

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ισολογισμός ενεργού και άεργου ισχύος σε πλοίο μεταφοράς φυσικού αερίου με ηλεκτροπρόωση και ηλεκτρικό δίκτυο σε μέση τάση.
Επιλογή Γεννητριών

Φραγκόγιαννης Ν. Παναγιώτης

A.M.: 42740

Επιβλέπων: Σοφράς Δ. Ηλίας, Καθηγητής

Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας Πλοίου

Η ουσιαστική διαφορά της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης ενός πλοίου είναι ότι το ηλεκτρικό ρεύμα που χρειάζεται δεν υπάρχει δυνατότητα να προέρχεται από σταθμό παραγωγής ενέργειας σε σταθερό σημείο στην ξηρά, αλλά πρέπει να παράγεται μέσα στο ίδιο το πλοίο.

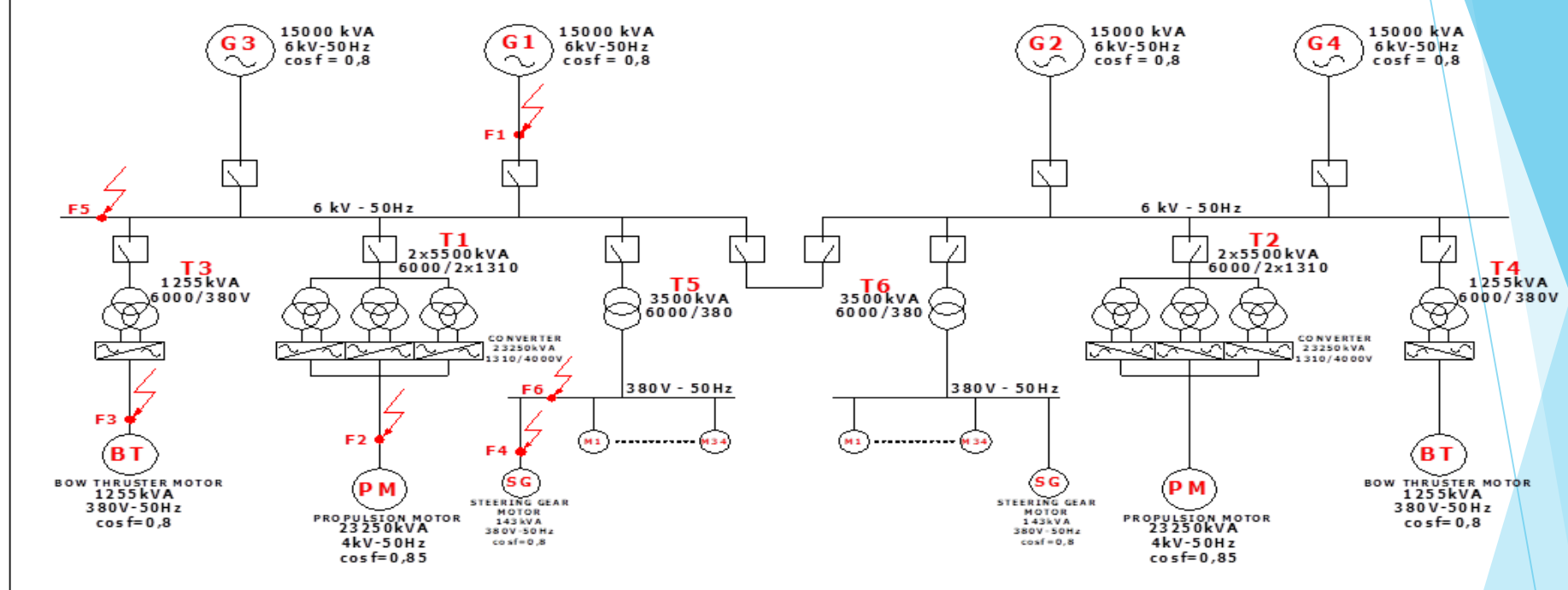
Τα κύρια στοιχεία που απαρτίζουν ένα τυπικό ΣΗΕ πλοίων είναι τα ακόλουθα:

- ▶ Πηγές ηλεκτρικής ενέργειας.
- ▶ Κύριος πίνακας μαζί με τις διατάξεις προστασίας τους διακόπτες τα όργανα ελέγχου και τους κύριους ζυγούς διανομής.
- ▶ Ηλεκτρικός πίνακας ανάγκης (Emergency) που καλύπτει μόνο τα κρίσιμα φορτία.
- ▶ Καλώδια μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.
- ▶ Ηλεκτρικοί καταναλωτές (κινητήρες πρόωσης, αντλιών φορτίου κ.τ.λ.)

Ιδιαιτερότητες Σ.Η.Ε. Πλοίων

- ▶ Το ΣΗΕ ενός πλοίου είναι ένα υβριδικό σύστημα το οποίο περιλαμβάνει υποσυστήματα εναλλασσόμενου και συνεχούς ρεύματος.
- ▶ Η συνολικά εγκατεστημένη ισχύς ανά μονάδα όγκου είναι αρκετά μεγάλη, ανέρχεται περίπου στα 40 - 80 MVA.
- ▶ Τα μεγαλύτερα ποσά ενέργειας καταναλώνονται σε ηλεκτρικούς κινητήρες.
- ▶ Το όλο σύστημα είναι εξαιρετικά αυτόνομο και η μόνη εφεδρική πηγή ενέργειας είναι το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ανάγκης.
- ▶ Σε ένα ΣΗΕ πλοίου υπάρχουν αρκετές διατάξεις ηλεκτρονικών ισχύος οι οποίες εξαιρετικά ευαίσθητες σε θέματα ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος.
- ▶ Το δίκτυο γείωσης του είναι κατά κανόνα αγείωτο.

MAIN SWITCHBOARD SHIP WITH ELECTRIC PROPULSION



Μονογραμμικό διάγραμμα ΣΗΕ πλοίου με ηλεκτρική πρόωση.

Ηλεκτροπρόωση Πλοίων

Ως ηλεκτροπρόωση ορίζεται το είδος εκείνο της πρόωσης στο οποίο οι άξονες του πλοίου κινούνται απ' ευθείας από ηλεκτρικούς κινητήρες και όχι από άλλες μηχανές όπως ντίζελ, αεριοστρόβιλους και ατμοστρόβιλους. Φυσικά οι κινητήρες ντίζελ, αεριοστρόβιλοι και ατμοστρόβιλοι εξακολουθούν να υπάρχουν στις εγκαταστάσεις ηλεκτροπρόωσης, αλλά αντί να κινούν απ' ευθείας το αξονικό σύστημα με την έλικα κινούν ηλ. γεννήτριες, που με τη σειρά τους τροφοδοτούν τους ηλεκτρικούς κινητήρες προώσεως.

Γενικά, η ηλεκτρική πρόωση μπορεί να αποδειχθεί η καταλληλότερη λύση στις ακόλουθες κατηγορίες εφαρμογών:

- Σκάφη με υψηλές απαιτήσεις ελικτικών ικανοτήτων.
- Σκάφη με μεγάλη ισχύ βοηθητικών μηχανημάτων.
- Σκάφη με μεγάλα φορτία ενδιαίτησης και έντονη διακύμανση της ισχύος πρόωσης.
- Υποβρύχια και βαθυσκάφη.

Πλεονεκτήματα της Ηλεκτροπρόωσης

- Συνεχής μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής της έλικας και της ταχύτητας του πλοίου σε όλο το πεδίο 0-100 %.
- Γρήγορη απόκριση κατά τη διάρκεια χειρισμών και δυναμικής τοποθέτησης του σκάφους.
- Χαμηλή στάθμη θορύβου και κραδασμών.
- Οικονομία καυσίμου.
- Αυξημένη αξιοπιστία (πολλά συστήματα συνδεδεμένα παράλληλα) και, επομένως, αυξημένη ασφάλεια.

Μειονεκτήματα της Ηλεκτροπρόωσης

- Υψηλό κόστος επένδυσης.
- Υψηλότερες απώλειες στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης.

Ισολογισμός Ηλεκτρικής Ισχύος

Ορισμός

Ηλεκτρικός ισολογισμός είναι ο υπολογισμός της πραγματικής και άεργου ηλεκτρικής ισχύος του συνόλου των καταναλωτών σε ένα πλοίο στις διάφορες καταστάσεις λειτουργίας του.

Ηλεκτρικός Ισολογισμός Ενεργού Ισχύος

Έχοντας ως δεδομένα για τους καταναλωτές:

- Ονομαστική ισχύ ($P_{ον}$)
- Ονομαστικό βαθμό απόδοσης (η)
- Πλήθος των όμοιων φορτίων στο πλοίο (N)
- Ονομαστική τάση λειτουργίας (V)
- Συντελεστής λειτουργίας ηλ. καταναλωτή f_s
- Συντελεστής ισχύος (0,8 για επαγωγικούς κινητήρες και 1 για φωτισμό)

Ο συντελεστής λειτουργίας (fs) δείχνει πόση ώρα δουλεύει ένας ηλ. καταναλωτής μέσα στο 24ώρο

- Continuous Operations όπου fs 1.0-0.8
- Periodical Operations όπου fs 0.8-0.4
- Temporary Operations όπου fs 0.4-0.2

Οι 5 διακριτές καταστάσεις λειτουργίας του υπό μελέτη πλοίου είναι:

- SeaGoing(HFO) Laden
- SeaGoing(Gas) Laden
- Port in/out with Thruster
- Cargo Load
- Cargo Unload

$$1. \text{Ρον. απορροφ. [kW]} = \text{Ρον. αποδ. [kW]} / \eta \quad [\text{kW}]$$

$$2. \text{Ρεγκατ. [kW]} = \text{Ρον. απορροφ. [kW]} * N \quad [\text{kW}]$$

$$3. \text{Ρλειτ. [kW]} = \text{Ρον. απορροφ. [kW]} * N' * fs \quad [\text{kW}]$$

Propulsion Plant																
Item	Set	Mode	Input	Eff'y	Output	fs	SeaGoing(HFO) Laden		SeaGoing (Gas) Laden		Port in/out with Thruster		Cargo Load		Cargo Unload	
							N'	Pop. K(W)	N'	Pop. K(W)	N'	Pop. K(W)	N'	Pop. K(W)	N'	Pop. K(W)
Electric propulsion motor	2	C	13614	0,974	13260	1,00	2	27228	2	27228	0	0	0	0	0	0
Ditto	2	T	13614	0,974	13260	0,20	0	0	0	0	2	5445,6	0	0	0	0
Propulsion motor cooling fan	4	P	14,8	0,890	13,2	0,80	4	47,36	4	47,36	4	47,36	0	0	0	0
Propulsion motor excitation power	2	C	59,0			1,00	2	118	2	118	2	118	0	0	0	0
Propulsion transformer cooling fan	8	P	2,2	0,820	1,8	0,80	4	7,04	4	7,04	4	7,04	0	0	0	0
Lub. pump for motor lub. unit	4	P	1,6	0,800	1,3	0,80	2	2,56	2	2,56	2	2,56	0	0	0	0
Total								27402,96		27402,96		5620,56				

Παράδειγμα Ισολογισμού Ενεργού Ισχύος Βοηθητικών Προωστήριων Μηχανημάτων

Ηλεκτρικός Ισολογισμός Άεργου Ισχύος

Όπως σε κάθε ΣΗΕ, έτσι και σε ένα ΣΗΕ πλοίου, εκτός από την ενεργό ισχύ υπάρχει και η άεργος. Για να είναι σωστός ο ηλεκτρικός ισολογισμός, πρέπει να γίνει ισολογισμός και για την άεργο ισχύ.

Έχοντας τα ίδια δεδομένα με αυτά για τον υπολογισμό της ενεργού ισχύος και την τιμή της ίδιας της ενεργού ισχύος μπορούμε να καταστρώσουμε τον ισολογισμό της άεργου ισχύος.

Μαθηματικοί τύποι:

1. Qάεργος = Pλειτουργίας [Kw]*tanφ [kVar])

2. Φαινόμενη Ισχύς = $S^2 = P^2 + Q^2$ [kVA]

Propulsion Plant					Operation 1		Operation 2		Operation 3		Operation 4		Operation5	
Item	V	cosφ	tanφ	fs	SeaGoing(HFO) Laden		SeaGoing (Gas) Laden		Port in/out with Thruster		Cargo Load		Cargo Unload	
					Operation Power k(W)	Reactive Power k(Var)	Operation Power k(W)	Reactive Power k(Var)	Operation Power k(W)	Reactive Power k(Var)	Operation Power k(W)	Reactive Power k(Var)	Operation Power k(W)	Reactive Power k(Var)
Electric propulsion motor	6600	0,8	0,75	1,00	27228	20421	27228	20421	0	0	0	0	0	0
Ditto	6600	0,8	0,75	0,20	0	0	0	0	5445,6	4084,2	0	0	0	0
Propulsion motor cooling fan	440	0,8	0,75	0,80	47,36	35,52	47,36	35,52	47,36	35,52	0	0	0	0
Propulsion motor excitation power	6600	0,8	0,75	1,00	118	88,5	118	88,5	118	88,5	0	0	0	0
Propulsion transformer cooling fan	440	0,8	0,75	0,80	7,04	5,28	7,04	5,28	7,04	5,28	0	0	0	0
Lub. pump for motor lub. unit	440	0,8	0,75	0,80	2,56	1,92	2,56	1,92	2,56	1,92	0	0	0	0
Total					27402,96	20552,22	27402,96	20552,22	5620,56	4215,42	0	0	0	0
Apparent Power k(VA)					34253,7		34253,7		7025,7		0		0	
tanφ					0,75		0,75		0,75		0		0	
cosφ					0,8		0,8		0,8		0		0	

Ισολογισμός Ηλεκτρικής Ισχύος Εκτάκτου Ανάγκης

Υπάρχει άλλη μία κατηγορία ηλεκτρικών φορτίων η οποία είναι πολύ σημαντική και πρέπει να την λάβουμε υπόψιν μας. Πιο συγκεκριμένα είναι η κατάσταση 'Εκτάκτου Ανάγκης', άρα είναι πολύ σημαντικό να πραγματοποιήσουμε έναν ακόμα ισολογισμό ενεργού και άεργου ισχύος. Η μόνη διαφορά με του δύο προηγούμενους ισολογισμούς είναι ότι αλλάζουν οι διακριτές καταστάσεις λειτουργίας.

Πιο συγκεκριμένα είναι:

- Emergency Black-out
- Emergency Fire

Επίσης ο συντελεστής λειτουργίας κάθε καταναλωτή (f_s) είναι 1

Emergency										
Item	Set	Mode	Input	Eff'y	Output	fs	Emergency Black-out		Emergency Fire	
							N'	Pop. K(W)	N'	Pop. K(W)
Engine room fan	4	C	60,4	0,910	55	1,00	1	60,4	0	0
Fire pump	1	C	81,5	0,920	75	1,00	0	0	1	81,5
Em'cy fire pump	1	C	60,4	0,910	55	1,00	0	0	1	60,4
Steering gear motor	2	C	107,5	0,930	100	1,00	1	107,5	1	107,5
Elevator	1	C	8,6	0,870	7,5	1,00	1	8,6	0	0
Control & navigation equip.	1	C	25			1,00	1	25	1	25
Electric whistle	1	C	5,5			1,00	1	5,5	1	5,5
Em'cy & navigation lighting	1	C	40			1,00	1	40	1	40
Total								247		319,9

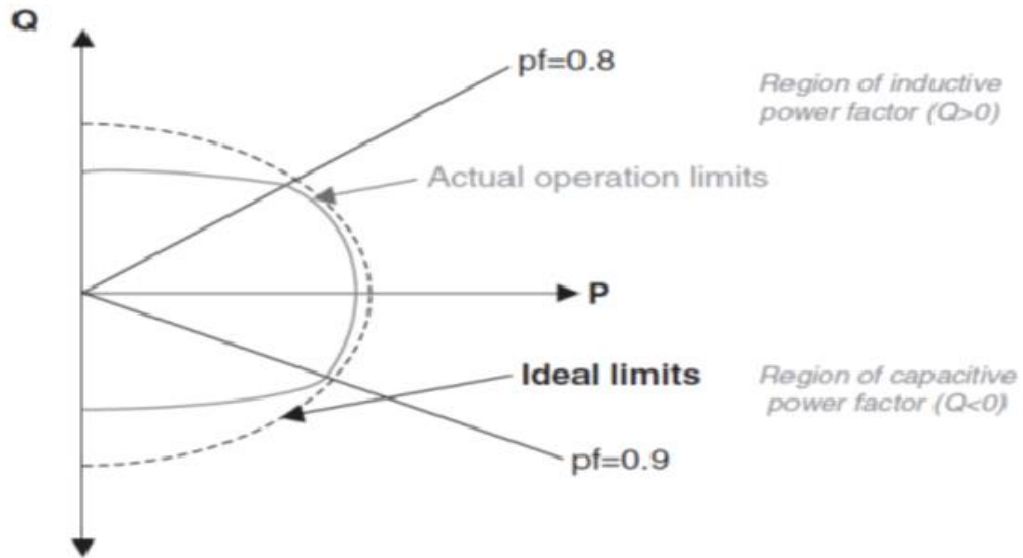
Παράδειγμα Ισολογισμού Ενεργού Ισχύος Εκτάκτου Ανάγκης

Emergency					Operation 1		Operation 2	
Item	V	cosφ	tanφ	fs	Emergency Black-out		Emergency Fire	
					Operation Power k(W)	Reactive Power k(Var)	Operation Power k(W)	Reactive Power k(Var)
Engine room fan	440	0,8	0,75	1,0	60,4	45,3	0	0
Fire pump	440	0,8	0,75	1,0	0	0	81,5	61,13
Em'cy fire pump	440	0,8	0,75	1,0	0	0	60,4	45,3
Steering gear motor	440	0,8	0,75	1,0	107,5	80,625	107,5	80,63
Elevator	440	0,8	0,75	1,0	8,6	6,45	0	0
Control & navigation equip.	220	1,0	0	1,0	25	0	25	0
Electric whistle	220	1,0	0	1,0	5,5	0	5,5	0
Em'cy & navigation lighting	220	1,0	0	1,0	40	0	40	0
Total					247	132,375	319,9	187,05
Apparent Power k(VA)					280,24		370,57	
tanφ					0,54		0,58	
cosφ					0,88		0,86	

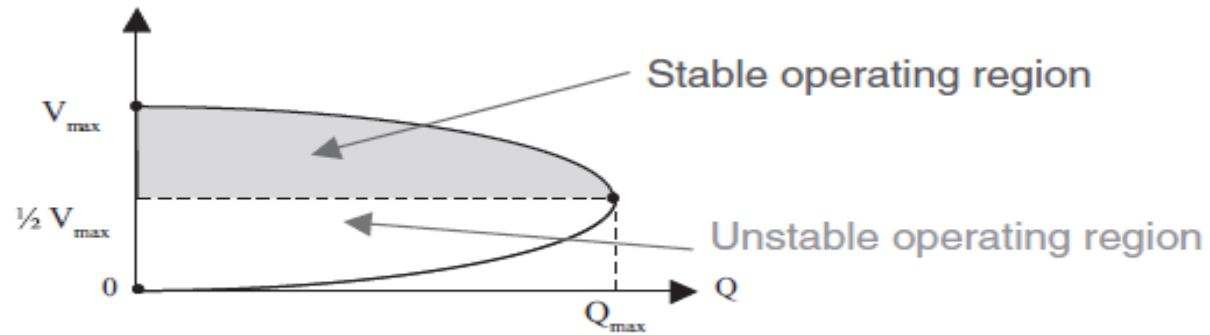
Παράδειγμα Ισολογισμού Άεργου Ισχύος Εκτάκτου Ανάγκης

Προβλήματα Ισορροπίας ηλεκτρικής ενέργειας στα Σ.Η.Ε. των Πλοίων

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που ενδέχεται να εμφανιστούν είναι η παρουσία άεργου ισχύος (πάνω από ένα όριο) στο ΣΗΕ του πλοίου. Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας του πλοίου είναι ένα αυτόνομο σύστημα που περιλαμβάνει περιορισμένο αριθμό γεννητριών και μεγάλο αριθμό φορτίων, τα περισσότερα από τα οποία αποτελούνται από ασύγχρονους κινητήρες. Από την άποψη της ισορροπίας της ηλεκτρικής ενέργειας οι σύγχρονες γεννήτριες πρέπει να έχουν την ικανότητα να απορροφούν ή να τροφοδοτούν την άεργη ισχύ στο σύστημα και τα κοντινά φορτία.



Όρια λειτουργίας γεννήτριας



Καμπύλη τάσης - άεργου ισχύος σύγχρονης γεννήτριας (Αύξηση της άεργου ισχύος μπορεί να οδηγήσει στην ασταθή περιοχή)

Η περίπτωση υπερφόρτωσης της γεννήτριας μπορεί να λυθεί με την εγκατάσταση χωρητικοτήτων στο ζυγό σύνδεσης των κινητήρων ώστε να παρέχουν την επιπλέον άεργο ισχύ που απαιτείται.

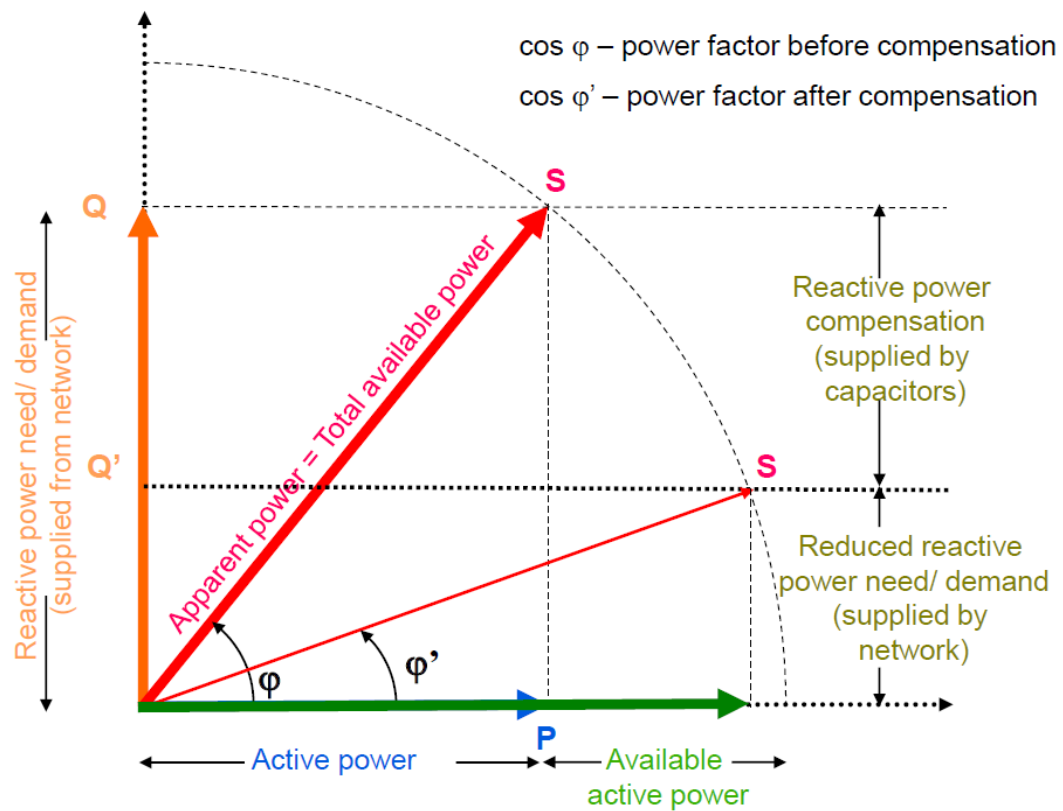
Αντιστάθμιση Άεργου Ισχύος

Μερικοί από τους λόγους για την εφαρμογή αντιστάθμισης ισχύος είναι οι εξής:

- Μείωση των απαιτήσεων στην συνολική ηλεκτρική ενέργεια και συνεπώς στην αντίστοιχη κατανάλωση καυσίμου.
- Μείωση απωλειών και συνεπώς θέρμανσης στο Σ.Η.Ε.
- Μείωση του ρεύματος στις γραμμές διανομής

Τρόποι Αντιστάθμισης Άεργου Ισχύος

- Σύγχρονοι συμπικνωτές
- Στατικοί πυκνωτές
- Στατικός αντισταθμιστής Var Θυρίστορ



Τρίγωνο ισχύος πριν και μετά την αντιστάθμιση (S πριν την αντιστάθμιση , S' μετά την αντιστάθμιση)

Επιλογή Κύριων και Γεννήτριας Ανάγκης

Με βάση τα αποτελέσματα του ισολογισμού, επιλέγονται γεννήτριες ώστε να είναι ικανές να καλύψουν το ηλεκτρικό φορτίο. Επειδή όμως το ηλεκτρικό φορτίο είναι μεγάλο, με βάση τους κανονισμούς του GL και τη διεθνή σύμβαση SOLAS, η κύρια αυτή πηγή θα πρέπει να αποτελείται από τουλάχιστον δύο ανεξάρτητες μεταξύ τους ηλεκτρογεννήτριες.

Η ικανότητα αυτών των γεννητριών θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε σε περίπτωση διακοπής της λειτουργίας μιας γεννήτριας, η εναπομένουσα ηλεκτρογεννήτρια να μπορεί να τροφοδοτήσει επαρκώς όλα τα φορτία τα οποία είναι απαραίτητα, κατά την εν πλω κατάσταση, για την εξασφάλιση:

- κανονικών συνθηκών λειτουργίας για την πρόωση και την ασφάλεια του πλοίου.
- της προστασίας του φορτίου
- των ελαχίστων συνθηκών άνετης διαβίωσης.

Ωστόσο, στην πραγματικότητα συνηθίζεται μια πιο συντηρητική προσέγγιση, για λόγους ασφαλείας, αλλά και για τη διευκόλυνση των διαδικασιών συντήρησης, δηλαδή αύξηση του αριθμού των εγκατεστημένων ηλεκτρογεννητριών σε τρεις τουλάχιστον γεννήτριες, που συνήθως έχουν ίδια ονομαστική ισχύ.

Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία είναι ότι με τον αναλυτικό-ορθό ηλεκτρικό ισολογισμό της ενεργού και άεργου ισχύος και κα επέκταση την σωστή διαστασιολόγηση των γεννητριών, μπορούμε να έχουμε μείωση απωλειών του Σ.Η.Ε., οικονομία καυσίμου και μεγαλύτερη διαθέσιμη πραγματική ισχύ. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει να θεωρήσουμε ότι οι γεννήτριες θα πρέπει να λειτουργούν σε φόρτιση 85-90%.

Υπό τέτοια φόρτιση οι γεννήτριες παρουσιάζουν μέγιστο βαθμό απόδοσης, το οποίο αυτομάτως σημαίνει μείωση των ρύπων του περιβάλλοντος αλλά και λιγότερη ανάγκη συντήρησης της μηχανής.

- Υποδιαστασιολόγηση των στοιχείων θα μπορούσε να οδηγήσει το πλοίο σε μια κατάσταση επικίνδυνη:
 1. καταστροφή ηλεκτρικού εξοπλισμού
 2. μη επαρκής ισχύς παροχής των ουσιωδών καταναλωτών για την ασφάλειά του αλλά και των επιβαινόντων.
- Υπερδιαστασιολόγηση είναι μεν από την ασφαλή πλευρά ωστόσο αυξάνει:
 1. τον όγκο του ηλεκτρικού εξοπλισμού στο πλοίο
 2. το συνολικό βάρος του πλοίου
 3. το κόστος της συνολικής εγκατάστασης.

Ευχαριστώ για τον χρόνο σας