

ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΣΤΕΦ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΙΤΛΟΣ

ΘΕΜΑ

ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΛΟΙΟΥ

Εργασία του ΞΕΝΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

A.M. 32435

Υπ. Καθηγητής: ΜΑΛΑΤΕΣΤΑΣ

Ημερομηνία Παράδοσης:

Θέμα
(με πλάγια γράμματα η εκφώνηση)

Το ηλεκτρικό σύστημα ντιζελοκίνητου πλοίου λειτουργεί με συχνότητα 60 Hz, τάση 440/380/115V και περιλαμβάνει τα μηχανήματα και τις συσκευές, που περιγράφονται στο συνημμένο πίνακα της εκφώνησης.

Ζητούνται τα ακόλουθα.

Ερώτημα 1. Ο ηλεκτρικός ισολογισμός για τρεις καταστάσεις:

- α. κανονικής πορείας,
- β. χειρισμών ,
- γ. "εν όρμω".

Αρχικά με βάση την εκφώνηση του θέματος έχουν καθορισθεί με λεπτομέρεια τα στοιχεία των ηλεκτρικών καταναλωτών του πλοίου. Με βάση τον πίνακα 1 έχουμε ότι:

0^η στήλη: Αύξων αριθμός καταναλωτή

1^η στήλη: Είδος καταναλωτή

2^η στήλη: Βαθμός απόδοσης καταναλωτή η . Τέθηκε κατόπιν οδηγίας διδάσκοντα 0,85 για πάσης φύσεως κινητήρες και 1,00 για ωμικά φορτία.

3^η στήλη: Πλήθος συσκευών N .

4^η στήλη: Ονομαστική αποδιδόμενη ισχύς σε HP ανά συσκευή $P_{ov.αποδ.}$ [HP]

5^η στήλη: Ονομαστική αποδιδόμενη ισχύς σε kW ανά συσκευή $P_{ov.αποδ.}$ [kW], όπου:

$$P_{ov.αποδ.} [kW] = P_{ov.αποδ.} [HP] * 0,736 \quad (1)$$

6^η στήλη: Ονομαστική απορροφώμενη ισχύς σε HP ανά συσκευή $P_{ov.απορροφ.}$ [kW], όπου:

$$P_{ov.απορροφ.} [kW] = P_{ov.αποδ.} [kW] / \eta \quad (2)$$

7^η στήλη: Εγκατεστημένη ισχύς σε kW ανά κατηγορία συσκευής $P_{εγκατ.}$ [kW], όπου:

$$P_{εγκατ.} [kW] = P_{ov.απορροφ.} [kW] * N \quad (3)$$

8^η στήλη: Πλήθος κινητήρων N σε λειτουργία κατά την κατάσταση κανονικής πορείας (παραδοχή).

9^η στήλη: Συντελεστής λειτουργίας κάθε συσκευής f_s κατά την κατάσταση κανονικής πορείας. Ο ορθός τρόπος υπολογισμού γίνεται με μελέτη της εκάστοτε συσκευής και δίνεται από τη σχέση:

$$f_s = \frac{\text{Μέσο φορτίο 24-ώρου}}{\text{Ονομαστικό φορτίο}} = \frac{\sum_i P_i \cdot t_i}{24 \cdot P_{ov.αποδ.}} \quad (4)$$

Όπου P_i είναι η ισχύς λειτουργίας κατά τη χρονική περίοδο i του 24ώρου και t_i οι ώρες λειτουργίας με ισχύ P_i κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου. Στην παρούσα περίπτωση δεν θα υπολογιστεί, αλλά θα ληφθεί είτε από τον πίνακα των σελίδων 71-74 του τεύχους «Μέθοδος για την Κατάστρωση Θερμικού Ισολογισμού Ναυτικών Προωσθηρίων Εγκαταστάσεων Ατμού» του Ι.Π. Ιωαννίδη, είτε με βάση λογική παραδοχή.

10^η στήλη: Ισχύς σε λειτουργία σε kW ανά κατηγορία συσκευής $P_{λειτ.}$ [kW] κατά την κατάσταση κανονικής πορείας, όπου:

$$P_{λειτ.} [kW] = P_{ov.απορροφ.} [kW] * f_s * N \quad (5)$$

11^η στήλη: Πλήθος κινητήρων N σε λειτουργία κατά την κατάσταση χειρισμών (παραδοχή).

12^η στήλη: Συντελεστής λειτουργίας κάθε συσκευής f_s , κατά την κατάσταση χειρισμών. Ο ορθός τρόπος υπολογισμού γίνεται με μελέτη της εκάστοτε συσκευής με βάση τη σχέση (4). Στην παρούσα περίπτωση δεν θα υπολογιστεί, αλλά θα ληφθεί είτε από τον πίνακα των σελίδων 71-74 του τεύχους «Μέθοδος για την Κατάστρωση Θερμικού Ισολογισμού Ναυτικών Προωσθηρίων Εγκαταστάσεων Ατμού» του Ι.Π. Ιωαννίδη, είτε με βάση λογική παραδοχή.

13^η στήλη: Ισχύς σε λειτουργία σε kW ανά κατηγορία συσκευής $P_{\text{λειτουργία}}$ [kW] κατά την κατάσταση χειρισμών με βάση τη σχέση (5).

14^η στήλη: Πλήθος κινητήρων N σε λειτουργία κατά την κατάσταση «εν όρμω» (παραδοχή).

15^η στήλη: Συντελεστής λειτουργίας κάθε συσκευής f_s κατά την κατάσταση «εν όρμω». Ο ορθός τρόπος υπολογισμού γίνεται με μελέτη της εκάστοτε συσκευής με βάση τη σχέση (4). Στην παρούσα περίπτωση δεν θα υπολογιστεί, αλλά θα ληφθεί είτε από τον πίνακα των σελίδων 71-74 του τεύχους «Μέθοδος για την Κατάστρωση Θερμικού Ισολογισμού Ναυτικών Προωστηρίων Εγκαταστάσεων Ατμού» του Ι.Π. Ιωαννίδη, είτε με βάση λογική παραδοχή.

16^η στήλη: Ισχύς σε λειτουργία σε kW ανά κατηγορία συσκευής $P_{\text{λειτουργία}}$ [kW] κατά την κατάσταση «εν όρμω» με βάση τη σχέση (5).

Παρατηρούμε ότι τα φορτία δίνονται σε επιμέρους κατηγορίες, που είναι:

- Βοηθητικά πρόωσης
- Πίνακας βοηθητικών μηχανοστασίου
- Βοηθητικά σκάφους
- Βοηθητικά χώρων ενδιαίτησης
- Συσκευές μαγειρείου
- Πίνακες φωτισμού
- Πίνακας οργάνων ναυσιπλοΐας
- Εφεδρική παροχή

Αναλυτικά οι καταναλωτές καταγράφονται στον πίνακα 1.

Λοιπές παραδοχές που έγιναν οι εξής:

- Στα βοηθητικά πρόωσης θεωρήθηκε ότι από τους τρεις διαχωριστήρες πετρελαίου (καθαριστής βαρέος πετρελαίου) λειτουργεί 1 μηχανήμα σε σύνολο τριών μηχανημάτων λόγω ευπάθειας συγκεκριμένου μηχανήματος (1 σε λειτουργία + 1 σε εφεδρεία + 1 σε συντήρηση). Επίσης σε κατάσταση χειρισμού ο συντελεστής λειτουργίας έχει τιμή 0,00, που έχει ο πίνακας του τεύχους «Μέθοδος για την Κατάστρωση Θερμικού Ισολογισμού Ναυτικών Προωστηρίων Εγκαταστάσεων Ατμού» του Ι.Π. Ιωαννίδη, αντί 0,70 που είχε αρχικά το αντίστοιχο υπολογιστικό φύλλο.
- Στα βοηθητικά πρόωσης θεώρηθηκε ότι ο συντελεστής λειτουργίας της αντλίας μετάγγισης πετρελαίου Diesel (αντλίας μετάγγισης ελαφρού πετρελαίου) σε κατάσταση όρμου έχει τιμή 0,10 (αρχική τιμή υπολογιστικού φύλλου) αντί 0,00 (που έχει ο πίνακας του τεύχους «Μέθοδος για την Κατάστρωση Θερμικού Ισολογισμού Ναυτικών Προωστηρίων Εγκαταστάσεων Ατμού» του Ι.Π. Ιωαννίδη).
- Στα βοηθητικά πρόωσης από τους μηχανισμούς περιστροφής άξονα θεώρηθηκε ότι λειτουργεί μόνο ένας.
- Στα βοηθητικά πρόωσης οι αντλίες κυκλοφορίας θαλ. νερού θεώρηθηκαν ότι έχουν τιμή για το συντελεστή λειτουργίας 0,85 -0,85 - 0,00 (αρχική τιμή υπολογιστικού φύλλου) αντί 0,80 - 0,80 - 0,00 (που έχει ο πίνακας του τεύχους «Μέθοδος για την Κατάστρωση Θερμικού Ισολογισμού Ναυτικών Προωστηρίων Εγκαταστάσεων Ατμού» του Ι.Π. Ιωαννίδη) για τις καταστάσεις κανονικής πορείας - χειρισμών - «εν όρμω» αντίστοιχα.
- Στον πίνακα βοηθητικών μηχανοστασίου οι διάφοροι ηλεκτροκινητήρες αντιμετωπίζονται ως τόννοι.
- Στον πίνακα βοηθητικών μηχανοστασίου για την εφεδρική παροχή δεν λειτουργεί καμία παροχή.
- Στα βοηθητικά σκάφους οι αντλίες γενικής χρήσης τέθηκε ότι δεν λειτουργεί καμία αντλία (με συντελεστή λειτουργίας 0,00), διότι θεώρηθηκαν ότι είναι «αντλίες πυρκαγιάς και γενικής χρήσης».
- Στα βοηθητικά σκάφους οι δύο εργάτες πρυμνήσιων τέθηκε ότι λειτουργούν και οι δύο.
- Στα βοηθητικά σκάφους ο κινητήρας καταπέλτη λειτουργεί μόνο εν όρμω με συντελεστή λειτουργίας 0,10 (κατέβασμα - ανέβασμα), στις άλλες καταστάσεις δεν λειτουργεί.
- Στα βοηθητικά σκάφους οι υδραυλικές αντλίες πτερυγίων ευστάθειας λειτουργούν και οι δύο με συντελεστή λειτουργίας 0,10 - 0,00 - 0,00 για τις καταστάσεις κανονικής πορείας - χειρισμών - «εν όρμω» αντίστοιχα.
- Στα βοηθητικά χώρων ενδιαίτησης οι συμπιεστές της ψυκτικής λειτουργούν και οι δύο (όπως προϋπήρχε σε υπολογιστικό φύλλο).
- Στα βοηθητικά χώρων ενδιαίτησης από τους συμπιεστές κλιματισμού λειτουργεί μόνο ένας (όπως προϋπήρχε σε υπολογιστικό φύλλο).

- Στα βοηθητικά χώρων ενδιαίτησης η παγωτομηχανή θεωρήθηκε ότι είναι ένα άλλο ψυγείο.
 - Στα βοηθητικά χώρων ενδιαίτησης θεωρήθηκε ότι οι διάφοροι ηλεκτροκινητήρες λειτουργούν όλοι, με συντελεστή λειτουργίας 0,40 σε όλες τις καταστάσεις.
 - Στα βοηθητικά χώρων ενδιαίτησης θεωρήθηκε ότι οι ανελκυστήρες λειτουργούν και οι δύο, με συντελεστή λειτουργίας 0,20 - 0,00 - 0,50 για τις καταστάσεις κανονικής πορείας – χειρισμών (απαγόρευση χρήσης) – «εν όρμω» (αυξημένη λόγω κίνησης ατόμων κτλ.) αντίστοιχα.
 - Στις συσκευές μαγειρείου θεωρήθηκε ότι όλες οι συσκευές που είναι παραπάνω από μία (κουζίνα, εστίες, διάφορες συσκευές) λειτουργούν όλες σε κανονική πορεία, ενώ στις υπόλοιπες καταστάσεις οι μισές.
 - Στον πίνακα φωτισμού για το μηχανοστάσιο τέθηκε ότι ο συντελεστής λειτουργίας είναι 1,00 για όλες τις καταστάσεις λειτουργίας (αντί 0,90 με βάση τον πίνακα του τεύχους «Μέθοδος για την Κατάστρωση Θερμικού Ισολογισμού Ναυτικών Προωστηρίων Εγκαταστάσεων Ατμού» του Ι.Π. Ιωαννίδη).
 - Στον πίνακα φωτισμού για το κατάστρωμα τέθηκε ότι ο συντελεστής λειτουργίας είναι 0,00 -0,00 -0,90 για τις καταστάσεις κανονικής πορείας – χειρισμών – «εν όρμω» αντίστοιχα.
 - Στον πίνακα οργάνων ναυσιπλοΐας τέθηκε ότι ο συντελεστής λειτουργίας είναι 0,50 -0,50 -0,00 για τις καταστάσεις κανονικής πορείας – χειρισμών – «εν όρμω» αντίστοιχα.
 - Για τη γενική εφεδρική παροχή τέθηκε ότι ο συντελεστής λειτουργίας είναι 0,00 για όλες τις καταστάσεις, κατόπιν οδηγίας διδάσκοντα.
- Η συνολική καταναλισκόμενη ισχύς είναι:
- Κατάσταση κανονικής πορείας = 653,1 kW
 - Κατάσταση χειρισμών = 650,1 kW
 - Κατάσταση εν όρμω = 350,4 kW

Πίνακας 1: Λεπτομερής Ηλεκτρικός Ισολογισμός για το Πλοίο του θέματος

	ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ	η	N	Εγκατεστημένη Ισχύς				Ισχύς Κανονικής Πορείας			Ισχύς Χειρισμών			Ισχύς εν όρμω		
				P _{ον.αποδ.}		P _{ον.απορροφ.}	P _{εγκατ.}	N	f _s	P _{λειτ.}	N	f _s	P _{λειτ.}	N	f _s	P _{λειτ.}
				PS	KW	KW	KW			KW			KW			KW
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΠΡΩΩΣΗΣ															
1	Κύριοι Αεροσυμπιεστές	0,850	2	25	18,40	21,65	43,29	1	0,10	2,16	1	0,85	18,40	1	0,10	2,16
2	Αντλίες λαδιού λίπανσης Κ.Μ	0,850	2	45	33,12	38,96	77,93	1	0,85	33,12	1	0,85	33,12	0	0,00	0,00
3	Διαχωριστήρες πετρελαίου	0,850	3	20	14,72	17,32	51,95	1	0,70	12,12	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
4	Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου Diesel	0,850	1	5	3,68	4,33	4,329	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,10	0,43
5	Αεροσυμπιεστές Εκκινήσεως	0,850	2	40	29,44	34,64	69,27	1	0,10	3,46	1	0,85	29,44	1	0,10	3,46
6	Αεροσυμπιεστής Αυτοματισμού	0,850	1	35	25,76	30,31	30,31	1	0,20	6,06	1	0,20	6,06	1	0,20	6,06
7	Αντλία Συμπυκνώματος	0,850	2	12	8,83	10,39	20,78	1	0,40	4,16	1	0,40	4,16	0	0,00	0,00
8	Κινητήρες Μηχανισμού Πηδαλίου	0,850	2	35	25,76	30,31	60,61	1	0,10	3,03	1	0,20	6,06	0	0,00	0,00
9	Μηχανισμοί περιστροφής άξονα	0,850	2	10	7,36	8,66	17,32	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,80	6,93
10	Ανεμιστήρας Προσαγωγής Αέρα Λέβητα	0,850	1	4	2,94	3,46	3,464	1	0,50	1,73	1	0,50	1,73	1	0,20	0,69
11	Αντλίες Κυκλοφορίας νερού ψύξης κυλίνδρων Κ.Μ	0,850	2	35	25,76	30,31	60,61	1	0,85	25,76	1	0,85	25,76	0	0,00	0,00
12	Αντλίες τροφοδότησης καυσίμου	0,850	2	10	7,36	8,66	17,32	1	0,80	6,93	1	0,80	6,93	0	0,00	0,00
13	Θερμαντήρες καυσίμου	1,000	2		15,00	15,00	30	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,10	1,50
14	Αντλίες μετάγγισης βαρέως πετρελαιου	0,850	2	20	14,72	17,32	34,64	1	0,10	1,73	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
15	Κύριες αντλίες κυκλοφορίας θαλ. Νερον	0,850	3	85	62,56	73,60	220,8	2	0,85	125,12	2	0,85	125,1	0	0,00	0,00
16	Αντλίες ψύξης βαλβίδων Κ.Μ	0,850	2	25	18,40	21,65	43,29	1	0,85	18,40	1	0,85	18,40	0	0,00	0,00
17	Αντλίες τροφοδοτικού νερού λέβητα	0,850	2	8	5,89	6,93	13,85	1	0,85	5,89	1	0,85	5,89	0	0,00	0,00
18	Ανεμιστήρες προσαγωγής αέρα μηχανοστασίου	0,850	4	40	29,44	34,64	138,5	3	0,85	88,32	3	0,85	88,32	2	0,20	13,85

19	Διαχωριστήρας λαδιού λίπανσης	0,850	2	14	10,30	12,12	24,24	1	0,35	4,24	1	0,35	4,24	0	0	0
										342,24			373,63			35,10
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ															
1	Γερανογέφυρα	0,850	1	15	11,04	12,99	12,99	1	0,50	6,49	1	0,50	6,49	1	0,00	0,00
2	Τόρνος	0,850	1	5	3,68	4,33	4,329	1	0,10	0,43	0	0,00	0,00	1	0,10	0,43
3	Δράπανο	0,850	1	2	1,47	1,73	1,732	1	0,10	0,17	0	0,00	0,00	1	0,10	0,17
4	Συσκευή συγκολλήσεων	0,850	1		20,00	23,53	23,53	1	0,10	2,35	0	0,00	0,00	1	0,10	2,35
5	Μονάδα επεξεργασίας Αποβλήτων	0,850	2		18,00	21,18	42,35	1	0,40	8,47	1	0,40	8,47	1	0,40	8,47
6	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες	0,850	4	20	14,72	17,32	69,27	1	0,10	1,73	1	0,00	0,00	1	0,10	1,73
7	Εφεδρική παροχή	0,850	2		15,00	17,65	35,29	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
										19,66			14,96			13,16
	ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΣΚΑΦΟΥΣ															
1	Αντλία κύτους	0,850	1	20	14,72	17,32	17,32	1	0,20	3,46	0	0,00	0,00	1	0,20	3,46
2	Αντλία πυρκαγιάς	0,850	1	45	33,12	38,96	38,96	1	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
3	Αντλίες γενικής χρήσης	0,850	2	50	36,80	43,29	86,59	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
4	Εργάτης άγκυρας	0,850	2	40	29,44	34,64	69,27	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,10	3,46
5	Εργάτες πρυμνησίων	0,850	1	45	33,12	38,96	77,93	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,20	7,79
6	Αντλία ποσίμου νερού	0,850	2	15	11,04	12,99	25,98	1	0,50	6,49	1	0,50	6,49	1	0,50	6,49
7	Αντλία κυκλ. ζεστού νερού	0,850	1	5	3,68	4,33	4,329	1	0,70	3,03	1	0,70	3,03	1	0,70	3,03
8	Αντλία πλυσίματος καταστρώματος	0,850	1	15	11,04	12,99	12,99	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
9	Κινητήρας καταπέλτη πρύμνης	0,850	1	20	14,72	17,32	17,32	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,10	1,73
10	Αντλίες υγιεινής	0,850	2	10	7,36	8,66	17,32	2	0,40	6,93	2	0,40	6,93	2	0,40	6,93
11	Υδραυλικές αντλίες πτερυγίων ευστάθειας	0,850	2	25	18,40	21,65	43,29	2	0,10	4,33	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
12	Βαρούλκα σωσίβιων λέμβων	0,850	4	20	14,72	17,32	69,27	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00

13	Αντλία στεγανών θυρών	0,850	1	5	3,68	4,33	4,329	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
14	Αντλία πυρκαγιάς garage	0,850	4	30	22,08	25,98	25,98	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
										24,24			16,45			32,90
	ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΧΩΡΩΝ ΕΝΔΙΑΙΤΗΣΗΣ															
1	Συμπιεστές κλιματισμού	0,850	2	35	25,76	30,31	60,61	1	0,75	22,73	1	0,75	22,73	1	0,75	22,73
2	Συμπιεστές ψυκτικής	0,850	2	10	7,36	8,66	17,32	2	0,40	6,93	2	0,40	6,93	2	0,40	6,93
3	Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού	0,850	2	20	14,72	17,32	34,64	2	0,75	25,98	2	0,75	25,98	2	0,75	25,98
4	Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού	0,850	2	15	11,04	12,99	25,98	2	0,75	19,48	2	0,75	19,48	2	0,75	19,48
5	Αντλία θαλ. νερού ψυκτικής	0,850	2	2	1,47	1,73	3,464	2	0,40	1,39	2	0,40	1,39	2	0,40	1,39
6	Αντλίες πόσιμου νερού	0,850	2	4	2,94	3,46	6,927	2	0,50	3,46	2	0,50	3,46	2	0,50	3,46
7	Αντλίες αποχέτευσης	0,850	2	10	7,36	8,66	17,32	2	0,70	12,12	2	0,70	12,12	2	0,70	12,12
8	Αντλίες θερμού νερού	0,850	2	3	2,21	2,60	5,195	2	0,70	3,64	2	0,70	3,64	2	0,70	3,64
9	Συμπιεστής παγωτομηχανής	0,850	1	1,5	1,10	1,30	1,299	1	0,80	1,04	1	0,80	1,04	1	0,80	1,04
10	Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων	0,850	12	1	0,74	0,87	10,39	12	0,80	8,31	12	0,80	8,31	12	0,80	8,31
11	Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης	0,850	12	5	3,68	4,33	51,95	12	0,85	44,16	12	0,85	44,16	12	0,85	44,16
12	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες	0,850	7	10	7,36	8,66	60,61	7	0,40	24,24	7	0,40	24,24	7	0,40	24,24
13	Ανελκυστήρας	0,850	2	15	11,04	12,99	25,98	2	0,20	5,20	0	0,00	0,00	2	0,50	12,99
										178,67			173,48			186,47
	ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ															
1	Κουζίνα	1,000	2		30,00	30,00	60	2	0,30	18,00	1	0,30	9,00	1	0,30	9,00
2	Εστίες	1,000	2		20,00	20,00	40	2	0,30	12,00	1	0,30	6,00	1	0,30	6,00
3	Ανεμιστήρας προσαγωγής αέρα	0,850	1	6	4,42	5,20	5,195	1	0,30	1,56	1	0,30	1,56	1	0,30	1,56
4	Εξαεριστήρας	0,850	1	15	11,04	12,99	12,99	1	0,30	3,90	1	0,30	3,90	1	0,30	3,90
5	Πλυντήριο πιάτων	0,850	1	2	1,47	1,73	1,732	1	0,20	0,35	1	0,00	0,00	1	0,20	0,35

6	<i>Διάφορες συσκευές</i>	0,850	4		2,00	2,35	9,412	4	0,30	2,82	2	0,30	1,41	2	0,30	1,41
										38,62			21,87			22,21
	ΠΙΝΑΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ															
1	<i>Μηχανοστάσιο</i>	1,000	1		22,00	22,00	22	1	1,00	22,00	1	1,00	22,00	1	1,00	22,0
2	<i>Γέφυρα</i>	1,000	1		15,00	15,00	15	1	0,50	7,50	1	0,50	7,50	1	0,50	7,5
3	<i>Χώροι ενδιάιτησης</i>	1,000	2		12,00	12,00	24	2	0,40	9,60	2	0,40	9,60	2	0,40	9,6
4	<i>Καταστώματος</i>	1,000	2		9,00	9,00	18	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2	0,90	16,2
										39,10			39,10			55,30
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΓΑΝΩΝ ΝΑΥΣΙΠΛΟΙΑΣ	0,850	1		18,00	21,18	21,18	1	0,50	10,59	1	0,50	10,59	1	0,25	5,3
										10,59			10,59			5,29
	ΕΦΕΔΡΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ	0,850	1		15,00	17,65	17,65	0	0,00	8,82	0	0,00	0,00	0	0,0	0,0
										0,00			0,00			0,00
	ΣΥΝΟΛΟ									653,1			650,1			350,4

Ερώτημα 2. Ο αριθμός των κύριων γεννητριών και η ονομαστική ηλεκτρική ισχύς της κάθε μιας.

Καταρχήν με μία γεννήτρια εκτός λειτουργίας πρέπει να είναι δυνατή η τροφοδότηση όλων των μηχανημάτων που είναι απαραίτητα για την ασφάλεια και πρόωση και τη διατήρηση του φορτίου.

Επειδή το συνολικό φορτίο είναι μικρότερο των 2200 kW επιλέγεται πλήθος γεννητριών ίσο με 2, σύμφωνα με τα όσα αναγράφονται στο βιβλίο «Ενεργειακά συστήματα πλοίου» του Χρ. Αθ. Φραγκόπουλου.

Επειδή πρόκειται για ένα ντιζελοκίνητο πλοίο θα χρησιμοποιηθούν ντιζελογεννήτριες που από κατασκευαστικά στοιχεία που δόθηκαν από τις διαφάνειες του μαθήματος από τον κ. Ι. Προυσαλίδη είναι: 63, 80 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250 kW.

Αν μία γεννήτρια τεθεί εκτός λειτουργίας, απομένει σε λειτουργία μία γεννήτρια, η οποία πρέπει να μπορεί να καλύψει το φορτίο κανονικής πορείας της τάξης 70%-80%, οπότε ισχύει ότι:

$$653,1 \text{ kW} * 0,70 = 457,2 \text{ kW}$$

$$653,1 \text{ kW} * 0,80 = 522,5 \text{ kW}$$

Επιλέγεται η γεννήτρια των 500 kW που καλύπτει το 76,5% του φορτίου κανονικής πορείας.

Άρα το πλοίο πρέπει να εξοπλιστεί με **δύο ντιζελογεννήτριες των 500 kW για κύριες ηλεκτρογεννήτριες.**

Ερώτημα 3. Η ονομαστική ισχύς της γεννήτριας ασφαλείας. Δίνεται ότι επιπλέον των στοιχείων του πίνακα, είναι γνωστή η ισχύς του φωτισμού που καλύπτεται από τη γεννήτρια ασφαλείας: 10 kW.

Το πρώτο πρόβλημα που τίθεται σ' αυτήν την περίπτωση είναι ποιες συσκευές λειτουργούν. Γίνεται αποδεκτό ότι οι καταναλώσεις που λειτουργούν είναι:

➤ Για τα βοηθητικά πρόωσης θεωρείται ότι συνεχίζεται η ομαλή λειτουργία των αντίστοιχων μηχανημάτων για λόγους ασφαλής πλεύσης:

- Κύριες αεροσυμπιεστές
- Αντλίες λαδιού λίπανσης Κ.Μ.
- Διαχωριστήρας πετρελαίου
- Αεροσυμπιεστές Εκκινήσεως
- Αεροσυμπιεστής αυτοματισμού
- Αντλία Συμπυκνώματος
- Κινητήρες Μηχανισμού Πηδαλίου
- Μηχανισμοί περιστροφής άξονα
- Ανεμιστήρας Προσαγωγής Αέρα Λέβητα
- Αντλία κυκλοφορίας νερού ψύξης κυλίνδρων Κ.Μ.
- Αντλίες τροφοδότησης καυσίμου
- Κύριες αντλίες κυκλοφορίας θαλ. Νερού
- Αντλίες ψύξης βαλβίδων Κ.Μ.
- Αντλίες τροφοδοτικού νερού λέβητα
- Ανεμιστήρες προσαγωγής αέρα μηχανοστασίου (από τους 3 που λειτουργούν υπό φυσιολογικές συνθήκες περιορίζονται στους δύο, εφόσον απαιτηθεί για να προκύψει πιο περιορισμένο μέγεθος γεννήτριας)
- Διαχωριστήρας λαδιού λίπανσης
- Για τα βοηθητικά μηχανοστασίου: ΚΑΝΕΝΑ
- Για τα βοηθητικά σκάφους (όλες οι αντλίες πυρκαγιάς έχουν συντελεστή λειτουργίας 0,75, άλλες αντλίες, όπως γενικής χρήσης, πλυσίματος καταστρώματος, κτλ. που μπορούν να λειτουργήσουν για πυρόσβεση έχουν συντελεστή λειτουργίας 0,50, λοιπές αντλίες διαβίωσης περιορίζεται είτε ο συντελεστής λειτουργίας στο ημίσι, είτε το πλήθος τους στο μισό):
- Αντλία κύτους με συντελεστή λειτουργίας 0,20

- Αντλία πυρκαγιάς με συντελεστή λειτουργίας 0,75
- Αντλίες γενικής χρήσης με συντελεστή λειτουργίας 0,50
- Αντλία ποσίμου νερού με συντελεστή λειτουργίας 0,25 (μισό από κανονική λειτουργία)
- Αντλία πλυσίματος καταστρώματος με συντελεστή λειτουργίας 0,50
- Αντλίες υγιεινής με συντελεστή λειτουργίας 0,40 (μόνο η μία από τις δύο)
- Υδραυλικές αντλίες πτερυγίων ευστάθειας
- Βαρούλκα σωσίβιων λέμβων με συντελεστή λειτουργίας 0,05 (περιορισμένη λειτουργία των λίγων λεπτών – σε σύγχρονες κατασκευές τα βαρούλκα λειτουργούν με βαρύτητα και δεν χρειάζονται ηλεκτρική ενέργεια)
- Αντλία στεγανών θυρών με συντελεστή λειτουργίας 0,05 (περιορισμένη λειτουργία των λίγων λεπτών μέχρι να κλείσουν οι θύρες στεγάνωσης διαμερισμάτων)
- Αντλία πυρκαγιάς garage με συντελεστή λειτουργίας 0,75
- Για τα βοηθητικά σκάφους (όλα τα στοιχεία που λειτουργούν συνεχίζουν να έχουν τις τιμές κανονικής πορείας – τα υπόλοιπα στοιχεία δεν χρειάζονται σε κατάσταση ανάγκης να λειτουργήσουν):
- Αντλίες πόσιμου νερού (μόνο η μία από τις δύο)
- Αντλίες αποχέτευσης (μόνο η μία από τις δύο)
- Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης (οι 6 από τους 12)
- Για τις συσκευές κουζίνας: ΚΑΜΙΑ σε λειτουργία
- Για τους πίνακες φωτισμού: Όλος ο φωτισμός σε λειτουργία κανονικής πορείας.
- Για τον πίνακα ναυσιπλοΐας: Σε λειτουργία.
- Για την εφεδρική παροχή: ΚΑΘΟΛΟΥ.

Οπότε το συνολικό φορτίο είναι ίσο με 487,5 kW από τα αρχικά φορτία, όπως φαίνεται από τους αντίστοιχους υπολογισμούς που καταγράφονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2: Ηλεκτρικός ισολογισμός σε κατάσταση ανάγκης - πυρκαγιάς

	ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ	η	N	Εγκατεστημένη Ισχύς				Ισχύς κατάστασης ανάγκης-πυρκαγιάς		
				P _{ον.αποδ.}		P _{ον.απορροφ.}	P _{εγκατ.}	N	f _s	P _{λειτ.}
				PS	KW	KW	KW			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΠΡΟΩΣΗΣ									
1	Κύριοι Αεροσυμπιεστές	0,850	2	25	18,40	21,65	43,29	1	0,10	2,16
2	Αντλίες λαδιού λίπανσης Κ.Μ.	0,850	2	45	33,12	38,96	77,93	1	0,85	33,12
3	Διαχωριστήρες πετρελαίου	0,850	3	20	14,72	17,32	51,95	1	0,70	12,12
4	Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου Diesel	0,850	1	5	3,68	4,33	4,329	0	0,00	0,00
5	Αεροσυμπιεστές Εκκινήσεως	0,850	2	40	29,44	34,64	69,27	1	0,10	3,46
6	Αεροσυμπιεστής Αυτοματισμού	0,850	1	35	25,76	30,31	30,31	1	0,20	6,06
7	Αντλία Συμπυκνώματος	0,850	2	12	8,83	10,39	20,78	1	0,40	4,16
8	Κινητήρες Μηχανισμού Πηδαλίου	0,850	2	35	25,76	30,31	60,61	1	0,10	3,03
9	Μηχανισμοί περιστροφής άξονα	0,850	2	10	7,36	8,66	17,32	0	0,00	0,00
10	Ανεμιστήρας Προσαγωγής Αέρα Λέβητα	0,850	1	4	2,94	3,46	3,464	1	0,50	1,73
11	Αντλίες Κυκλοφορίας νερού ψύξης κυλίνδρων Κ.Μ	0,850	2	35	25,76	30,31	60,61	1	0,85	25,76

12	Αντλίες τροφοδότησης καυσίμου	0,850	2	10	7,36	8,66	17,32	1	0,80	6,93
13	Θερμαντήρες καυσίμου	1,000	2		15,00	15,00	30	0	0,00	0,00
14	Αντλίες μετάγγισης βαρέως πετρελαιου	0,850	2	20	14,72	17,32	34,64	0	0,00	0,00
15	Κύριες αντλίες κυκλοφορίας θαλ. Νερου	0,850	3	85	62,56	73,60	220,8	2	0,85	125,12
16	Αντλίες ψύξης βαλβίδων Κ.Μ.	0,850	2	25	18,40	21,65	43,29	1	0,85	18,40
17	Αντλίες τροφοδοτικού νερού λέβητα	0,850	2	8	5,89	6,93	13,85	1	0,85	5,89
18	Ανεμιστήρες προσαγωγής αέρα μηχανοστασίου	0,850	4	40	29,44	34,64	138,5	2	0.85	58.88
19	Διαχωριστήρας λαδιού λίπανσης	0,850	2	14	10,30	12,12	24,24	1	0.35	4.24
										311.07
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ									
1	Γερανογέφυρα	0,850	1	15	11,04	12,99	12,99	0	0,00	0,00
2	Τόρνος	0,850	1	5	3,68	4,33	4,329	0	0,00	0,00
3	Δράπανο	0,850	1	2	1,47	1,73	1,732	0	0,00	0,00
4	Συσκευή συγκολλήσεων	0,850	1		20,00	23,53	23,53	0	0,00	0,00
5	Μονάδα επεξεργασίας Αποβλήτων	0,850	2		18,00	21,18	42,35	0	0,00	0,00
6	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες	0,850	4	20	14,72	17,32	69,27	0	0,00	0,00
7	Εφεδρική παροχή	0,850	2		15,00	17,65	35,29	0	0,00	0,00
										0,00
	ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΣΚΑΦΟΥΣ									
1	Αντλία κύτους	0,850	1	20	14,72	17,32	17,32	1	0,20	3,46
2	Αντλία πυρκαγιάς	0,850	1	45	33,12	38,96	38,96	1	0,75	29,22
3	Αντλίες γενικής χρήσης	0,850	2	50	36,80	43,29	86,59	1	0,50	21,65
4	Εργάτης άγκυρας	0,850	2	40	29,44	34,64	69,27	0	0,00	0,00
5	Εργάτες πρυμνησίων	0,850	1	45	33,12	38,96	77,93	0	0,00	0,00
6	Αντλία ποσίμου νερού	0,850	2	15	11,04	12,99	25,98	1	0,25	3,25
7	Αντλία κυκλ. ζεστού νερού	0,850	1	5	3,68	4,33	4,329	0	0,00	0,00
8	Αντλία πλυσίματος καταστρώματος	0,850	1	15	11,04	12,99	12,99	1	0,50	6,49
9	Κινητήρας καταπέλτη πρόμνης	0,850	1	20	14,72	17,32	17,32	0	0,00	0,00
10	Αντλίες υγιεινής	0,850	2	10	7,36	8,66	17,32	1	0,40	3,46
11	Υδραυλικές αντλίες πτερυγίων ευστάθειας	0,850	2	25	18,40	21,65	43,29	2	0,10	4,33
12	Βαρούλκα σωσίβιων λέμβων	0,850	4	20	14,72	17,32	69,27	4	0,05	3,46
13	Αντλία στεγανών θυρών	0,850	1	5	3,68	4,33	4,329	1	0,05	0,22

14	Αντλία πυρκαγιάς garage	0,850	4	30	22,08	25,98	25,98	1	0,75	19,48
										95,03
	ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΧΩΡΩΝ ΕΝΔΙΑΙΤΗΣΗΣ									
1	Συμπιεστές κλιματισμού	0,850	2	35	25,76	30,31	60,61	0	0,00	0,00
2	Συμπιεστές ψυκτικής	0,850	2	10	7,36	8,66	17,32	0	0,00	0,00
3	Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού	0,850	2	20	14,72	17,32	34,64	0	0,00	0,00
4	Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού	0,850	2	15	11,04	12,99	25,98	0	0,00	0,00
5	Αντλία θαλ. νερού ψυκτικής	0,850	2	2	1,47	1,73	3,464	0	0,00	0,00
6	Αντλίες πόσιμο νερού	0,850	2	4	2,94	3,46	6,927	1	0,50	1,73
7	Αντλίες αποχέτευσης	0,850	2	10	7,36	8,66	17,32	1	0,70	6,06
8	Αντλίες θερμού νερού	0,850	2	3	2,21	2,60	5,195	0	0,00	0,00
9	Συμπιεστής παγωτομηχανής	0,850	1	1,5	1,10	1,30	1,299	0	0,00	0,00
10	Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων	0,850	12	1	0,74	0,87	10,39	0	0,00	0,00
11	Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης	0,850	12	5	3,68	4,33	51,95	6	0,85	22,08
12	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες	0,850	7	10	7,36	8,66	60,61	0	0,00	0,00
13	Ανελκυστήρας	0,850	2	15	11,04	12,99	25,98	0	0,00	0,00
										29,87
	ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ									
1	Κουζίνα	1,000	2		30,00	30,00	60	0	0,00	0,00
2	Εστίες	1,000	2		20,00	20,00	40	0	0,00	0,00
3	Ανεμιστήρας προσαγωγής αέρα	0,850	1	6	4,42	5,20	5,195	0	0,00	0,00
4	Εξαεριστήρας	0,850	1	15	11,04	12,99	12,99	0	0,00	0,00
5	Πλυντήριο πιάτων	0,850	1	2	1,47	1,73	1,732	0	0,00	0,00
6	Διάφορες συσκευές	0,850	4		2,00	2,35	9,412	0	0,00	0,00
										0,00
	ΠΙΝΑΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ									
1	Μηχανοστάσιο	1,000	1		22,00	22,00	22	1	1,00	22,00
2	Γέφυρα	1,000	1		15,00	15,00	15	1	0,50	7,50
3	Χώροι ενδιαίτησης	1,000	2		12,00	12,00	24	2	0,40	9,60
4	Καταστρώματος	1,000	2		9,00	9,00	18	2	0,10	1,80
										40,90
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΓΑΝΩΝ ΝΑΥΣΙΠΛΟΙΑΣ	0,850	1		18,00	21,18	21,18	1	0,50	10,59
										10,59
	ΕΦΕΔΡΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ	0,850	1		15,00	17,65	17,65	0	0,0	0,00
										0,00
	ΣΥΝΟΛΟ									487,5

Λαμβάνοντας υπόψη και τα 10 kW φωτισμού ανάγκης η συνολική μέγιστη ισχύς ανέρχεται σε 497,5 kW, οπότε επιλέγεται **μία εφεδρική ντιζελογεννήτρια συνολικής ισχύος 500 kW**.

Η κατάσταση εγκατάλειψης σκάφους δεν μελετάται, διότι προκύπτει πάντα μικρότερη ζήτηση ισχύος (άλλωστε λήφθηκε ήδη υπόψη η λειτουργία των βαρούλκων σωσίβιων λέμβων).

Ερώτημα 4. Οι διατομές των καλωδίων τροφοδότησης των ζυγών, υποπινάκων, μηχανημάτων και συσκευών, καθώς και οι διατομές των κύριων ζυγών. Ειδικά για τους καταναλωτές για τους οποίους δίνεται η απόσταση από τον κεντρικό πίνακα, να εξασφαλισθεί ότι η πτώση τάσης από τον κεντρικό πίνακα μέχρι τον κάθε υποπίνακα δέν ξεπερνά τα επιτρεπτά όρια. (Σημειώνεται ότι μια ολοκληρωμένη μελέτη περιλαμβάνει έλεγχο της πτώσης τάσης για όλους τους καταναλωτές.) Δεδομένα και αποτελέσματα να συγκεντρωθούν σε πίνακα.

Κατά τον υπολογισμό του ονομαστικού εναλλασσόμενου ρεύματος γραμμής I_{γ} μίας συσκευής έχουμε ότι: Για μονοφασική παροχή:

$$I_{\gamma} [A] = P_{\text{ον.απορροφ.}} [W] / (V [\text{Volt}] \cdot \cos\phi) \quad (6)$$

Για τριφασική παροχή:

$$I_{\gamma} [A] = P_{\text{ον.απορροφ.}} [W] / (\sqrt{3} \cdot V [\text{Volt}] \cdot \cos\phi) \quad (7)$$

Όπου $P_{\text{ον.απορροφ.}} [W]$ είναι η ονομαστική απορροφούμενη ισχύς, $V [\text{Volt}]$ η ονομαστική τάση στο φορτίο, $\cos\phi$ ο συντελεστής ισχύος.

Η τελική ένταση ρεύματος υπολογίζεται ως εξής:

(α) γραμμή φωτισμού – ωμικού φορτίου:

$$I_{\gamma f} = I_{\gamma} \quad (8)$$

(β) γραμμή ενός ηλεκτροκινητήρα και μόνο:

$$I_{\gamma f} = 1,25 \cdot I_{\gamma} \quad (9)$$

(γ) γραμμή με περισσότερους από έναν ηλεκτροκινητήρα:

$$I_{\gamma f} = 1,25 \cdot I_{\gamma 1} + \sum_{i \neq 1} I_{\gamma i} + 0,5 \cdot \sum_j I_{s j} \quad (10)$$

Όπου $I_{\gamma 1}$ είναι η ονομαστική ένταση γραμμής για το μεγαλύτερο κινητήρα της γραμμής – του συγκροτήματος, $I_{\gamma i}$, $i \neq 1$, η ονομαστική ένταση γραμμής για τον καθένα από τους υπόλοιπους i κινητήρες, $I_{s j}$ η ονομαστική ένταση του εφεδρικού διακόπτη j (όταν προβλέπονται).

Με βάση το ρεύμα γραμμής προχωρούμε από τους αντίστοιχους πίνακες στην επιλογή μίας κατάλληλης διατομής.

Εφόσον είναι γνωστά τα μήκη γραμμών, μπορεί να υπολογιστεί η πτώση τάσης ως εξής:

Για μονοφασική παροχή:

$$\Delta V [\text{Volt}] = \frac{2 \cdot \ell [m] \cdot \rho \left[\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{m} \right] \cdot I_{\gamma f} [A]}{S [\text{mm}^2]} \quad (11)$$

Για τριφασική παροχή (με αναγωγή στην πολική τάση):

$$\Delta V [\text{Volt}] = \frac{\sqrt{3} \cdot \ell [m] \cdot \rho \left[\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{m} \right] \cdot I_{\gamma f} [A]}{S [\text{mm}^2]} \quad (12)$$

Όπου ΔV είναι η πτώση τάσης στο καλώδιο παροχής, ℓ το μήκος του καλωδίου παροχής, ρ η ειδική αντίσταση του καλωδίου, S η διατομή του αγωγού.

Σημειώνεται ότι η επιτρεπτή πτώση τάσης είναι ίση με 6% κατά LRS. Οπότε, αν δεν ικανοποιείται, αναπροσαρμόζεται το μέγεθος της διατομής.

Στον πίνακα 3 (υπολογισμός διατομών αγωγών με βάση τη διατομή τις εντάσεις των ρευμάτων των γραμμών) έχουν θεωρηθεί οι ακόλουθες παραδοχές:

- Ο συντελεστής ισχύος είναι 0,85 για τους κινητήρες και 1,0 για τα ωμικά φορτία.
- Οι συσκευές συγκολλήσεων έχουν συντελεστή ισχύος 0,80 λόγω αρμονικών.
- Συσκευές - παροχές, όπως θερμαντήρες καυσίμου, κουζίνα, εστίες, πίνακες φωτισμού και ναυσιπλοΐας, είναι ωμικά φορτία και εφαρμόζεται η σχέση (8), δηλαδή δεν υπάρχει η προσαύξηση κατά 25%. Στα υπόλοιπα εφαρμόζεται η σχέση (9).
- Οι παροχές των πινάκων φωτισμού και ναυσιπλοΐας θεωρούνται τριφασικές. Από εκεί και πέρα διαχωρίζονται σε επιμέρους μονοφασικά κυκλώματα.
- Η διατομή 1,0 mm² δεν χρησιμοποιείται (πηγαίνουμε στην αντίστοιχη του 1,5 mm²).
- Καταναλώσεις με εντάσεις ρευμάτων κάτω των 6 A μπορούν να ασφαλιστούν με ασφάλεια των 6 A.
- Οι τριφασικές παροχές καταναλώσεων θα είναι 3 * αντίστοιχη διατομή (σαν να μην υπάρχει αγωγός προστασίας), ενώ οι μονοφασικές θα είναι 3 * αντίστοιχη διατομή (σαν να υπάρχει αγωγός προστασίας). Αυτή η παραδοχή έχει γίνει κατόπιν εντολής του διδάσκοντα.

Πίνακας 3: Υπολογισμός διατομών με βάση την ένταση του ρεύματος κάθε παροχής

	ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ	V	N	Ονομαστική Ισχύς Μονάδας	cosφ	I _γ	I _{γf} (επιλογή)	I _{τυπ}	I _{ασφ}	S
		Volt		kW		A	A	A	A	mm ²
	ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΠΡΟΩΣΗΣ									
1	Κύριοι Αεροσυμπιεστές	440	2	21,65	0,85	33,42	41,77	47	50	3*10
2	Αντλίες λαδιού λίπανσης Κ.Μ.	440	2	38,96	0,85	60,15	75,19	84	80	3*25
3	Διαχωριστήρες πετρελαίου	440	3	17,32	0,85	26,73	33,42	34	35	3*6
4	Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου Diesel	440	1	4,33	0,85	6,68	8,35	11	10	3*1,5
5	Αεροσυμπιεστές Εκκινήσεως	440	2	34,64	0,85	53,47	66,83	84	80	3*25
6	Αεροσυμπιεστής Αυτοματισμού	440	1	30,31	0,85	46,78	58,48	63	63	3*16
7	Αντλία Συμπυκνώματος	440	2	10,39	0,85	16,04	20,05	20	20	3*2,5
8	Κινητήρες Μηχανισμού Πηδαλίου	440	2	30,31	0,85	46,78	58,48	63	63	3*16
9	Μηχανισμοί περιστροφής άξονα	440	2	8,66	0,85	13,37	16,71	20	20	3*2,5
10	Ανεμιστήρας Προσαγωγής Αέρα Λέβητα	440	1	3,46	0,85	5,35	6,68	11	10	3*1,5
11	Αντλίες Κυκλοφορίας νερού ψύξης κυλίνδρων Κ.Μ.	440	2	30,31	0,85	46,78	58,48	63	63	3*16
12	Αντλίες τροφοδότησης καυσίμου	440	2	8,66	0,85	13,37	16,71	20	20	3*2,5
13	Θερμαντήρες καυσίμου	440	2	15,00	1,00	19,68	19,68	20	20	3*2,5
14	Αντλίες μετάγγισης βαρέως πετρελαίου	440	2	17,32	0,85	26,73	33,42	34	35	3*6
15	Κύριες αντλίες κυκλοφορίας θαλ. Νερού	440	3	73,60	0,85	113,62	142,02	157	160	3*70
16	Αντλίες ψύξης βαλβίδων Κ.Μ.	440	2	21,65	0,85	33,42	41,77	47	50	3*10
17	Αντλίες τροφοδοτικού νερού λέβητα	440	2	6,93	0,85	10,69	13,37	14	16	3*1,5

18	Ανεμιστήρες προσαγωγής αέρα μηχανοστασίου	440	4	34,64	0,85	53,47	66,83	84	80	3*25
19	Διαχωριστήρας λαδιού λίπανσης	440	2	12,12	0,85	18,71	23,39	27	25	3*4
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ									
1	Γερανογέφυρα	440	1	12,99	0,85	20,05	25,06	27	25	3*4
2	Τόρνος	440	1	4,33	0,85	6,68	8,35	11	10	3*1,5
3	Δράπανο	440	1	1,73	0,85	2,67	3,34	11	6	3*1,5
4	Συσκευή συγκολλήσεων	440	1	23,53	0,85	36,32	45,40	47	50	3*10
5	Μονάδα επεξεργασίας Αποβλήτων	440	2	21,18	0,85	32,69	40,86	47	50	3*10
6	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες	440	4	17,32	0,85	26,73	33,42	34	35	3*6
7	Εφεδρική παροχή	440	2	17,65	0,85	27,24	34,05	34	35	3*6
	ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΣΚΑΦΟΥΣ									
1	Αντλία κύτους	440	1	17,32	0,85	26,73	33,42	34	35	3*6
2	Αντλία πυρκαγιάς	440	1	38,96	0,85	60,15	75,19	84	80	3*25
3	Αντλίες γενικής χρήσης	440	2	43,29	0,85	66,83	83,54	84	80	3*25
4	Εργάτης άγκυρας	440	1	34,64	0,85	53,47	66,83	84	80	3*25
5	Εργάτες πρυμνησίων	440	2	38,96	0,85	60,15	75,19	84	80	3*25
6	Αντλία ποσίμου νερού	440	2	12,99	0,85	20,05	25,06	27	25	3*4
7	Αντλία κυκλ. ζεστού νερού	440	1	4,33	0,85	6,68	8,35	11	10	3*1,5
8	Αντλία πλυσίματος καταστρώματος	440	1	12,99	0,85	20,05	25,06	27	25	3*4
9	Κινητήρας καταπέλτη πρύμνης	440	1	17,32	0,85	26,73	33,42	34	35	3*6
10	Αντλίες υγιεινής	440	2	8,66	0,85	13,37	16,71	20	20	3*2,5
11	Υδραυλικές αντλίες πτερυγίων ευστάθειας	440	2	21,65	0,85	33,42	41,77	47	50	3*10
12	Βαρούλκα σωσίβιων λέμβων	440	4	17,32	0,85	26,73	33,42	34	35	3*6
13	Αντλία στεγανών θυρών	440	1	4,33	0,85	6,68	8,35	11	10	3*1,5
14	Αντλία πυρκαγιάς garage	440	4	25,98	0,85	40,10	50,13	63	63	3*25
	ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΧΩΡΩΝ ΕΝΔΙΑΙΤΗΣΗΣ									
1	Συμπιεστές κλιματισμού	440	2	30,31	0,85	46,78	58,48	63	63	3*16
2	Συμπιεστές ψυκτικής	440	2	8,66	0,85	13,37	16,71	20	20	3*2,5
3	Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού	440	2	17,32	0,85	26,73	33,42	34	35	3*6
4	Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού	440	2	12,99	0,85	20,05	25,06	27	25	3*4
5	Αντλία θαλ. νερού ψυκτικής	440	2	1,73	0,85	2,67	3,34	11	6	3*1,5
6	Αντλίες πόσιμου νερού	440	2	3,46	0,85	5,35	6,68	11	10	3*1,5

7	Αντλίες αποχέτευσης	440	2	8,66	0,85	13,37	16,71	20	20	3*2,5
8	Αντλίες θερμού νερού	115	2	2,60	0,85	26,57	33,22	34	35	3*6
9	Συμπιεστής παγωτομηχανής	115	1	1,30	0,85	13,29	16,61	20	20	3*2,5
10	Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων	115	12	0,87	0,85	8,86	11,07	14	16	3*1,5
11	Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης	115	12	4,33	0,85	44,29	55,36	63	63	3*16
12	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες	440	7	8,66	0,85	13,37	16,71	20	20	3*2,5
13	Ανελκυστήρας	440	2	12,99	0,85	20,05	25,06	27	25	3*4
	ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ									
1	Κουζίνα	440	2	30,00	1,00	39,36	39,36	47	50	3*10
2	Εστίες	440	2	20,00	1,00	26,24	26,24	34	35	3*6
3	Ανεμιστήρας προσαγωγής αέρα	440	1	5,20	0,85	8,02	10,03	14	10	3*1,5
4	Εξαεριστήρας	440	1	12,99	0,85	20,05	25,06	27	25	3*4
5	Πλυντήριο πιάτων	115	1	1,73	0,85	17,72	22,15	27	25	3*4
6	Διάφορες συσκευές	115	4	2,35	0,85	24,07	30,09	34	35	3*6
	ΠΙΝΑΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ									
1	Μηχανοστάσιο	115	1	22,00	1,00	110,45	110,45	126	125	3*50
2	Γέφυρα	115	1	15,00	1,00	75,31	75,31	84	80	3*25
3	Χώροι ενδιαίτησης	115	2	12,00	1,00	60,25	60,25	63	63	3*16
4	Καταστρώματος	115	2	9,00	1,00	45,18	45,18	47	50	3*10
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΓΑΝΩΝ ΝΑΥΣΠΛΟΙΑΣ	115	1	21,18	1	106,32	106,32	126	125	3*50
	ΕΦΕΔΡΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ	440	1	17,65	1	23,16	28,94	34	35	3*6

Όλοι οι αγωγοί είναι τύπου MGG και η ειδική αντίσταση του αγωγού είναι $0,0176 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.

Στη συνέχεια παρατίθεται ο πίνακας υπολογισμού τάσεων πάνω στις παροχές των 11 καταναλώσεων που δίνονται αποστάσεις από το μηχανοστάσιο (πίνακας 4). Όλες υπό μέλετη καταναλώσεις είναι τριφασικές (ακόμη και ο πίνακας φωτισμού, καθώς πρόκειται για τον καλώδιο παροχής), οπότε εφαρμόζεται η σχέση (12). Σε όλες τις περιπτώσεις ικανοποιείται το κριτήριο της μέγιστης επιτρεπόμενης πτώσης τάσης (ως 6%).

Κατά τον υπολογισμό των διατομών καλωδίων των πινάκων υπάρχουν δύο βασικές μέθοδοι υπολογισμού: (α) εφαρμόζεται η σχέση (10), η οποία όμως γενικά οδηγεί σε υπερβολικά μεγέθη ρευμάτων για πίνακες με πολλούς καταναλωτές.

(β) υπολογίζεται για κάθε κατάσταση λειτουργίας του σκάφους η ζήτηση ισχύος του εκάστοτε πίνακα, προσδιορίζεται η μέγιστη ζήτηση και με μία εφεδρεία της τάξης του 10% επί του ρεύματος προσδιορίζεται η αντίστοιχη διατομή καλωδίου.

Στον πίνακα 5 καταγράφουμε τα αποτελέσματα της πρώτης μεθόδου, τα αποτελέσματα της οποίας αποδεικνύουν ότι τα μεγέθη οδηγούν σε υπερδιαστασιολόγηση.

Πίνακας 4: Υπολογισμός πτώσης τάσης σε καταναλώσεις για τις οποίες δίνεται η απόσταση του καλωδίου παροχής

	ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ	V	I _γ	S	Μήκος Καλωδίου m	Πτώση Τάσεως Volt	Μέγ. Επιτρ. Πτώση Τάσεως Volt
		Volt	A	mm ²			
	ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΠΡΟΩΣΗΣ						
1	Κύριοι Αεροσυμπιεστές	440	33,42	10	45,00	4,584	26,4
5	Αεροσυμπιεστές Εκκινήσεως	440	53,47	25	35,00	2,282	26,4
8	Αεροσυμπιεστής Αυτοματισμού	440	46,78	16	30,00	2,674	26,4
11	Αντλίες Κυκλοφορίας νερού ψύξης κυλίνδρων Κ.Μ.	440	46,78	16	30,00	2,674	26,4
15	Κύριες αντλίες κυκλοφορίας θαλ. Νερού	440	113,62	70	40,00	1,979	26,4
18	Ανεμιστήρες προσαγωγής αέρα μηχανοστασίου	440	53,47	25	50,00	3,260	26,4
	ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΣΚΑΦΟΥΣ						
3	Αντλίες γενικής χρήσης	440	66,83	25	55,00	4,482	26,4
4	Εργάτης άγκυρας	440	53,47	25	110,00	7,171	26,4
5	Εργάτες πρυμνησίων	440	60,15	25	150,00	11,001	26,4
	ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΧΩΡΩΝ ΕΝΔΙΑΙΤΗΣΗΣ						
1	Συμπιεστές κλιματισμού	440	46,78	16	45,00	4,011	26,4
	ΠΙΝΑΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ						
2	Γέφυρα	115	75,31	25	60,00	5,509	6,9

Πίνακας 5: Υπολογισμός καλωδίων πινάκων με την πρώτη μέθοδο (με βάση τη σχέση (10))

	ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ	N	I _γ A	I _γ ανά είδος καταναλωτή A
	ΖΥΓΟΙ 440V			
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΩΣΗΣ			
1	Κύριοι Αεροσυμπιεστές	2	33,42	66,83
2	Αντλίες λαδιού λίπανσης Κ.Μ.	2	60,15	120,30
3	Διαχωριστήρες πετρελαίου	3	26,73	80,20
4	Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου Diesel	1	6,68	6,68
5	Αεροσυμπιεστές Εκκινήσεως	2	53,47	106,93
6	Αεροσυμπιεστής Αυτοματισμού	1	46,78	46,78

7	Αντλία Συμπυκνώματος	2	16,04	32,08
8	Κινητήρες Μηχανισμού Πηδαλίου	2	46,78	93,57
9	Μηχανισμοί περιστροφής άξονα	2	13,37	26,73
10	Ανεμιστήρας Προσαγωγής Αέρα Λέβητα	1	5,35	5,35
11	Αντλίες Κυκλοφορίας νερού ψύξης κυλίνδρων Κ.Μ.	2	46,78	93,57
12	Αντλίες τροφοδότησης καυσίμου	2	13,37	26,73
13	Θερμαντήρες καυσίμου	2	19,68	39,36
14	Αντλίες μετάγγισης βαρέως πετρελαιου	2	26,73	53,47
15	Κύριες αντλίες κυκλοφορίας θαλ.νερού	3	113,62	340,85
16	Αντλίες ψύξης βαλβίδων Κ.Μ.	2	33,42	66,83
17	Αντλίες τροφοδοτικού νερού λέβητα	2	10,69	21,39
18	Ανεμιστήρες προσαγωγής αέρα μηχανοστασίου	4	53,47	213,87
19	Διαχωριστήρας λαδιού λίπανσης	2	18,71	37,43
	Μέγιστο ρεύμα συσκευής με $a/a = 13$		113,62	
	Συνολικό μέγιστο ρεύμα πίνακα (Α)			1507,37
	Ασφαλιστική διάταξη = Αυτόματος διακόπτης των 1600 Α			
	Καλώδιο παροχής 3x(1*100) ανά φάση			
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ			
1	Γερανογέφυρα	1	20,05	20,05
2	Τόρνος	1	6,68	6,68
3	Δράπανο	1	2,67	2,67
4	Συσκευή συγκολλήσεων	1	36,32	36,32
5	Μονάδα επεξεργασίας Αποβλήτων	2	32,69	106,92
6	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες	4	26,73	53,47
7	Εφεδρική παροχή	2	27,24	54,48
	Μέγιστο ρεύμα συσκευής με $a/a = 4$		36,32	
	Συνολικό μέγιστο ρεύμα πίνακα (Α)			280,59
	Ασφαλιστική διάταξη = Αυτόματος διακόπτης των 315 Α (ρυθμισμένος στα 225 Α)			
	Καλώδιο παροχής 1x (1*120) ανά φάση			
	ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΣΚΑΦΟΥΣ			
1	Αντλία κύτους	1	26,73	26,73
2	Αντλία πυρκαγιάς	1	60,15	60,15
3	Αντλίες γενικής χρήσης	2	66,83	133,67
4	Εργάτης άγκυρας	2	53,47	106,93
5	Εργάτες πρυμνησίων	1	60,15	60,15
6	Αντλία ποσίμου νερού	2	20,05	40,10
7	Αντλία κυκλ, ζεστού νερού	1	6,68	6,68
8	Αντλία πλυσίματος καταστρώματος	1	20,05	20,05
9	Κινητήρας καταπέλτη πρύμνης	1	26,73	26,73
10	Αντλίες υγιεινής	2	13,37	26,73

11	Υδραυλικές αντλίες πτερυγίων ευστάθειας	2	33,42	66,83
12	Βαρούλκα σωσίβιων λέμβων	4	26,73	106,93
13	Αντλία στεγανών θυρών	1	6,68	6,68
14	Αντλία πυρκαγιάς garage	4	40,10	160,40
	Μέγιστο ρεύμα συσκευής με $a/a = 3$		66,83	
	Συνολικό μέγιστο ρεύμα πίνακα (Α)			848,76
	Ασφαλιστική διάταξη = Αυτόματος διακόπτης των 1000 Α (ρύθμιση στα 850 Α)			
	Καλώδιο παροχής 2x (1*240) ανά φάση			
	ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΧΩΡΩΝ ΕΝΔΙΑΙΤΗΣΗΣ			
1	Συμπιεστές κλιματισμού	2	46,78	93,57
2	Συμπιεστές ψυκτικής	2	13,37	26,73
3	Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού	2	26,73	53,47
4	Αντλίες θαλ, νερού κλιματισμού	2	20,05	40,10
5	Αντλία θαλ, νερού ψυκτικής	2	2,67	5,35
6	Αντλίες πόσιμου νερού	2	5,35	10,69
7	Αντλίες αποχέτευσης	2	13,37	26,73
12	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες	7	13,37	93,57
13	Ανελκυστήρας	2	20,05	40,10
	Μέγιστο ρεύμα συσκευής με $a/a = 1$		46,78	
	Συνολικό μέγιστο ρεύμα πίνακα (Α)			402,01
	Ασφαλιστική διάταξη = Αυτόματος διακόπτης των 400 Α			
	Καλώδιο παροχής 1x (1*185) ανά φάση			
	ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ			
1	Κουζίνα	2	39,36	78,73
2	Εστίες	2	26,24	52,49
3	Ανεμιστήρας προσαγωγής αέρα	1	8,02	8,02
4	Εξαεριστήρας	1	20,05	20,05
	Μέγιστο ρεύμα συσκευής με $a/a = 4$ (μόνο από τα φορτία κινητήρων)		20,05	
	Συνολικό μέγιστο ρεύμα πίνακα (Α)			164,30
	Ασφαλιστική διάταξη = Αυτόματος διακόπτης των 200 Α			
	Καλώδιο παροχής 1x (1*70) ανά φάση			
	ΕΦΕΔΡΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ	1	23,16	23,16
	Καλώδιο παροχής 3*6			
	ΖΥΓΟΙ 115V			
	ΠΙΝΑΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ			
1	Μηχανοστάσιο	1	110,45	110,45
2	Γέφυρα	1	75,31	75,31
3	Χώροι ενδιάιτησης	2	60,25	120,49

4	Καταστρώματος	2	45,18	90,37
	Συνολικό μέγιστο ρεύμα πινάκων (A) (δεν υπάρχει κινητήρας)			396,61
	Ασφαλιστική διάταξη = Αποζεύκτης και ασφάλεια αντίστοιχων μεγεθών ανά αναχώρηση			
	ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ (μονοφασικά φορτία)			
5	Πλυντήριο πιάτων	1	17,72	17,72
6	Διάφορες συσκευές	4	24,07	96,28
	Μέγιστο ρεύμα συσκευής με α/α = 5		24,07	
	Συνολικό μέγιστο ρεύμα πίνακα (A)			120,02
	Ασφαλιστική διάταξη = Αυτόματος διακόπτης των 125 A			
	Καλώδιο παροχής 1x (1*35) ανά φάση			
	ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΧΩΡΩΝ ΕΝΔΙΑΙΤΗΣΗΣ (μονοφασικά φορτία)			
8	Αντλίες θερμού νερού	2	26,57	53,15
9	Συμπιεστής παγωτομηχανής	1	13,29	13,29
10	Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων	12	8,86	106,30
11	Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης	12	44,29	531,49
	Μέγιστο ρεύμα συσκευής με α/α = 11		44,29	
	Συνολικό μέγιστο ρεύμα πίνακα (A)			715,29
	Ασφαλιστική διάταξη = Αυτόματος διακόπτης των 800 A			
	Καλώδιο παροχής 2x (1*185) ανά φάση			
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΓΑΝΩΝ ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑΣ	1	106,32	106,32
	Καλώδιο παροχής 3*50			
	ΣΥΝΟΛΟ ΡΕΥΜΑΤΩΝ ΣΤΑ 115 V			
	Μέγιστο ρεύμα συσκευής (α/α 11 από βοηθητικά χώρων ενδιαίτησης)		44,29	
	Συνολικό μέγιστο ρεύμα πίνακα (A)			786,47
	Ασφαλιστική διάταξη = Αυτόματος διακόπτης των 800 A			
	Καλώδιο παροχής 2x (1*185) ανά φάση			
	Ισοδύναμο συνολικό μέγιστο ρεύμα πίνακα (A) στα 440 V			205,6
	Ασφαλιστική διάταξη = Αυτόματος διακόπτης των 250 A (ρύθμιση στα 225 ^A)			
	Καλώδιο παροχής 1x (1*70) ανά φάση			
	Ισοδύναμη φαινόμενη ισχύς μετασχηματιστή 440V / 115V συνδεσμολογίας Dy5			156653 VA => 160 kVA
	ΣΥΝΟΛΟ ΡΕΥΜΑΤΩΝ ΣΤΑ 440 V			
	Μέγιστο ρεύμα συσκευής (α/α 15 από πίνακα βοηθητικών πρόωσης)			113,6
	Συνολικό μέγιστο ρεύμα πίνακα (A) μαζί με το ισοδύναμο ρεύμα από τη μεριά των 115V			3301,80
	Ασφαλιστική διάταξη = Αυτόματος διακόπτης των 4000 A			
	Καλώδιο παροχής = ζυγός μπάρας διατομής 3200 mm ² ανά φάση (αντέχει ως 4000 A)			

	ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΣΤΑ 440 V			Πλήθος 2
	Ονομαστική ενεργός ισχύς			500 kW
	Ονομαστικός συντελεστής ισχύος			0,80
	Ονομαστική φαινόμενη ισχύς (υπολογισμένη)			625 kVA
	Ονομαστικό ρεύμα γραμμής (υπολογισμένο)			820,1 A
	Ασφαλιστική διάταξη = Αυτόματος διακόπτης των 1000 A			
	Καλώδιο παροχής = 2x 240 mm ² ανά φάση (αντέχει ως 980 A)			

Παρατηρούμε ότι οι γεννήτριες δεν δύνανται να καλύψουν το ζητούμενο ρεύμα του συνολικού εγκατεστημένου φορτίου 3302 A με το μέγιστο παραγόμενο ρεύμα 1640 A, δηλαδή γίνεται μία γενική υπερδιαστασιολόγηση των στοιχείων με αυτή τη μέθοδο.

Με τη δεύτερη μέθοδο υπολογίζουμε αρχικά ανά πίνακα και συνολικά τη μέγιστη αναμενόμενη ενεργό ισχύ που μπορεί να εμφανιστεί στον πίνακα, όπως φαίνεται στον πίνακα 6. Στη συνέχεια υπολογίζουμε την αντίστοιχη άεργο ισχύ, όπως φαίνεται στον πίνακα 7, και την αντίστοιχη φαινόμενη ισχύ ανά πίνακα και συνολικά, οπότε από εκεί είμαστε σε θέση να προσδιορίσουμε τα αναπτυσσόμενα ρεύματα, όπου:

$$Q[k\text{ var}] = P[kW] \cdot \tan \phi = P[kW] \cdot \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \phi}}{\cos \phi} \quad (13)$$

$$S[kVA] = \sqrt{P^2[kW] + Q^2[k\text{ var}]} \quad (14)$$

Όπου P είναι η ενεργός ισχύς, Q η άεργος ισχύς, $\cos \phi$ ο συντελεστής ισχύος και S η φαινόμενη ισχύς.

Με βάση το μέγεθος των ρευμάτων υπολογίζονται από πίνακες του βιβλίου «Ενεργειακά Συστήματα – Συμπληρωματικά βοηθήματα και Ασκήσεις» των Ι.Π. Ιωαννίδη, Χ.Α. Φραγκόπουλο, Ι.Μ. Προυσαλίδη, τα μεγέθη διατομών αγωγών και ασφαλιστικών διατάξεων που συνοψίζονται στον πίνακα 8.

Σημειώνονται ότι:

- η μέγιστη ζητούμενη ισχύς του μετασχηματιστή είναι 125,95 kVA, οπότε ο αντίστοιχος επιλεγόμενος μετασχηματιστής είναι των 160 kVA.
- Με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 7 σε όλες τις καταστάσεις λειτουργίας ο συντελεστής ισχύος είναι μεγαλύτερος από 0,85, οπότε, αν η κάθε γεννήτρια έχει ονομαστική ενεργό ισχύ 500 kW υπό ονομαστική τάση 440 V, τότε με συντελεστή ισχύος 0,85, προκύπτει ότι το ρεύμα γραμμής είναι ίσο με 772 A, δηλαδή και οι δύο γεννήτριες δίνουν 1544 A. Αν ο αντίστοιχος συντελεστής ισχύος ήταν 0,80, τότε το ρεύμα κάθε γεννήτριας θα ήταν 820 A, συνολικά 1640 A. Στη συγκεκριμένη περίπτωση θεωρούμε ότι οι δύο γεννήτριες δεν δίνουν συνολικό ρεύμα μεγαλύτερο των 1600 A.
- Όταν το φορτίο του πίνακα είναι μικρότερο ή ίσο των 63 A, χρησιμοποιείται ασφαλιστική διάταξη αποζεύκτη και ασφάλειας. Όταν είναι μεταξύ των 80 A ως 315 A, χρησιμοποιείται ασφαλιστική διάταξη αποζεύκτη, διακόπτη φορτίου και ασφάλειας, ενώ για μεγαλύτερα ρεύματα αποζεύκτης και αυτόματος διακόπτης.
- Στο μονογραμμικό σχέδιο θα χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα της δεύτερης μεθόδου.
- Οι τελικές διαστάσεις των κύριων ζυγών των πινάκων θα προκύψουν μετά τη μελέτη των βραχυκυκλωμάτων.

Πίνακας 6: Υπολογισμός μέγιστης ενεργού ισχύος πινάκων με τη δεύτερη μέθοδο (με βάση τους συντελεστές λειτουργίας) προς εύρεση διατομών καλωδίων

	ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ	η	N	Εγκατεστημένη Ισχύς			Ισχύς Κανονικής Πορείας			Ισχύς Χειρισμών			Ισχύς εν όρμω			Ισχύς κατάστασης ανάγκης-πυρκαγιάς		
				P _{ον,αποδ,}		P _{ον,αποροφ,}	N	f _s	P _{λειτ,}	N	f _s	P _{λειτ,}	N	f _s	P _{λειτ,}	N	f _s	P _{λειτ,}
				PS	KW	KW			KW			KW			KW			KW
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
ΖΥΓΟΙ 115V																		
ΠΙΝΑΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ																		
1	Μηχανοστάσιο	1,000	1		22	22,00	1	1,00	22,00	1	1,00	22,00	1	1,00	22,00	1	1,00	22,00
2	Γέφυρα	1,000	1		15	15,00	1	0,50	7,50	1	0,50	7,50	1	0,50	7,50	1	0,50	7,50
3	Χώροι ενδιάτησης	1,000	2		12	12,00	2	0,40	9,60	2	0,40	9,60	2	0,40	9,60	2	0,40	9,60
4	Καταστρώματος	1,000	2		9	9,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2	0,90	16,20	2	0,10	1,80
	Ισχύς Πινάκων ανά κατάσταση λειτουργίας								39,10			39,10			55,30			40,90
	Μέγιστη Ισχύς Πινάκων σε kW								55,30									
	Ισχύς Υπολογισμού Πίνακα (+10%)								60,83									
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ																		
5	Πλυντήριο πιάτων	0,85	1	2	1,47	1,73	1	0,20	0,35	1	0,00	0,00	1	0,20	0,35	0	0,00	0,00
6	Διάφορες συσκευές	0,85	4		2	2,35	4	0,30	2,82	2	0,30	1,41	2	0,30	1,41	0	0,00	0,00
	Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας								3,17			1,41			1,76			0,00
	Μέγιστη Ισχύς Πίνακα σε kW								3,17									
	Ισχύς Υπολογισμού Πίνακα (+10%)								3,49									
ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ ΕΝΔΙΑΙΤΗΣΗΣ																		
9	Αντλίες θερμού νερού	0,85	2	3	2,21	2,60	2	0,70	3,64	2	0,70	3,64	2	0,70	3,64	0	0,00	0,00
10	Συμπιεστής παγωτομηχανής	0,85	1	1,5	1,10	1,30	1	0,80	1,04	1	0,80	1,04	1	0,80	1,04	0	0,00	0,00

11	Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων	0,85	12	1	0,74	0,87	12	0,80	8,31	12	0,80	8,31	12	0,80	8,31	0	0,00	0,00
11	Ανεμιστήρες χώρων ενδίαιτησης	0,85	12	5	3,68	4,33	12	0,85	44,16	12	0,85	44,16	12	0,85	44,16	6	0,85	22,08
	Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας								57,15			57,15			57,15			22,08
	Μέγιστη Ισχύς Πίνακα σε kW								57,15									
	Ισχύς Υπολογισμού Πίνακα (+10%)								62,86									
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΓΑΝΩΝ ΝΑΥΣΠΛΟΙΑΣ	0,850	1		18,00	21,18	1	0,50	10,59	1	0,50	10,59	1	0,25	5,3	1	0,50	10,59
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΑΝΑΓΚΗΣ	1,000	1		10,00	10,00										1	1,00	10,00
	ΣΥΝΟΛΟ ΙΣΧΥΟΣ 115 V (=μετασχηματιστής 440 / 115 V)																	
	Ισχύς ανά κατάσταση λειτουργίας								110,01			108,25			119,50			83,57
	Μέγιστη Ισχύς σε kW								119,50									
	Ισχύς Υπολογισμού (+10%)								131,45									
	ΖΥΓΟΙ 440V																	
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΩΣΗΣ																	
1	Κύριοι Αεροσυμπιεστές	0,850	2	25	18,40	21,65	1	0,10	2,16	1	0,85	18,40	1	0,10	2,16	1	0,10	2,16
2	Αντλίες λαδιού λίπανσης Κ.Μ.	0,850	2	45	33,12	38,96	1	0,85	33,12	1	0,85	33,12	0	0,00	0,00	1	0,85	33,12
3	Διαχωριστήρες πετρελαίου	0,850	3	20	14,72	17,32	1	0,70	12,12	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,70	12,12
4	Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου Diesel	0,850	1	5	3,68	4,33	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,10	0,43	0	0,00	0,00
5	Αεροσυμπιεστές Εκκινήσεως	0,850	2	40	29,44	34,64	1	0,10	3,46	1	0,85	29,44	1	0,10	3,46	1	0,10	3,46

6	Αεροσυμπιεστής Αυτοματισμού	0,850	1	35	25,76	30,31	1	0,20	6,06	1	0,20	6,06	1	0,20	6,06	1	0,20	6,06
7	Αντλία Συμπυκνώματος	0,850	2	12	8,83	10,39	1	0,40	4,16	1	0,40	4,16	0	0,00	0,00	1	0,40	4,16
8	Κινητήρες Μηχανισμού Πηδαλίου	0,850	2	35	25,76	30,31	1	0,10	3,03	1	0,20	6,06	0	0,00	0,00	1	0,10	3,03
9	Μηχανισμοί περιστροφής άξονα	0,850	2	10	7,36	8,66	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,80	6,93	0	0,00	0,00
10	Ανεμιστήρας Προσαγωγής Αέρα Λέβητα	0,850	1	4	2,94	3,46	1	0,50	1,73	1	0,50	1,73	1	0,20	0,69	1	0,50	1,73
11	Αντλίες Κυκλοφορίας νερού ψύξης κυλίνδρων Κ.Μ.	0,850	2	35	25,76	30,31	1	0,85	25,76	1	0,85	25,76	0	0,00	0,00	1	0,85	25,76
12	Αντλίες τροφοδότησης καυσίμου	0,850	2	10	7,36	8,66	1	0,80	6,93	1	0,80	6,93	0	0,00	0,00	1	0,80	6,93
13	Θερμαντήρες καυσίμου	1,000	2	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,10	0,00	0	0,00	0,00
14	Αντλίες μετάγγισης βαρέως πετρελαιου	0,850	2	20	14,72	17,32	1	0,10	1,73	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
15	Κύριες αντλίες κυκλοφορίας θαλ., Νερου	0,850	3	85	62,56	73,60	2	0,85	125,12	2	0,85	125,12	0	0,00	0,00	2	0,85	125,12
16	Αντλίες ψύξης βαλβίδων Κ.Μ.	0,850	2	25	18,40	21,65	1	0,85	18,40	1	0,85	18,40	0	0,00	0,00	1	0,85	18,40
17	Αντλίες τροφοδοτικού νερού λέβητα	0,850	2	8	5,89	6,93	1	0,85	5,89	1	0,85	5,89	0	0,00	0,00	1	0,85	5,89
18	Ανεμιστήρες προσαγωγής αέρα μηχανοστασίου	0,850	4	40	29,44	34,64	3	0,85	88,32	3	0,85	88,32	2	0,20	13,85	2	0,85	58,88
19	Διαχωριστήρας λαδιού λίπανσης	0,850	2	14	10,30	12,12	1	0,35	4,24	1	0,35	4,24	0	0,00	0,00	1	0,35	4,24
	Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας								342,24			373,63			33,60			311,07
	Μέγιστη Ισχύς Πίνακα σε kW								373,63									
	Ισχύς Υπολογισμού Πίνακα (+10%)								410,99									

ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ																			
1	Γερανογέφυρα	0,850	1	15	11,04	12,99	1	0,50	6,49	1	0,50	6,49	1	0,00	0,00	0	0,00	0,00	
2	Τόρνος	0,850	1	5	3,68	4,33	1	0,10	0,43	0	0,00	0,00	1	0,10	0,43	0	0,00	0,00	
3	Δράπανο	0,850	1	2	1,47	1,73	1	0,10	0,17	0	0,00	0,00	1	0,10	0,17	0	0,00	0,00	
4	Συσκευή συγκολλήσεων	0,850	1		20	23,53	1	0,10	2,35	0	0,00	0,00	1	0,10	2,35	0	0,00	0,00	
5	Μονάδα επεξεργασίας Αποβλήτων	0,850	2		18	21,18	1	0,40	8,47	1	0,40	8,47	1	0,40	8,47	0	0,00	0,00	
6	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες	0,850	4	20	14,72	17,32	1	0,10	1,73	1	0,00	0,00	1	0,10	1,73	0	0,00	0,00	
7	Εφεδρική παροχή	0,850	2		15	17,65	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	
	Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας										19,66			14,96			13,16		0,00
	Μέγιστη Ισχύς Πίνακα σε kW										19,66								
	Ισχύς Υπολογισμού Πίνακα (+10%)										21,62								
ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΣΚΑΦΟΥΣ																			
1	Αντλία κύτους	0,850	1	20	14,72	17,32	1	0,20	3,46	0	0,00	0,00	1	0,20	3,46	1	0,20	3,46	
2	Αντλία πυρκαγιάς	0,850	1	45	33,12	38,96	1	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,75	29,22	
3	Αντλίες γενικής χρήσης	0,850	2	50	36,80	43,29	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,50	21,65	
4	Εργάτης άγκυρας	0,850	2	40	29,44	34,64	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,10	3,46	0	0,00	0,00	
5	Εργάτες πρυμνησίων	0,850	1	45	33,12	38,96	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,20	7,79	0	0,00	0,00	
6	Αντλία ποσίμου νερού	0,850	2	15	11,04	12,99	1	0,50	6,49	1	0,50	6,49	1	0,50	6,49	1	0,25	3,25	
7	Αντλία κυκλ. ζεστού νερού	0,850	1	5	3,68	4,33	1	0,70	3,03	1	0,70	3,03	1	0,70	3,03	0	0,00	0,00	
8	Αντλία πλυσίματος καταστρώματος	0,850	1	15	11,04	12,99	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,50	6,49	
9	Κινητήρας καταπέλτη πρύμνης	0,850	1	20	14,72	17,32	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,10	1,73	0	0,00	0,00	
10	Αντλίες υγιεινής	0,850	2	10	7,36	8,66	2	0,40	6,93	2	0,40	6,93	2	0,40	6,93	1	0,40	3,46	
11	Υδραυλικές αντλίες	0,850	2	25	18,40	21,65	2	0,10	4,33	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2	0,10	4,33	

	περυγίων ευστάθειας																	
12	Βαρούλκα σωσίβιων λέμβων	0,850	4	20	14,72	17,32	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	4	0,05	3,46
13	Αντλία στεγανών θυρών	0,850	1	5	3,68	4,33	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,05	0,22
14	Αντλία πυρκαγιάς garage	0,850	4	30	22,08	25,98	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,75	19,48
	Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας								24,24			16,45			32,90			95,03
	Μέγιστη Ισχύς Πίνακα σε kW								95,03									
	Ισχύς Υπολογισμού Πίνακα (+10%)								104,53									
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ ΕΝΔΙΑΙΤΗΣΗΣ																	
1	Συμπιεστές κλιματισμού	0,85	2	35	25,76	30,31	1	0,75	22,73	1	0,75	22,73	1	0,75	22,73	0	0,00	0,00
2	Συμπιεστές ψυκτικής	0,85	2	10	7,36	8,66	2	0,40	6,93	2	0,40	6,93	2	0,40	6,93	0	0,00	0,00
3	Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού	0,85	2	20	14,72	17,32	2	0,75	25,98	2	0,75	25,98	2	0,75	25,98	0	0,00	0,00
4	Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού	0,85	2	15	11,04	12,99	2	0,75	19,48	2	0,75	19,48	2	0,75	19,48	0	0,00	0,00
5	Αντλία θαλ. νερού ψυκτικής	0,85	2	2	1,47	1,73	2	0,40	1,39	2	0,40	1,39	2	0,40	1,39	0	0,00	0,00
6	Αντλίες πόσιμου νερού	0,85	2	4	2,94	3,46	2	0,50	3,46	2	0,50	3,46	2	0,50	3,46	1	0,50	1,73
7	Αντλίες αποχέτευσης	0,85	2	10	7,36	8,66	2	0,70	12,12	2	0,70	12,12	2	0,70	12,12	1	0,70	6,06
12	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες	0,85	7	10	7,36	8,66	7	0,40	24,24	7	0,40	24,24	7	0,40	24,24	0	0,00	0,00
13	Ανελκυστήρας	0,85	2	15	11,04	12,99	2	0,20	5,20	0	0,00	0,00	2	0,50	12,99	0	0,00	0,00
	Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας								121,53			116,33			129,32			7,79
	Μέγιστη Ισχύς Πίνακα σε kW								129,32									
	Ισχύς Υπολογισμού Πίνακα (+10%)								142,25									
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ																	
1	Κουζίνα	1	2		30	30,00	2	0,30	18,00	1	0,30	9,00	1	0,30	9,00	0	0,00	0,00
2	Εστίες	1	2		20	20,00	2	0,30	12,00	1	0,30	6,00	1	0,30	6,00	0	0,00	0,00

3	Ανεμιστήρας προσαγωγής αέρα	0,85	1	6	4,42	5,20	1	0,30	1,56	1	0,30	1,56	1	0,30	1,56	0	0,00	0,00
4	Εξαεριστήρας	0,85	1	15	11,04	12,99	1	0,30	3,90	1	0,30	3,90	1	0,30	3,90	0	0,00	0,00
	Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας								35,46			20,46			20,46			0,00
	Μέγιστη Ισχύς Πίνακα σε kW								35,46									
	Ισχύς Υπολογισμού Πίνακα (+10%)								39,00									
	ΕΦΕΔΡΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ	0,85	1		15,00	17,65	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ 440V /115 V (από χαμηλή τάση 115 V)								110,01			108,25			119,50			83,57
	Ισχύς ανά κατάσταση λειτουργίας								653,1			650,1			348,9			497,5
	Μέγιστη Ισχύς σε kW								653,13									
	Ισχύς Υπολογισμού (+10%)								718,44									

Πίνακας 7: Υπολογισμός άεργου ισχύος και μέγιστης φαινομένης ισχύος πινάκων με τη δεύτερη μέθοδο (με βάση τους συντελεστές λειτουργίας) προς εύρεση διατομών καλωδίων

	ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ	cosφ	tanφ	Ισχύς Κανονικής Πορείας		Ισχύς Χειρισμών		Ισχύς εν όρμω		Ισχύς κατάστασης ανάγκης-πυρκαγιάς	
				P _{λειτ.}	Q _{λειτ.}	P _{λειτ.}	Q _{λειτ.}	P _{λειτ.}	Q _{λειτ.}	P _{λειτ.}	Q _{λειτ.}
				kW	kvar	kW	kvar	kW	kvar	kW	kvar
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
ΖΥΓΟΙ 115V											
ΠΙΝΑΚΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ											
1	Μηχανοστάσιο	1,00	0,000	22,00	0,00	22,00	0,00	22,00	0,00	22,00	0,00
2	Γέφυρα	1,00	0,000	7,50	0,00	7,50	0,00	7,50	0,00	7,50	0,00
3	Χώροι ενδιάιτησης	1,00	0,000	9,60	0,00	9,60	0,00	9,60	0,00	9,60	0,00
4	Καταστρώματος	1,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	16,20	0,00	1,80	0,00
	Άεργος Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας				0,00		0,00		0,00		0,00
	Φαινομένη Ισχύς Πινάκων ανά κατάσταση λειτουργίας				39,10		39,10		55,30		40,90
	Μέγιστη Φαινομένη Ισχύς Πινάκων σε kVA				55,30						
	Φαινόμενη Ισχύς Υπολογισμού Πινάκων (+10%)				60,83						
	Ρεύμα γραμμής τριφασικής παροχής (A)				305,39						
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ											
5	Πλυντήριο πιάτων	0,85	0,620	0,35	0,21	0,00	0,00	0,35	0,21	0,00	0,00
6	Διάφορες συσκευές	0,85	0,620	2,82	1,75	1,41	0,87	1,41	0,87	0,00	0,00
	Άεργος Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας				1,96		0,87		1,09		0,00
	Φαινομένη Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας				3,73		1,66		2,07		0,00
	Μέγιστη Φαινομένη Ισχύς Πίνακα σε kVA				3,73						
	Φαινόμενη Ισχύς Υπολογισμού Πίνακα (+10%)				4,10						

	Ρεύμα γραμμής τριφασικής παροχής (A)				20,59						
	Σ' αυτήν την περίπτωση όμως το ρεύμα ανά φάση θα θεωρηθεί το μέγιστο της αντίστοιχης μεγάλης συσκευής, διότι μπορεί να υπερβαίνει το ισοδύναμο ρεύμα γραμμής => επιλογή 30,09 A / φάση										
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ ΕΝΔΙΑΙΤΗΣΗΣ										
9	Αντλίες θερμού νερού	0,85	0,620	3,64	2,25	3,64	2,25	3,64	2,25	0,00	0,00
10	Συμπιεστής παγωτομηχανής	0,85	0,620	1,04	0,64	1,04	0,64	1,04	0,64	0,00	0,00
11	Συμπιεστές διαφόρων ψυγείων	0,85	0,620	8,31	5,15	8,31	5,15	8,31	5,15	0,00	0,00
11	Ανεμιστήρες χώρων ενδίαιτησης	0,85	0,620	44,16	27,37	44,16	27,37	44,16	27,37	22,08	13,68
	Άεργος Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας				35,42		35,42		35,42		13,68
	Φαινόμενη Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας				67,23		67,23		67,23		25,98
	Μέγιστη Φαινόμενη Ισχύς Πίνακα σε kVA				67,23						
	Φαινόμενη Ισχύς Υπολογισμού Πίνακα (+10%)				73,96						
	Ρεύμα γραμμής τριφασικής παροχής (A)				371,29						
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΓΑΝΩΝ ΝΑΥΣΙΠΛΟΙΑΣ	0,85	0,620	10,59	6,56	10,59	6,56	5,29	3,28	10,59	6,56
	(υπολογισμένη διατομή σε πίνακα 3)										
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΑΝΑΓΚΗΣ	1,00	0,000							10,00	0,00
	ΣΥΝΟΛΟ ΙΣΧΥΟΣ 115 V (=μετασηματιστής 440 / 115 V)										
	Άεργος Ισχύς ανά κατάσταση λειτουργίας				43,94		42,85		39,79		20,25
	Φαινόμενη Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας				118,46		116,42		125,95		85,99
	Μέγιστη Φαινόμενη Ισχύς Πίνακα σε kVA				125,95						
	Φαινόμενη Ισχύς Υπολογισμού Πίνακα (+10%)				138,55						
	Ρεύμα γραμμής τριφασικής παροχής (A)				695,56						

ΖΥΓΟΙ 440V											
ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΩΣΗΣ											
1	Κύριοι Αεροσυμπιεστές	0,85	0,620	2,16	1,34	18,40	11,40	2,16	1,34	2,16	1,34
2	Αντλίες λαδιού λίπανσης Κ.Μ.	0,85	0,620	33,12	20,53	33,12	20,53	0,00	0,00	33,12	20,53
3	Διαχωριστήρες πετρελαίου	0,85	0,620	12,12	7,51	0,00	0,00	0,00	0,00	12,12	7,51
4	Αντλία Μετάγγισης Πετρελαίου Diesel	0,85	0,620	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,27	0,00	0,00
5	Αεροσυμπιεστές Εκκινήσεως	0,85	0,620	3,46	2,15	29,44	18,25	3,46	2,15	3,46	2,15
6	Αεροσυμπιεστής Αυτοματισμού	0,85	0,620	6,06	3,76	6,06	3,76	6,06	3,76	6,06	3,76
7	Αντλία Συμπυκνώματος	0,85	0,620	4,16	2,58	4,16	2,58	0,00	0,00	4,16	2,58
8	Κινητήρες Μηχανισμού Πηδαλίου	0,85	0,620	3,03	1,88	6,06	3,76	0,00	0,00	3,03	1,88
9	Μηχανισμοί περιστροφής άξονα	0,85	0,620	0,00	0,00	0,00	0,00	6,93	4,29	0,00	0,00
10	Ανεμιστήρας Προσαγωγής Αέρα Λέβητα	0,85	0,620	1,73	1,07	1,73	1,07	0,69	0,43	1,73	1,07
11	Αντλίες Κυκλοφορίας νερού ψύξης κυλίνδρων Κ.Μ.	0,85	0,620	25,76	15,96	25,76	15,96	0,00	0,00	25,76	15,96
12	Αντλίες τροφοδότησης καυσίμου	0,85	0,620	6,93	4,29	6,93	4,29	0,00	0,00	6,93	4,29
13	Θερμαντήρες καυσίμου	1,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	Αντλίες μετάγγισης βαρέως πετρελαιου	0,85	0,620	1,73	1,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	Κύριες αντλίες κυκλοφορίας θαλ. Νερου	0,85	0,620	125,12	77,54	125,12	77,54	0,00	0,00	125,12	77,54
16	Αντλίες ψύξης βαλβίδων Κ.Μ.	0,85	0,620	18,40	11,40	18,40	11,40	0,00	0,00	18,40	11,40
17	Αντλίες τροφοδοτικού νερού λέβητα	0,85	0,620	5,89	3,65	5,89	3,65	0,00	0,00	5,89	3,65
18	Ανεμιστήρες προσαγωγής αέρα μηχανοστασίου	0,85	0,620	88,32	54,74	88,32	54,74	13,85	8,59	58,88	36,49
19	Διαχωριστήρας λαδιού λίπανσης	0,85	0,620	4,24	2,63	4,24	2,63	0,00	0,00	4,24	2,63
	Άεργος Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας				212,10		231,55		20,82		192,78
	Φαινομένη Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας				402,64		439,56		39,52		365,96
	Μέγιστη Φαινομένη Ισχύς Πίνακα σε kVA				439,56						
	Φαινομένη Ισχύς Υπολογισμού Πίνακα (+10%)				483,52						
	Ρεύμα γραμμής τριφασικής παροχής (A)				634,45						

ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ											
1	Γερανογέφυρα	0,85	0,620	6,49	4,02	6,49	4,02	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Τόρνος	0,85	0,620	0,43	0,27	0,00	0,00	0,43	0,27	0,00	0,00
3	Δράπανο	0,85	0,620	0,17	0,11	0,00	0,00	0,17	0,11	0,00	0,00
4	Συσκευή συγκολλήσεων	0,85	0,620	2,35	1,46	0,00	0,00	2,35	1,46	0,00	0,00
5	Μονάδα επεξεργασίας Αποβλήτων	0,85	0,620	8,47	5,25	8,47	5,25	8,47	5,25	0,00	0,00
6	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες	0,85	0,620	1,73	1,07	0,00	0,00	1,73	1,07	0,00	0,00
7	Εφεδρική παροχή	0,85	0,620	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Άεργος Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας				12,18		9,27		8,16		0,00
	Φαινομένη Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας				23,12		17,61		15,48		0,00
	Μέγιστη Φαινομένη Ισχύς Πίνακα σε kVA				23,12						
	Φαινόμενη Ισχύς Υπολογισμού Πίνακα (+10%)				25,44						
	Ρεύμα γραμμής τριφασικής παροχής (A)				33,38						
ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΣΚΑΦΟΥΣ											
1	Αντλία κύτους	0,85	0,620	3,46	2,15	0,00	0,00	3,46	2,15	3,46	2,15
2	Αντλία πυρκαγιάς	0,85	0,620	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,22	18,11
3	Αντλίες γενικής χρήσης	0,85	0,620	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,65	13,42
4	Εργάτης άγκυρας	0,85	0,620	0,00	0,00	0,00	0,00	3,46	2,15	0,00	0,00
5	Εργάτες πρυμνησίων	0,85	0,620	0,00	0,00	0,00	0,00	7,79	4,83	0,00	0,00
6	Αντλία ποσίμου νερού	0,85	0,620	6,49	4,02	6,49	4,02	6,49	4,02	3,25	2,01
7	Αντλία κυκλ. ζεστού νερού	0,85	0,620	3,03	1,88	3,03	1,88	3,03	1,88	0,00	0,00
8	Αντλία πλυσίματος καταστρώματος	0,85	0,620	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,49	4,02
9	Κινητήρας καταπέλτη πρύμνης	0,85	0,620	0,00	0,00	0,00	0,00	1,73	1,07	0,00	0,00
10	Αντλίες υγιεινής	0,85	0,620	6,93	4,29	6,93	4,29	6,93	4,29	3,46	2,15

11	Υδραυλικές αντλίες περυγίων ευστάθειας	0,85	0,620	4,33	2,68	0,00	0,00	0,00	0,00	4,33	2,68
12	Βαρούλκα σωσίβιων λέμβων	0,85	0,620	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,46	2,15
13	Αντλία στεγανών θυρών	0,85	0,620	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,13
14	Αντλία πυρκαγιάς garage	0,85	0,620	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,48	12,07
	Άεργος Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας				15,03		10,20		20,39		58,89
	Φαινομένη Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας				28,52		19,36		38,71		58,89
	Μέγιστη Φαινομένη Ισχύς Πίνακα σε kVA				58,89						
	Φαινόμενη Ισχύς Υπολογισμού Πίνακα (+10%)				64,78						
	Ρεύμα γραμμής τριφασικής παροχής (A)				85,01						
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ ΕΝΔΙΑΙΤΗΣΗΣ										
1	Συμπιεστές κλιματισμού	0,85	0,620	22,73	14,09	22,73	14,09	22,73	14,09	0,00	0,00
2	Συμπιεστές ψυκτικής	0,85	0,620	6,93	4,29	6,93	4,29	6,93	4,29	0,00	0,00
3	Αντλίες γλυκού νερού κλιματισμού	0,85	0,620	25,98	16,10	25,98	16,10	25,98	16,10	0,00	0,00
4	Αντλίες θαλ. νερού κλιματισμού	0,85	0,620	19,48	12,07	19,48	12,07	19,48	12,07	0,00	0,00
5	Αντλία θαλ. νερού ψυκτικής	0,85	0,620	1,39	0,86	1,39	0,86	1,39	0,86	0,00	0,00
6	Αντλίες πόσιμου νερού	0,85	0,620	3,46	2,15	3,46	2,15	3,46	2,15	1,73	1,07
7	Αντλίες αποχέτευσης	0,85	0,620	12,12	7,51	12,12	7,51	12,12	7,51	6,06	3,76
12	Διάφοροι ηλεκτροκινητήρες	0,85	0,620	24,24	15,03	24,24	15,03	24,24	15,03	0,00	0,00
13	Ανελκυστήρας	0,85	0,620	5,20	3,22	0,00	0,00	12,99	8,05	0,00	0,00
	Άεργος Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας				75,32		72,10		80,15		4,83
	Φαινομένη Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας				142,97		136,86		152,14		9,17
	Μέγιστη Φαινομένη Ισχύς Πίνακα σε kVA				152,14						
	Φαινόμενη Ισχύς Υπολογισμού Πίνακα (+10%)				167,35						
	Ρεύμα γραμμής τριφασικής παροχής (A)				219,60						

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ											
1	Κουζίνα	1,00	0,000	18,00	0,00	9,00	0,00	9,00	0,00	0,00	0,00
2	Εστίες	1,00	0,000	12,00	0,00	6,00	0,00	6,00	0,00	0,00	0,00
3	Ανεμιστήρας προσαγωγής αέρα	0,85	0,620	1,56	0,97	1,56	0,97	1,56	0,97	0,00	0,00
4	Εξαεριστήρας	0,85	0,620	3,90	2,41	3,90	2,41	3,90	2,41	0,00	0,00
	Άεργος Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας				3,38		3,38		3,38		0,00
	Φαινομένη Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας				35,62		20,73		20,73		0,00
	Μέγιστη Φαινομένη Ισχύς Πίνακα σε kVA				35,62						
	Φαινόμενη Ισχύς Υπολογισμού Πίνακα (+10%)				39,18						
	Ρεύμα γραμμής τριφασικής παροχής (A)				51,41						
	ΕΦΕΔΡΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ	0,85	0,620	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ 440V /115 V (από χαμηλή τάση 115 V)				43,94		42,85		39,79		20,25
	Άεργος Ισχύς ανά κατάσταση λειτουργίας				361,9		369,4		172,7		276,8
	Φαινομένη Ισχύς Πίνακα ανά κατάσταση λειτουργίας				746,71		747,68		389,33		569,26
	Συντελεστή ισχύος				0,875		0,869		0,896		0,874
	Μέγιστη Φαινομένη Ισχύς Πίνακα σε kVA				747,68						
	Φαινόμενη Ισχύς Υπολογισμού Πίνακα (+10%)				822,45						
	Ρεύμα γραμμής τριφασικής παροχής (A)				1079,18						

Πίνακας 8: Υπολογισμός διατομών καλωδίων παροχής και ζυγών πινάκων με τη δεύτερη μέθοδο (με βάση τους συντελεστές λειτουργίας)

Είδος πίνακα	Ρεύμα τριφασικής γραμμής (A)	Διατομή καλωδίου παροχής (mm ²)	Κύριος Ζυγός πίνακα (mm ²)	Ασφαλιστική διάταξη
Επίπεδο τάσης 115 V				
Κεντρική μπάρα	695,56	2x (1*150) ανά φάση	500	Αυτόματος διακόπτης 800 A
Συσκευών μαγειρείου	30,09 (20,59 για συνολική συνεισφορά)	3 * 6	100	Αυτόματος διακόπτης 40 A
Βοηθητικών χώρων ενδιαίτησης	371,29	1x (1*185) ανά φάση	300	Αυτόματος διακόπτης 400 A
Οργάνων ναυσιπλοΐας	106,32	3*50	100	Ασφάλεια 125 A + αποζεύκτης 160 A
Φωτισμού ανάγκης	50,20	3*16	100	Ασφάλεια 50 A + αποζεύκτης 63 A
Επίπεδο τάσης 440 V				
Κεντρική μπάρα	1079,18 A από φορτία – 1544 A / 1640 A από γεννήτριες => 1600 A	3x (1*300) ανά φάση	1000	
Βοηθητικών πρόωσης	634,45	2x (1*120) ανά φάση	400	Αυτόματος διακόπτης 630 A
Βοηθητικών μηχανοστασίου	33,38	(1*4) ανά φάση	100	Αυτόματος διακόπτης 40 A
Βοηθητικών σκάφους	85,01	(1*25) ανά φάση	100	Αυτόματος διακόπτης 125 A
Βοηθητικών χώρων ενδιαίτησης	219,60	(1*70) ανά φάση	200	Αυτόματος διακόπτης 250 A (ρύθμιση στα 225 A)
Συσκευών μαγειρείου	51,41	(1*10) ανά φάση	100	Αυτόματος διακόπτης 63 A
Μετασχηματιστής 440/115 V	165,28	(1*70) ανά φάση	100	Αυτόματος διακόπτης 250 A (ρύθμιση στα 225 A)

Τα καλώδια είναι είτε μονοπολικά, είτε τριπολικά τύπου MGG. Στην περίπτωση των μονοπολικών ενδέχεται ανά φάση να υπάρχουν περισσότερα μονοπολικά καλώδια. Οι μπάρες είναι κατασκευασμένες από χαλκό, των οποίων οι τελικές διαστάσεις δεν υπολογίζονται στην παρούσα εργασία, παρά μόνο η συνολική διατομή.

Ερώτημα 5. Να γίνει μελέτη βραχυκυκλωμάτων λαμβάνοντας υπόψη τις γεννήτριες και τους κινητήρες ισχύος μεγαλύτερης ή ίσης από 50 kW. (Σημειώνεται ότι μια ολοκληρωμένη μελέτη περιλαμβάνει μελέτη βραχυκυκλωμάτων σε όλους τους ζυγούς τροφοδοσίας.)

Στην παρούσα εργασία η μελέτη βραχυκυκλωμάτων θα γίνει με βάση τη προσεγγιστική λύση, της οποίας τα βήματα είναι τα ακόλουθα:

➤ Πριν την εκδήλωση του βραχυκυκλώματος ($t < 0^-$)

- Οι γεννήτριες είναι φορτισμένες στο 75% της ονομαστικής ισχύος με επαγωγικό συντελεστή ισχύος (τη χειρότερη τιμή από τον ισολογισμό), οπότε το αντίστοιχο αρχικό ρεύμα είναι ίσο με:

$$\tilde{I}_{G_0-}[A] = \frac{0,75 \cdot P_{ov-G}[kW]}{\sqrt{3} \cdot V_{0-\pi\omega\lambda}[kV] \cdot \cos\phi_G} \quad (15\alpha)$$

$$\hat{I}_{G_0-}[A] = \tilde{I}_{G_0-}^{\angle-\phi_G}[A] \quad (15\beta)$$

- Οι κινητήρες είναι φορτισμένοι με βάση τη χειρότερη κατάσταση από πλευράς ηλεκτρικού ισολογισμού με χρήση την αντίστοιχη ισχύ λειτούργιας με ονομαστικό επαγωγικό συντελεστή ισχύος, οπότε το αντίστοιχο αρχικό ρεύμα είναι ίσο με:

$$\tilde{I}_{M_0-}[A] = \frac{P_{ov-M}[kW]}{\sqrt{3} \cdot V_{0-\pi\omega\lambda}[kV] \cdot \cos\phi_M} \quad (\text{για τριφασικό}) \quad (16\alpha)$$

$$\hat{I}_{M_0-}[A] = \tilde{I}_{M_0-}^{\angle-\phi_M}[A] \quad (16\beta)$$

- Οι κινητήρες που είναι μεγαλύτεροι από 50 kW αντιμετωπίζονται ξεχωριστά. Όλοι οι υπόλοιποι ομαδοποιούνται σε έναν κινητήρα.

- Τα ωμικά φορτία παραλείπονται.

➤ Μόλις εκδηλωθεί το βραχυκύκλωμα ($0^- < t < 0^+$)

- Θεωρείται ότι η αρχική τάση των μηχανών και των γεννητριών είναι η ονομαστική τάση του δικτύου, δηλαδή:

$$\hat{V}_{G_0-}[Volt] = \hat{V}_{M_0-}[Volt] = \hat{V}_{0-}[Volt] = \frac{V_{0-\pi\omega\lambda}}{\sqrt{3}}^{\angle 0^\circ}[Volt] \quad (17)$$

- Για τις γεννήτριες ισχύει ότι:

$$\hat{E}_G'' = \hat{V}_{G_0-} + \hat{I}_{G_0-} \cdot (R_G + j \cdot X_{d,G}'') \quad (18)$$

Όπου \hat{E}_G'' είναι η ισοδύναμη τάση διέγερσης της γεννήτριας κατά την αρχή του βραχυκλώματος, R_G η ισοδύναμη αντίσταση της γεννήτριας, $X_{d,G}''$ η υπομεταβατική αντίδραση της γεννήτριας.

- Για τους κινητήρες ισχύει ότι:

$$\hat{E}_M'' = \hat{V}_{M_0-} - \hat{I}_{M_0-} \cdot (R_M + j \cdot X_{d,M}'') \quad (19)$$

Όπου \hat{E}_M'' είναι η ισοδύναμη τάση διέγερσης του κινητήρα κατά την αρχή του βραχυκλώματος, R_M η ισοδύναμη αντίσταση του κινητήρα, $X_{d,M}''$ η υπομεταβατική αντίδραση του κινητήρα.

➤ Μετά την εκδήλωση του βραχυκυκλώματος ($t > 0^+$)

- Για τις γεννήτριες ισχύει ότι το ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι ίσο με:

$$\hat{I}_{sc,G} = \frac{\hat{E}_G''}{R_G + j \cdot X_{d,G}''} \quad (20)$$

- Για τους κινητήρες ισχύει ότι το ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι ίσο με:

$$\hat{I}_{sc,M} = \frac{\hat{E}_M''}{R_M + j \cdot X_{d,M}''} \quad (21)$$

- Το συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι ίσο με:

$$\hat{I}_{sc} = \sum_G \hat{I}_{sc,G} + \sum_M \hat{I}_{sc,M} \quad (22)$$

- Το δυσμενέστερο κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι ίσο με:

$$I_{sc} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot |\hat{I}_{sc}| \quad (23)$$

Η διαδικασία που προτάθηκε είναι αρκετά προσεγγιστική και χονδρική, καθώς δεν λαμβάνεται υπόψη ούτε ο νόμος έντασης του Kirchhoff, ούτε ο ισολογισμός του σκάφους υπό διαφορετικές καταστάσεις.

Οπότε στη συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε ότι:

➤ Πριν την εκδήλωση του βραχυκυκλώματος ($t < 0^-$)

- Οι γεννήτριες είναι φορτισμένες στο 75% της ονομαστικής ισχύς με επαγωγικό συντελεστή ισχύος 0,87 (τη χειρότερη τιμή από τον ισολογισμό), οπότε το αντίστοιχο αρχικό ρεύμα με βάση τη σχέση (15) είναι ίσο με:

$$\tilde{I}_{G_{0-}} = \frac{0,75 \cdot 500}{\sqrt{3} \cdot 0,440 \cdot 0,87} = 565,59 \text{ A} \Rightarrow \hat{I}_{G_{0-}} = 565,59 \angle^{-29,54^\circ} \text{ A} \text{ για κάθε γεννήτρια εκ των δύο}$$

- Τα ωμικά φορτία παραλείπονται, όπως είναι ο θερμαντήρας καυσίμου, οι κουζίνες, οι εστίες, ο φωτισμός (δεν συμμετέχουν σε βραχυκύκλωμα).
- Οι κινητήρες χωρίζονται σε κατηγορίες, σε εκείνους που είναι μικρότεροι των 50 kW και σε εκείνους που είναι μεγαλύτεροι των 50 kW. Οι τελευταίοι είναι ουσιαστικά μόνο οι κύριες αντλίες κυκλοφορίας θαλασσινού νερού (73,60 kW καθεμία – πλήθος 3). Οι υπόλοιποι κινητήρες είναι δύο κατηγοριών της τάσης 440 V και της τάσης 115 V (για την οποία όμως μεσολαβεί και ο μετασχηματιστής – μεγαλύτερη αντίσταση). Για τις τέσσερις ενδεχόμενες καταστάσεις λειτουργίας του σκάφους έχουμε τα αντίστοιχα συγκεντρωτικά αποτελέσματα του πίνακα 9. Οπότε από πλευράς κινητήρων η χειρότερη φόρτιση εμφανίζεται στην κατάσταση χειρισμών, όπου η ισχύς των κύριων αντλιών κυκλοφορίας θαλ. νερού είναι 125,12 kW (η δυσμενέστερη περίπτωση), η ισχύς του ισοδύναμου κινητήρα στα 440 V είναι 412,30 kW (η δυσμενέστερη περίπτωση), η ισχύς του ισοδύναμου κινητήρα στα 115 V είναι 58,56 kW (με μικρή διαφορά από δυσμενέστερη περίπτωση). Σημειώνουμε ότι σε πραγματική μελέτη θα γινόταν η μελέτη βραχυκύκλωσης και για τις τέσσερις καταστάσεις.

Πίνακας 9: Ηλεκτρικός ισολογισμός κινητήρων προς εύρεση ρευμάτων φόρτισης προ βραχυκύκλωσης

Κατάσταση λειτουργίας	Ισχύς κινητήρων 440V (kW)	Ισχύς κινητήρων 115V (kW)	Ισχύς κύριων αντλιών κυκλοφορίας θαλ. νερού (kW)	Συνολική ισχύς κινητήρων (kW)
Κανονικής πορείας	398,59	60,32	125,12	584,03
Χειρισμών	412,30	58,56	125,12	595,98
Εν όρμω	219,73	58,91	0,00	278,64
Ανάγκης	309,95	22,08	125,12	457,15

- Για την ισοδύναμη κύρια αντλία κυκλοφορίας θαλασσινού νερού με ονομαστικό συντελεστή ισχύος 0,85 προκύπτει ότι:

$$\tilde{I}_{M_{1-0-}} = \frac{125,12}{\sqrt{3} \cdot 0,440 \cdot 0,85} = 193,15 \text{ A} \Rightarrow \hat{I}_{M_{1-0-}} = 193,15 \angle^{-21,79^\circ} \text{ A}$$

- Για όλους υπόλοιπους κινητήρες τάσης 440 V συνολικής ισχύος 412,30 kW με ονομαστικό συντελεστή ισχύος 0,85 προκύπτει ότι:

$$\tilde{I}_{M_{2-0-}} = \frac{412,3}{\sqrt{3} \cdot 0,440 \cdot 0,85} = 636,51 \text{ A} \Rightarrow \hat{I}_{M_{2-0-}} = 636,51 \angle^{-21,79^\circ} \text{ A}$$

- Για τους κινητήρες τάσης 115 V συνολικής ισχύος 58,56 kW με ονομαστικό συντελεστή ισχύος 0,85 με αναγωγή στην τάση των 440 V προκύπτει ότι :

$$\tilde{I}_{M_{3-0-}} = \frac{58,56}{\sqrt{3} \cdot 0,440 \cdot 0,85} = 90,40 \text{ A} \Rightarrow \hat{I}_{M_{3-0-}} = 90,40 \angle^{-21,79^\circ} \text{ A}$$

➤ Μόλις εκδηλωθεί το βραχυκύκλωμα ($0^- < t < 0^+$) πάνω στον κύριο ζυγό των 440 V έχουμε ότι:

- Θεωρείται ότι η αρχική τάση των μηχανών και των γεννητριών είναι η ονομαστική τάση του δικτύου (με αναγωγή στο σύστημα τάσης 440 V), δηλαδή:

$$\hat{V}_{G_{0-}} = \hat{V}_{M_{1-0-}} = \hat{V}_{M_{2-0-}} = \hat{V}_{M_{3-0-}} = \hat{V}_{0-} = 440 \angle^{0^\circ} \text{ Volt}$$

- Τα τυπικά χαρακτηριστικά της κάθε γεννήτριας είναι $R_G = 0,00005 \text{ p.u.}$ και $X''_{d,G} = 0,10 \text{ p.u.}$. Οπότε σε πραγματικές τιμές είναι:

$$Z_G [\Omega] = \frac{V_{0-\pi\omega}^2 [\text{Volt}]^2}{S_{ov-G} [\text{VA}]} \cdot Z_G [\text{p.u.}] \Rightarrow Z_G [\Omega] = \frac{440^2}{625000} \cdot Z_G [\text{p.u.}] = 0,30976 \cdot Z_G [\text{p.u.}]$$

$$\Rightarrow R_G = 0,30976 \cdot 0,00005 = 0,000015488 \text{ } \Omega \text{ \& } X''_{d,G} = 0,30976 \cdot 0,10 = 0,030976 \text{ } \Omega$$

Όπου Z_G είναι η ισοδύναμη σύνθετη αντίσταση βάσης γεννήτριας σε Ω , S_{ov-G} η φαινόμενη ισχύς της γεννήτριας ίση $P_{ov-G} / \cos \phi_{ov-G}$, με P_{ov-G} ίση με 500 kW και $\cos \phi_{ov-G}$ 0,80 (τυπική ονομαστική τιμή για γεννήτρια). Για κάθε μία από τις γεννήτριες ισχύει ότι:

$$\hat{E}_G'' = \frac{440 \angle 0^\circ}{\sqrt{3}} + 565,59 \angle -29,54^\circ \cdot (0,000015488 + j \cdot 0,030976) \Rightarrow$$

$$\hat{E}_G'' = \frac{440 \angle 0^\circ}{\sqrt{3}} + 565,59 \angle -29,54^\circ \cdot 0,030976004 \angle 89,71^\circ \Rightarrow$$

$$\hat{E}_G'' = \frac{440 \angle 0^\circ}{\sqrt{3}} + 17,520 \angle 60,17^\circ = 262,7490 + j \cdot 15,1987 \Rightarrow \hat{E}_G'' = 263,188 \angle 3,31^\circ \text{ Volt}$$

- Για την ισοδύναμη κύρια αντλία κυκλοφορίας θαλασσινού νερού οι τυπικές τιμές είναι του μικρού κινητήρα (<100 kW) -αφού καθεμία είναι μικρότερη των 100 kW-, δηλαδή $R_M = 0,07 \text{ p.u.}$ και $X''_{d,M} = 0,188 \text{ p.u.}$, οπότε:

$$Z_{M1} [\Omega] = \frac{V_{0-\pi\omega}^2 [\text{Volt}]^2}{S_{ov-M1} [\text{VA}]} \cdot Z_{M1} [\text{p.u.}] \Rightarrow Z_{M1} [\Omega] = \frac{440^2}{125180} \cdot Z_{M1} [\text{p.u.}] = 1,54657 \cdot Z_{M1} [\text{p.u.}]$$

$$\Rightarrow R_{M1} = 1,54657 \cdot 0,07 = 0,10826 \text{ } \Omega \text{ \& } X''_{d,M1} = 2,235876 \cdot 0,188 = 0,29076 \text{ } \Omega \text{ για κάθε μία αντλία}$$

Όπου Z_{M1} είναι η ισοδύναμη σύνθετη αντίσταση βάσης κινητήρα σε Ω , S_{ov-M1} η φαινόμενη ισχύς του κινητήρα ίση $P_{ov-M1} / \cos \phi_{ov-M1}$, με P_{ov-M1} ίση με 125,12 kW και $\cos \phi_{ov-M1}$ 0,85 (τυπική ονομαστική τιμή κινητήρα). Άρα λαμβάνοντας υπόψη ότι λειτουργούν δύο κινητήρες η ισοδύναμη τάση διέγερσης είναι:

$$\hat{E}_{M1}'' = \frac{440 \angle 0^\circ}{\sqrt{3}} - 193,15 \angle -21,79^\circ \cdot (0,10826 + j \cdot 0,29076) \Rightarrow$$

$$\hat{E}_{M1}'' = \frac{440 \angle 0^\circ}{\sqrt{3}} - 193,15 \angle -21,79^\circ \cdot 0,31026 \angle 69,58^\circ \Rightarrow$$

$$\hat{E}_{M1}'' = \frac{440 \angle 0^\circ}{\sqrt{3}} - 59,927 \angle 47,79^\circ = 213,772 - j \cdot 44,387 \Rightarrow \hat{E}_{M1}'' = 218,331 \angle -11,73^\circ \text{ Volt}$$

- Για τον ισοδύναμο κινητήρα των μικρότερων κινητήρων των 50 kW στα 440 V συνολικής ισχύος 412,3 kW οι τυπικές τιμές είναι του μικρού κινητήρα (<100 kW), δηλαδή $R_M = 0,07 \text{ p.u.}$ και $X''_{d,M} = 0,188 \text{ p.u.}$, οπότε:

$$Z_{M2} [\Omega] = \frac{V_{0-\pi\omega}^2 [\text{Volt}]^2}{S_{ov-M2} [\text{VA}]} \cdot Z_{M2} [\text{p.u.}] \Rightarrow Z_{M2} [\Omega] = \frac{440^2}{412300} \cdot Z_{M2} [\text{p.u.}] = 0,46956 \cdot Z_{M2} [\text{p.u.}]$$

$$\Rightarrow R_{M2} = 0,46956 \cdot 0,07 = 0,0328692 \text{ } \Omega \text{ \& } X''_{d,M2} = 0,46956 \cdot 0,188 = 0,0882773 \text{ } \Omega$$

Όπου Z_{M2} είναι η ισοδύναμη σύνθετη αντίσταση βάσης κινητήρα σε Ω , S_{ov-M2} η φαινόμενη ισχύς του κινητήρα ίση $P_{ov-M2} / \cos \phi_{ov-M2}$, με P_{ov-M2} ίση με 412,30 kW και $\cos \phi_{ov-M2}$ 0,85 (τυπική ονομαστική τιμή κινητήρα). Άρα η ισοδύναμη τάση διέγερσης είναι:

$$\hat{E}_{M2}'' = \frac{440 \angle 0^\circ}{\sqrt{3}} - 636,51 \angle -21,79^\circ \cdot (0,0328692 + j \cdot 0,0882773) \Rightarrow$$

$$\hat{E}_{M2}'' = \frac{440^{\angle 0^\circ}}{\sqrt{3}} - 636,51^{\angle -21,79^\circ} \cdot 0,0941980^{\angle 69,58^\circ} \Rightarrow$$

$$\hat{E}_{M2}'' = \frac{440^{\angle 0^\circ}}{\sqrt{3}} - 59,958^{\angle 47,79^\circ} = 213,751 - j \cdot 44,410 \Rightarrow \hat{E}_{M2}'' = 218,316^{\angle -11,74^\circ} \text{ Volt}$$

- Για τον ισοδύναμο κινητήρα των μικρότερων κινητήρων των 50 kW στα 115V συνολικής ισχύος 58,56 kW οι τυπικές τιμές είναι του μικρού κινητήρα (<100 kW), δηλαδή $R_M = 0,07 \text{ p.u.}$ και $X_{d,M}'' = 0,188 \text{ p.u.}$, οπότε ανηγμένα στο επίπεδο τάσης των 440 V:

$$Z_{M3} [\Omega] = \frac{V_{0-\pi\omega\lambda}^2 [\text{Volt}]^2}{S_{ov-M3} [\text{VA}]} \cdot Z_{M3} [\text{p.u.}] \Rightarrow Z_{M3} [\Omega] = \frac{440^2}{58560} \cdot Z_{M3} [\text{p.u.}] = 3,30601 \cdot Z_{M3} [\text{p.u.}]$$

$$\Rightarrow R_{M3} = 3,30601 \cdot 0,07 = 0,231421 \Omega \ \& \ X_{d,M3}'' = 3,30601 \cdot 0,188 = 0,621530 \Omega$$

Όπου Z_{M3} είναι η ισοδύναμη σύνθετη αντίσταση βάσης κινητήρα σε Ω , S_{ov-M3} η φαινόμενη ισχύς του κινητήρα ίση $P_{ov-M3} / \cos \phi_{ov-M3}$, με P_{ov-M3} ίση με 58,56 kW και $\cos \phi_{ov-M3} = 0,85$ (τυπική ονομαστική τιμή κινητήρα). Πέρα όμως αυτής της σύνθετης αντίστασης υπάρχει και η αντίστοιχη αντίσταση του μετασχηματιστή υποβιβασμού τάσης, ο οποίος έχει τα εξής ονομαστικά στοιχεία: 160 kVA, 440/115 V, 60 Hz, ονομαστική τάση βραχυκύκλωσης 4%, απώλειες χαλκού υπό ονομαστικό ρεύμα ίσες 2350 Watt. Οπότε η ισοδύναμη ωμική και αντίσταση ανηγμένη στα 440 V του μετασχηματιστή υπολογίζεται ως εξής:

$$S_{ov-M/\Sigma} [\text{VA}] = \sqrt{3} \cdot V_{0-\pi\omega\lambda} [\text{Volt}] \cdot I_{ov} [\text{A}] \Rightarrow I_{ov} [\text{A}] = \frac{S_{ov-M/\Sigma} [\text{VA}]}{\sqrt{3} \cdot V_{0-\pi\omega\lambda} [\text{Volt}]} \Rightarrow I_{ov} = \frac{160000}{\sqrt{3} \cdot 440} = 209,946 \text{ A σε } 440\text{V}$$

$$R_{M/\Sigma-440V} [\Omega] = \frac{P_{απωλειών-Cu} [\text{Watt}]}{3 \cdot I_{ov}^2 [\text{A}]^2} \Rightarrow R_{M/\Sigma-440V} = \frac{2350}{3 \cdot 209,946^2} = 0,017771875 \Omega$$

Όπου $V_{0-\pi\omega\lambda}$ είναι η ισοδύναμη πολική τάση των 440 V, $S_{ov-M/\Sigma}$ η ονομαστική φαινόμενη ισχύς του μετασχηματιστή ίση με 160 kVA, I_{ov} το ονομαστικό ρεύμα του μετασχηματιστή (στην παρούσα περίπτωση στην πλευρά των 440 V), $R_{M/\Sigma-440V}$ η ισοδύναμη ωμική αντίσταση ανηγμένη στα 440 V, $P_{απωλειών-Cu}$ οι ισοδύναμες απώλειες χαλκού του μετασχηματιστή. Στη συνέχεια υπολογίζεται η ισοδύναμη επαγωγική αντίδραση ανηγμένη στα 440 V ως εξής:

$$Z_{M/\Sigma} [\Omega] = \frac{V_{0-\pi\omega\lambda}^2 [\text{Volt}]^2}{S_{ov-M/\Sigma} [\text{VA}]} \cdot Z_{M/\Sigma} [\text{p.u.}] \Rightarrow Z_{M/\Sigma-440V} [\Omega] = \frac{440^2}{160000} \cdot Z_{M/\Sigma} [\text{p.u.}] = 1,21 \cdot Z_{M/\Sigma} [\text{p.u.}]$$

$$\Rightarrow Z_{M/\Sigma-\beta\rho\alpha\chi.-440V} = 1,21 \cdot Z_{M/\Sigma-\beta\rho\alpha\chi.} = 1,21 \cdot 0,04 = 0,0484 \Omega$$

$$\Rightarrow X_{M/\Sigma-440V} = \sqrt{Z_{M/\Sigma-\beta\rho\alpha\chi.-440V}^2 - R_{M/\Sigma-440V}^2} \Rightarrow X_{M/\Sigma-440V} = \sqrt{0,0484^2 - 0,017771875^2} = 0,045019 \Omega$$

Όπου $Z_{M/\Sigma}$ είναι η ισοδύναμη σύνθετη αντίσταση βάσης μετασχηματιστή σε Ω , $S_{ov-M/\Sigma}$ η φαινόμενη ισχύς του μετασχηματιστή ίση με 160 kVA, $X_{M/\Sigma-440V}$ η αντίστοιχη ισοδύναμη επαγωγική αντίδραση ανηγμένη στα 440 V, $Z_{M/\Sigma-\beta\rho\alpha\chi.-440V}$ η αντίστοιχη ισοδύναμη σύνθετη αντίσταση ανηγμένη στα 440 V.

Ο συγκεκριμένος μετασχηματιστής τροφοδοτεί τον ισοδύναμο κινητήρα, όπως φαίνεται και στο επόμενο σχήμα, οπότε οι συνολικές αντιστάσεις είναι οι εξής:

$$R_{M3-total} = R_{M3} + R_{M/\Sigma-440V} = 0,231421 + 0,017771875 = 0,249193 \Omega$$

$$X_{M3-total} = X_{M3} + X_{M/\Sigma-440V} = 0,621530 + 0,045019 = 0,666549 \Omega$$

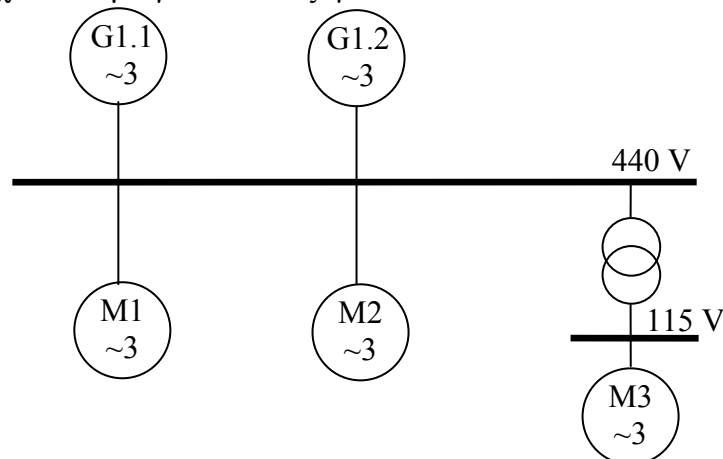
Άρα η ισοδύναμη τάση διέγερσης είναι:

$$\hat{E}_{M3}'' = \frac{440^{\angle 0^\circ}}{\sqrt{3}} - 90,40^{\angle -21,79^\circ} \cdot (0,249193 + j \cdot 0,666549) \Rightarrow$$

$$\hat{E}_{M3}'' = \frac{440^{\angle 0^\circ}}{\sqrt{3}} - 90,40^{\angle -21,79^\circ} \cdot 0,711607^{\angle 69,50^\circ} \Rightarrow$$

$$\hat{E}_{M3}'' = \frac{440 \angle 0^\circ}{\sqrt{3}} - 64,329 \angle 47,71^\circ = 210,748 - j \cdot 47,587 \Rightarrow \hat{E}_{M3}'' = 216,054 \angle -12,72^\circ \text{ Volt}$$

Επισημαίνουμε ότι το βραχυκύκλωμα γίνεται στο ζυγό των 440 V.



Σχήμα 1: Σκαρίφημα ισοδύναμου δικτύου του υπό μελέτη πλοίου, όπου G1.1 , G1.2 οι γεννήτριες του πλοίου, M1 η ισοδύναμη κύρια αντλία θαλασσινού νερού (μεγαλύτερη η καθεμία των 50 kW), M2 ο ισοδύναμος κινητήρας όλων των υπολοίπων κινητήρων των 440 V, M3 ο ισοδύναμος κινητήρας όλων των κινητήρων των 115 V

➤ Μετά την εκδήλωση του βραχυκυκλώματος ($t > 0^+$) στο ζυγό των 440 V:

- Για τις γεννήτριες ισχύει ότι το ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι ίσο με βάση τη σχέση (20):

$$\hat{I}_{sc,G} = \frac{\hat{E}_G''}{R_G + j \cdot X_{d,G}''} = \frac{263,188 \angle 3,31^\circ \text{ Volt}}{0,000015488 + j \cdot 0,030976 \Omega} = \frac{263,188 \angle 3,31^\circ}{0,030976004 \angle 89,71^\circ} = 8496,51 \angle -86,40^\circ \text{ A}$$

- Για την ισοδύναμη κύρια αντλία θαλασσινού νερού (M1) ισχύει ότι το ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι ίσο με βάση τη σχέση (21):

$$\hat{I}_{sc,M1} = \frac{\hat{E}_{M1}''}{R_{M1} + j \cdot X_{d,M1}''} = \frac{218,331 \angle -11,73^\circ \text{ Volt}}{0,10826 + j \cdot 0,29076 \Omega} = \frac{218,331 \angle -11,73^\circ}{0,31026 \angle 69,58^\circ} = 703,703 \angle -81,31^\circ \text{ A}$$

- Για τον ισοδύναμο κινητήρα των υπολοίπων κινητήρων των 440 V ισχύει ότι το ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι ίσο με βάση τη σχέση (21):

$$\hat{I}_{sc,M2} = \frac{\hat{E}_{M2}''}{R_{M2} + j \cdot X_{d,M2}''} = \frac{218,316 \angle -11,74^\circ \text{ Volt}}{0,0328692 + j \cdot 0,0882773 \Omega} = \frac{218,316 \angle -11,74^\circ}{0,0941980 \angle 69,58^\circ} = 2317,629 \angle -81,32^\circ \text{ A}$$

- Για τον ισοδύναμο κινητήρα των κινητήρων των 115 V ανηγμένα στο ζυγό των 440 V ισχύει ότι το ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι ίσο με βάση τη σχέση (21):

$$\hat{I}_{sc,M3} = \frac{\hat{E}_{M3}''}{R_{M3_total} + j \cdot X_{d,M3_total}''} = \frac{216,054 \angle -12,72^\circ \text{ Volt}}{0,249193 + j \cdot 0,666549 \Omega} = \frac{216,054 \angle -12,72^\circ}{0,711607 \angle 69,50^\circ} = 303,614 \angle -82,22^\circ \text{ A}$$

- Το συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι ίσο με βάση τη σχέση (22):

$$\hat{I}_{sc} = \sum_G \hat{I}_{sc,G} + \sum_M \hat{I}_{sc,M} = 2 \cdot 8496,51 \angle -86,40^\circ \text{ A} + 703,703 \angle -81,31^\circ \text{ A} + 2317,629 \angle -81,32^\circ \text{ A} + 303,614 \angle -82,22^\circ \text{ A}$$

$$\Rightarrow \hat{I}_{sc} = 1067,000 - j \cdot 16959,488 + 106,321 - j \cdot 695,625 + 349,767 - j \cdot 2291,084 + 41,100 - j \cdot 300,819 \text{ A}$$

$$\Rightarrow \hat{I}_{sc} = 1564,188 - j \cdot 20247,016 \text{ A} = 20307,347 \angle -85,58^\circ \text{ A}$$

Το ρεύμα αυτό αναπτύσσεται σε όλους τους ζυγούς των 440 V θεωρώντας τις μεταξύ τους αντιστάσεις μηδενικές.

- Το δυσμενέστερο κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης στους ζυγούς των 440 V είναι ίσο με τη σχέση (23):

$$I_p = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot |\hat{I}_{sc}| = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot 20,307 \text{ kA} = 57,437 \text{ kA}$$

Η μελέτη βραχυκύκλωσης για το ζυγό 115 V δεν ζητείται από το διδάσκοντα σε παρούσα εργασία. Απλώς επισημαίνουμε ότι το ρεύμα βραχυκύκλωσης στον αντίστοιχο ζυγό δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερο από:

$$\hat{I}_{sc-115} = \frac{V_{0-πολ_1}}{V_{0-πολ_2}} \cdot \hat{I}_{sc-440} = \frac{440}{115} \cdot 20,307 \text{ kA} = 77,696 \text{ kA}$$

Το τελευταίο ρεύμα προκύπτει από το μετασχηματισμό του ρεύματος βραχυκύκλωσης στο ζυγό 440 V σε ανηγμένο ρεύμα στα 115V. Λόγω της μεσολάβησης του μετασχηματιστή και της μη μηδενικής σύνθετης αντίστασής του το πραγματικό ρεύμα βραχυκύκλωσης στο ζυγό 115 V θα είναι πιο μικρό.

Ερώτημα 6. Το μονογραμμικό διάγραμμα του κύριου ηλεκτρικού δικτύου διανομής, στο οποίο να αναγράφονται :

α. Η ονομαστική ισχύς της κάθε κύριας γεννήτριας.

β. Οι διατομές τροφοδότησης των ζυγών, υποπινάκων, μηχανημάτων και συσκευών.

γ. Οι ονομαστικές εντάσεις των αυτόματων διακοπών και ασφαλειών. Ειδικά για τους αυτόματους διακόπτες που έχει γίνει μελέτη βραχυκυκλωμάτων να αναγράφεται και η ικανότητά τους διακοπής σε ρεύμα βραχυκύκλωσης.

Στο επισυναπτόμενο σχέδιο καταγράφονται οι τρεις γεννήτριες (δύο κύριες + μία εφεδρική), οι διατομές των ζυγών των πινάκων και των υποπινάκων, των μηχανημάτων και των συσκευών. Δίνονται οι ονομαστικές εντάσεις αυτόματων διακοπών (20, 32, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600), ασφαλειών (6, 10, 16, 20, 25, 35, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 224, 250, 315) και αποζευκτών (25, 35, 63, 80, 100, 160, 250, 315). Η ικανότητα διακοπής σε ρεύμα βραχυκύκλωσης με βάση τις ενδεικτικές τυποιήσεις της SIEMENS είναι των 40 kA, 70 kA και 100 kA, οπότε για τα στοιχεία 440 V επιλέγεται το επίπεδο των 40 kA, ενώ για τα στοιχεία των 115 V επιλέγεται των 100 kA (ενδεικτικά, άλλωστε μεγαλύτερη τιμή από 77 kA δεν γίνεται να λάβει).

Σημειώνονται ότι:

- Η εφεδρική γεννήτρια είναι κατάλληλα μανδαλωμένη, ώστε να μην τεθεί εντός λειτουργίας σε περίπτωση ομαλής λειτουργίας των κύριων γεννητριών 1 και 2.
- Δεν αναφέρονται σε σχέδια οι διακόπτες ισχύος που τυχόν υπάρχουν για προστασία κινητήρων (ορισμένοι κινητήρες, όπως του πηδαλίου δεν λαμβάνουν πρόσθετες διατάξεις προστασίας πέρα υπερέντασης), όπως επίσης και αντίστοιχοι αυτοματισμοί.
- Δεν επιλύεται το πρόβλημα της επιλεκτικότητας μεταξύ των αυτόματων διακοπών (θα γίνει με κατάλληλη ρύθμιση των αντίστοιχων χρονικών).