

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΗΠΕΙΡΟΥ
ΔΗΜΟΣ ΜΕΤΣΟΒΟΥ

«ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ “ΥΔΡΕΥΣΗ ΚΑΙ
ΑΡΔΕΥΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ
ΒΟΤΟΝΟΣΙΟΥ”»

ΤΕΥΧΟΣ ΗΜ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2025

**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΗΠΕΙΡΟΥ
ΔΗΜΟΣ ΜΕΤΣΟΒΟΥ**

**«ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ “ΥΔΡΕΥΣΗ ΚΑΙ ΑΡΔΕΥΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ
ΜΟΝΑΔΩΝ ΒΟΤΟΝΟΣΙΟΥ”»**

ΤΕΥΧΟΣ ΗΜ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΜΕΤΣΟΒΟ ,/..../2025
ΣΥΝΤΑΧΘΗΚΕ

Ο ΣΥΜΒΟΥΛΟΣ

**Αντώνιος Νάκος
Πολιτικός Μηχανικός**

**Γεώργιος Μ. Σακελλαράκης
Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ**

ΜΕΤΣΟΒΟ ,/..../2025
ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ
Ο Αν. Προϊστάμενος
Τ.Υ. Δ. Μετσόβου

**Αντώνιος Νάκος
Πολιτικός Μηχανικός**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΓΕΝΙΚΑ	1
2	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΑΝΤΛΗΤΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΒΟΤΟΝΟΣΙΟΥ	1
2.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2.2	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ Η/Μ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ	5
2.3	ΕΥΡΕΣΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΑΝΤΛΗΤΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΒΟΤΟΝΟΣΙΟΥ	6

1 ΓΕΝΙΚΑ

Όπως αναφέρθηκε στην τεχνική έκθεση (§4.2) στην υδρογεώτρηση θα τοποθετηθεί πλήρες αντλητικό συγκρότημα αποτελούμενο από :

➤ Υποβρύχιο αντλητικό συγκρότημα με ενδεικτικό σημείο λειτουργίας :

- Παροχή : 20,00m³/hr
- Μανομετρικό : 110,00 μΣΥ

αποτελούμενο από :

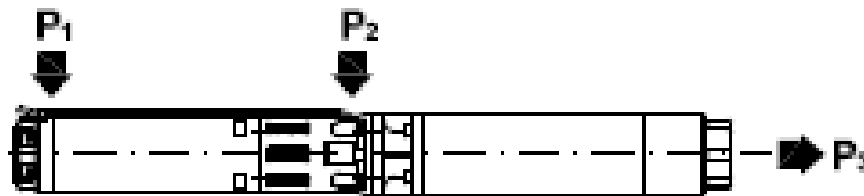
- Υποβρύχια αντλία με κινητήρα
- Αντεπίστροφη βαλβίδα
- Βάννα σύρτου
- Σωληνώσεις κατακόρυφης στήλης νερού
- Πλάκα στήριξης του συγκροτήματος
- Βάνες, αντεπίστροφα, εξαεριστικά, μανόμετρα κλπ.
- Αντιπληγματική διάταξη αποτελούμενη από ειδική βαλβίδα ελέγχου και τα σχετικά εξαρτήματα.
- Ηλεκτρικό πίνακα ελέγχου και αυτοματισμού, μαζί με το ηλεκτρολογικό δίκτυο που απαιτείται.

2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΑΝΤΛΗΤΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΒΟΤΑΝΟΣΙΟΥ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Γνωρίζοντας πλέον το ενδεικτικό σημείο λειτουργία του αντλητικού συγκροτήματος, μπορούν να υπολογισθούν τα χαρακτηριστικά και το πεδίο λειτουργίας του.

Αναφορικά με τον υπολογισμό της εγκατεστημένης ισχύος της αντλίας, ξεχωρίζουμε τέσσερις τύπους ισχύος (βλ.ΣΧΗΜΑ 2.1):



ΣΧΗΜΑ 2.1 : Τύποι ισχύος αντλητικού συγκροτήματος

- P_3 : Η ισχύς (σε kW) που προσδίδεται στο αντλούμενο μέσο (νερό) και δίνεται από την σχέση (2.1)

$$P_3 = \frac{\rho Q H_M}{367} \quad (2.1), \text{ όπου}$$

- Q: Η παροχή σχεδιασμού, m³/hr
 - H_M : Το μανομετρικό ύψος, μΣΥ
 - ρ : Πυκνότητα αντλούμενου μέσου, kg/lt (≈1,0kg/lt)
- P_2 : Η ισχύς που απαιτεί στον άξονά της (και ισοδύναμα στον άξονα του κινητήρα) η αντλία και την δίνει ο ηλεκτροκινητήρας (απορροφούμενη ισχύς στον άξονα της αντλίας για το κάθε φορά σημείο λειτουργίας (Q, H_M), σ.λ.) και δίνεται από την σχέση (2.2)

$$P_2 = \frac{P_3}{n} \quad (2.2), \text{ όπου}$$

- n: Ο βαθμός απόδοσης της αντλίας που δείχνει την ικανότητα της αντλίας να μετατρέπει την εφαρμοζόμενη σ' αυτήν (στον άξονά της) ενέργεια σε υδραυλικές επιδόσεις (παροχή και μανομετρικό)

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονισθεί ότι η P_2 είναι η αποδιδόμενη από τον κινητήρα στον άξονα ισχύς για το εκάστοτε φορτίο (σημείο λειτουργίας), που πρέπει αυτός να εξυπηρετήσει. Ο κινητήρας έχει την ικανότητα να προσαρμόζεται αυτόματα στο φορτίο και να απορροφά ανάλογα ισχύ από το δίκτυο.

Κατά IEC 34-1 στους ηλεκτροκινητήρες η μηχανική ισχύς, που αποδίδεται στον άξονα αναφέρεται ως ονομαστική (rated/εγκατεστημένη) ισχύς, P_{ov}

Η ονομαστική ισχύς του κινητήρα της αντλίας είναι η ισχύς η αποδιδόμενη στον άξονα του κινητήρα, όταν αυτός δουλεύει στο 100% του ονομαστικού του φορτίου και είναι αυτή που αναγράφεται στην πινακίδα των στοιχείων του ηλεκτροκινητήρα από τον κατασκευαστή ⁽¹⁾ δηλαδή η μέγιστη διαρκώς επιτρεπόμενη ισχύς.

Η ονομαστική ισχύς συνήθως παρέχεται από τους οίκους κατασκευής αντλιών.

Για κάθε, τώρα, κινητήρα ονομαστική ισχύς P_{ov} (σε kW) οι οίκοι κατασκευής αντλιών παρέχουν πίνακες μεταβολής των βασικών μεγεθών, που χαρακτηρίζουν τον ηλεκτροκινητήρα για τα μερικά φορτία (ποσοστώσεις του ονομαστικού φορτίου), συνήθως

(1) : ΒΑΛΙΑΔΗΣ Α.Ε. «Τεχνικό Έντυπο Ηλεκτροκινητήρων» § 2.3 σελ. 19/91.

για 0%Φ (χωρίς φορτίο) 25%Φ, 50%Φ, 75%Φ, 100%Φ (ονομαστικό φορτίο – ισχύς), 125%Φ.

Το ποσοστό ονομαστικού φορτίου λειτουργίας του κινητήρα στο σ.λ. εκτιμάται από την σχέση :

$$\mu = \frac{P_2}{P_{ov}} \quad (2.3)$$

Με δεδομένο το ως άνω μέγεθος και καταλόγους των οίκων κατασκευής ηλεκτροκινητήρων υπολογίζονται χαρακτηριστικά μεγέθη λειτουργίας του ηλεκτροκινητήρα.

Τα μεγέθη που ενδιαφέρουν είναι :

- Το ονομαστικό (απορροφούμενο) ρεύμα I_N (σε A)
- Ο συντελεστής ισχύος (συνφ)
- Ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα , η_m (%)

Τα μεγέθη αυτά είναι χρήσιμα για τον υπολογισμό του τελευταίου τύπου ισχύος, που επεξηγείται στα επόμενα.

- P_1 : Η ισχύς που απορροφά από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας ο ηλεκτροκινητήρας και την μετατρέπει σε μηχανική ενέργεια (η ενεργός ισχύος, βλ. κατωτέρω) για το μεγαλύτερο φορτίο (δυσμενέστερο σημείο λειτουργίας) που θα συναντήσει το αντλητικό συγκρότημα κατά τις διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας.

Η P_1 και δίνεται από την σχέση (2.4).

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta_m} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_N \cdot \cos\phi / 1000 \quad (2.4), \text{ όπου}$$

- U : Η πολική τάση , $U = 400V$
- I_N : Το ονομαστικό (απορροφούμενο) ρεύμα, A (λαμβάνεται από καταλόγους κατασκευαστών ηλεκτροκινητήρων)
- $\cos\phi$: ο συντελεστής ισχύος

Εδώ πρέπει να διευκρινισθούν από την θεωρία ηλεκτρικών κινητήρων τριφασικού ρεύματος τα εξής σημεία:

Είναι γνωστό ότι ο ηλεκτροκινητήρας μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική (περιστροφή του άξονα). Με δύο λόγια ο κινητήρας είναι ένας περιστρεφόμενος μαγνήτης ο οποίος παρασύρει τον άξονα του και κατά συνέπεια το φορτίο που είναι συνδεδεμένο σε αυτό (πχ αντλία).

Για να μπορέσει να το κάνει αυτό πρέπει να «μαγνητιστεί» το κύκλωμα του.

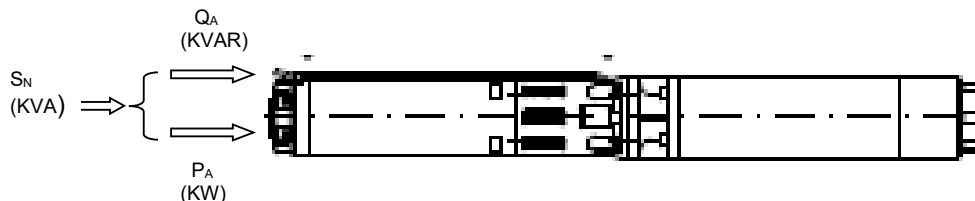
Ένα μέρος της ηλεκτρικής ισχύος που απορροφάει από το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ χρησιμοποιείται για την μαγνήτιση του κινητήρα. Αυτή η ισχύς δεν παράγει κανένα απολύτως έργο (δεν κινεί τον άξονα) και για αυτό το λόγο ονομάζεται **άεργη ισχύς (Q_A)** και μετριέται σε KVAR. Κατά αντιστοιχία με την άεργο ισχύ το αντίστοιχο μέρος της έντασης του ρεύματος που διατρέχει το παροχικό καλώδιο τροφοδοσίας του κινητήρα ονομάζεται **άεργο** και μετριέται σε A.

Το υπόλοιπο ποσό της ισχύος που καταναλώνει ο κινητήρας χρησιμοποιείται για την κίνηση του άξονα και παράγει το έργο για το οποίο προορίζεται. Αυτή η ισχύς ονομάζεται **ενεργός ισχύς (P_A)** και μετριέται σε KW. Κατά αντιστοιχία με την ενεργό ισχύ το αντίστοιχο μέρος της έντασης του ρεύματος που διατρέχει το παροχικό καλώδιο τροφοδοσίας του κινητήρα ονομάζεται **ενεργό (I_A)** και μετριέται σε A.

Το άθροισμα (όχι το αλγεβρικό αλλά το διανυσματικό) της Ενεργού & της Αέργου Ισχύος που απορροφά ο κινητήρας είναι η συνολική **φαινόμενη ισχύς (S_N)** και μετριέται σε KVA.

Κατά αντιστοιχία με την φαινόμενη ισχύ το αντίστοιχο μέρος της έντασης του ρεύματος που διατρέχει το παροχικό καλώδιο τροφοδοσίας του κινητήρα ονομάζεται **φαινόμενο (I)**, μετριέται σε A και είναι **το μέγεθος που μετράμε με ένα απλό αμπερόμετρο**.

Στο επόμενο ΣΧΗΜΑ 2.2 δίνονται παραστατικά τα προηγούμενα μεγέθη .



ΣΧΗΜΑ 2.2 : Είδη ισχύος ηλεκτροκινητήρα

Σε αντιστοιχία με την σχέση (2.4) για τα μεγέθη του ΣΧΗΜΑΤΟΣ 2.2 ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις :

$$P_A = P_1 \quad (2.5), \text{ σε KW}$$

$$Q_A = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_N \cdot \cos\phi / 1000 \quad (2.6), \text{ σε KVAR}$$

$$S_N = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_N / 1000 \quad (2.7), \text{ σε KVA}$$

$$\cos\phi = \frac{P_A}{S_N} \quad (2.8)$$

Με το μέγεθος S_N γίνονται οι υπολογισμοί των καλωδίων, του διακοπτικού υλικού των ηλεκτρικών πινάκων και ο υπολογισμός της ισχύος του Η/Ζ .

Στα αμέσως επόμενα αναπτύσσεται ένας αλγόριθμος εύρεσης των αντίστοιχων μεγεθών του αντλητικού συγκροτήματος της υδρογεώτρησης Βοτονοσίου, που αναφέρθηκαν στην §1.

2.2 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ Η/Μ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Οι υδραυλικοί υπολογισμοί εμφανίζονται αντίστοιχα στο Τεύχος Υδραυλικών Υπολογισμών. Εκεί και συγκεκριμένα στον ΠΙΝΑΚΑ 3.3 δίνεται το εκτιμώμενο ενδεικτικό σημείο λειτουργίας.

- Με δεδομένα την παροχή Q και το αντίστοιχο μανομετρικό H_M κάνοντας χρήση της (2.1) υπολογίζεται η ισχύς P_3
- Διαδοχικά με τις κατάλληλες παραδοχές και κάνοντας χρήση της (2.2) υπολογίζεται ισχύς P_2 .
- Με βάση τους καταλόγους κατασκευαστών εκτιμάται η P_{ov}
- Εκτιμάται το ποσοστό ονομαστικού φορτίου λειτουργίας, μ , από την (2.3)
- Με την βοήθεια καταλόγων των οίκων κατασκευής ηλεκτροκινητήρων, προσδιορίζονται τα μεγέθη $\cos\phi$ και η_m
- Κάνοντας χρήση της (2.4) και (2.5) υπολογίζεται η ενεργός ισχύς $P_A (=P_1)$.
- Η φαινόμενη ισχύς (S_N) υπολογίζεται με την βοήθεια της (2.8) για $\cos\phi$, που αντιστοιχεί στο ονομαστικό σ.λ.
- Τέλος, η ένταση ρεύματος δικτύου, I_N (A), δίνεται από την (2.7).

2.3 ΕΥΡΕΣΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΑΝΤΛΗΤΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΒΟΤΟΝΟΣΙΟΥ

Με βάση τον αλγόριθμο , που αναπτύχθηκε στην §2.2 και με την βοήθεια του ΠΙΝΑΚΑ 3.3 του Τεύχους Υδραυλικών Υπολογισμών υπολογίζεται το πεδίο λειτουργίας και τα βασικά χαρακτηριστικά του αντλητικού συγκροτήματος γεώτρησης Βοτονοσίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΤΛΗΤΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΒΟΤΟΝΟΣΙΟΥ

A/A	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	1 ΑΝΤΛΙΑ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
1	Ονομαστική παροχή (m ³ /hr)	20.00
2	Μανομετρικό ύψος (μΣΥ)	110.00
3	Ισχύς P ₃ (kW)	5.99
4	Βαθμός απόδοσης αντλίας (η)	0.67
5	Ισχύς P ₂ (kW)	8.96
6	Ονομαστική ισχύς κινητήρα P _{ov} (kW)	11.00
7	Ποσοστό ονομαστικού φορτίου λειτουργίας κινητήρα στο σ.λ.	0.81
8	συνφ	0.82
9	η _m	0.80
10	Απορροφούμενη από το δίκτυο ισχύς, P ₁ (kW)	11.20
11	Πολική τάση, U (Volt)	400.00
12	Ονομαστική ένταση ρεύματος, I _N (A)	19.72