



# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

## ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

### ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ  
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΚΛΑΣΙΚΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ  
(ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗ).

Σπουδαστές: Ζαχαρίας Ιωάννης (7302)

Καστάνης Γεώργιος (7786)

Πάτρα 2022

## Πίνακας περιεχομένων

1.1.1 Ιστορική Αναδρομή.....	4
Ενεργειακή Ζήτηση .....	7
Συστήματα Αντλιοσταμείωσης υπό λειτουργία.....	11
Γενικά Χαρακτηριστικά.....	11
Τεχνικά Χαρακτηριστικά.....	11
Ηλεκτρομηχανικός εξοπλισμός αποθήκευσης – απόδοσης ενέργειας.....	11
Μέθοδος Αποθήκευσης ενέργειας με μπαταρίες .....	11
Συντήρηση τεχνητών ταμιευτήρων νερού .....	11
2.1 Συστήματα Αντλιοσταμείωσης υπό λειτουργία.....	13
2.2 Γενικά Χαρακτηριστικά .....	16
2.2.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά .....	17
2.3 Υδροστρόβιλοι .....	19
2.4 Ηλεκτρομηχανικός εξοπλισμός αποθήκευσης – απόδοσης ενέργειας.....	24
2.5 Ανάγκη Ενεργειακής Αποθήκευσης .....	25
2.6 Μέθοδος Αποθήκευσης ενέργειας με μπαταρίες.....	27
2.7 Συντήρηση τεχνητών ταμιευτήρων νερού .....	32
3.1 Αρχή λειτουργίας στην διακίνηση ρευστών.....	39
3.2 Τρόποι λειτουργίας.....	42
3.3 Κριτήρια επιλογής αντλιών .....	43
3.4 Κινητήρας με βραχυκυκλωμένο δρομέα.....	44
3.5 Πολικά και φασικά μεγέθη.....	46
3.6 Στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο .....	50
3.7 Είδη τυλιγμάτων.....	52
3.8 Γεωμετρικές-Ηλεκτρικές μοίρες .....	53
3.9 Τύποι τυλιγμάτων του στάτη .....	53
3.10 Έλεγχος στροφών τριφασικού ασύγχρονου κινητήρα.....	55
3.11 Πέδηση ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα.....	56
3.12 Βαθμός απόδοσης.....	58
4.1 Υλικά αυτοματισμού .....	59
4.2 Ελεγκτής στάθμης.....	68
4.3 Είδη επιτηρητών στάθμης.....	71
4.4 Λειτουργία και σχέδιο μηχανισμού .....	73
4.4.1 Αυτοματισμός αντλιοσταμείωσης.....	74
4.4.2 Εναλλαγή αντλίας .....	77
4.5 Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος .....	79

4.6 Ισχύς και φόρτιση .....	85
4.7 Τρόποι Λειτουργίας Η/Ζ.....	86
4.8 Συντήρηση Η/Ζ.....	87
5.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αντλησιοταμίευσης.....	91

# 1.1 Εισαγωγή

## 1.1.1 Ιστορική Αναδρομή

Πριν από τη βιομηχανική επανάσταση, οι ενεργειακές ανάγκες των ανθρώπων ήταν ελάχιστες. Για την θέρμανση, στηρίζονταν στην θερμότητα από τις ακτίνες του ηλίου και στη συνέχεια, με την ανακάλυψη της φωτιάς, στην καύση ξύλων όταν οι θερμοκρασίες ήταν χαμηλές, με τη βιομάζα να είναι η πρώτη μορφή παραγωγής ενέργειας. Για τις μετακινήσεις, χρησιμοποιούσαν κυρίως τα άλογα στη στεριά και την δύναμη του ανέμου στα πανιά των ιστιοφόρων πλοίων για μετακινήσεις στη θάλασσα. Σταδιακά, κατάφεραν να χρησιμοποιούν τα ζώα τους για να τους βοηθούν στις γεωργικές τους εργασίες. Τον 12ο αιώνα κάνουν την εμφάνισή τους οι πρώτοι ανεμόμυλοι με σκοπό την άλεση των δημητριακών καθώς και την παροχή νερού από λίμνες και ποτάμια. Μέχρι τα τέλη του 18ου αιώνα ο άνθρωπος εκμεταλλεύονταν κυρίως την ενέργεια του ήλιου, του ανέμου, του νερού και της βιομάζας.

Κάποιες πηγές, αναφέρουν πως από την περίοδο της Αρχαίας Αλεξάνδρειας πρωτοεμφανίστηκαν απλές μηχανές που βασίζονταν στην ικανότητα να αξιοποιήσουν την ισχύ του ατμού. Η εξέλιξη της ατμομηχανής συνεχίστηκε με την πάροδο του χρόνου και σηματοδοτήθηκε σημαντικά τον 17ο και 18ο αιώνα. Οι Thomas Newcomen και James Watt στα μέσα του 1700 όμως ήταν αυτοί που δημιούργησαν τη σύγχρονη ατμομηχανή, ανοίγοντας νέες δυνατότητες στην ανθρωπότητα. Η μηχανή του Newcomen, βοήθησε στην εξόρυξη γαιάνθρακα, αντλώντας γρήγορα νερό από τα ορυχεία, μειώνοντας τις πλημμύρες. Μια μετατροπή της μηχανής του Newcomen από τον James Watt, που κατάφερε να αποχωρίσει τον συμπυκνωτή από τον κύλινδρο τον οποίο περιέβαλε με ατμό για την αποφυγή της ψύξης, έκανε την εξόρυξη άνθρακα ακόμα πιο αποδοτική με αποτέλεσμα η ατμομηχανές να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ευρεία γκάμα εφαρμογών.

Ο γαιάνθρακας ήταν πιο βολικός από την άνεμο και πιο αποδοτικός από τα άλογα και έτσι οι ατμομηχανές σύντομα τροφοδοτούσαν τρένα, πλοία και εργοστάσια. Χρησιμοποιήθηκε επίσης για τη θέρμανση κτιρίων και τη χύτευση σιδήρου σε χάλυβα. Ο Thomas Edison στο εργοστάσιο του στη Νέα Υόρκη, το 1880 χρησιμοποιώντας μια ατμομηχανή που συνδεδεμένη με την πρώτη ηλεκτρική γεννήτρια στον κόσμο παρείχε το πρώτο ηλεκτρικό φως στους χρηματοδότες της Wall Street και στους New York Times.

Ένα χρόνο αργότερα, το πρώτο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο στον κόσμο ξεκίνησε να λειτουργεί στο Άπλετον του Ουισκόνσιν από τον Edison . Αντί για την χρήση των ποταμιών για την άλεση του σιταριού, το εργοστάσιο του παρήγαγε ηλεκτρικό ρεύμα ικανό να τροφοδοτεί τρία κτίσματα. Ο πρώτος σταθμός ηλεκτροπαραγωγής με γαιάνθρακα, λειτούργησε το 1882 από την εταιρία Edison Illuminating Company για την παροχή ηλεκτρικού φωτισμού στην πόλη του Μανχάταν. Ο σταθμός παρείχε 110V σε συνεχές ρεύμα (DC) για 59 κτίσματα. Στον σταθμό Pearl Street, έξι γεννήτριες βάρους 27 τόνους έδιναν ισχύ 100 kW. Μέσω του εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) κατάφεραν να διανέμουν το ρεύμα σε αποστάσεις δεκάδων χιλιομέτρων με την χρήση μετασχηματιστών που έχουν την δυνατότητα χαμηλής τάσης για την παραγωγή και την διανομή στους χρήστες και υψηλής τάσης για την μεταφορά σε μεγάλες αποστάσεις με χαμηλό κόστος και λιγότερες απώλειες.

Μετά το τέλος την Βιομηχανικής Επανάστασης, μια νέα μορφή καυσίμου εμφανίστηκε, το πετρέλαιο. Για χρόνια το πετρέλαιο αποτελούσε πρόβλημα στους ανθρώπους καθώς μόλυνε το πόσιμο νερό στα πηγάδια. Αρχικά πωλούνταν ως φάρμακο, αλλά στη συνέχεια έγινε το νούμερο ένα εμπόρευμα για τον ηλεκτρισμό. Μέχρι τις αρχές του αιώνα, το αργό πετρέλαιο μετατράπηκε σε βενζίνη τροφοδοτώντας τις μηχανές εσωτερικής καύσης. Στα μέσα του 20ου αιώνα ξεκινώντας από τη Βόρεια Αμερική και την Ευρώπη οι μεγάλες πόλεις ηλεκτροδοτήθηκαν κάνοντας ευκολότερη τη ζωή των κατοίκων τους.

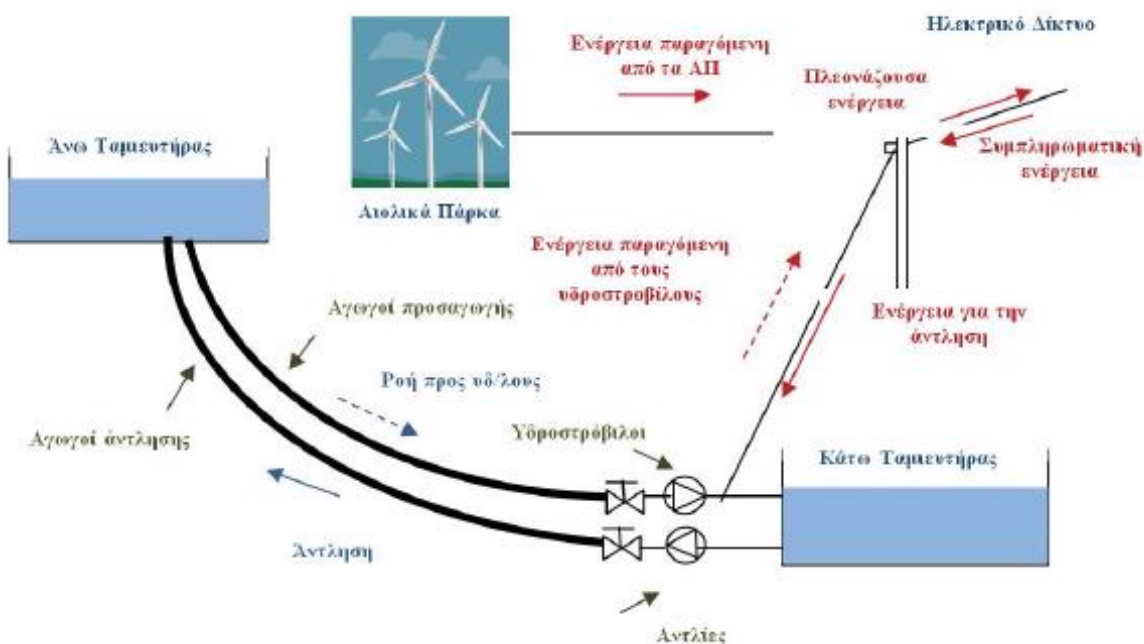
Λόγω της ανάγκης για ολοένα και περισσότερη ενέργεια, νέες μορφές παραγωγής ενέργειας κάνουν την εμφάνιση τους. Τον Δεκέμβριο του 1951 ξεκινάει την λειτουργία του ο πρώτος, πολύ μικρός, πυρηνικός αντιδραστήρας στο Αϊντάχο των ΗΠΑ με την Σοβιετική Ένωση, στο Ομπίνσκ, να θέτει σε λειτουργία τον Ιούνιο του 1954 τον πρώτο πυρηνικό ηλεκτροπαραγωγό. Η ανάπτυξη της πυρηνικής ενέργειας ήταν ραγδαία στα επόμενα χρόνια καθώς κατάφερε να παράγει πολύ φθινό ρεύμα. Μάλιστα ο τότε πρόεδρος της Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας των ΗΠΑ, Λιούις Στράους, είχε προβλέψει ότι το 2000 στις ΗΠΑ θα λειτουργούσαν 1.000 πυρηνικοί σταθμοί.

Οι σοβαρές επιπτώσεις όμως, σε ανθρώπινες ζωές και σε περιβάλλον, σε πιθανό πυρηνικό ατύχημα είναι τεράστιες, αποτέλεσμα, μετά το ατύχημα στο Τσερνόμπιλ στις 26 Απριλίου

του 1986 καθώς και το ατύχημα στις 11 Μαρτίου 2011 στη Φουκουσίμα, ανάγκασαν πολλές χώρες να καταργήσουν τους πυρηνικούς τους σταθμούς υπό το φόβο μιας ακόμη καταστροφής.

Ενώ η ενέργεια από τον άνεμο χρησιμοποιούταν σε διάφορες εφαρμογές, το 1957 ο Δανός Johannes Juul, κατασκεύασε μια ανεμογεννήτρια για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οριζόντιου άξονα, με 3 λεπίδες και διάμετρο 24 μέτρα. Είχε χωρητικότητα 200kW και είχε παρόμοιο σχεδιασμό με την ανεμογεννήτρες που χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα. Το 1954, τρεις ερευνητές στο Bell Laboratories ανακάλυψαν την πρώτη φωτοβολταϊκή κυψέλη στον κόσμο, η οποία είχε την δυνατότητα να μετατρέψει το φως του ήλιου σε ηλεκτρική ενέργεια, στην αρχή στο 4% και αργότερα στο 6% απόδοσης. Λίγα χρόνια αργότερα, το 1959 η Sharp Corporation ξεκίνησε την έρευνα και την ανάπτυξη μονοκρυσταλλικών κυψελών πυριτίου PV για μαζική παραγωγή, που ξεκίνησαν να χρησιμοποιούνται το 1963 με εφαρμογή σε οικιακή χρήση έως και εξοπλισμό δορυφόρων.

Στην εποχή που διανύουμε η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έχει γίνει πλέον απαγορευτική, πρώτον για λόγους οικονομικούς και δεύτερον για λόγους οικολογικούς λόγω καταστροφής του φυσικού περιβάλλοντος. Έτσι τα τελευταία χρόνια, ο άνθρωπος έχει στραφεί σε οικολογικές λύσεις για την αποθήκευση και την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα αναπτυχθεί λεπτομερώς η διαδικασία της αποθήκευσης νερού μέσω αντλιοσταμίου για την μετέπειτα χρήση του υδροηλεκτρικά φράγματα. Παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της διαδικασίας αυτής

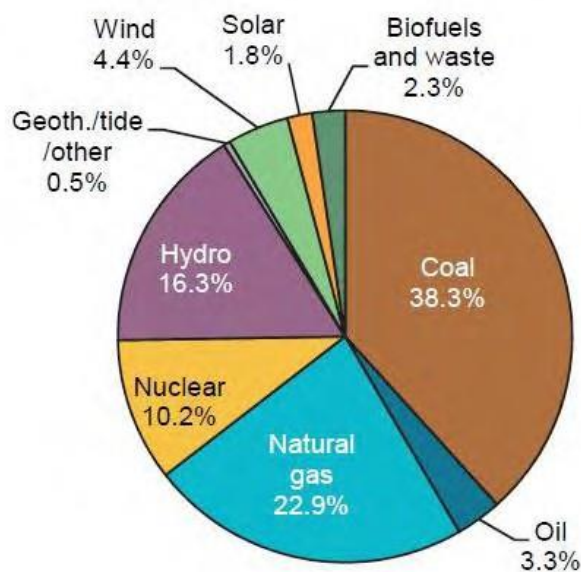


καθώς και οι μελλοντικές δυνατότητες της. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι υπηρεσίες που μπορεί ο τομέας της αποθήκευσης να παρέχει στο ηλεκτρικό σύστημα και τις ενεργειακές αγορές.

## Ενεργειακή Ζήτηση

Από το 1974 έως το 2017, η παγκόσμια ακαθάριστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αυξήθηκε από 6.298 TWh σε 25.721 TWh, με μέση ετήσια αύξηση 3,3%. Από το 1974, παρατηρείται συνεχόμενη αύξηση από έτος σε έτος στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με μοναδικές εξαιρέσεις τα έτη 2008 και 2009, λόγω της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης η οποία οδήγησε σε μείωση της παραγωγής. Μέχρι το 2000 οι χώρες- μέλη του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης - Ο.Ο.Σ.Α (Organization for Economic Co-operation and Development – OECD) είχαν αύξηση κατά έτος με ποσοστό 4,6% σε σύγκριση με τις χώρες εκτός Ο.Ο.Σ.Α που είχαν ποσοστό 3%. Λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης χωρών όπως η Κίνα και η Ινδία, από το 2000 έως το 2010, ο ρυθμός αύξησης για τις χώρες του Ο.Ο.Σ.Α μειώθηκε στο 1,1% σε αντίθεση με τις χώρες εκτός Ο.Ο.Σ.Α που παρουσίασαν ρυθμό ετήσιας αύξησης της παραγωγής ίσο με 6,4% με αποτέλεσμα το 2011 η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κρατών εκτός Ο.Ο.Σ.Α να ξεπεράσει την παραγωγή των κρατών του Ο.Ο.Σ.Α για πρώτη φορά και μέχρι στιγμής συνεχίζει να αυξάνει το μερίδιό της.

Σύμφωνα με στοιχεία του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (International Energy Agency), το 2017 τα καύσιμα οφείλονταν για το 66,8% της συνολικής παραγωγής ενέργειας, με τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς να ακολουθούν με 16,3%, την πυρηνική ενέργεια να καταλαμβάνει το 10,2% και τα Αιολικά και Φωτοβολταϊκά πάρκα 4,4% και 1,8% αντίστοιχα.



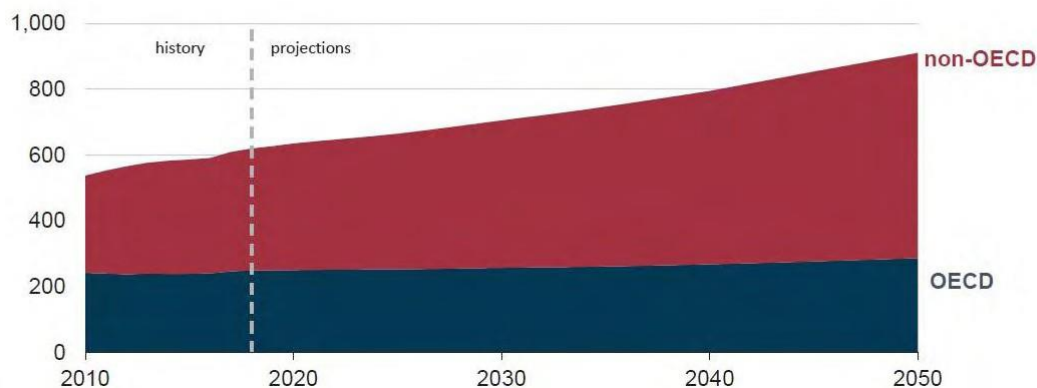
Παγκόσμια Παραγωγή Ενέργειας, 2017

Οι προβλέψεις αναφέρουν ότι ο παγκόσμιος πληθυσμός θα αυξηθεί μέσα στα επόμενα 30 χρόνια κατά 2 δισεκατομμύρια, ανεβαίνοντας από τα 7.7 δις (2019) στα 9.7 δις με πιθανότητα στο τέλος του αιώνα να αξίζει τα 11 δις με άμεσο επακόλουθο την αύξηση της ζήτησης και της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με τη μελέτη του

U.S Energy Information Administration (IEO2019), μέχρι το 2050 αναμένεται αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας κατά 50% με αποτέλεσμα η ετήσια παγκόσμια κατανάλωση να φτάσει τα 911 τετράκις εκατομμύρια btu.



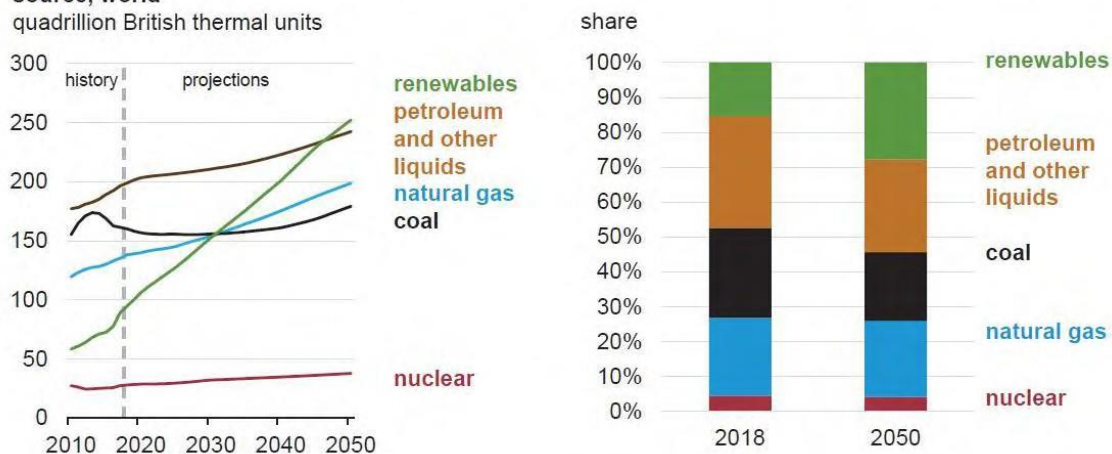
**World energy consumption**  
quadrillion British thermal units



Προβλέψεις Παγκόσμιας Κατανάλωσης Ενέργειας

Κύριο λόγο στη μεγάλη αύξηση θα έχουν οι χώρες της Ασίας και της Αφρικής που δεν ανήκουν στον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης με κυριότερες τις Κίνα και Ινδία. Σύμφωνα με τις έρευνες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα κατέχουν το μεγαλύτερο μερίδιο της παραγωγής ενέργειας τετραπλασιάζοντας τη συνολική τους παραγωγή μέχρι το 2050. Όπως φαίνεται στην Εικόνα, λόγω της τεράστιας αύξησης της ζήτησης όλες οι μορφές παραγωγής ενέργειας θα αυξήσουν σημαντικά την παραγωγή τους σε btu, παρότι τα ποσοστά τους στο συνολικό ισοζύγιο αναμένεται να μειωθούν.

**Primary energy consumption by energy source, world**  
quadrillion British thermal units



Παγκόσμια Κατανάλωση Ενέργειας ανά καύσιμο

Πιο συγκεκριμένα, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας προβλέπεται να έχουν ρυθμό αύξησης 3% ετησίως της παραγωγής τους μέχρι το 2050 και την πυρηνική ενέργεια να ακολουθεί με ρυθμό 1% ετησίως. Το φυσικό αέριο, όσον αφορά τα ορυκτά καύσιμα, παρουσιάζει τον μεγαλύτερο ρυθμό εκμετάλλευσης με 1,1% ετησίως σε σύγκριση με τα υπόλοιπα ορυκτά καύσιμα που αναμένεται να έχουν αύξηση κατά 0.6% ανά χρόνο. Ενδιαφέρον παρουσιάζεται στις προβλέψεις της παγκόσμιας κατανάλωσης άνθρακα, καθώς προβλέπεται να μειωθεί μέχρι το 2030 καθώς αντικαθίσταται από το φυσικό αέριο και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εξαιτίας του κόστους εξόρυξης αλλά και λόγω περιβαλλοντικών κανονισμών. Παρόλα αυτά, παρατηρείται αύξησή του ξανά το 2040 εξαιτίας της ραγδαίας βιομηχανικής ανάπτυξης και της ολοένα αυξανόμενης ανάγκης για ηλεκτρική ενέργεια στις χώρες που δεν ανήκουν στον Ο.Ο.Σ.Α, μη συμπεριλαμβανομένης της Κίνας.

## Κεφαλαιο 2

Αντλησιοταμίευση.....

Συστήματα Αντλησιοταμίευσης υπό λειτουργία

Γενικά Χαρακτηριστικά

Τεχνικά Χαρακτηριστικά

**Υδροστρόβιλοι**

Υδροστρόβιλοι *Pelton*

Υδροστρόβιλοι *Francis*

Υδροστρόβιλοι *Karlan*

Ηλεκτρομηχανικός εξοπλισμός αποθήκευσης – απόδοσης ενέργειας

Μέθοδος Αποθήκευσης ενέργειας με μπαταρίες

Συντήρηση τεχνητών ταμιευτήρων νερού

Ανάγκες αντλησιοταμίευσης.....

Συντήρηση.....

## Κεφάλαιο 2: Αντλησιοταμίευση

Η μέθοδος αποθήκευσης ενέργειας με αντλησιοταμίευση είναι από τις πιο διαδεδομένες

μεθόδους για τον σκοπό αυτό και αποτελούν την πιο ώριμη και εμπορικά συμφέρουσα λύση καθώς πάνω από το 97% την συνολικής ενέργειας που αποθηκεύεται, προέρχεται από έργα αντλησιοταμίευσης. Ένα τέτοιο σύστημα χρησιμεύει στην σταθεροποίηση του δικτύου, την εξισορρόπηση του φορτίου, την ρύθμιση της συχνότητας και τη δημιουργία αποθεματικού ενέργειας. Τα συστήματα αντλησιοταμίευσης είναι εξοπλισμένα με αντλίες και γεννήτριες που συνδέουν μια άνω και μια κάτω δεξαμενή νερού. Τέτοιες δεξαμενές μπορεί να είναι φυσικοί ταμιευτήρες όπως μια λίμνη είναι ποτάμι μεγάλου βάθους ή τεχνητοί όπως μια τεχνητή λίμνη που έχει δημιουργηθεί από υδροηλεκτρικό φράγμα.

Οι αντλίες χρησιμοποιούν το σχετικά φθινό ηλεκτρικό ρεύμα από το δίκτυο κατά τη διάρκεια της ημέρας που οι απαιτήσεις του δικτύου είναι χαμηλές για να μεταφέρουν και να αποθηκεύσουν το νερό από την χαμηλότερη δεξαμενή στην υψηλότερη. Σε περιόδους υψηλής ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια (ώρες αιχμής κατά τη διάρκεια της νύχτας) που το ρεύμα είναι πιο ακριβό, το νερό απελευθερώνεται από τον άνω ταμιευτήρα προς τον υδροστρόβιλο που βρίσκεται στον κάτω ταμιευτήρα, με σκοπό την παραγωγή ενέργειας σε υψηλότερη τιμή.



Με την έντονη αύξηση του ποσοστού ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές τα τελευταία χρόνια παγκοσμίως, η αντλησιοταμίευση αποτελεί την πιο αξιόπιστη λύση για την αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας (δυνατότητα παραγωγής ενέργειας όταν απαιτείται έως και 500 MW). Έτσι τα περισσότερα συστήματα αντλησιοταμίευσης περιλαμβάνουν διασύνδεση για τροφοδότηση των αντλιών τους με αιολικά ή φωτοβολταϊκά πάρκα. Τέτοια συστήματα ονομάζονται υβριδικά και έχουν την δυνατότητα να παρέχουν εγγυημένα ισχύ οποιαδήποτε στιγμή ζητηθεί από το δίκτυο. Επιπλέον τα υβριδικά συστήματα μπορούν να καταστήσουν αξιόπιστα τα δίκτυα των μη διασυνδεδεμένων νησιών, εκμεταλλεύοντας ως επί το πλείστον την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ υποστηριζόμενη από έργα αντλησιοταμίευσης

## 2.1 Συστήματα Αντλησιοταμίευσης υπό λειτουργία

Στην Ελλάδα λειτουργούν δύο αναστρέψιμοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί, της Σφηκιάς στον ποταμό Αλιάκμονα και του Θησαυρού στον ποταμό Νέστο που ανήκουν και τα δύο στην ΔΕΗ, συνολικής ισχύος 699 MW. Τα παραπάνω έργα δεν είναι συνδεδεμένα με κάποιο σύστημα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Ο Υδροηλεκτρικός Σταθμός Σφηκιάς στον ποταμό Αλιάκμονα, βρίσκεται λίγο έξω από την πόλη της Βέροιας και τέθηκε σε λειτουργία το 1985. Στο σύστημα λειτουργούν τρεις αναστρέψιμες μονάδες συνολικής ισχύος 315 MW με την χωρητικότητα του ταμιευτήρα να είναι στα 20 εκ. m<sup>3</sup>. Οι στρόβιλοι έχουν την δυνατότητα να αναστρέφονται με σκοπό κατά τη διάρκεια της νύχτας να αντλούν νερό από την λίμνη Ασωμάτων λαμβάνοντας την περίσσεια ενέργεια από τους κοντινούς λιγνιτικούς σταθμούς και να την αποδίδουν την διάρκεια της ημέρας που παρατηρούνται μεγαλύτερες ανάγκες για παραγωγή ρεύματος. Η παραγωγή ρεύματος από τα νερά του ποταμού είναι 266 GWh/έτος και η παραγωγή από την αναστρέψιμη λειτουργία είναι 394 GWh/έτος. Η λίμνη των Ασωμάτων έχει ωφέλιμη χωρητικότητα 14 εκ. m<sup>3</sup> και η εγκατεστημένη ισχύς του υδροηλεκτρικού σταθμού Ασωμάτων είναι τα 108 MW.



#### ΥΗΣ Σφηκιάς – Ασωμάτων

Ο Υδροηλεκτρικός Σταθμός Θησαυρού στον ποταμό Νέστο, βρίσκεται περίπου 60 χιλιόμετρα έξω από την πόλη της Δράμας, κοντά στο χωριό Παρανέστι και τέθηκε σε λειτουργία το 1997. Είναι αναστρέψιμος σταθμός και λειτουργεί όπως και του ΥΗΣ Σφηκιάς, αντλώντας νερό από τον ταμιευτήρα Πλατανόβρυσης και αποθηκεύοντάς το στον ταμιευτήρα Θησαυρού. Οι τρεις αναστρέψιμες μονάδες του παράγουν συνολική ισχύ 384 MW είναι τύπου Francis με κατακόρυφο άξονα και ο ταμιευτήρας έχει ωφέλιμη χωρητικότητα 656 εκ. m<sup>3</sup> με φράγμα του Θησαυρού να είναι από τα μεγαλύτερη στην Ευρώπη με ύψος 165 μέτρα.

Το φράγμα της Πλατανόβρυσης έχει ισχύ 116 MW που παράγεται από δύο μονάδες τύπου Francis κατακόρυφου άξονα ισχύος 58 MW η καθεμία και ο ταμιευτήρας του έχει ωφέλιμο όγκο 12 εκ. m<sup>3</sup>. Η παραγωγή από τα νερά του ποταμού είναι 440 GWh/έτος και η παραγωγή από την αναστρέψιμη λειτουργία είναι 615 GWh/έτος.

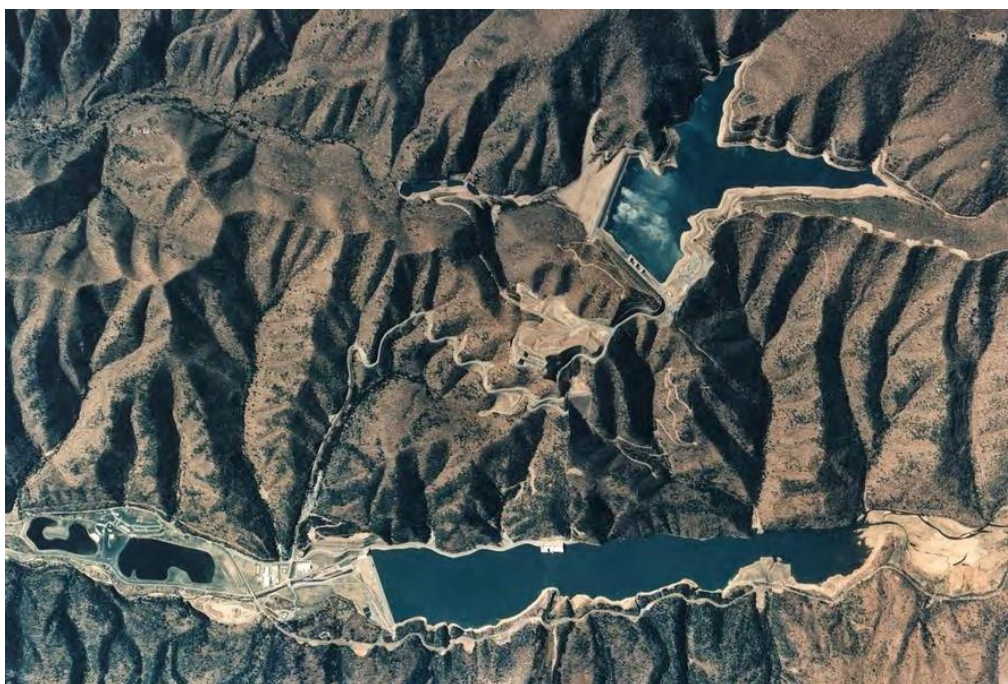




Αεροφωτογραφία ΥΗΣ Θησαυρού – Πλατανόβρυσης

Τα δύο αυτά έργα είναι οι μοναδικές μπαταρίες στο ελληνικό δίκτυο. Το μεγαλύτερο έργο αντλησιοταμίευσης ολοκληρώθηκε το 1985 στην περιοχή του Bath County της Virginia των ΗΠΑ. Έχει μέγιστη παραγωγική ικανότητα 3.003 MW μέσω έξι μονάδων 500.5 MW τύπου Francis, με μέση παραγωγή 2.773 MW, και συνολική χωρητικότητα αποθήκευσης 23.000 MWh.

Οι δύο ταμιευτήρες έχουν υψομετρική διαφορά 380 μέτρων και αποτελεί την «μεγαλύτερη μπαταρία στον κόσμο». Έχει τη δυνατότητα μέσα σε 5 λεπτά να υποστηρίξει το δίκτυο σε καταστάσεις αιχμής παρέχοντας άμεσα 500 MW ενώ η συνολική ενέργεια που αποθηκεύει μπορεί να εξυπηρετήσει τις ανάγκες 60 εκατομμυρίων ανθρώπων σε 13 πολιτείες των ΗΠΑ.



Αεροφωτογραφία Συστήματος Αντλιοσταμείωσης στο Bath County

## 2.2 Γενικά Χαρακτηριστικά

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στο σύστημα αντλιοσταμείωσης της Αμφιλοχίας. Το Σύστημα Αντλιοσταμείωσης στην Αμφιλοχία θα έχει τη δυνατότητα παραγωγής 680 MW για παραγωγή ενέργειας και 730 MW για άντληση των υδάτων. Η υφιστάμενη τεχνητή λίμνη Καστρακίου (ιδιοκτησίας της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού - ΔΕΗ) θα αποτελέσει τον κάτω ταμιευτήρα ενώ θα κατασκευαστούν δύο ξεχωριστοί άνω ταμιευτήρες. Συγκεκριμένα στη θέση «Καπνισόρρεμα» θα κατασκευαστεί ο ταμιευτήρας «Άγιος Γεώργιος» ενώ στη θέση «Σομπόρρεμα» ο ταμιευτήρας «Πύργος».



## 2.2.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά

### Κάτω Ταμιευτήρας

Η λίμνη Καστρακίου θα χρησιμοποιηθεί ως κοινός κάτω ταμιευτήρας και για τα δύο έργα. Αποτελεί μια τεχνητή λίμνη κοντά στο χωριό Καστράκι της Αιτωλοακαρνανίας πάνω στην κοίτη του ποταμού Αχελώου. Το φράγμα της για τον υδροηλεκτρικό σταθμό έχει ύψος 95 μέτρα και μήκος 530 μέτρα. Ο συγκεκριμένος ταμιευτήρας έχει το πλεονέκτημα της μικρής διακύμανσης μεταξύ ανώτατης και κατώτατης στάθμης, μόλις

2.20 m. Αυτό οφείλεται στον αρχικό του σχεδιασμό καθώς η μεγάλη έκτασή του (28 km<sup>2</sup>) δημιουργεί μικρές αποκλίσεις στη στάθμη του νερού. Κατά την κατασκευή του έργου αναμένεται να προστεθούν ανατρεπόμενα θυροφράγματα στον υπερχειλιστή ύψους

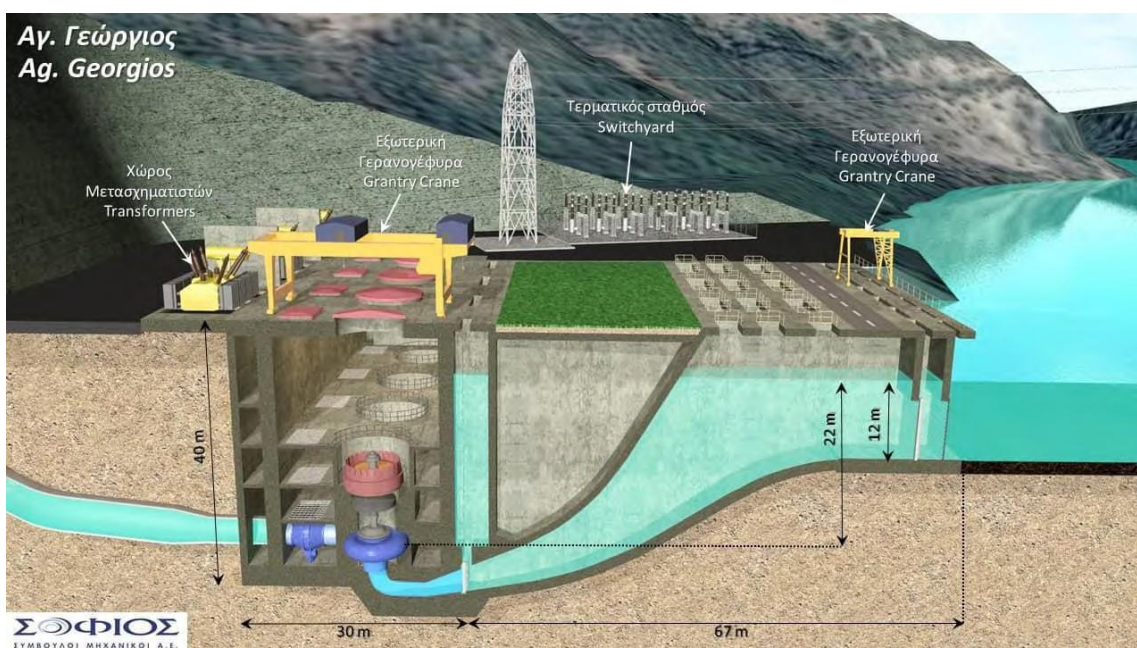
1.80 m με την διακύμανση της στάθμης να φτάνει τα 4.00 m και τον ωφέλιμο όγκο να αυξάνεται κατά 83 % φτάνοντας τα 97.000.000 m<sup>3</sup>. Έτσι η Μέγιστη Στάθμη Λειτουργίας θα φτάσει στα +144.65 σε σχέση με την Στάθμη Λειτουργίας χωρίς τα θυροφράγματα που είναι προς το παρόν στα +142.85, ενώ η Κατώτατη Στάθμη Λειτουργίας είναι τα +140.65. Κατά την λειτουργία των δύο αντλιοσταμειωτικών έργων, ο «Άγιος Γεώργιος» θα μεταβάλλει τη στάθμη του ταμιευτήρα Καστρακίου, εξαιτίας της άντλησής του, κατά 0.2 m ενώ το έργο του Πύργου κατά 0.08 m, φτάνοντας την μέγιστη βύθιση του ταμιευτήρα Καστρακίου σε περιόδους άντλησης στα 0.28 m.

### Σύστημα Αντλιοσταμείωσης «Άγιος Γεώργιος»

Ο άνω ταμιευτήρας στη θέση «Άγιος Γεώργιος» αναμένεται να έχει έκταση 323 στρέμματα με λεκάνη απορροής 4.39 km<sup>2</sup> και ωφέλιμο όγκο νερού 5.000.000 m<sup>3</sup>. Η κατασκευή του φράγματος θα γίνει επί του ρέματος «Καπνισόρρεμα» με ύψος από τη θεμελίωση 54.50 m και με μήκος στέψης 463 m σε υψόμετρο +384.50 ενώ το πλάτος της στέψης θα είναι 5.00 m. Η Μέγιστη Στάθμη Λειτουργίας έχει οριστεί στη στάθμη +383.00 ενώ η ελάχιστη στη στάθμη +359.50. Σύμφωνα με τη μελέτη

το φράγμα που θα έχει ωφέλιμο όγκο 620.000 m<sup>3</sup> θα κατασκευαστεί από σκληρό επίχωμα ενώ τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν θα προέλθουν από τις εκσκαφές που θα γίνουν κατά τη διάρκεια των έργων.

Το φράγμα «Άγιος Γεώργιος» θα διαθέτει μετωπικό υπερχειλιστή ελεύθερης υπερχειλίσης χωρίς θυροφράγματα με μήκος 30m και παροχή σχεδιασμού 34.60 m<sup>3</sup>/sec ενώ η υδροληψία θα γίνεται μετωπικά από πέντε σημεία επίπεδων εσχάρων συνολικής παροχής άντλησης 176.39 m<sup>3</sup>/sec και συνολικής παροχής για παραγωγή 235.19 m<sup>3</sup>/sec. Στο σημείο αυτό θα κατασκευαστεί Ημιυπαίθριος Σταθμός Παραγωγής 3.000 m<sup>2</sup> και μέγιστο ύψος 42 m. Ο σταθμός θα εξοπλίζεται με τέσσερις αναστρέψιμες μονάδες τύπου Francis σε κατακόρυφο άξονα και τέσσερις μετασχηματιστές, έναν για κάθε αναστρέψιμη μονάδα, στο εξωτερικό του κτιρίου του σταθμού παραγωγής. Η λειτουργία των αντλιών θα διαρκεί 8 ώρες ημερησίως ενώ η λειτουργία των στροβίλων 6 ώρες ημερησίως με εκτιμώμενη λειτουργία ανά έτος τις 200 ημέρες περίπου. Μέσω των τεσσάρων αυτών στροβιλοαντλιών ο Σταθμός «Άγιος Γεώργιος» θα έχει τη δυνατότητα άντλησης 496 MW και παραγωγής 460 MW με βαθμό απόδοσης συστήματος 69.60 %.



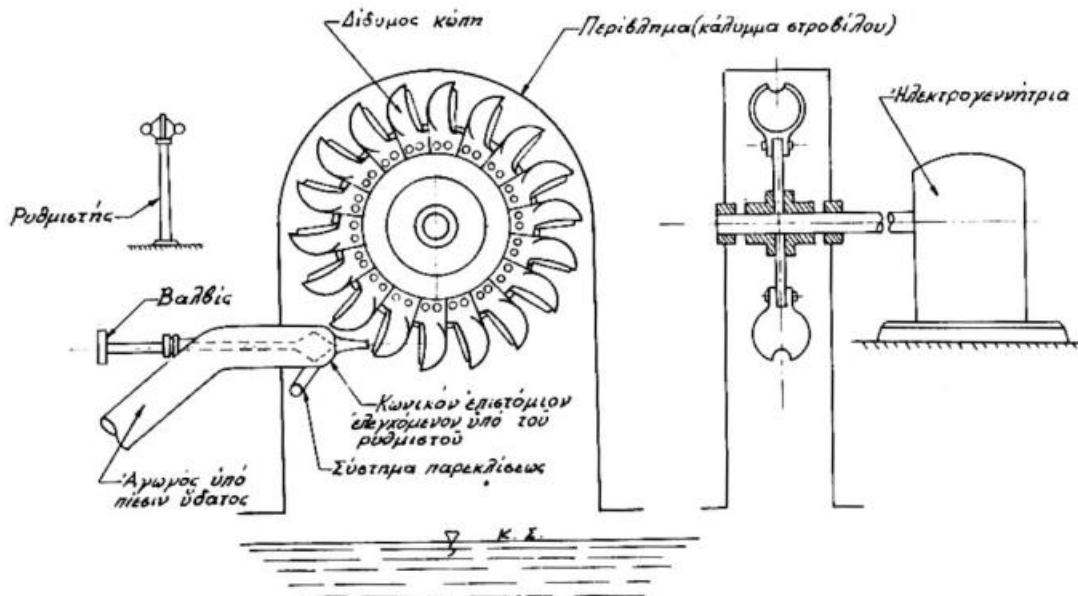
## 2.3 Υδροστρόβιλοι

Οι υδροστρόβιλοι είναι οι μηχανές οι οποίες μετατρέπουν την δυναμική ενέργεια του νερού σε μηχανική ενέργεια μέσω συνεχούς ροής του υγρού και σταθερής περιστροφικής κίνησης. Η μετατροπή της ενέργειας του νερού σε μηχανική ενέργεια γίνεται εξαιτίας της ανάπτυξης κινητήρια ροπής στο στρεφόμενο μέρος της μηχανής, το οποίο ονομάζεται δρομέας. Η κινητήρια ροπή μεταφέρεται στην άτρακτο του δρομέα, η οποία είναι συνδεδεμένη με την άτρακτο της γεννήτριας, η οποία και μετατρέπει την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική.

Η κατηγοριοποίηση τους γίνεται σε υδροστρόβιλους δράσεως (impulse turbines) και σε υδροστρόβιλους αντιδράσεως (reaction turbines). Στην πρώτη κατηγορία μόνο ένα τμήμα του δρομέα ευθύνεται για την μετατροπή της ενέργειας ενώ στην δεύτερη κατηγορία ολόκληρη η πτερωτή λειτουργεί αξονοσυμμετρικά στην μετατροπή. Επιπλέον ο δρομέας στους υδροστρόβιλους δράσεως λειτουργεί υπό ομοιόμορφη στατική πίεση έχοντας μηδενικό βαθμό αντίδρασης ενώ στους υδροστρόβιλους αντιδράσεως η ροή μέσω του δρομέα γίνεται με παράλληλη μεταβολή της στατικής πίεσης του υγρού. Υπάρχουν 3 γνωστοί τύποι υδροστρόβιλων. Οι τύποι Pelton, ανήκων στην κατηγορία των υδροστρόβιλων δράσεως ενώ οι Francis και Kaplan στους υδροστρόβιλους αντιδράσεως.

## Υδροστρόβιλοι Pelton

Ο υδροστρόβιλος PELTON ανήκει στην κατηγορία υδροστρόβιλων δράσης και είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος που χρησιμοποιείται κατά κόρον στην κατηγορία αυτή. Ο άξονας του στροφείου μπορεί να είναι οριζόντιος ή κατακόρυφος. Το στροφείο έχει στην περιφέρειά του σκαφίδια ή αλλιώς κουτάλια και κατασκευάζεται είτε ενιαίο, είτε με τα σκαφίδια ανεξάρτητα. Το τμήμα εισόδου του υδροστρόβιλου PELTON αποτελείται από ένα ή περισσότερα ακροφύσια. Η ρύθμιση της παροχής επιτυγχάνεται μέσω βελόνας, η οποία μετακινείται κατά τον άξονα του ακροφυσίου μέσω υδραυλικού συστήματος. Για την περίπτωση γρήγορης απόρριψης του φορτίου υπάρχει όνυχας εκτροπής της δέσμης αμέσως μετά την διατομή εξόδου του ακροφυσίου. Ο όνυχας εκτρέπει την δέσμη η οποία δεν προσπίπτει πλέον στο στροφείο και στην συνέχεια η παροχή μειώνεται κλείνοντας τη βελόνα με ρυθμό που έχει υπολογισθεί έτσι ώστε η υπερπίεση να μην ξεπερνά τις επιτρεπόμενες τιμές. Σημειώνεται ότι ο αγωγός προσαγωγής των υδροστρόβιλων PELTON έχει συνήθως σημαντικό μήκος λόγω του ,μεγάλου ύψους πτώσης. Το περίβλημα του υδροστρόβιλου συνδέεται με το τμήμα εξόδου και οδηγεί το νερό που πέφτει από το στροφείο στην διώρυγα απαγωγής. Χρησιμοποιείται για ύψη πτώσης νερού από 50 μέχρι 1300 μέτρα και ποσότητες νερού από 0,01 μέχρι 5m<sup>3</sup>/s και κατασκευάζονται για πολύ μικρές, (της τάξεως των δεκάδων KW) έως πολύ μεγάλες ισχύς (της τάξεως των εκατοντάδων MW) και τέλος έχουν πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης σε όλη τη διάρκεια της λειτουργίας τους.

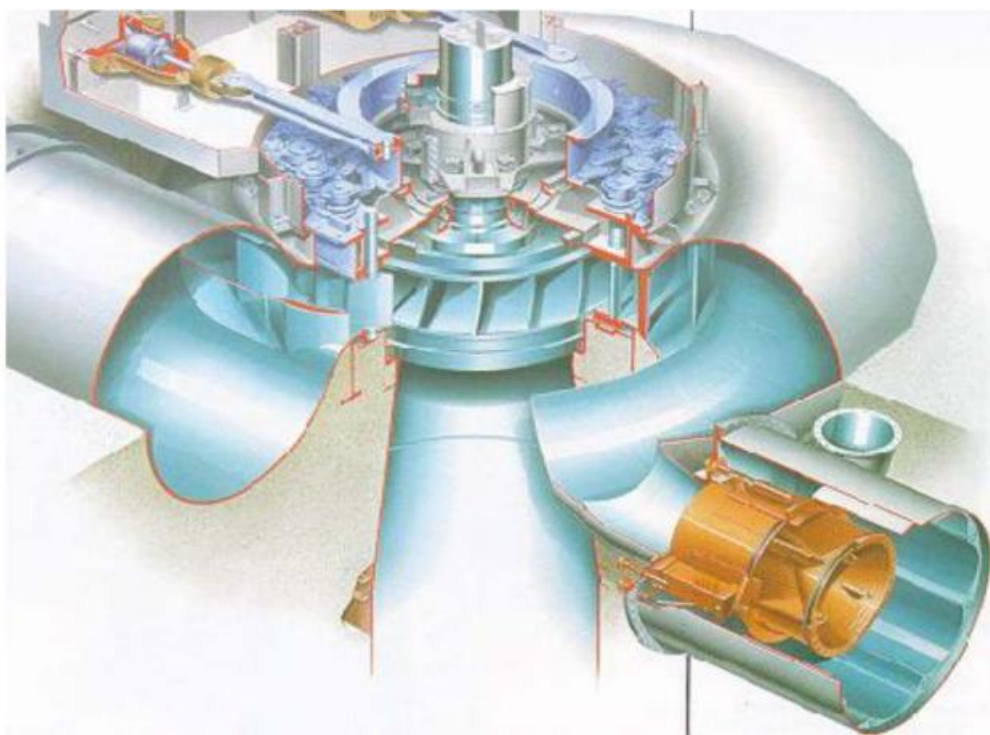


Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας υδροστρόβιλου τύπου Pelton

## Υδροστρόβιλοι Francis

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

νερού.



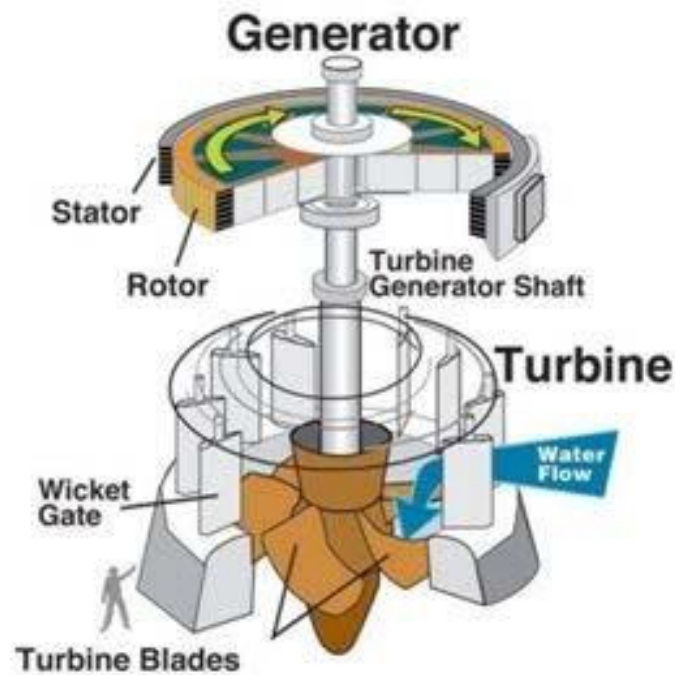
Λειτουργία υδροστρόβιλου τύπου Francis

## Υδροστρόβιλοι Kaplan

Οι υδροστρόβιλοι Kaplan αποτελούν μια εξέλιξη του υδροστρόβιλου Francis για την επίτευξη παραγωγής ισχύος σε μεγάλες παροχές νερού και μικρά ύψη (μανομετρικά).

Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η σχεδόν ευθεία διέλευση του νερού που βοηθά στην απλούστευση της κατασκευής, και τη μείωση του κόστους εγκατάστασης. Το ρευστό εισέρχεται από τον κυκλικής διατομής αγωγό προσαγωγής, συναντά τη στεφάνη των ρυθμιστικών περυγίων και αφού διέλθει δια του δρομέα εξέρχεται μέσω του αγωγού απαγωγής. Τα ρυθμιστικά περύγια διατάσσονται αξονοσυμμετρικά σε ευθεία η κωνική διαμόρφωση. Τα περύγια μπορεί να είναι είτε σταθερά, είτε η κλίση τους να μεταβάλλεται ομοιόμορφα μέσω μηχανισμού κίνησης. Η δυνατότητα μεταβολής της κλίσης των ρυθμιστικών περυγίων προσδίδει στον υδροστρόβιλο ευελιξία, ώστε να λειτουργεί με τον μέγιστο δυνατό βαθμό απόδοσης στις διάφορες συνθήκες ύψους πτώσης και παροχής.





Λειτουργία υδροστροβίλου τύπου Kaplan

Ο δρομέας με την μορφή έλικας μεταβλητού βήματος αποτελείται από μικρό αριθμό πτερυγίων (3-7 ανάλογα με το ύψος πτώσης), που έχουν και αυτά την δυνατότητα μεταβολής της κλίσης τους, ώστε να λειτουργεί ικανοποιητικά για ευρεία μεταβολή του ύψους πτώσης. Το τμήμα εξόδου κωνικής μορφής, χρησιμεύει στην μείωση της ταχύτητας του ρευστού, με ταυτόχρονη αύξηση της στατικής του πίεσης, έτσι ώστε η είσοδος του στον κάτω ταμιευτήρα να γίνεται ομαλά και με μικρή ταχύτητα. Στις εικόνες παρατίθενται τα ρυθμιστικά πτερύγια και το στροφέιο του υδροστροβίλου. Χρησιμοποιείται για ύψη πτώσης νερού από 2 μέχρι 50 μέτρα και ποσότητες νερού από 2 μέχρι 120m<sup>3</sup>/s για ισχύς από 5 μέχρι 120MW.

## 2.4 Ηλεκτρομηχανικός εξοπλισμός αποθήκευσης – απόδοσης ενέργειας

Τα συστήματα αντλησιοταμίευσης χωρίζονται σε 3 κατηγορίες ανάλογα με τον ηλεκτρομηχανικό εξοπλισμό που διαθέτουν:

- ❖ **Ενιαίος αναστρέψιμος εξοπλισμός**, με τον υδροστρόβιλο, την αντλία και την ηλεκτρική μηχανή με τη δυνατότητα λειτουργίας είτε ως κινητήρας είτε ως γεννήτρια να συνδέονται σε κοινή άτρακτο με την φορά της περιστροφής να είναι η ίδια και κατά τη διάρκεια της άντλησης αλλά και κατά την διάρκεια παραγωγής ρεύματος. Αυτός ο εξοπλισμός έχει μικρό κόστος και δεν καταλαμβάνει πολύ χώρο αλλά παρουσιάζει αργή αλλαγή της λειτουργίας και δυσκολία εκκίνησης της αντλίας.
  
- ❖ **Ξεχωριστή αντλία και υδροστρόβιλος με κοινή αναστρέψιμη ηλεκτρική μηχανή σε κοινή άτρακτο**. Αυτή η περίπτωση είναι ιδανική για την προσαρμογή της λειτουργίας κάθε μηχανής, παρέχει γρήγορη εναλλαγή ανάμεσα στις λειτουργίες του συστήματος, έχει εύκολη και άμεση εκκίνηση της αντλίας. Από την άλλη πλευρά όμως έχει αυξημένο κόστος καθώς απαιτείται μια περισσότερη μηχανή σε σχέση με τον ενιαίο αναστρέψιμο.
  
- ❖ **Ξεχωριστά συγκροτήματα**, που χρησιμοποιούνται κυρίως σε έργα με ισχύ μικρότερη των 10 MW. Στα πλεονεκτήματά τους η διάθεση τυποποιημένου εξοπλισμού που μειώνει το κόστος και την αναμονή παράδοσης, η καλή προσαρμογή της λειτουργίας κάθε μηχανής και ο μικρός χρόνος αντιστροφής της λειτουργίας. Στα μειονεκτήματά, η απαίτηση μεγάλου χώρου για την τοποθέτηση καθώς και η πολύπλοκη και ακριβή διαμόρφωση των σωληνώσεων.



## 2.5 Ανάγκη Ενεργειακής Αποθήκευσης

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας λοιπόν, αποτελούν τη σημαντικότερη απάντηση στην πορεία προς μια βιώσιμη διαχείριση της ενέργειας. Παρόλα αυτά η ενέργεια που παράγεται από τα συστήματα ΑΠΕ, όπως τα Φωτοβολταϊκά πλαίσια και οι ανεμογεννήτριες, δεν έχουν σταθερή παραγωγή ενέργειας καθώς αυτή κυμαίνεται σημαντικά σε ημερήσια, ωριαία και εποχιακή βάση εξαιτίας της ηλιακής ακτινοβολίας και των εντάσεων του ανέμου. Το ηλεκτρικό δίκτυο είναι ένα σύνθετο σύστημα στο οποίο η παραγωγή (προσφορά) και η κατανάλωση (ζήτηση) ενέργειας πρέπει να είναι ίσες ανά πάσα στιγμή. Κάτι τέτοιο είναι απαραίτητο να ισχύει και για τα ισχυρά διασυνδεδεμένα δίκτυα όπως αυτό της ηπειρωτικής χώρας αλλά και σε αυτόνομα δίκτυα, που συναντώνται κυρίως στα νησιά. Για αυτόν τον λόγο, είναι απαραίτητες οι συνεχείς προσαρμογές στην παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος έτσι ώστε να επιτευχθούν σωστές προβλέψεις αναφορικά με την ζήτηση των καταναλωτών. Οι μεταβλητές για την πρόβλεψη της απαιτούμενης ενέργειας είναι οι καθημερινές οικιακές δραστηριότητες που διαφοροποιούνται αρκετά καθώς και οι απρόσμενες αλλαγές από υπερφόρτωση του δικτύου αλλά και καταιγίδες. Η αποθήκευση ενέργειας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο σε αυτή την πράξη εξισορρόπησης και συμβάλλει στη δημιουργία ενός πιο ευέλικτου και αξιόπιστου συστήματος δικτύου.

Για παράδειγμα, όταν η παραγωγή (προσφορά) είναι περισσότερη από την κατανάλωση (ζήτηση) όπως τις πρωινές ώρες που υπάρχει μεγάλη ηλιοφάνεια και οι απαιτήσεις για ρεύμα είναι πολύ μικρότερες από το βράδυ, η περισσευούμενη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία συστημάτων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Από την άλλη πλευρά, κατά τη διάρκεια της νύχτας όπου τα φωτοβολταϊκά συστήματα δεν λειτουργούν ή όταν υπάρχει άπνοια και οι αιολικά δεν παράγουν ικανοποιητική ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος, η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την προσφορά. Από το σύνολο των ΑΠΕ που εισέρχονται στο δίκτυο, το μεγαλύτερο ποσοστό αξιοποίησης ανήκει στα Αιολικά Πάρκα παρόλο που η απόδοσή τους είναι δύσκολο να προβλεφθεί εξαιτίας της μεταβλητότητας του ανέμου ενώ τα μικρά υδροηλεκτρικά δεν έχουν την δυνατότητα να ρυθμίζουν την ποσότητα νερού που εκτρέπουν αλλά εξαρτώνται αποκλειστικά από την φυσική παροχή του ποταμού.

Όσο αυξάνεται λοιπόν το ποσοστό χρήσης των ΑΠΕ στο δίκτυο, ελαττώνεται η ευστάθεια του. Πολλές χώρες όπως Κίνα, Αμερική και Βραζιλία έχουν φτάνουν στο οριακό σημείο αναφορικά με την ευστάθεια/αστάθεια του δικτύου λόγω των ανανεώσιμων πηγών με αποτέλεσμα να οδηγούνται στην αποθήκευση μεγάλου ποσοστού της ενέργειας αυτής, τις ώρες που υπερκαλύπτονται οι ανάγκες του δικτύου με δυνατότητα ενίσχυσης του δικτύου τις περιόδους αιχμής.

Με την κατασκευή σταθμών αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, δίνεται η δυνατότητα η περίσσεια ενέργεια που δεν καταναλώνεται, να αποθηκεύεται σε άλλη μορφή. Έτσι το δίκτυο, μπορεί να απορροφήσει μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, οι οποίες σε περίπτωση που δεν υπήρχαν οι σταθμοί αποθήκευσης, δεν θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν.

Επιπλέον, τα συστήματα αποθήκευσης βοηθούν το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας να μειώσει τις λειτουργικές δαπάνες. Συμβάλουν δηλαδή στην παροχή επικουρικών υπηρεσιών ή εφεδρείας ενέργειας. Οι επικουρικές υπηρεσίες διακρίνονται σε:

- **Ρύθμιση της συχνότητας για αυτόνομες μονάδες**
- **Στρεφόμενη εφεδρεία για προσωρινή υποστήριξη παραγωγής**
- **Έλεγχος της τάσης του δικτύου**
- **Επανεκκίνηση του συστήματος**

Μεταξύ των οφελών της αποθήκευσης ενέργειας στη μεταφορά και διανομή είναι η ευστάθεια του συστήματος. Η αποθήκευση ενέργειας παρέχει επίσης τη δυνατότητα για κάλυψη του δικτύου σε περιπτώσεις διακοπών ρεύματος αλλά και για τη μείωση της παραγόμενης ενέργειας που καταναλώνεται στις ώρες αιχμής, που το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλό.

## 2.6 Μέθοδος Αποθήκευσης ενέργειας με μπαταρίες

Μια μπαταρία είναι μια χημική πηγή ρεύματος που μπορεί να αποθηκεύσει ενέργεια μετατρέποντάς την σε χημική και να την αποδώσει στο κύκλωμα όταν χρειάζεται. Αποτελείται από δύο ή περισσότερα ηλεκτρικά στοιχεία που είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους παράλληλα ή σε σειρά ανάλογα με την επιθυμητή παραγόμενη τάση. Τα ηλεκτρικά αυτά στοιχεία αποτελούνται από δύο μεταλλικές πλάκες που βρίσκονται σε δοχείο με υγρό. Αυτές οι αγωγίμες πλάκες ονομάζονται ηλεκτρόδια και το υγρό, ηλεκτρολύτης.

Όταν το στοιχείο συνδέεται σε ένα εξωτερικό κύκλωμα ή σε μια συσκευή που χρειάζεται φόρτιση, το αρνητικό ηλεκτρόδιο παρέχει ένα ρεύμα ηλεκτρονίων που ρέουν μέσα στο κύκλωμα και καταλήγουν στο θετικό ηλεκτρόδιο. Οι κύριες μπαταρίες μπορούν να μετατρέψουν τα χημικά τους στοιχεία σε ηλεκτρική ενέργεια και όταν η αντίδραση φτάσει σε ισορροπία, αχρηστεύονται με αποτέλεσμα να μην μπορούν να επαναλειτουργήσουν. Οι δευτερεύουσες μπαταρίες από την άλλη πλευρά, αρχικά φορτίζονται, μετατρέποντας τα συστατικά τους σε ουσίες που αντιδρούν μεταξύ τους και στη συνέχεια μετατρέπουν την χημική ενέργεια σε ηλεκτρική, εκφορτίζοντας δηλαδή την ενέργεια αυτή. Τέτοιες μπαταρίες ονομάζονται επαναφορτιζόμενες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλές φορές. Τέτοιου είδους μπαταρίες είναι οι εξής:

- **Μπαταρίες λιθίου - ιόντων (Li-ion)**
- **Μπαταρίες νατρίου - θείου (NaS)**
- **Μπαταρίες μολύβδου – οξέος (Lead Acid)**
- **Μπαταρίες νικελίου – καδμίου (NiCd)**
- **Μπαταρίες λιθίου – ιόντων (Li-ion)**

Οι μπαταρίες λιθίου – ιόντων χρησιμοποιούνται κατά κόρον στην εποχή μας σε καθημερινές συσκευές όπως φορητοί υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα κα καθώς

έχουν μεγάλη αντοχή σε φορτίσεις και εκ φορτίσεις. Τα ηλεκτρόδια τους κατασκευάζονται από ελαφρύ λίθιο και άνθρακα. Το λίθιο είναι ένα εξαιρετικά αντιδραστικό στοιχείο με αποτέλεσμα να μπορεί να αποθηκεύει πολλή ενέργεια στους ατομικούς του δεσμούς. Αυτό μεταφράζεται σε υψηλή πυκνότητα ενέργειας (300-400 KWh/m<sup>3</sup> λιθίου), βαθμούς απόδοσης που αγγίζουν το 98% και μεγάλο κύκλο ζωής για τις συγκεκριμένες μπαταρίες με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται στις παραπάνω εφαρμογές που απαιτείται μικρή μάζα και όγκος καθώς και πολλές φορτίσεις - εκφορτίσεις. Έχουν τη δυνατότητα αποθήκευσης 150 Wh ανά κιλό μπαταρίας, έχοντας τεράστια διαφορά σε αυτόν τον τομέα από τις υπόλοιπες μπαταρίες. Σημαντικό είναι και το γεγονός, ότι χάνουν μικρό ποσοστό της φόρτισης τους ανά μήνα (μικρότερο του 5%).

Από την άλλη πλευρά όμως, εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσουν, η διάρκεια ζωής τους δεν υπερβαίνει τα τρία χρόνια. Λόγω των θερμοκρασιών αυτών, απαιτούνται κατάλληλα συστήματα προστασίας από εκρήξεις, καθώς εξαιτίας των χημικών τους συστάσεων μπορούν να πάρουν φωτιά. Κάτι τέτοιο ανεβάζει αρκετά το κόστος τους.

Τα τελευταία χρόνια, ο ρυθμός μείωσης του κόστους των μπαταριών λιθίου – ιόντων είναι ραγδαίος λόγω της ανάπτυξης της τεχνολογίας στο συγκεκριμένο τομέα με αποτέλεσμα σε μικρό χρονικό διάστημα από τώρα να είναι ικανές και συμφέρουσες για χρησιμοποίηση σε συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας ακόμα και σε μεγάλες εγκαταστάσεις αποθήκευσης.

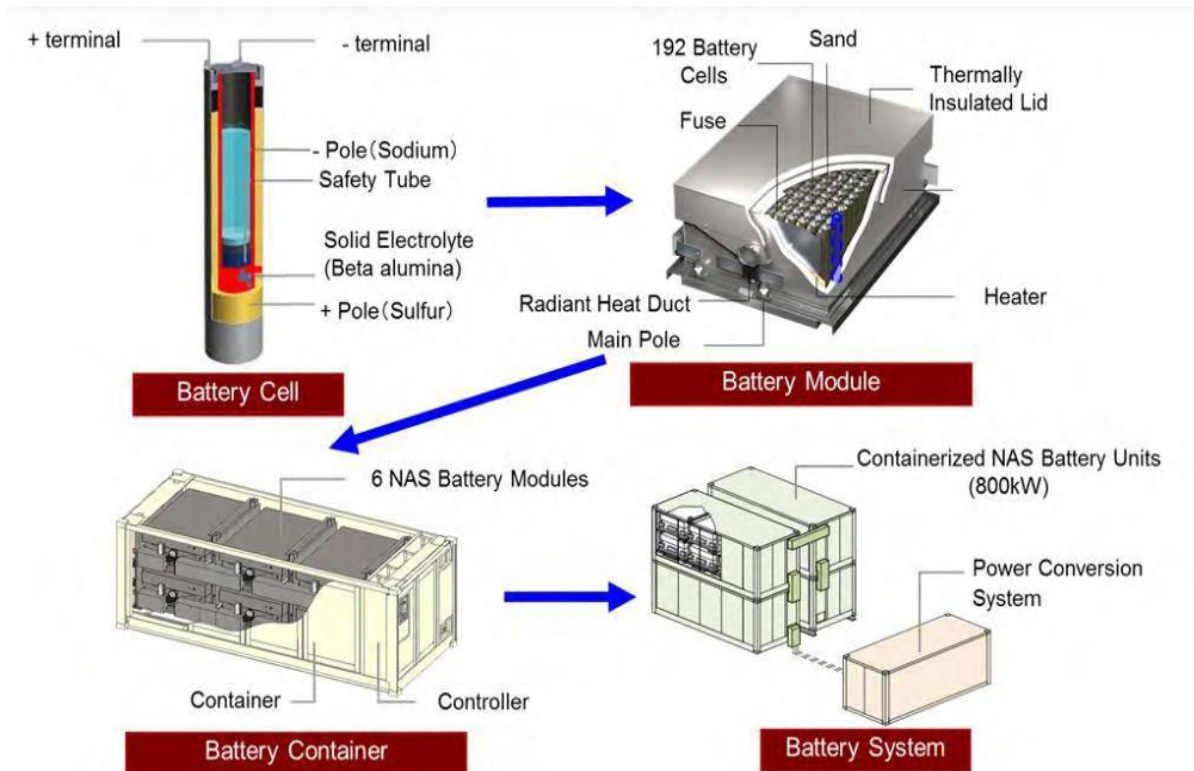
## **Μπαταρίες νατρίου – θείου (NaS)**

Οι μπαταρίες νατρίου – θείου (NaS) αποτελούνται από υγρά ηλεκτρόδια (θείο στο θετικό ηλεκτρόδιο και νάτριο στο αρνητικό) και ανάμεσά τους στερεό

ηλεκτρολύτη από κεραμικό υλικό. Για να λειτουργήσει η κυψέλη της μπαταρίας πρέπει τα ηλεκτρόδια να είναι σε υγρή μορφή και ο ηλεκτρολύτης στερεός. Παρά το γεγονός ότι το κόστος τους είναι σχετικά χαμηλό, τέτοιου είδους μπαταρίες επιτυγχάνουν διάρκεια ζωής έως και 5000 εκφορτίσεις, παρέχοντας παράλληλη μεγάλη απόδοση και διάρκεια στην εκφόρτίσή τους. Λειτουργούν όμως σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες που φτάνουν τους 350°C, άρα λαμβάνουν μεγάλες ποσότητας θερμότητας, ωστόσο επιτυγχάνουν αποδόσεις περίπου 80%. Δυστυχώς όμως, τα υλικά που χρησιμοποιούν είναι τοξικά με αποτέλεσμα μετά τη χρήση τους, να είναι δύσκολη η ανακύκλωσή τους.

Τα συστήματα μπαταριών NaS είναι σχεδιασμένα ώστε να μπορούν να μεταβάλλουν την χωρητικότητα της εγκατάστασης τους. Μπορούν να φτάσουν την ισχύ μερικών δεκάδων MW με δυνατότητα εκφόρτισης και παροχή της αποθηκευμένης ενέργειας το δίκτυο για 6 έως 7 ώρες σε καταστάσεις υβριδικών συστημάτων. Το μεγαλύτερο τέτοιο σύστημα είναι της τάξης των 50 MW. Ο σχεδιασμός τους σε μορφή “Plug and Play”, με εγκατεστημένες μπαταρίες νατρίου – θείου σε εμπορευματοκιβώτια καθιστά εύκολη και γρήγορη την μεταφορά τους και την εγκατάστασή τους με ελάχιστο κόστος.

Στην Εικόνα παρατηρούμε την κλιμάκωση των μπαταριών νατρίου – θείου από μια κυψέλη, σε μια μπαταρία 192 κυψελών, σε ένα σύστημα “Plug and Play” εντός κοντέινερ και τέλος σε σύστημα συνδεδεμένο με μετατροπή της ισχύος.



Κλιμάκωση μπαταριών νατρίου – θείου

## Μπαταρίες μολύβδου – οξέος (Lead Acid)

Οι μπαταρίες μολύβδου είναι από τις πιο διαδομένες τεχνολογίες αποθήκευσης ρεύματος. Σε μια μπαταρία μολύβδου, τα ηλεκτρόδια και τα καλώδια είναι φτιαγμένα από μολύβδο ενώ ανάμεσά τους υπάρχει ασβέστιο με σκοπό την καλύτερη απόδοση των μπαταριών. Έχουν χαμηλό κόστος της τάξης των 100-300 €/kWh και για αυτό τον λόγο χρησιμοποιούνται σε αρκετά υβριδικά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η απόδοσή τους αγγίζει το 85%

ενώ ο ρυθμός αστοχία τους περιορίζεται στο 0.25%. Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος έχουν αρκετά χαμηλές πυκνότητες ενέργειας, καθιστώντας τις ακατάλληλες για φορητές συσκευές. Έχοντας όμως άμεσους χρόνους εκκίνησης έχουν γίνει οι πιο συνηθισμένες μπαταρίες για χρήση σε αυτοκίνητα καθώς σε ελάχιστο χρόνο, αναπτύσσουν ρεύματα έως και 600 A. Η διάρκεια ζωής τους είναι περίπου 1000 κύκλοι αλλά κομβικό παράγοντα στην εκφόρτισή τους παίζει η θερμοκρασία στην οποία βρίσκονται. Όσο πιο χαμηλή είναι η τιμή της θερμοκρασίας τόσο μειώνεται και η τιμή της ονομαστικής ικανότητάς τους με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η προστασία τους από χαμηλές θερμοκρασίες. Αποτελούν μια οικονομική και αξιόπιστη λύση αλλά προς το παρόν η τεχνολογία τους δεν τους επιτρέπει την εφαρμογή τους σε μεγάλα συστήματα παραγωγής ενέργειας, παρά μόνο σε για μικρές εφαρμογές όπως οικιστική χρήση.

## **Μπαταρίες νικελίου – καδμίου (Ni – Cd)**

Οι μπαταρίες νικελίου – καδμίου παρουσιάζουν σταθερότητα και αξιοπιστία στις φορτίσεις και εκφορτίσεις γεγονός που τις διατηρεί ψηλά στις προτιμήσεις, παρά το γεγονός πως έχουν μέτρια πυκνότητα ενέργειας. Η διάρκεια ζωής τους αγγίζει τους 2500 κύκλους, έχοντας όμως μικρότερη απόδοση (65%-75%) και είναι συγκριτικά πιο ακριβές από τις υπόλοιπες (800€/kWh). Είναι όμως οι μοναδικές μπαταρίες οι οποίες μπορούν να λειτουργήσουν σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, αποδίδοντας ικανοποιητικά ακόμα και σε συνθήκες δεκάδων βαθμών υπό το μηδέν. Το βασικό αρνητικό χαρακτηριστικό τους όμως είναι το φαινόμενο μνήμης (memory effect). Εξαιτίας αυτού, οι συγκεκριμένες μπαταρίες μπορούν να εκφορτιστούν μέχρι ένα συγκεκριμένο ποσοστό της χωρητικότητάς τους, μειώνοντας ουσιαστικά την συνολική ενέργεια που μπορούν να διαθέσουν.

Η εφαρμογή τους εντοπίζεται κυρίως σε συστήματα UPS, φωτισμό έκτακτης ανάγκης και για την εκκίνηση κινητήρων. Η εφαρμογή τους σε εμπορική χρήση

έχει απαγορευτεί καθώς το κάδμιο που περιέχουν είναι ιδιαίτερα τοξικό. Σε επίπεδο υβριδικών συστημάτων, χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση ενέργειας ενός αιολικού πάρκου ισχύος 3 MW στο νησί Bonaire της Καραϊβικής. Επιπλέον, τον Αύγουστο του 2010, το μεγαλύτερο σύστημα μπαταριών νικελίου – καδμίου ισχύος 40 MW εγκαινιάστηκε στο Fairbanks της Αλάσκας με σκοπό την σταθεροποίηση του τοπικού δικτύου και την μείωση κατά 65% των συνηθισμένων για την περιοχή φαινομένων διακοπής ρεύματος. Οι συγκεκριμένες μπαταρίες μπορούν να παράγουν ισχύ έως και 27 MW για 15 λεπτά με διάρκεια ζωής, σύμφωνα με την κατασκευάστρια εταιρία Saft, 20 – 25 χρόνια.

## 2.7 Συντήρηση τεχνητών ταμιευτήρων νερού

### 1. Χλωρίωση

Η μέθοδος της χλωρίωσης είναι εφαρμόσιμη μόνο στις τεχνητές λίμνες, όπου η ποσότητα του νερού είναι ελεγχόμενη και δεν υπάρχει διαρκής απώλεια και συμπλήρωση νερού όπως συμβαίνει κατά κανόνα στις φυσικές λίμνες όπου θα απαιτούνταν τεράστιες ποσότητες χλωρίου αφού θα υπήρχαν συνεχείς απώλειες χλωρίου μαζί με το νερό που φεύγει διαρκώς από τη λίμνη. Στις τεχνητές λίμνες, όπου η μάζα του νερού ανακυκλοφορεί μέσα από μηχανοστάσιο με αντλίες και φιλτράρεται από φίλτρα, έχουμε στην ουσία της συνθήκες μίας μεγάλης πισίνας. Όπως και στις πισίνες, έτσι και εδώ, αλλά με πολύ μεγαλύτερη έμφαση, τονίζουμε ότι η μέθοδος της χλωρίωσης είναι καταστροφική για το περιβάλλον, καθώς το εμβαδόν της ελεύθερης επιφάνειας σε μία τεχνητή λίμνη είναι πολλαπλάσιο από



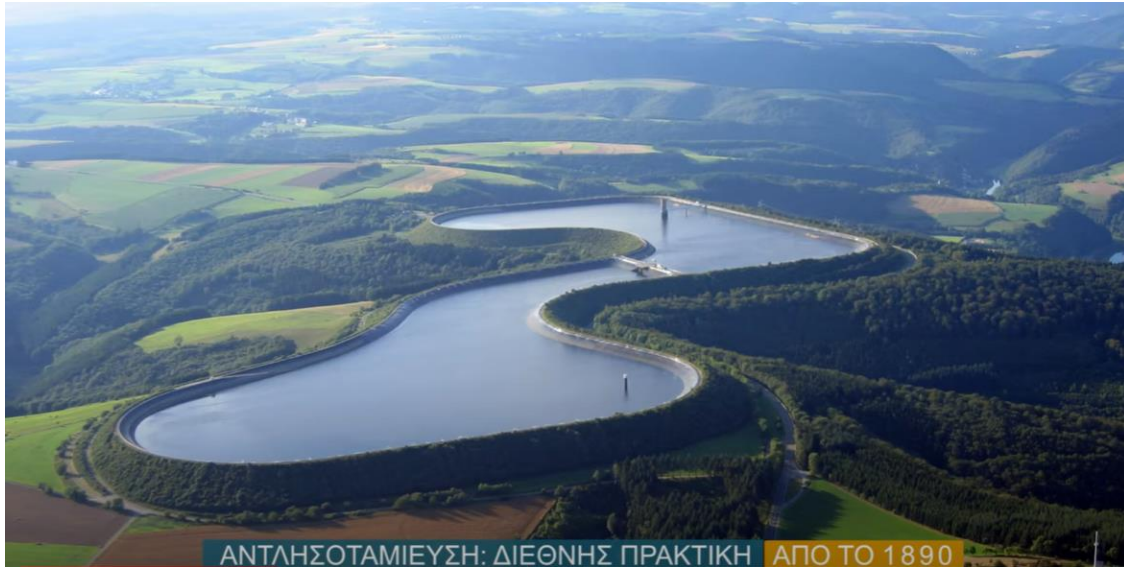
το αντίστοιχο εμβαδόν σε μία πισίνα και άρα και ο ρυθμός εξατμίσεως του χλωρίου είναι επίσης πολλαπλάσιος. Εξάλλου, λόγω της μεγάλης ποσότητας χλωρίου που εξατμίζεται όταν το εμβαδόν της ελεύθερης επιφάνειας του νερού είναι μεγάλο, η μέθοδος της χλωρίωσης είναι ιδιαίτερα δαπανηρή και ασύμφορη σε τεχνητές λίμνες μεγάλης έκτασης. Δεν υπάρχει ξεχωριστή σελίδα σε αυτόν τον δικτυακό τόπο για αυτήν τη μέθοδο, είναι άλλωστε γνωστή στον τεχνικό κόσμο.

## 2. **Παραγωγή ιόντων χαλκού & αργύρου:** απολυμαντική και αλγοκτόνος δράση

Η τεχνολογία AQUACARE, που τροφοδοτεί το νερό με φυσικά απολυμαντικά ιόντα χαλκού και αργύρου ενώ παράλληλα το οξυγονώνει, είναι και αυτή εφαρμόσιμη μόνο στις τεχνητές λίμνες για τον ίδιο λόγο όπως και η χλωρίωση: Σε μία φυσική λίμνη μεγάλες ποσότητες νερού χύνονται προς διάφορες κατευθύνσεις, πράγμα που σημαίνει ότι θα απαιτούνταν συνεχής τροφοδοσία με νέα ιόντα χαλκού και αργύρου προκειμένου να υπάρχει επαρκής συγκέντρωση, κάτι το οποίο θα ήταν εντελώς ασύμφορο οικονομικά. Ο τρόπος εφαρμογής των συσκευών AQUACARE σε μία τεχνητή λίμνη είναι όμοιος με τον τρόπο εφαρμογής τους στις πισίνες: μπροστά από κάθε φίλτρο προσαρμόζεται ένας θάλαμος ιονισμού, που περιέχει ηλεκτρόδια χαλκού και αργύρου που λειτουργούν ως απολυμαντικό και αλγοκτόνο μέσο, και μετά από κάθε φίλτρο ένας θάλαμος οξυγόνωσης, που διασπά για μερικά νανοδευτερόλεπτα το διερχόμενο νερό σε πέντε διαφορετικές μορφές οξυγόνου, οι οποίες οξειδώνουν ακαριαία τις οργανικές ουσίες. Έτσι, πριν το νερό φύγει από το μηχανοστάσιο και επιστρέψει στη λίμνη, έχει εξασφαλιστεί ελάχιστη συγκέντρωση χαλκού 0,5ppm και αργύρου 0,05ppm, ο συνδυασμός των οποίων εξολοθρεύει όλους τους μικροοργανισμούς. Επίσης, στο θάλαμο οξυγόνωσης το νερό διασπάται στιγμιαία για λίγα νανοδευτερόλεπτα σε πέντε διαφορετικές μορφές οξυγόνου που οξειδώνουν όλες τις οργανικές ενώσεις που φυσιολογικά περιέχονται στο νερό που είναι εκτεθειμένο στο περιβάλλον. Λόγω του μεγέθους της εγκατάστασης χρησιμοποιείται ο τύπος Eternal μαζί με θάλαμο οξυγόνωσης.



Η επιλογή του ακριβούς αριθμού των θαλάμων γίνεται μετά από μελέτη. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ότι τα ιόντα χαλκού και αργύρου που εκλύονται μέσα στο νερό της λίμνης είναι ιδιαίτερα ευεργετικά για την ανάπτυξη των φυτών και την προστασία τους από τις ασθένειες, ενώ παράλληλα μειώνουν και τη χρήση των φυτοφαρμάκων ψεκασμού και λίπανσης. Έτσι, αν το νερό αυτό χρησιμοποιείται και για πότισμα ή άρδευση, η εξοικονόμηση σε φυτοφάρμακα που εξασφαλίζεται είναι πολύ μεγαλύτερη από το κόστος των ηλεκτροδίων που φθείρονται γρηγορότερα εξαιτίας της συνεχούς απώλειας νερού από τη λίμνη και της προσθήκης νέου. Γίνεται, λοιπόν, σε αυτήν την περίπτωση η λίμνη μία δεξαμενή προεπεξεργασίας του νερού άρδευσης για καλύτερη ανάπτυξη των φυτών και προστασία τους από τις ασθένειες. (Σχετικά με αυτό το θέμα δείτε και τη σελίδα Λύσεις για την Άρδευση και τον Ψεκασμό των Φυτών.)



### 3. Μικρομοριακές ταλαντώσεις

Η τεχνολογία MERUS BIO μειώνει επίσης σημαντικά το μικροβιακό φορτίο και εξολοθρεύει την άλγη, καθώς με τις υψίσυχνες μοριακές ταλαντώσεις που μεταδίδει στα μόρια του νερού δημιουργεί αντίξοο περιβάλλον για την επιβίωση των μικροοργανισμών και της άλγης, η οποία σύντομα ξηραίνεται και από πράσινη γίνεται καφετιά. Ένας δακτύλιος Merus τοποθετείται μπροστά από το κάθε φίλτρο.

Και αυτή η μέθοδος αφορά μόνο τις τεχνητές λίμνες, όχι για οικονομικούς λόγους όπως η χλωρίωση και ο ιονισμός, αλλά επειδή για την εφαρμογή της είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός μηχανοστασίου με ανακυκλοφορία του νερού. Μπορεί όμως να δημιουργηθεί ακόμα και σε φυσικές λίμνες σε κάποια απόμερη περιοχή στην άκρη της λίμνης μία διάταξη ανακυκλοφορίας μόνο και μόνο για να περνάει

το νερό μέσα από έναν δακτύλιο Merus. Αυτή η ιδέα όμως έχει αρκετά υψηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας, αφού απαιτεί άντληση πολλών κυβικών νερού ανά ώρα.

Αυτή η λύση είναι σε πολλές περιπτώσεις η πιο οικονομική, αν αποδειχθεί ότι είναι επαρκής και μπορεί να λειτουργήσει αυτόνομα, χωρίς τη συνεργία άλλης μεθόδου. Το βέβαιο είναι, πάντως, ότι μειώνει την κατανάλωση ιόντων χαλκού και αργύρου ή χλωρίου, καθώς ένα μεγάλο μέρος της απολύμανσης και της αλγοκτονίας πραγματοποιείται από τις μικρομοριακές ταλαντώσεις του δακτυλίου και έτσι δεν απομένει μεγάλο φορτίο για να καταναλωθεί.

Το λειτουργικό κόστος της μεθόδου περιορίζεται μόνο στο κόστος της ετήσιας αντικατάστασης που συνιστάται να γίνεται για προληπτικούς λόγους, μην τυχόν και μειωθεί η απόδοση των δακτυλίων. Για τη δοκιμαστική περίοδο οι δακτύλιοι διατίθενται και με ενοικίαση 6 ή 12 μηνών έναντι του 1/6 ή του 1/3 της αξίας αγοράς τους, αντίστοιχα. Περισσότερα για τη λειτουργία και την αποτελεσματικότητά τους μπορείτε να δείτε στη σχετική σελίδα του κατασκευαστή, που είναι γραμμένη στα Αγγλικά.

#### 4. Υπεριώδης

Η υπεριώδης ακτινοβολία εξολοθρεύει ακαριαία τους μικροοργανισμούς, όμως έχει το μειονέκτημα ότι δεν αφήνει υπολειμματικό στοιχείο μέσα στο νερό όπως ο χαλκός, ο άργυρος και το χλώριο, ώστε να παρεμποδιστεί η ανάπτυξη μικροοργανισμών σε διάφορα σημεία κατά μήκος του δικτύου. Γι' αυτό συνιστάται να χρησιμοποιείται συνδυαστικά με μία μέθοδο που αφήνει υπολειμματικό στοιχείο, για εξοικονόμηση του απολυμαντικού και αλγοκτόνου υλικού που χρησιμοποιεί η μέθοδος (για τον ίδιο λόγο που και οι δακτύλιοι Merus εξοικονομούν υλικό, όπως εξηγήσαμε πιο πάνω).

5. **Διάλυμα ιόντων χαλκού νανοτεχνολογίας:** απολυμαντικό και αλγοκτόνο. Αυτή η τεχνολογία εφαρμόζεται και σε φυσικές και σε τεχνητές λίμνες. Η κατανάλωση του υλικού είναι αμελητέα (η δοσολογία φτάνει μέχρι και

1:600.000), άρα δεν τίθεται οικονομικό ζήτημα εξαιτίας της απώλειας υλικού. Ψεκάζεται στην επιφάνεια και στις όχθες της λίμνης το προϊόν ναυτοτεχνολογίας Polydex, το οποίο, όπως και οι συσκευές Aquacare που αναφέρθηκαν πιο πάνω εξουδετερώνει τους μικροοργανισμούς, ενώ παράλληλα εμπλουτίζει το νερό με ιόντα χαλκού, τα οποία, σε περίπτωση χρήσης του νερού για πότισμα κήπων ή άρδευση καλλιεργειών, είναι ιδιαίτερα ευεργετικά για την ανάπτυξη των φυτών και την προστασία τους από τις ασθένειες. Η προτεινόμενη δοσολογία είναι ένα λίτρο ανά 60 έως 600 κυβικά νερού (ανάλογα με το μικροβιακό φορτίο και την άλγη που θέλουμε να αντιμετωπίσουμε και με τις άλλες μεθόδους που λειτουργούν παράλληλα).

#### **6. Υπέρηχοι**

Αυτή η τεχνολογία εφαρμόζεται και σε φυσικές και σε τεχνητές λίμνες. Με την τοποθέτηση των κατάλληλων πομπών υπερήχων σε διάφορα σημεία μιας φυσικής ή τεχνητής λίμνης εξολοθρεύεται η άλγη. Αυτή η μέθοδος στηρίζεται στην ίδια αρχή λειτουργίας που στηρίζονται και οι δακτύλιοι Merus, που αναφέραμε πιο πάνω: Η άλγη δεν μπορεί να αναπτυχθεί κάτω από την επίδραση συγκεκριμένων συχνοτήτων υπερήχων. Όπως και οι υψίσυχνες μικρομοριακές ταλαντώσεις των δακτυλίων Merus, έτσι και οι υπέρηχοι είναι καθαρά μηχανικές μέθοδοι αλγοκτονίας, καθώς σχετίζονται με τη μηχανική ταλάντωση των σωματιδίων από τα οποία αποτελείται η ύλη.

#### **7. Βακτήρια**

Αυτή η τεχνολογία εφαρμόζεται και σε φυσικές και σε τεχνητές λίμνες. Το βιολογικό προϊόν ROTOBIO-FST, αγγλικής τεχνολογίας, αντιμετωπίζει προβλήματα όπως κακή ποιότητα του νερού, ανάπτυξη άλγης (φυκιών), αύξηση

των επιπέδων NH<sub>3</sub> και NO<sub>2</sub>, αυξημένη θολότητα, δημιουργία ιλύος στον πυθμένα κ.ά.

#### **8. Πυραμίδες βιολογικής επεξεργασίας νερού & υγρών αποβλήτων**

Μία εξαιρετική πρόταση από μία Ρουμάνα καθηγήτρια, που έχει ήδη εφαρμοστεί με μεγάλη επιτυχία από τη δεκαετία του 1990 για την εξυγίανση υδροβιότοπων και την επεξεργασία υγρών αποβλήτων. Η μέθοδος στηρίζεται σε δύο υδρόβια φυτά που έχουν την ιδιότητα να τρέφονται από όλα τα οργανικά και τοξικά απόβλητα και να πολλαπλασιάζονται με πολύ γρήγορους ρυθμούς. Τα φυτά αυτά καλλιεργούνται σε πολλά επίπεδα στο εσωτερικό μίας μεγάλης.

### 3.1 Αρχή λειτουργίας στην διακίνηση ρευστών

Για την ροή ενός ρευστού πρέπει να ικανοποιούνται ορισμένες ενεργειακές απαιτήσεις. Για παράδειγμα, το νερό μιας δεξαμενής (φυσικής ή τεχνητής) που βρίσκεται σε υψηλότερο επίπεδο ρέει προς μια δεξαμενή που βρίσκεται σε χαμηλότερο, λόγω της διαφοράς στη δυναμική ενέργεια (έχομε δηλ. ροή λόγω βαρύτητας  $2 \rightarrow 1$ , παραγωγή ισχύος). Η αντίστροφη όμως πορεία, δηλ. από χαμηλότερο προς υψηλότερο επίπεδο, επιτυγχάνεται μόνο αν στο νερό δοθεί η αναγκαία δυναμική ενέργεια από μια εξωτερική πηγή ( $1 \rightarrow 2$ , απορρόφηση ισχύος). Το ίδιο συμβαίνει και με την ενέργεια πίεσης. Δηλαδή, όταν ένα δοχείο, στο οποίο επικρατεί υψηλή πίεση συνδέεται με ένα δοχείο στο οποίο επικρατεί χαμηλότερη πίεση, το ρευστό που περιέχεται στο δοχείο, ρέει προς τον χώρο όπου επικρατεί χαμηλότερη πίεση. Για να προκληθεί όμως αντίστροφη ροή (δηλ. από έναν χώρο χαμηλής προς ένα χώρο υψηλής πίεσης), θα πρέπει να δοθεί στο ρευστό ενέργεια.

Ροή υγρού μεταξύ δεξαμενών με υψομετρική διαφορά από τη διαφορά ενέργειας μεταξύ των δύο χώρων διακινήσεως του ρευστού, υπάρχουν οι απώλειες ενέργειας λόγω τριβών, τις οποίες παρουσιάζουν τα ρευστά κατά τη ροή τους και πρέπει να αντιμετωπισθούν. Εάν στις προηγούμενες ενεργειακές απαιτήσεις για τη ροή των ρευστών, προστεθεί η ανάγκη αύξησης της παροχής και της αντίστοιχης ταχύτητας στα διάφορα συστήματα (δίκτυα) ροής, τότε καθίσταται φανερή η ανάγκη μεταβίβασης στα ρευστά επί πλέον ενέργειας για τη διακίνησή τους. Για τη μεταβίβαση της επί πλέον ενέργειας με σκοπό τη διακίνηση των ρευστών χρησιμοποιούνται μηχανήματα, ο σχεδιασμός και η λειτουργία των οποίων εξαρτώνται από τη φύση του ρευστού. Έτσι τα μηχανήματα ταξινομούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: 1) Στα μηχανήματα για τη διακίνηση ασυμπίεστων ρευστών (υγρών), που ονομάζονται αντλίες και 2) στα μηχανήματα για τη διακίνηση συμπίεστων ρευστών (αερίων), τα οποία είναι οι ανεμιστήρες, οι φυσητήρες και οι συμπιεστές. Επίσης μηχανήματα διακινήσεως των αερίων είναι οι αντλίες κενού ή αεραντλίες, οι οποίες αναρροφούν τον αέρα ή άλλα αέρια (π.χ. ψυκτικά ρευστά) από έναν χώρο, με σκοπό την επίτευξη πολύ χαμηλής πίεσης (κενού). Και στις δύο περιπτώσεις για τη διακίνηση του ρευστού μεταβιβάζεται ενέργεια από τα μηχανήματα (μηχανικό έργο), η οποία έχει ως τελικό αποτέλεσμα, ή την αύξηση της παροχής, άρα και της ταχύτητας (κινητική ενέργεια), την αύξηση της πίεσης (ενέργεια πίεσης), είτε –στην

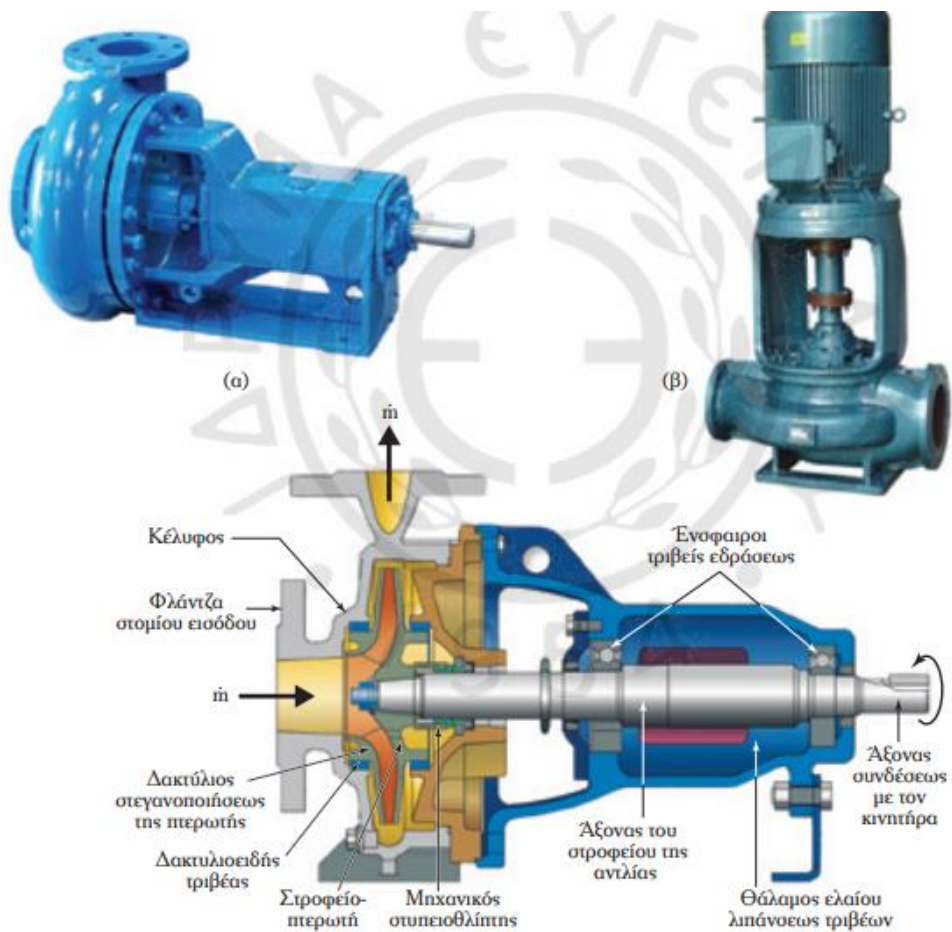


περίπτωση των υγρών— την ανύψωση της στάθμης του ρευστού (δυναμική ενέργεια). Ο διαχωρισμός αυτός δεν μπορεί να θεωρηθεί απόλυτος, εφόσον υπάρχουν ορισμένοι τύποι αντλιών (όπως εκχυτήρες ή τζιφάρια), που διακινούν και υγρά και αέρια. Πρέπει να σημειωθεί ότι το μηχανικό έργο που μεταβιβάζεται από τα μηχανήματα στο ρευστό, δεν παράγεται από αυτά. Πρόκειται δηλαδή για ενεργειακούς διαμεσολαβητές, οι οποίοι παραλαμβάνουν ενέργεια προερχόμενη είτε από θερμική μηχανή είτε από ηλεκτροκινητήρα και τη διαβιβάζουν σε κατάλληλη μορφή στο ρευστό, με βαθμό αποδόσεως ( $\eta$ ), ο οποίος εξαρτάται από τα μηχανικά χαρακτηριστικά του διαμεσολαβητή. Στις πιο απλές περιπτώσεις, η αναγκαία ενέργεια παρέχεται μυϊκά, π.χ. χειροκίνητες αντλίες ή συμπιεστές. Όπως συμβαίνει σε όλα τα μηχανήματα, μέρος της ενέργειας που παραλαμβάνουν, δεν δύναται να μεταδοθεί στο ρευστό, επειδή υπάρχουν ενεργειακές απώλειες λόγω τριβών. Γι' αυτό η ποιότητα του μηχανήματος από ενεργειακής πλευράς, καθορίζεται από τον βαθμό αποδόσεως, δηλαδή το ωφέλιμο ποσοστό της παρεχόμενης ενέργειας, που στην προκειμένη περίπτωση είναι η ενέργεια που φθάνει στο διακινούμενο ρευστό.

Γενικά, η ροή ρευστού από χώρο υψηλής προς χώρο χαμηλής ενεργειακής στάθμης γίνεται χωρίς την αναγκαία παρεμβολή εξωτερικής μονάδας παροχής ενέργειας. Αλλά αν η ενεργειακή διαφορά είναι μικρή και οι απώλειες ενέργειας μεγάλες (λόγω μικρής διαμέτρου ή λόγω μεγάλου μήκους του αγωγού ροής), η παροχή που εξασφαλίζεται με φυσική ροή είναι μικρή και απαιτείται συνήθως η χρήση αντλιών. Έτσι, η χρήση της αντλίας είναι αναγκαία όταν επιδιώκονται: 1) να υπάρξει ροή υγρού από χαμηλότερη προς υψηλότερη (ή ίση) ενεργειακή στάθμη και 2) να αυξηθεί η παροχή της υφιστάμενης ροής. Η αντλία τότε παρεμβάλλεται στη σωλήνωση και αναρροφά ρευστό από τη μια πλευρά καταθλίβοντάς το στην άλλη. Το σύστημα αντλήσεως συνήθως είναι ανοικτό, όταν το υγρό, μετά την κατάθλιψη και εφόσον διέλθει από τον εξοπλισμό χρήσεως απορρίπτεται στο περιβάλλον. Υπάρχουν όμως και κάποια συστήματα αντλήσεως, στα οποία το υγρό κυκλοφορεί σε ένα κλειστό κύκλωμα, όπως σε ένα σύστημα ψύξεως κύριας μηχανής (K/M). Κλειστό είναι το σύστημα αντλήσεως όταν το υγρό, μετά την κατάθλιψη και εφόσον διέλθει από τον εξοπλισμό χρήσεως επανακυκλοφορεί στον σωλήνα αναρροφήσεως. Σ' αυτά τα συστήματα, οι αντλίες καλούνται να αντιμετωπίσουν τις ενεργειακές απώλειες λόγω τριβών. Ένα σύστημα αντλήσεως αποτελείται επομένως από τρία τμήματα (σχ. 1.3β): 1) Το τμήμα αναρροφήσεως (σωλήνας αναρροφήσεως) (suction pipe), ο οποίος μεταφέρει το υγρό στην εισαγωγή της αντλίας (αναρρόφηση της αντλίας). 2) Την αντλία (ή το αντλητικό συγκρότημα, δηλ. σύνολο αντλιών που συνεργάζονται για την



άντληση του υγρού) και 3) το τμήμα καταθλίψεως (σωλήνας καταθλίψεως) (discharge pipe), στο οποίο διοχετεύει η αντλία A Αντλία B A B (α) (β) W Σχ. 1.3α (α) Κατάσταση στατικής ισορροπίας και (β) ροή υγρού με τη βοήθεια αντλίας. Δεξαμενή αναρροφήσεως Σωλήνας καταθλίψεως Αντλία Σωλήνας αναρροφήσεως Δεξαμενή καταθλίψεως Σύστημα αντλήσεως. 1 Το ενεργειακό ύψος ενός ρευστού ορίζεται από την δυναμική ενέργεια του ρευστού, λόγω της καθ' ύψος θέσεώς του. το υγρό (αφού του προσδώσει ενέργεια) και μέσω του οποίου το υγρό συνεχίζει τη ροή του.



### 3.2 Τρόποι λειτουργίας

Η αξιοπιστία στις λειτουργίες των πλοίων, όπως κάθε παραγωγικής εγκαταστάσεως, βασίζεται στην κυκλοφορία ή στην μεταφορά υγρών, που υποστηρίζεται από ανάλογοι μεγέθους συστήματα αντλήσεως. Επίσης η κατανάλωση ενέργειας για την λειτουργία των αντλιών αποτελεί μια από τις σημαντικότερες ενεργειακές παραμέτρους της εγκαταστάσεως. Επομένως, ο σωστός σχεδιασμός και η σωστή λειτουργία είναι σημαντικοί παράγοντες για τα συστήματα αντλήσεως. Στις ακόλουθες παραγράφους, παρουσιάζονται περιληπτικά ορισμένες βασικές αρχές που σχετίζονται με τον σωστό σχεδιασμό ενός συστήματος αντλήσεως, στο οποίο οι αντλίες αποτελούν δομικό στοιχείο.

Η σχεδιαστική και λειτουργική προσέγγιση ενός συστήματος αντλήσεως, απαιτεί προετοιμασία σε σχέση με τους στόχους που το σύστημα καλείται να εξυπηρετήσει. Ενδείκνυται λοιπόν να ακολουθούνται τα εξής βήματα: 1) Προσδιορισμός των συνθηκών και των βασικών παραμέτρων λειτουργίας. 2) Καθορισμός των αμέσων και των μελλοντικών αναγκών, που πρέπει να καλύψει το σύστημα αντλήσεως. 3) Συγκέντρωση και ανάλυση όλων των στοιχείων λειτουργίας του. 4) Αξιολόγηση των εναλλακτικών σχεδίων και των βελτιώσεων. 5) Καθορισμός των βελτίστων οικονομικοτεχνικών επιλογών, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα υποσυστήματα. Στη συνέχεια εφαρμόζεται η καλύτερη επιλογή, διαμορφώνονται οι τεχνικές προδιαγραφές, προμηθεύεται ο σχετικός εξοπλισμός και τέλος πραγματοποιείται η εγκατάσταση του συστήματος αντλήσεως. Μετά την εγκατάσταση, συνεχίζεται ο έλεγχος και η βελτιστοποίηση του συστήματος, ώστε να λειτουργεί όσο το δυνατόν πιο αποδοτικά. Η φάση αυτή –αν και σε σημαντικό βαθμό καθορίζεται από τις αρχικές σχεδιαστικές επιλογές– είναι ακόμα πιο σημαντική, καθώς ένα σύστημα αντλήσεως που λειτουργεί και συντηρείται σωστά, έχει εκτιμώμενο χρόνο ζωής από 15 ως 20 χρόνια. Ένα σύστημα αντλήσεως όπως έχει αναφερθεί αποτελείται από τρία βασικά τμήματα: Το τμήμα της αναρροφήσεως, το τμήμα της καταθλίψεως και την αντλία. Ο σωλήνας καταθλίψεως μεταφέρει το υγρό στον εξοπλισμό τελικής χρήσεως (π.χ. εναλλάκτες θερμότητας, δεξαμενή πίεσεως και γενικότερα στον υδραυλικό εξοπλισμό). Επίσης σε αρκετές περιπτώσεις, το σύστημα αντλήσεως ενδέχεται να είναι κλειστό ή ανοικτό. Κλειστό είναι όταν το υγρό, μετά την κατάθλιψη και εφόσον διέλθει από τον εξοπλισμό χρήσεως [π.χ. εναλλάκτες θερμότητας με θάλασσα σε δίκτυο ψύξεως ΜΕΚ επανακυκλοφορεί στον σωλήνα αναρροφήσεως, ενώ ανοικτό είναι όταν το υγρό, μετά την

κατάθλιψη και εφόσον διέλθει από τον εξοπλισμό χρήσεως [π.χ. έναλλάκτες θερμότητας με γλυκό νερό σε δίκτυο ψύξεως απορρίπτεται στο περιβάλλον. Σύμφωνα με τα όσα αναπτύχθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, μία δυναμική αντλία σχεδιάζεται

### 3.3 Κριτήρια επιλογής αντλιών

Η επιλογή της κατάλληλης αντλίας αποτελεί τη σημαντικότερη ενέργεια κατά τον σχεδιασμό του συστήματος αντλήσεως. Διευκρινίζεται ότι οι παράμετροι επιλογής είναι περισσότερες απ' όσες θα αναφερθούν στη συνέχεια και η επιλογή αντλίας σε ελάχιστες περιπτώσεις αποτελεί μονόδρομο. Βασική προϋπόθεση για τη σωστή επιλογή της αντλίας αποτελεί η αναλυτική γνώση του συστήματος αντλήσεως στο οποίο θα τοποθετηθεί. Πιο συγκεκριμένα, πρέπει να είναι γνωστά και να ληφθούν υπόψη τα ακόλουθα κριτήρια:1) Οι ιδιότητες του αντλούμενου υγρού. Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δοθεί στο ιξώδες του υγρού. Αν το αντλούμενο υγρό είναι παχύρρευστο, μάλλον θα αποκλειστούν οι αντλίες δυναμικού τύπου και θα χρησιμοποιηθεί κάποια περιστροφική αντλία θετικής εκτοπίσεως. Βέβαια, αν δίνεται η δυνατότητα μείωσης του ιξώδους με θέρμανση του διακινούμενου υγρού (όπως συμβαίνει π.χ. στην διακίνηση βαρέων καυσίμων), ενδέχεται να χρησιμοποιείται και η έναλλακτική λύση αντλιών δυναμικού τύπου. Οι περιστροφικές δυναμικές αντλίες έχουν μειωμένη απόδοση όταν αντλούν υγρά μεγάλου ιξώδους και κατά συνέπεια, μεγαλύτερες απαιτήσεις ισχύος. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες των αντλιών (οι οποίες έχουν προκύψει για διακινούμενο υγρό το νερό), τροποποιούνται με διορθωτικούς συντελεστές, στην περίπτωση που το κινηματικό ιξώδες είναι  $>20 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$ . Αντίστοιχης σημασίας είναι και η συγκέντρωση στερεών σωματιδίων, καθώς και το μέγεθος και η σκληρότητά τους.

Αν το υγρό έχει πολύ μεγάλη συγκέντρωση στερεών, επιλέγεται μία αντλία που δεν θα φράξει ή δεν θα αποτύχει πρόωρα. Αν το αντλούμενο υγρό συμπαρασύρει μεγάλες ποσότητες αερίων θα πρέπει

να επιλεχθούν αντλίες, οι οποίες μπορούν να ανταποκριθούν, δηλαδή είτε περιστροφικές αντλίες θετικής εκτοπίσεως, είτε αντλίες ακροφυσίου.

Οι ασύγχρονοι κινητήρες λόγω της απλότητας της κατασκευής τους, του χαμηλού κόστους, της ελάχιστης συντήρησης και της μεγάλης συγκέντρωσης ισχύος, είναι οι πιο διαδεδομένοι κινητήρες στη βιομηχανία. Ονομάζονται διαφορετικά και επαγωγικοί κινητήρες, γιατί το ρεύμα διέγερσης του δρομέα δημιουργείται από επαγωγή αντί να παρέχεται με ηλεκτρική σύνδεση από κάποια πηγή. Οι ασύγχρονοι κινητήρες διακρίνονται σε μονοφασικούς και τριφασικούς. Στο κεφάλαιο αυτό θα αναπτύξουμε τους τριφασικούς κινητήρες. Οι ασύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες ανάλογα με τη κατασκευή του δρομέα διακρίνονται σε δύο τύπους εμείς όμως στην περίπτωση των αντλιών θα ασχοληθούμε με τον κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα

### 3.4 Κινητήρας με βραχυκυκλωμένο δρομέα



## Κατασκευαστικά στοιχεία του στάτη των ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων (Α.Τ.Κ.)

Το ακίνητο μέρος ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα, ο στάτης, αποτελεί το μόνο στοιχείο που συνδέεται ηλεκτρικά με το δίκτυο. Μέσα στο κέλυφος είναι τοποθετημένος ο πυρήνας του τυμπάνου, που κατασκευάζεται από πολλά μαγνητικά ελάσματα, συνήθως πυριτιούχου χάλυβα, που κόβονται σε ειδικές πρέσες και έχουν τη μορφή του σχήματος. Τα ελάσματα αυτά είναι περασμένα με ειδικό βερνίκι, συγκρατούνται με κοχλίες και αποτελούν το ζύγωμα της μηχανής. Στα αυλάκια (οδοντώσεις) που σχηματίζονται τοποθετούνται οι τρεις φάσεις του τυλίγματος, ώστε να δημιουργείται στο εσωτερικό ένα μαγνητικό πεδίο Βολ.

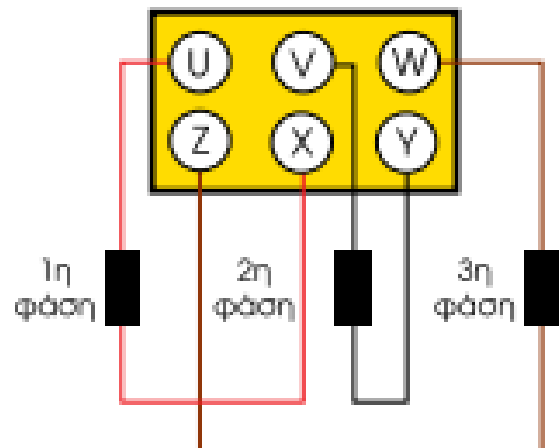


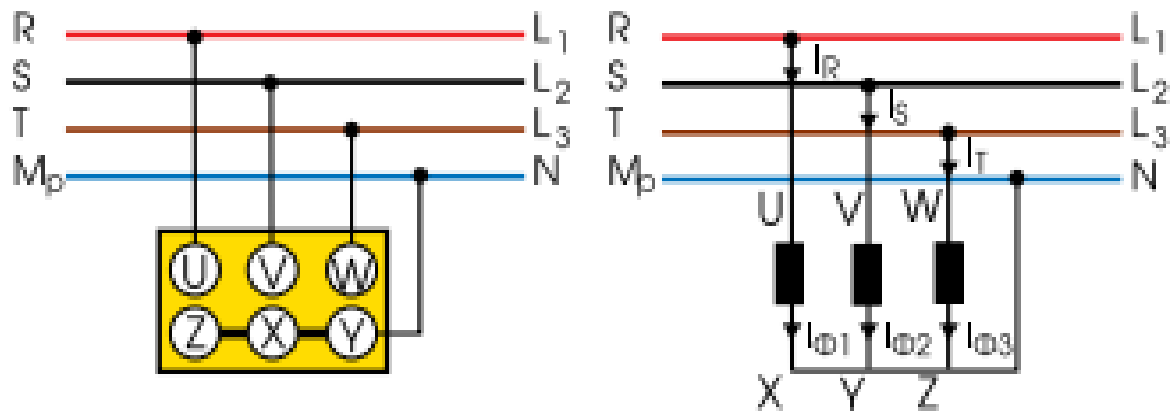
### 3.5 Πολικά και φασικά μεγέθη

Κάθε τριφασική μηχανή έχει τρεις φάσεις ( τυλίγματα ) που φαίνονται στο σχήμα. Τα άκρα U,V,W χρησιμοποιούνται για να συνδέονται στο τριφασικό δίκτυο τροφοδοσίας R,S,T, Μρ και να δίνουν ή να παίρνουν ισχύ ( γεννήτρια, κινητήρας ) και τα X,Y,Z για να δημιουργούν αλληλένδετο τριφασικό σύστημα. Υπάρχουν δύο τρόποι για να συνδεθούν οι τρεις φάσεις :

#### Σύνδεση σε αστέρα (Y)

Ενώνοντας με χάλκινα λαμάκια τους ακροδέκτες X,Y,Z της μηχανής, συνδέουμε τα τυλίγματα σε αστέρα (Y) , όπως φαίνεται στο σχήμα

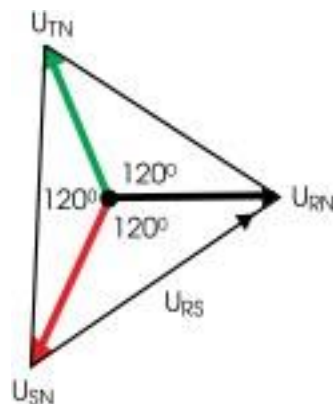




Η τάση στα άκρα μιας φάσης λέγεται φασική τάση και η τάση μεταξύ δυο γραμμών τροφοδοσίας , πολική τάση .

Στη συνδεσμολογία αστέρα παίρνοντας τυχαία μια φάση , την 1η φάση παρατηρούμε ότι η φασική τάση είναι η τάση  $U_{UX}=U_{RN}$ , από την τριγωνομετρική ανάλυση του σχήματος προκύπτει ότι  $U_{RS} = \sqrt{3}U_{RN}$

Δηλαδή:  $U_{\text{πολική}} = \sqrt{3} U_{\text{φασική}}$





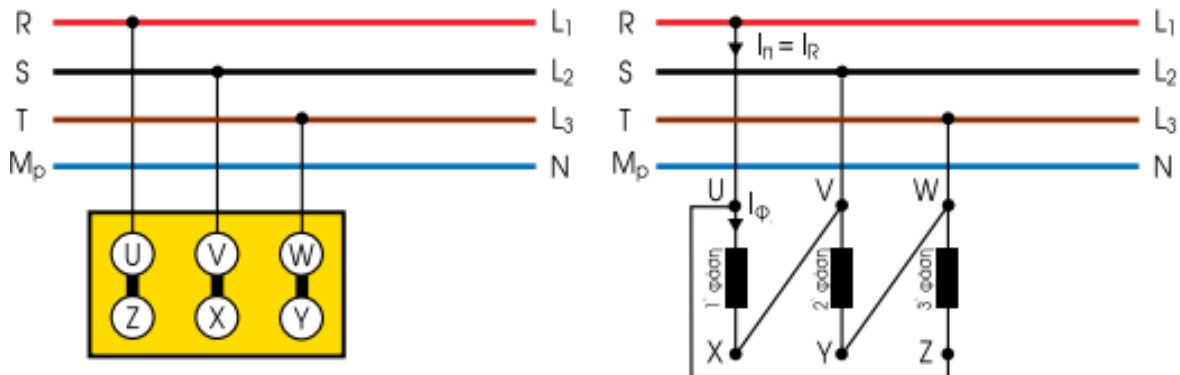
Το ρεύμα που παρέχεται στη 1η φάση από το δίκτυο είναι  $I_R$ .

Παρατηρώντας το σχήμα προκύπτει :  $I_R = I \Phi$ . Γενικεύοντας, μπορούμε να γράψουμε :

**$I$  φασικό =  $I$  πολικό** και σε συντομία  **$I\phi = I\pi$**

## Σύνδεση σε τρίγωνο ( Δ )

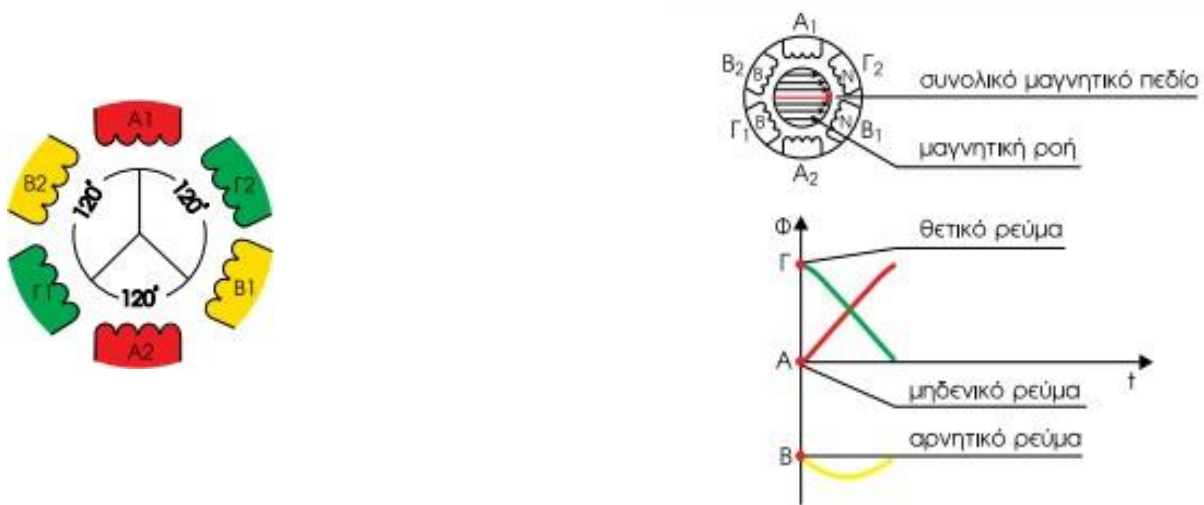
Ενώνοντας στη συνέχεια τους ακροδέκτες U με Z, V με X και W με Y συνδέουμε τα τυλίγματα σε τρίγωνο ( Δ ) όπως φαίνεται στο σχήμα :



Στη συνδεσμολογία τριγώνου η φασική τάση  $U_{UX}=U_{RS}$  δηλαδή, **U φασική =U πολική**. Από την τριγωνομετρική ανάλυση των ρευμάτων προκύπτει, ανεξάρτητα από τη συνδεσμολογία , η πραγματική ισχύ που απορροφά ο κινητήρας από το δίκτυο είναι :  **$P=\sqrt{3} U \pi I \pi \cos(\phi)$  σε ( W )**.

### 3.6 Στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο

Ο στάτης κάθε ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα αποτελείται από τρία τυλίγματα (Α,Β,Γ) που σχηματίζουν γωνίες 120° μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο σχήμα. Όταν εφαρμοσθεί εναλλασσόμενη τάση στο στάτη, έχουμε ροή ρεύματος μέσα από τα πηνία. Η μαγνητική ροή εξαρτάται από τη φορά του ρεύματος.



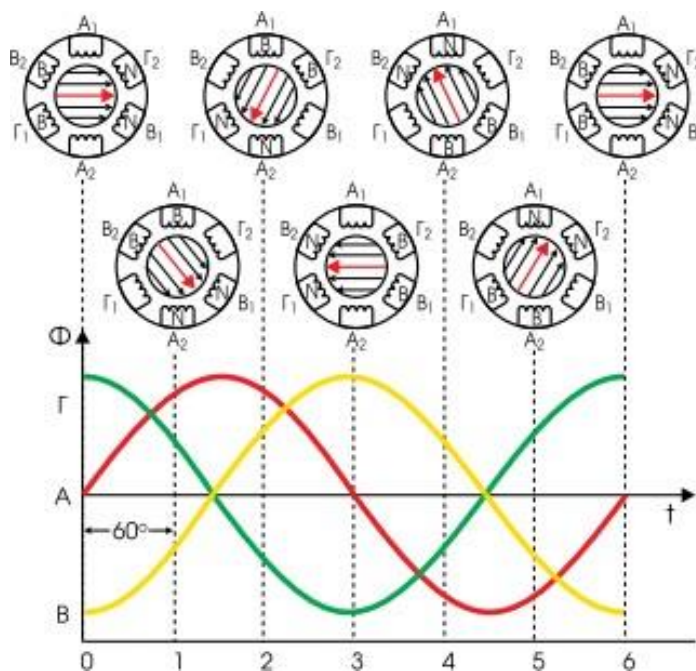
Αν υποθέσουμε ότι θετική φορά ρεύματος δημιουργεί στα πηνία Α<sub>2</sub>, Β<sub>2</sub>, Γ<sub>2</sub> Νότιο μαγνητικό πόλο ( N ) καταλήγουμε στον πίνακα :

**Δημιουργία μαγνητικών πόλων**

Πηνίο	Φορά Ρεύματος	
	A <sub>1</sub>	Θετική (+)
	Βόρειος (B)	Νότιος (N)
A <sub>2</sub>	Νότιος (N)	Βόρειος (B)
B <sub>1</sub>	Βόρειος (B)	Νότιος (N)
B <sub>2</sub>	Νότιος (N)	Βόρειος (B)
Γ <sub>1</sub>	Βόρειος (B)	Νότιος (N)
Γ <sub>2</sub>	Νότιος (N)	Βόρειος (B)

Τα τρία τυλίγματα του στάτη τροφοδοτούνται με τριφασικό ρεύμα. Για να γίνει κατανοητή η δημιουργία του μαγνητικού πεδίου επιλέγουμε τη χρονική στιγμή μηδέν. (t=0). Το ρεύμα στο πηνίο Α είναι μηδέν, στο Β είναι αρνητικό και στο Γ θετικό. Με βάση τον προηγούμενο πίνακα τα Β<sub>1</sub> και Γ<sub>2</sub> είναι Νότιοι πόλοι και το Β<sub>2</sub> και Γ<sub>1</sub> Βόρειοι πόλοι. Η δημιουργούμενη συνολική μαγνητική ροή φαίνεται στο σχήμα.

Αν με το ίδιο τρόπο εξετάσουμε το δημιουργούμενο μαγνητικό πεδίο για τριφασικό σύστημα παροχής και για χρόνους που αντιστοιχούν σε γωνίες 60 μοίρες όταν το ρεύμα συμπληρώσει φάση 360 μοίρες, το μαγνητικό πεδίο έχει περιστραφεί αντίστοιχα κατά 360 μοίρες.



### 3.7 Είδη τυλιγμάτων

Οι μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος κατασκευάζονται με τρία είδη τυλιγμάτων αυτά είναι :

- 1ο . τυλίγματα με ένα μάτσο / αυλάκι.
- 2ο . τυλίγματα με δύο μάτσα / αυλάκι
- 3ο . τυλίγματα με ε'να και δυο μάτσα / αυλάκι

Τα τυλίγματα με ένα μάτσο / αυλάκι ονομάζονται και τυλίγματα με μια στρώση . Τα τυλίγματα με δυο μάτσα / αυλάκι ονομάζονται και τυλίγματα με δύο στρώσεις και τέλος τα τυλίγματα με ένα και δύο μάτσα / αυλάκι ονομάζονται μικτά τυλίγματα . Τα τυλίγματα μπορεί να είναι μονοφασικά διφασικά και τριφασικά . Τα πλέον διαδεδομένα τυλίγματα είναι τα τριφασικά

, τα οποία μπορούν να θεωρηθούν ότι προκύπτουν από τρία κυκλώματα μονοφασικά μετατοπισμένα μεταξύ τους κατά  $120^\circ$  ηλεκτρικές .

### 3.8 Γεωμετρικές-Ηλεκτρικές μοίρες

Στις διπολικές μηχανές ΕΡ η Η.Ε.Δ που επάγεται σε κάθε εργαζόμενο αγωγό , συμπληρώνει μια ολόκληρη περίοδο , όταν ο αγωγός περνώντας μπροστά από ένα βόρειο και ένα νότιο πόλο ξαναβρεθεί πάλι μπροστά στον επόμενο βόρειο πόλο. Στις πολύπολικες μηχανές η Η.Ε.Δ που επάγεται σε κάθε εργαζόμενο αγωγό συμπληρώνει μία περίοδο μόλις ο αγώνας διαγράψει ένα ορισμένο τόξο που αντιστοιχεί σε ορισμένη γεωμετρική γωνία . Η τιμή αυτής της γεωμετρικής γωνίας εξαρτάται από τον αριθμό των πόλων του επαγωγέα. Η σχέση μεταξύ γεωμετρικών και ηλεκτρικών γωνιών είναι :

**Γεωμετρική γωνία = ηλεκτρική γωνία / ζεύγη πόλων**

### 3.9 Τύποι τυλιγμάτων του στάτη

Τα τυλίγματα των ασύγχρονων κινητήρων διακρίνονται σε 3 συστήματα. Αυτά είναι :

1. Ομόκεντρο
2. Βροχοειδές συνήθως ονομάζεται στεφάνης
3. Κυματοειδές

Τα τρία συστήματα μπορούν να διακριθούν σε δυο

A) Με πόλους ομώνυμου

B) Με πόλους εναλλάξ

Τόσο τα τυλίγματα με πόλους εναλλάξ όσο και εκείνα με πόλους ομώνυμους ανάλογα με το πλάτος του μάτσου , δηλαδή της αποστάσεως μεταξύ των ενεργών πλευρών διακρίνονται σε:

A) Τυλίγματα με βήματα ακέραιο

B) Τυλίγματα με βήμα συγκεκριμένο

Το ομόκεντρο τύλιγμα κανονικά γίνεται σε δύο επίπεδα, αλλά χρησιμοποιείται επίσης μια τοποθέτηση των κεφαλών ανάλογη με εκείνη των τυλιγμάτων στεφάνης και αυτό το τύλιγμα ονομάζεται τύλιγμα ομόκεντρο με στεφάνη .

Τα μάτσα είναι όλα ίσα στο τύλιγμα στεφάνης ενώ στο ομόκεντρο με στεφάνη τα μάτσα κάθε συγκροτήματος είναι διαφορετικού μεγέθους, όπως στο ομόκεντρο με δυο επίπεδα . Το τύλιγμα στεφάνης χρησιμοποιείται πολλές φορές από τους τυλιχτές σε αντικατάσταση του ομόκεντρου με μια στρώση.

### **Τύλιγμα με βήμα ακέραιο**

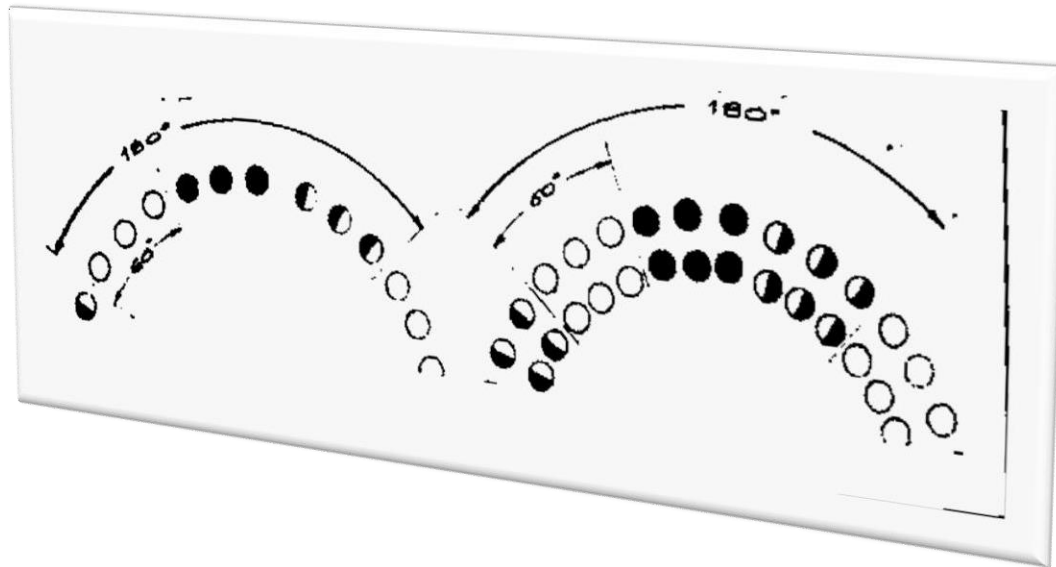
Τα τυλίγματα μπορούν να πραγματοποιηθούν με ένα και δυο μάτσα σε κάθε αυλάκι. Στα τυλίγματα με ένα μάτσο ανά αυλάκι οι αγωγοί κάθε αυλακιού αποτελούν ένα στοιχείο ενώ στα τυλίγματα με δύο μάτσα / αυλάκι οι αγωγοί κάθε αυλακιού αποτελούν δυο στοιχεία. Το βήμα των αυλακιών  $\Psi\alpha$  είναι ίσο με το πολικό βήμα  $\Psi\eta$  στα τυλίγματα με βήμα ακέραιο :

$$\Psi\alpha = \Psi\pi = \eta\alpha / 2\rho$$

Στα τυλίγματα με βήμα ελαττωμένο το βήμα των αυλακιών  $\Psi\alpha$  είναι πάντα μικρότερο του πολικού βήματος  $\Psi\pi$  :

$$\Psi\alpha < \eta\alpha / 2\rho$$

Τα τυλίγματα με βήμα ακέραιο κάθε φάση συνήθως καταλαμβάνει το 1/3 του παλιού βήματος, δηλαδή τα στοιχεία κάθε φάσης είναι κατανεμημένα συνήθως ομοιόμορφα κατά μήκος μιας ζώνης 60ο ηλεκτρικών .



### 3.10 Έλεγχος στροφών τριφασικού ασύγχρονου κινητήρα

#### Έλεγχος στροφών τριφασικού ασύγχρονου κινητήρα με ποτενσιόμετρο και εξωτερικό διακοπή Start/Stop

**P0700=2** Για έλεγχο start/stop από διακόπτη συνδεδεμένο σε κάποια από τις ψηφιακές εισόδους (γενικότερα: οι εντολές προς το ρυθμιστή γίνονται μέσω των ψηφιακών εισόδων που αυτός διαθέτει)

**P0701=1** Καθορίζεται στην ψηφιακή είσοδο (DIN 1) η λειτουργία ON/OFF1. Η σύνδεση του διακόπτη γίνεται στις κλέμμες 5-9

**P1000=2** Οι στροφές του κινητήρα ελέγχονται από ποτενσιόμετρο το οποίο είναι συνδεδεμένο στην αναλογική είσοδο 1 (AIN 1).

Με τις παραπάνω ρυθμίσεις Ο κινητήρας μπορεί να περιστραφεί από μηδέν έως και στις ονομαστικές του στροφές δηλαδή από 0 HZ έως και 50HZ. Εάν θέλετε να περιστρέψετε τον κινητήρα σε στροφές μεγαλύτερες από τις ονομαστικές του θα πρέπει να το <<δηλώσετε>> μέσα από κάποιες άλλες παραμέτρους.

**P0003=3** Με την ρύθμιση αυτή υπάρχει πρόσβαση σε όλες τις παραμέτρους του MICROMASTER

**P1082=X** Όπου "X" είναι η μέγιστη συχνότητα περιστροφής που ορίζεται να έχει ο κινητήρας.

**P2000=X** Όπου "X" είναι η μέγιστη συχνότητα περιστροφής που ορίστηκε να έχει ο κινητήρας



και είναι ίδια με την P1082.

Με τον εξωτερικό διακόπτη μπορείτε να δίνετε εντολή ενεργοποίησης / απενεργοποίησης στον MICROMASTER 440.

Με το ποτενσιόμετρο καθορίζεται την συχνότητα περιστροφής του κινητήρα (setpoint) Ο χρόνος επιτάχυνσης καθορίζεται από τη παράμετρο P1120 και Ο χρόνος επιβράδυνσης καθορίζεται από την παράμετρο P1121. Για να περιστραφεί ο κινητήρας στα 62 HZ τότε θα πρέπει να ακολουθηθεί η παρακάτω διαδικασία

1. P0003=3
2. P1082=62
3. P2000=62

### 3.11 Πέδηση ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα

Μετά το τέλος της λειτουργίας ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα πολλές φορές χρειάζεται ένα γρήγορο ,απότομο και δυναμικό σταμάτημα του δρομέα το οποίο μπορεί να επιτευχθεί με τους εξής τρόπους:

**Με μηχανική πέδηση.** Αυτό επιτυγχάνεται με ειδικό χειροκίνητο σύστημα φρένου όπου διαθέτει Ο κινητήρας

**Πέδηση με συνεχές ρεύμα.** Η διέλευση του ρεύματος μέσα από τα τυλίγματα του κινητήρα δημιουργεί ένα σταθερής τιμής μαγνητικό πεδίο, μέσα στο οποίο περιστρέφεται Ο δρομέας λόγω αδράνειας της μάζας του. Στους αγωγούς του τυλίγματος του δρομέα δημιουργείται αντίθετη ροπή στρέψης που συντελεί στη γρήγορη ακινητοποίηση του δρομέα του ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα. Όλα αυτά γίνονται όταν κατά τη διάρκεια της λειτουργίας ενός ATK γίνει αποσύνδεση του από το τριφασικό δίκτυο και τα άκρα τυλίγματος του συνδεθούν με πηγή συνεχούς ρεύματος και επέλθει γρήγορο φρενάρισμα.

**Πέδηση με αλλαγή του ρυθμού των πόλων ATK.** Με αυτό τον τρόπο και συνεπώς με την αλλαγή ταχύτητας περιστροφής του ATK δεν μηδενίζεται η περιστροφή του δρομέα αλλά περιορίζει την αρχική του ταχύτητα.

## ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Οι κατηγορίες απωλειών ισχύος είναι Οι ίδιες με αυτές των μηχανών συνεχούς ρεύματος και είναι οι εξής:

- Απώλειες χαλκού στο στάτη
- Απώλειες πυρήνα
- Μηχανικές απώλειες
- Κατανεμημένες απώλειες

Οι απώλειες χαλκού είναι Οι απώλειες θερμότητας στους αγωγούς του στάτη και του δρομέα της μηχανής. Ειδικότερα Οι απώλειες χαλκού στον τριφασικό στάτη (stat or copperlosses-SCL) μιας μηχανής εναλλασσόμενου ρεύματος είναι

$$P_{SCL}=3I^2RA$$

A

- Όπου RA είναι η συνολική αντίσταση των αγωγών της κάθε φάσης του στάτη IA το αντίστοιχο ρεύμα κάθε φάσης . Οι απώλειες χαλκού στο δρομέα (rotorcopperlosses - RCL) μιας σύγχρονης μηχανής εναλλασσόμενου ρεύματος δίνονται από τη σχέση

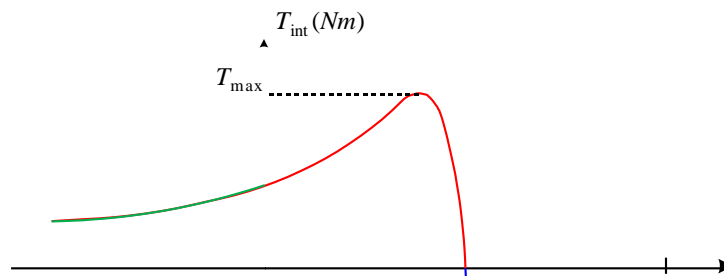
$$P_{RSL}=IF^2RF$$

- Οι μηχανικές απώλειες μιας μηχανής εναλλασσόμενου ρεύματος συνίστανται στις απώλειες λόγω τριβών μεταξύ των μηχανικών τμημάτων της μηχανής και στις απώλειες εξαερισμού (απώλειες τριβών και μηχανικών τμημάτων με αέρα).
- Οι απώλειες πυρήνα οφείλονται στα φαινόμενα της υστέρησης και των δινορευμάτων. Οι δυο προηγούμενες κατηγορίες απωλειών συνήθως υπολογίζονται μαζί και ονομάζονται απώλειες χωρίς φορτίο, επειδή στη λειτουργία χωρίς φορτίο είναι ίσες με την ισχύ εξόδου της μηχανής. Τέλος στις κατανεμημένες απώλειες περιλαμβάνονται όλες Οι απώλειες που δεν υπολογίζεται σε καμία από τις προηγούμενες κατηγορίες και συνήθως γίνεται η υπόθεση ότι αντιστοιχούν στο 1% της ισχύος εξόδου της μηχανής.

### 3.12 Βαθμός απόδοσης

Ο συνολικός βαθμός απόδοσης μιας μηχανής εναλλασσόμενου ρεύματος είναι όπως και στις περιπτώσεις των μετασχηματιστών και των μηχανών συνεχούς ρεύματος ίσος με την ωφέλιμη ισχύ εξόδου της μηχανής προς την ισχύ εισόδου  $n = P_{out} / P_{in} \times 1$

Χαρακτηριστική Ροπής - στροφών



$0 < nr < ns$  ή  $1 < s < 0$ :

Περιοχή λειτουργίας της ασύγχρονης μηχανής ως κινητήρας  $nr > ns$  (**Υπερσύγχρονος αριθμός στροφών**): Με τη βοήθεια κινητήριας μηχανής στρέφεται Ο άξονα πάνω από το σύγχρονο αριθμό στροφών και η σύγχρονη μηχανή λειτουργεί ως Γεννήτρια. (αποδίδει πραγματική ισχύ στο δίκτυο),  
Οπότε:  $s < 0$  και  $P_{int} < 0$ ,  $T_{int} < 0$ .

Αλλαγή της διαδοχής των φάσεων του δικτύου: Αν η μηχανή λειτουργεί ως κινητήρας, θα αντιστραφεί η φορά του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου του τυλίγματος του στάτη. Στην κατάσταση αυτή, η παραγόμενη ηλεκτρική ροπή αλλάζει πρόσημο, γίνεται δηλαδή αντίρροπη, με αποτέλεσμα το απότομο φρενάρισμα του κινητήρα (Πέδη).

# 4. Αυτοματισμός

## 4.1 Υλικά αυτοματισμού

### ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΟΙ (ΡΕΛΕ )

Ο ηλεκτρονόμος, ρελέ (relay) ή ρελέ είναι ένας ηλεκτρικός διακόπτης που ανοίγει και κλείνει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα κάτω από τον έλεγχο ενός άλλου ηλεκτρικού κυκλώματος. Στην αρχική μορφή του, ένας ηλεκτρομαγνήτης ενεργοποιούσε το διακόπτη, με το άνοιγμα ή κλείσιμο μιας ή περισσότερων επαφών. Εφευρέθηκε από τον Τζόζεφ Χένρυ το 1835. Επειδή ένας ηλεκτρονόμος είναι ικανός να ελέγχει ένα κύκλωμα εξόδου υψηλότερης ισχύος από το κύκλωμα εισόδου, μπορεί να θεωρηθεί, γενικά, μια μορφή ηλεκτρικού ενισχυτή.

Κάθε επαφή ενός ηλεκτρονόμου μπορεί να είναι Κανονικά-Ανοικτή (Normally Open, NO), Κανονικά-Κλειστή (Normally Closed, NC) ή μεταγωγικός (change-over), ανάλογα με τον τύπο της.

Μια επαφή Κανονικά-Ανοικτή συνδέει το κύκλωμα όταν ο ηλεκτρονόμος ενεργοποιείται· το κύκλωμα αποσυνδέεται όταν ο ηλεκτρονόμος είναι ανενεργός. Μια τέτοια επαφή καλείται επίσης Επαφή Μορφής Α ή επαφή "make". Η επαφή μορφής Α είναι ιδανική για εφαρμογές που απαιτούν την ενεργοποίηση μιας πηγής υψηλής τάσης από απόσταση.

Μια επαφή Κανονικά-Κλειστή αποσυνδέει το κύκλωμα όταν ο ηλεκτρονόμος ενεργοποιείται· το κύκλωμα συνδέεται όταν ο ηλεκτρονόμος είναι ανενεργός. Μια τέτοια επαφή καλείται επίσης Επαφή Μορφής Β ή επαφή "break". Η επαφή μορφής Β είναι ιδανική για εφαρμογές που απαιτούν το κύκλωμα να παραμένει κλειστό (ενεργό) μέχρι ο ηλεκτρονόμος να ενεργοποιηθεί.



Μια επαφή Μεταγωγική μπορεί να ελέγχει δύο κυκλώματα. Ισοδυναμεί με μια επαφή κανονικά-ανοικτή και μια επαφή κανονικά-κλειστή που έχουν ένα κοινό ακροδέκτη. Μια τέτοια επαφή καλείται επίσης Επαφή Μορφής C. Συνήθως ένας ηλεκτρονόμος αποτελείται από περισσότερες από μία ελεγχόμενες επαφές. Οι επαφές χωρίζονται σε κύριες και βοηθητικές. Οι κύριες διαρρέονται συχνά από ισχυρότερα ρεύματα και έτσι είναι αυτές που διακόπτουν το κύριο κύκλωμα και συνήθως είναι Κανονικά- Ανοικτές.

Οι βοηθητικές έχουν όπως υπονοεί και το όνομά τους επικουρικό χαρακτήρα και ο ρόλος τους είναι να βοηθούν στον έλεγχο των αυτοματισμών (που είναι ο κύριος τομέας χρήσης των ηλεκτρονόμων). Για παράδειγμα βοηθούν στην ενεργοποίηση/απενεργοποίηση βοηθητικών κυκλωμάτων όπως ενδεικτικές λυχνίες.

Όταν ηλεκτρικό ρεύμα διαρρέει το πηνίο του ηλεκτρονόμου, το παραγόμενο μαγνητικό πεδίο έλκει έναν σπλισμό που είναι μηχανικά συνδεδεμένος σε μια κινούμενη επαφή. Έτσι, η κινούμενη επαφή είτε συνδέεται με μια σταθερή επαφή είτε αποσυνδέεται από τη σταθερή επαφή. Μόλις το ηλεκτρικό ρεύμα στο πηνίο διακοπεί, ο σπλισμός επιστέφει στη θέση ηρεμίας του εξαιτίας μιας δύναμης επαναφοράς, που είναι ίση με το ήμισυ της μαγνητικής. Η δύναμη επαναφοράς παρέχεται συνήθως από ένα ελατήριο, αλλά και η βαρύτητα χρησιμοποιείται συχνά σε βιομηχανικούς εκκινητές μηχανών. Η μεταβολή της μαγνητικής ροής στο πηνίο γεννά ένα ηλεκτρικό ρεύμα, το λεγόμενο "επαγωγικό", που έχει αντίθετη φορά από εκείνο που παρέχεται στο πηνίο.

Για τη λειτουργία του πηνίου και τη μετακίνηση των επαφών απαιτείται σχετικά μεγάλη ένταση ηλεκτρικού ρεύματος, αλλά - μόλις ο σπλισμός κλείσει - το ηλεκτρικό ρεύμα που απαιτείται για να κρατήσει τον σπλισμό κλειστό είναι ένα μικρό κλάσμα του αρχικού, τυπικά το 1 /10. Οι ηλεκτρονόμοι κατασκευάζονται για να λειτουργούν γρήγορα. Σε μια εφαρμογή χαμηλής τάσης, αυτό γίνεται για τη μείωση του θορύβου. Σε μια εφαρμογή υψηλής τάσης ή υψηλής έντασης ρεύματος, αυτό γίνεται για τη μείωση των σπινθηρισμών (ηλεκτρικών εκφορτίσεων μορφής τόξου). Εάν το πηνίο διεγείρεται με συνεχές (DC) ρεύμα, ανεξάρτητα από το ηλεκτρικό ρεύμα που ρέει διαμέσου των επαφών, μια δίοδος μπαίνει συνήθως παράλληλα με το πηνίο. Όταν το πηνίο διεγείρεται, αποκαθίσταται ένα μαγνητικό πεδίο.

Όταν το πηνίο αποδιεγείρεται, το καταρρέον μαγνητικό πεδίο δημιουργεί μια αιχμή ηλεκτρικού ρεύματος που θα μπορούσε να βλάψει το υπόλοιπο κύκλωμα. Αν το πηνίο διεγείρεται με εναλλασσόμενο (AC) ρεύμα, ένα μικρό χάλκινο δαχτυλίδι πτυχώνεται στο άκρο του σωληνοειδούς πηνίου. Το εναλλασσόμενο ρεύμα μηδενίζεται 100 φορές το

δευτερόλεπτο. Σε κάθε χρονική στιγμή μηδενισμού, δεν υπάρχει καμιά μαγνητική δύναμη που να συγκρατεί τις επαφές κλειστές. Το μικρό χάλκινο δαχτυλίδι παρέχει ένα μικρό ρεύμα εκτός φάσεως που καλείται shadow pole (σκιώδης πόλος). Το άθροισμα του εναλλασσόμενου ρεύματος και του shadow pole εξασφαλίζει τη συγκράτηση του οπλισμού στη θέση εμπλοκής σε όλες τις χρονικές στιγμές. Σε αναλογία με τις λειτουργίες της πρωτότυπης ηλεκτρομαγνητικής συσκευής, ένας ηλεκτρονόμος στεράς κατάστασης κατασκευάζεται με ένα θυρίστορ ή άλλη συσκευή διακοπής στερεάς κατάστασης. Για να επιτευχθεί ηλεκτρική απομόνωση, μια δίοδος φωτοεκπομπής LED χρησιμοποιείται με ένα φωτοτρανζίστορ.

## **ΜΠΟΥΤΟΝ**

Είναι χειροκίνητοι διακόπτες στιγμιαίας ενεργοποίησης με ελατήριο επαναφοράς. Ένα μπουτόν έχει ένα αριθμό επαφών, που ελέγχονται από ένα εξωτερικό χειριστήριο. Αυτές μπορεί να είναι κανονικά ανοιχτές ή κανονικά κλειστές. Αυτές οι επαφές αλλάζουν κατάσταση μόνο όση ώρα έχουμε ενεργοποιημένο το χειριστήριό τους, ενώ κατόπιν με την βοήθεια ελατηρίου επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση.

Τα μπουτόν που έχουν μια ανοιχτή επαφή ονομάζονται αλλιώς μπουτόνς start και συνηθίζεται να είναι πράσινου χρώματος.

Τα μπουτόν που έχουν μια κλειστή επαφή ονομάζονται αλλιώς μπουτόνς stop και συνηθίζεται να είναι κόκκινου χρώματος.

Υπάρχουν μπουτόνς χωρίς την δυνατότητα πρόσθεσης ηλεκτρικών επαφών και άλλα με την δυνατότητα πρόσθεσης εξτρά επαφών. Το χειριστήριο μπορεί να είναι διαφόρων μεγεθών και σχημάτων αναλόγως με την περίπτωση.

## ΘΕΡΜΙΚΟ

Τα θερμικά ρελέ αποτρέπουν μια ηλεκτρική μηχανή από το να τραβήξει παραπάνω ρεύμα από το ονομαστικό και έτσι να υπερθερμανθεί.

Οι συνθήκες θερμικής υπερφόρτισης είναι από τα πιο συνηθισμένα προβλήματα στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις κίνησης. Έτσι δημιουργούν αύξηση στο ρεύμα του κινητήρα και αύξηση στην θερμοκρασία της μηχανής. Η προστασία υπερφόρτισης αποτρέπει μια ηλεκτρική μηχανή από το να τραβήξει πολύ μεγάλο ρεύμα, να υπερθερμανθεί, και κυριολεκτικά να καεί.



Τα θερμικά ρελέ υπερφόρτισης μπορεί να είναι διμεταλλικοί ηλεκτρονόμοι, ηλεκτρονόμοι με εύηκτα κράματα, ηλεκτρονόμοι ελέγχου θερμοκρασίας και ηλεκτρονόμοι στερεάς κατάστασης.

Μια διμεταλλική επαφή αποτελείται από δύο λωρίδες διαφορετικών μετάλλων. Τα ανόμοια μέταλλα ενώνονται μόνιμα. Η θέρμανση της διμεταλλικής λωρίδας το αναγκάζει να καμφθεί επειδή τα ανόμοια μέταλλα επεκτείνονται και συγκολλούνται σε διαφορετικά ποσοστά. Το διμεταλλικό στοιχείο εφαρμόζει πίεση μέσω ελατηρίου σε μια επαφή. Εάν η θερμότητα αρχίζει να αυξάνεται, η λωρίδα κάμπτεται και το ελατήριο χωρίζει τις επαφές, που ανοίγουν το κύκλωμα.

Αν και οι θερμικοί ηλεκτρονόμοι υπερφόρτωσης σχεδιάζονται για να προστατεύσουν τις μηχανές από τα ρεύματα υπερφόρτισης, πρέπει να είναι ικανοί στο να επιτρέπουν τα μεγάλα ρεύματα για τις μικρές χρονικές περιόδους κατά τη διάρκεια της εκκίνησης (προπαρασκευαστική περίοδος). Πρέπει παρόλα αυτά να ενεργοποιηθούν άμεσα εάν το αρχικό ρεύμα κρατήσει για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από το κανονικό.

Η κλειστή επαφή 95- 96 μετέχει σε σειρά στο κύκλωμα ελέγχου ενός ή περισσότερων ηλεκτρονόμων ισχύος μέσω των οποίων διακόπτεται η τροφοδοσία του κινητήρα, όταν ενεργοποιηθεί το θερμικό υπερφόρτισης. Η επαφή 97 – 98 χρησιμοποιείται συνήθως για σήμανση της υπερφόρτισης του κινητήρα. Μετά την ενεργοποίηση του θερμικού ρελέ, οι επαφές μανδαλώνουν και για να επανέλθουν στην κατάσταση ηρεμίας, πρέπει να πιεστεί ένα εξωτερικό μπουτόν επαναφοράς.

Κάθε θερμικό υπερφόρτισης έχει ένα εξωτερικό χειριστήριο , στο οποίο ρυθμίζεται η ένταση του ρεύματος, που μπορεί να διαρρέει το κύκλωμα συνεχώς χωρίς να ενεργοποιείται. Το θερμικό υπερφόρτισης σε ένα απλό διακόπτη τριφασικού ηλεκτροκινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα , ρυθμίζεται στο ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας του κινητήρα .



## ΧΡΟΝΙΚΑ

Οι χρονικοί ηλεκτρονόμοι είναι τα εξαρτήματα αυτά τα οποία μας εξασφαλίζουν την ενεργοποίηση ή την απενεργοποίηση μιας κατάστασης με βάση το χρόνο. Υπάρχει μια τεράστια ποικιλία ανάλογα με το είδος της κάθε εφαρμογής.

Ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους διακρίνονται σε : Ηλεκτρομηχανικά, Ηλεκτρονικά (αναλογικά , ψηφιακά) και Πνευματικά.

Ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής υπάρχει μεγάλο φάσμα εφαρμογών για κάθε εφαρμογή, σαν ιδιαίτερο τύπο χρονικού για τους βιομηχανικούς αυτοματισμούς αξίζει να δούμε τα χρονικά που χρησιμοποιούνται σε αυτόματο διακόπτη αστέρα -τριγώνου, σε αυτή τη περίπτωση όπως λανθασμένα πολλές φορές συμβαίνει δεν πρέπει να χρησιμοποιείται ένα απλό DELAY ON TIMER και αυτό γιατί τα delay on timer διαθέτουν μια μεταγωγική επαφή, οπότε κατά τη μετάβαση από την σύνδεση σε αστέρα στη σύνδεση σε τρίγωνο μπορεί να μην έχει προλάβει να αποσβεστεί το τόξο απόζευξης του ρελέ του αστέρα και να ενεργοποιηθεί το ρελέ του τριγώνου με αποτέλεσμα το βραχυκύκλωμα. Βέβαια τέτοιες περιπτώσεις είναι περισσότερο επίφοβες για κινητήρες μεγάλης ισχύος.

Τα ειδικά λοιπόν χρονικά για τέτοιους τύπους εκκινήσεων διαθέτουν δύο καθαρές επαφές εκ των οποίων η μία κλείνει κατά την εκκίνηση σε αστέρα, ενώ η επαφή του τριγώνου κλείνει αφού μεσολαβήσει και ένας ενδιάμεσος νεκρός χρόνος από την απενεργοποίηση της επαφής του αστέρα, έτσι ώστε να μην υπάρχει περίπτωση εμφάνισης του πιο πάνω προβλήματος.



## ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΙΣΧΥΟΣ

Οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος είναι συνδυασμός απλού διακόπτη – θερμικού – ασφάλειας. Έτσι προστατεύουν :

- Από υπερένταση με τα θερμικά στοιχεία που διαθέτουν.
- Από βραχυκύκλωμα με τα ηλεκτρομαγνητικά στοιχεία που διαθέτουν (μηχανισμός αυτόματης ασφάλειας).

Λειτουργούν κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες. Συνθήκες ομαλής λειτουργίας, η και κάτω από συνθήκες σφάλματος (ρεύματα πολλαπλάσια του ονομαστικού έως και x100).

## ΟΡΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ

Οριοδιακόπτες (ή τερματοδιακόπτες) ονομάζουμε τους διακόπτες εκείνους οι οποίοι ενεργοποιούνται από μία κίνηση μέσω ενός μηχανισμού που επιδρά στις επαφές τους.

- Αποτελούνται από το κιβώτιο μέσα στο οποίο βρίσκονται οι επαφές (1 ανοικτή και 1 κλειστή συνήθως) και από το μηχανισμό που πιέζει τις επαφές και τις ενεργοποιεί. Η μεγάλη ποικιλία των τερματικών διακοπών βρίσκεται στο μηχανισμό αυτό(χειριστήριο).
- Υπάρχουν πολλών ειδών χειριστήρια όπως με τροχίσκο μιας ή δύο κατευθύνσεων με βέργα σταθερή ή ελατηριωτή, με μπουτόν, με γάντζο.



## ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΕΣ

Οι θερμοστάτες είναι μηχανισμοί που ελέγχουν την θερμοκρασία και μετατρέπουν τις αυξομειώσεις της σε ηλεκτρική εντολή (ενεργοποίηση-απενεργοποίηση επαφής). Τα κύρια τμήματα του θερμοστάτη είναι:

- a) Το αισθητήριο
- b) Ο μηχανισμός της επαφής
- c) Η επαφή

### a) Το αισθητήριο

- Είναι το τμήμα που ανιχνεύει τη θερμοκρασία. Η ανίχνευση μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους.
- Το αισθητήριο να βρίσκεται μέσα σε υγρό και να μεταδίδει μέσω τριχοειδούς σωλήνα τις διαφορές θερμοκρασίας στο μηχανισμό του θερμοστάτη (θερμοστάτες υγρών εμβαπτιζόμενοι).
- Το αισθητήριο να δέχεται τη θερμοκρασία του αέρα του χώρου στον οποίο βρίσκεται (θερμοστάτες χώρου).
- Το αισθητήριο να εφάπτεται σε σωλήνα ή κάποια άλλη μεταλλική επιφάνεια και να δέχεται τη θερμοκρασία εξ επαφής (θερμοστάτες επαφής).

### b) Ο μηχανισμός της επαφής

Η ένδειξη της θερμοκρασίας που δέχεται το αισθητήριο μετατρέπεται σε ενεργοποίηση της επαφής του θερμοστάτη μέσω ενός μηχανισμού. Ο μηχανισμός αυτός μπορεί να είναι είτε μηχανικός είτε ηλεκτρονικός.

- Η ευαισθησία του μηχανισμού επαφής ρυθμίζεται ώστε η επαφή να ενεργοποιείται σε συγκεκριμένη θερμοκρασία.
- Η ρύθμιση αυτή μετά από δοκιμές βαθμονομείται με βαθμούς Κελσίου ή Φαρενάιτ.

- Στους θερμοστάτες υπάρχει λοιπόν ένα συγκεκριμένο πλάτος θερμοκρασιών, στις οποίες μπορούν να ρυθμιστούν. Τα όρια στα οποία μπορούν να ρυθμιστούν, αποτελούν χαρακτηριστικό εκλογής για κάθε θερμοστάτη.

c) Η επαφή

- Η επαφή που δέχεται τελικά την εντολή και ενεργοποιείται είναι σχεδόν σε όλους τους θερμοστάτες βοηθητική, δηλαδή αντέχει σε μικρά φορτία (6-10 A). Συνδέεται μόνο σε βοηθητικό κύκλωμα (κύκλωμα αυτοματισμού).

## 4.2 Ελεγκτής στάθμης

Διακόπτες στάθμης (ή φλοτεροδιακόπτες) ονομάζονται οι μηχανισμοί εκείνοι οι οποίοι ελέγχουν τη στάθμη των υγρών. Μετατρέπουν με μηχανικό ή ηλεκτρικό τρόπο τη μεταβολή της στάθμης σε ηλεκτρική εντολή. Χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους:

- Μηχανικούς
- Υδραργυρικούς
- Ηλεκτρονικούς



## Επιτηρητής στάθμης υγρών

Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της στάθμης αγωγίμων υγρών σε δεξαμενές και γεωτρήσεις. Συνδέεται με ηλεκτρόδια κρεμαστού τύπου.

Η λειτουργία του βασίζεται στην μέτρηση της αντίστασης του υγρού ανάμεσα στα ηλεκτρόδια. Το ρελέ ενεργοποιείται όταν η στάθμη του υγρού φτάσει στο πάνω ηλεκτρόδιο και απενεργοποιείται όταν η στάθμη πέσει κάτω από το μεσαίο ηλεκτρόδιο. Το κατώτερο από τα τρία ηλεκτρόδια χρησιμεύει ως αναφορά και μπορεί να αντικατασταθεί από τη γείωση όταν η δεξαμενή είναι μεταλλική. Η χρήση ασφαλούς χαμηλής εναλλασσόμενης τάσης μεταξύ των ηλεκτροδίων αποτρέπει το φαινόμενο της



ηλεκτρόλυσης. Η σύνθετη αντίσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων θα πρέπει να είναι μικρότερη από 20kΩ. Τα ηλεκτρόδια τροφοδοτούνται με χαμηλή τάση 12 βολτ 24 για λόγους ασφαλείας. Η χρήση εσύ ρεύματος, εμποδίζει την εμφάνιση ηλεκτρόλυσης. Στα μοντέλα με ρυθμιζόμενη ευαισθησία, ρυθμίζεται η ευαισθησία ώστε να μην επηρεάζεται το σήμα των ηλεκτροδίων από κυματισμούς του υγρού. Για το γέμισμα δεξαμενής: από την επαφή 1-4 οπλίζει το πηνίο του ηλεκτρονόμου ισχύος KM1 του κινητήρα και η αντλία στέλνει νερό στη δεξαμενή.

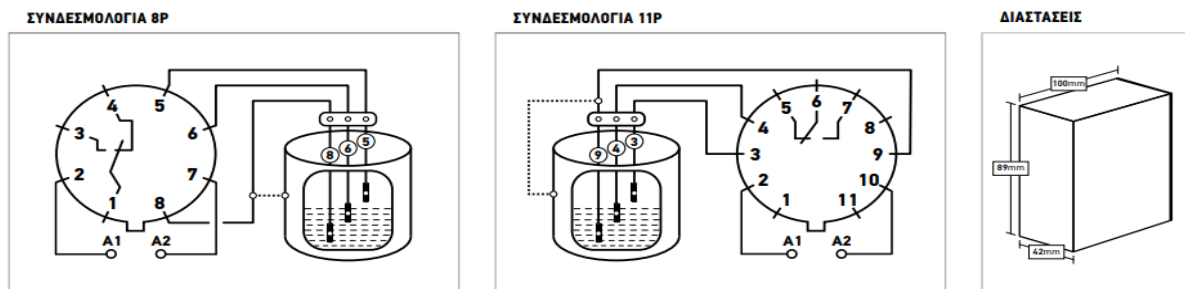
Σημ. διατίθεται και στις εξής παραλλαγές:

**PT414.24 - ΕΛΕΓΚΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΜΕ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ 24VAC**

**PT414L - ΕΛΕΓΚΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΜΕ ΚΛΕΙΔΩΜΑ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ:** αν ανιχνεύσει σφάλμα (χαμηλή στάθμη) τότε απενεργοποιεί το ρελέ και "κλειδώνει" σε αυτή την κατάσταση.

**PT414B - ΕΛΕΓΚΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΜΕ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΣΤΑΘΜΗ ALARM:** έχει μια επιπλέον επαφή ρελέ που οπλίζει όταν βραχεί ένα τέταρτο ηλεκτρόδιο και ανιστοιχεί σε μια επιπλέον στάθμη Alarm.

**PT414A - ΕΛΕΓΚΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ:** οπλίζει το ρελέ όταν η στάθμη του νερού κατεβεί κάτω από το μεσαίο ηλεκτρόδιο και το απενεργοποιεί όταν ανέβει ως το πάνω ηλεκτρόδιο (Λειτουργία Γεμίματος).



**ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

μέγιστη αντίσταση υγρού	20 kΩ
μέγιστη τάση ηλεκτροδίων	24VAC
ρελέ εξόδου	Μίας μεταγωγικής επαφής 10A / 250VAC cat. AC1
ενδείξεις led	POWER ON και RELAY ON
προστασία	Varistor (από υπερτάσεις και κεραυνούς)
καλώδια σύνδ. ηλεκτροδίων	Διατομή 1 – 2,5mm <sup>2</sup> , μέγιστο μήκος καλωδίου 500m
θερμοκρασία λειτουργίας	-20° ως +50° C

Οι ελεγκτές στάθμης υγρών διατίθενται:  
 - με ρελέ **διπλής επαφής**: π.χ. PT414.2C-11  
 - με βάση **11 ποδών**: π.χ. PT414-11

ΤΥΠΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	8p/11p	24VAC	110VAC	230VAC	400VAC
PT414	Ελεγκτής στάθμης υγρών	● / ○		○	●	○
PT414.24	Ελεγκτής στάθμης υγρών 24VAC	● / ○	●			
PT414A	Ελεγκτής στάθμης υγρών αντίστροφης λειτουργίας	● / ○	○		●	○
PT414D	Ελεγκτής στάθμης υγρών δυο συνεργαζόμενων δεξαμενών	● / ○	○		●	
PT414B	Ελεγκτής στάθμης υγρών με επιπλέον στάθμη Alarm	- / ●			●	
PT414L	Ελεγκτής στάθμης υγρών με κλείδωμα σφάλματος στάθμης	● / ○			●	○

○ Κατόνιν ζήτησης

## 4.3 Είδη επιτηρητών στάθμης

### 1. Ηλεκτρονικοί ελεγκτές αν και κάτω στάθμης

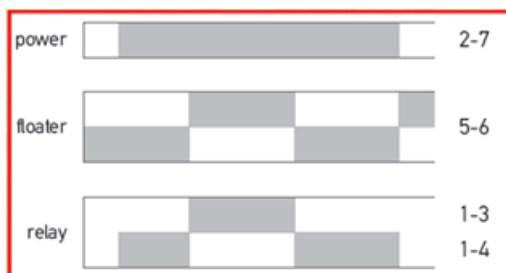
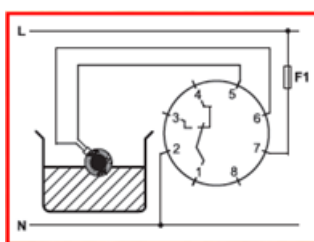
Αποτελούνται από μια ηλεκτρονική βαθμίδα ανίχνευσης σήματος, έναν ενισχυτή τρανζίστορ τυποποιημένου κυκλώματος, ένα ρελέ ισχίου ισχύος ρεύματος και ένα ενσωματωμένο μετασχηματιστή 230 σε 24 βολτ ή 230 σε 12 βολτ, από τον οποίο τροφοδοτούνται τα εμβαπτιζόμενα ηλεκτρόδια. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ηλεκτρονικών φλοτεροδιακοπών όπως με ρύθμιση ευαισθησίας με προστασία εν κενώ λειτουργίας ρυθμιζόμενου χρόνου καθυστέρησης κλπ.





## 2. Ενισχυτής (Booster) μηχανικού διακόπτης στάθμης

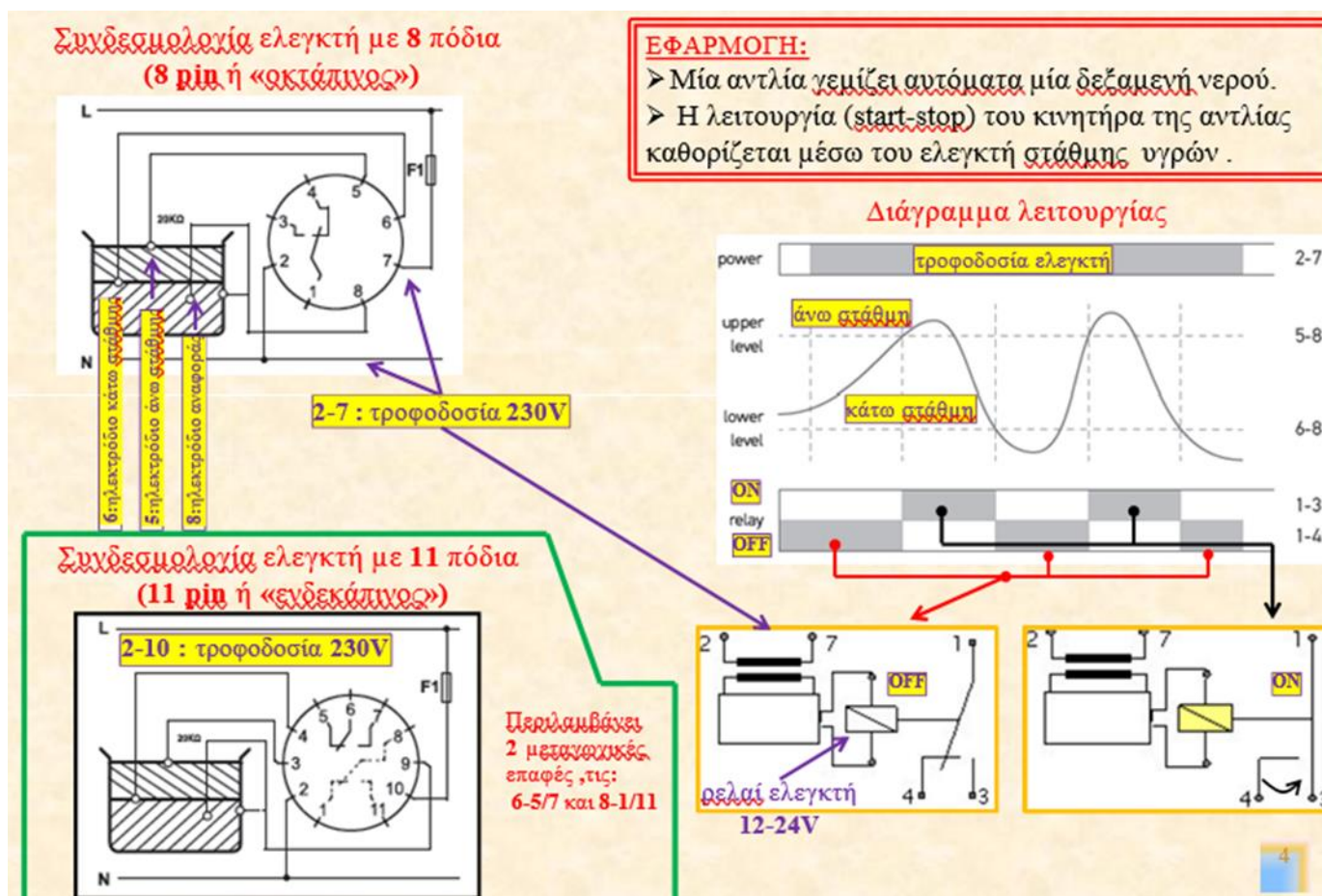
Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο στάθμης υγρού σε μια δεξαμενή, στις περιπτώσεις όπου η δεξαμενή βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από τον ηλεκτρικό πίνακα της αντλίας. Συνδέεται με ένα σφαιρικό μηχανισμό φλοτεροδιακόπτη. Όταν ο διακόπτης βρίσκεται στο όριο κάτω στάθμης και κλείνει η επαφή του ενεργοποιείται η επαφή του ρελέ. Το αντίθετο συμβαίνει στην άνω στάθμη όταν η επαφή του φλοτεροδιακόπτες ανοίγει.



## 4.4 Λειτουργία και σχέδιο μηχανισμού

### Σχέδιο αυτοματισμού αντλιοταμείου

Η δεξαμενή γεμίζει αυτόματα μέσω αντλίας, όταν η στάθμη του νερού φτάσει κάτω από το όριο, η οποία σταματάει όταν φτάσουμε την επιθυμητή στάθμη (άνω όριο). Με αποτέλεσμα να μην ξεχειλίζει η δεξαμενή.

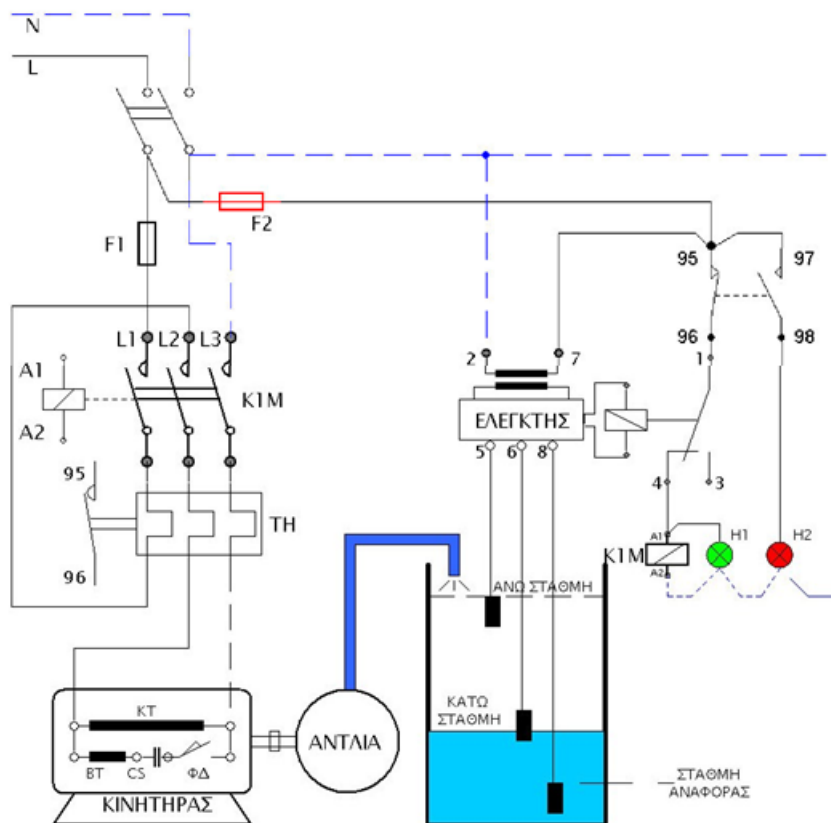


#### 4.4.1 Αυτοματισμός αντλιοσταμίου

### Αυτοματισμός του συστήματος ελέγχου στάθμης υγρών:

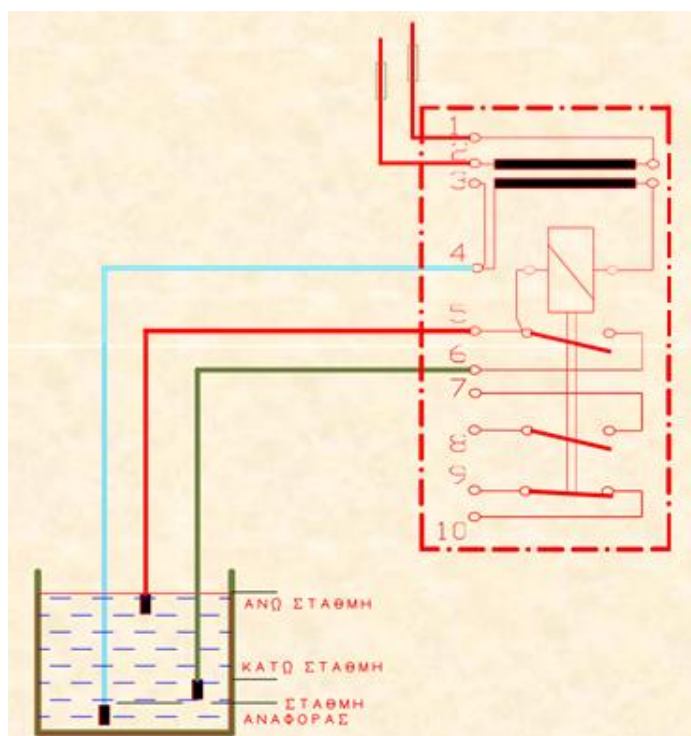
#### 1. Γέμισμα δεξαμενής

Τα Η1 και Η2 δεν βρέχονται. Δεν υπάρχει αγωγιμότητα μεταξύ τους και το ρελέ του ελεγκτή έχει αποδιεγερθεί. Το ΚΜ1 σπλίζει μέσω της επαφής 1-4 και ξεκινάει η αντλία να γεμίζει τη δεξαμενή όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.





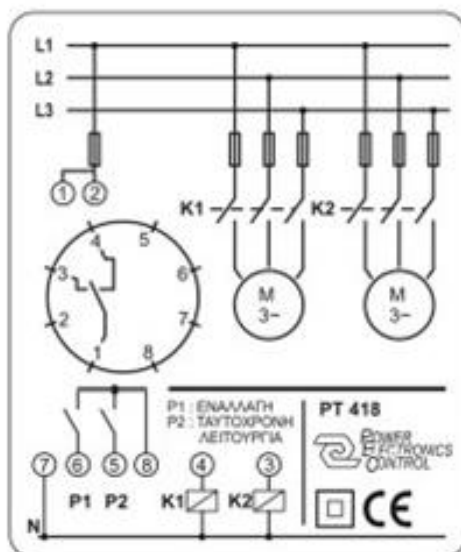
Εσωτερικές επαφές ηλεκτροδίου άνω και κάτω στάθμης



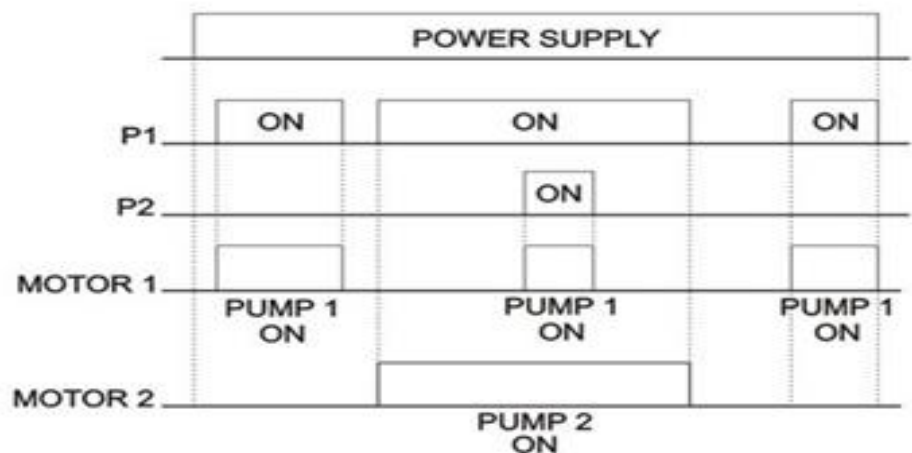
## 4.4.2 Εναλλαγή αντλίας

### Σχέδιο αυτοματισμού εναλλαγής αντλιών

Σκοπός της εν λόγω λειτουργίας είναι η πραγματοποίηση της ίδιας λειτουργίας με διαφορετική αντλία τη φορά, στοχεύοντας στον ισομοιρασμό της φθοράς ήταν μηχανών που έχει ως αποτέλεσμα μικρότερο κόστος συντήρησης.



Διάγραμμα Λειτουργίας PT418

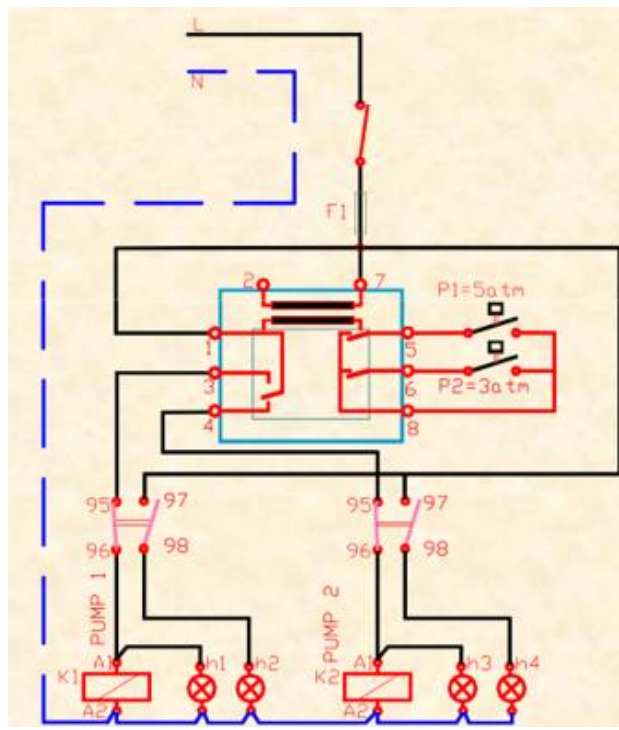


## Εσωτερικές επαφές του εναλλάκτη αντλιών

**Είσοδοι:** P1 και P2 (πιεσοστάτες, φλοτεροδιακόπτες κλπ.)

**Έξοδοι:** PUMP1 και PUMP2

Όταν κλείσει P1, ενεργοποιείται η αντλία 1 ή η αντλία 2 κάθε φορά εναλλάξ. Όταν κλείσει η P2 ενεργοποιούνται και οι δύο.



## 4.5 Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος

### Πίνακας Ελέγχου, Αυτοματισμού και Μεταγωγής Ισχύος

Ο πίνακας έχει μορφή ερμαρίου (ντουλαπιού), κατασκευάζεται από χαλυβδόφυλλα, διαθέτει πόρτα επιθεώρησης και περιέχει τα όργανα, τις συσκευές και τις διατάξεις που είναι απαραίτητα για την προστασία και για τη χειροκίνητη ή αυτόματη λειτουργία του Η/Ζ.

Στην πόρτα του πίνακα τοποθετούνται:

Όργανα παρακολούθησης της λειτουργίας του Η/Ζ, όπως:

- Συχνόμετρο 47 – 53 Hz,
- Αμπερόμετρα, ένα για κάθε φάση,
- Βολτόμετρο 0 – 500 V,
- Επιλογικός διακόπτης (μεταγωγέας) βολτομέτρου, ο οποίος είναι συνήθως 6θέσεων.
- Ωρόμετρο για τη μέτρηση των ωρών λειτουργίας του κινητήρα, οι οποίες είναι απαραίτητες για τη συντήρησή του,
- Θερμόμετρο, το οποίο μετράει τη θερμοκρασία του νερού ψύξης,
- Μανόμετρο λαδιού, το οποίο μετράει την πίεση του λαδιού και
- Βολτόμετρο για τη μέτρηση της τάσης της αντιστοιχίας των συσσωρευτών.

Ενδεικτικές λυχνίες, όπως:

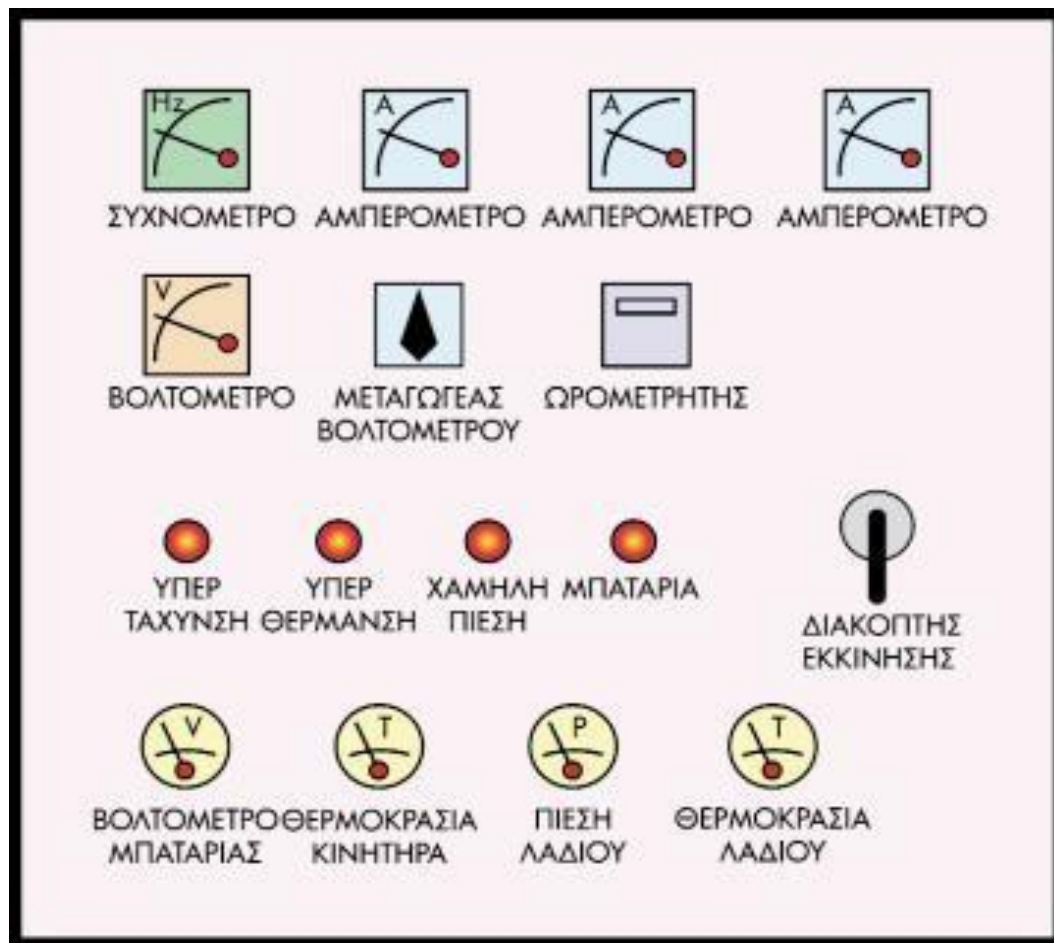
- Τροφοδοσίας του ηλεκτρικού φορτίου από τη γεννήτρια,
- Χαμηλής πίεσης λαδιού του κινητήρα,
- Υψηλής θερμοκρασίας νερού του συστήματος ψύξης του κινητήρα,
- Υπερτάχυνσης του κινητήρα, μόνο όταν ο κινητήρας είναι εξοπλισμένος με ηλεκτρονικό ρυθμιστή ταχύτητας,
- Διαθεσιμότητας τάσης Η/Ζ, μία για κάθε φάση,



- Λειτουργίας προθέρμανσης,
- Αποτυχίας εκκίνησης,
- Τάση δικτύου εκτός ορίων (+,-10 της ονομαστικής) και
- Τάση γεννήτριας εκτός ορίων (+,-10 της ονομαστικής).

Κουμπιά (μπουτόν) και διακόπτες χειρισμού για αυτόματη ή χειροκίνητη λειτουργία του Η/Ζ, όπως:

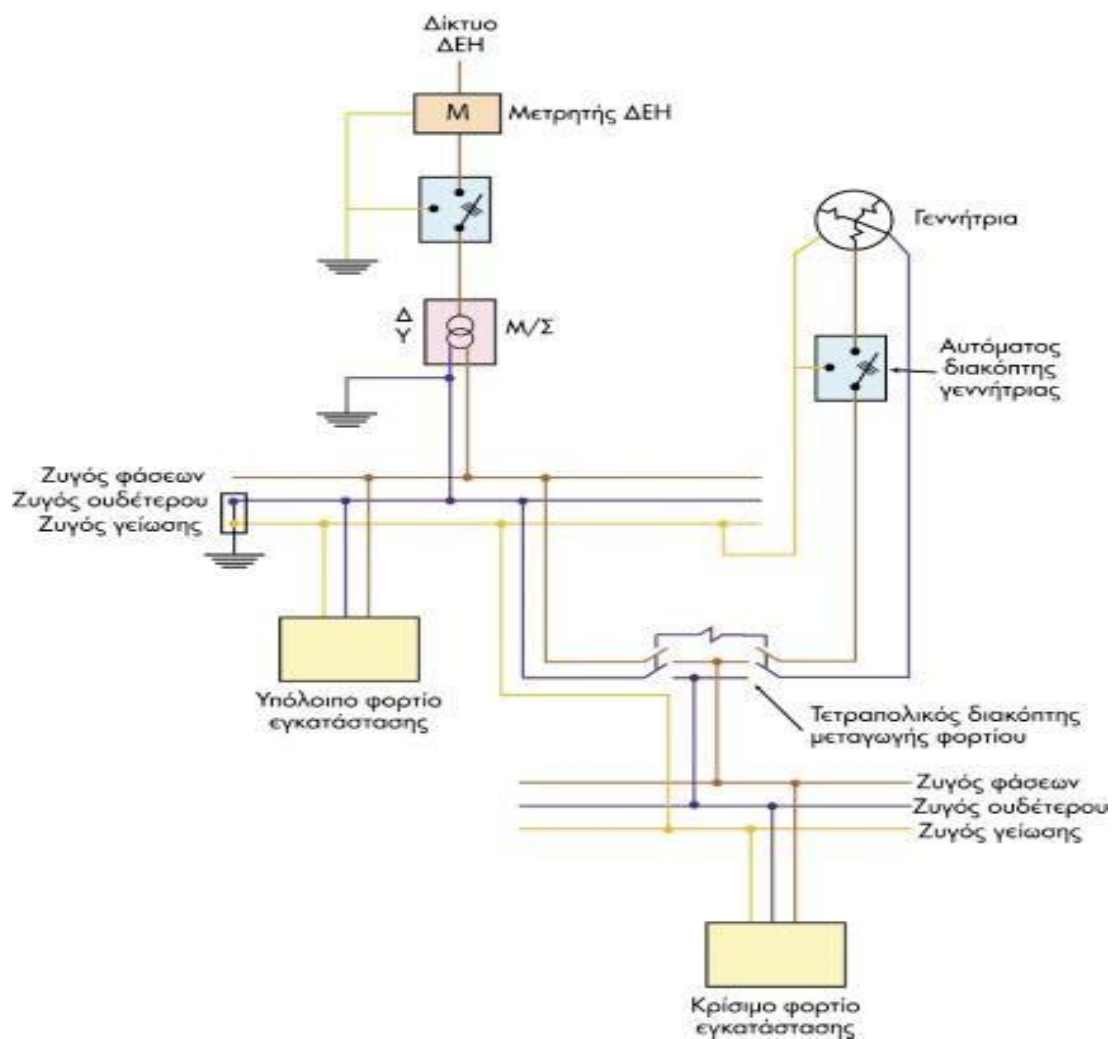
- Επιλογικό διακόπτη 3 ή 4 θέσεων για τις παρακάτω λειτουργίες του Η/Ζ,
  - Αυτόματη,
  - Χειροκίνητη και
  - Εκτός (OFF)
- Μπουτόν εκκίνησης Η/Ζ,
- Μπουτόν παύσης Η/Ζ,
- Μπουτόν στάσης κινδύνου (emergency stop),
- Μπουτόν παύσης σειρήνας και
- Μπουτόν ελέγχου λειτουργίας ενδεικτικών λυχνιών



Εικόνα 2: Εξωτερική όψη πίνακα χειροκίνητης λειτουργίας

Στο εσωτερικό του πίνακα υπάρχουν:

- Το σύστημα προστασίας της γεννήτριας από υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα. Χρησιμοποιείται συνήθως αυτόματος τριπολικός διακόπτης (Circuit Breaker), ο οποίος διαθέτει θερμικό στοιχείο για προστασία από υπερφόρτιση και ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο για προστασία από βραχυκυκλώματα.
- Τα συστήματα προστασίας του κινητήρα από:
  - ❖ Υπερτάχυνση. Όταν συμβεί υπερτάχυνση στον κινητήρα, το σύστημα αυτό διακόπτει τη λειτουργία του Η/Ζ και ενεργοποιεί την ενδεικτική λυχνία υπερτάχυνσης και τη σειρήνα.



Σχήμα 5: Κύκλωμα ισχύος – μεταγωγής φορτίου

- ❖ Χαμηλή πίεση λαδιού. Όταν η πίεση του λαδιού είναι χαμηλή, το σύστημα αυτό διακόπτει τη λειτουργία του H/Z και ενεργοποιεί την ενδεικτική λυχνία λαδιού και τη σειρήνα.
  - ❖ Υψηλή θερμοκρασία νερού του συστήματος ψύξης του κινητήρα. Όταν η θερμοκρασία λαδιού είναι υψηλή, το σύστημα αυτό διακόπτει τη λειτουργία του H/Z και ενεργοποιεί την ενδεικτική λυχνία υπερτάχυνσης και τη σειρήνα.
- Κύκλωμα αυτοματισμού που αποτελείται από:
  - Ηλεκτρονόμους των βοηθητικών κυκλωμάτων,
  - Τα ρυθμιζόμενα χρονικά για την εκκίνηση και το σταμάτημα του H/Z και
  - Τις ασφάλειες των βοηθητικών κυκλωμάτων.
- Φορτιστή 12 ή 24 V DC για συντηρητική φορτιστή των συσσωρευτών από το δίκτυο.
- Μετασχηματιστές (έντασης) ρεύματος, ένας για κάθε αμπερόμετρο.
- Κύκλωμα ισχύος στο οποίο περιέχεται ο μεταγωγικός διακόπτης, που αποτελείται από δύο αυτόματους ισχύος με μηχανική και ηλεκτρική μανδάλωση για τον αποκλεισμό της τροφοδότησης του φορτίου ταυτόχρονα από το δίκτυο της ΔΕΗ και από το H/Z. Οι αυτόματοι ισχύος είναι τετραπολικοί, δηλαδή διακόπτουν τις τρεις φάσεις και τον ουδέτερο και ο ένας τη γραμμή του δικτύου της ΔΕΗ ενώ ο άλλος τη γραμμή της γεννήτριας.

## **Βάση Στήριξης**

Το σώμα του κινητήρα και της γεννήτριας συνδέονται σταθερά μεταξύ τους. Επίσης, για τη μεταφορά της κίνησης, ο στροφαλοφόρος άξονας του κινητήρα συνδέεται μέσω πολύφυλλου μεταλλικού συνδέσμου με τον άξονα του ρότορα της γεννήτριας.

Το συνδεδεμένο ζεύγος κινητήρα – γεννήτριας τοποθετείται σε μεταλλική βάση. Η βάση έχει μορφή πλαισίου, φέρει πλαστικά αντικραδασμικά στηρίγματα, για να μην μεταφέρονται οι κραδασμοί στο κτίριο, και διαθέτει υποδοχές για την ανύψωση και μεταφορά του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους. Οι σύγχρονες βάσεις κατασκευάζονται από διπλό πλαίσιο και μεταξύ των πλαισίων τοποθετούνται τα αντικραδασμικά στηρίγματα.

## 4.6 Ισχύς και φόρτιση

Η ισχύς που αναφέρεται στα τεχνικά φυλλάδια των κατασκευαστών Η/Ζ συνοδεύεται και με χαρακτηρισμό ο οποίος καθορίζει τον τρόπο και το χρόνο φόρτισης του Η/Ζ, σύμφωνα με το διεθνή κανονισμό ISO 3046. Διακρίνουμε τους παρακάτω χαρακτηρισμούς ισχύος:

- **Εφεδρική (Standby Power).** Το ζεύγος με κύρια ισχύ είναι κατασκευασμένο για 200 ώρες λειτουργίας το χρόνο, δεν πρέπει να λειτουργεί για περισσότερες από 25 ώρες το χρόνο στο 100% της ισχύος του και πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο ως εφεδρική πηγή.
- **Κύρια (Prime Power).** Το ζεύγος με κύρια ισχύ είναι κατασκευασμένο για συνεχή λειτουργία με μεταβαλλόμενο φορτίο, δεν πρέπει να λειτουργεί με το 100% της ισχύος του για περισσότερες από 500 ώρες το χρόνο, μπορεί να υπερφορτίζεται κατά 10% για 1 ώρα ανά 12 ώρες λειτουργίας και οι συνολικές ώρες υπερφόρτισης το χρόνο δεν πρέπει να ξεπερνούν τις 25.

Επομένως, εάν το Η/Ζ με κύρια ισχύ πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ως κύρια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για συνεχή λειτουργία επί 24 ώρες την ημέρα (Continuous Base Load), δεν πρέπει να φορτίζεται στο 100% της ισχύος, αλλά σε μικρότερη (90% ή 80%), ανάλογα με τις δυνατότητες του κινητήρα.

## 4.7 Τρόποι Λειτουργίας Η/Ζ

Στα Η/Ζ διακρίνουμε δύο τρόπους λειτουργίας:

- **Χειροκίνητη**

Στη χειροκίνητη λειτουργία, η εκκίνηση του Η/Ζ και η μεταγωγή του φορτίου από την κύρια πηγή (δίκτυο της ΔΕΗ) στο Η/Ζ γίνεται από τον υπεύθυνο τεχνικό με κατάλληλο χειρισμό. Η μεταγωγή του ηλεκτρικού φορτίου γίνεται αφού ο τεχνικός διαπιστώσει από τα όργανα ότι η τάση και η συχνότητα της γεννήτριας έχουν σταθεροποιηθεί και είναι οι σωστές.

- **Αυτόματη**

Στην αυτόματη λειτουργία, μετά την αποτυχία του δικτύου ( διακοπή ή ακαταλληλότητα τάσης), τίθεται αυτόματα σε λειτουργία το Η/Ζ με χρονική καθυστέρηση μερικών δευτερολέπτων. Η καθυστέρηση αυτή προβλέπεται για την αποφυγή άσκοπων εκκινήσεων του Η/Ζ, που οφείλονται σε διακοπές μικρής διάρκειας της κύριας πηγής. Σε περίπτωση αποτυχίας της πρώτης αυτόματης εκκίνησης του Η/Ζ, προβλέπονται συνήθως άλλες δύο αυτόματες προσπάθειες εκκίνησης. Μετά την εκκίνηση του Η/Ζ, γίνεται μεταγωγή του ηλεκτρικού φορτίου από την κύρια πηγή στη γεννήτρια. Η μεταγωγή του φορτίου δε γίνεται άμεσα, αλλά μετά από την επίτευξη της σωστής τάσης στη γεννήτρια. Όταν η τάση στην κύρια πηγή (δίκτυο της ΔΕΗ) αποκατασταθεί, η μεταγωγή του φορτίου στο δίκτυο της κύριας πηγής γίνεται με χρονική καθυστέρηση συνήθως 60 sec. Μετά από τη μεταγωγή του φορτίου στο δίκτυο της κύριας πηγής, το Η/Ζ συνεχίζεται να λειτουργεί για μερικά λεπτά, για να ψυχθεί ο κινητήρας.

## 4.8 Συντήρηση Η/Ζ

Η συντήρηση είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη διατήρηση του Η/Ζ σε άριστες συνθήκες λειτουργίας. Επίσης, με τη συντήρηση προλαμβάνουμε τη δημιουργία βλαβών. Για τη δημιουργία προγράμματος προληπτικής συντήρησης, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη:

- ❖ Το εγχειρίδιο συντήρησης του κατασκευαστή της κινητήριας μηχανής,
- ❖ Το εγχειρίδιο συντήρησης του κατασκευαστή της γεννήτριας και
- ❖ Η χρήση του Η/Ζ ως κύριας ή εφεδρικής πηγής, που καθορίζει το χρόνο λειτουργίας του.

Παρακάτω, δίνεται ενδεικτική συντήρηση του Η/Ζ.

Κάθε ημέρα ή κάθε 8 ώρες λειτουργίας:

- Έλεγχος μπαταριών
- Έλεγχος στάθμης λαδιού
- Έλεγχος κολάρων
- Έλεγχος ψυγείου
- Έλεγχος στάθμης καυσίμου
- Έλεγχος πίεσης λαδιού
- Έλεγχος καλωδιώσεων
- Έλεγχος οργάνων
- Έλεγχος στάθμης νερού



Κάθε 6 μήνες ή κάθε 200 ώρες λειτουργίας:

- Αλλαγή φίλτρου λαδιού
- Αλλαγή λαδιού
- Αλλαγή φίλτρων πετρελαίου

Κάθε 12 μήνες ή κάθε 400 ώρες λειτουργίας:

- Έλεγχος μάντων
- Αλλαγή φίλτρου αέρα
- Έλεγχος αντικραδασμικών στηριγμάτων βάσης.

## 5. Συμπεράσματα

Οι διαθέσιμες τεχνολογίες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας έχουν ωριμάσει και έχουν εξελιχθεί σε ικανοποιητικό επίπεδο, έτσι ώστε να είναι σε θέση να μπορούν να ενταχθούν στο ηλεκτρικό σύστημα και να παρέχουν τις αναγκαίες υπηρεσίες. Μέχρι πρόσφατα, το θεσμικό πλαίσιο σε ευρωπαϊκό επίπεδο δεν είχε προλάβει να εναρμονιστεί με τις τεχνολογικές εξελίξεις στο συγκεκριμένο τομέα. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, τα κράτη – μέλη να διαγράφουν τις δικές τους ανεξάρτητες πολιτικές, οι οποίες συνήθως είναι εντελώς διαφορετικές από αυτές των υπόλοιπων κρατών, όσον αφορά τον τομέα της αποθήκευσης. Παράλληλα, η μεγάλη διείσδυση των συστημάτων ΑΠΕ στα ηλεκτρικά δίκτυα της Ευρώπης δημιουργούσε ακόμα μεγαλύτερες ανάγκες για πιο ευέλικτα ηλεκτρικά δίκτυα.

Με τη δημοσίευση του νέου ενεργειακού πακέτου του 2016, άλλαξε η δομή της αγοράς ενέργειας στην Ευρώπη, όπως επίσης έγινε η πρώτη επίσημη εισαγωγή της αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας στην ευρωπαϊκή νομοθεσία. Αυτό ήταν το πρώτο βήμα για την ενσωμάτωση της αποθήκευσης στο ηλεκτρικό δίκτυο και τη χρήση τους για την κάλυψη βασικών αναγκών στην αγορά ενέργειας και στην αγορά βοηθητικών υπηρεσιών.

Η εφαρμογή των νέων ρυθμίσεων μέσω των τεχνικών κωδίκων των ηλεκτρικών δικτύων, αλλά και μέσω της εναρμόνισης των ρυθμιστικών πλαισίων και της νομοθεσίας των κρατών – μελών είναι το επόμενο βήμα για την εξέλιξη των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη. Ακόμα, θα πρέπει να καθοριστούν τα επόμενα βήματα όσον αφορά στο ρυθμιστικό πλαίσιο και τα οποία θα διευκολύνουν την περαιτέρω ενσωμάτωση της αποθήκευσης σε εθνικά επίπεδα, καθώς και φόρμουλες για την τιμολόγησή τους στις αγορές που θα συμμετέχουν. Οι οικιακοί καταναλωτές και μελλοντικοί prosumers πρόκειται να αποτελέσουν σημαντικό κομμάτι αυτής της τεχνολογικής και ρυθμιστικής εξέλιξης.

Στην Ελλάδα, τα νέα έργα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, σε επίπεδο αδειών παραγωγής, αφορούσαν μέχρι πρόσφατα κυρίως υβριδικούς σταθμούς με αντλησιοταμίευση. Η μείωση του κόστους εγκατάστασης των υπόλοιπων διαθέσιμων τεχνολογιών αποθήκευσης,

καθώς και η δημοσίευση του νέου ενεργειακού πακέτου, φαίνεται πως οδηγούν τους επενδυτές στην ενσωμάτωση τους στα μελλοντικά σχέδιά τους για υβριδικούς σταθμούς στην Ελλάδα. Αναμένεται επίσης η προσαρμογή του ρυθμιστικού πλαισίου, έτσι ώστε να επιτρέπεται σε καταναλωτές να εγκαταστήσουν συστήματα αποθήκευσης, να αυξήσουν τα επίπεδα αυτοκατανάλωσής τους και να γίνουν ενεργοί συμμετέχοντες στο νέο μοντέλο της αγοράς ενέργειας που θα λειτουργήσει.

## 5.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αντλησιοταμίευσης

### **Πλεονεκτήματα**

Μέσω την αποθηκευμένης ενέργεια, τα έργα αντλησιοταμίευσης μπορούν να προστατεύσουν το δίκτυο. Εξαιτίας των προηγμένων ηλεκτρονικών ισχύος που διαθέτουν έχουν τη δυνατότητα να ελαχιστοποιήσουν τις έντονες διακυμάνσεις στις τιμές των τάσεων. Σε αντίθεση με τα υπόλοιπα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας, των οποίων το κόστος είναι πολύ υψηλό, η αντλησιοταμίευση παράγει με μεγάλη διαφορά το πιο φτηνό ρεύμα σε περιόδους αιχμής και επιτακτικής ανάγκης για περισσότερη ενέργεια. Επιπλέον, τέτοια συστήματα παράγουν μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας που μπορούν να αγγίζουν τα 3 GW έχοντας μάλιστα χαμηλά κόστη λειτουργίας και συντήρησης συγκριτικά με τον παραγωγή τους. Το κόστος που απαιτείται για την άντληση του νερού και την αποθήκευσή τους στον υψηλότερο ταμιευτήρα είναι πολύ φτηνό καθιστώντας το παραγόμενο ρεύμα ανταγωνιστικό οικονομικά. Παρά το μεγάλο τους μέγεθος, έχουν γρήγορη απόκριση και ικανότητα παρακολούθησης των μεταβολών του φορτίου ώστε να καλύπτονται οι ενεργειακές απαιτήσεις στον ελάχιστο δυνατό χρόνο. Τέλος, έχουν την ικανότητα ρύθμισης της συχνότητας του συστήματος καθώς μπορούν να διατηρούν την τάση σταθερή.

## Μειονεκτήματα

Από την άλλη πλευρά όμως υπάρχουν και πολλά μειονεκτήματα στα συστήματα αντλησιοταμίευσης. Το κυριότερο από αυτά είναι η δυσκολία εύρεσης των κατάλληλων τοποθεσιών για τη δημιουργία του έργου. Απαιτούνται σημαντική διαφορά ανάμεσα στους δύο ταμιευτήρες και μεγάλες ποσότητες νερού. Μια τυπική εγκατάσταση αντλησιοταμίευσης μπορεί να έχει υψομετρική διαφορά μεγαλύτερη των 300 μέτρων σε κάθετο άξονα και δεξαμενές όγκου της τάξης των  $10 \times 10^6 \text{ m}^3$  [36]. Εύκολα γίνεται αντιληπτό ότι ένα τέτοιο έργο για να υλοποιηθεί απαιτούνται αρκετά χρόνια και το κόστος της επένδυσης είναι πολύ υψηλό, ειδικά σε περιπτώσεις που απαιτείται δημιουργία τεχνητού ταμιευτήρα καθιστώντας αποτρεπτική την επένδυση παρά το γεγονός του χαμηλού κόστους λειτουργίας και των εγγυημένων για 25 χρόνια συμβολαίων για την αγορά του ηλεκτρικού ρεύματος.

Παρότι πρόκειται για ένα έργο με μηδενικούς ρύπους προς το περιβάλλον, αρκετά έργα έχουν συναντήσει δυσκολίες στην αδειοδοτική διαδικασία καθώς έχει έντονες επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον της περιοχής σε περιπτώσεις που απαιτείται η δημιουργία φράγματος για την δημιουργία τεχνητής λίμνης. Κάτι τέτοιο μπορεί να διαταράξει το υδάτινο οικοσύστημα καθώς και την τοπική κοινωνία όσον αφορά τον γεωργικό και κτηνοτροφικό τομέα. Αυτά τα ζητήματα επιχείρησε να τα λύσει η Ιαπωνία το 1999 με την κατασκευή συστήματος αντλησιοταμίευσης με χρήση θαλασσινού νερού. Το συγκεκριμένο εγχείρημα δεν απαιτεί δύο ταμιευτήρες αλλά μόνο έναν που να βρίσκεται κοντά στην θάλασσα άρα μειώνεται το κόστος και δεν αλλοιώνεται έντονα το περιβάλλον, αλλά από την άλλη αντιμετωπίζει μεγάλα προβλήματα διάβρωσης γεγονός που καθιστά αυξημένο το κόστος συντήρησης του έργου.

## Οφέλη αντλησιοταμίευσης

Ο εκτιμώμενος προϋπολογισμός του συγκεκριμένου έργου ανέρχεται στα 502.000.000 ευρώ (Άγιος Γεώργιος 335 εκ. ευρώ και Πύργος 167 εκ. ευρώ) και όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό αναμένεται να επιφέρει πολλαπλά οφέλη [40].

### Οφέλη στην Εθνική και Ευρωπαϊκή Αγορά Ενέργειας:

- Το διπλό αυτό σύστημα αντλησιοταμίευσης παρέχει ευελιξία και σταθερότητα στο διασυνδεδεμένο δίκτυο καθώς ανταποκρίνεται άμεσα στις απότομες μεταβολές της ζήτησης του ηλεκτρικού ρεύματος
- Παρέχει δυνατότητα για ασφαλή και αποδοτική μεταφορά αλλά και ανταλλαγή ενέργειας προερχόμενη από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας μεταξύ της Ελλάδας και άλλων Κρατών Μελών της ΕΕ
- Μεγιστοποίηση της απόδοσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθώς λειτουργεί συμπληρωματικά με τις υπάρχουσες υποδομές και αξιοποιούν το πλεόνασμα από αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα
- Είναι σε θέση να εξασφαλίσει επικουρικές υπηρεσίες όπως η ρύθμιση της συχνότητας και της τάσης του δικτύου
- Δυνατότητα σταθεροποίησης της τιμής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας
- Άμεση ανταπόκριση στις ανάγκες ζήτησης του δικτύου
- Απεξάρτηση από εισαγωγές καυσίμων καθώς εξασφαλίζει σημαντικές ποσότητες ενεργειακού εφοδιασμού

## Οφέλη στο Περιβάλλον

- Μείωση των ρύπων και αερίων του θερμοκηπίου καθώς κατά τη λειτουργία του συστήματος υποκαθίστανται ρυπογόνα καύσιμα
- Ανεξάρτητη λειτουργία από τις υδρολογικές συνθήκες και το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής
- Αξιοποίηση των υδατικών πόρων της περιοχής με ελάχιστες απώλειες νερού άρα δεν περιορίζεται το διαθέσιμο δυναμικό της λίμνης Καστρακίου
- Συμβολή στην αύξηση της βιοποικιλότητας και των πληθυσμών συγκεκριμένων ειδών που ευνοούνται από λιμναία οικοσυστήματα
- Καλύτερη αξιοποίηση της υπάρχουσας και λειτουργούσας υδροδυναμικής εγκατάστασης του υδροηλεκτρικού έργου Καστρακίου
- Αισθητική αναβάθμιση της περιοχής με την κατασκευή δύο μεγάλων τεχνητών λιμνών καθώς και με την προστασία του φυσικού τοπίου εξαιτίας της κατασκευής υπόγειων έργων, αγωγών και σταθμών παραγωγής.

## Οφέλη στην Τοπική Κοινωνία

- Δημιουργία 900 θέσεων εργασίας κατά την διάρκεια της κατασκευής του έργου (εκτιμώμενος χρόνος περάτωσης εργασιών τα τέσσερα χρόνια)
- Πρόκειται για έργο με εγχώρια προστιθέμενη αξία της τάξης του 70% με αποτέλεσμα περί τα 350 εκ. ευρώ να διατεθούν στην ελληνική αγορά
- Κατά τη λειτουργία του έργου θα δημιουργηθούν 60 νέες θέσεις εργασίας εξειδικευμένου και βοηθητικού προσωπικού, προερχόμενου κυρίως από την ευρύτερη περιοχή της Αιτωλοακαρνανίας
- Χρησιμοποίηση μηχανημάτων και πρώτων υλών από την τοπική κοινότητα
- Αντισταθμιστικά οφέλη που θα προσδιοριστούν σε συνάρτηση των ακαθάριστων εσόδων
- Κατασκευή συνοδών έργων απαραίτητων για την υλοποίηση του βασικού έργου, που αναλύθηκαν παραπάνω και δεν θα επιβαρύνουν τους δημότες της περιοχής
- Τουριστική αναβάθμιση της περιοχής μέσω της ανάπτυξης εναλλακτικών μορφών τουρισμού.



# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία Υδροηλεκτρική ενέργεια Νίκος Μαμάσης,  
Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
- [2] Υδροηλεκτρικά Έργα της ΔΕΗ ΑΕ στον ποταμό Αλιάκμονα Α.Π. Καραγιαννίδης, Ε.Α.  
Παπαϊωάννου
- [3] Pumped Storage in Bath County, Virginia Places
- [4] Υ.ΠΕ.ΘΕ. Υδάτινοι Πόροι και Περιβάλλον Θεσσαλίας
- [5] Διερεύνηση των δυνατοτήτων διαχείρισης και προστασίας της ποιότητας της Λίμνης Πλαστήρα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Τομέας Υδατικών Πόρων,  
Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων, 2002
- [6] «Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα», Δημήτριος Ε. Παπαντώνης, Αθήνα 2001
- [7] Κατσανεβάκη, Α. (2018). Συστήματα Αντλησιοταμίευσης – Εφαρμογή σε Υφιστάμενες Υποδομές (Λίμνη Πλαστήρα), Διπλωματική Εργασία, Θεσσαλονίκη: ΑΠΘ – Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.
- [8] Παπαντώνης, Δ. (2009). Νέες προοπτικές για την Ανάπτυξη της αντλησιοταμίευσης στην Ελλάδα, Ιωάννινα.
- [9] "Compressed Air Energy Storage", Caes.pnnl.gov, 2019. [Online]. Available: <https://caes.pnnl.gov/>. [Accessed: 11- Dec- 2019].
- [10] Χαλατσάκος, Ο. (2017). Αποθήκευση Ηλεκτρικής Ενέργειας: Τεχνολογίες και ρυθμιστικό πλαίσιο, Διπλωματική Εργασία, Θεσσαλονίκη: ΑΠΘ – Νομική Σχολή & Τμήμα πολιτικών Μηχανικών
- [11] Γ. Τριανταφύλλης, "Η ανάπτυξη του Ελληνικού Υδροδυναμικού και η τεχνογνωσία της ΔΕΗ Α.Ε.", EnergyTec 2006, Αθήνα 23-26 Νοεμβρίου 2006
- [12] Β. Κρούσκα, "Προσομοίωση συστήματος παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας με χρήση θαλασσινού νερού", Διπλωματική Εργασία, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ, Νοέμβριος 2011.
- [13] "Types of Hydropower Plants", Energy.gov. [Online]. Available: <https://www.energy.gov/eere/water/types-hydropower-plants>. [Accessed: 29- Nov- 2019].
- [14] Αγγελίδης, Π., Έργα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας. Ξάνθη: Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Σημειώσεις μαθήματος:  
Υδροδυναμικά Έργα, Κεφάλαιο 6

- [15] "How Energy Storage Works", Union of Concerned Scientists, 2015. [Online]. Available: <https://www.ucsusa.org/resources/how-energy-storage-works>. [Accessed: 29- Nov- 2019].
- [16] «Επικουρικές Υπηρεσίες και Εφεδρεία Ενέργειας», Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, Αθήνα, 2003.
- [17] Γ. Μαλιώτης, "Φυγοκεντρικές αντλίες", Metadosi-ischios.gr. [Online]. Available: <http://www.metadosi-ischios.gr/article.php?ID=76>. [Accessed: 16- Dec- 2019].
- [18] Σημειώσεις στο μάθημα Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Τμήμα Μηχανολογίας, ΤΕΙ Σερρών
- [19] Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
- [20] Μιχ. Π. Παπαδόπουλου, "Παραγωγή Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές", Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 1997.
- [21] Ηλεκτρικές Μηχανές DC-AC (του STEPHENJ. CHAPMAN ΕΚΔΟΣΕΙΣ Α. ΤΖΙΟΛΑ Ε.)
- [22] WIKIPEDIA [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
- [23] Ηλεκτρικές μηχανές ( Μαλατέστας, ΠαΝτελής Β. )