



Ενεργειακές Τεχνολογίες

ΜΕΛΕΤΗ • ΕΠΙΒΛΕΨΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Έργο: Ενεργειακή Αναβάθμιση του Κλειστού Κολυμβητηρίου του Δ. Κομοτηνής

Τίτλος: Εγκατάσταση ΣΗΘΥΑ στο Κλειστό Κολυμβητήριο του Δ. Κομοτηνής

Εργοδότης: Δήμος Κομοτηνής

Ημερομηνία: Ιούνιος 2023

-Ο-
ΕΛΕΓΓΑΣ

ΓΡΑΧΑΝΑΣ ΚΩΝΙΝΟΣ
ΗΧΑΝΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΙΚΟΣ
ΠΕ

ΜΕΛΕΤΗΘΗΚΕ:	ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ:
ΚΟΥΚΛΙΔΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΔΙΠΛ. ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ Α.Π.Θ. ΜΕΛΟΣ Γ.Ε.Ε. • ΑΜ: 74435 ΟΙΚΙΣΜΟΣ «ΛΗΔΑ ΜΑΡΙΑ» • 57001 • ΘΕΡΜΗ	ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ Η ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΠΑΣΣΟΥ ΔΕΣΠΟΙΝΑ Ηλεκτρολόγος Μηχανικός

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	Επιλογή συστήματος Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (ΣΗΘΥΑ)	1
2	Διαστασιολόγηση υδραυλικών δικτύων.....	2
2.1	Μαθηματικές σχέσεις	2
2.2	Αποτελέσματα	3
2.2.1	Υδραυλικά δίκτυα θερμού νερού	4
2.2.2	Υδραυλικά δίκτυα ψυχρού νερού	4
3	Επιλογή κυκλοφορητών και αντλιών	6
3.1	Αποτελέσματα	6
4	Επιλογή δοχείων διαστολής.....	7
4.1	Μαθηματικές σχέσεις	7
4.2	Αποτελέσματα	9
5	Διαστασιολόγηση του δικτύου φυσικού αερίου.....	11
5.1	Μαθηματικές σχέσεις και παραδοχές.....	11
5.2	Αποτελέσματα υπολογισμών	14
6	Εγκατάσταση ισχυρών ρευμάτων	16
6.1	Γενικά	16
6.2	Κανονισμοί	16
6.3	Τεχνικά Βοηθήματα	16
6.4	Υπολογισμός νέου πίνακα	16
6.5	Καλωδιώσεις χαμηλής τάσης.....	16
6.5.1	Γενικά.....	16
6.5.2	Μέγιστη επιτρεπόμενη θερμική φόρτιση θαμμένων καλώδια χαμηλής τάσης.....	17
6.5.3	Μέγιστη επιτρεπόμενη θερμική φόρτιση καλωδίων χαμηλής τάσης εκτός εδάφους.	17
6.5.4	Αντοχή σε βραχυκύκλωμα	17
6.6	Μέσα προστασίας χαμηλής τάσης.....	18
6.7	Γείωση	18
6.8	Απαίτηση ΔΕΔΔΗΕ για συμβολή της μονάδας στο βραχυκύκλωμα	19
6.8.1	Παραδοχές	19
Παράρτημα Ι:	Υπολογισμοί ισχυρών ρευμάτων νέων φορτίων	
Παράρτημα ΙΙ:	Υπολογισμοί ισχυρών ρευμάτων μονάδας ΣΥΘΗΑ	

1 Επιλογή συστήματος Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (ΣΗΘΥΑ)

Το σύστημα ΣΗΘΥΑ αποτελείται από τη μονάδα ΣΗΘΥΑ και τη δεξαμενή αδρανείας (Buffer). Τα ενεργειακά μεγέθη των μηχανημάτων και η επιλογή τους πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της ενεργειακής μελέτης σκοπιμότητας εγκατάστασης των συστημάτων αυτών. Η διαδικασία και τα ενεργειακά δεδομένα περιγράφονται στην μελέτη «ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ & ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΥΨΗΛΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (ΣΗΘΥΑ) ΣΤΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΚΟΛΥΜΒΗΤΗΡΙΟΥ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ», Φεβρουάριος του 2022, και η παρούσα μελέτη αποτελεί συνέχεια.

Σύμφωνα με τα προηγούμενα η μονάδα ΣΗΘΥΑ θα πρέπει να είναι ονομαστικής ηλεκτρικής ισχύος 184 kW_e (με αποδεκτή απόκλιση ισχύος + 10%), με ηλεκτρικό βαθμό απόδοσης $\geq 39,2 \%$ και ολικό βαθμό απόδοσης $\geq 88,7\%$

Το μέγεθος του δοχείου αποθήκευσης θερμικής ενέργειας της συμπαγωγής επιλέχθηκε σύμφωνα με κριτήριο της αυτονομίας ≥ 30 min. Επιλέγονται δυο δοχεία αδρανείας χωρητικότητας 5.000 λίτρων έκαστο.

2 Διαστασιολόγηση υδραυλικών δικτύων

Τα υδραυλικά δίκτυα χωρίζονται σε:

- 1 δίκτυα μεταφοράς θερμικής ενέργειας για λόγους θέρμανσης
- 2 περιφερειακά δίκτυα παροχής αποσκληρυμένου νερού και δικτύου πόλης

2.1 Μαθηματικές σχέσεις

Ο υπολογισμός των υδραυλικών δικτύων συνίσταται στον υπολογισμό των αντιστάσεων τις οποίες συναντά το ρευστό κατά την όδυσή του. Προσοχή θα πρέπει να δοθεί στα κλειστά κυκλώματα, καθώς δεν λαμβάνεται υπόψη το στατικό ύψος. Η υδραυλική αντίσταση η οποία συναντάται στις διάφορες συσκευές και η οποία δεν δύναται να υπολογισθεί, λαμβάνεται από στοιχεία του κατασκευαστή ή από την Εγχώρια/ Διεθνή βιβλιογραφία και προστίθεται σαν ιδιαίτερος όρος στην συνολική πτώση πίεσης, η οποία προκαλείται από:

1. τη ροή στα ευθύγραμμα τμήματα των σωληνώσεων, γραμμική πτώση πίεσης
2. τη ροή στα διάφορα εξαρτήματα του δικτύου, τοπική πτώση πίεσης

Η ταχύτητα μέσα στους σωλήνες δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 1.2 m/s για σωλήνες μέχρι DN50, για λόγους σπηλαιώσης και υδραυλικού πλήγματος.

Ειδικότερα, οι υπολογισμοί γίνονται με βάση τα παρακάτω:

1. Οι παροχές στα τμήματα που καταλήγουν σε συσκευές καθορίζονται από την απόδοση τους σύμφωνα με τους πίνακες ή τα διαγράμματα του κατασκευαστή, για τις αντίστοιχες συνθήκες θερμοκρασιών περιβάλλοντος, νερού κλπ. Η διατομή του σωλήνα θα επιλεγεί με βάση αυτές τις παροχές.
2. Οι παροχές αθροίζονται στους κόμβους (διακλαδώσεις) του δικτύου.
3. Οι σχέσεις που χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς είναι:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} V \quad [3.1.1] \quad (\text{εξίσωση συνέχειας})$$

$$J = \frac{\Delta h}{L} = \frac{\lambda_R}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad [3.1.2] \quad (\text{εξίσωση Darcy})$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_R}} = -2 \lg \left[\frac{2,51}{Re \times \sqrt{\lambda_R}} + \frac{k}{d \times 3,71} \right] \quad [3.1.3] \quad (\text{εξίσωση Colebrook})$$

$$Re = \frac{VD}{\nu} \quad [3.1.4] \quad (\text{αριθμός Reynolds})$$

όπου:

- Q: Παροχή σε m³/h
D: Εσωτερική διάμετρος σε m
V: Μέση ταχύτητα σε m/s
J: Απώλειες πίεσης ανά μονάδα μήκους σε m/m
Δh: Απώλειες πίεσης σε mWS

- L: Μήκος αγωγού σε m
 λ: Συντελεστής τριβής
 k: Απόλυτη τραχύτητα σωλήνα σε mm
 Re: Αριθμός Reynolds
 ν: Ιξώδες νερού σε m²/sec

4. Οι τριβές στα εξαρτήματα (γωνίες, ταυ, κρουνοί κλπ) κάθε τμήματος του δικτύου υπολογίζονται με την σχέση:

$$J = \frac{1}{2} \sum \zeta \rho V^2 \quad [3.1.5]$$

όπου:

- Σζ: Συνολική αντίσταση των εξαρτημάτων του κλάδου
 ρ: Πυκνότητα νερού

Οι τιμές των τοπικών αντιστάσεων πάρθηκαν από τον εγχειρίδιο της ASHRAE “FUNDAMENTALS”.

Η πτώση πίεσης μέσα σε κάθε συσκευή, υπολογίζεται με βάση την χαρακτηριστική τιμή που δίνει ο κατασκευαστής για δεδομένη παροχή νερού.

2.2 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών των υδραυλικών δικτύων παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες. Οι περιπτώσεις των βρόχων συμβολίζονται με τον κωδικό του κυκλοφορητή ή της αντλίας ενώ στις περιπτώσεις δικτύου σωληνώσεων με κλάδος συμβολίζεται ο εκάστοτε κλάδος.

Στην περίπτωση των βρόχων η συνολική πτώση πίεσης, για την εκλογή κυκλοφορητή/ αντλίας, ισούτε με το άθροισμα των επιμέρους γραμμικών και τοπικών πτώσεων πίεσης. Ενώ, στην περίπτωση των κλάδων λαμβάνεται υπόψη ο δυσμενέστερος συνδυασμός κλάδων.

2.2.1 Υδραυλικά δίκτυα θερμού νερού

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών και τα βασικά μεγέθη σχεδιασμού για τα δίκτυα θερμού νερού του συστήματος.

Είδος Αντιπυκτικού		Νερό	
Ποσοστό αντιπυκτικού μίγματος	[%]	25	
Μέση θερμοκρασία	[°C]	80	
Μέση ειδ. Θερμοχωρητικότητα	[KJ/kgK]	4,197	
Μέση πυκνότητα	[Kg/m3]	972	
Μέσο δυναμικό ιξώδες	[Ns/m2]	0,00035	
Θερμική αγωγιμότητα μονωτικού	W/mK	0,035	

Βρόχος	Υλικό σωλήνα	Τραχύτητα k	Μεταφερόμενη Ισχύς P	Διαφορά θερμοκρασίας ΔT	Μήκος Κλάδου L	Επιθυμητή Ταχύτητα u	Παροχή V	Τυποποιημένη Εσωτερική διάμετρος d_i	Τυποποιημένη Εξωτερική διάμετρος D_o	Πραγματική Ταχύτητα Ροής u	Ανηγμένη Γραμμική Πτώση Πίεσης R	Άθροισμα Τοπικών Αντιστάσεων $\Sigma \xi$	Τοπική αντίσταση μη προβλεπόμενη X	Γραμμική Πτώση Πίεσης R	Τοπική Πτώση Πίεσης Z	Συνολική Πτώση Πίεσης Κλάδου ΔP	Συνολική Πτώση Πίεσης Κλάδου ΔP
		[mm]	[Watt]	[°C]	[m]	[m/s]	[m3/h]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]		[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[mmH2O]
K1A/B	Χαλυβδοσωλήνας	0,1500	240.000	20,0	32,0	1,00	10,591	66,10	76,10	0,86	137,5	47,20	21.000	4400,61	16855,87	42256,48	4225,65
K2A/B	Χαλυβδοσωλήνας	0,1500	240.000	10,0	52,0	1,00	21,181	78,10	88,90	1,23	225,5	46,80	40.000	11724,53	34301,79	86026,32	8602,63
K3A/B	Χαλυβδοσωλήνας	0,1500	240.000	20,0	125,0	1,00	10,591	66,10	76,10	0,86	137,5	48,20	0	17189,88	17212,99	34402,87	3440,29

Πίνακας 2.2.1 Αποτελέσματα υπολογισμών υδραυλικών δικτύων θερμού νερού

2.2.2 Υδραυλικά δίκτυα ψυχρού νερού

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών και τα βασικά μεγέθη σχεδιασμού για τα δίκτυα ψυχρού νερού του συστήματος.

Φυσικές ιδιότητες																
Είδος Αντιπυκτικού		Νερό														
Ποσοστό αντιπυκτικού μίγματος		[%]	0													
Μέση θερμοκρασία		[°C]	10													
Μέση ειδ. Θερμοχωρητικότητα		[KJ/kgK]	4,193													
Μέση πυκνότητα		[Kg/m3]	1.000													
Μέσο δυναμικό ιξώδες		[Ns/m2]	0,00130													
Θερμική αγωγιμότητα μονωτικού		W/mK	0,035													
Βρόχος	Υλικό σωλήνα	Τραχύτητα k	Μεταφερόμενη Ισχύς P	Διαφορά θερμοκρασίας ΔT	Μήκος Κλάδου L	Παροχή V	Τυποποιημένη Εσωτερική διάμετρος di	Τυποποιημένη Εξωτερική διάμετρος Do	Πραγματική Ταχύτητα Ροής u	Ανηγμένη Γραμμική Πτώση Πίεσης R	Άθροισμα Τοπικών Αντιστάσεων Σζ	Τοπική αντίσταση μη προβλεπόμενη X	Γραμμική Πτώση Πίεσης R	Τοπική Πτώση Πίεσης Z	Συνολική Πτώση Πίεσης Κλάδου ΔP	Συνολική Πτώση Πίεσης Κλάδου ΔP
		[mm]	[Watt]	[°C]	[m]	[m3/h]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[-]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[mmH2O]
K4A/B	Γαλβανισμένος	0,5000	165.000	5	125,0	28,336	78,10	88,90	1,64	584,9	37,20	60.000	73107,03	50209,98	183317,01	18331,70
K5A/B	Γαλβανισμένος	0,5000	400.000	6	100,0	57,244	103,10	114,30	1,90	544,3	46,20	100.000	54425,99	83800,80	238226,79	23822,68

Πίνακας 2.2.2 Αποτελέσματα υπολογισμών υδραυλικών δικτύων ψυχρού νερού

3 Επιλογή κυκλοφορητών και αντλιών

Για τα υδραυλικά δίκτυα του συστήματος έγινε επιλογή in-line αντλιών και κυκλοφορητών. Οι θέσεις στις οποίες θα εγκατασταθούν αποτυπώνονται στα αντίστοιχα σχέδια.

Οι κωδικοποίηση των αντλιών/ κυκλοφορητών ακολουθεί την παρακάτω σημειολογία:

α/α	Κωδικός	Περιγραφή
1	K	Νέα αντλία/ κυκλοφορητής
2	KY	Υφιστάμενη αντλία/ κυκλοφορητής που επαναξιοποιείται
3	KA	Νέος κυκλοφορητής ανακυκλοφορίας
4	KAY	Υφιστάμενος κυκλοφορητής ανακυκλοφορίας που επαναξιοποιείται

3.1 Αποτελέσματα

Η επιλογή των αντλιών και κυκλοφορητών πραγματοποιήθηκε με βάση τους υπολογισμούς για τα δίκτυα των σωληνώσεων, όπως παρουσιάζονται παραπάνω. Στον ακόλουθο πίνακα καταγράφονται η υπολογιζόμενη παροχή και το απαιτούμενο μανομετρικό ύψος για κάθε αντλία και κυκλοφορητή του συστήματος.

Κατάσταση αντλιών/ κυκλοφορητών						
α/α	Κωδικός κυκλοφορητή/ αντλίας	Περιγραφή κυκλώματος	Παροχή	Απαιτούμενο Μανομετρικό	Απαιτούμενο Μανομετρικό	Ποσότητα
			[m ³ /h]	[Pa]	[mH ₂ O]	τμχ
1	K1A/B	Πλακοειδής εναλλάκτης ΠΕ	10,59	42256	4,23	2
2	K2A/B	Ψύκτης Απορρόφησης ΨΑ	21,18	86026	8,60	2
3	K3A/B	Κεντρικός Διανομέας Θερμού Νερού	10,59	34403	3,44	2
4	K4A/B	Κεντρικός Διανομέας Ψυχρού Νερού	28,34	183317	18,33	2
5	K5A/B	Τροφοδοσία Πύργου Ψύξης ΠΨ	57,24	238227	23,82	2
					Σύνολο	10,0

Εικόνα 3.1.1: Βασικά μεγέθη επιλογής αντλιών και κυκλοφορητών

4 Επιλογή δοχείων διαστολής

4.1 Μαθηματικές σχέσεις

Τα κλειστά δοχεία διαστολής πρέπει να είναι ικανά να απορροφήσουν τον όγκο διαστολής του νερού χωρίς υπερβολική αύξηση της πίεσης στο δίκτυο. Ο όγκος διαστολής του νερού εξαρτάται από τον όγκο του περιεχομένου στην εγκατάσταση νερού, από τη θερμοκρασία της αρχικής πλήρωσης της εγκατάστασης και από τη θερμοκρασία λειτουργίας.

Για τη διαστασιολόγηση κάθε δοχείου διαστολής λαμβάνονται ως δεδομένα τα εξής:

- Αρχικός όγκος ρευστού V_0 [lt]
- Στατικό ύψος εγκατάστασης H_{st} [m]
- Ελάχιστη θερμοκρασία νερού T_{min} [°C]
- Μέγιστη θερμοκρασία νερού T_{max} [°C]
- Πίεση εκτόνωσης βαλβίδας ασφαλείας P_{sv} [barg]

Ο όγκος του νερού V_0 που περιέχεται σε κάθε δίκτυο υπολογίζεται ως άθροισμα του νερού που περιέχουν οι σωληνώσεις του δικτύου και ο εξοπλισμός αυτού (buffer, λέβητες, ψύκτες).

Αρχικά υπολογίζεται ο συντελεστής διαστολής του ρευστού n λόγω αύξησης της θερμοκρασίας από τον τύπο:

$$n = 1 - \left(\rho_{t,max} / \rho_{t,min} \right) \quad [5.1.1]$$

Με βάση τον παραπάνω συντελεστή υπολογίζεται ο όγκος διαστολής ΔV_1 του νερού:

$$\Delta V_1 = V_0 \times n \quad [5.1.2]$$

Στη συνέχεια λαμβάνεται μια προσαύξηση ΔV_2 της τάξης του 0,5% για τον συνολικό όγκο του νερού, ώστε να καλυφθούν πιθανές διαρροές στο σύστημα. Σε κάθε περίπτωση λαμβάνεται ως ελάχιστη προσαύξηση ένας όγκος $\Delta V_2 = 3$ lt.

Η αρχική πίεση του αερίου P_0 [barg] στο δοχείο διαστολής υπολογίζεται ως εξής:

$$P_0 = \left(H_{st} / 10 \right) + 0,2 \quad [5.1.3]$$

Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει η αρχική πίεση P_0 να είναι τουλάχιστον 0,5 barg.

Η τελική πίεση του αερίου P_e [barg] στο δοχείο διαστολής λαμβάνεται ίση με το 90% της πίεσης στην οποία εκτονώνεται η βαλβίδα ασφαλείας P_{sv} [barg].

Στη συνέχεια υπολογίζεται ο συντελεστής αποδοχής η_G (acceptance factor), που αποτελεί λόγο απόλυτων πιέσεων:

$$\eta_G = (P_e - P_0) / P_e \quad [5.1.4]$$

Το μέγεθος του δοχείου διαστολής προκύπτει σύμφωνα με την εξίσωση:

$$V_{gross} = (V_0 + \Delta V_1 + \Delta V_2) / \eta_G \quad [5.1.5]$$

Με βάση το μέγεθος αυτό επιλέγεται ένα τυποποιημένο δοχείο διαστολής με ονομαστική χωρητικότητα V_{vessel} [lt] μεγαλύτερη ή ίση από την υπολογιζόμενη V_{gross} [lt].

Επίσης για την ορθή διαστασιολόγηση κάθε δοχείου διαστολής, πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη το κριτήριο της πίεσης αρχικής πλήρωσης του, η οποία πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ ορισμένων ορίων. Συγκεκριμένα ορίζονται τα παρακάτω μεγέθη για την ελάχιστη ($P_{ini,min}$) και τη μέγιστη ($P_{ini,max}$) πίεση αρχικής πλήρωσης:

$$P_{ini,min} = \frac{V_{vessel} \times (P_0 + 1)}{(V_{vessel} - \Delta V_2 - V_{e,fill})} - 1 \quad [5.1.6]$$

$$P_{ini,max} = \frac{V_{vessel} \times (P_0 + 1)}{[V_{vessel} \times (P_0 + 1) / (P_e + 1) + \Delta V_e]} - 1 \quad [5.1.7]$$

Όπου,

$P_{ini,min}$:	ελάχιστη πίεση αρχικής πλήρωσης	[bar]
$P_{ini,max}$:	μέγιστη πίεση αρχικής πλήρωσης	[bar]
P_0 :	αρχική πίεση αερίου	[bar]
V_{vessel} :	ονομαστικός όγκος δοχείου διαστολής	[lt]
ΔV_2 :	προσαύξηση όγκου νερού λόγω διαρροών	[lt]
$V_{e,fill}$:	όγκος διαστολής νερού στη θερμοκρασία πλήρωσης	[lt]
ΔV_e :	διαφορά όγκου διαστολής νερού μεταξύ θερμοκρασίας πλήρωσης και μέγιστης θερμοκρασίας	[lt]

Σε κάθε περίπτωση η ελάχιστη πίεση αρχικής πλήρωσης $P_{ini,min}$ [bar] πρέπει να είναι ικανοποιεί την παρακάτω σχέση:

$$P_{ini,min} \geq P_0 + 0,3 \quad [5.1.8]$$

4.2 Αποτελέσματα

Λόγω της επέκτασης του νέου συστήματος απαιτείται η εγκατάσταση επιπρόσθετων δοχείων διαστολής που θα παραλάβουν το επιπλέον περιεχόμενο νερό του συστήματος.

Η επιπρόσθετη ποσότητα νερού αποτελείται από το περιεχόμενο των σωληνώσεων μεταφοράς και το περιεχόμενο στις συσκευές και τα δοχεία αποθήκευσης. Ως δεδομένα ελήφθησαν τα εξής:

Πρόσθετη ποσότητα ύδατος		
Κωδικός βρόγχου / συσκευής	Περιγραφή κυκλώματος	Ποσότητα ύδατος [l]
ΔΑ2	Δοχείο Αδράνειας ΔΑ2	5.000,00
ΔΑ3	Δοχείο Αδράνειας ΔΑ3	5.000,00
Κ1Α/Β	Βρόγχος εναλλάκτη ΠΕ1	109,81
Κ3Α/Β	Βρόγχος κεντρικού διανομέα θερμού νερού	428,95
Σύνολο:		10.538,76

Εικόνα 4.2.1: Πρόσθετη ποσότητα ύδατος νέων δικτύων

Επιλογή Δοχείου Διαστολής																	
α/α	Κωδικός Δοχείου Διαστολής	Αρχική ποσότητα ρευστού V_0	Στατικό ύψος εγκατάστασης H_{st}	Ποσοστό αντιπυκτικού ρευστού	Μέγιστη Εμφανιζόμενη Θερμοκρασία T_{max}	Πίεση εκτόνωσης της βαλβίδας ασφαλείας P_{sv}	Συντελεστής Διαστολής ρευστού n	Όγκος Διαστολής ΔV_1	Προσαύξη 0,5% ΔV_2	Αρχική πίεση αερίου P_0^*	Τελική πίεση P_e	Acceptance Factor A_F	Υπολογισμένο μέγεθος Δοχείου Διαστολής V_{gross}	Τυποποιημένο μέγεθος Δοχείου Διαστολής V_{vessel}	Θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά την αρχική πλήρωση $\theta_{π}$	Έλαχιστη τιμή αρχικής πλήρωσης στους 20°C, $P_{in,min}$	Μέγιστη τιμή αρχικής πλήρωσης στους 20°C, $P_{in,max}$
		[lit]	[m]	[%]	[°C]	[barg]	[%]	[lit]	[lit]	[barg]	[barg]		[lit]	[lit]	[°C]	[barg]	[barg]
1	ΔΔ1	4.800	5,0	0%	90	4,5	3,47%	167	190,56	0,7	4,05	0,66	287,3	400	20	1,00	1,32
2	ΔΔ2	6.000	5,0	0%	90	4,5	3,47%	208	238,20	0,7	4,05	0,66	359,1	500	20	1,00	1,32
3	ΔΔ3	600	5,0	0%	90	4,5	3,47%	20,8	23,82	0,7	4,05	0,66	35,91	50	20	1,00	1,32

Εικόνα 4.2.2: Υπολογιζόμενες τιμές νέων δοχείων διαστολής

5 Διαστασιολόγηση του δικτύου φυσικού αερίου

Στα όρια του οικοπέδου εγκαθίσταται μετρητική διάταξη M/R για την παροχή φυσικού αερίου στα σημεία κατανάλωσης. Το φυσικό αέριο προμηθεύεται από το δίκτυο της ΕΔΑ ή ΔΕΔΑ. Η μετρητική διάταξη θα είναι εξοπλισμένη με δυο μετρητές αερίου λόγω της διαφορετικής τιμολογιακής πολιτικής που ακολουθείτε για τις περιπτώσεις της συμπαραγωγής και για τις περιπτώσεις θέρμανσης χώρων κ ΖΝΧ.

Υπολογίζεται η συνολική πτώση πίεσης για το εσωτερικό δίκτυο της μονάδας συμπαραγωγής και για το, ξέχωρο, διακριτό, δίκτυο των συσκευών του λεβητοστάσιου. Οι παρακάτω υπολογισμοί διασφαλίζουν ότι η συνολική πτώση πίεσης ανά περίπτωση είναι εντός των ορίων που θέτουν οι κανονισμοί.

5.1 Μαθηματικές σχέσεις και παραδοχές

Το δίκτυο φυσικού αερίου υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τις παρακάτω τεχνικές οδηγίες:

- ΦΕΚ 976/ 2012, Τεχνικός Κανονισμός Εσωτερικών Εγκαταστάσεων Φυσικού Αερίου με πίεση λειτουργίας έως και 500mbar.
- ΦΕΚ 963/ 2003, Κανονισμός εσωτερικών εγκαταστάσεων φυσικού αερίου με πίεση λειτουργίας έως και 1 bar.
- ΦΕΚ 236/ 1997, Κανονισμός εσωτερικών εγκαταστάσεων φυσικού αερίου με πίεση λειτουργίας άνω των 50 mbar και μέγιστη πίεση λειτουργίας έως και 16 bar.

Η διαστασιολόγηση του δικτύου πραγματοποιείται με γνώμονα την παράδοση του φυσικού αερίου στο σημείο κατανάλωσης έτσι ώστε η πτώση πίεση, σε σχέση με την πίεση εκκίνησης, να μην υπερβαίνει το αποδεκτό όριο. Το αποδεκτό όριο πτώσης πίεσης εξαρτάται από το εύρος πιέσεων λειτουργίας – μεταφοράς φυσικού αερίου. Για πίεση φυσικού αερίου μικρότερη ή ίση με 20 mbar η συνολική πτώση πίεσης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2 mbar (200 Pascal). Για πίεση φυσικού αερίου μεγαλύτερη από 25 mbar η συνολική πτώση πίεσης μετά τον μετρητή δεν πρέπει να υπερβαίνει το 10% της πίεσης λειτουργίας.

Οι ταχύτητες ροής στις σωληνώσεις οφείλουν να μην είναι ξεπερνούν κάποιες τιμές και ως επιτρεπόμενες τιμές μπορούν να θεωρηθούν οι παρακάτω:

- ταχύτητα 6 m/s για πίεση λειτουργίας ≤ 25 mbar
- ταχύτητα 8 m/s για πίεση λειτουργίας > 25 mbar, και
- ταχύτητα 15 m/s για υπόγεια δίκτυα σωληνώσεων

Οι θερμοδυναμικές, ρευστομηχανικές ιδιότητες του αερίου θεωρούνται σταθερές για πιέσεις λειτουργίας μικρότερες από 100 mbar και λαμβάνονται ως οι συνθήκες $T_1=290,15$ K, $P_1=1,013$ bar. Για πιέσεις λειτουργίας μεγαλύτερες από 100 mbar οι τιμές πυκνότητας (όγκου) και κινηματικού ιξώδους πρέπει να διορθωθούν.

Με την παρακάτω σχέση 8.1.1.1 υπολογίζεται η πρωτογενής απαιτούμενη παροχή φυσικού αερίου, σε κανονικές συνθήκες, για την τροφοδοσία ονομαστικού θερμικού φορτίου P.

Εφαρμόζονται, συνολικά, οι παρακάτω σχέσεις:

$$Q_N = \frac{P}{\eta\% \cdot H_i} \quad [8.1.1.1]$$

$$V = Q_N * \frac{1,013}{1,013 + P_\lambda} * \frac{290,15}{273,15} \quad [8.1.1.2]$$

$$\rho_\lambda = \rho_N * \frac{1,013 +}{1,013} \quad [8.1.1.3]$$

$$d_{in}^* = \sqrt{\frac{4000 * V}{3,6 * v * \pi}} \quad [8.1.1.4]$$

$$v = \frac{\eta}{\rho} \quad [8.1.1.5]$$

$$Re = \frac{v * d_{in} * \rho}{\eta} \quad [8.1.1.6]$$

$$\xi_{\sigma\tau\rho} = \frac{64}{Re} \quad [8.1.1.7]$$

$$\xi_{\tau\nu\rho} = \frac{0,25}{[\log(\frac{k}{3,7 * d_{in}} + \frac{5,74}{Re^{0,9}})]^2} \quad [8.1.1.8]$$

$$\Delta P_{\gamma\rho\alpha\mu.}^{\alpha\sigma\mu.} = P_1 - P_2 = \xi * \frac{l * \rho_\lambda * v^2}{2 * d_{in}} \quad [8.1.1.9]$$

$$\Delta P_{\gamma\rho\alpha\mu.}^{\sigma\mu\pi.} = P_1 - P_2 = P_1 * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * \alpha}{P_1}}\right) \quad [8.1.1.10]$$

$$\alpha = \xi * \frac{l * \rho_{\lambda 1} * v_1^2}{2 * d_{in}} \quad [8.1.1.11]$$

$$\Delta P_{\tau\sigma\pi} = \frac{1}{2} * \rho * \Sigma \xi i * v^2 \quad [8.1.1.12]$$

$$\Delta P_H = \Delta H * g * (\rho_g - \rho_{atm}) \quad [8.1.1.13]$$

όπου:

P = η ονομαστική θερμική ισχύς της συσκευής ή άθροισμα συσκευών	[W]
Q _N = η πρωτογενής ογκομετρική παροχή φυσικού αερίου σε κανονικές συνθήκες	[Nm ³ /h]
η% = ο τυπικός βαθμός απόδοσης της καύσης	[-]
H _i = η κατώτερη θερμογόνο δύναμη φυσικού αερίου	[kWh/Nm ³]
V = η ογκομετρική παροχή φυσικού αερίου σε συνθήκες λειτουργίας	[m ³ /h]
P _λ = η πίεση λειτουργίας	[bar]
ρ _λ = η πυκνότητα του φυσικού αερίου σε συνθήκες λειτουργίας	[kg/m ³]
ρ _N = 0,79, η πυκνότητα του φυσικού αερίου σε κανονικές συνθήκες	[kg/m ³]
ρ _{atm} = η πυκνότητα του αέρα, λαμβάνεται η τιμή 1,2	[kg/m ³]
υ = η ταχύτητα ροής μέσα στις σωληνώσεις	[m/s]
d _{in} * = η εσωτερική διάμετρος επιθυμητού σωλήνα	[mm]

d_{in} = η εσωτερική διάμετρος τυποποιημένου σωλήνα εμπορίου	[mm]
$\eta = 11 \times 10^{-6}$, το δυναμικό ιξώδες φυσικού αερίου	[Pas]
$\nu = \eta / \rho$ = το κινηματικό ιξώδες φυσικού αερίου	[m ² /s]
Re = ο αριθμός Reynolds της ροής	[-]
$\xi_{στρ}$ = ο γραμμικός συντελεστής αντίστασης στρωτής ροής	[-]
$\xi_{τυρ}$ = ο γραμμικός συντελεστής αντίστασης τυρβώδους ροής	[-]
$\Sigma \zeta_i$ = το άθροισμα τοπικών συντελεστών πτώσης πίεσης	[-]
k = η εσωτερική τραχύτητα σωλήνων μεταφοράς	[mm]
$\Delta P_{\gamma ρ α μ.}^{α σ υ μ.}$ = η πτώση πίεση σε σωλήνες για την περιοχή της ασυμπίεστης ροής	[Pa]
$\Delta P_{\gamma ρ α μ.}^{σ υ μ π.}$ = η πτώση πίεση σε σωλήνες για την περιοχή της συμπίεστης ροής	[Pa]
$\Delta P_{τοπ}$ = η τοπική πτώση πίεσης εξαρτημάτων και συσκευών	[Pa]
ΔP_H = Απολαβή πίεσης λόγω άνωσης	[Pa]
P_1 = η πίεση εκκίνησης	[Pa]
P_2 = η πίεση τερματισμού	[Pa]

5.2 Αποτελέσματα υπολογισμών

Φυσικές ιδιότητες		
Οικογένεια αερίων	-	2η
Ομάδα	-	H
Ξηρό αέριο	-	$\varphi < 60\%$
Ονομαστική τιμή δείκτη Wobbe	[kWh/Nm3]	14,50
Ανώτερη θερμογόνος δύναμη Hu	[kWh/Nm3]	11,50
Κατώτερη θερμογόνος δύναμη Hi	[kWh/Nm3]	10,35
Δυναμικό ιξώδες η	[Pas]	1,10E-05
Μέση πυκνότητα αέρα pair	[kg/m3]	1,20

Τμήμα	Υλικό σωλήνα	Τροχύτητα k	Ονομαστική ισχύς συσκευής P	Ονομαστικός βαθμός απόδοσης η_{ov}	Πίεση εκκίνησης P1	Συνολικό μήκος κλάδου L	Ενεργό ύψος ως προς το σημείο παραλαβής H_{εν}	Ονομαστική Παροχή QN	Τυποποιημένη Εσωτερική διάμετρος di	Τυποποιημένη Εξωτερική διάμετρος Do	Πραγματική Ταχύτητα Ροής u	Ανηγμένη Γραμμική Πτώση Πίεσης R	Άθροισμα Τοπικών Αντιστάσεων $\Sigma \zeta$	Τοπική αντίσταση μη προβλεπόμενη X	Γραμμική Πτώση Πίεσης R	Τοπική Πτώση Πίεσης Z	Απολαβή πίεσης λόγω άνωσης ΔP_h	Συνολική Πτώση Πίεσης ΔP	Συνολική Πτώση Πίεσης ΔP	Ποσοστό $\Delta P/P$
		[mm]	[Watt]	[%]	[barg]	[m]	[m]	[Nm3/h]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]		[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[mbar]	[%]
1-2	Χαλυβδόσωληνας	0,5000	232000	49,5%	2,000	23,0	1,00	45,28	36,00	42,40	4,41	28,25	11,90	0	649,69	1332,90	11,28	1993,87	19,94	1,00%
Συνολική $\Delta P_{1.2} =$																		19,94	1,00%	

Πίνακας 5.2.1: Αποτελέσματα υπολογισμών δικτύου φυσικού αερίου ΣΗΘΥΑ

Τεύχος Υπολογισμών Εγκατάστασης ΣΗΘΥΑ

Φυσικές ιδιότητες		
Οικογένεια αερίων	-	2η
Ομάδα	-	H
Ξηρό αέριο	-	$\varphi < 60\%$
Ονομαστική τιμή δείκτη Wobbe	[kWh/Nm3]	14,50
Ανώτερη θερμογόνος δύναμη Hu	[kWh/Nm3]	11,50
Κατώτερη θερμογόνος δύναμη Hi	[kWh/Nm3]	10,35
Δυναμικό ιξώδες η	[Pas]	1,10E-05
Μέση πυκνότητα αέρα ρ_{air}	[kg/m3]	1,20

Τμήμα	Υλικό σωλήνα	Τραχύτητα k	Ονομαστική ισχύς συσκευής P	Ονομαστικός βαθμός απόδοσης $\eta_{ον}$	Πίεση εκκίνησης P1	Συνολικό μήκος κλάδου L	Ενεργό ύψος ως προς το σημείο παραλαβής H_{εν}	Ονομαστική Παροχή Q_N	Τυποποιημένη Εσωτερική διάμετρος d_i	Τυποποιημένη Εξωτερική διάμετρος D_o	Πραγματική Ταχύτητα Ροής u	Ανηγμένη Γραμμική Πτώση Πίεσης R	Αθροισμα Τοπικών Αντιστάσεων $\Sigma \zeta$	Τοπική αντίσταση μη προβλεπόμενη X	Γραμμική Πτώση Πίεσης R	Τοπική Πτώση Πίεσης Z	Απολαβή πίεσης λόγω άνωσης ΔP_h	Συνολική Πτώση Πίεσης ΔP	Συνολική Πτώση Πίεσης ΔP	Ποσοστό $\Delta P/P$
		[mm]	[Watt]	[%]	[barg]	[m]	[m]	[Nm3/h]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]		[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[mbar]	[%]
1-2	Χαλυβδοσωλήνας	0,5000	2130000	90%	2,000	3,0	-2,00	228,66	66,10	76,10	6,61	27,65	6,30	0	82,95	1583,08	-22,56	1643,47	16,43	0,82%
2-3	Πολυαιθυλένιο	0,0150	2130000	90%	1,984	9,5	0,00	228,66	61,40	75,00	7,70	21,70	2,20	0	206,14	750,70	0,00	956,84	9,57	0,48%
3-4	Χαλυβδοσωλήνας	0,5000	2130000	90%	1,974	16,3	4,30	228,66	66,10	76,10	6,67	27,91	3,40	0	454,92	869,30	47,64	1371,86	13,72	0,69%
4-5	Χαλυβδοσωλήνας	0,5000	700000	90%	1,960	4,1	-2,00	75,15	41,90	48,30	5,48	34,69	3,20	0	142,24	552,36	-21,95	672,66	6,73	0,34%
4-6	Χαλυβδοσωλήνας	0,5000	1430000	90%	1,960	4,1	-2,00	153,52	52,30	60,30	7,18	43,94	3,20	0	180,17	949,62	-21,95	1107,84	11,08	0,57%

Συνολική $\Delta P_{1.5}$ =	46,45	2,34%
Συνολική $\Delta P_{1.6}$ =	50,80	2,56%

Εικόνα 5.2.1: Αποτελέσματα υπολογισμών δικτύου φυσικού αερίου ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟΥ

6 Εγκατάσταση ισχυρών ρευμάτων

6.1 Γενικά

Οι παρακάτω κανονισμοί και υπολογισμοί αναφέρονται στη μελέτη των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων του έργου και περιλαμβάνουν την εγκατάσταση ισχυρών ρευμάτων της μονάδας ΣΗΘΥΑ αλλά και των επιπρόσθετων φορτίων κίνησης που απαιτούνται για τη σωστή λειτουργία του συστήματος.

6.2 Κανονισμοί

Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις μελετήθηκαν σύμφωνα με τους παρακάτω κανονισμούς:

- Ο κανονισμός ΕΛΟΤ 60364 «Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις» έκδοση 1η 2020-07-01
- Η υπουργική απόφαση 101195/2021 (ΦΕΚ 4654/Β` 8.10.2021) «Γενικές και ειδικές απαιτήσεις για τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις», όπως τροποποιήθηκε από την Υ.Α. 129600/2021 (ΦΕΚ 5635/Β` 2.12.2021).
- Γερμανικοί κανονισμοί DIN και VDE συμπληρωματικά προς τους ελληνικούς.

6.3 Τεχνικά Βοηθήματα

Για τη σύνταξη της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν και τα παρακάτω τεχνικά βοηθήματα:

1. Π. Ντοκόπουλου «Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις»
2. Χ. Δημουλιάς «Ηλεκτρικές μηχανές, Σύγχρονες μηχανές»
3. TiSoft Electrical Design Professional (σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ 60364)

6.4 Υπολογισμός νέου πίνακα

Ο υπολογισμός γίνεται βάσει της ισχύος των νέων φορτίων και λαμβάνονται υπόψη πως κατά βάση όλα τα επιπρόσθετα φορτία θα λειτουργούν ταυτόχρονα. Συντελεστής ταυτοχρονισμού = 1.

Επίσης όλα τα επιπρόσθετα φορτία κίνησης θα λειτουργούν με inverter συνεπώς λαμβάνεται συντελεστής ισχύος $\cos\phi = 0,99$.

6.5 Καλωδιώσεις χαμηλής τάσης

6.5.1 Γενικά

Η διαστασιολόγηση των καλωδίων χαμηλής τάσης πραγματοποιείται λαμβάνοντας υπόψη την αντοχή των καλωδίων στο ρεύμα στάσιμης κατάστασης. Στα καλώδια χαμηλής τάσης ο προσδιορισμός της διατομής βάση του ρεύματος στάσιμης κατάστασης οδηγεί σε μεγαλύτερη διατομή σε σχέση με το ρεύμα βραχυκύκλωσης, συνεπώς αποτελεί τον καθοριστικό παράγοντα.

Παράλληλα, η διατομή η οποία επιλέγεται θα πρέπει να διατηρεί την πτώση τάσης μικρότερη του 3% για το φωτισμό και 5% για άλλες χρήσεις σύμφωνα με τον Πίνακα Z.52.1 του ΕΛΟΤ 60364, ενώ σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές του έργου, πρέπει επίσης οι απώλειες να είναι μικρότερες του 2% της ονομαστικής ισχύος του εκάστοτε φορτίου.

Κάθε φορτίο αποτελεί ξεχωριστό κύκλωμα, διότι απαιτείται μεμονωμένος έλεγχος.

Επίσης, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης συνυπολογίζονται οι συντελεστές απομείωσης (λόγω θερμοκρασίας, παράλληλης όδευσης φορτισμένων κυκλωμάτων κ.ο.κ.) και προκύπτει το μέγιστο ρεύμα λειτουργίας το οποίο πρέπει να είναι ικανό να φέρει το καλώδιο σε κάθε περίπτωση. Οι συντελεστές προκύπτουν από τους αντίστοιχους πίνακες του κανονισμού ΕΛΟΤ 60364.

Βάσει της παραπάνω ανάλυσης προκύπτουν οι υπολογισμοί και προσδιορίζονται οι διατομές.

6.5.2 Μέγιστη επιτρεπόμενη θερμική φόρτιση θαμμένων καλωδία χαμηλής τάσης

Η διασύνδεση της μονάδας ΣΗΘΥΑ με τον δίκτυο, καθώς και η ηλεκτροδότηση των επιπρόσθετων φορτίων από το νέο πίνακα χαμηλής τάσης, πλησίον του υποσταθμού τύπου κιόσκι, πραγματοποιείται με καλώδια χαμηλής τάσης τύπου J1VV, θαμμένα στο έδαφος σύμφωνα με τα σχέδια.

Ο υπολογισμός της μέγιστης συνεχούς επιτρεπόμενης θερμικής φόρτισης θαμμένων καλωδίων χαμηλής τάσης, γίνεται με την εφαρμογή του παρακάτω τύπου:

$$I = I_0 * f_{\theta} * f_c * f_i$$

Όπου:

I_0 – ένταση αναφοράς η οποία διαρρέει συνεχώς τους αγωγούς, για βάθος ταφής 0,7 m, θερμοκρασία εδάφους 20°C, ειδική θερμική αντίσταση εδάφους $k=1 \text{ }^{\circ}\text{K}\cdot\text{m}/\text{W}$, ένα σύστημα μονοφασικό ή τριφασικό

f_{θ} – συντελεστής διόρθωσης για διάφορες θερμοκρασίες εδάφους

f_c – συντελεστής διόρθωσης για διάφορες ειδικές αγωγιμότητες εδάφους

f_i – συντελεστής διόρθωσης εξαρτώμενος από το πλήθος των συστημάτων που γειτνιάζουν

6.5.3 Μέγιστη επιτρεπόμενη θερμική φόρτιση καλωδίων χαμηλής τάσης εκτός εδάφους

Ο υπολογισμός της μέγιστης συνεχούς επιτρεπόμενης θερμικής φόρτισης καλωδίων χαμηλής τάσης, εκτός εδάφους, γίνεται με την εφαρμογή του παρακάτω τύπου:

$$I = I_0 * f_{\theta} * f_n$$

Όπου:

I_0 – ένταση αναφοράς για θερμοκρασία περιβάλλοντος 30° C και PVC μονωτικό

f_{θ} – συντελεστής διόρθωσης για διάφορες θερμοκρασίες περιβάλλοντος

f_n – συντελεστής διόρθωσης πλήθους κυκλωμάτων

6.5.4 Αντοχή σε βραχυκύκλωμα

Τα καλώδια χαμηλής τάσης προστατεύονται στο βραχυκύκλωμα μόνο όταν το μέσο προστασίας που επιλέγεται, επιτρέπει η ενέργεια που το διαπερνά (I^2t), να είναι χαμηλότερη ή ίση με την ενέργεια αντοχής των καλωδίων.

$$I^2 t \leq k^2 A^2$$

Όπου:

I – το ρεύμα διέλευσης (λαμβάνεται το ρεύμα βραχυκύκλωσης I_k)

t – η διάρκεια του βραχυκυκλώματος (τα βραχυκυκλώματα θεωρούνται υπερφορτίσεις βραχείας διάρκειας, δηλαδή $t < 5\text{sec}$)

$I^2 t$ – η ενέργεια διέλευσης του μέσου προστασίας (π.χ. ΑΔΙ, μικροαυτόματος, κλπ.)

k – συντελεστής ονομαστικής πυκνότητας ρεύματος, εξαρτάται από το υλικό του καλωδίου και το υλικό της μόνωσης

A – η διατομή του καλωδίου

Για την επιβεβαίωση της αντοχής στο βραχυκύκλωμα γίνεται χρήση του τεχνικού βοηθήματος (3).

Τα σύγχρονα μέσα προστασίας διαθέτουν χρόνους διακοπής πολύ μικρότερους από τα μέγιστα όρια αντοχής των καλωδίων

6.6 Μέσα προστασίας χαμηλής τάσης

Ο υπολογισμός ισχύος ενός τριφασικού φορτίου γίνεται με εφαρμογή του παρακάτω τύπου.

$$P = 3 * V * I * \cos\varphi$$

Ο ορισμός του μέσου προστασίας γίνεται ικανοποιώντας τη συνθήκη

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

Όπου I_b υπολογισμένο ρεύμα γραμμής

I_n Ονομαστικό ρεύμα μικροαυτόματος

I_2 Ρεύμα πτώσης αυτόματος (θερμικό)

I_z Επιτρεπόμενο ρεύμα γραμμής

6.7 Γείωση

Ο υπολογισμός της ελάχιστης διατομής αγωγού γείωσης σύμφωνα με το πρότυπο IEE Std 80 – 2013, γίνεται με την εφαρμογή του παρακάτω τύπου:

$$A_{min} = I_k * \sqrt{\frac{t_c * \alpha_r * \rho_r * 10^4}{TCAP * \ln \left(1 + \frac{T_m - T_a}{K_0 + T_a}\right)}}$$

Όπου:

A_{min} – Η ελάχιστη διατομή του αγωγού γείωσης σε mm^2

I_k – Το ρεύμα βραχυκύκλωσης προς γη σε kA

t_c – Η διάρκεια του βραχυκυκλώματος σε sec

α_r – Ο θερμικός συντελεστής ειδικής αγωγιμότητας σε θερμοκρασία αναφοράς @ T_r σε $^{\circ}\text{C}^{-1}$

ρ_r – Η αγωγιμότητα του αγωγού γείωσης στο έδαφος σε θερμοκρασία αναφοράς @ T_r σε $\mu\Omega/\text{cm}$

TCAP – Η θερμική χωρητικότητα ανά μονάδα όγκου σε $\text{J}/\text{cm}^3 \times ^{\circ}\text{C}$

α_0 – Ο θερμικός συντελεστής ειδικής αγωγιμότητας σε θερμοκρασία @ 0°C , σε $^{\circ}\text{C}^{-1}$

K_0 – Ισούται με $1/\alpha_0$, σε $^{\circ}\text{C}$

T_m – Η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία (θερμοκρασία τήξης του αγωγού) σε $^{\circ}\text{C}$

T_a – Θερμοκρασία περιβάλλοντος χώρου σε $^{\circ}\text{C}$

Για τους υπολογισμούς λαμβάνονται οι παρακάτω τιμές:

Σύμφωνα με το πρότυπο IEE Std 80 – 2013, ο χαλκός έχει τις παρακάτω ιδιότητες:

IEE Std 80 – 2013	α_r @ 20°C ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)	K_0 @ 0°C ($^{\circ}\text{C}$)	T_m ($^{\circ}\text{C}$)	ρ_r @ 20°C ($\mu\Omega/\text{cm}$)	TCAP ($\text{J}/\text{cm}^3 \times ^{\circ}\text{C}$)
Cu	0,00381	242	1084	1,78	3,42

Πίνακας 6-1 Ιδιότητες Cu κατά IEE Std 80 - 2013

Η θερμοκρασία περιβάλλοντος χώρου λαμβάνεται $T_a = 40^{\circ}\text{C}$

Ως διάρκεια βραχυκυκλώματος λαμβάνεται ο χρόνος εκκαθάρισης του σφάλματος από το διακόπτη $t_c = 1 \text{ sec}$.

Ο υπολογισμός του σφάλματος γης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της γραμμής μεταφοράς του ΔΕΔΔΗΕ. Τα στοιχεία της γραμμής δεν είναι διαθέσιμα για να πραγματοποιηθούν οι υπολογισμοί του ρεύματος βραχυκύκλωσης. Για το λόγω αυτό επιλέγεται ως δυσμενέστερη περίπτωση τα 16 kA τα οποία δύναται να διακόψει ο διακόπτης μέσης τάσης.

Βάσει των ανωτέρω προκύπτει:

$$A_{\min} = 57,59 \text{ mm}^2$$

6.8 Απαιτήση ΔΕΔΔΗΕ για συμβολή της μονάδας στο βραχυκύκλωμα

6.8.1 Παραδοχές

Οι υπολογισμοί αφορούν στέρεο συμμετρικό τριφασικό βραχυκύκλωμα.

Σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ΔΕΔΔΗΕ για τη σύνδεση στη μέση τάση, η συμβολή του σταθμού στο βραχυκύκλωμα στην έξοδό του δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 8-πλάσιο της ονομαστικής ισχύος του σταθμού ενώ πρέπει να είναι πάντα μικρότερη ή ίση από αυτή που προκύπτει από το αιτούμενο ζεύγος της προσφοράς σύνδεσης.

Εφόσον ο υπολογισμός γίνεται για το σημείο εξόδου του σταθμού, δεν λαμβάνεται υπόψη η σύνθετη αντίδραση της γραμμής, με αποτέλεσμα η συνολική σύνθετη αντίδραση να αποτελείται από τη

σύνθετη αντίδραση της γεννήτριας και μετασχηματιστή. Η αντίσταση σφάλματος θεωρήθηκε μηδενική.

Κατά τους υπολογισμούς βραχυκυκλώματος αγνοούνται τα όποια άλλα φορτία στην γραμμή. Η παραδοχή αυτή οδηγεί σε υψηλότερα ρεύματα βραχυκύκλωσης και επομένως είναι προς την ασφαλή πλευρά για το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ.

Κατά την μόνιμη κατάσταση λειτουργίας και λίγο πριν το υποτιθέμενο βραχυκύκλωμα, η γεννήτρια της μονάδας ΣΗΘΥΑ, θεωρήθηκε ότι θα λειτουργεί σε φόρτιση ίση με την ονομαστική όσον αφορά την ενεργό ισχύ της και με συντελεστή ισχύος (power factor, PF) ίσο με την μονάδα. Η παραδοχή της λειτουργίας σε $PF=1$ οδηγεί στη δυσμενέστερη περίπτωση εμφάνισης ρευμάτων βραχυκύκλωσης και οδηγεί τους υπολογισμούς προς της ασφαλή πλευρά. Η γεννήτρια συνδέεται στο Δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ και στο ζυγό 20 kV και ο υπολογισμός λαμβάνει συντελεστή $c=1,05$ κατά IEC 60909.

Θεωρείται συμμετρικό τριφασικό βραχυκύκλωμα. Ο λόγος για τον οποίον οι υπολογισμοί πραγματοποιούνται για το συμμετρικό τριφασικό βραχυκύκλωμα, είναι διότι κατά το συμμετρικό τριφασικό βραχυκύκλωμα εμφανίζονται και στις τρεις φάσεις του στάτη μεγάλα αρχικά ρεύματα τα οποία προσδιορίζουν τις δυνάμεις που ασκούνται στα τυλίγματα, στους ζυγούς κλπ., κατά την υπομεταβατική και μεταβατική φάση του βραχυκυκλώματος. Η αρχική τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης στην περίπτωση των ασύμμετρων βραχυκυκλωμάτων μπορεί να είναι εξίσου μεγάλη, όπως και στο συμμετρικό τριφασικό βραχυκύκλωμα, αλλά αυτό συμβαίνει μόνο σε μία ή δύο φάσεις και για το λόγο αυτό δεν είναι καθοριστικό στον προσδιορισμό των δυνάμεων.

Παράρτημα Ι: Υπολογισμοί ισχυρών ρευμάτων νέων φορτίων

Παράρτημα II: Υπολογισμοί ισχυρών ρευμάτων μονάδας ΣΥΘΗΑ