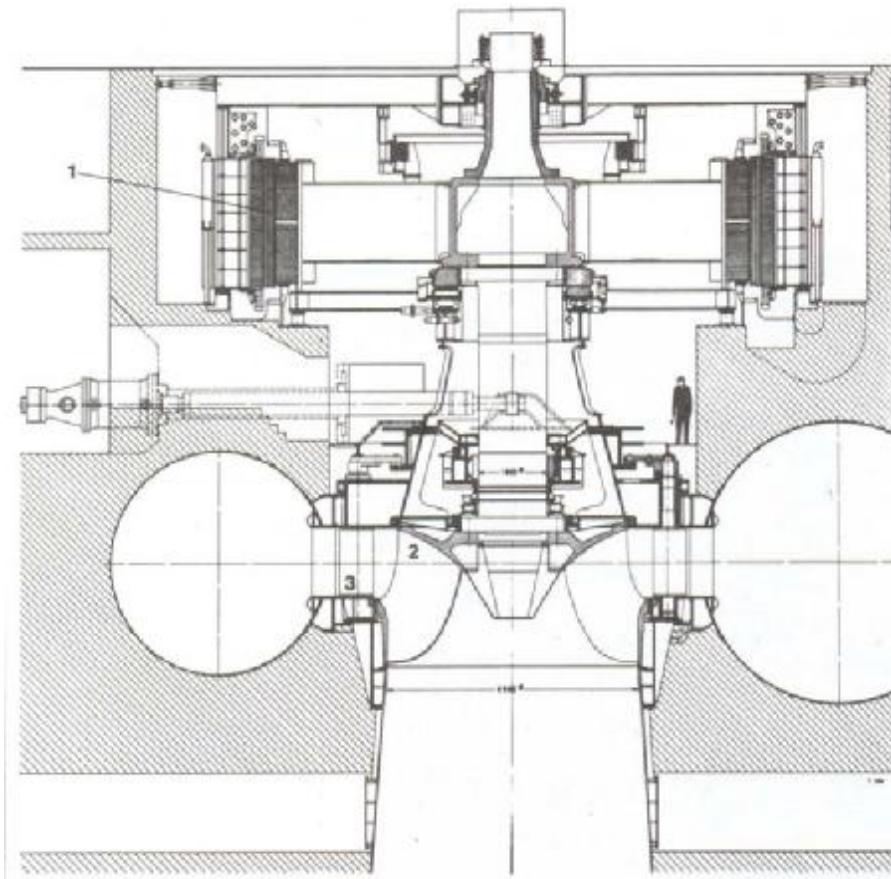
(Σχήμα : Υδροστρόβιλος Francis (2))

Οι υδροστρόβιλοι Francis μπορούν να τοποθετηθούν είτε οριζόντια είτε κάθετα και μπορούν να επιτύχουν πολύ καλό βαθμό απόδοσης ακόμα και για παροχές ίσες με το 50% αυτής της σχεδίασης. Λόγω όμως του κόστους τους και της εξειδικευμένης τους σχεδίασης, δεν έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για micro/pico υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις στο πρόσφατο παρελθόν.

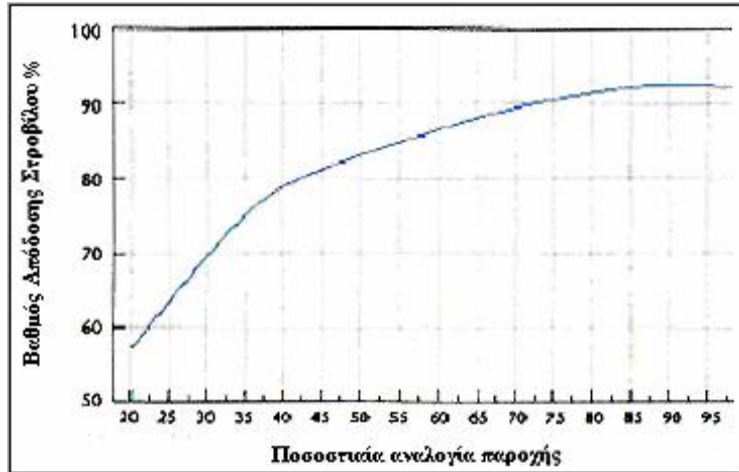
### ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ FRANCIS

Στο σχήμα 2.4.1 φαίνεται η λειτουργία των στροβίλων Francis.

Το νερό, αφού περάσει ρυθμιστικές διατάξεις, οδηγείται σε ένα δακτυλιώδη, τοροειδή σωλήνα. Εκεί εκρέει από σχισμές στην εσωτερική περιφέρειά του και πέφτει στα πτερύγια του στροβίλου. Στις σχισμές εκροής υπάρχουν τα πτερύγια ρύθμισης. Αλλάζοντας την θέση τους το νερό εκρέει με αλλαγμένη κατεύθυνση. Έτσι, ρυθμίζεται η ισχύς. Όλος ο στρόβιλος βρίσκεται στο νερό και η υδροστατική πίεση είναι μεγαλύτερη στην είσοδο απ' ότι στην έξοδο.



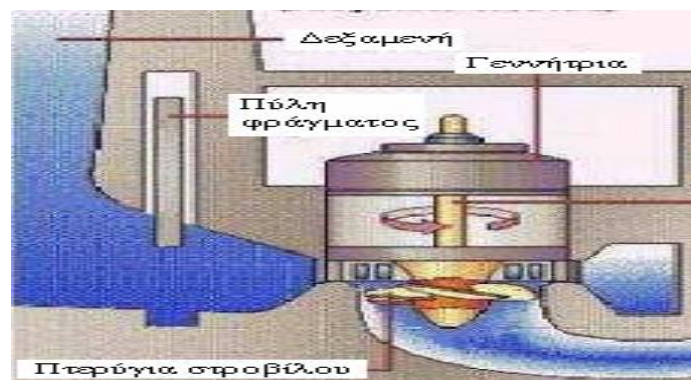
**Σχήμα 2.4.1: Εγκατάσταση στροβίλου Francis και γεννήτριας** 1.γεννήτρια, 2.στρόβιλος, 3.ακίνητα πτερύγια, ρυθμιζόμενα.



(Σχήμα: Καμπύλη βαθμού απόδοσης υδροστροβίλου Francis)

#### 2.4.2 Υδροστρόβιλος Kaplan

Πολλές φορές σε εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας γίνεται χρήση υδροστροβίλων τύπου Kaplan. Μεταβάλλοντας την κλίση όλων των πτερυγίων μαζί, με κατάλληλη ρύθμιση της πύλης φράγματος, παρέχεται η δυνατότητα διαχείρισης πολύ μεγάλου εύρους τιμών παροχής νερού, με ταυτόχρονη επίτευξη πολύ καλού βαθμού απόδοσης.



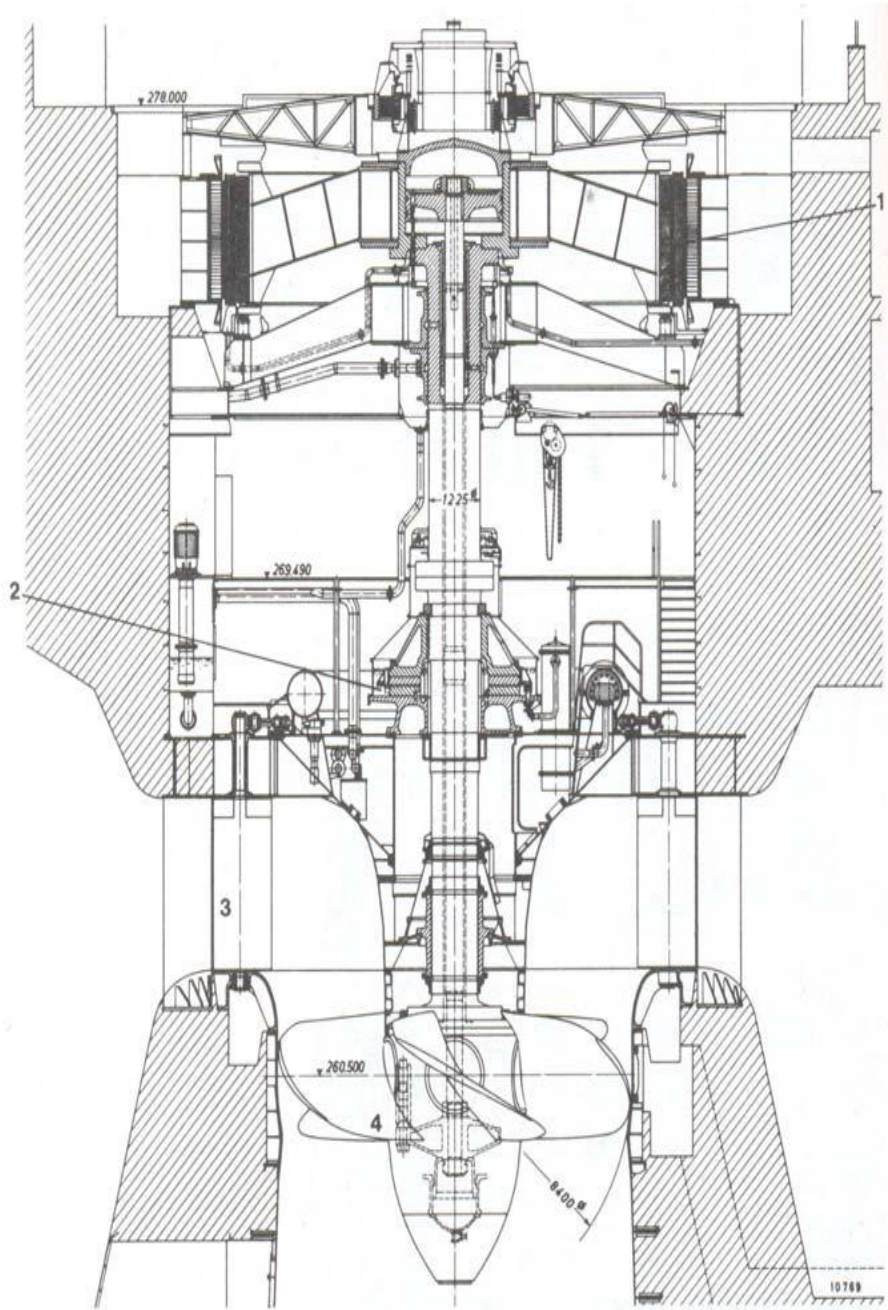
(Σχήμα: Υδροστρόβιλος Kaplan)

## ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ KAPLAN

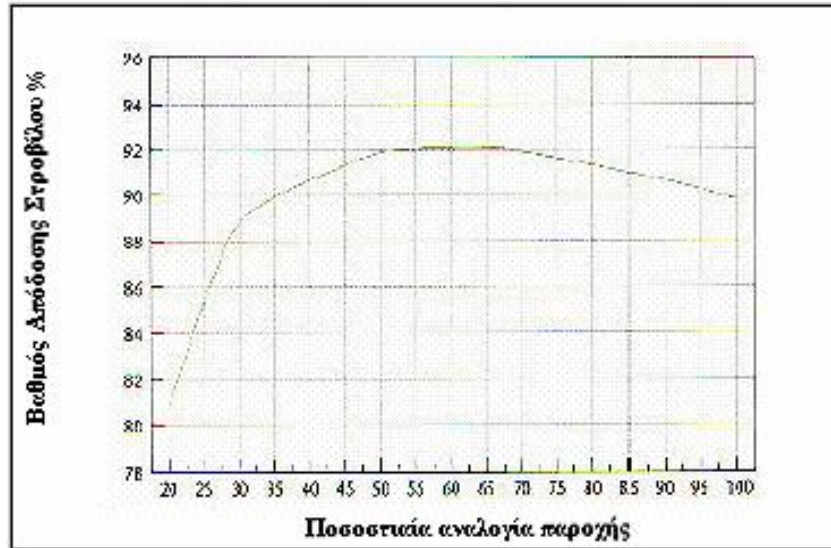
Οι στρόβιλοι Kaplan έχουν ανάλογη αρχή λειτουργίας, όπως οι Francis, πλην των κινητών πτερυγίων τα οποία είναι και αυτά ρυθμιζόμενα, όπως τα σταθερά πτερύγια [Σχήμα 2.4.2]. Στους στρόβιλους Kaplan και Francis υπάρχει διαφορά πίεσης μεταξύ εισόδου και εξόδου της μηχανής σε αντιδιαστολή με τους στρόβιλους Pelton, όπου η πίεση είναι ενιαία. Γι' αυτό οι δύο προαναφερθέντες τύποι ονομάζονται στρόβιλοι υπερπίεσης. Σε στρόβιλους υπερπίεσης χρησιμοποιεί κανείς συνήθως στην έξοδο του νερού ένα σωλήνα που οδηγεί μέχρι τη στάθμη φυγής. Στην άκρη αυτού του σωλήνα αναρρόφησης δημιουργείται, λόγω της ροής του νερού στην στάθμη φυγής, μια υποπίεση (φαινόμενο αντλίας διάχυσης). Έτσι, γίνεται καλύτερη εκμετάλλευση της υψομετρικής διαφοράς. Στους στρόβιλους Kaplan και Francis το νερό προσάγεται κάθετα στον άξονα του στρόβιλου, ο σωλήνας αναρρόφησης δεν είναι παράλληλος με τον άξονα του στρόβιλου.

Ο δρομέας Kaplan αποτελεί εφεύρεση των αρχών του 20ου αιώνα και μπορεί να εγκατασταθεί μόνο με κάθετο προσανατολισμό. Η ειδική ταχύτητα των υδροστρόβιλων Kaplan παίρνει πολύ μεγάλες τιμές, γεγονός που καθιστά εφικτή την απευθείας σύνδεση με τη γεννήτρια, αλλά μόνο για μεγαλύτερα υδραυλικά ύψη και μικρότερες τιμές παροχής νερού. Αυτό σημαίνει ότι μία αύξηση της ταχύτητας θα είναι απαραίτητη στις περισσότερες εφαρμογές.

Παρόλο που οι υδροστρόβιλοι τύπου Kaplan παρέχουν 90% η και ακόμα καλύτερη τιμή του βαθμού απόδοσης, για παροχές από 35% και πάνω της μέγιστης παροχής, χρησιμοποιούνται κυρίως μόνο σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις, λόγω του μεγάλου τους κόστους.



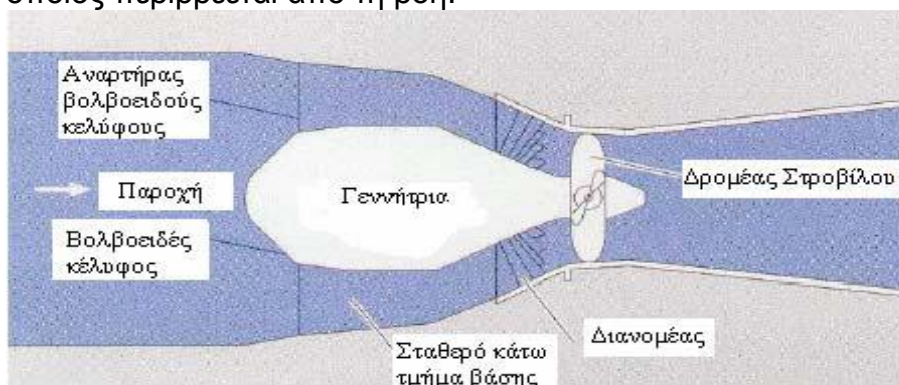
**Σχήμα 2.4: Εγκατάσταση στροβίλου Kaplan.** 1. Γεννήτρια, 2. ωστικό έδρανο, 3. ρυθμιζόμενα ακίνητα πτερύγια, 4. στρόβιλος



(Σχήμα: Καμπύλη βαθμού απόδοσης υδροστροβίλου Karlan.)

### 2.4.3 Βολβοειδής υδροστρόβιλος

Οι βολβοειδείς υδροστρόβιλοι πήραν το όνομά τους από το σχήμα των περιτυλιγμάτων της στεγάνωσης. Η γεννήτρια στεγάζεται στο εσωτερικό ενός αξονοσυμμετρικού βολβού, ο οποίος περιρρέεται από τη ροή.



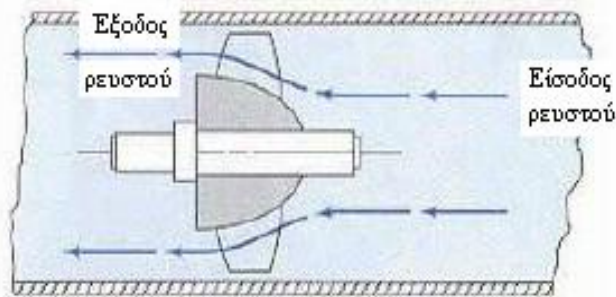
(Σχήμα: Βολβοειδής υδροστρόβιλος)

Οι βολβοειδείς υδροστροβίλοι είναι κατάλληλοι για μικρά υδραυλικά ύψη και για μεγάλο φάσμα φορτίων. Ουσιαστικά έχουν αντικαταστήσει σήμερα τους υδροστροβίλους Kaplan για μικρές τιμές του υδραυλικού ύψους, για τις οποίες η ταχύτητα της γεννήτριας πρέπει να αυξάνεται. Αυτό γίνεται επειδή η ευθεία σχεδίαση της διόδου του νερού βελτιώνει τα υδραυλικά χαρακτηριστικά της ροής, μειώνοντας και το μέγεθος αλλά και το κόστος. Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι οι βολβοειδείς υδροστροβίλοι χρησιμοποιούνται ευρέως σε εγκαταστάσεις κοντά σε σημεία όπου παρουσιάζεται το φαινόμενο της παλίρροιας.

#### **2.4.4 Υδροστροβίλος αξονικής ροής (Προπέλα)**

Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία υδροστροβίλων που έχουν ως κοινό τους χαρακτηριστικό τη χρήση ενός δρομέα σχήματος προπέλας. Λίγοι μόνο από αυτούς είναι κατάλληλοι για χρησιμοποίηση σε micro/rico υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Είναι κυρίως αξονικής ροής, που σημαίνει ότι η ροή του νερού είναι συνέχεια παράλληλη στον άξονα του στροβίλου, μιας και η γωνία κλίσης των πτερυγίων του ρότορα δε μεταβάλλεται. Ο δρομέας μοιάζει με την προπέλα ενός σκάφους, αν και υπάρχουν αρκετές διαφορές μεταξύ τους, όπως το γεγονός ότι η προπέλα ενός σκάφους δε λειτουργεί μέσα σε ένα κέλυφος με πίεση, ενώ ο δρομέας του υδροστροβίλου αξονικής ροής έτσι λειτουργεί. Παρ'όλα αυτά υπάρχουν στην πράξη πολλές περιπτώσεις, στις οποίες προπέλα σκάφους τροποποιήθηκε κατάλληλα, ώστε να λειτουργήσει ως δρομέας υδροστροβίλου αξονικής ροής, πράγμα που γίνεται κυρίως με κόψιμο των καμπυλωτών ακμών στο τέλος των πτερυγίων.

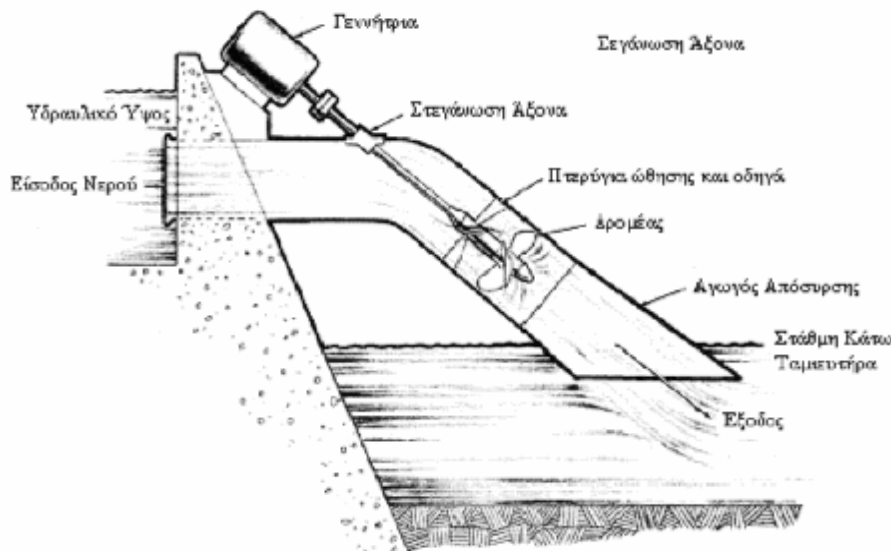




(Σχήμα: Υδροστρόβιλος αξονικής ροής (1))

Μία συνήθης τιμή του βαθμού απόδοσης των υδροστροβίλων αυτών είναι αυτή του 50% - ιδιαίτερα φτωχή απόδοση δηλαδή-, αν και υπάρχει ένα μικρό εύρος παροχών, για τις οποίες οι υδροστροβίλοι αξονικής ροής επιτυγχάνουν ιδιαίτερα καλή τιμή του βαθμού απόδοσης και υψηλή ειδική ταχύτητα.

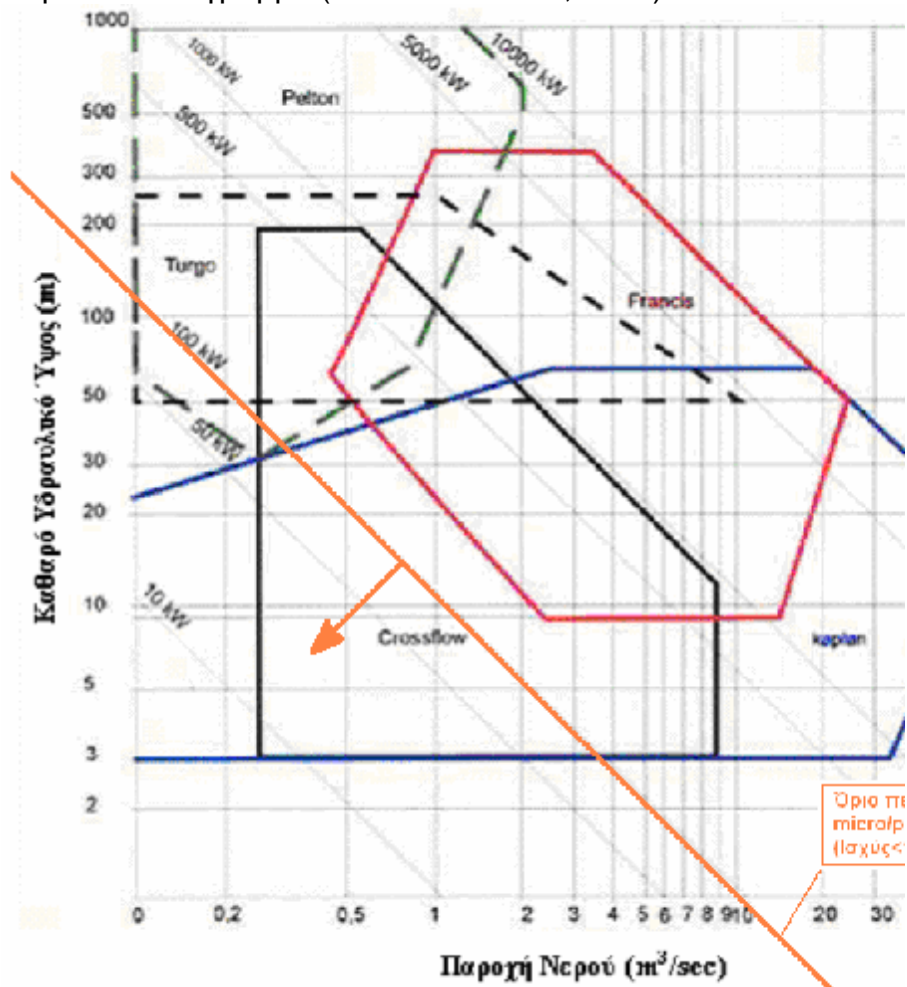
Γενικά όμως, καθώς η τιμή της παροχής μειώνεται, πέφτει ραγδαία αυτή του βαθμού απόδοσης.



(Σχήμα :Υδροστρόβιλος αξονικής ροής(2))

## 2.5 Επιλογή Τύπου Υδροτροβίλου

Προκειμένου να επιλεγεί ο πιο αποδοτικός και αξιόπιστος υδροστροβίλος, για μια δεδομένη παροχή και υδραυλικό ύψος, λαμβάνονται υπ' όψιν οι 'περιοχές λειτουργίας' του κάθε τύπου υδροστροβίλου. Οι περιοχές αυτές απεικονίζονται στο παρακάτω διάγραμμα (Tamburrini Mark, 2004).



(Σχήμα : Διάγραμμα επιλογής υδροστροβίλου για δεδομένη παροχή και καθαρό υδραυλικό ύψος).

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

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

(U.S.Department of Energy, 1983):

- Αν το νερό που χρησιμοποιείται στην εγκατάσταση δεν είναι καθαρό, αλλά περιέχει άμμο ή λάσπη, τότε προτιμάται κάποιος υδροστροβίλος δράσεως, προκειμένου να αποφευχθούν οι απώλειες στις στεγανώσεις των υδροστροβίλων αντιδράσεως.
- Αν ο υδροστροβίλος πρέπει να τοποθετηθεί σε κάποιο ύψος πάνω από τη στάθμη του νερού του φράγματος, προτιμάται κάποιος υδροστροβίλος αντιδράσεως με σωλήνα εκροής στην έξοδο, έτσι ώστε να γίνει εκμετάλλευση του μέγιστου διαθέσιμου υδραυλικού ύψους.
- Αν οι τιμές της παροχής και του υδραυλικού ύψους μπορούν να θεωρηθούν σχεδόν σταθερές, τότε θα πρέπει να εξεταστεί πολύ σοβαρά η περίπτωση χρησιμοποίησης φυγοκεντρικής αντλίας με αντεστραμμένη ροή ως υδροστροβίλο, λόγω του σημαντικού πλεονεκτήματος του χαμηλού αρχικού κόστους και της μεγάλης διαθεσιμότητας στην αγορά.
- Από τη χρησιμοποίηση ενός υδροστροβίλου Pelton προτιμάται η χρησιμοποίηση υδροστροβίλου Cross-Flow ή ενός τύπου Turgo, αφού οι τελευταίοι προσφέρουν μεγαλύτερη ταχύτητα και

χειρίζονται μεγαλύτερες παροχές. Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι οι υδροστρόβιλοι Francis και οι υδροστρόβιλοι αξονικής ροής, επειδή χρησιμοποιούν κινητές πύλες που κατευθύνουν τη ροή στην είσοδό της ή δρομείς με ελεγχόμενη κλίση των πτερυγίων, δε συμφέρουν οικονομικά για micro/pico υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις και σπανίως χρησιμοποιούνται (βλ. Σχήμα).



(Υδροστρόβιλος)

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

### ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΣΤΡΟΦΩΝ

---

#### 3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η βασική αρχή της λειτουργίας του υδραυλικού ρυθμιστή pelton είναι η κάτωθι:

Η κεφαλή του ρυθμιστή (α)(governor head)η οποία άλλη αποτελείται από τα αντίβαρα με ελατήριο και την οδηγό βαλβίδα (f) (pilot valve) ευρίσκεται εντός της κυψέλης του ρυθμιστή και ελέγχει την κύρια βαλβίδα (j) (main relay valve) .Ο σύνδεσμος ανατροφοδοτήσεως (feedback linkage)υπάρχει δια να λαμβάνεται μια μόνιμη μετατόπιση της κύριας βαλβίδας ευθέως ανάλογη με τη μετατόπιση της οδηγού βαλβίδας σε παροδικές μεταβολές ταχύτητας η μετατόπιση της κύριας βαλβίδας ,όπως διαμορφώνεται από την αντιστάθμιση του αποσβεστήρος (α) (dashpot) και του στατισμού παρέχει μια ορθή επίδραση εκ του ρυθμιστή . Ο ρυθμιστής κινείται από έναν σύγχρονο κινητήρα ο οποίος ενεργοποιείται από μια μαγνητοηλεκτρική μηχανή. Η μαγνητοηλεκτρική μηχανή προσαρμόζεται στο πλαίσιο της κύριας γεννήτριας η διεγέρτριας και κινείται μέσω ελαστικών συνδέσμων από τον άξονα του στροβίλου.

Εκ τούτου φαίνεται ότι η κεφαλή του ρυθμιστή περιστρέφεται πάντοτε ενσυχρονισμό με τον άξονα του στροβίλου .  
Ο ρυθμιστής έχει τους κάτωθι 3 βάσιμους ελέγχους :

- 1.Έλεγχος ταχύτητος εκτός οδηγού βαλβίδας.
- 2.Έλεγχος ορίου φορτίου εκ της βαλβίδας ορίου φορτίου
- 3.Έλεγχος πτώσεως εκ σωληνοειδούς (τούτο επιτείνονται δια πίεσεως της βαλβίδας ορίου φορτίου.

### **3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΣΤΡΟΦΩΝ**

Κατωτέρω παρατίθεται σε γενικές γραμμές η λειτουργία κάθε εξαρτήματος του ρυθμιστή ξεχωριστά καθώς επίσης και ο τρόπος με τον οποίο συνεργάζονται όλα τα μέρη του ρυθμιστή μαζί για να ολοκληρωθεί η δουλειά του ρυθμιστή στην λειτουργία της μονάδος.

Ο ρυθμιστής κάνει δύο βασικές δουλειές. Πρώτον μας παρέχει την δυνατότητα να ελέγχουμε την κίνηση των πτερυγίων του στροβίλου και δεύτερον σαν επακόλουθο της προηγούμενης δουλειάς μας παρέχει την δυνατότητα να κρατάμε τις στροφές της μονάδος σταθερές πράγμα το οποίο είναι απαραίτητο για να είναι σταθερή και η συχνότητα του παραγόμενου ρεύματος.

Βασική προϋπόθεση για να λειτουργήσει ο ρυθμιστής στροφών είναι ότι πρέπει το σύστημα του υπό πίεση ελαίου να ευρίσκεται σε κανονική λειτουργία. Με άλλα λόγια όλα τα μέρη του συστήματος ελαίου είναι σε κανονική λειτουργία, οι αντλίες σε αυτόματη λειτουργία, κανονική στάθμη λαδιού και πίεση στον αεροδίνητα και οι απαραίτητες δια την κυκλοφορία του λαδιού βάνες είναι ανοιχτές. Στο σχέδιο φαίνετε σε σχηματική παράσταση όλος ο ρυθμιστής και σε δύο άλλα σχέδια με τον ίδιον αριθμόν και με τίτλο ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟ ΕΛΕΓΧΟ ΟΡΙΟΥ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟ ΕΛΕΓΧΟ ΟΡΙΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ, ο τρόπος λειτουργίας του ορίου συχνότητας (συγχρονάζ) και όριον φορτίου. Το λάδι με πίεση 24 ατμοσφαιρών ερχόμενο από τον αεροκώδωνα εισέρχεται στο σύστημα του ρυθμιστή όπως φαίνετε στο κάτω μέρος τους σχεδίου. Εκεί διακλαδίζεται και πηγαίνει προς την κύρια βαλβίδα διανομής ελαίου η οποία σημειώνεται με το γράμμα J στο σχέδιο δεξιά και στην βοηθητική βαλβίδα που είναι αριστερά στο σχέδιο. Όπου στο σχέδιο το λάδι έχει κόκκινο χρώμα σημαίνει ότι βρίσκεται υπό πίεση, όπου έχει κίτρινο

χρώμα σημαίνει ότι δεν έχει καθόλου πίεση αλλά το λάδι αυτό δεν πηγαίνει στο σερβομοτέρ αλλά είναι λάδι ελέγχου όπως λέγεται.

Εις το αριστερό του σχεδίου υπάρχει η βαλβίδα επιλογής η οποία έχει ένα χειριστήριο μπροστά στον πίνακα του ρυθμιστή και μπορούμε με αυτήν όπως φαίνετε στο σχέδιο να στείλουμε κόκκινο λάδι σε τρεις άλλες βαλβίδες που βρίσκονται πάνω από τις βαλβίδες διανομής λαδιού και έτσι να θέσουμε εκτός λειτουργίας την μία από τις δυο αυτές βαλβίδες ή και τις δύο μαζί. Στο σχέδιο έχει τεθεί εκτός λειτουργίας η βοηθητική βαλβίδα διανομής και αυτό συμβαίνει πάντοτε δεδομένου ότι η βοηθητική βαλβίδα χρησιμοποιείται μόνο στην αρχική εκκίνηση του στροβίλου και ύστερα είναι πάντοτε μπλοκαρισμένη. Από την κύρια βαλβίδα διανομής λαδιού "J" το λάδι μέσω φίλτρου έρχεται στην κεφαλή του ρυθμιστή και πρώτα στο εξάρτημα αυτής που λέγεται όριο συχνότητας ή συγχρονάζ. Από εκεί και υπό ορισμένες προϋποθέσεις έρχεται στο άλλο εξάρτημα της κεφαλής που λέγεται όριον φορτίου από τον οποίον και υπό ορισμένες προϋποθέσεις που θα εξηγήσουμε παρακάτω το λάδι έρχεται στην κύρια βαλβίδα "J" διανομής δεξιά στο σχέδιο.

Η βαλβίδα αυτή έχει τρία εμβόλα "J" (δακτυλίους) όπως φαίνετε και στο σχέδιο δύο μεγάλα στο κάτω μέρος και μικρό στο επάνω μέρος. Το λάδι που αναφέραμε νωρίτερα αναλόγως της θέσης του σύγχρονου του ορίου φορτίου έρχεται ή στο κάτω μέρος του μικρού εμβόλου της βαλβίδας οπότε η βαλβίδα κινείται προς τα πάνω ή έρχεται στο επάνω μέρος του μικρού εμβόλου οπότε η βαλβίδα κινείται προς τα κάτω. Αναλόγως τώρα που κινείται η βαλβίδα το λάδι λόγω κινήσεως και των κάτω εμβόλων της βαλβίδας πηγαίνει στον έναν ή στον άλλον σωλήνα που οδηγούν στο σερβομοτέρ. Αναλόγως σε ποια πλευρά του εμβόλου του σερβομοτέρ θα πάει το λάδι, το σερβομοτέρ κινείται προς την μία ή στην άλλη κατεύθυνση με

αποτέλεσμα να ανοίξουν ή να κλείσουν τα πτερύγια δεδομένου ότι ως γνωστόν τα κινητά πτερύγια του στροβίλου συνδέονται με το έμβολο του σερβομοτέρ με μοχλούς. Αυτή είναι η διαδρομή του λαδιού μέσα στον ρυθμιστή και το αποτέλεσμα της διαδρομής αυτής.

Είπαμε ότι το λάδι περνά υπό ορισμένες προϋποθέσεις από τα σύγχρονα ή από το όριο του φορτίου. Για να εξηγήσουμε τις προϋποθέσεις αυτές θα πρέπει να πούμε δυο λόγια για το πώς είναι κατασκευασμένα το συγχρονάζ και το όριον του φορτίου. Το συγχρονάζ αποτελείται από μια εσωτερική βαλβίδα η οποία φέρει δύο εμβολα και η οποία είναι συνδεμένη εις το κάτω μέρος με το συγκρότημα των περιστρεφόμενων ελατηρίων αντίβαρων και κινείται άνω κάτω αναλόγως της φυγόκεντρου δύναμης η οποία εξασκείται επί των αντίβαρων. Γύρω από την βαλβίδα αυτή είναι μια θήκη κυλινδρική η οποία φέρει σε ορισμένα σημεία τρύπες για να διέρχεται το λάδι. Η θήκη αυτή στο πάνω μέρος είναι συνδεμένη με έναν μοχλό και στην συνέχεια μέσω άλλων μοχλών και γραναζιών είναι συνδεμένη η θήκη αυτή με έναν κινητήρα από τον οποίον κινείται πάνω κάτω. Αναλόγως λοιπόν της θέσεως που έχουν μεταξύ τους η εσωτερική βαλβίδα και η θήκη είναι δυνατόν τα εμβολα της βαλβίδας να φράσουν τα ανοίγματα της θήκης οπότε το λάδι δεν μπορεί να προχωρήσει και να φράσει μέχρι το όριον του φορτίου ούτε από την επάνω δίοδο ούτε από την κάτω δίοδο όπως φαίνετε στο σχέδιο αλλά μόνο από την μεσαία. Επίσης είναι δυνατόν η θήκη και η βαλβίδα να έχουν τέτοια θέση ώστε το λάδι να μπορεί να φτάσει στο όριον του φορτίου ή από την επάνω δίοδο ή από την κάτω, αλλά ποτέ συγχρόνως και από τις δύο. Όπως φαίνετε στο σχέδιο υπάρχει και μια μεσαία δίοδος μεταξύ συγχρονάζ και όριον φορτίου στην οποία υπάρχει πάντοτε κόκκινο λάδι ανεξαρτήτως της θέσης της θήκης και της βαλβίδας του συγχρονάζ. Το όριον φορτίου επίσης αποτελείται από μια βαλβίδα η οποία



βρίσκεται στο εσωτερικό και η οποία φέρει επίσης έμβολα. Η βαλβίδα αυτή στο πάνω μέρος είναι συνδεδεμένη με έναν μοχλό και στην συνέχεια με άλλους μοχλούς και μέσω οδοντωτών τροχών συνδέεται με έναν κινητήρα από τον οποίο κινείται. Γύρω από την βαλβίδα υπάρχει μια θήκη η οποία έχει τρύπες για να περνά το λάδι αλλά η θήκη αυτή είναι σταθερή. Αναλόγως λοιπόν της θέσεως της βαλβίδας του όριον φορτίου το λάδι μπορεί να περάσει στον επάνω σωλήνα και να φτάσει στην κύρια βαλβίδα διανομής ελαίου οπότε ανοίγουν τα πτερύγια για να περάσει από τον κάτω σωλήνα και να φτάσει στην βαλβίδα ελαίου οπότε τα πτερύγια του στροβίλου κλείνουν.

Η κίνηση της θήκης του συγχρονάζ και της βαλβίδας όριον φορτίου γίνονται είτε χειροκίνητα μέσω των αντιστοίχων κομβίων τα οποία βρίσκονται στο μπροστινό μέρος του πίνακα του ρυθμιστή είτε μέσω τηλεχειρισμού με κοντρόλ μέσω των κινητήρων που προαναφέραμε. Πρέπει να σημειωθεί βεβαίως ότι κατά την λειτουργία οι χειρισμοί γίνονται πάντοτε με το κοντρόλ, τοπικοί χειροκίνητοι χειρισμοί γίνονται μόνον σε περίπτωση δοκιμών και ρυθμίσεων.

Υπάρχουν βασικώς δυο τρόποι λειτουργίας του ρυθμιστή. Ο πρώτος τρόπος είναι όταν το ανοιγοκλείσιμο των πτερυγίων και κατ' επέκταση η μεταβολή του φορτίου της μονάδος κατά την λειτουργία γίνεται με το συγχρονάζ. Αυτό σημαίνει ότι το κόκκινο λάδι σταματά στο συγχρονάζ λόγω της κατάλληλης θέσεως που έχουν η βαλβίδα και η θήκη αυτού και ότι η θέση της βαλβίδας του όριον φορτίου είναι τέτοια ώστε όταν το λάδι περάσει από το συγχρονάζ προς την βαλβίδα του όριον φορτίου τότε ανεμπόδιστα πλέον φτάνει μέχρι την κύρια βαλβίδα διανομής ελαίου οπότε γίνεται είτε το κλείσιμο είτε το άνοιγμα των πτερυγίων.

Τότε λέμε η μονάδα κάνει ρύθμιση συχνότητας δηλαδή το συγχρονάζ δουλεύει αυτόματα χωρίς την επέμβαση του

χειριστή λόγω των περιστρεφόμενων αντίβαρων που βρίσκονται κάτω από αυτό.

Αυτό σημαίνει ότι όταν πέσει η συχνότητα του δικτύου τότε το συγχρονάζ επιτρέπει στο λάδι να περάσει από την επάνω δίοδο που είναι η δίοδος ανοίγματος των πτερυγίων, να έρθει στο όριον φορτίου το οποίο όπως είπαμε πιο πάνω επιτρέπει την ελεύθερη κυκλοφορία του λαδιού, λόγω θέσεως της βαλβίδας του όριον φορτίου, από εκεί το λάδι έρχεται στο κάτω μέρος του μικρού εμβόλου της κύριας βαλβίδας διανομής ελαίου και στην συνέχεια ανοίγουν τα πτερύγια οπότε διορθώνεται και η συχνότητα του δικτύου. Κάτι παρόμοιο συμβαίνει όταν ανέβει η συχνότητα πάνω από την κανονική τιμή με μόνη διαφορά ότι τώρα το λάδι περνά από την κάτω δίοδο μεταξύ συγχρονάζ και όριον φορτίου οπότε καταλήγει στο άνω μέρος του μικρού εμβόλου της βαλβίδας και επακολουθεί κλείσιμο των πτερυγίων.

Ο τρόπος αυτός λειτουργίας φαίνεται στο ένα από τα δύο σχηματικά γράμματα λειτουργίας του συγχρονάζ και του όριον φορτίου με τον τίτλο "ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟ ΕΛΕΓΧΟ ΣΥΓΧΡΟΝΑΖ".

Ο δεύτερος τρόπος λειτουργίας είναι όταν το ανοιγοκλείσιμο των πτερυγίων γίνεται μέσω του όριον φορτίου οπότε λέμε ότι η μονάδα είναι μπλοκαρισμένη δηλαδή δεν μπορεί να μεταβάλλει το φορτίο της αυτόματα αν μεταβληθεί η συχνότητα, οι αυξομειώσεις του φορτίου γίνονται κατόπιν επεμβάσεως του χειριστή επί του όριον φορτίου. Στην περίπτωση αυτή το λάδι περνά ανεμπόδιστα από το συγχρονάζ και μέσω της μεσαίας και πάνω δίοδου μεταξύ συγχρονάζ και όριον φορτίου έρχεται πάντοτε μέχρι το όριον φορτίου. Εκεί το όριον φορτίου έχει τέτοια θέση ώστε τα έμβολα της βαλβίδας αυτής φράσσουν τις δύο δίοδους του λαδιού προς την κύρια βαλβίδα διανομής λαδιού και έτσι η μονάδα δουλεύει συνέχεια με σταθερό φορτίο. Πρέπει να επέμβει ο χειριστής στο αντίστοιχο χειριστήριο ώστε

να κινήσει την βαλβίδα του όριον φορτίου προς τα πάνω ή προς τα κάτω αναλόγως αν θέλει να ανοίξει ή να κλείσει τα πτερύγια του στροβίλου.

Ο δεύτερος τρόπος λειτουργίας δηλαδή η λειτουργία με το όριον φορτίου φαίνεται στο δεύτερο σχηματικό διάγραμμα λειτουργία του συγχρονάζ και όριον φορτίου με τον τίτλο “ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟ ΕΛΕΓΧΟ ΟΡΙΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ”. Πέραν των ανωτέρω υπάρχει η λειτουργία του ρυθμιστή και η έννοια της αναδράσεως. Ανάδραση λέγεται η ενεργεία που πρέπει να γίνει για να διακοπεί μια εντολή η οποία έχει δοθεί είτε από το όριον φορτίου είτε από το συγχρονάζ στα πτερύγια. Είναι αυτονόητο ότι μια δοθείσα εντολή π.χ. προς το άνοιγμα των πτερυγίων πρέπει να διακοπεί αλλιώς τα πτερύγια θα συνεχίσουν να ανοίγουν μέχρι να ανοίξουν τελείως. Για να γίνει περισσότερο κατανοητό το τι σημαίνει ανάδραση αναφέρουμε το εξής παράδειγμα.

Υποθέστε ότι ένα αυτοκίνητο κινείται στο δεξιό μέρος ενός ίσιου δρόμου. Για μια στιγμή ο οδηγός του θέλει να κινηθεί προς το αριστερό μέρος του δρόμου. Τότε πρέπει να στρίψει το τιμόνι αριστερά. Αυτό αντιστοιχεί με την εντολή που δίνουμε στα πτερύγια π.χ. προς κατεύθυνση ανοίγματος. Όταν το αυτοκίνητο μετά το στρίψιμο του τιμονιού αριστερά έρθει στο αριστερό μέρος του δρόμου πρέπει να στρίψουμε το τιμόνι τόσο δεξιά όσο το είχαμε προηγούμενος στρίψει αριστερά γιατί αλλιώς το αυτοκίνητο θα φύγει έξω από το δρόμο προς τα χωράφια. Αυτό ακριβώς το στρίψιμο του τιμονιού προς τα δεξιά για να μην φύγει το αυτοκίνητο έξω από τον δρόμο αντιστοιχεί προς την ανάδραση του ρυθμιστή δηλαδή προς το σταμάτημα της εντολής του ρυθμιστή προς τα πτερύγια.

Θα κάνουμε τώρα ένα πλήρη κύκλο λειτουργίας του ρυθμιστή για να γίνει περισσότερο κατανοητό πως δίνονται οι εντολές στα πτερύγια μέσω του όριον φορτίου ή του συγχρονάζ και πως οι εντολές αυτές σταματούν μέσω της ανάδρασης.

Υποθέστε καταρχήν ότι η μονάδα είναι συγχρονισμένη στο δίκτυο και ότι βρίσκεται υπό τον έλεγχο του όριον φορτίου δηλαδή βρίσκεται στην κατάσταση που δείχνει η πρώτη εικόνα στο σχέδιο με τον τίτλο “ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟ ΕΛΕΓΧΟ ΟΡΙΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ”.

Για να μεταβληθεί το φορτίο μονάδας πρέπει να κινηθεί η βαλβίδα του όριον φορτίου E. Και πρέπει να κινηθεί προς τα πάνω αν θέλουμε να αυξήσουμε το φορτίο της μονάδος και προς τα κάτω αν θέλουμε να μειώσουμε το φορτίο της μονάδος. Η ενέργεια αυτή όπως είπαμε νωρίτερα πρέπει να γίνει από τον χειριστή του πίνακα ο οποίος μέσω τηλεχειρισμού μέσω κινητήρα στρίβει το γρανάζι “P” από αριστερά προς τα δεξιά π.χ. αν θέλει να αυξήσει το φορτίο οπότε η ράβδος “F-F” η οποία έχει σταθερό σημείο στροφής στο γρανάζι “L” κινείται προς τα κάτω και μαζί με αυτήν κινείται προς τα κάτω και η ράβδος “B-B” οπότε κινείται προς τα πάνω η ράβδος “A-A” η οποία είναι κατευθείαν συνδεδεμένη με την βαλβίδα όριον φορτίου και κατά συνέπεια κινεί και αυτή προς τα πάνω. Τότε η κατάσταση ισορροπίας που είχαμε στην πρώτη εικόνα του σχεδίου με τον τίτλο “ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟ ΕΛΕΓΧΟ ΟΡΙΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ” μεταβάλλεται και ισχύει η δεύτερη εικόνα που η βαλβίδα όριον φορτίου έχει κινηθεί προς τα πάνω και το λάδι πηγαίνει στην κύρια βαλβίδα διανομής ελαίου για να ανοίξει τα πτερύγια.

Οι κινήσεις των ράβδων που έγιναν μέχρι τώρα για να κινηθεί προς τα πάνω η βαλβίδα του όριον φορτίου είναι η εντολή προς τα πτερύγια για να ανοίξουν και αντιστοιχούν προς την πρώτη ενέργεια του οδηγού δηλαδή το στρίψιμο του τιμονιού αριστερά για να πάει το αυτοκίνητο στο αριστερό μέρος του δρόμου. Είναι ευνόητο ότι αν μείνει η βαλβίδα του όριον φορτίου προς την θέση αυτή τα πτερύγια θα ανοίξουν μέχρι να ανοίξουν τελείως πράγμα το οποίο δεν επιθυμούμε διότι με κάθε χειρισμό θέλουμε να ανοίξουμε λίγο μόνο τα πτερύγια. Για το λόγο αυτό

μετά την κίνηση της βαλβίδας του όριον φορτίου και κατ' επέκταση των πτερυγίων προς άνοιγμα επακολουθεί η ανάδραση η οποία αυτομάτως επαναφέρει την βαλβίδα του όριον φορτίου στην αρχική της θέση. Αυτό συμβαίνει ως εξής. Όταν τα πτερύγια κινηθούν προς το άνοιγμα το συρματόσκοινο που συνδέει το σερβομοτέρ με ένα τεταρτοκύκλιο που βρίσκεται μέσα στο ρυθμιστή κινείται προς τα πάνω δηλαδή προς την πλευρά του ρυθμιστή οπότε μέσω του αντίβαρου το σημείο "J-J" της παλάντζας ,η οποία έχει σημείο περιστροφής το σημείο "H-H",κινείται προς τα κάτω και το γρανάζι "L" μετά του αντίστοιχου οδοντωτού τομέα κινείται από τα αριστερά προς τα δεξιά, οπότε το αριστερό άκρο του μοχλού "F-F" κινείται προς τα πάνω. Μαζί με το μοχλό "F-F" κινείται προς τα πάνω και η ράβδος "B-B" στην συνέχεια στρίβει ο άξονας "D-D" και η ράβδος "A-A" κινείται προς τα κάτω οπότε και η βαλβίδα του όριον φορτίου κινείται τόσο προς τα κάτω όσο είχε κινηθεί προηγουμένως προς τα πάνω για να ανοίξουν τα πτερύγια. Με την κίνηση αυτή του όριον φορτίου διακόπτεται η δοθείσα εντολή στα πτερύγια οπότε ισορροπεί η μονάδα στο νέο άνοιγμα των πτερυγίων. Η αντίθετη κίνηση γίνεται όταν δοθεί εντολή κλεισίματος των πτερυγίων.

Ας υποθέσουμε τώρα ότι η μονάδα είναι συγχρονισμένη στο δίκτυο και λειτουργεί υπό έλεγχο του ορίου συχνότητας(συγχρονάζ) δηλαδή βρίσκεται στην κατάσταση που δείχνει η πρώτη εικόνα στο σχέδιο με τον τίτλο "ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟ ΕΛΕΓΧΟ ΟΡΙΟΥ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ".

Στην περίπτωση αυτή για να μεταβληθεί το φορτίο της μονάδος ή πρέπει να κινηθεί η θήκη "G" του συγχρονάζ ή πρέπει να κινηθεί η βαλβίδα "F" αυτού. Ας εξετάσουμε την περίπτωση που κινείται η θήκη. Όπως είναι γνωστό η θήκη κινείται μόνο κατόπιν εντολής του χειριστή πίνακα μέσω τηλεχειρισμού μέσω κινητήρα.

Ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να ανοίξουμε τα πτερύγια τότε ο χειρισμός του χειριστή πίνακα προκαλεί στροφή του γραναζιού που στο σχέδιο αναγράφεται ως "SPEED CHANGER" από τα δεξιά προς τα αριστερά τότε όπως φαίνετε στο σχέδιο η θήκη κινείται προς τα κάτω και το λάδι περνά από την πάνω δίοδο προς την βαλβίδα ορίου φορτίου και στην συνέχεια στην κύρια βαλβίδα διανομής ελαίου.

Η κίνηση αυτή φαίνετε στην τρίτη εικόνα του σχεδίου με τον τίτλο "ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟ ΕΛΕΓΧΟ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ".

Το σταμάτημα της εντολής προς τα πτερύγια γίνεται ως εξής. Όταν το κόκκινο λάδι μέσω του ορίου φορτίου έρθει στο κάτω μέρος του μικρού εμβόλου της κύριας βαλβίδας διανομής ελαίου η βαλβίδα αυτή κινείται προς τα πάνω με αποτέλεσμα μέσω μοχλών όπως φαίνετε στο σχέδιο να κινηθεί προς τα πάνω και η θήκη "G".

Η προς τα πάνω κίνηση της θήκης είναι η πρώτη ανάδραση ή πρώτο σταμάτημα της προηγούμενης δοθείσας εντολής και μάλιστα σταματά την εντολή μόνο κατά ένα μικρό ποσοστό. Στην συνέχεια το εμβολο του σερβομοτέρ θα κινηθεί προς τα αριστερά οπότε αν παρακολουθήσει κάποιος την κίνηση του συρματόσκοινου και των ενδιάμεσων μοχλών η κίνηση των σερβομοτέρ έρχεται στο DASHPOT και στον μηχανισμό του σιτισμού (SPEED DHOOP). Το μεγάλο εμβολο του DASHPOT κινείται προς τα κάτω οπότε το μικρό έμβολο κινείται προς τα πάνω και κατ' επέκταση μέσω μοχλών κινεί προς τα πάνω την θήκη του συγχρονάζ. Αυτό είναι το δεύτερο μέρος της ανάδρασης(σταμάτημα της εντολής). Επίσης ο στατισμός με τους διάφορους μοχλούς του όπως φαίνετε στο σχέδιο προκαλεί κίνηση προς τα πάνω της θήκης. Το άθροισμα των τριών αυτών κινήσεων προς τα πάνω της θήκης αποτελεί την ανάδραση στην αρχική δοθείσα εντολή στα πτερύγια κατά την οποία η θήκη κινήθηκε προς τα κάτω για να περάσει το κόκκινο λάδι και να ανοίξουν τα πτερύγια.

Ένας άλλος τρόπος μεταβολής του φορτίου της μονάδος όταν ο ρυθμιστής λειτουργεί όπως φαίνεται στην πρώτη εικόνα του σχεδίου υπό τον τίτλο “ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟ ΕΛΕΓΧΟ ΟΡΙΟΥ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ” και μάλιστα αυτόματος δηλαδή άνευ επεμβάσεως του χειριστή πίνακα είναι όταν αντί της θήκης του ορίου συχνότητας μετακινηθεί η εσωτερική βαλβίδα "F" αυτού. Η βαλβίδα αυτή είναι συνδεδεμένη με το περιστρεφόμενο συγκρότημα ελατηρίου των αντίβαρων που βρίσκεται κάτω από την βαλβίδα. Όταν υπάρχει ισορροπία δηλαδή όταν οι στροφές της μονάδος είναι σταθερές το περιστρεφόμενο αυτό συγκρότημα έχει σταθερές στροφές η φυγόκεντρος δύναμης που εξασκείται επί των αντίβαρων είναι σταθερά και η βαλβίδα F του ορίου συχνότητας περιστρέφεται μεν με τα αντίβαρα αλλά δεν κινείται πάνω-κάτω και κατά συνέπεια δεν περνά κόκκινο λάδι από την βαλβίδα του ορίου συχνότητας προς το ορίων φορτίου και κατά συνέπεια τα πτερύγια είναι σταθερά. Όταν όμως οι στροφές της μονάδος μεταβληθούν ή όπως λέμε μεταβληθεί η συχνότητα του δικτύου που είναι το ίδιο πράγμα τότε μεταβάλλονται και οι στροφές των ελατήριων αντίβαρων οπότε ή μαζεύονται προς τα μέσα τα ελατήρια και η βαλβίδα F κινείται προς τα πάνω, αυτό δεν συμβαίνει αν πέσουν οι στροφές της μονάδος ή κινούνται προς τα έξω τα ελατήρια οπότε η βαλβίδα F κινείται προς τα κάτω και αυτό συμβαίνει αν ανεβούν οι στροφές της μονάδος. Αν παρακολουθήσει κάποιος τώρα την πρώτη εικόνα του σχεδίου με τον τίτλο ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟ ΕΛΕΓΧΟ ΟΡΙΟΥ ΣΥΧΝΟΤΗΤΟΣ θα δει ότι αν κινηθεί προς τα κάτω η βαλβίδα “F”(αύξηση των στροφών της μονάδος) και η θήκη G θα παραμείνει σταθερή τότε το κόκκινο λάδι θα περάσει από την κάτω δίοδο του συγχρονάζ θα έρθει μέσω του όριον φορτίου στην κύρια βαλβίδα διανομής ελαίου και θα προκαλέσει κλείσιμο των πτερυγίων του στροβίλου δηλαδή μείωση των στροφών. Η ανάδραση στην προκειμένη περίπτωση θα γίνει όπως αναφέραμε προηγουμένως και θα

επενεργήσει επί της θήκης G του συγχρονάζ προκαλώντας κίνηση αυτού προς τα κάτω για να σταματήσει η κυκλοφορία του κόκκινου λαδιού και κατ' επέκταση να σταματήσει η κίνηση των πτερυγίων.

Το αντίθετο γίνεται όταν κατά την λειτουργία μειωθούν οι στροφές του στροβίλου οπότε μειώνονται και οι στροφές των αντίβαρων τα οποία μαζεύονται προς τα μέσα τότε η εσωτερική βαλβίδα κινείται προς τα πάνω και το κόκκινο λάδι περνά από την επάνω δίοδο και προκαλεί άνοιγμα των πτερυγίων. Η ανάδραση τώρα επενεργεί πάλι στο συγχρονάζ και προκαλεί κίνηση αυτής προς τα πάνω για να σταματήσει την ροή του λαδιού προς την κύρια βαλβίδα.



(ΕΙΚ.ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΣΤΡΟΦΩΝ ΥΗΣ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ)

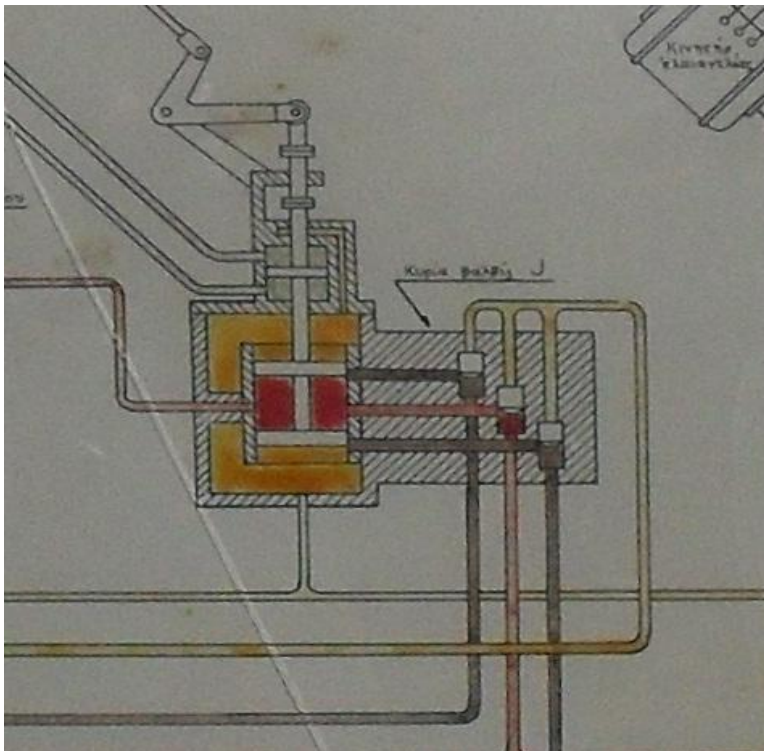


### 3.2.1 ΟΔΗΓΟΣ ΒΑΛΒΙΔΑ

Η βαλβίδα αυτή είναι 4 διόδων προσαρμοσμένη σε κολάρο συγκρατήσεως των ελατηρίων στην κορυφή του αντίβαρου και περιστρέφεται μετ' αυτών εντός θήκης.

Μια αύξηση των στροφών θα προκαλέσει μια κίνηση των αντίβαρων προς τα έξω με αποτέλεσμα την καταβίβαση της οδηγού βαλβίδας.

Μετατόπιση της οδηγού βαλβίδας ως προς την θήκη της κινεί την κύρια βαλβίδα (j) προς τα κάτω προκαλώντας κλείσιμο των πτερύγιων του στροβίλου. Η ρύθμιση της ταχύτητας και η αντιστάθμιση επιτυγχάνεται δι' ανυψώσεως και καταβίβαση της θήκης της οδηγού βαλβίδας ως έξης:



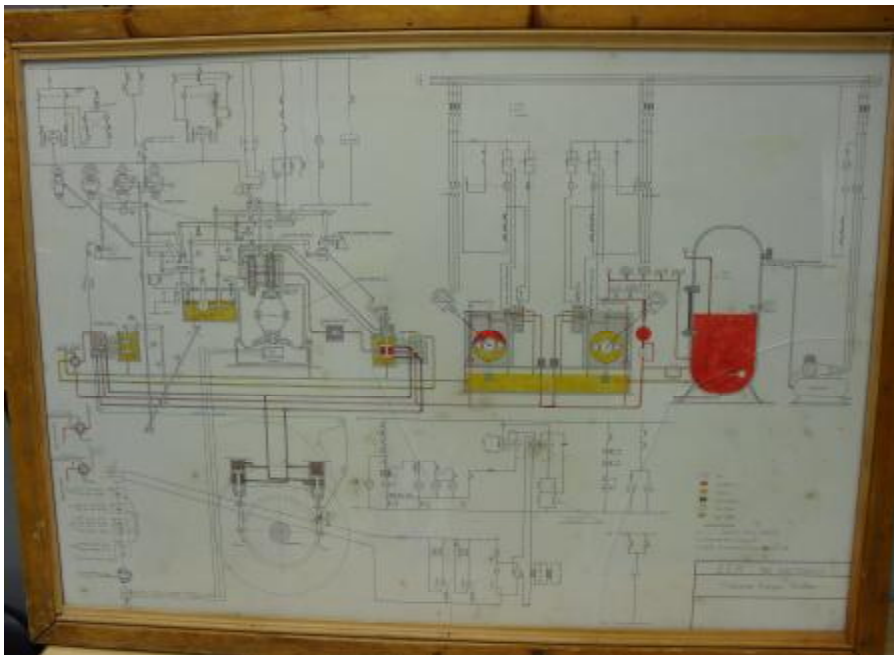
(ΕΙΚ. ΚΥΡΙΑ ΒΑΛΒΙΔΑ 'J')

**A)** καθορισμός στάθμης ταχύτητας (δια χειροκίνητου ελέγχου από την κυψέλη του ρυθμιστή)

**B)** Αντιστάθμιση αποσβεστήρα(dashpot)καταβιβάζει τη θήκη στιγμιαία όταν ο ρυθμιστής κινείται προς κλείσιμο των πτερύγιων και αντιστρόφως).

**Γ)** Αντιστάθμιση στατισμού(ρυθμιζόμενη από τη κυψέλη ρυθμιστή).Αναβιβάζει τη θήκη για αύξηση του ανοίγματος των πτερύγιων δια τη μείωση των στροφών λειτουργιάς .

**Δ)** Ελαιοτροφοδότησης κύριας βαλβίδας. Καταβιβάζει τη θήκη όταν η κύρια βαλβίδα(j)κινείται προς τα κάτω δηλαδή προς τη κατεύθυνση κλεισίματος και αντιστρόφως.



(ΕΙΚ.Σχηματικό διάγραμμα ρυθμιστή στροφών)

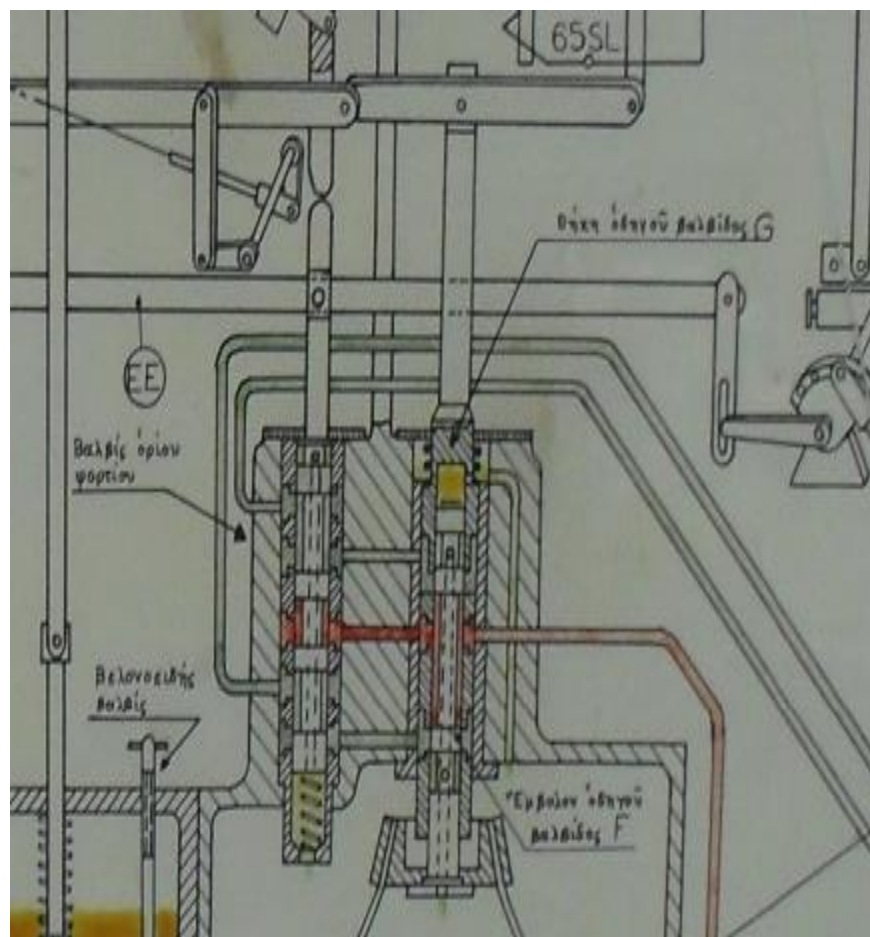
### 3.2.2 ΒΑΛΒΙΔΑ ΟΡΙΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ (E)

Σκοπός της βαλβίδας ορίου φορτίου είναι να περιορίζει το ποσοστό ανοίγματος των πτερύγιων.

Από το σχηματικό διάγραμμα φαίνεται ότι όταν η θέση του ορίου φορτίου είναι ανώτερα του ανοίγματος πτερύγιων υπάρχει μια ανεμπόδιστη ροή ελαίου μεταξύ της οδηγού βαλβίδας και σερβομηχανισμών (servo) της κύριας βαλβίδας κατά τη καταβίβαση της βαλβίδας ορίου φορτίου, αυτή ενεργεί δια αναιρέσεως του ελέγχου της οδηγού βαλβίδας. Αυτή η βαλβίδα ορίου φορτίου ελέγχει τον σερβομηχανισμό της κύριας βαλβίδας κατά τον ίδιο τρόπο με την οδηγό βαλβίδα, με τη διαφορά ότι προκαλεί τη κίνηση των πτερύγιων χειροκίνητα και όχι δια την επενέργεια του ρυθμιστή.

Η σύνδεση αντισταθμισμένη μεταξύ κύριας βαλβίδας (j) οδοντωτού τροχού θέσεως πτερύγιων (L) και βαλβίδας ορίου φορτίου (E) είναι έτσι διατεταγμένη ώστε να κινούνται τα πτερύγια προς την κατεύθυνση κλεισίματος ανά πάσα στιγμή όπου η θέση ορίου φορτίου είναι χαμηλότερα από το άνοιγμα των πτερύγιων.

Έτσι, ακόμη και αν η κεφαλή του ρυθμιστή θέλει αύξηση ταχύτητας, η θέση του ορίου φορτίου περιορίζει το άνοιγμα των πτερύγιων.



(ΕΙΚ.ΒΑΛΒΙΔΑ ΟΡΙΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ)

### 3.2.3 ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΠΤΩΣΗΣ

Η διάταξη αυτομάτου πτώσεως επενεργεί κατευθείαν στην του στελέχους της βαλβίδας ορίου φορτίου. Ένας βραχίονας

ο όποιος φέρει ένα βάρος συγκρατείται ανυψωμένος δια μιας διατάξεως μανδάλωσης και πίπτει δια της επενεργείας σωληνοειδούς η χειροκίνητης από την κυψέλη του ρυθμιστή.

Όταν συμβεί πτώση του σωληνοειδούς κατά την εν φορτίο λειτουργία της μονάδος και η διάταξη ελέγχου του ρυθμιστή δεν επαναφέρει το όριο φορτίου στην θέση ( 0 ) αυτομάτως ,τότε πρέπει να φέρουμε το όριο φορτίου στο (0) η περίπου στη ταχύτητος εν κενώ προ της επαναφοράς (reset) του σωληνοειδούς πτώσεως. Αν δεν γίνει αυτό τα πτερύγια θα ανοίξουν ταχέως μέχρι της θέσεως ορίου φορτίου με αποτέλεσμα υπερτάχυνση της μονάδος προτού ο ρυθμιστής μπορέσει να μειώσει το άνοιγμα των πτερύγιων.

### **3.2.4 ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΑΣ(DASHPOT)**

Επειδή ο στρόβιλος δεν μπορεί στιγμιαία να παράσχει τις απαιτούμενες μεταβολές ισχύος στις μεταβολές συχνότητας, είναι αναγκαίος ένας αποσβεστήρας για την αντιστάθμιση της παρέλκυσης του χρόνου μεταξύ της αποκατάστασης της θέσεως των πτερυγίων και επαναφοράς της μονάδος σε κανονικές στροφές. Χωρίς την αντιστάθμιση του αποσβεστήρα η με πολύ μικρή αντιστάθμιση ο ρυθμιστής θα υπερβαίνει.

Με μεγάλη αντιστάθμιση ο ρυθμιστής θα είναι αναισθητος σε μεταβολές ταχύτητας.

Το συγκρότημα αποσβεστήρος προσαρμόζεται απευθείας στην κεφαλή του ρυθμιστή και αποτελείται από δυο εμβολα.

Εντός θαλάμου πλήρους ελαίου και από μίαν ρυθμιζόμενη βελοειδή βαλβίδα. Το έμβολο ισχύος ( $r$ ) συνδέεται στη διάταξη επαναφοράς των σερβομοτέρ και έτσι κινείται ομοιόμορφα με αυτή. Το έμβολο αντισταθμίσεως ( $M$ ) συνδέεται στον σύνδεσμο της οδηγού βαλβίδας. Κατά το κλείσιμο των πτερυγίων, το έμβολο ισχύος ( $R$ ) ανασηκώνεται προκαλώντας μίαν υποπίεση στο κάτω ήμισυ του θαλάμου του αποσβεστήρα και ωθεί το έμβολο αντισταθμίσεως ( $M$ ) προς τα κάτω. Η προς τα κάτω κίνησης του εμβόλου αντισταθμίσεως δια ενός συνδέσμου και μοχλού καταβιβάζει τη θήκη ( $G$ ) της οδηγού βαλβίδας και παροδικός αυξάνει η στάθμη στροφών του ρυθμιστή. Επειδή το λαδί διέρχεται δια της βελονοειδούς βαλβίδας το έμβολο αντισταθμίσεως επανέρχεται στην θέση μέχρι η μονάδα να φτάσει στις κανονικές στροφές της. Άνοιγμα των πτερυγίων αντικρίζει την ανώτερα πορεία και στιγμιαία καταβιβάζει τη στάθμη στροφών του ρυθμιστή.

Είναι δυνατόν να υπάρχει μία δεύτερη ρυθμιζόμενη παρακαμπτήριος βελονοειδής βαλβίδα η όποια τίθεται εντός υπεράνω του ανοίγματος πτερυγίων ταχύτητας εν κενώ εάν απαιτείται.

Ο σκοπός της είναι να μειώνει την αντιστάθμιση του αποσβεστήρα μετά τη σύνδεση της μονάδος σε ένα μεγάλο δίκτυο και να επιτρέπει στο ρυθμιστή να προκαλεί μία ταχύτερη κίνηση των πτερυγίων δια περιπτώσεις ρύθμισης συχνότητας.

### 3.3 ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

Η ρύθμιση ταχύτητας γίνεται απ την κυψέλη του ρυθμιστή τη βοήθεια ενός χειριστηρίου ελέγχου το οποίο ανασηκώνει τη θήκη (Q) της οδηγού βαλβίδας δια μείωση τη ταχύτητας και τη καταβίβαση δι' αύξηση της τάσης.

#### 3.3.1 ΣΤΑΤΙΣΜΟΣ ΓΕΝΙΚΑ

Οι ρυθμιστές pelton δύνανται να λειτουργήσουν ως ισόχρονοι ρυθμιστές (στατισμός 0 %) το οποίο σημαίνει ότι ο ρυθμιστής ενεργεί ώστε να διατηρείται η ταχύτητα του στροβίλου σταθερά ανεξαρτήτως του φορτίου .Αύξηση του στατισμού υπεράνω του 0% καθιστά τον ρυθμιστή ευαίσθητο και σε μεταφορές φορτίου και σε ταχύτητας.

Αύξηση στατισμού έχει σαν αποτέλεσμα μια αυτόματη αλλαγή της στάθμης των στροφών με τη κίνηση των πτερυγίων με αποτέλεσμα ο ρυθμιστής να ρυθμίζει σε προοδευτικές υψηλότερες στροφές καθώς τα πτερύγια κλείνουν.

Δυο συνθήκες πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν για τη κατανόηση του στατισμού και της επιδράσεως του επί των στροφών.

A) Εάν ο ρυθμιστής ρυθμίζει έναν ορισμένο στρόβιλο με το φορτίο του ,η αύξηση του στατισμού θα προκαλέσει πτώση της συχνότητας εάν το φορτίο αυξηθεί(πτερύγια ανοίγουν) και ανύψωση συχνότητας εάν το φορτίο μειωθεί(πτερύγια κλείνουν).Αυτό είναι αναγκαίο συνεχώς δια να επαναφέρουν τις στροφές δια κάθε αλλαγή του φορτίου ,ώστε η συχνότητα να επαναφέρεται στη κανονική. Γι 'αυτό το λόγο πρακτικής όλοι οι ρυθμιστές οι οποίοι πληρούν την ανωτέρω συνθήκη ,λειτουργούν ως ισόχρονοι ρυθμιστές(στατισμός 0%).

B)Όταν ο ρυθμιστής ρυθμίζει μια μονάδα συνδεδεμένη σε μεγάλο δίκτυο το οποίο περιέχει περισσότερες της μιας μονάδος ,η επηρεάσει του αυξημένου στατισμού καθίσταται αναγκαία και επωφελής . Αν λειτουργεί σαν ισόχρονος ρυθμιστής (0%) και η συχνότητα του συστήματος αυξηθεί ,έστω 50,1Hz απ την κανονική 50 Hz , η μονάδα θα προσπαθήσει να τη διορθώσει και προς τούτο μπορεί να απορρίψει όλο το φορτίο της. Αν η συχνότητα μειωθεί σε 49,9 Hz η μονάδα δυνατόν να φτάσει σε πλήρες άνοιγμα των πτερυγίων της .Δια αποφυγή μεγάλων αποκλίσεων φορτίου και διατήρηση ενός λογικού φορτίου απαιτείται συνεχώς μεταβολή της στάθμης των στροφών με κάθε αλλαγή του φορτίου το οποίον όμως μπορεί να μην είναι ικανοποιητικό.

Δι' αυξήσεως του στατισμού οι μεταβολές φορτίου της μονάδας οφείλονται στις μεταβολές της συχνότητας του συστήματος μειώνεται και το φορτίο του συστήματος δύναται ανά κατανεμηθεί μεταξύ άλλων μονάδων χωρίς του ανεπιθύμητους μετατροπείς φορτίων μεταξύ των μονάδων σε κρίσιμες στροφές.

Η κλίμακα του οργάνου του στατισμού είναι 0%-5% το (%)ποσοστό αναφέρεται στο ποσοστό μείωσης των στροφών από το μηδενικό άνοιγμα πτερυγίων και σε ταχύτητα την οποία η μονάδα δύναται να ρυθμίζει σαν πλήρες άνοιγμα

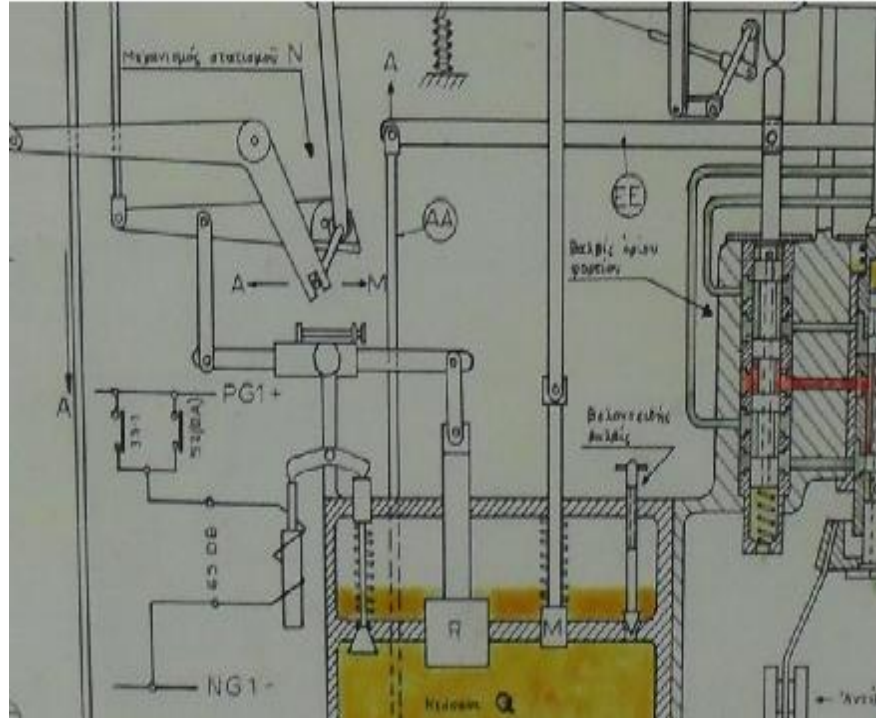


πτερυγίων.(Δηλαδή η ταχύτητα ρυθμίσεως από πλήρες άνοιγμα θα είναι 95% αν ο στατισμός είναι 5% και υπό μηδενικό άνοιγμα η ταχύτητα είναι 100%.

Αν η συχνότητα του συστήματος μεταβληθεί από 50.0 Hz σε 50.1 Hz ο ρυθμιστής θα κλείσει τα πτερύγια μέχρι ότου ο στατισμός επανατροφοδοτούμενος από το άνοιγμα πτερυγίων ανύψωση της στάθμης των στροφών σε 50.1 Hz το οποίο θα προκαλέσει στάση της κινήσεως των πτερυγίων. Επίσης μια μείωση της συχνότητας του συστήματος θα προκαλέσει μέσω της επενέργειας του ρυθμιστή άνοιγμα των πτερυγίων μέχρις ότου η επένεργεια του στατισμού καταβιβάσει τη στάθμη των στροφών και σταματήσει τη κίνηση των πτερυγίων. Εκ των ανωτέρω συνεπάγεται ότι ρυθμίσεις υπό 100% στροφές και στατισμού 5% και με φορτίο 0,5 ανοίγματος πτερυγίων , απαιτείται πτώση της συχνότητας του συστήματος κατά 2,1/2% δια να ανοίξουν τα πτερύγια πλήρως και ανύψωση της συχνότητας κατά 2.1/2% περίπου δια το κλείσιμο των πτερυγίων στη θέση <<εν κενώ>>. Εάν ο στατισμός τεθεί σε 2,1/2% υπό τις ανωτέρω συνθήκες ,η συχνότητα του συστήματος θα πρέπει να μεταβληθεί σε 1.1/7% άνω και κάτω της κανονικής δια να μεταβληθεί το φορτίο από (0) σε πλήρες. Εκ των ανωτέρω συνεπάγεται ότι διπλασιάζοντας τον στατισμού μειώνονται οι αποκλίσεις του φορτίου σε μια μονάδα κατά το ήμισυ.

Δια το στατισμού οι μεταβολές φορτίου οποιασδήποτε μονάδος οφειλόμενες σε μεταβολές της συχνότητας του συστήματος δύνανται να περιοριστούν και να διαμοιράσουν τα φορτία σε περισσότερες μονάδες του συστήματος.

Πρέπει να τονιστεί ότι η μονάδα με στατισμού φέρουσα φορτiaoποσυνδεθεί από το δίκτυο οι στροφές της μονάδος θα αυξηθούν και τα πτερύγια κλείνουν στη θέση στροφών <<εν κενώ>> η οποία καθορίζεται από το ποσοστό του στατισμού.



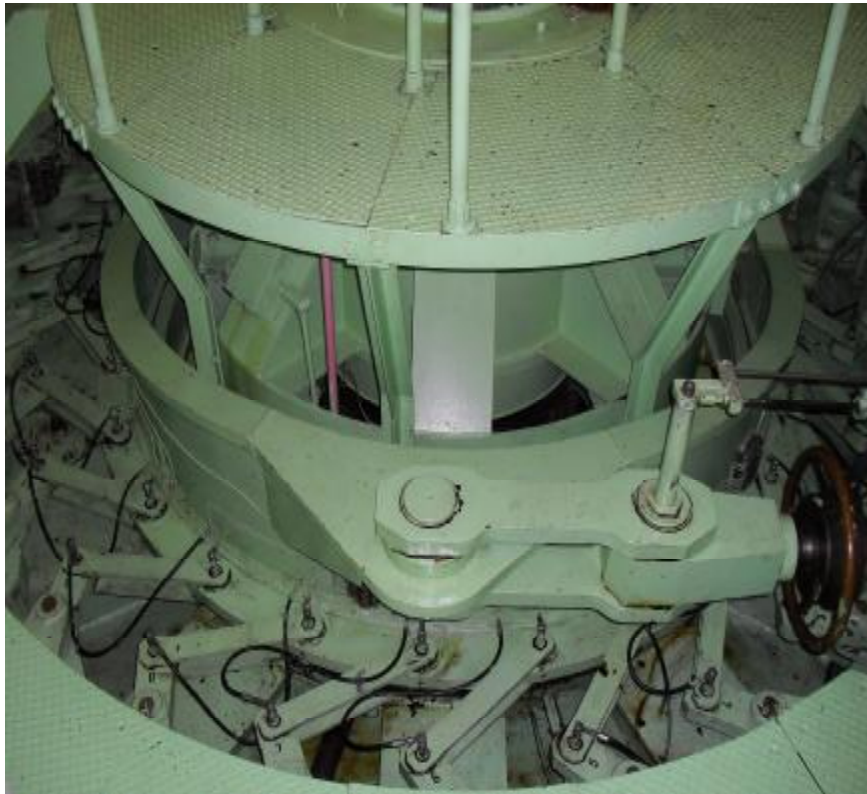
(ΕΙΚ.ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΣΤΑΤΙΣΜΟΥ)

### 3.3.2 ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΣΤΑΤΙΣΜΟΥ

Ο στατισμός δημιουργείται τη βοήθεια ενός μηχανισμού ο οποίος ανυψώνεται και περιστρέφεται και λειτουργεί μέσω ενός συνδέσμου μοχλών δια την ανύψωση η καταβίβαση της θήκης οδηγού βαλβίδας σε μηδενικό στατισμό, ο κύλινδρος τοποθετείται στο κέντρο του ανυψωμένου άξονα και τα σερβομοτέρ των πτερυγίων δύνανται να κινούνται καθ όλη τη διαδρομή χωρίς να προκαλούν κάθετη κίνηση του κυλίνδρου, το οποίο σημαίνει ότι η θέση της οδηγού βαλβίδας δεν θα αλλάξει με τη κίνηση του σερβομοτέρ(ουδεμία μεταβολή στροφών με τη

κίνηση των σερβομοτέρ). Εάν ο στατισμός τεθεί σε 4% ο κύλινδρος θα τεθεί εκκεντρικός στον ανυψωμένο άξονα και η κίνηση των πτερυγίων θα προκαλέσει μια ανύψωση η καταβίβαση της θήκης της οδηγού βαλβίδας με μια αντίστοιχη αύξηση ή μείωση στην θέση στροφών της μονάδας.

Οι στροφές της μονάδας θα είναι 0.5% της κανονικής υπό φορτίο 0.5 ανοίγματος των πτερυγίων. Αυτό σημαίνει ότι δια να είχαμε 100% στροφές με φορτίο πλήρους ανοίγματος πτερυγίων η στάθμη στροφών θα πρέπει να τεθεί 4 % υψηλότερα απ ότι με στατισμό <<0>>.



(ΕΙΚ.ΠΤΕΡΥΓΙΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ)

### 3.4 ΜΑΓΝΗΤΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ P.M.G

#### 3.4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η μαγνητοηλεκτρική μηχανή κινείται από προέκταση του κυρίου άξονα της γεννήτριας και επομένως με τις ίδιες στροφές με αυτόν.

Διάφορα είδη δύνανται να προσαρμοστούν σε μαγνητοηλεκτρική , αναλόγως τις προδιαγραφές του αγοραστή.( επαφές επιταχύνσεως ,φυγοκεντρικές επαφές πεδήσεως και στάσης, ενδεικτικές λυχνίες ,αναγκαίες διατάξεις δια τη κίνηση ενδεικτικών στροφόμετρων).

Αυτή δεν απαιτεί επαναμαγνήτιση κατά την αρχική και δύναται να προσυναρμολογηθεί. Ο δρομέας να αφαιρεθεί από το στάτη και το κέλυφος ανά πάσα στιγμή χωρίς επιβλαβής αντιδράσεις .



(ΕΙΚ.ΜΑΓΝΗΤΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ P.M.G)

### **3.4.2 ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΕΠΑΦΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ**

Οι φυγοκεντρικές επαφές είναι προσαρμοσμένες στο άνω μέρος το κέλυφους και κινούνται από οδοντωτό τροχό του άξονα του δρομέα της μαγνητοηλεκτρικής μηχανής. Η σχέση των οδοντωτών τροχών είναι τέτοια ώστε η επαφή να περιστρέφεται περίπου δια 100% στροφές του στροβίλου.

Η επαφή είναι του συνήθους μηχανισμού αντίβαρων διά ελατηρίου όπου η φυγόκεντρος δύναμη υπερισχύουσα μιας τάσης ελατηρίου ενεργοποιεί την επαφή σε επιθυμητή ταχύτητα λειτουργίας. Η επαφή είναι έτσι υπολογισμένη ώστε να μην κινείται καθόλου πριν φθάσει στις επιθυμητές στροφές.

Ο ίδιος τύπος επαφής χρησιμοποιείται για υπερταχύνσεις και επιταχύνσεις και διαφέρει το ελατήριο της φυγόκεντρος επαφής μόνο το οποίο ποικίλει ανάλογα με τις επιθυμητές ταχύτητες.

Οι φυγοκεντρικές επαφές ρυθμίζονται στο εργοστάσιο για τις επιθυμητές ταχύτητες πτώσεως (TRIP) και επαναφοράς (RESET). Δύνανται όμως να ρυθμιστούν και επί τόπου σε μια περιοχή (0% η 5% άνω και 5% κάτω από τη ρύθμιση του εργοστασίου χωρίς να απαιτηθεί αλλαγή του ελατηρίου.

## **3.5 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ**

**A) ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΝΧΟΥ ΡΥΘΜΙΣΤΟΥ**

**B) ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΑΣ (DASHPOT)**

### 3.5.1 A) ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΥΘΜΙΣΤΟΥ:

Η ταχυμετρική μονάδα του ρυθμιστή αποτελείται από τρεις σειρές ελατηρίων και αντίβαρα το οποία κινούνται από σύγχρονο κινητήρα δια του άξονα και του κάτω συγκρατήρας του ελατηρίου. Ο οδηγός βαλβίδας συγκρατείται στο άνω στήριγμα του ελατηρίου και περιστρέφεται στη θήκη του οδηγού βαλβίδας η οποία ενεργεί ως οδηγό έδρανο δια το περιστρεφόμενο συγκρότημα.

Η στάθμη ταχύτητας ,ο στατισμός, η επανατροφοδότηση της κύριας βαλβίδας και η αντιστάθμιση του αποσβεστήρα ευρίσκονται σε συνδυασμό και θέτουν κατακόρυφα τη θήκη του οδηγού βαλβίδας ως προς τη βαλβίδα.

Παροδικές μεταβολές ταχύτητας η ανυψώνουν η καταβιβάζουν την οδηγό βαλβίδα δια αυξήσεως η μειώσεως της φυγόκεντρου δυνάμεως προερχόμενη από τα αντίβαρα. Μια αύξηση ταχύτητας ωθεί τα ελατήρια προς τα έξω και σύρει την οδηγό βαλβίδα προς τα κάτω εντός της θήκης της .

Αποδιοχετεύεται το υπό πίεση λάδι προς την πλευρά κλεισίματος του εμβόλου του σερβομηχανισμού της κυρίας βαλβίδας και ανοίγει η άλλη πλευρά προς την εξαγωγή.

Αντιθέτως δια μείωση στροφών ο σύγχρονος κινητήρας διαχωρίζει από το άνω κέλυφος δια του διαχωριστικού δακτυλίου και εδράνων.

### 3.5.2 Β) ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΑΣ (DASHPOT)

Το έμβολο ισχύος (R) κινείται μηχανικά από τη κίνηση του σερβομοτέρ μέσω συνδέσμων και καλωδίων. Αύτη η μετακίνηση είναι ανάλογη της κίνησης των πτερυγίων ανά πασά στιγμή όταν τα πτερύγια ανοίγουν ένα έμβολο ισχύος κατεβαίνει δημιουργεί μια πίεση στο κάτω μέρος του κελύφους του αποσβεστήρα.

Η μετατόπιση του ελαίου ωθεί προς τα πάνω το έμβολο αντισταθμίσεως κατά ανάλογο ποσοστό.

Το έμβολο αντισταθμίσεως δια του άξονα (shaft). Συνδέσμου και μοχλών μεταφέρει τη κίνηση του εμβόλου αντισταθμίσεως στη θήκη της οδηγού βαλβίδας. Το έμβολο αντισταθμίσεως συγκρατείται δια του ελατηρίου. Αυτό το ελατήριο επαναφέρει πάντα το έμβολο στην ουδέτερη θέση μετά τη μετακίνηση.

Ο απαιτούμενος χρόνος δια την επιστροφή του εμβόλου στην ουδέτερη θέση υπό την τάση του ελατηρίου ελέγχεται από τη βελονοειδή βαλβίδα. Η βαλβίδα αυτή ελέγχει το ρυθμό μεταφοράς του λαδιού μεταξύ του άνω, μέρος ατμόσφαιρας και του κάτω μέρους. Όταν τα πτερύγια κινούνται προς τη πλευρά κλεισίματος, συμβαίνει το αντίστροφο.

### 3.6 ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΗ ΟΡΙΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

Η βοηθητική βαλβίδα χρησιμοποιείται κανονικά δια τις αρχικές συνθήκες όταν είναι αναγκαίο να κινούνται τα σερβομοτέρ αργά. Χρησιμοποιείται επίσης για τη στάση της μονάδος σε

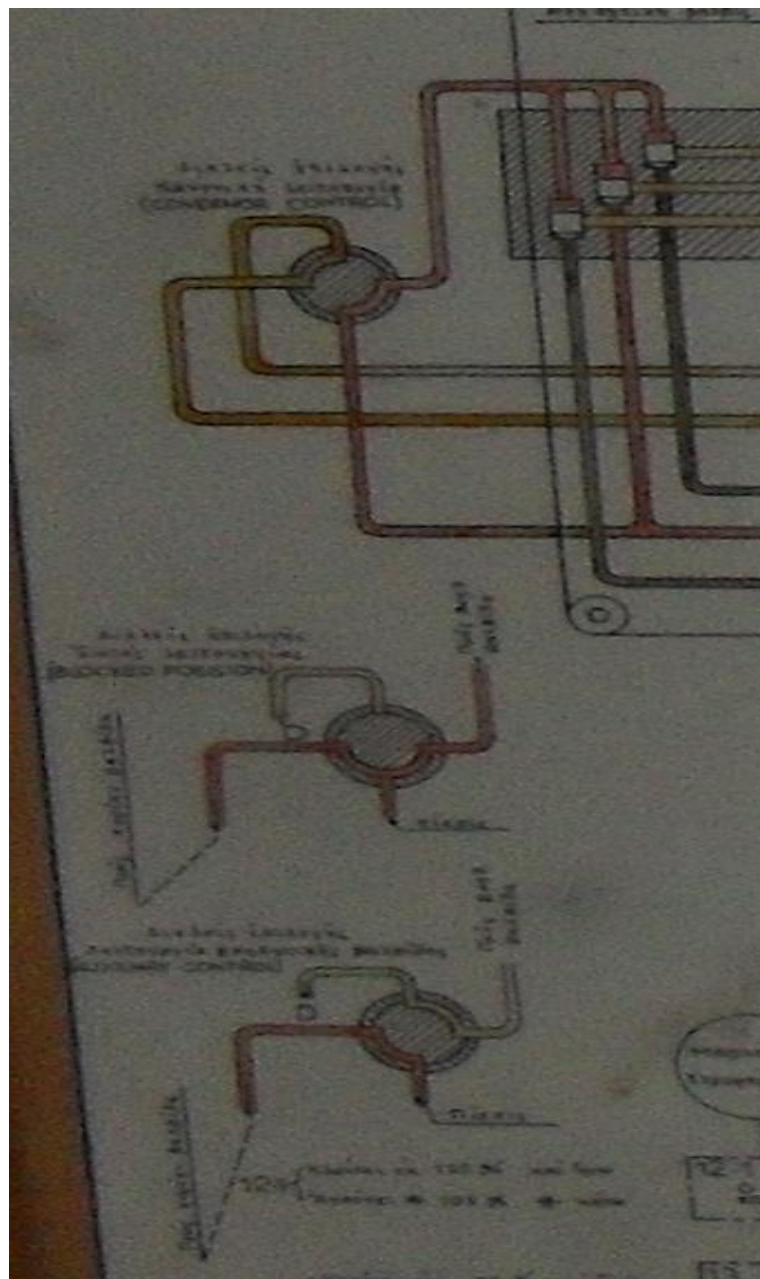
περίπτωση ανωμαλίας της κεφαλής του ρυθμιστή ή για τον έλεγχο του ανοίγματος των πτερυγίων(φορτίου) εάν είναι απολύτως αναγκαίο να διατηρηθεί το φορτίο και δεν λειτουργούν η κεφαλή του ρυθμιστή η' η κύρια βαλβίδα.

Όταν πρέπει να χρησιμοποιηθεί η βοηθητική βαλβίδα τραβήξτε έξω τη πιστολοειδή λαβή της βαλβίδας μεταγωγής στο εμπρόσθιο μέρος της κυψέλης του ρυθμιστή και φέρατε αυτό δια περιστροφή στη θέση AUXILIARY CONTROL(βοηθητική βαλβίδα).

Προσέξτε στο ενδεικτικό όργανο της βαλβίδας μεταγωγής όταν ο ρυθμιστής είναι μπλοκαρισμένος (θέση SERVO-BLOCKED), έλεγχος ανοίγματος πτερύγιων με τη βοήθεια του χειριστηρίου ορίου φορτίου στο εμπρόσθιο μέρος της κυψέλης .

Όταν χρησιμοποιείται η βοηθητική βαλβίδα η κύρια βαλβίδα μπλοκάρεται και δεν έχει ουδεμία επίδραση επί της κινήσεως των σερβομοτέρ.





(ΕΙΚ.ΒΑΛΒΙΔΑ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΘΕΣΗ: GOVERNOR CONTROL-BLOCKED -AUXILIARY CONTROL)

### **3.6.1 ΒΑΛΒΙΔΑ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΘΕΣΗ "GOVERNOR CONTROL" (ΕΛΕΓΧΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗ)**

#### **(Η ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ ΕΙΝΑΙ ΜΠΛΟΚΑΡΙΣΜΕΝΗ)**

Η θέση των πτερυγίων ελέγχεται από το χειριστήριο ορίου φορτίου σε εμπρόσθιο τμήμα της κυψέλης του ρυθμιστή το οποίο επενεργεί επί της βαλβίδας ορίου φορτίου και ακολούθως ελέγχει τη θέση της κυρίας βαλβίδας.

#### **ΣΕΙΡΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ**

Δια περιστροφής του οδοντωτού τροχού (P) προς τη φορά ανοίγματος (OPEN) καταργείται το άκρο του αιωρούμενου μοχλού (f" -f') και το περιστροφικό σημείο <<X>> το οποίο δια του άξονα (D-D') ανυψώνει το άκρο του μοχλού της βαλβίδας ορίου φορτίου "EE" και όπως φαίνεται από το βασικό σχηματικό διάγραμμα του ρυθμιστή των στροφών, η ανύψωση της βαλβίδας ορίου φορτίου προκαλεί ανύψωση της κύριας βαλβίδας και το έλαιο εισάγεται προς τη πλευρά ανοίγματος των σερβομοτέρ.

Κατά το άνοιγμα των πτερυγίων, ο οδοντωτός τροχός ("L") περιστρέφεται με τη βοήθεια συρματόσκοινου επαναφοράς προς την φορά ανυψώσεως του ετέρου άκρου του μοχλού "F-F" και το σημείο "X" έως ότου το σύστημα σταθεροποιηθεί σε άνοιγμα πτερυγίων το οποίο αντιστοιχεί στη νέα θέση του ορίου φορτίου.

Χωρίς νερό στο στρόβιλο είναι δυνατό να φέρει τα πτερυγία σε οποιαδήποτε άνοιγμα.

Ελέγχεται το άνοιγμα των πτερυγίων μέχρι ότου ο στρόβιλος φθάσει στις στροφές οι οποίες αντιστοιχούν στην ρύθμιση των στροφών του ρυθμιστή σε αυτό το σημείο η ίδια βαλβίδα τίθεται σε λειτουργία και ελέγχει το άνοιγμα των πτερυγίων.

Το όριο φορτίου χρησιμοποιείται πλέον δια να περιορίσει το μέγιστο άνοιγμα των πτερυγίων (η' φορτίου) το οποίο δύναται να φέρει η μηχανή. Τα αντίστροφα συμβαίνουν κατά το κλείσιμο των πτερυγίων.

### **3.6.2 ΒΑΛΒΙΔΑ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΘΕΣΗ AUXILIARY CONTROL(ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ)**

#### **(ΚΥΡΙΑ ΒΑΛΒΙΔΑ ΜΠΛΟΚΑΡΙΣΜΕΝΗ)**

Η θέση των πτερυγίων ελέγχεται από το ίδιο χειριστήριο ορίου φορτίου της κυψέλης όπως και υπό τον κανονικό έλεγχο ρυθμιστή .Με την κύρια βαλβίδα μπλοκαρισμένη , η βαλβίδα ορίου φορτίου δεν έχει καμιά επίδραση επί της θέσεως των πτερυγίων, αλλά με την βοηθητική βαλβίδα (V) εντός θα έχουμε κίνηση των σερβομοτέρ δια οποιαδήποτε μετακίνηση της βαλβίδας.

Το αποτέλεσμα είναι ότι με τον έλεγχο δια τη βοηθητική βαλβίδα, οι οδοντωτοί τροχοί "D" και " L" ελέγχουν τη βαλβίδα

“V” δια των μοχλών “B-B”, “C-C”, και “G-G” δια να ανοίξουν η να κλείσουν τα πτερύγια .

Ο ανωτέρω έλεγχος είναι ανεξάρτητος παντός άλλου έλεγχου η’ ασφαλιστικών διατάξεων πτώσεως σε στροφές κενών. Δια το λόγο αυτόν πρέπει να λαμβάνονται προφυλάξεις όταν χρησιμοποιείται η βοηθητική βαλβίδα δια να διαπιστωθεί ότι όλα τα έδρανα στροβίλου και γεννήτριας κ.λπ. λειτουργούν σε κανονικές συνθήκες. Αν συμβεί πτώση στην διάταξη «στροφών εν κενώ» τα πτερύγια θα επιτρέψουν σε αυτή τη θέση με τη προϋπόθεση ότι το όριο φορτίου ευρίσκεται σε άνοιγμα μεγαλύτερο από το απαιτούμενο για τις στροφές εν κενώ της μονάδας.

### 3.7 ----- ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ -----

#### 3.7.1 ΓΕΝΙΚΑ

**A)** Ένας γενικός κανόνας ο οποίος ισχύει δια τον έλεγχο των ευθυγραμμίσεων των μοχλών του ρυθμιστή είναι να τεθούν τα πτερύγια σε άνοιγμα 50% δια τον έλεγχο ορίου φορτίου (όλοι οι σύνδεσμοι , μοχλοί κ.λπ.) πρέπει να είναι η’ οριζόντιοι η’ κατακόρυφοι. Η μόνη εξαίρεση μπορεί να είναι στον άξονα “H-H” όπου ένας η’ δύο σύνδεσμοι μπορεί να ευρίσκονται υπό γωνία αναλόγως της κατασκευής .

#### 3.7.2 Β) ΒΑΛΒΙΔΑ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΘΕΣΗ GOVERNOR CONTROL (ΕΛΕΓΧΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΟΥ)

Φέρατε το δείκτη του ανοίγματος πτερυγίων σε 50% με το όριο φορτίου. Εάν τα σερβομοτέρ δεν είναι σε άνοιγμα 50%,ρυθμίσατε το μήκος του συρματόσκοινου επαναφορά έως ότου έλθουν εκεί.

Αφαιρέσατε το κάλυμμα του οργάνου και με το χέρι μετακινήσατε τον δείκτη της θέσεως πτερυγίων.

Ρυθμίσατε στο ("j-j") δια να έχετε ώρες ένδειξης ανοίγματος πτερυγίων, δηλαδή να δείχνει "0" όταν τα σερβομοτέρ βρίσκονται σε αυτή τη θέση.

Δια ελαφρά απόκλιση των δεικτών ,μπορεί να ρυθμίσει ο βραχίων "A-A" δια να τους φέρει σε ευθεία.

Μετά από ένα χρονικό διάστημα η τάση του συρματόσκοινου επαναφοράς θα προκαλέσει μια απόκλιση του δείκτη. Αυτό θα διορθωθεί δια ρυθμίσεως του μήκους των βραχιόνων.

### **3.7.3 Γ)ΒΑΛΒΙΔΑ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΘΕΣΗ (AUXILIARY CONTROL)ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ**

Ρυθμίσατε τον βραχίονα "C-C" δια να φέρετε τους δείκτες σε σύμπτωση και ασφαλίσατε δια των περικοχλίων. Με τα ορίου φορτίου σε οποιαδήποτε άνοιγμα είναι δυνατόν να μεταβούμε από τη βοηθητική βαλβίδα στον έλεγχο του ρυθμιστή (κύρια βαλβίδα) και πάλι στη βοηθητική βαλβίδα άνευ αλλαγής της θέσεως των δεικτών (ουδεμία μεταβολή στις θέσεις των σερβομοτέρ).

### **3.7.4 Δ)ΒΑΛΒΙΔΑ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΘΕΣΗ BLOCKED(ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΜΠΛΟΚΑΡΙΣΜΕΝΟΣ)**

Όταν η βαλβίδα μεταγωγής τεθεί στη μεσαία θέση (BLOCKED)(ρυθμιστής μπλοκαρισμένος) και η βοηθητική βαλβίδα και η κύρια βαλβίδα μπλοκάρονται.

Υπό τον ανωτέρω έλεγχο κίνησης των σερβομοτέρ με τη βοήθεια του ρυθμιστή είναι αδύνατος και γι αυτόν τον λόγο η θέση μπλοκαρίσματος δεν πρέπει να χρησιμοποιείται εκτός και αν ο στρόβιλος είναι χωρίς νερό η' αν έχει τεθεί η διάταξη ασφαλίσεως των σερβομοτέρ ώστε να κρατά τα πτερύγια κλειστά.

Ο κύριος σκοπός της θέσης του μπλοκαρισμένου είναι να διαιρεί το έλαιο δια μακράς περιόδου ακινησίας της μονάδος και να αποφεύγονται οι επικίνδυνοι χειρισμοί των σερβομοτέρ κατά τη κίνηση.

## **3.8 ΑΝΤΛΙΑ ΕΛΑΙΟΥ ΡΥΘΜΙΣΤΟΥ**

Η καρδιά ενός συστήματος ελαίου υπό πίεση είναι η αντλία η οποία δημιουργεί τη πίεση. Από την πείρα των βοηθητικών εγκαταστάσεων των υδροστρόβιλων η εταιρία pelto κατέληξε στην αντλία delaval imo. Η αντλία είναι σταθερής παροχής ,περιστρεφόμενη κοχλιωτή κατασκευασμένη με τρεις κοχλίες των οποίων οι επιφάνειες σπειρωμάτων είναι έτσι διαμορφωμένοι ώστε να σχηματίζουν μια άριστη στεγανότητα ο ένας με τον άλλο και με το περιβάλλον αυτού κέλυφος η'

κύλινδρο. Κατά τη περιστροφή των κοχλιών σχηματίζεται χώρος στεγανός ο ένας προ του άλλου δια των σπειρωμάτων. Αυτοί οι χώροι μετατρέπουν την περιστροφική κίνηση σε συνεχή και ομοιόμορφη κίνηση ελαίου.

Στην βασική κατασκευή της αντλίας IMO υπάρχουν τρεις πλήρως συνεργαζόμενοι κοχλίες. Ένας κώνων κοχλίας και δυο ελεύθεροι κοχλίες τοποθετημένοι συμμετρικά. Και οι τρεις κοχλίες είναι διπλού σπειρώματος και οι δυο ελεύθεροι κινούνται από το κινούντο κοχλία.

Τα σπειρώματα των κοχλιών είναι τέτοιας μορφής ώστε ο όγκος ο περικλειόμενος από τα σπειρώματα να παραμείνει σταθερός κατά τη διάρκεια του πλήρους κύκλου της αντλίας. Η αντλία αυτή είναι εξαιρετικά αθόρυβη στην λειτουργία της λόγω της φύσεως της και ομαλής συνεργασίας των κοχλιών, της έλλειψης οδοντωτών τροχών και η ταχύτητα του ελαίου είναι χαμηλή.

Η αντλία κινείται μέσω ευκάμπτου συνδέσμου από ηλεκτρικό κινητήρα κατάλληλου κατασκευής έχοντας στεγανά σφαιρικά ρουλεμάν.

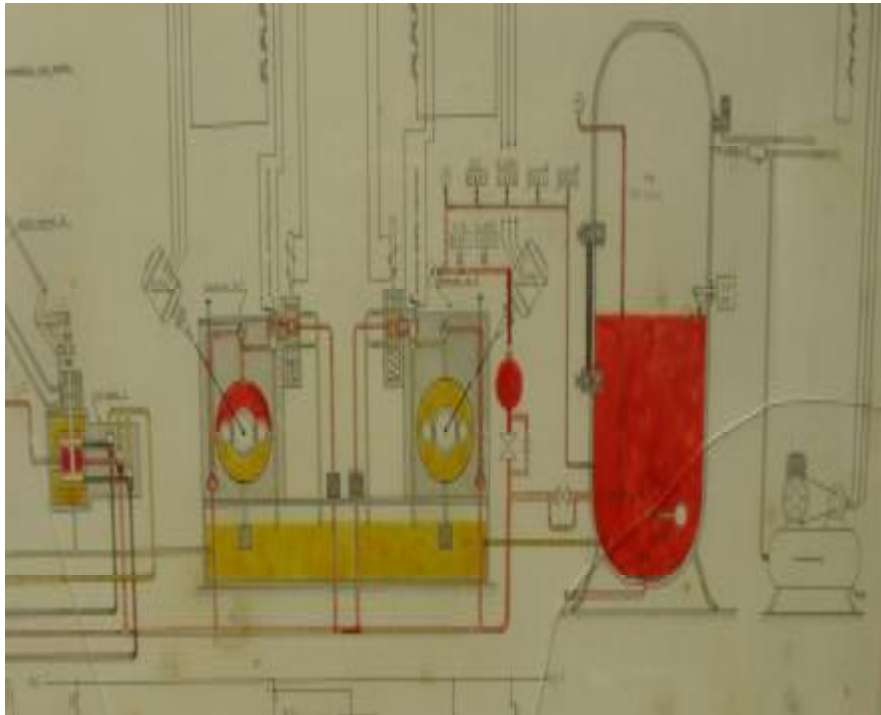
Δύναται να λειτουργήσει συνεχώς ή με διακοπές, αναλόγως την επιθυμία του αγοραστή. Ο έλεγχος γίνεται με τη βοήθεια χειριστηρίου επιλογής ευρισκόμενου στο εμπρόσθιο της κυψέλης του ρυθμιστή η' επί των αντλιών εάν η δεξαμενή ελαίου είναι ξεχωριστά από την κυψέλη.

Η αντλία ωθεί το λάδι σε tank πίεσεως έως ότου επιτευχτεί μια προκαθορισμένη πίεση όποτε η αντλία εκφορτώνει (στέλνει το έλαιο στην δεξαμενή ελαίου).

Η αντλία εκφορτώνει έως ότου η πίεση στο tank πίεσεως πέσει λόγω της χρησιμοποίησεως του ελαίου, όποτε η αντλία αρχίζει πάλι να σηκώνει πίεση κανονικά και η εκφόρτιση της αντλίας

αυτόματα σταματά τον κινητήρα και το ξανά ξεκινά προ του επόμενου κύκλου.

Στο διπλό σύστημα αντλιών υπάρχει διασύνδεση μεταξύ των αντλιών ώστε να δύναται να εργαστούν ξεχωριστά η' μαζί. Όταν εργάζονται μαζί ,η διασύνδεση και ο αυτόματος έλεγχος των αντλιών είναι τέτοιος ώστε κάθε αντλία δύναται να εργαστεί δια κανονική λειτουργία με την άλλη να χρησιμοποιείται ως εφεδρική και διατεταγμένη έτσι ώστε να εκκινεί αυτομάτως η' σε έλλειψη τάσεως στην λειτουργούσα αντλία η' όταν πέσει κάτω από μια προκαθορισμένη τιμή. Οι αντλίες έχουν συνδεθεί έτσι ώστε κάθε αντλία δύναται να αποσυνδεθεί και επανασυνδεθεί χωρίς να επηρεαστεί από τη λειτουργία της άλλης .



(ΣΧ.ΑΝΤΛΙΑ ΕΛΑΙΟΥ ΡΥΘΜΙΣΤΟΥ)



### 3.8.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Τα βέλη ροής ελαίου δείχνουν την διεύθυνση του ελαίου υπό διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας. Το βέλος “ο” όταν η αντλία εκφορτίζει η’ όταν εργάζεται η ανακουφιστική βαλβίδα, και το βέλος “ρ” όταν στέλνει λάδι στο σύστημα.



(ΕΙΚ.ΑΝΤΛΙΑ ΕΛΑΙΟΥ ΜΙΤΣΕΡ)

### 3.8.2 ΑΝΑΚΟΥΦΙΣΤΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Η ανακουφιστική βαλβίδα ασφαλείας εντός του συγκροτήματος της βαλβίδας εκφορτίσεως προστατεύεται δια περιορισμού της πίεσης εκροής της αντλίας .

Αυτή προστατεύει εάν η αντλία τεθεί σε λειτουργία με κλειστή τη βαλβίδα απομονώσεως .

## 3.9 ΒΑΛΒΙΔΑ ΑΕΡΟΣ ΠΕΔΗΣΕΩΣ

### ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Η βαλβίδα αέρος πεδήσεως είναι 3 διόδων ,θετικού χώρου έδρανος δεξαμενή να λειτουργήσει χειροκίνητα η' ηλεκτρικά, δια του ελέγχου του αέρος πεδήσεως της γεννήτριας.

Ο αέρας εισέρχεται στη βαλβίδα αέρος πεδήσεως δια του φίλτρου BLX-1(FILTER)και της κάτω βαλβίδας ( LOWER VALVE).Η κάτω βαλβίδα συγκρατείται κλειστή από τη πίεση του αέρα και από το ελατήριο (BY-47721 SPRING)και ανοίγει όταν λειτουργήσει η βαλβίδα αέρος πεδήσεως δια την εφαρμογή πεδήσεως. Μετά την εφαρμογή μιας πεδήσεως η βαλβίδα κλείνει κατά τη διεύθυνση της ροής του αέρος υπό την επίδραση του ελατηρίου.

Η άνω βαλβίδα (BY-43865)(VEREV VALVE) συγκρατείται ανοιχτή δια του ελατηρίου (BY-47722)(RETURN SPRING) εξασφαλίζουσα παροχή αέρος στην γραμμή αέρος πεδήσεως και κλείνει όταν λειτουργήσει η βαλβίδα αέρος πεδήσεως δια εφαρμογή μιας πεδήσεως .Αύτη η διάνοιξη δεν επιτρέπει

αύξηση της πίεσεως στη γραμμή αέρος πεδήσεως διότι υπάρχουν διαρροές στην κάτω βαλβίδα, αυτή η κατασκευή εξασφαλίζει λειτουργία της βαλβίδας άνευ τριβής χωρίς να χρησιμοποιούνται παρεμβλήματα η' αλλά μέσα στεγανοποιήσεως.

Υπάρχει σωληνοειδές BY-53919(SOLENOID)δια τη ηλεκτρική λειτουργία της βαλβίδας .Το σωληνοειδές τίθεται σε λειτουργία δια χειριστηρίου ελέγχου επί της κυψέλης του ρυθμιστή.

Όπου χρησιμοποιείται χρονοδιακόπτης αέρος πεδήσεως γεννήτριας το χειριστήριο ελέγχου φέρει τις θέσεις manual-off – auto.

Όπου δεν χρησιμοποιείται χρονοδιακόπτης το χειριστήριο ελέγχου φέρει τις θέσεις brake-off(πέδηση εκτός).

Το σωληνοειδές είναι κανονικά σε σειρά με μια επαφή μηδενικής θέσης πτερυγίων και με μια επαφή χαμηλών στροφών έτσι ώστε η λειτουργία της βαλβίδας εκ του σωληνοειδούς να μην είναι δυνατή τα πτερύγια του στροβίλου είναι πλήρως κλειστά και η γεννήτρια έχει στροφές κατάλληλες χαμηλές. Η βαλβίδα αέρος πεδήσεως είναι έτσι διατεταγμένη ώστε η λειτουργία της εκ του σωληνοειδούς να είναι ανεξάρτητη από τον έλεγχο του χειρομοχλού επείγουσας ανάγκης .

Ο χειρομοχλός BY-43874 φέρει κόμβιο απελευθερώσεως δια του αντίχειρα και χρησιμοποιείται σε περίπτωση επείγουσας ανάγκης .Ο χειρομοχλός δεν δύναται να μετακινηθεί χωρίς πρώτα να πατηθεί δια του αντίχειρα το κομβίο απελευθερώσεως που συγκρατείται σε θέση προς τα πάνω δια του ελατηρίου. Απελευθερωμένος ο χειρομοχλός ενεργοποιεί τον διακόπτη PE-2-A4(SWITCH) ο οποίος διακόπτει το ηλεκτρικό κύκλωμα προς το σωληνοειδές και έτσι ο αυτόματος έλεγχος είναι αδύνατος κατά τη χειροκίνητη λειτουργία. Το

ελατήριο ΒΥ-47716 επαναφέρει το χειρομοχλό στη θέση (off) κατά την απελευθέρωση του.



(ΕΙΚ. ΗΛΕΚΤΡΟΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΠΕΔΗΣΗ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ)

### **3.10 ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΡΧΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΡΥΘΜΙΣΤΟΥ**

Η Κανονική πορεία και έλεγχος του ρυθμιστή πρέπει να γίνουν προ της αρχικής εκκίνησης της μονάδος.

(Δεν υπάρχει νερό στο στρόβιλο.)

**1)**Σύνδεση του συρματόσκοινου επαναφοράς από τα σερβομοτέρ.

**A)**Θέσατε τα σερβομοτέρ σε θέση ανοίγματος πτερυγίων 50%

**B)** Θέσατε τον τομέα του συρματόσκοινου μέχρι ότου η ένδειξη της θέσεως των πτερυγίων στο όργανο της κυψέλης του ρυθμιστή να είναι 50%.

Στηρίξατε καλά το αντίβαρο ώστε να παραμείνει ο τομέας σε αυτή τη θέση

**Γ)**Τοποθετήσατε το συρματόσκοινο και το συνδετήρα του στον τομέα με το ρυθμιστικό περικόχλιο στον συνδετήρα περίπου  $\frac{3}{4}$ " από το άκρο δια να έχουμε τη μεγαλύτερη δυνατότητα ρύθμισης .Φέρατε το συρματόσκοινο χαλαρός στα σερβομοτέρ. Κόψατε καταλλήλως το συρματόσκοινο και τοποθετήσατε τους τηλεσκοπικούς οδηγούς του ,έτσι ώστε η δεικνυόμενη θέση των πτερυγίων να είναι η ίδια με τη θέση των σερβομοτέρ.

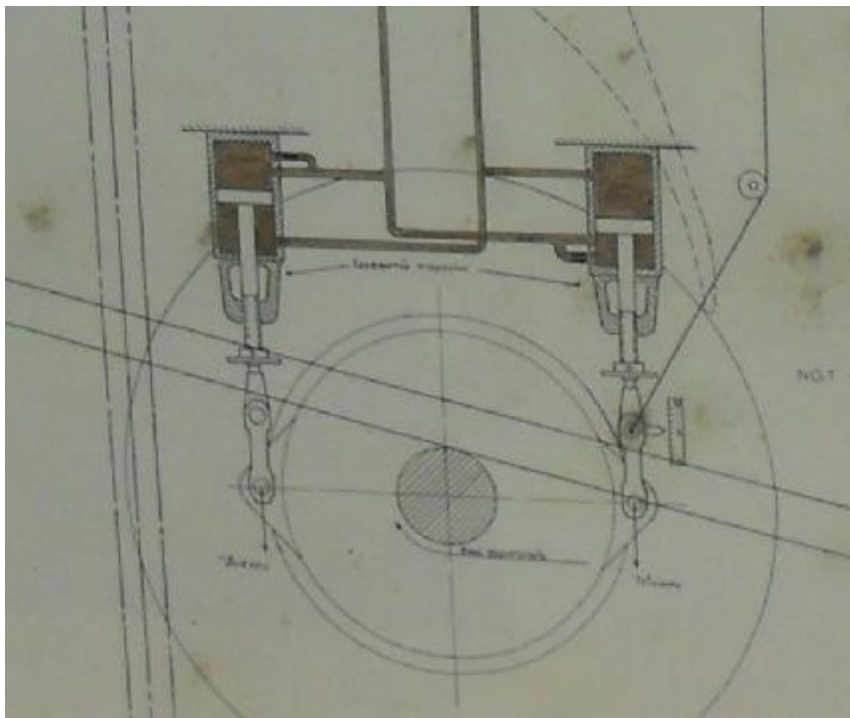
**2)**Σηκώσατε πίεση στο σύστημα.

**3)**Θέσατε το ρυθμιστή στη βοηθητική βαλβίδα.

**4)**Επαναφέρατε το σωληνοειδές πτώσεως από τη κυψέλη η' εκ του μακρών.

**5)**Ανοίξτε αργά τη βαλβίδα απομονώσεως του tank πίεσεως .

**A)**Αυτό θα προκαλέσει κίνηση των σερβομοτέρ στην ορθή θέση του αναλόγως της θέσεως του ορίου φορτίου. Πολλές φορές παρατηρείται μια μικρή απόκλιση από τη αρχική ρύθμιση. Με τη ρύθμιση του ορίου φορτίου της κυψέλης ,μετακινήσατε τα σερβομοτέρ μερικούς διάδρομους δια την απομάκρυνση του αέρα.



(ΕΙΚ.ΣΕΡΒΟΜΟΤΕΡ)

**B)**Τη βοήθεια του χειριστήριου ορίου φορτίου θέσατε τα σερβομοτέρ στο 50% άνοιγμα και ρυθμίσατε τη βοηθητική

βαλβίδα έτσι ώστε ο δείκτης ορίου φορτίου να συμπίπτει με τον δείκτη ανοίγματος των πτερυγίων στα 50% και ασφαλίσατε.

**Γ)** Αν ο δείκτης φορτίου ανοιχτεί σε πλήρες άνοιγμα ή πλήρες κλείσιμο και η θέση του δείκτη δείχνει λιγότερο ή περισσότερο θα πρέπει να επανατοποθετηθεί σωστά το συρματόσκοινο.

**6)** Φέρατε το χειριστήριο της βαλβίδας μεταγωγής στον έλεγχο του ρυθμιστή και ρυθμίσατε. (βλέπε κεφαλαίο “βοηθητική βαλβίδα και ρυθμίσεις ορίου φορτίου”).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

---

### ΠΡΟΣΤΑΣΙΕΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

#### 4.1.1 ΕΠΕΙΓΟΥΣΑ ΚΡΑΤΗΣΗ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΟΣ

Κατά τη κράτηση της μονάδος υπάρχουν δυο περιπτώσεις :

**A)** Η μονάδα να φύγει αυτομάτως ή'

**B)** Ομαλώς αυτομάτως

**ΠΙΝΑΚΙΔΑ 1.2 87GT & 87G** :Διαφορική προστασία γεννήτριας μ/σ η' γεννήτριας .

Η προστασία αυτή προστατεύει μια ζώνη από κόμβο γεννήτριας έως εξόδου μ/σ η' ζώνη κομβογεννήτριας εξόδου γεννήτριας .

Ο η/ν 87GT η' 87G είναι ένας συγκριτικός Η/Ν ο οποίος συγκρίνει τα ρεύματα στη ζώνη αυτή. Χρησιμοποιείται δε δια μεγαλύτερη ευαισθησία από έναν Η/Ν υπερεντάσεως .Ενεργοποιείται κατά την ανωμαλία .

**ΕΛΕΝΧΟΣ** :Οπτικός έλεγχος πίνακα έλεγχου Η/Ν όπισθεν πίνακα.



(ΕΙΚ.ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΟΙ-βρίσκονται πίσω από το control)





(ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΟΙ -ΒΡΙΣΚΟΝΤΑΙ ΟΠΙΣΘΕΝ ΠΙΝΑΚΑ ΕΛΕΓΧΟΥ)

Οι δέουσες ενέργειες επί του πίνακα σε περίπτωση μη ομαλής πτώσεως . Έλεγχος προέλευσης σφάλματος στην γεννήτρια.

ΠΙΝΑΚΙΔΑ 3 Η/Ν 51V:H/N υπερεντάσεως μετ' ανταγωνισμού τάσεως .

Έτσι προστατεύει τη γεννήτρια από υπερένταση με ανάλογη μείωση τάσεως .Είναι κατάλληλος δια προστασία γραμμής

μεταφοράς κατά τη διάρκεια βραχυκυκλώματος .Το ρεύμα το οποίο γεννιέται κατά το σφάλμα πολλές φορές συγκρινόμενο με το ρεύμα κανονικής λειτουργίας είναι μικρότερο.

Τοποθετείται να ανιχνεύει συμβάντα απλώς με τη ροή ρεύματος. Επειδή δεν αντιμετωπίζει δυσκολίες στην ανίχνευση συμβάντων απαραίτητο είναι να υπάρχει και ανάλογη τάση για να διεγερθεί .

Τοποθετείται δια να αποφεύγεται η πτώση της μονάδος σε μια στιγμιαία αύξηση η' μεταφορά φορτίου.

ΠΙΝΑΚΙΔΑ 4 H/N 46:Αρνητικης συνιστώσας.

Ανομοιόμορφα φόρτισης των φάσεων.

Ο H/N δεν διεγείρεται όταν έχουμε αντίστροφο ρεύμα από ασύμμετρη φόρτιση φάσεων.

Τοποθετείται δια προστασία ρότορα και στάτη γεννήτριας από υπερθέρμανση.

ΠΙΝΑΚΙΔΑ 4 H/N 64: H/N γειώσεως στάτη γεννήτριας

ΠΙΝΑΚΙΔΑ 10 H/N 40:Απώλεια διέγερσης

Ο H/N A αυτός βλέπει χαμηλή τάση (απώλεια διέγερσης ) με ανάλογη ένταση

ΠΙΝΑΚΙΔΑ 13 CO2:Εκτοξευση διοξειδίου του άνθρακα στο χώρο της γεννήτριας από πυρκαγιά στο τύλιγμα της γεννήτριας .

ΠΙΝΑΚΙΔΑ 28 H/N 96: Αυτοματώς πτώσης μονάδος από H/N Μπούχολς κυρίου M/T

ΠΙΝΑΚΙΔΑ 35 H/N 51TN: Πτώση της μονάδος από H/N 51TN γειώσεως κύριου M/T

ΠΙΝΑΚΙΔΑ 36 51H: Πτώση της μονάδος από υπερένταση βοηθητικού M/T



(ΕΙΚ.Με τις κόκκινες λυχνίες είναι οι προστασίες για επείγουσα κράτηση της μονάδος, ενώ με τις πράσινες είναι για την ομαλή κράτηση της μονάδος).

#### 4.2.2 ΟΜΑΛΗ ΚΡΑΤΗΣΗ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΟΣ

**ΠΙΝΑΚΙΔΑ 7 H/N 12-2**: Πτώση της μονάδος ομαλώς από υπερτάχυνση σε 272 στροφές .

Μηδενισμός φορτίου άνοιγμα διακόπτη σε κλείσιμο πτερυγίων 18%

**ΠΙΝΑΚΙΔΑ 16 382-383**: Αυτόματος πτώσης μονάδος η' σήμανση οφειλόμενη σε υπερθέρμανση οδηγού η' οστικού εδράνου γεννήτριας.

Πτώση από H/N 38Z

**ΠΙΝΑΚΙΔΑ 22 33 QB**: Πτώση μονάδος από χαμηλή στάθμη ελαίου η' σήμανση οδηγού εδράνου στροβίλου.

**ΠΙΝΑΚΙΔΑ 24 63QP**: Σήμανση οφειλόμενη σε χαμηλή πίεση ελαίου 17,7kg του ρυθμιστή στροφών

(πτώση της μονάδος εάν η πίεση πέσει κάτω από 16,45 kg)

**ΠΙΝΑΚΙΔΑ 25** : Πτώσης μονάδος η' σήμανση οφειλόμενη σε χαμηλή στάθμη ελαίου του ρυθμιστή(33QRZ -33QPML)

**ΠΙΝΑΚΙΔΑ 37 C10**: Επείγον κλείσιμο της θύρας υδροληψίας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

---

### 5.1 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΟΣ (START)



(ΕΙΚ.ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΥΗΣ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ)

**1)** Ελέγξτε ότι είναι εντός οι απαραίτητοι για την εκκίνηση και λειτουργία της μονάδος διακόπτες Σ.Ρ και Ε.Ρ και ότι υπάρχουν οι αντίστοιχες τάσεις .

**2)** Ελέγξτε ότι δεν υπάρχει ανωμαλία στην προς εκκίνηση μονάδα.

**3)**Ειδοποιήσατε τον χειριστή στροβίλων όπως προετοιμασία την υπό εκκίνηση μονάδα.

(Ελεγχος ότι δεν υπάρχει σήμανση).

**4)**Ελέγξατε , δια του χειριστή στροβίλου , τη θέση του μόνιμου στατισμού της μονάδος .Σημειωτέον ότι κατά την εκκίνηση της μονάδος ο μόνιμος στατισμός πρέπει να είναι άνω των 2%.

(Ο στατισμός είναι το πως ανταποκρίνεται η μονάδα στις διακυμάνσεις της συχνότητας .)

**5)**Ελέγξατε ότι τα καταγραφικά της μονάδος λειτουργούν καλώς.

**6)**Ελέγξατε τις σημάνσεις της μονάδος .

**7)**Ελέγξατε ότι η θύρα υδροληψίας είναι πλήρως ανοιχτή ,οπότε φωτίζει μόνο η ερυθρά λυχνία.

**8)**Ελέγξατε ότι τι χειριστήριο πεδήσεως ευρίσκεται στη θέση **AUTO**.

(Δηλαδή τα φρένα της γεννήτριας να είναι κλειστά για να γίνει η εκκίνηση. Αυτό επιτυγχάνεται γυρνώντας το χειρομοχλό της πεδήσεως στη θέση "**AUTO**").

**9)**Ελέγξτε ότι το ορίου φορτίου ευρίσκεται στη θέση μηδέν.

(Δηλαδή ότι τα πτερύγια του στροβίλου είναι τέρμα κλειστά για να γίνει η εκκίνηση).

**10)**Ελέγξτε ότι το χειριστήριο του αυτομάτου ρυθμιστή τάσεως ευρίσκεται στη θέση **"MAN"**.

(Δηλαδή ότι ο αυτόματος ρυθμιστής τάσεως είναι έκτος και η ρύθμιση της τάσης γίνεται χειροκίνητα).

**11)**Ελέγξτε ότι φωτίζει η πράσινη λυχνία του ροοστάτη διεγέρσεως .

(Αυτό σημαίνει ότι ο ροοστάτης διέγερσης ευρίσκεται στη **θέση 0**).

**12)**Εκτελέσατε χειρισμό ανοίγματος του διακόπτη διέγερσης δια του αντίστοιχου χειριστηρίου.

**13)**Ελέγξτε ότι τα χειριστήρια των **H/N 86 E** και **86N** ευρίσκονται στη θέση **RESET**, αλλιώς επαναφέρατε ταύτα.

**14)**Εκκινήσατε την ελαιαντλία Ε.Ρ εδράνου στροβίλου και ελέγξτε ότι το χειριστήριο της ελαιαντλίας Σ.Ρ εδράνου στροβίλου ευρίσκεται στη θέση **"AUTO"**.

(Αντλία ελαίου .Λαδώνει τα ρουλεμάν οδηγού και ωστικού εδράνου και λειτούργει με Ε.Ρ η' με Σ.Ρ.).

**15)**Ειδοποιήσατε τον επιτηρητή του υποσταθμού ότι πρόκειται να γίνουν χειρισμοί κλεισίματος στον αποζεύκτη και αεροδιακόπτη της υπό εκκίνηση μονάδος ,για να παρακολουθήσει την κανονική λειτουργία αυτών.

**16)**Αναμείνατε επιβεβαίωση του χειριστή στροβίλου ,ότι η μονάδα είναι έτοιμη προς εκκίνηση.

**17)**Δώσατε εντολή εκκινήσεως της μονάδος δια του χειριστηρίου εκκινήσεως –κρατήσεως (**MASTER 1**).

**18)**Ελέγξατε ότι ετέθει σε λειτουργία η αντλία ωστικού εδράνου , οπότε μετά τη πάροδο 10 δευτερολέπτων περίπου θα αρχίσει η περιστροφή της μονάδος.

**19)**Παρακολουθήσατε τις στροφές της μονάδος και την αυτόματη κράτηση της ελαιοαντλίας ωστικού εδράνου στις 158 στροφές περίπου.

(Βγάζει την αντλία ελαίου έκτος).

**20)**Κλείσατε τον διακόπτη διέγερσης και ενεργοποιήσατε επί του χειριστηρίου **7-70** μέχρι ότου η τάση φτάσει στα 15,7KV περίπου.



**21)**Θέσατε το χειριστήριο του αυτομάτου ρυθμιστή τάσεως **43-90** σε θέση **“TEST”** και μηδενίσατε δια του χειριστηρίου **7-90** την τας του στρεφόμενου ενισχυτή, ακολούθως θέσατε το χειριστήριο **43-90** σε θέση **“ AUTO”** ,οπότε η μονάδα ευρίσκεται σε αυτόματο έλεγχο ρύθμισης τάσης.(AVEAR).

**AVEAR:** Automatic voltage regulator

(Όταν σηκώσει τάση η μονάδα βάζουμε τον AVEAR).

**22)**Κλείσατε τον αποζεύκτη της μονάδος .

**23)**Αναμένετε ειδοποίηση του επιτηρητή του υποσταθμού δια το ομαλό κλείσιμο αποζεύκτη.

**24)**Ελέγξατε ότι το χειριστήριο (**II-25**) του αυτομάτου συγχρονισμού ευρίσκεται σε θέση **“AUTO”**.

**25)**θέσατε την κλείδα του χειριστηρίου **43-25** σε θέση **“AUTO”**, οπότε τίθεται σε λειτουργία , ο αυτόματος συγχρονιστής .

**26)**Μετά τον συγχρονισμό της μονάδος αναμείνατε ειδοποίηση του επιτηρητή του υποσταθμού δια το ομαλό κλείσιμο του αεροδιακόπτη της μονάδος.

**27)** Μετά το κλείσιμο του αεροδιακόπτη επαναφέρατε την κλείδα του χειριστηρίου **43-25** σε θέση **“OFF”** και αφαιρέσατε αυτήν οπότε πρέπει να μηδενίσει η ένδειξη του οργάνου του πίνακα συγχρονισμού.

**28)** Ειδοποιήσατε το Κ.Κ.Φ δια τον συγχρονισμό της μονάδος.

**29)** Σημειωτέον ότι η λειτουργία της μονάδος θα γίνεται αποκλειστικά και μόνον δια της κυρίας βαλβίδας **“J”** του ρυθμιστή στροφών.



(ΕΙΚ. CONTROL ΜΙΑΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ)

## 5.2 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΡΑΤΗΣΗ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΟΣ(STOP)

1)Γνωρίσατε στο χειριστή στροβίλων ποια μονάδα πρόκειται να τεθεί εκτός λειτουργίας .

2)Ειδοποιήσατε το επιτηρητή του υποσταθμού ότι πρόκειται να γίνουν χειρισμοί ανοίγματος στον αεροδιακόπτη και αποζεύκτη της υπό κράτηση μονάδας προς παρακολούθηση της ομαλής λειτουργίας αυτών.

3)Μειώσατε δια του ορίου φορτίου την ενεργό ισχύς στο ελάχιστο και μηδενίσατε αυτό δια του ορίου ταχύτητας .

4)Μηδενίσατε άεργο ισχύ δια ρυθμίσεως της τάσεως δια του χειριστηρίου **7-90** του ροοστάτη **90R**.

5)Προβείτε σε αλλαγή βοηθητικών ως εντολή 1/9 α.

6)Επανεκτιμήσατε την αντλία Ε.Ρ. εδράνου στροβίλου και αποκαταστήσατε τη σήμανση της **πινακίδας 23**.

**7)**Ανοίξτε τον αεροδιακόπτη και αμέσως κατόπιν τον αποζεύκτη της μονάδος.

**8)**Αναμείνατε ειδοποίηση του επιτηρητή του υποσταθμού δια την ομαλή λειτουργία αεροδιακόπτη και αποζεύκτη.

**9)**Μηδενίσατε την τάση του στρεφόμενου ενισχυτή δια του χειριστηρίου **7-70** του ροοστάτη **70-E** και αμέσως θέσατε τον επιλογέα του ρυθμιστή τάσεως σε θέση **“MAN”**.

**10)**Ανοίξτε τον Δ/Δ και παρακολουθήσατε τον μηδενισμό των οργάνων διέγερσης και τάσεως γεννήτριας.

**11)**Κρατήσατε τη μονάδα δια του χειριστηρίου **“ΕΚΚΙΝΗΣΕΩΣ – ΚΡΑΤΗΣΕΩΣ “ (MASTER 1)** και παρακολουθήσατε τον μηδενισμό ορίου φορτίου και ανοίγματος πτερυγίων.

**12)**Παρακολουθήσατε την πτώση των στροφών της μονάδος οπότε στις 33 στροφές περίπου εκκινεί αυτομάτως η πέδηση της μονάδος δίδουσα σήμανση στη **πινακίδα 15**.

**13)**Στρέψατε προς μείωση το χειριστήριο **7-70** του ροοστάτη **70 E** και κρατήσατε τούτο έως ότου ανάψει η πράσινη λυχνία.

**14)** Αναμείνατε ειδοποίηση χειριστή στροβίλων δια την ομαλή στάση της μονάδος και επαναφοράς (**RESET**) του συστήματος πεδήσεως και ευθύς αμέσως ενώ η αντλία ωστικού εδράνου ευρίσκεται σε λειτουργία, αποκαταστήσατε την **ΠΙΝΑΚΙΔΑ 15** βραδείας περιστροφής.

**15)** Θέσατε έκτος λειτουργίας την αντλία Ε.Ρ. του οδηγού εδράνου στροβίλου.

**16)** Ενημερώσατε το **Κ.Κ.Φ** δια τη κράτηση της μονάδος.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

- Ø **Δρ. Τσιμπλοστεφανάκης Ευάγγελος** , « Σημειώσεις στο μάθημα Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας» Α.Τ.Ε.Ι. Πατρών Σ.Τ.Ε.Φ. Τμήμα Ηλεκτρολόγων Πάτρα 2007
  
- Ø <http://hydropower.id.doe.gov> ('U.S.Department Of Energy', θεωρία, έρευνες και μελέτες micro/pico υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων)
  
- Ø <http://www.microhydropower.net> (Άρθρα σχετικά με micro υδροηλεκτρικά έργα και μελέτες micro υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων ανά τον κόσμο)
  
- Ø <http://www.hellasres.gr> ('Ελληνικός σύνδεσμος ηλεκτροπαραγωγών από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας', άρθρα και θεσμικό πλαίσιο υδροηλεκτρικών μονάδων )
  
- Ø <http://de.wikipedia.org>
  
- Ø ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ Α.Ε.  
ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ / ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ  
ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

- Ø [www.hydrodolarenergy.gr](http://www.hydrodolarenergy.gr)
- Ø <http://www.brighthub.com/engineering/mechanical/articles/26777.aspx?image=8953>
- Ø <http://sfrang.com/historia/graphics/60/62-86.jpg>
- Ø Ιστοσελίδα της Δ.Ε.Η. , [www.dei.gr](http://www.dei.gr)
- Ø ΔΕΠΑ, "Απολογισμός 2003"
- Ø <http://sfrang.com/historia/graphics/60/62-82.gif> βιβλιο
- Ø **Διπλωματική εργασία του φοιτητή Ιωάννη Βούλγαρη με τίτλο''  
ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑ'' ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**