

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΥΒΡΙΔΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ
ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΩΣΗΣ ΤΗΣ ΦΡΕΓΑΤΑΣ ΜΕΚΟ
A200

ΦΟΙΤΗΤΕΣ: Ένι Ντόντα

Γεώργιος Χάσπαρης

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. Απόστολος Πολυζάκης

ΠΑΤΡΑ 2021

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα Εικόνων	4
Περιεχόμενα Σχημάτων	4
Περιεχόμενα Πινάκων	5
Περίληψη	6
1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ	7
1.1 Φρεγάτες και Καταδρομικά	7
1.2 Φρεγάτα MEKO A200.....	7
1.2.1 Διαστασιολόγηση.....	8
1.2.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά.....	8
1.3 Τύποι πλοίων.....	9
1.4 Τύποι Γάστρας	10
2ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Η ΣΕΙΡΑ MEKO	11
2.1 Φρεγάτες τύπου MEKO	11
2.2 Σειρά φρεγατών MEKO.....	11
2.3 Ο Ρόλος των MEKO	12
2.4 Το μέλλον των MEKO.....	13
2.5 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα των MEKO A200.....	14
2.6 MEKO A300: Η μεγαλύτερη σε βάρος οπλισμένη A/A φρεγάτα ανάμεσα στις υπονηφιότητες του ΠΝ.....	15
2.7 Χαρακτηριστικά MEKO A300	15
2.8 Οπλικό σύστημα πυραύλων της MEKO A300	16
2.8.1 Πύραυλος SM-2 (StandardMissile 2)	16
2.8.2 Πύραυλος ASTER 30 (AeroSpaialeTERminale – ΑΣΤΗΡ/Αστέρας).....	18
2.8.3 Πύραυλος CAMM-ER (Common Anti-Air Modular Missile-Extended Range).....	21
2.8.4 Πύραυλος RIM-162 ESSM (Evolved Sea Sparrow Missile).....	22
3ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Αεριοστρόβιλοι	25
3.1 Αεριοστρόβιλος GELM2500	25
3.2 Εκδόσεις A/Σ LM2500	25
3.3 Ελληνικές εφαρμογές ως κινητήρες ναυτικής προώσεως.....	27
4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Αξονοστρόβιλοι - Υδροωθητές	28
4.1 Αξονοστρόβιλος (TurboshaftEngine)	28
4.1.1 Ανάλυση κινητήρα Turboshaft με όρους ρευστομηχανικής	29
4.2 Υδροωθητές (WaterJets).....	38
4.3 Αρχή λειτουργίας Υδροωθητή	39
4.4 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα υδροωθητή	40

5° ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Σύστημα πρόωσης και ισχύος	43
5.1 Σύστημα CODAG	43
5.2 Σύστημα CODAG-WARP	45
5.3 Άλλες Συνδυασμένες μονάδες Ισχύος/Πρόωσης	47
5.3.1 Σύστημα CODAD	47
5.3.2 COmbined Diesel And Gas turbine, CODAG	47
5.3.3 COmbined Diesel Or Gas turbine, CODOG	50
5.3.4 CODOGX και CODAGX	51
5.3.5 COGAGX-DX	52
5.3.6 COmbined Gas And Gas turbine, COGAG	53
5.3.7 COGAGX	54
5.3.8 COmbined Gas Or Gas turbine, COGOG	55
5.3.9 COmbined Steam And Gas turbine, COSAG	56
5.3.10 COmbined Gas turbine and steam turbine integrated Electric drive System, COGES	57
5.3.11 COmbined Diesel eLectric And Gas turbine, CODLAG	58
5.4 Συνδυασμός μονάδων Ισχύος/Πρόωσης	59
5.4.1 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα Συνδυασμών Μονάδων Ισχύος/Πρόωσης.....	61
5.5 Επιλογή συστήματος Ισχύος/Πρόωσης.....	63
5.6 Ηλεκτροπαραγωγή ζεύγη – Ντιζελοηλεκτρική πρόωση.....	65
5.6.1 Πλεονεκτήματα Ντιζελοηλεκτρικής πρόωσης.....	66
5.6.2 Μειονεκτήματα Ντιζελοηλεκτρικής πρόωσης.....	67
5.6.3 Κατηγορίες Ντιζελοηλεκτρικής πρόωσης.....	68
5.7 Συστήματα πρόωσης	70
6° ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Η Θεωρία των Προπελών	72
6.1 Εισαγωγή στις προπέλες	72
6.2 Τρόπος Μετάδοσης κίνησης στην προπέλα.....	72
6.3 Προπέλες.....	73
6.4 Προβλήματα προπελών.....	74
6.5 Μέτρα πρόληψης της σπηλαίωσης	75
6.6 Τύποι προπελών πλοίων.....	76
6.7 Παρελκόμενα εξαρτήματα πρόωσης με προπέλα	78
Βιβλιογραφία	80

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1: Φρεγάτα MEKO A200.....	7
Εικόνα 2: Αριστερά απεικονίζεται ο υδροπροωθητής και οριζόντια έξοδος των καυσαερίων και δεξιά ο μεγαλύτερος υδροπροωθητής που κατασκευάστηκε ποτέ σε πλήρη ισχύ.....	9
Εικόνα 3: Φρεγάτα τύπου Μέκο	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Εικόνα 4: Στιγμιότυπο της Φρεγάτας MEKO A300	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Εικόνα 6: Απεικόνιση του γαλλοϊταλικού πυραύλου ASTER.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Εικόνα 7: Τρισδιάστατη απεικόνιση των πυραύλων ASTER 15 & 30.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Εικόνα 8: Αποτελούμενα μέρη του πυραύλου CAMM-ER.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Εικόνα 9: Η εξέλιξη των SeaSparrow πυραύλων	23
Εικόνα 10: LM2500+G4 παραγωγής ισχύος (6-βάθμιος στρόβιλος ισχύος)	26
Εικόνα 11: LM2500-PE παραγωγή ώσης (6-βάθμιος στρόβιλος ισχύος)	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Εικόνα 12: LM2500+ παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (2-βάθμιος στρόβιλος ισχύος) Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.	
Εικόνα 13: Αξονοστρόβιλος (TurbohaftEngine	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Εικόνα 14: Σχηματική παράσταση διάταξης CODAG. [Wikipedia]	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Εικόνα 15: Κατανομή του συστήματος ντιζελοηλεκτρικής πρόωσης, σε όλη την καρίνα του πλοίου, [AEN Μακεδονίας]	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Εικόνα 16: Καινοτόμο diesel-ηλεκτρικό σύστημα σε φορτηγό πλοίο ... Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.	
Εικόνα 17: Απεικόνιση κατά την διάρκεια συντήρησης της προπέλας. Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.	
Εικόνα 18: Φαινόμενο σπηλαιώσης.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.

Περιεχόμενα Σχημάτων

Σχήμα 1: Τα καυσαέρια τόσο από τους κύριους κινητήρες diesel όσο και από τον αεριοστρόβιλο οδηγούνται σε κοινό οριζόντιο αγωγό εξαγωγής	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Σχήμα 2: Χαρακτηριστικά και εικονική αναπαράσταση των εκδόσεων Block IIIA&Block IIIB.....	18
Σχήμα 3: Turbohaft μονού άξονα.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Σχήμα 4: Διαδικασία στο χάρτη του συμπιεστή.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Σχήμα 5: Διαδικασία στο χάρτη θαλάμου καύσης.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Σχήμα 6: Διαδικασία στο χάρτη στροβίλου.....	37
Σχήμα 7: Δομή του υδροωθητή.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Σχήμα 8: Λειτουργία υδροωθητή.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Σχήμα 9: Εικονική παράσταση της αρχής λειτουργίας του waterjet.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Σχήμα 10: Διάταξη συστήματος CODAG	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.

Σχήμα 11: Διαφορετικές δυνατότητες (operation modes) του συστήματος CODAGWARP, [Blohm&Voss].....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Σχήμα 12: Α. Διάταξη συστήματος CODAD με δύο ζεύγη ομοίων πετρελαιομηχανών για την καθοδήγηση 2 προπελών. Β. Διάταξη συστήματος CODAD mother-daughter για την καθοδήγηση 2 προπελών, [Wikipedia].....	47
Σχήμα 13: Σύστημα CODAG για την καθοδήγηση 2 προπελών μεταβλητού βήματος. Με την κατάλληλη συνδυαστική χρήση του συστήματος κιβωτίων μπορούν να προκύψουν 4 διαφορετικά operation modes, [Wikipedia].....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Σχήμα 14: Συνδυασμένο CODOG για την καθοδήγηση 2 προπελών.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Σχήμα 15: Σχηματική παράσταση διάταξης CODOGX ή CODAGX για την καθοδήγηση 2 προπελών.	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Σχήμα 16: Σχηματική παράσταση διάταξης COGAGX-DX για την καθοδήγηση 2 προπελών.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Σχήμα 17: Σύστημα COGAG για την καθοδήγηση 2 προπελών μεταβλητού βήματος.	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Σχήμα 18: Συνδυασμός τριών ομοίων αεριοστρόβιλων σε διάταξη COGAGX, για την καθοδήγηση 2 προπελών. [Wikipedia].....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Σχήμα 19: Σύστημα COGOG. [Wikipedia].....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Σχήμα 20: Σύστημα COSAG. [Wikipedia].....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Σχήμα 21: Σύστημα COGES. [Wikipedia].....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Σχήμα 22: Σύστημα CODLAG. [Wikipedia].....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Σχήμα 23: Σχηματική διάταξη ντιζελοηλεκτρικής πρόωσης.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Σχήμα 24: Σχηματική απεικόνιση μερών προπέλας.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Σχήμα 25: Σχηματική Απεικόνιση Άξονα Προπέλας.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1: Τεχνικά Χαρακτηριστικά αεριοστρόβιλου LM2500.....	27
Πίνακας 2: Ο LM2500 σε Ελληνικές εφαρμογές	27
Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά διαφορετικών τύπων μονάδων ισχύος πλοίων.....	60
Πίνακας 4: Κωδικοποιημένη ονοματολογία συστημάτων πρόωσης.....	62

Περίληψη

Στην πτυχιακή μας θα αναλύσουμε την υβριδική μονάδα ισχύος και το σύστημα πρόωσης της σειράς φρεγατών MEKO A200 και A300. Αρχικά θα γίνει εισαγωγή στην θεωρία του πλοίου, όπως την παρουσίαση των διαφορετικών τύπων πλοίων που υπάρχουν. Έπειτα θα γίνει παρουσίαση των βασικών χαρακτηριστικών των φρεγατών μας και θα αναλυθεί ο ουσιαστικός τους ρόλος. Θα παρουσιάσουμε το σπλικό σύστημα της MEKO A200 και θα περιγράψουμε τους πυραύλους. Επιπλέον θα γίνει τεχνική περιγραφή του αεριοστρόβιλου της φρεγάτας MEKO A200 τον GELM2500 αλλά και η έκδοση Α/Σ LM2500 και θα αναφερθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Στο επόμενο κεφάλαιο θα μιλήσουμε για τον αξονοστρόβιλο (TurbohaftEngine) όπου θα γίνει και μαθηματική ανάλυση του αξονοστρόβιλου της σειράς φρεγατών MEKO. Επίσης θα αναφερθεί ο υδροωθητής και η αρχή λειτουργίας του. Στην συνέχεια θα αναλύσουμε τις συνδυασμένες μονάδες ισχύος και πρόωσης όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις φρεγάτες μας αλλά και τον τρόπο με τον οποίο μπορούμε να επιλέξουμε το κατάλληλο σύστημα ώστε να πετύχουμε τον βέλτιστο συνδυασμό για υψηλές αποδόσεις. Επιπροσθέτως θα γίνει ανάλυση για τα Ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη και την Ντιζελοηλεκτρική πρόωση. Τέλος θα γίνει αναφορά σε ένα από τα πιο βασικά εξαρτήματα της φρεγάτας, την προπέλα. Θα αναφερθεί ο τρόπος μετάδοσης της κίνησης στις προπέλες και θα αναλυθεί η αρχή θεωρίας των προπελών, τα προβλήματα που μπορούν να εμφανιστούν αλλά και τις λύσεις που μπορούμε να δώσουμε.

1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

1.1 Φρεγάτες και Καταδρομικά

Πλοία τέτοιων κατηγοριών κατά το πλείστον εφαρμόζουν χαμηλές και μέσες ταχύτητες, ενώ οι απαιτήσεις μεγεθύνονται όταν εμπλέκονται σε διάφορες επιχειρήσεις ή ασκήσεις. Η μέχρι στιγμής εκτίμηση για το 60-70% του χρόνου κίνησης των κατηγοριών αυτών, είναι η ταχύτητα 18-20 knts. Τα κριτήρια με τα οποία γίνεται η επιλογή του συστήματος πρόωσης (με σειρά προτεραιότητας) είναι:

- Μειωμένη κατανάλωση του καυσίμου υπό συνθήκες μικρής ή μέσης ισχύος.
- Ελάχιστο βάρος, το οποίο δίνει τη δυνατότητα στο πλοίο να επιταχύνει με την απαιτούμενη μέγιστη ταχύτητα.
- Μικρό όγκο, όπου το σκάφος θα είναι σε θέση να μεταφέρει ένα ικανοποιητικό οπλισμό καθώς και καύσιμα, με αποτέλεσμα να πετυχαίνει τη μέγιστη εμβέλεια.
- Αρκετά μεγάλη διαθεσιμότητα, ταχύτερη συντήρηση και αξιοπιστία.

Τα ορισμένως κατάλληλα πλέον συστήματα πρόωσης για αυτές τις κατηγορίες είναι τα: CODOD, CODOG, COGAG, CODLAG και IEP.

1.2 Φρεγάτα MEKO A200



Εικόνα 1: Φρεγάτα MEKO A200

1.2.1 Διαστασιολόγηση

Το εκτόπισμα των πλοίων είναι 3.700 τόνοι περίπου, ενώ οι διαστάσεις τους είναι (μήκος x πλάτος x βύθισμα) 121 μέτρα x 16,34 μέτρα x 5,95 μέτρα. Τα πλοία απαιτούν 152 άτομα πλήρωμα (συμπεριλαμβανομένου και του πληρώματος του ελικοπτέρου), ενώ η μέγιστη αυτονομία του πλοίου είναι 28 ημέρες. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το πλοίο μπορεί να φιλοξενήσει ταυτόχρονα δύο (2) ελικόπτερα ή δύο (2) UAV ή ένα (1) ελικόπτερο και ένα (1) UAV.

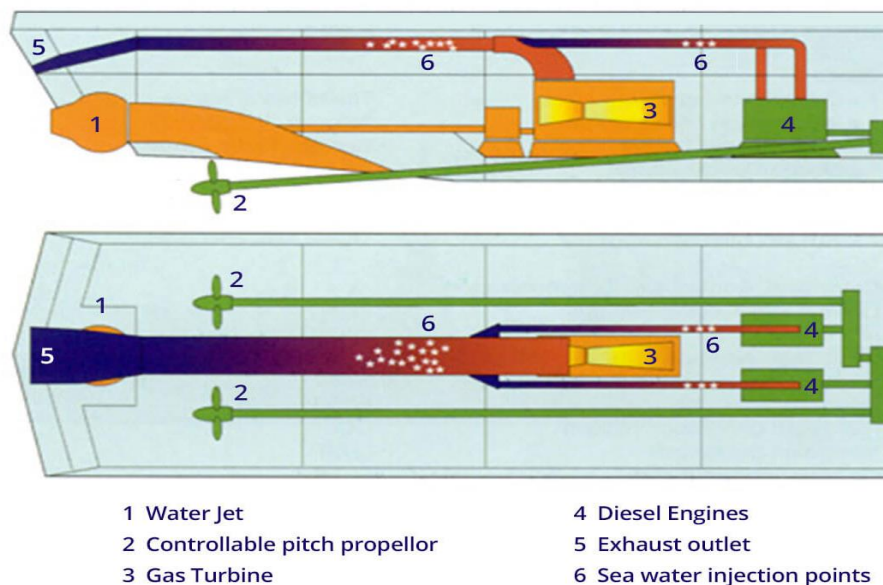
1.2.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Η γάστρα καθώς και η υπερκατασκευή είναι κατασκευασμένη από ατσάλι ενώ γίνεται εκτεταμένη χρήση χάλυβα υπέρμετρης αντοχής. Η χρήση αλουμινίου ή σύνθετων υλικών είναι ανύπαρκτη. Η φρεγάτα έχει στη διάθεσή της ενεργητικούς σταθεροποιητές οι οποίοι με τη συμβολή τους τη βοηθούν στη χρησιμοποίηση των όπλων της και του ελικοδρομίου για ταχύτητες μέχρι και 24 knots και κατάσταση θάλασσας 6.

Ένα επίσης καινοτόμο χαρακτηριστικό της σειράς MEKO-A200 είναι ότι δεν διαθέτουν κατακόρυφο καπνοδόχο (φουγάρο, funnel) για την εξαγωγή των καυσαερίων. Αντίθετα διαθέτουν οριζόντιους αγωγούς εξαγωγής από κάθε μονάδα ισχύος που συγκλίνουν και εν τέλει εξέρχονται από το πρυμναίο μέλος του σκάφους. Για το λόγο αυτό το μηχανοστάσιο έχει τη δυνατότητα μετακίνησης προς την πρύμνη, υψώνοντας το εκμεταλλεύσιμο μήκος του πλοίου στο 66% του μήκους του. Μία τέτοια διαμόρφωση εξοικονομεί επίσης χώρο για την τοποθέτηση κυρίως οπλικών συστημάτων και ενδιάιτησης. Η απουσία του κατακόρυφου καπνοδόχου, συμβάλλει στη μείωση των ταλαντώσεων, με αποτέλεσμα το πλοίο να εμφανίζει μειωμένο ακουστικό ίχνος. Επίσης να υπογραμμιστεί ότι σημαντική είναι και η μείωση του θερμικού ίχνους του πλοίου, καθώς τα θερμά καυσαέρια εξέρχονται κοντά στον υδροπροωθητή και επειδή είναι μεγάλη η πιθανότητα να ψεκαστούν με νερό, εξέρχονται με χαμηλή σχετικά θερμοκρασία.



Εικόνα 2: Αριστερά απεικονίζεται ο υδροπροωθητής και οριζόντια έξοδος των καυσαερίων και δεξιά ο μεγαλύτερος υδροπροωθητής που κατασκευάστηκε ποτέ σε πλήρη ισχύ.



Σχήμα 1: Τα καυσαέρια τόσο από τους κύριους κινητήρες diesel όσο και από τον αεριοστρόβιλο οδηγούνται σε κοινό οριζόντιο αγωγό εξαγωγής

1.3 Τύποι πλοίων

Τα πλοία κατηγοριοποιούνται ανάλογα τις κλάσεις και τύπους, αλλά και:

- Την χρήση τους π.χ. πολιτικά, πολεμικά.
- Το φορτίο και την φύση του π.χ. επιβατικά, εμπορικά, οχηματαγωγά.
- Τον τρόπο με τον οποίο το φορτίο φορτώνεται και ξεφορτώνεται π.χ. αντλίες, γεραμούς.

1.4 Τύποι Γάστρας

Τα πλοία ταξινομούνται ανάλογα με τον αριθμό των γαστρών ή καρινών που υπάρχουν στο πλοίο σε:

- Μονής Γάστρας → Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν τα περισσότερα πλοία, συνήθως αυτά με μεσαίο και μεγάλο μέγεθος.
- Μονής γάστρας με τορπίδα → Ο συγκεκριμένος τύπος εμφανίζεται σε ιστιοφόρα αλλά ειδικότερα σε θαλαμηγούς. Η τορπίδα περιέχει μόλυβδο με λειτουργία παρόμοια με ερμά με στόχο να χαμηλώσει το κέντρο βάρους του σκάφους με αποτέλεσμα να

αυξηθεί η αστάθεια του. Ο βασικός σκοπός της είναι να αποτραπεί η ανατροπή του σκάφους.

- Διπλής γάστρας(catamaran) → Τα πλοία τύπου catamaran έχουν μεγαλύτερο πλάτος σε σύγκριση με τα συμβατικά πλοία, όπως και μεγαλύτερη ευστάθεια. Είναι σύγχρονα πλοία οχηματαγωγού ή πολεμικού πλοίου παράκτιας άμυνας.
- Τριπλής γάστρας → Διαθέτουν τρεις καρίνες: την κεντρική η οποία είναι και η μεγαλύτερη αλλά και δύο όμοιες μεταξύ τους πλευρικές, με μικρότερο μέγεθος από την κεντρική. Οι τρεις αυτές καρίνες, συνδέονται μεταξύ τους με μία μεγάλη κατασκευή στο πάνω μέρος τους. Αυτός ο τύπος πλοίων παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευστάθεια από τα catamaran. Είναι συχνότερα σκάφη ιστιοπλοϊκών αγώνων, yacht ή πλοία παράκτιας μάχης.

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Η ΣΕΙΡΑ ΜΕΚΟ

2.1 Φρεγάτες τύπου ΜΕΚΟ

Η φρεγάτα ΥΔΡΑ ήταν η πρώτη από τις συνολικά τέσσερις φρεγάτες τύπου ΜΕΚΟ (ΥΔΡΑ, ΣΠΕΤΣΑΙ, ΨΑΡΑ και ΣΑΛΑΜΙΣ) και κατέφθασε στην Ελλάδα το 1992. [11] Οι υπόλοιπες παραδόθηκαν μέσα στα επόμενα χρόνια και ναυπηγήθηκαν στα Ελληνικά Ναυπηγεία Σκαραμαγκά. Το ακρωνύμιο ΜΕΚΟ προέρχεται από την έκφραση MEhrzweckKOmbination που σημαίνει “Συνδυασμός Πολλαπλών Χρήσεων” καθώς διαθέτει εναλλακτικά συστήματα πρόωσης και εξοπλισμού.



Εικόνα 3: Φρεγάτα τύπου Μέκο

Για μια από τις μεγαλύτερες υποψηφιότητες του Ελληνικού ΠΝ, τη MEKO A200, το ΠΝ επέλεξε το προωστήριο σκεύος δύο αξονικών συστημάτων συνδυασμού Diesel και A/Σ (σύστημα CODAG-WARP), μέσω του οποίου χρησιμοποιείται ένας αεριοστρόβιλος τύπου LM2500 (LM2500GT) ο οποίος ωθεί έναν υδροπροωθητή για την επίτευξη μέγιστων ταχυτήτων.

2.2 Σειρά φρεγατών MEKO

Η οικογένεια πολεμικών πλοίων MEKO αναπτύχθηκε από την γερμανική εταιρεία Blohm + Voss. MEKO® είναι κατοχυρωμένο εμπορικό σήμα. Το ακρωνύμιο σημαίνει Multi-purpose combination (*συνδυασμός πολλαπλών λειτουργιών*). Είναι μια έννοια στην σύγχρονη ναυπηγική βασισμένη στην προσαρμοστικότητα του οπλισμού, ηλεκτρονικών και άλλου εξοπλισμού, στοχεύοντας στην ευκολία συντήρησης και μείωση των δαπανών. Τα πλοία MEKO περιλαμβάνουν οικογένειες φρεγατών, κορβετών και περιπολικών σκαφών. Η κατασκευή των πλοίων MEKO ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας 1970 με τον σχεδιασμό και μετέπειτα ναυπήγηση της Νιγηριανής MEKO 360 H1.

Χαρακτηριστικό της σειράς MEKO είναι η κατά στοιχεία κατασκευή της. Τα οπλικά συστήματα, όπως επίσης και τα ηλεκτρονικά και άλλα μηχανικά μέρη των πλοίων είναι τυποποιημένα, και ο πελάτης μπορεί να κατασκευάσει από αυτά τα στοιχεία πλοία εξειδικευμένα ή πολλαπλών ρόλων άμεσα. Αυτό σημαίνει ότι ο πελάτης συνήθως αγοράζει (ή σε ορισμένες περιπτώσεις κατασκευάζει) την γάστρα κατά τα πρότυπα MEKO, και στη συνέχεια προσθέτει τον απαραίτητο επιχειρησιακό εξοπλισμό στις προδιαγεγραμμένες θέσεις

του πλοίου. Αυτές οι θέσεις κατασκευάζονται ώστε να τυποποιούν την διεπαφή μεταξύ των όλων των συστημάτων αλλά και μεταξύ των συστημάτων και του πληρώματος. Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι η κατασκευή και η αναβάθμιση του πλοίου απλοποιείται και είναι οικονομικότερη, ενώ εξασφαλίζεται πιο εύκολα και πιο οικονομικά η συμβατότητα μεταξύ των επιχειρησιακών του συστημάτων. Επίσης, η αλλαγή ρόλων του πλοίου (π.χ. από ανθυποβρυχιακό πόλεμο σε αεράμυνα) εξασφαλίζεται τάχιστα, με την απλή αλλαγή ορισμένων υποσυστημάτων.

Για τους λόγους αυτούς, τα σκάφη τύπου ΜΕΚΟ έχουν γνωρίσει ιδιαίτερη επιτυχία διεθνώς, και έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα ικανά στις επιχειρησιακές τους υποχρεώσεις. Οι χρήστες και τα σκάφη του τύπου παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα.

Ταχύτητα και Εμβέλεια

Η μέγιστη ταχύτητα των πλοίων είναι 28 κόμβοι (52 χιλιόμετρα την ώρα), ενώ με ταχύτητα πλεύσης τους 16 κόμβους (30 χιλιόμετρα την ώρα) η μέγιστη εμβέλεια των ΜΕΚΟΑ200 είναι 8.000 ναυτικά μίλια (14.816 χιλιόμετρα).

2.3 Ο Ρόλος των ΜΕΚΟ

Τα σκάφη ΜΕΚΟ είναι ελαφρά πλοία (κυρίως φρεγάτες). Έτσι, με βάση τον σύγχρονο ρόλο των ελαφριών σκαφών, χρησιμοποιούνται κυρίως ως αντιαεροπορικές πλατφόρμες, σε ανθυποβρυχιακό πόλεμο και ως περίπολοι. Φυσικά, πολλές μικρομεσαίες ναυτικές δυνάμεις χρησιμοποιούν τα πλοία αυτά και σε ρόλο ναυτικής άμυνας, με τη χρήση πυραύλων θαλάσσης-θαλάσσης ως συμπλήρωμα στα ναυτικά πυροβόλα του πλοίου.

Η Ελλάδα διαθέτει 4 πλοία τύπου **ΜΕΚΟ-200ΗΝ** (όλα φρεγάτες):

- Ύδρα (F 452)
- Σπέτσαι (F 453)
- Ψαρά (F 454)
- Σαλαμίς (F 455)

Είναι εξοπλισμένα με:

- Ναυτικό πυροβόλο Mk45 (127mm)

- Σύστημα Καθέτου Εκτόξευσης (VLS) με δυνατότητα βολής αντιαεροπορικών βλημάτων RIM-7 Sparrow
- Κάνιστρα με δυνατότητα βολής πυραύλων θαλάσσης-θαλάσσης RGM-84 Harpoon
- Σωλήνες τορπιλών Mk32
- Αντιαεροπορικό/αντιπυραυλικό σύστημα Phalanx Mk15 CIWS

Επίσης φέρουν ελικόπτερο S-70 Aegean Hawk ικανό για αποστολές επιτήρησης και προσβολής θαλάσσιων στόχων.

2.4 Το μέλλον των MEKO

Μετά την ναυπήγηση των σκαφών Littoral Combat Ship του αμερικανικού Πολεμικού Ναυτικού, η γερμανική κυβέρνηση ανέθεσε στα ναυπηγεία Blohm+Voss την ανανέωση της τεχνολογίας MEKO. Έτσι, το 2006 παρουσιάστηκε μια τεχνολογία ελαφρών σκαφών, τα MEKO CSL. Όντας βασισμένα στις κορβέτες A-200, τα νέου τύπου αυτά πλοία θα έχουν ορισμένα πιο σύγχρονα χαρακτηριστικά από τα πλοία αυτά. Συγκεκριμένα:

- Γάστρα "Δέλτα" - καινούρια γάστρα με οξείς νομείς, πλήρη με μακρύ βολβό και μεγάλη, κεκλιμένη πρύμνη. Ο συνδυασμός αυτών των τριών δομικών χαρακτηριστικών αυξάνει την υδροδυναμικότητα του σκάφους και μειώνει την δυναμική διαγωγή που οι μελέτες έδειξαν ότι θα εμφανίζονταν πέραν της ταχύτητας των 30 κόμβων και επιτρέπει μεγαλύτερες ταχύτητες ή ελαφρύτερα πλοία, καθώς η εγκατεστημένη ισχύς μπορεί να μειωθεί σημαντικά. Ταυτόχρονα, οι πρυμναίοι χώροι αυξάνονται σημαντικά.
- Αντικατάσταση των υπαρχόντων συστημάτων πρόωσης με προπέλες με waterjet, κινούμενα από ένα σύστημα τουρμπινών αερίου των 52MW, που θα αποδίδει μια μέγιστη ταχύτητα 35 κόμβων, ή 67MW με μέγιστη ταχύτητα 45 κόμβων.
- Χρήση τελευταίας τεχνολογίας ραντάρ AESA και νέο ηλεκτρονικό εξοπλισμό.
- 3 ζώνες στοιχείων αποστολής, ικανές για υποδοχή έως 21 διαφορετικών επιπλέον ηλεκτρονικών ή οπλικών συστημάτων, καθώς και χώρους επιχειρήσεων και ενδιαίτησης σε 3 ζώνες πάνω στο πλοίο.
- Πλοίο σχήματος X για μείωση της βρεχόμενης επιφάνειας ραντάρ.
- Γάστρα από χάλυβα υψηλής αντοχής και υπερκατασκευές από συνθετικά πλαστικά.

2.5 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα των ΜΕΚΟ Α200

Πλεονεκτήματα των ΜΕΚΟ Α200

Τα δύο σημαντικότερα πλεονεκτήματα των ΜΕΚΟΑ200, τα οποία είναι ελκυστικά για το ΠΝ είναι:

- το κόστος και,
- η διαμόρφωση-ποσότητα οπλισμού που μπορούν να ενσωματώσουν

Μειονεκτήματα των ΜΕΚΟ Α200

- διαθέτουν πολύ χαμηλό ίχνος ραντάρ (λόγω της σχεδίασης «X» που ενσωματώνουν).
- Έχουν στην κατοχή τους πολύ μικρό ποσοστό έκθεσης οπλισμού και συστημάτων στην υπερκατασκευή του πλοίου.
- Παρουσιάζουν χαμηλό υπέρυθρο ίχνος (λόγω της ανυπαρξίας του κλασσικού φουγάρου και της διοχέτευσης των θερμών αερίων είτε οριζόντια, στο ύψος της ίσαλου γραμμής, είτε κάτω απ' αυτήν).

2.6 ΜΕΚΟ Α300: Η μεγαλύτερη σε βάρος οπλισμένη Α/Α φρεγάτα ανάμεσα στις υποψηφιότητες του ΠΝ

Αρκετά μεγάλο είναι το ενδιαφέρον για την εισαγωγή της φρεγάτας ΜΕΚΟ Α300 στο Ελληνικό ΠΝ, καθώς δηλώνεται η δυνατότητα διαμορφώσεως για μεγαλύτερο από την πρωτεύουσα πρόταση φόρτο Α/Α πυραύλων αλλά επίσης και του συνδυασμού με ανωτέρου επιπέδου ραντάρ πολλαπλών λειτουργιών που συνεπάγονται αυξημένες Α/Α δυνατότητες.



Εικόνα 4: Στιγμιότυπο της Φρεγάτας MEKO A300

2.7 Χαρακτηριστικά MEKO A300

Η φρεγάτα της σειράς αυτής είναι μήκους μεταξύ 125-130 μέτρων και εκτοπίσματος 5.500 τόνων. Αξιοσημείωτη είναι η δυνατότητα του σχεδίου για μεταφορά 64 A/A πυραύλων εκ των οποίων το ήμισυ (50%) είναι μεγάλου βεληνεκούς. Η σύνθεση που καλύπτει την υπάρχουσα πρόταση, μιλά για 32 A/A πυραύλους μεγάλου βεληνεκούς, κατηγορίας Aster 30, SM-2 και 32 πυραύλους μέσου βεληνεκούς, κατηγορίας ESSMCAMM-ER. Λόγω του μεγαλύτερου αριθμού A/A πυραύλων μεγάλου βεληνεκούς σε συνδυασμό όμως και με μέσου βεληνεκούς, έναντι όλων των άλλων υποψηφιοτήτων, παραπέμπουν σε έναν αποτελεσματικά βασικό φόρτο.

Το σχέδιο MEKO A300 συνοδεύεται από μία ολοκληρωμένη υποδομή φρεγάτας A/A πολέμου, με την χαρακτηριστική επιλογή να συνίσταται σε συνδυασμό ραντάρ πολλαπλών λειτουργιών APARBlock 2 με ραντάρ ερευνάς μακράς ακτίνας SMARTL.

Τέλος, το σχέδιο της σειράς αυτής διακρίνεται και από βαρύ οπλισμό για αγώνα επιφανείας. Ειδικότερα στην πλώρη του εφαρμόζεται πυροβόλο 127 mm, το οποίο έρχεται σε αντίθεση με πολλές υποψηφιότητες οι οποίες περιορίζονται σε πυροβόλο 76 mm. Σε πανομοιότυπη κατάσταση τοποθέτησης πυροβόλου 127 mm βρίσκεται και η MEKO A200 καθώς και η ίδια

δυνατότητα μεταφοράς 16 πυραύλων έναντι των τυπικών 8 που είναι σύνηθες στα περισσότερα ναυτικά.



Εικόνα 5: Επανδρωμένο μέρος της MEKO A300

2.8 Οπλικό σύστημα πυραύλων της MEKO A300

2.8.1 Πύραυλος SM-2 (Standard Missile 2)

Η ανάπτυξη της σειράς πυραύλων SM-2 έγινε με σκοπό αεροσκαφών, πυραύλων καθώς και όπλων οριζόντιας πλεύσης. Έχοντας μήκος 4,72 μέτρων, διάμετρο 34 εκατοστών, άνοιγμα πτερυγίων 1,07 μέτρων και βάρος 700 κιλών, ο SM-2 εφαρμόστηκε στις μονάδες επιφανείας του Ναυτικού των ΗΠΑ προς τα τέλη της δεκαετίας του 70'.

Η πλήρης αξιοποίηση των δυνατοτήτων του έγινε με την ένταξη του συστήματος AEGIS σε υπηρεσία το 1983. Η εκτόξευσή του γίνεται από κατακόρυφο VLS εκτοξευτή Mk-41 ή από τον παλαιότερο διπλό Mk-26. Ο διπλού σταδίου πυραυλοκινητήρας Mk-104 είναι στερεού καυσίμου και διαμέσου της λειτουργίας του, ο SM-2 δύναται να αναπτύξει μέγιστη ταχύτητα 3,5 Μάχ και να πλήξει στόχους αποστάσεως 40-90 ναυτικών μιλίων (74-167 χιλιομέτρων) από το πλοίο-φορέα.

Ο SM-2 καθοδηγείται προς το στόχο από τα ραντάρ ελέγχου πυρός των πλοίων του προαναφερόμενου συστήματος AEGIS στην περίπτωση του USN και κατά την τελική φάση προσέγγισης προς το στόχο, ενεργοποιεί το δικό του ημιενεργό μονοπαλικό αισθητήρα

ραντάρ έρευνας και εγκλωβισμού. Η ενεργοποίηση του πυροσωλήνα προσέγγισης του πυραύλου πραγματοποιείται με εντολή από το ραντάρ του, όταν βρεθεί σε κοντινή απόσταση με το στόχο, ενώ διαθέτει ωστόσο και πυροσωλήνα πρόσκρουσης.

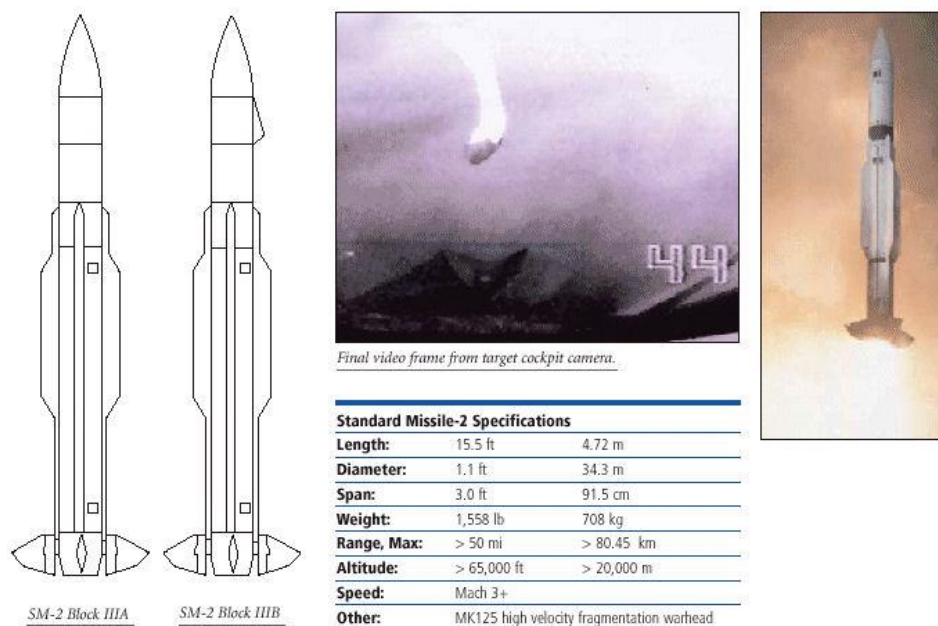
- Έκδοση Block IIIB

Η τελευταία αυτή έκδοση του SM-2, διαθέτει και υπέρυθρο αισθητήρα εγκλωβισμού, ο οποίος προέκυψε από τον AIM-7R Sparrow, ο οποίος δεν κατάφερε να εισέλθει στο στάδιο άλλες παραγωγής. Η εφαρμογή υπέρυθρου αισθητήρα πρόσκτησης συνδυαστικά, αποφασίστηκε με σκοπό την αύξηση άλλες αντοχής σε περιβάλλον έντονων ηλεκτρονικών αντιμέτρων (ECM), καθώς και άλλες φονικότητας, αλλά και εναντίον στόχων με αρκετά μικρό ηλεκτρομαγνητικό ίχνος (RCS). Να σημειωθεί ότι παρά την ενσωμάτωση και συστήματος εντοπισμού χαμηλά ιπτάμενων στόχων Mk-45 MOD 9, η δημιουργία άλλες έκδοσης ενεργού καθοδήγησης ήταν παραπάνω από επιτακτική και για λόγους προφανώς ανταγωνισμού σε Ευρωπαϊκή κλίμακα.

- Εκδόσεις Block III-PIA-IIIB

Το των πυραύλων SM-2 σειράς Block III και Block IIIA, αναβαθμίστηκε στο επίπεδο άλλες Block IIIB, ενώ το USN (NavalSeaSystemsCommand – Διοίκηση Ναυτικών Συστημάτων Θαλάσσης), έλαβε απόφαση και για την αναβάθμιση άλλες αρχικής έκδοσης του SM-2 με ενεργό αισθητήρα ραντάρ του Block IIIC. Η επιλογή του αισθητήρα για αξιοποίηση, με στόχο την μείωση του χρόνου και του κόστους ανάπτυξης, προήλθε από τον έξω-ατμοσφαιρικό SM-6 ERAM.

Η εκρηκτική θραυσματογόνος κεφαλή Mk-125, παραμένει η ίδια σε κάθε έκδοση Block III.



Σχήμα 2: Χαρακτηριστικά και εικονική αναπαράσταση των εκδόσεων Block IIIA & Block IIIB

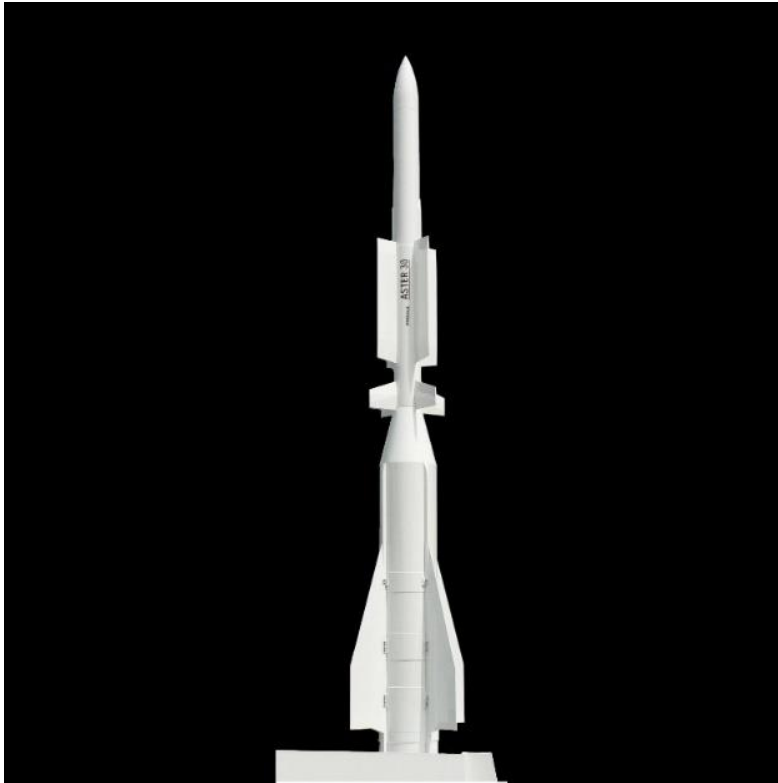
2.8.2 Πύραυλος ASTER 30 (AeroSpatialeTERminale – ΑΣΤΗΡ/Αστέρας)

Ο γαλλοϊταλικός ASTER 30 ανήκει στην οικογένεια πυραύλων επιφανείας – αέρος, μία νεότερη εκδοχή σε σχέση με τον SM-2, καθώς ουσιαστικά η ανάπτυξή του ξεκίνησε στα τέλη άλλες δεκαετίας του '80 (1989), έπειτα από την υπογραφή μνημονίου συνεργασίας μεταξύ των κυβερνήσεων άλλες Γαλλίας και άλλες Ιταλίας με σκοπό την δημιουργία άλλες οικογένειας αντιαεροπορικών πυραύλων.

Το μήκος του ASTER 30 φτάνει τα 4,9 μέτρα, ελαφρώς μεγαλύτερο από τα 4,72 του SM-2. Η διάμετρος του ανέρχεται στα 18 εκατοστά, ίδια με τη διάμετρο και την αεροδυναμική διαμόρφωση με επιμηκυμένη ωστόσο διάμετρο, με του μικρότερου ASTER 15. Το βάρος του είναι κατά 250 κιλά μικρότερο από το SM-2 και ανέρχεται στα 450 κιλά. Η διαφορά αυτή του βάρους δίνει την εξήγηση για τη μεγαλύτερη ακτίνα των 160 χιλιομέτρων του Αμερικανικού όπλου. Ο πυραυλοκινητήρας είναι μεγαλύτερος και λειτουργεί συνδυαστικά και ως επιταχυντής (booster) και περισσότερο στερεό καύσιμο.

Ο ASTER 30 αναπτύσσει σημαντικά μεγαλύτερη ταχύτητα 4,5 Μάχ (1.531 μέτρα ανά δευτερόλεπτο) έναντι των 3,5 Μάχ (1.191 μέτρα ανά δευτερόλεπτο) του SM-2. Με άλλα λόγια αντισταθμίζει τη μικρότερη ακτίνα του, με αποτέλεσμα να πλέει ταχύτερα άλλες το

στόχο του. Χρησιμοποιεί έναν μεγάλο επιταχυντή (booster), τον οποίο αποσυνδέει κατά την πτήση, όταν εξαντληθεί το καύσιμο του. Μπορεί κάλλιστα να λειτουργήσει και άλλες πύραυλος μέσης ακτίνας από τη στιγμή που η πολεμική του κεφαλή ενεργοποιείται ακριβώς μετά την εκτόξευσή του (σε απόσταση τριών χιλιομέτρων).



Εικόνα 6: Απεικόνιση του γαλλοϊταλικού πυραύλου ASTER 30

Με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά άλλες κατασκευής του και άλλες καινοτόμες προσθήκες του, προκύπτουν δύο σημαντικά πλεονεκτήματα του ASTER 30:

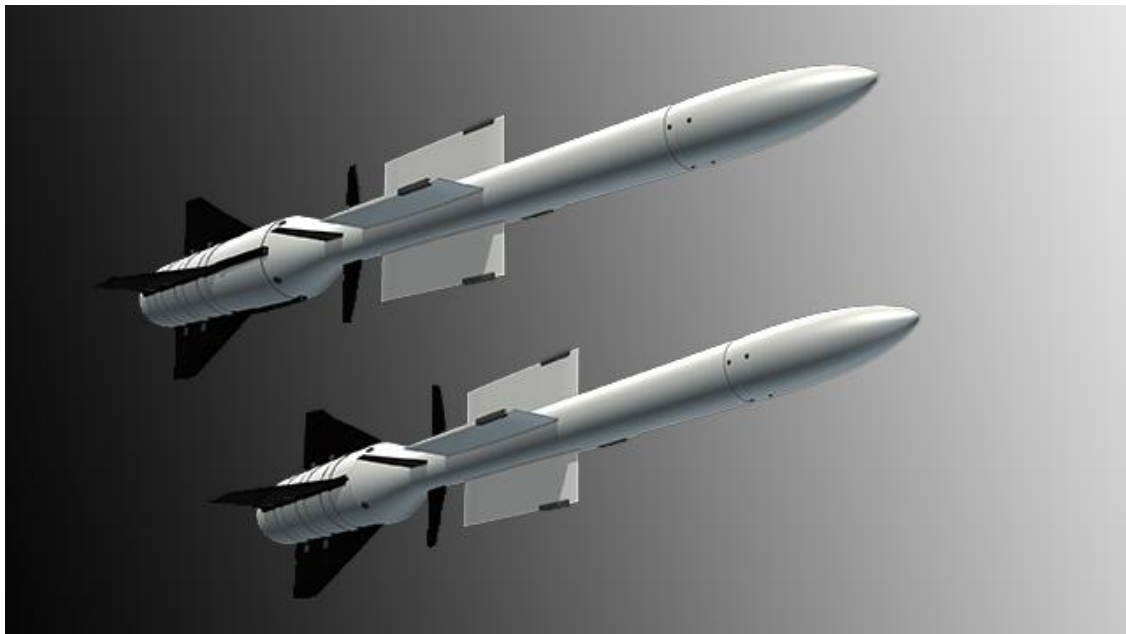
1. Το όπλο φθάνει την μέγιστη ταχύτητα πλεύσης του σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, με αποτέλεσμα να εξασφαλίζει ανεκτίμητο χρόνο αντίδρασης στο πλοίο-φορέα για την άμυνα του.
2. Είναι εξαιρετικά ευέλικτο κατά το στάδιο πρόσκτησης του στόχου.

Παρόλο που ο ASTER 30 έχει την ίδια επιχειρησιακή οροφή των 65.000 ποδών/20.000 μέτρων με τον SM-2, παρουσιάζει μεγαλύτερη ευελιξία στην τελική φάση πρόσκτησης.

Η δυνατότητα ελιγμών που παρέχονται από τον κατασκευαστή, κυμαίνεται με την ανάπτυξη δυναμικών φορτίσεων έως και 60G. Επιτυγχάνεται όχι μόνο αεροδυναμικά αλλά και μέσω

άλλες αλλαγής άλλες διεύθυνσης του ανύσματος άλλες ώσης (thrust vectoring). Οι μηχανισμοί (ακροφύσια) του συγκροτήματος thrust vectoring, είναι εγκατεστημένοι περιμετρικά από το κέντρο βάρους του (σύστημα PIF-PAF) προκειμένου να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή αποτελεσματικότητα και αμεσότητα εκτροπής. Ενδεικτικό άλλες ικανότητας ελιγμών των πυραύλων ASTER 15/30, είναι το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια δοκιμών, έχουν επιτευχθεί αλλαγές πορείας 90 μοιρών.

Ο αισθητήρας ραντάρ ενεργού καθοδήγησης λειτουργεί στη ζώνη συχνοτήτων KU (12-18 GHz). Η θραυσματογόνος πολεμική κεφαλή του ανέρχεται στα 15 κιλά και είναι κατευθυντική. Αναλυτικότερα, το ωστικό κύμα που προκαλεί κατά την έκρηξη άλλες εστιάζεται άλλες το μέρος του στόχου και δεν διευρύνεται άλλες κατευθύνσεις. Ο ταχύτερος πλέον ASTER 30 λαμβάνει και την ονομασία του πιο φονικού, χάρη στην μεγάλη κινητική του ενέργεια στην τερματική φάση, που εξασφαλίζεται από την υψηλή του ταχύτητα των 4,5 Μάχ.



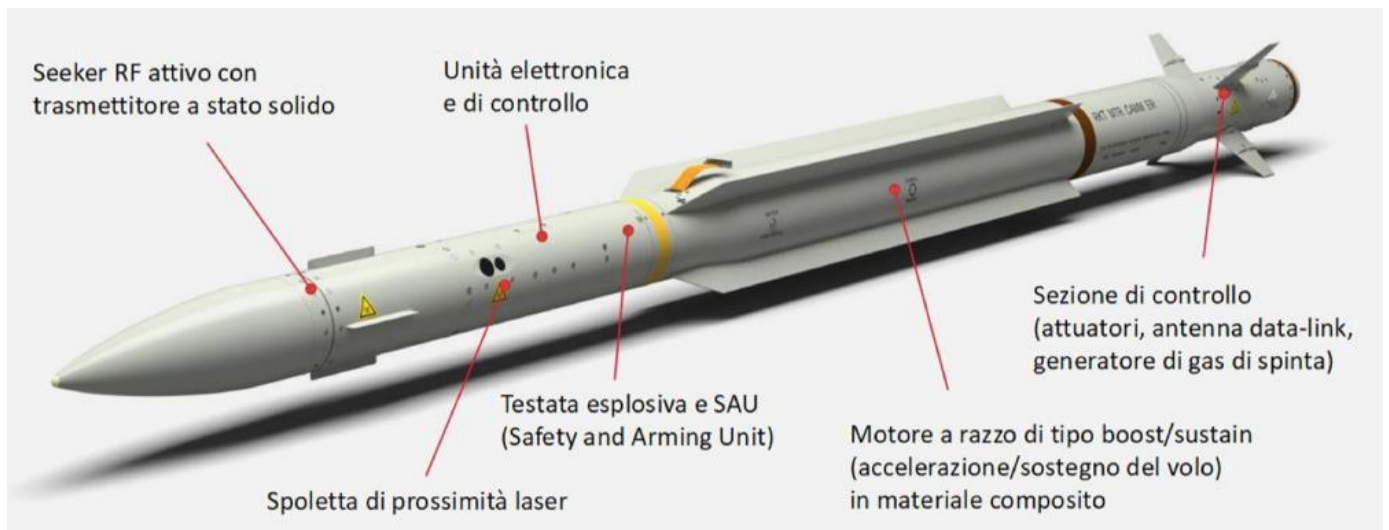
Εικόνα 7: Τρισδιάστατη απεικόνιση των πυραύλων ASTER 15 & 30

2.8.3 Πύραυλος CAMM-ER (Common Anti-Air Modular Missile-Extended Range)

Το CAMM-ER (Common Anti-air Modular Missile Extended Range), προέρχεται από την οικογένεια των πυραύλων αεροπορικής άμυνας επόμενης γενιάς CAMM. Η σειρά CAMM γενικότερα είναι μια οικογένεια πυραύλων επιφανείας-αέρα που αναπτύχθηκε από την MBDA UK για το Ηνωμένο Βασίλειο. Η CAMM μοιράζεται ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά και εξαρτήματα με τον πύραυλο αέρα-άλλες-αέρα ASRAAM, αλλά με ενημερωμένα ηλεκτρονικά και έναν ενεργό αναζητητή ραντάρ. Το Common Anti-Air Modular Missile αντικαθιστά τον πύραυλο Sea Wolf άλλες φρεγάτες τύπου 23 του Βασιλικού Ναυτικού από το 2018.

Ενσωματώνοντας προηγμένες τεχνολογίες, το CAMM-ER παρέχει πλήρη προστασία έναντι όλων των γνωστών και προβλεπόμενων στόχων αέρα. Άλλες, το CAMM-ER διαθέτει ενεργό RF αναζητητή που παρέχει πραγματική απόδοση παντός καιρού με εξαιρετικές δυνατότητες απόρριψης ακαταστασίας. Η ανάγκη για ειδικά σύνθετα ραντάρ ελέγχου φωτισμού / φωτισμού υψηλού κόστους είναι ελάχιστη έως και μηδενική. Αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό του CAMM-ER είναι η προσφορά άλλες χερσαίες δυνάμεις άλλες πολύ αποτελεσματικού και εύκολα αναπτύξιμου, μεσαίας εμβέλειας συστήματος άμυνας, ως μέρος των βελτιωμένων αρθρωτών λύσεων άμυνας αέρα (EMADS), ικανό να λειτουργήσει είτε ως αυτόνομη μονάδα είτε ενσωματωμένο σε ένα δίκτυο μάχης. Η χρήση πληροφοριών στόχου τρίτων από το ευρύτερο δίκτυο μάχης επιτρέπει στο σύστημα να δεσμεύει στόχους που δεν είναι ορατοί από τον τοπικό εκτοξευτή ή αισθητήρες.

Το μήκος του πυραύλου CAMM-ER έρχεται στην Τρίτη θέση μήκους, σε σχέση με άλλες ASTER 15&30 και SM-2, φτάνοντας τα 4,2 μέτρα. Το βάρος του είναι ακόμη μικρότερο και ανέρχεται στα 160 κιλά. Η διάμετρος του αγγίζει τα 19 εκατοστά, πολύ ελαφρώς μεγαλύτερη από αυτήν του ASTER 30. Σημαντική ωστόσο είναι και η μεγάλη εμβέλεια που τον χαρακτηρίζει, ενάντια σε πολλαπλούς στόχους, η οποία είναι μεγαλύτερη από 45 χιλιόμετρα.



Εικόνα 8: Αποτελούμενα μέρη του πυραύλου CAMM-ER

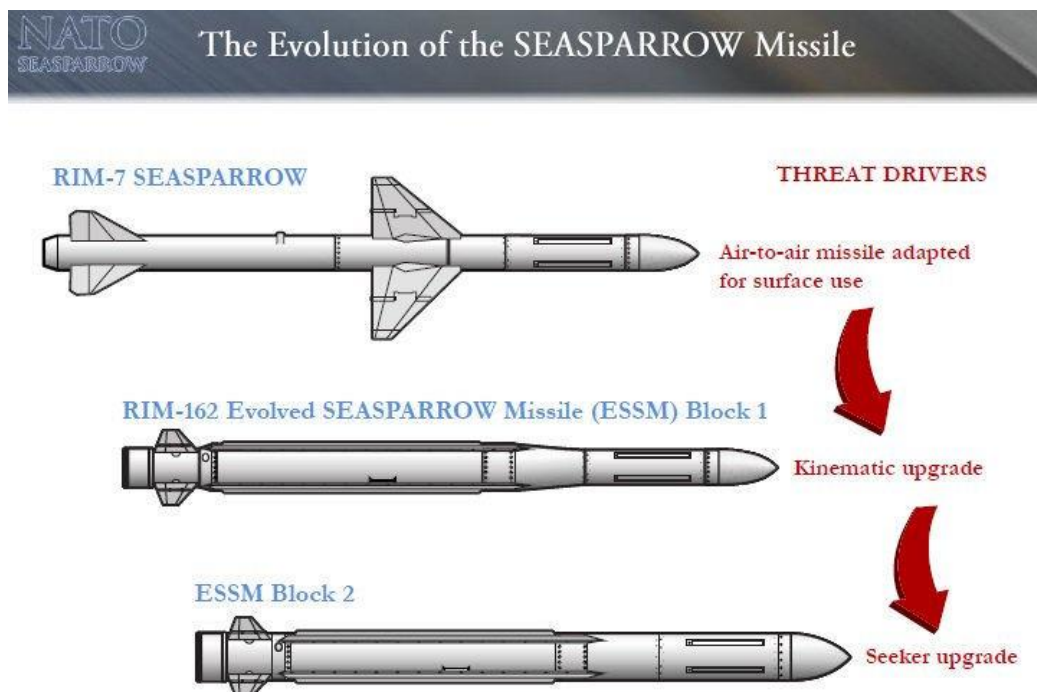
Εξασφαλίζονται έτσι σημαντικά πλεονεκτήματα τα οποία συνηγορούν στη χρήση των CAMM-ER, ήτοι:

1. Τεράστιο ποσοστό πυρκαγιάς έναντι πολλαπλών ταυτόχρονων στόχων.
2. Απαλή τεχνολογία κάθετης εκτόξευσης για ελάχιστη υπογραφή εκτόξευσης και υψηλή απόδοση.
3. Ο συμπαγής πύραυλος επιτρέπει πολλαπλά όπλα που χωράνε σε περιορισμένους χώρους.
4. Είναι συμβατό με οποιονδήποτε αισθητήρα παρακολούθησης για στόχευση.
5. Κατακόρυφη εκτόξευση που επιτρέπει κάλυψη 360 ° σε όλους άλλες τομείς εκτόξευσης.
6. Απαιτείται ελάχιστη υποστήριξη και συντήρηση logistics

2.8.4 Πύραυλος RIM-162 ESSM (Evolved Sea Sparrow Missile)

Ο RIM-162 Evolved SeaSparrow Missile (ESSM) είναι μια αναβαθμισμένη εκδοχή του πυραύλου RIM-7 Sea Sparrow που χρησιμοποιείται επί το πλείστον για την προστασία των πλοίων από επιθέσεις πυραύλων και αεροσκαφών. Το ESSM είναι σχεδιασμένο για την αντιμετώπιση υπερηχητικών πυραύλων κατά των πλοίων. Το ESSM έχει άλλες τη

δυνατότητα να είναι «τετραπλή» στο Mk-41 κατακόρυφο εκτοξευτή (Mark 41 Vertical Launch System), επιτρέποντας τη μεταφορά έως και τεσσάρων ESSM σε ένα μόνο κελί. Το ESSM έκανε την εμφάνιση του ως ένα εντελώς νέο όπλο, με κοινό σημείο μόνο στο όνομα με το πρωτότυπο, αν και χρησιμοποιεί όλο τον ίδιο εξοπλισμό υποστήριξης που του επιτρέπει να ταιριάζει σε πλοία που ήδη τοποθετούν τα παλαιότερα μοντέλα. Σε σύγκριση με το Sea Sparrow, το ESSM διαθέτει έναν μεγαλύτερο και ισχυρότερο κινητήρα πυραύλων για αύξηση τόσο σε εμβέλεια όσο και σε ευελιξία, καθώς και αναβάθμιση άλλες αεροδυναμικής του χρησιμοποιώντας κρούσεις και ολίσθηση άλλες στροφή. Άλλες, το ESSM εκμεταλλεύεται την τελευταία τεχνολογία καθοδήγησης πυραύλων, με διαφορετικές εκδόσεις για τα Aegis / AN / SPY-1, Sewaco / Active Phased Array Radar (APAR) και παραδοσιακό φωτισμό στόχου all-the-way. Το ESSM Block II θα αξιοποιήσει την υπάρχουσα τεχνολογία και διαθέτει ένα πρόγραμμα εύρεσης X διπλής λειτουργίας, αυξημένη ευελιξία καθώς και άλλες βελτιώσεις. Σε αντίθεση με το Block I, το ενεργό άτομο που αναζητά ραντάρ στο Block II θα υποστηρίξει τη δέσμευση τερματικού χωρίς τα ραντάρ φωτισμού στόχου του πλοίου εκτόξευσης. Το βελτιωμένο ESSM Block II θα αποσταλεί από το Πολεμικό Ναυτικό των ΗΠΑ από το 2020.



Εικόνα 9: Η εξέλιξη των SeaSparrow πυραύλων

Ο πύραυλος αυτός χρησιμοποιεί πυραυλοκινητήρα Mk-143 MOD 0 στερεού καυσίμου, με τον οποίον ο ESSM μπορεί να επιταχύνει με ταχύτητα 4+ Μάχ με συνέπεια να πλήξουν στόχους σε απόσταση μεγαλύτερη των 50 χιλιομέτρων από το πλοίο-φορέα. Το μήκος του φτάνει τα 3,66 μέτρα, την μικρότερη σε μήκος τιμή σε σύγκριση με όλες τις υπόλοιπες ρουκέτες που μελετήσαμε και που είναι επανδρωμένες στο προτεινόμενο πλήρωμα, ωστόσο η διάμετρος του ανέρχεται στα 20,3 εκατοστά η οποία βρίσκεται μεταξύ των SM-2 και των ASTER 30 πυραύλων. Το βάρος του αναγράφεται στα 280 κιλά με κεφαλή δακτυλιοειδούς κατακερματισμού στα 86 κιλά. Τέλος, οι εκτοξευτές που εφαρμόζονται είναι οι: Mk-41 VLS (RIM-162A/B), Mk-48 VLS (RIM-162C) και Mk-56 VLS.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Αεριοστρόβιλοι

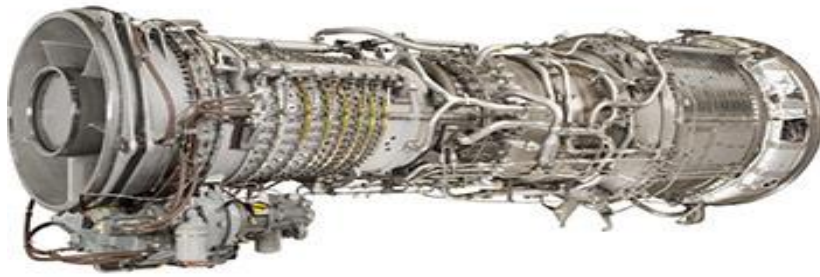
3.1 Αεριοστρόβιλος GELM2500

Ο αεριοστρόβιλος GeneralElectricLM2500 (GELM2500) κατασκευάστηκε στις αρχές του 1970 ως παράγωγο του αεροπορικού κινητήρα GeneralElectricCF6, ο οποίος μέχρι σήμερα έχει συσσωρεύσει πάνω 300.000.000 ώρες πτήσης σε μια μεγάλη γκάμα εμπορικών αεροσκαφών. Ο LM2500 θεωρείται ο πιο δημοφιλής κινητήρας στην κατηγορία αεριοστρόβιλων της τάξεως των 20-25 MW.

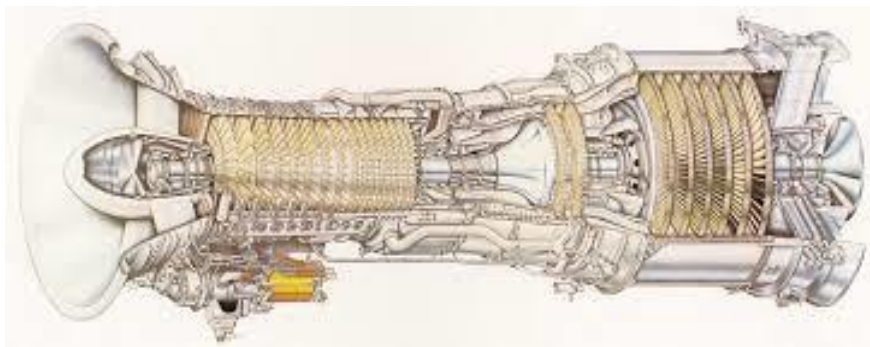
Ο LM2500 είναι ένας κινητήρας απλού τυμπάνου, διπλής ατράκτου αποτελούμενος από συμπιεστή 16 ή 17 βαθμίδων, δακτυλιοειδή θάλαμο καύσης, 2-βάθμιο στρόβιλο υψηλής πίεσης και έναν αεροδυναμικά συζευγμένο στρόβιλο ισχύος 6 ή 2 βαθμίδων, υψηλού βαθμού απόδοσης. Η ισχύς του άξονα μεταδίδεται μέσω μίας εύκαμπτης σύζευξης που εκτείνεται διαμέσου του αγωγού εξαγωγής.

3.2 Εκδόσεις A/Σ LM2500

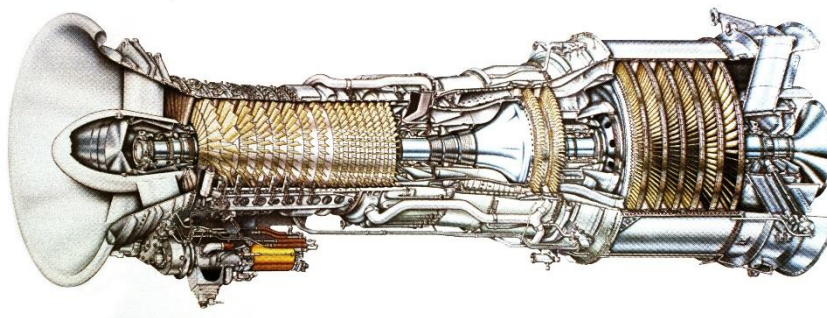
Ο GeneralElectricLM2500 παρουσιάζεται σε τρεις κύριες εκδόσεις: LM2500, LM2500+ και LM2500+G4, όπως απεικονίζονται στα σχήματα που ακολουθούν. Για κάθε μία από τις εκδόσεις έχουν παραχθεί διάφορα παράγωγα μοντέλα:



Εικόνα 10: LM2500+G4 παραγωγής ισχύος (6-βάθμιος στρόβιλος ισχύος)



Εικόνα 11: LM2500-PE παραγωγή ώσης (6-βάθμιος στρόβιλος ισχύος)



Εικόνα 12: LM2500+ παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (2-βάθμιος στρόβιλος ισχύος)

Παρακάτω θα παρουσιαστούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κινητήρα LM2500, όπως η εφαρμογή του, η ισχύς, η θερμική απόδοση και οι λόγοι πίεσης.

Output	33,600 shp (25,060 kW)
SFC	.373 lb/shp-hr (227 g/kW-hr)
Heat rate	6,860 Btu/shp-hr 9,200 Btu/kWs-hr 9,705 kJ/kWs-hr
Exhaust gas flow	155 lb/sec (70.5 kg/sec)
Exhaust gas temperature	1,051°F (566°C)
Power turbine speed	3600 rpm
Average performance, 60 Hertz, 59°F, sea level, 60% relative humidity, no inlet/exhaust losses	

Πίνακας 1: Τεχνικά Χαρακτηριστικά αεριοστρόβιλου LM2500

3.3 Ελληνικές εφαρμογές ως κινητήρες ναυτικής προώσεως

Στα ελληνικά ύδατα συναντάμε τον κινητήρα LM2500, κυρίως, μέσα σε φρεγάτες του ελληνικού πολεμικού ναυτικού αλλά και σε ένα επιβατηγό/οχηματαγωγό πλοίο, όπως φαίνεται στον πίνακα:

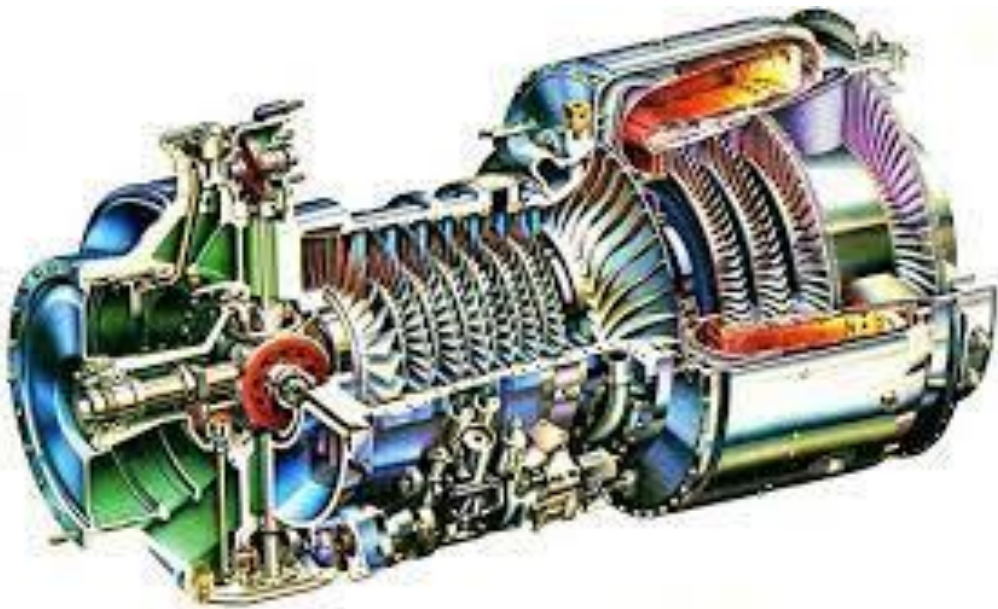
Πίνακας 2: Ο LM2500 σε Ελληνικές εφαρμογές

Όνομα Πλοίου	Μοντέλο Κινητήρα	Ισχύς (MW)	Σύστημα Προώσεως
Φ/Γ Σαλαμής	Lm2500/30	22.3	CODOG
Φ/Γ F452 ΥΔΡΑ	Lm2500/30	22.3	CODOG
Φ/Γ Ψαρά	Lm2500/30	22.3	CODOG
Φ/Γ Σπέτσαι	Lm2500/30	22.3	CODOG
Κορβέτα 'Als®Class 100'	Lm2500	22.3	CODAG
Corsaire 14000 Αίολος Κεντέρης	Lm2500+	25	CODOG

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Αξονοστρόβιλοι - Υδροωθητές

4.1 Αξονοστρόβιλος (TurboshaftEngine)

Ο αξονοστρόβιλος (TurboshaftEngine) είναι ένα είδος αεριοστρόβιλου ο οποίος παρέχει ισχύ σχεδόν εξ' ολοκλήρου στον άξονα του ενώ ελάχιστη είναι η πρόωση ότι υπάρχει ομοιθιτική του δύναμη. Από το σχήμα καταλαβαίνουμε 'ότι υπάρχει ομοιότητα με τον ελικοστρόβιλο, και ιδιαίτερα με την περίπτωση όπου ο ελεύθερος στρόβιλος του ελικοστρόβιλου δεν είναι συνδεδεμένος με τον έλικα αλλά με τον άξονα του στροφείου με αποτέλεσμα να δημιουργείται ο αξονοστρόβιλος. Οπότε η έξοδος του αξονοστρόβιλου ορίζεται από την παραγμένη ισχύ στον άξονα (αξονική ισχύς) του ελεύθερου στρόβιλου.



Εικόνα 13: Αξονοστρόβιλος (TurboshaftEngine)

Ο αξονοστρόβιλος (TurboshaftEngine) χρησιμοποιείται σε συγκεκριμένες περιπτώσεις ως εναλλακτικό μέσο παροχής ισχύος. Επίσης εκτός από τις αεροπορικές εφαρμογές, ο ελεύθερος στρόβιλος μπορεί να συνδεθεί και με τον άξονα στροφείου πλοίου, αυτοκινήτου, ηλεκτρογεννήτριας.

4.1.1 Ανάλυση κινητήρα Turboshaft με όρους ρευστομηχανικής

Η λειτουργία εκτός του σημείου σχεδιασμού πραγματοποιείται με τρεις διαφορετικούς τρόπους επαναληπτικής διαδικασίας. Αυτό συμβαίνει χρησιμοποιώντας διαφορετικές υποθέσεις είτε επίσης στα γνωστά δεδομένα που εξάγονται από τους χάρτες των συνιστωσών. Οπότε έχουμε:

- Μέθοδος 1η: Η επαναληπτική διαδικασία ξεκινά θεωρώντας τον λόγο πίεσης
- Μέθοδος 2η: Υποθέτουμε την παροχή μάζας αέρα στην εισαγωγή.
- Μέθοδος 3η: Με άγνωστο χάρτη συμπίεστή.

Στην 3η μέθοδο, λειτουργούμε χωρίς τον χάρτη του συμπίεστή. Συγκεκριμένα χωρίς τη μεταβολή του βαθμού απόδοσης η_{ic} συναρτήσει του Rc. Η έλλειψη αυτή υπερνικείται με την παρακάτω σχέση:

$$\eta_{ic}^{od} = \eta_{ic} \cdot \left(1 - \left| \frac{P_{C \text{ degradation}}}{100} \right| \right)^{0,1} \cdot \sqrt{\frac{T_{04}^{od}}{T_{02}^{od}} \cdot \frac{T_{02}}{T_{04}}}$$

Όπου:

ψ_{iss}^{od} = Βαθμός απόδοσης στο σημείο εκτός σχεδιασμού

$\left| \frac{P_{C \text{ degradation}}}{100} \right|$ = Απόλυτη τιμή πίεσης συμπίεστή λόγω υποβιβασμού

T_{02} = Θερμοκρασία στην είσοδο του συμπίεστή (K)

T_{04} = Θερμοκρασία TET (K)

Ομοίως, όταν δεν υπάρχουν δεδομένα από τον χάρτη του στροβίλου χρησιμοποιούμε τη σχέση [2]:

$$\eta_{ic}^{od} = \eta_{ic} \cdot \left(1 - \left| \frac{P_{C \text{ degradation}}}{100} \right| \right)^{0,1} \cdot \sqrt{\frac{T_{04}^{od}}{T_{02}^{od}} \cdot \frac{T_{02}}{T_{04}}}$$

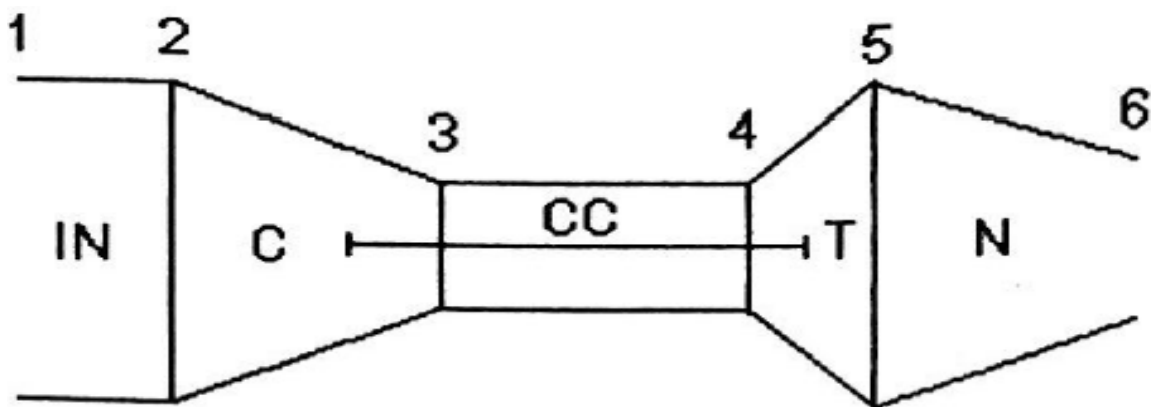
Όπου:

ψ_{isT}^{ad} = Βαθμός απόδοσης στροβίλου εκτός σημείου σχεδιασμού

Επομένως με τις σχέσεις [1], [2] υπολογίζονται προσεγγιστικά οι βαθμοί απόδοσης σε λειτουργία εκτός του σημείου σχεδιασμού.

Εκτός από τα παραπάνω θεωρούμε δεδομένη την ταχύτητα περιστροφής N του κινητήρα ή της προπέλας μεταβλητού βήματος, διότι γίνεται θεώρηση της σύνδεσής τους με γεννήτρια ηλεκτρικού δικτύου, αλλά ακόμη και τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τα δεδομένα από τις προηγούμενες αναλύσεις και τέλος, τους χάρτες συνιστωσών.

1^η ΜΕΘΟΔΟΣ: Επαναληπτική διαδικασία (Interactive procedure)



Σχήμα 4: Turboshaft μονού άξονα

1→2 Εισαγωγή

Ισχύουν:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2, T_{01} = T_{02}, P_{01} = P_{02}$$

Όπου:

m_1 =Παροχή μάζας εισόδου (kg/s)

m_2 =Παροχή μάζας συμπιεστή (kg/s)

T_{01} =θερμοκρασία εισόδου (K)

T_{02} =Θερμοκρασία συμπιεστή (K)

P_{01} =Πίεση εισόδου (Pa)

P_{02} =Πίεση συμπιεστή (Pa)

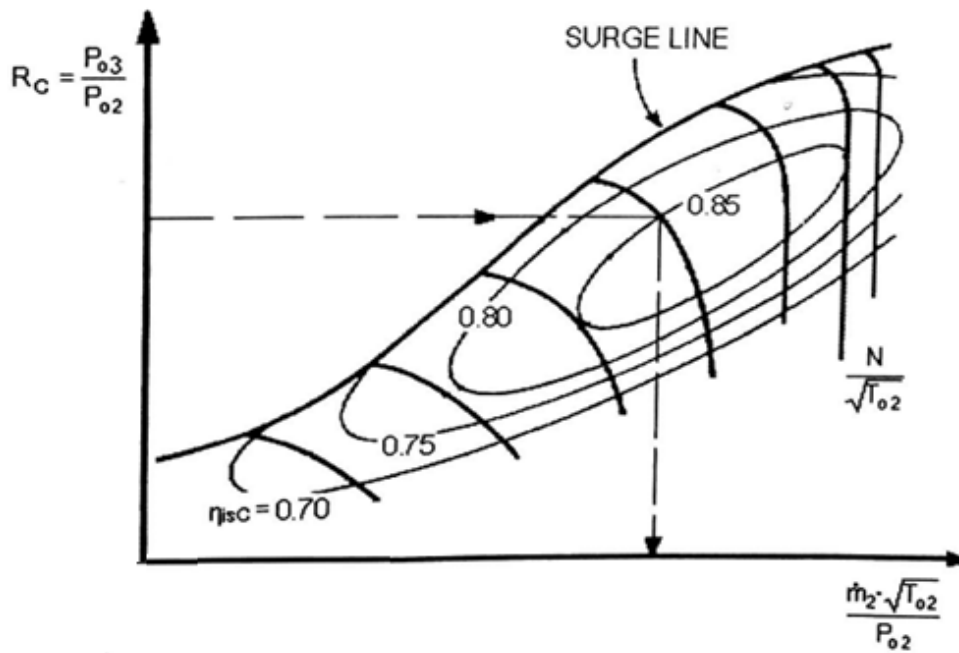
2→3 Συμπιεστής

Υπολογίζουμε την ποσότητα $\frac{N}{\sqrt{T_{02}}}$

Υπόθεση 1^η: Κάνουμε την υπόθεση: $R_c = \frac{P_{03}}{P_{02}} * P_{03} = R_c * P_{02}$ [3]

Υπολογίζουμε την παροχή μάζα αέρα $\frac{\dot{m}_2 * \sqrt{T_{02}}}{P_{02}} = MFP_2$ και ψ_{isc}

(MFP MassFlowParameter)



Σχήμα 5: Διαδικασία στο χάρτη του συμπιεστή.

Στη συνέχεια υπολογίζουμε την παροχή μάζας αέρα:

$$\dot{m}_2 = \frac{MFP_2 * P_{02}}{\sqrt{T_{02}}} \quad [4]$$

Όπου:

MFP = Παράμετρος παροχής μάζας

Δεν έχουμε κάπου αναφορά για απομάστευση επομένως η παροχή μάζας: $m_2 = m_3$

Υπολογισμός:

$$\Rightarrow \frac{\Delta T_{o23}}{T_{o2}} = \frac{1}{\eta_{isc}} \cdot \left[\left(\frac{P_{o3}}{P_{o2}} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right]$$

[5]

Όπου:

ψ_{isc} = Ισεντροπικός βαθμός απόδοσης του συμπιεστή
 γ = σταθερά (αδιαβατικός εκθέτης)

Ωστόσο, ισχύει και η ακόλουθη σχέση:

$$\frac{T_{03}}{T_{02}} = 1 + \frac{\theta T_{023}}{02} \quad [6]$$

Όπου:

T_{03} = θερμοκρασία Θαλάμου καύσης (K)

θT_{023} = Διαφορά θερμοκρασίας (από 2 \rightarrow 3) (K)

Έτσι,

$$T_{03} = T_{02} * \frac{T_{03}}{T_{02}} \quad [7]$$

Ακολουθεί συμβατότητα παροχής μάζας (flow compatibility):

$$\frac{\dot{m}_3 * \sqrt{T_{03}}}{P_{03}} = \frac{\dot{m}_2 * \sqrt{T_{02}}}{P_{02}} * \frac{P_{02}}{P_{03}} * \frac{\sqrt{T_{03}}}{\sqrt{T_{02}}} * \frac{\dot{m}_3}{\dot{m}_2} \quad [8]$$

Έπειτα έχουμε τον υπολογισμό του έργου το συμπιεστή που δίνεται από τη σχέση:

$$CW = \dot{m}_2 * c_{pc} * (T_{03} - T_{02}) \quad [9]$$

Όπου:

CW = Ισχύς του συμπιεστή (J)

c_{pc} = Ειδική θερμότητα σε ψυχρό σημείο

3→4 Θάλαμος καύσης

Υπόθεση 2^η: Υποθέτουμε ότι η θερμοκρασία ΤΕΤ = T₀₄ και επομένως έχουμε:

Διαφορά θερμοκρασίας:

$$\Delta T_{034} = T_{04} - T_{03} \quad [10]$$

Όπου:

$$\Delta T_{034} = \text{Διαφορά θερμοκρασίας (από 3} \rightarrow \text{4) (K)}$$

Και από τον χάρτη θάλαμου καύσης παίρνουμε τις σχέσεις:

$$FAR = \frac{\dot{m}_f}{\dot{m}_3} \quad [11]$$

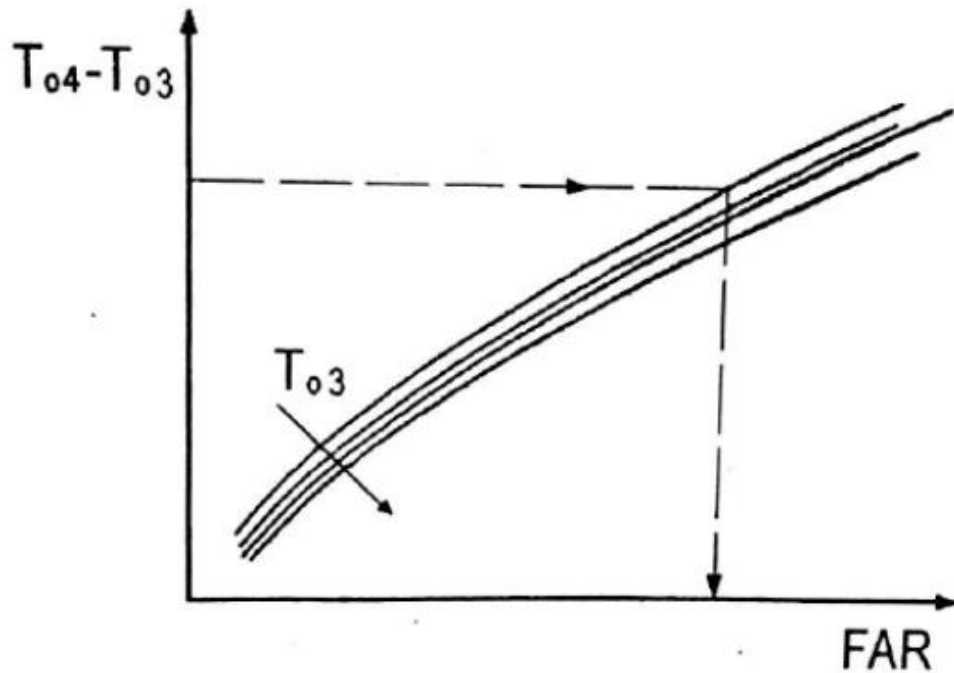
Με συνεπαγόμενη σχέση:

$$\dot{m}_f = FAR * \dot{m}_3 \quad [12]$$

Όπου:

\dot{m}_f = Παροχή μάζας (kg/s)

FAR = Λόγος παροχών μάζας



Σχήμα 6: Διαδικασία στο χάρτη θαλάμου καύσης.

Διαφορετικά αν δεν έχουμε το χάρτη τότε η παροχή μάζας \dot{m}_f μπορεί να υπολογιστεί από την παρακάτω σχέση:

$$\dot{m}_f = \frac{\dot{m}_3 * (c_{ph} * T_{04} - c_{pc} * T_{03})}{\psi_{cc} * FCV * 10^6} \quad [13]$$

Όπου:

T_{04} = Θερμοκρασία στροβίλου (K)

ψ_{cc} = Συντελεστής απόδοσης συμπίεστη

c_{ph} = Ειδική θερμότητα σε ζεστό σημείο (kJ/kg·K)

c_{pc} = Ειδική θερμότητα σε ψυχρό σημείο (kJ/kg·K)

$$FAR = \frac{\dot{m}_f}{\dot{m}_3} \quad [14]$$

$$\frac{\Delta P_{o34}}{P_{o3}} = \left[K_1 + K_2 \cdot \left(\frac{T_{o4}}{T_{o3}} \right) \right] \cdot \left(\frac{\dot{m}_3 \cdot \sqrt{T_{o3}}}{P_{o3}} \right)^2$$

Όπου:

$K_1, K_2 =$ Σταθερές που δίνονται

$P_{o3} =$ Πίεση θαλάμου καύσης (Pa)

Σε αντίθετη περίπτωση θα δίνεται απευθείας η ποσότητα $\frac{P_{o4}}{P_{o3}} = 1 - \frac{OP_{o34}}{P_{o3}}$ [15]

Όπου:

$P_{o4} =$ Πίεση στροβίλου (Pa)

$OP_{o34} =$ Διαφορά πίεσης (από 3 \rightarrow 4) (Pa)

$$\frac{\dot{m}_4 \cdot \sqrt{T_{o4}}}{P_{o4}} = \frac{\dot{m}_3 \cdot \sqrt{T_{o3}}}{P_{o3}} \cdot \frac{P_{o3}}{P_{o4}} \cdot \sqrt{\frac{T_{o4}}{T_{o3}}} \cdot \frac{\dot{m}_4}{\dot{m}_3} = \frac{\dot{m}_3 \cdot \sqrt{T_{o3}}}{P_{o3}} \cdot \frac{P_{o3}}{P_{o4}} \cdot \sqrt{\frac{T_{o4}}{T_{o3}}} \cdot (1 + FAR)$$

[16]

4 \rightarrow 5 Στρόβιλος

Υπόθεση 3^η: Υποθέτουμε σε αυτό το σημείο ότι $P = 1.003$ και

$$R_T = \frac{P_{o4}}{P_{o5}} * P_{o5} = R_T * P_{o4}$$

[17]

Όπου:

$R_T =$ Λόγος πιέσεων στροβίλου

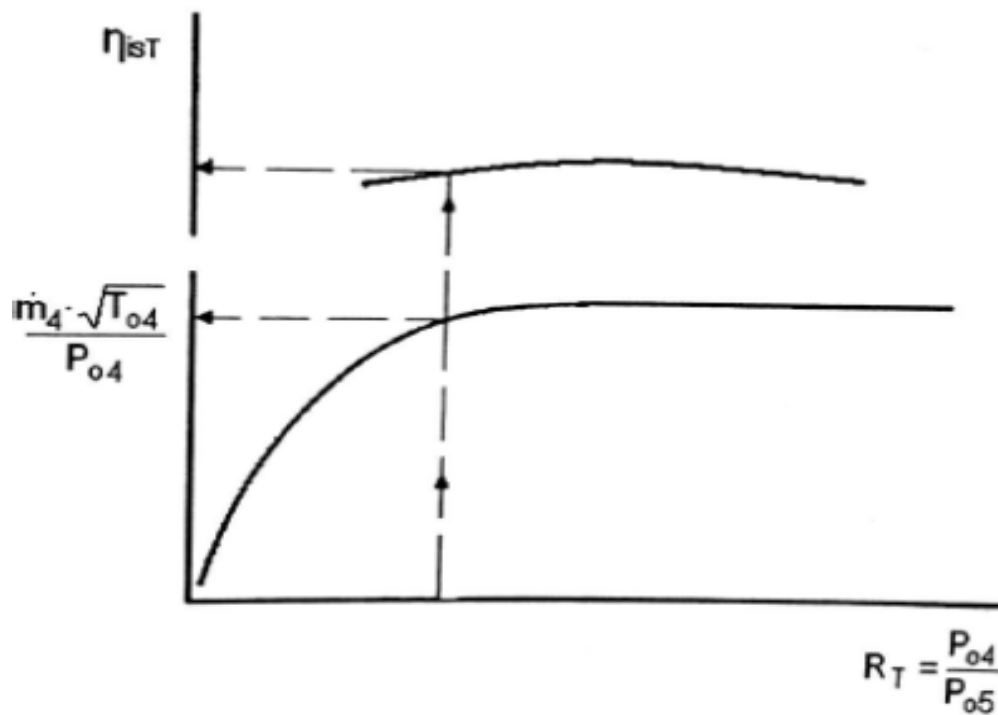
$P_{o5} =$ Πίεση στροβίλου (Pa)

Υπολογίζουμε την ποσότητα $\frac{N}{\sqrt{T_{04}}}$ και από χάρτη στροβίλου την παράμετρο παροχής μάζας:

$$\frac{\dot{m}_4 \cdot \sqrt{T_{04}}}{P_{04}} = MFP_4 \quad [18]$$

Όπου:

MFP_4 = Παράμετρος παροχής μάζας στροβίλου



Σχήμα 8: Διαδικασία στο χάρτη στροβίλου.

Προκειμένου να εξασφαλίζεται η απαίτηση για συνέχεια της παροχής θεωρούμε ότι η παροχή μάζας του καυσίμου είναι ίση με την παροχή του αέρα απομάστευσης και έτσι ισχύει ότι:

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_4 \quad [19]$$

$$T_{05} = T_{04} \cdot \left[1 - \eta_{ισT} \cdot (1 - R_T)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \right]$$

Όπου:

T_{05} = Θερμοκρασία εξόδου στροβίλου (K)

ψ_{isT} = Βαθμός απόδοσης

c_{ph} = Σταθερή τιμή c για το ζεστό μέρος του κινητήρα

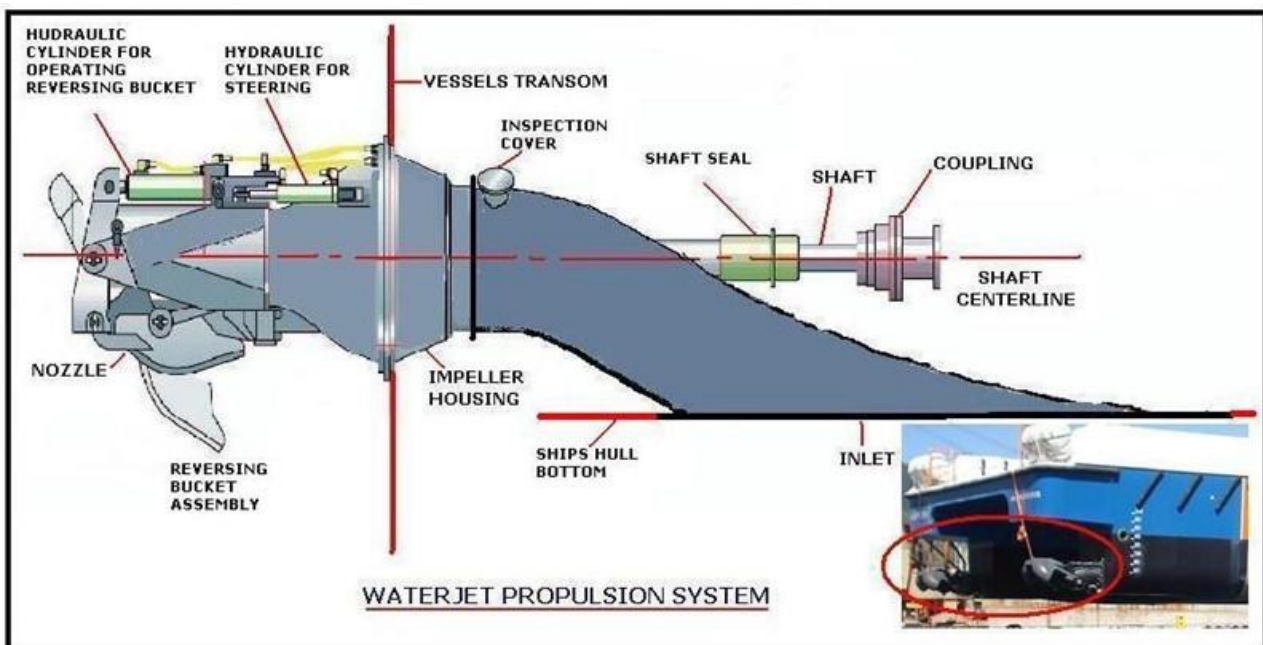
$$TW = m_4 * c_{ph} * (T_{04} - T_{05}) \quad [20]$$

Όπου:

TW = Έργο στροβίλου (MJ)

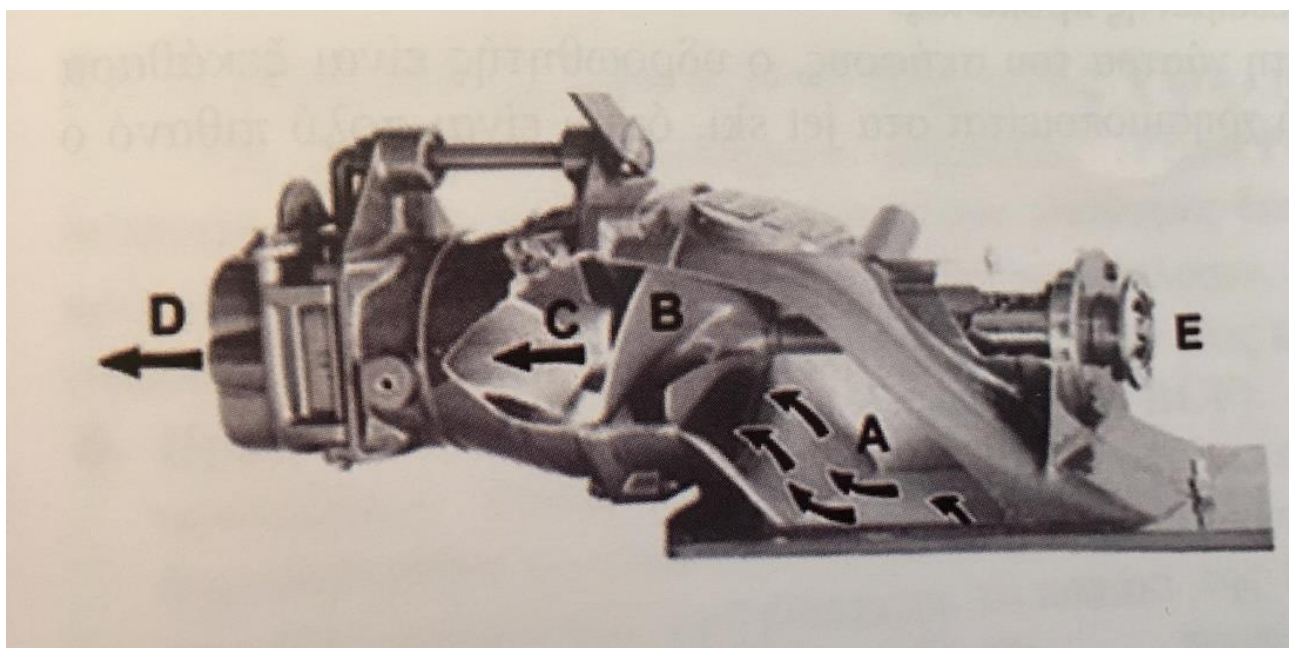
4.2 Υδροωθητές (WaterJets)

Οι υδροωθητές (waterjets) αν και δεν είναι καινούτομη τεχνολογία, δεν είχαν ευρεία χρήση. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται από μικρά ταχύπλοα σκάφη μέχρι και μεγάλου μεγέθους πλοία απλής και διπλής γάστρας, υψηλών ταχυτήτων. Τα πλεονεκτήματά τους έχουν ιδιαίτερη σημασία για τα πολεμικά πλοία. Στο παρακάτω σχήμα προβάλλεται η δομή του υδροωθητή.



Σχήμα 9: Δομή του υδροωθητή.

Ακολουθεί το σχήμα που παρουσιάζει την λειτουργία του υδροωθητή:



Σχήμα 10: Λειτουργία υδροωθητή.

A. Στο σημείο αυτό γίνεται η εισαγωγή του νερού.

B και C. Παρουσιάζεται η βαθμίδα αναρρόφησης (στροφείο/στάτορας) που αυξάνει την πίεση του ρευστού.

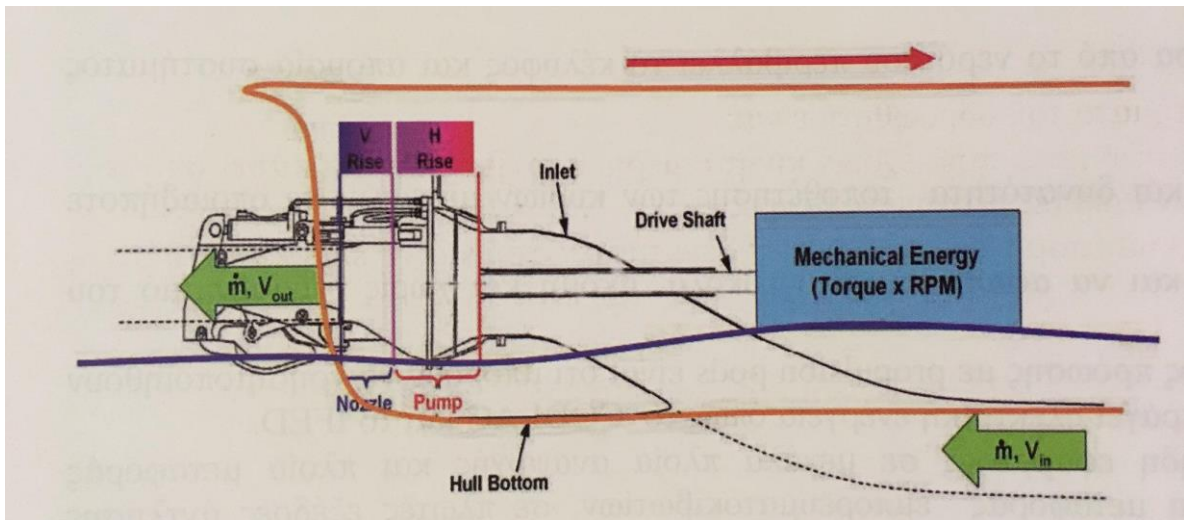
D. Γίνεται λόγος για το jetstream, δηλαδή το ακροφύσιο εξόδου του νερού με την μορφή ρεύματος υψηλής ταχύτητας.

E. Το σημείο σύνδεσης με τον κινητήριο άξονα.

4.3 Αρχή λειτουργίας Υδροωθητή

Το νερό εισέρχεται από το κάτω μέρος του κύτους με ταχύτητα V_{IN} . Έπειτα η εσωτερική προπέλα προσδίδει ενέργεια πίεσης στο ρεύμα νερού. Τέλος, το ακροφύσιο εξόδου μετατρέπει την ενέργεια πίεσης του ρεύματος νερού σε κινητική εκτοξεύοντας το με τα ταχύτητα V_{OUT} από το πίσω μέρος του πλοίου (πρόωση με τη χρήση δέσμης νερού.) Με τη

βοήθεια κατευθυντικών πτερυγίων, η δέσμη μπορεί να κατευθυνθεί αριστερά – δεξιά, ωθώντας αντίστοιχα και το σκάφος, ενώ με την κάθοδο ειδικού εκτροπέα-κλαπέτου, η δέσμη κατευθύνεται προς τα εμπρός, ωθώντας το σκάφος ανάποδα. Η εύκολη κατεύθυνση και εκτροπή της δέσμης επιτρέπει την αυξημένη ικανότητα ελιγμών, ενώ η μεγάλη ταχύτητα της δέσμης και η απουσία εξωτερικής προπέλας επιτρέπει την ανάπτυξη πολύ υψηλών ταχυτήτων, χωρίς κίνδυνο εμφάνισης σπηλαιώσης.



Σχήμα 11: Εικονική παράσταση της αρχής λειτουργίας του waterjet.

4.4 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα υδροωθητή

Πλεονεκτήματα υδροωθητή

Η πρόωση Waterjet έχει πολλά πλεονεκτήματα έναντι άλλων μορφών θαλάσσιας πρόωσης, όπως πρύμνοι κινητήρες, εξωλέμβιοι κινητήρες, άξονες έλικες και επιφανειακές κινήσεις. Αυτά τα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν :

- Εξαιρετική ευελιξία
- Ακριβής έλεγχος διεύθυνσης σε όλες τις ταχύτητες του σκάφους.
- Το εφέ διεύθυνσης "ZeroSpeed" παρέχει ικανότητα ώθησης 360 ° για αγκύρωση και κράτημα σε στάση.
- Δυνατότητα πλευρικής κίνησης με πολλαπλές εγκαταστάσεις jet.

-Υψηλής απόδοσης πρόσθια ώθηση με δυνατότητα «πέδησης ισχύος» στην ταχύτητα.

- Υψηλής απόδοση

-Προωθητικοί συντελεστές τόσο καλοί ή υψηλότεροι από τα καλύτερα συστήματα έλικα που επιτυγχάνονται σε μεσαίες έως υψηλές ταχύτητες πλώσης.

-Η ευελιξία κατά τη χρήση πολλαπλών πιδάκων νερού μπορεί να επιτρέψει στους χειριστές να συνεχίσουν να λειτουργούν αποτελεσματικά σε λιγότερες μονάδες.

- Χαμηλή έλξη και ρηχό βύθισμα

-Η απουσία υποβρύχιων εξαρτημάτων μειώνει την αντίσταση στο κύτος.

-Ρηχό βύθισμα : η πρόσληψη waterjet είναι επίπεδη με το κάτω μέρος της γάστρας για να επιτρέπεται η πρόσβαση σε ρηχά νερά και προσγειώσεις στην παραλία χωρίς κίνδυνο πρόκλησης ζημιάς στην κίνηση.

- Χαμηλή συντήρηση

-Κανένα προεξέχον εργαλείο μετάδοσης δεν εξαλείφει τις ζημιές από κρούση ή τις εμπλοκές.

-Ελάχιστος χρόνος διακοπής και απλές ρουτίνες συντήρησης.

- Ομαλή και χωρίς κραδασμούς πλοήγηση

-Χωρίς δόνηση κύτους, χωρίς εφέ ροπής και χωρίς σπηλαίωση υψηλής ταχύτητας, παρέχονται μέγιστα επίπεδα άνεσης στο πλοίο.

-Χαμηλή υποβρύχια ακουστική υπογραφή

- Απόλυτη ασφάλεια

-Δεν υπάρχει εκτεθειμένη έλικα για πλήρη ασφάλεια γύρω από τους ανθρώπους στο νερό και τη θαλάσσια ζωή

- Μέγιστη διάρκεια ζωής κινητήρα

-Η πτερωτή της μονάδας Jet ταιριάζει με την ισχύ του κινητήρα.

-Η απορρόφηση ισχύος είναι η ίδια ανεξάρτητα από την ταχύτητα του σκάφους.

-Δεν υπάρχει πιθανότητα υπερφόρτωσης κινητήρα υπό οποιεσδήποτε συνθήκες.

- Απλή εφαρμογή
- Μονή συσκευασμένη μονάδα.
- Δεν απαιτείται βαρύ και ακριβό κιβώτιο ταχυτήτων για πολλές εγκαταστάσεις.
- Απλή μετάδοση κίνησης από κινητήρα σε ζεύξη jet.
- Ολοκληρωμένο εργοστασιακό πακέτο.
- Δεν υπάρχει δυσκολία στην ευθυγράμμιση του κινητήρα.

Μειονεκτήματα υδροωθητή

- Καθώς είναι σύστημα με κινητά μέρη που τοποθετούνται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, παρουσιάζουν αρκετές μηχανικές βλάβες.
- Σε εφαρμογές μικρών σκαφών σε συνδυασμό με υψηλό κυματισμό, υπάρχει αδυναμία γρήγορων επιδόσεων διότι η εισαγωγή βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του νερού με συνέπεια να μην υπάρχει προώθηση.
- Το αρκετά υψηλό κόστος κτήσης του το καθιστά κατάλληλο για ειδικές εφαρμογές μόνο.

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Σύστημα πρόωσης και ισχύος

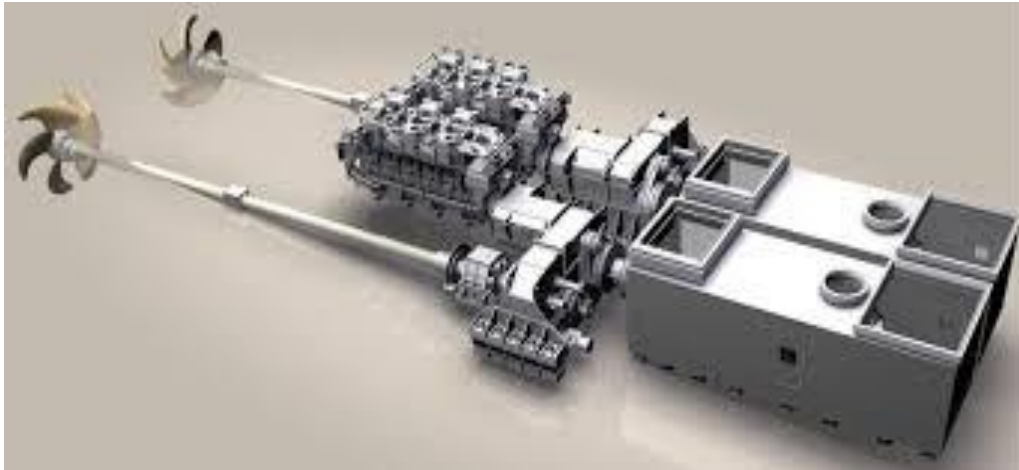
Το υβριδικό σύστημα πρόωσης το οποίο συνδυάζει υδροπροωθητή με προπέλες μεταβλητού βήματος, ονομάζεται WaterjetandRefinedPropellers. Ο απώτερος σκοπός του υβριδικού συστήματος πρόωσης είναι η αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων και των δύο αυτών συστημάτων πρόωσης, δηλαδή:

- υψηλή ικανότητα ελιγμών
- υψηλές ταχύτητες
- μικρό ακουστικό αποτύπωμα
- μειωμένο λειτουργικό κόστος
- τεράστια αξιοπιστία και επιβιωσιμότητα

Τα προαναφερθέντα πλεονεκτήματα αποτέλεσαν και την αιτία για την κατασκευή του πρώτου πλοίου-αξιοσημείωτο ότι γίνεται αναφορά σε πολεμικό πλοίο- που χρησιμοποιεί το υβριδικό σύστημα πρόωσης WARPσε συνδυασμό με το σύστημα ισχύος CODAG. Ο λόγος γίνεται για την Γερμανική κλάση φρεγατών MEKO-A200 με υβριδικό συνδυασμό συστήματος ισχύος/πρόωσης CODAG-WARP (COmbinedDieselAndGasWaterjetAndRefinedPropeller), μια βελτιωμένη έκδοση του συνδυασμού CODAG.

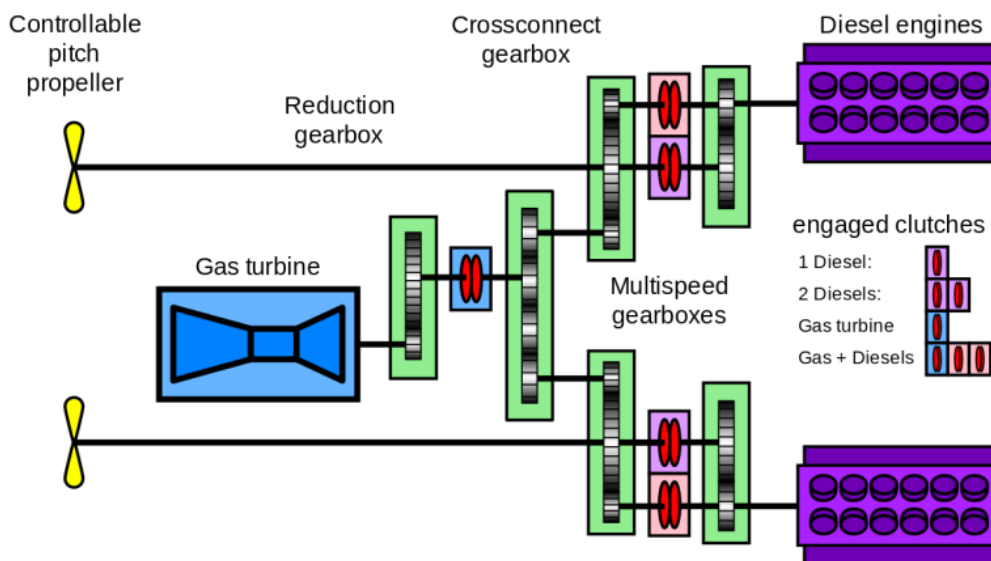
5.1 Σύστημα CODAG

Το συνδυασμένο diesel και φυσικό αέριο (CODAG: CombinedDieselAndGas) είναι ένας τύπος συστήματος πρόωσης για πλοία που χρειάζονται μέγιστη ταχύτητα που είναι πολύ ταχύτερη από την ταχύτητα της κρουαζιέρας τους, ιδίως πολεμικά πλοία όπως οι σύγχρονες φρεγάτες ή κορβέτες.



Εικόνα 14: Σχηματική παράσταση διάταξης CODAG. [Wikipedia]

Η Θεμελιώδης αρχή ενός συστήματος CODAG, με κιβώτια ταχυτήτων diesel δύο ταχυτήτων καινοτόμος της Γερμανίας με τη φρεγάτα κλάσης Köln, ένα σύστημα CODAG αποτελείται από κινητήρες diesel για κρουαζιέρες και αεριοστρόβιλους που μπορούν να ενεργοποιηθούν για μεταφορές υψηλής ταχύτητας. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η διαφορά ισχύος εξόδου από κινητήρες diesel μόνο σε diesel και στροβιλοσυμπιεστή είναι πολύ μεγάλη για τις έλικες ελεγχόμενου βήματος για να περιορίσουν τις περιστροφές, έτσι ώστε οι diesel να μην μπορούν να συνεχίσουν να λειτουργούν χωρίς να αλλάξουν οι σχέσεις μετάδοσης των κιβωτίων τους. Εξαιτίας αυτού, χρειάζονται ειδικά κιβώτια ταχυτήτων πολλαπλών ταχυτήτων.

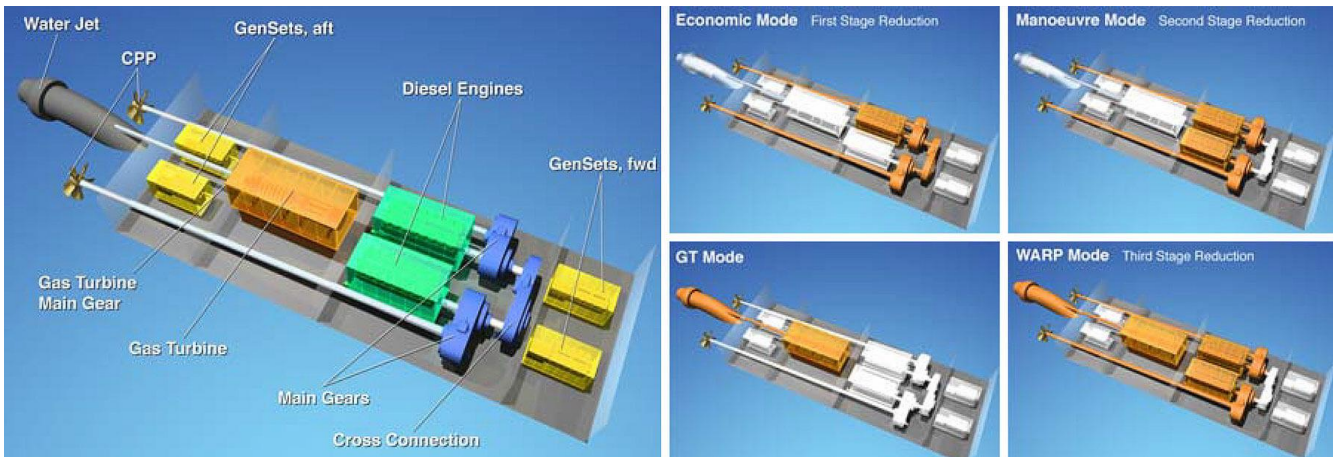
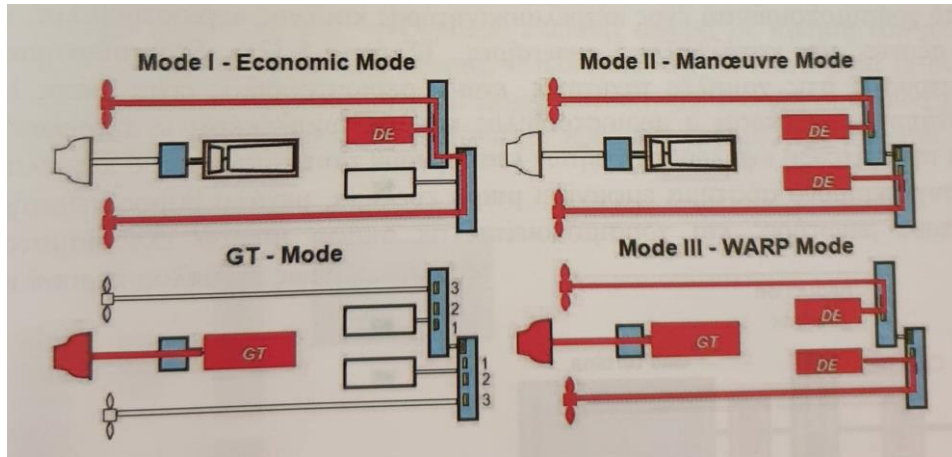


Σχήμα 12: Διάταξη συστήματος CODAG

Ένα τέτοιο σύστημα πρόωσης έχει μικρότερο αποτύπωμα από ένα εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας μόνο με diesel με την ίδια μέγιστη ισχύ, καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν μικρότεροι κινητήρες και ο αεριοστρόβιλος και το κιβώτιο ταχυτήτων δεν χρειάζονται τόσο πολύ χώρο. Ωστόσο, διατηρεί την υψηλή απόδοση καυσίμου των κινητήρων diesel κατά την πλεύση, επιτρέποντας μεγαλύτερη εμβέλεια και χαμηλότερο κόστος καυσίμου από ό, τι μόνο με τους αεριοστρόβιλους. Από την άλλη πλευρά, απαιτείται μια πιο περίπλοκη ταχύτητα.

5.2 Σύστημα CODAG-WARP

Το CODAGWaterjetAndRefinedPropeller (WARP), ένα σύστημα που αναπτύχθηκε από την Blohm&Voss ως επιλογή για τη γραμμή πλοίων MEKO, εμπίπτει επίσης σε αυτήν την κατηγορία, αλλά αποφεύγει τα προαναφερθέντα προβλήματα. Το συνδυασμένο σύστημα ισχύος/πρόωσης CODAGWARP περιλαμβάνει δύο προπέλες 5-πτερες διαμέτρου 3.4m με μεταβλητό βήμα (ControllablePitchPropellers, CPP) συνδεδεμένες διαγώνια με δύο κύριους κινητήρεςdiesel (2xMTU 16V 1163 TB93 μέγιστης ισχύος 7.940 ίππων έκαστος) μέσω ενός συστήματος μείωσης των στροφών τριών επιπέδων και επιπλέον ενός αεριοστρόβιλου ο οποίος με τη σειρά του καθοδηγεί έναν υδροπροωθητή (1xGE LM 2500GT ισχύος 20,000 kW), *Σχήμα 7*. Όταν ο αεριοστρόβιλος δεν λειτουργεί τότε ο υδροπροωθητής κλείνει με μία θύρα και έτσι δεν δημιουργεί πρόσθετη αντίσταση. Επίσης ο υδροπροωθητής διαθέτει εκτροπέα-κλαπέτο, έτσι ώστε να καθοδηγεί τη δέσμη ύδατος προς τα εμπρός, ωθώντας την φρεγάτα ανάποδα. Επιπλέον, μπορεί να τοποθετηθεί πιο πίσω και πάνω στην πρύμνη αφήνοντας ανεπηρέαστο το μέγεθος των προπελών. Να σημειωθεί ωστόσο ότι ο υδροπροωθητής μπορεί να εφαρμοστεί είτε μόνος του (καθοδηγούμενος από τον αεριοστρόβιλο), είτε συνδυασμένος με τις προπέλες/κινητήρες diesel (αν και μόνο αν αγγίζει μέγιστη ταχύτητα >27 knots), είτε να απενεργοποιηθεί και το σκάφος να κινείται μόνο με τις προπέλες και τους πετρελαιοκινητήρες. Χάρη στη διαγώνια διάταξη κινητήρα diesel και προπελών, η φρεγάτα κινείται με μεγάλη ευκολία με ταχύτητα έως και 18 knots, μόνο με τη χρήση ενός πετρελαιοκινητήρα που κινεί τις δύο προπέλες. Οι διάφορες καταστάσεις λειτουργίας (operatingmodes) ανάλογα πάντα με τις επιχειρησιακές συγκυρίες, παρουσιάζονται στο παρακάτω *Σχήμα*. Τέλος το σύστημα αυτό παρέχει στο πλοίο υψηλές ταχύτητες, μεγάλη ευελιξία κίνησης και ελιγμών.

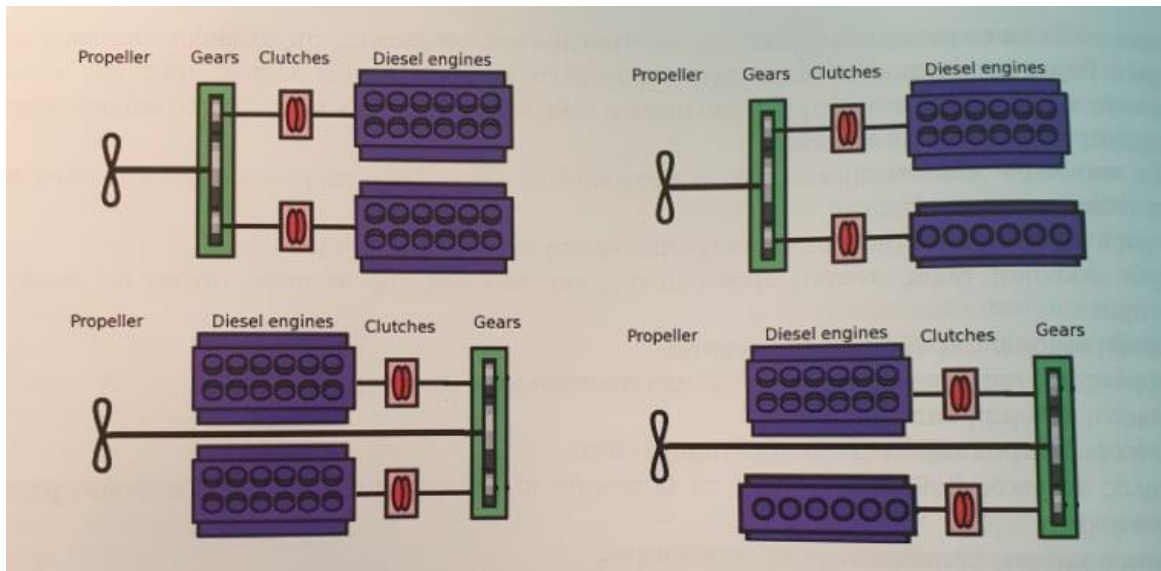


Σχήμα 13: Διαφορετικές δυνατότητες (operation modes) του συστήματος CODAGWARP, [Blohm&Voss]

5.3 Άλλες Συνδυασμένες μονάδες Ισχύος/Πρόωσης

5.3.1 Σύστημα CODAD

Σε ένα τέτοιο σύστημα CODAD χρησιμοποιούνται αποκλειστικά και μόνο πετρελαιοκινητήρες. Φέρνοντας σαν παράδειγμα την εκδοχή που το πλοίο διαθέτει δύο προπέλες, κάθε μία κινείται από ένα ζεύγος πετρελαιοκινητήρων, μέσω μειωτήρα. Η κίνηση κάθε προπέλας από έναν μονό πετρελαιοκινητήρα επιτυγχάνει τις ταχύτητες οικονομικής πλεύσης, ενώ για την επίτευξη υψηλών ταχυτήτων έχουμε ενεργοποίηση και του δεύτερου πετρελαιοκινητήρα κάθε ζεύγους. Οι πετρελαιοκινητήρες κάθε ζεύγους χωρίζονται σε όμοιους ή ανόμοιους (διάταξη mother-daughter). Στην περίπτωση των ανόμοιων επιτυγχάνονται περισσότεροι συνδυασμοί ισχύος (modes).



Σχήμα 14: Α. Διάταξη συστήματος CODAD με δύο ζεύγη ομοίων πετρελαιομηχανών για την καθοδήγηση 2 προπελών. Β. Διάταξη συστήματος CODAD mother-daughter για την καθοδήγηση 2 προπελών, [Wikipedia]

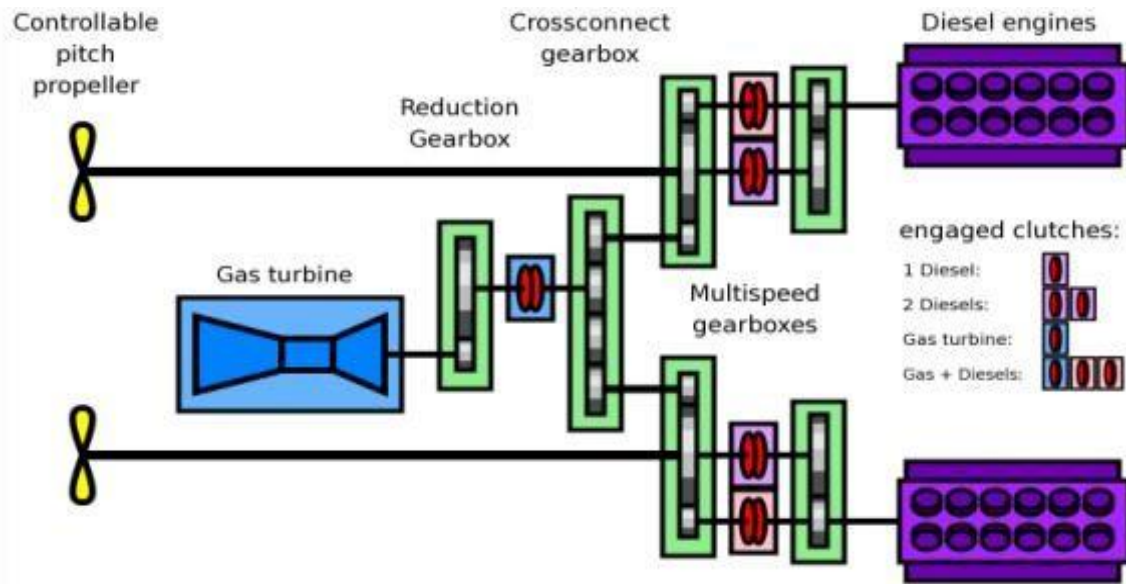
5.3.2 COmbined Diesel And Gas turbine, CODAG

Η διάταξη ενός συστήματος πρόωσης CODAG με δύο τύπους κιβωτίων ταχυτήτων προβάλλεται στο παρακάτω Σχήμα 9. Οι ταχύτητες πλεύσης (cruising speeds), επιτυγχάνονται μόνο με τη χρήση των πετρελαιοκινητήρωνdiesel, ενώ με την ταυτόχρονη

εμπλοκή και του αεριοστρόβιλου χωρίς απεμπλοκή των κινητήρων diesel, επιτυγχάνονται οι υψηλές ταχύτητες. Συστήματα CODAG εκμεταλλεύονται τον υψηλό βαθμό απόδοσης των κινητήρων diesel όταν κινούνται με ταχύτητες πλεύσης, επιτυγχάνοντας χαμηλότερο κόστος καυσίμων και αυξάνοντας την εμβέλεια τους. Ωστόσο, είναι απαραίτητη μια πιο πολύπλοκη, βαριά και δυνητικά προβληματική διάταξη μετάδοσης κίνησης.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η διαφορά της ωφέλιμης ισχύος μόνο των κινητήρων diesel και συνδυασμένης ωφέλιμης ισχύος από τους κινητήρες diesel και τον αεριοστρόβιλο, είναι τόσο μεγάλη, ώστε ακόμα και προπέλες μεταβλητού βήματος (controllablepitchpropellers) αδυνατούν να περιορίσουν τον αριθμό των στροφών τους, οπότε οι κινητήρες diesel δεν μπορούν να συνεχίσουν να λειτουργούν χωρίς αλλαγή της σχέσης μετάδοσης τους. Εξαιτίας αυτού, απαιτούνται ειδικές διατάξεις κιβωτίων ταχυτήτων πολλαπλών σχέσεων μετάδοσης. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τα συστήματα CODOG, στα οποία ο κινητήρας diesel συνδέεται με ένα απλό σύστημα μετάδοσης, (σταθερή σχέση μετάδοσης) με τον άξονα και απεμπλέκεται από το σύστημα όταν ενεργοποιείται ο αεριοστρόβιλος.

Αναφορικά στο νέο σύστημα CODAG των φρεγατών κλάσης Nansen του Νορβηγικού ναυτικού, η σχέση μετάδοσης για τον κινητήρα diesel αλλάζει περίπου από 1:7.7 (κινητήρας: προπέλα) σε 1:6.3 όταν λειτουργούν κινητήρας diesel και αεριοστρόβιλος μαζί. Είναι γεγονός επίσης ότι ορισμένα πλοία μπορούν να έχουν και τρεις διαφορετικές σχέσεις μετάδοσης για τους κινητήρες diesel: πρώτη για τον ένα μόνο κινητήρα diesel, δεύτερη καθώς εμπλακή και ο δεύτερος κινητήρας diesel και η τρίτη όταν εμπλέκεται και ο αεριοστρόβιλος. Ένα τέτοιο σύστημα πρόωσης καταλαμβάνει μικρότερο χώρο από ένα σύστημα με μόνο έναν κινητήρα diesel με την ίδια μέγιστη ισχύ εξόδου, δεδομένου ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα «πακέτο» αποτελούμενο από μικρότερους κινητήρες diesel, αεριοστρόβιλο και κιβώτιο ταχυτήτων που καταλαμβάνει τελικά μικρότερο χώρο.



Σχήμα 15: Σύστημα CODAG για την καθοδήγηση 2 προπελών μεταβλητού βήματος. Με την κατάλληλη συνδυαστική χρήση του συστήματος κιβωτίων μπορούν να προκύψουν 4 διαφορετικά operation modes, [Wikipedia]

Το σύστημα πρόωσης CODAG χρησιμοποιείται από πλοία που απαιτείται να πιάνουν μέγιστη ταχύτητα σημαντικά πιο υψηλή από την ταχύτητα πλεύσης. Πλοία σαν και αυτά είναι τα πολεμικά (warships) τύπου φρεγάτας (frigate) και κορβέτας (corvette). Τυπική ταχύτητα πλεύσης των πολεμικών πλοίων με σύστημα CODAG είναι 20kts (με αποκλειστική χρήση των πετρελαιοκινητήρων diesel), ενώ όταν εμπλακεί και ο αεριοστρόβιλος τυπικά η μέγιστη ταχύτητα φθάνει τα 30kts. Η εφαρμογή του συστήματος CODAG έλαβε θέση για πρώτη φορά στη φρεγάτα κλάσης Köln από το Γερμανικό ναυτικό.

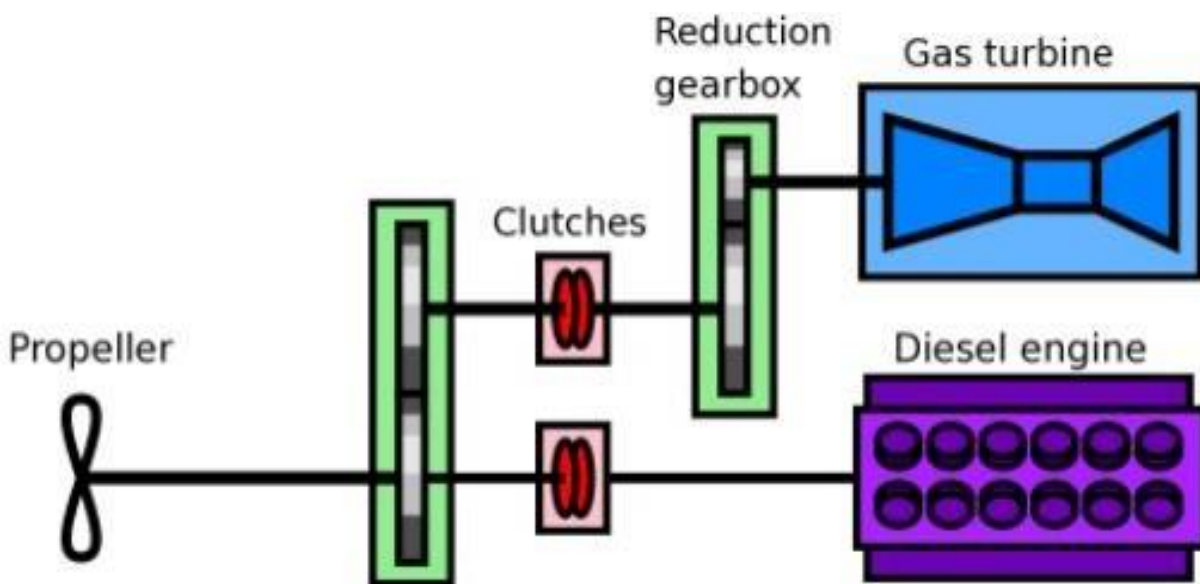
Το σύστημα CODAG έχει μειωμένο συνολικό βάρος σε σχέση με το CODOG γιατί υπάρχουν τέσσερις διαφορετικοί συνδυασμοί καθοδήγησης των αξόνων, Σχήμα 9. Μερικές φορές, για να αποφευχθεί η χρήση ενός πολύπλοκου κιβωτίου ταχυτήτων επιλέγεται ο αεριοστρόβιλος και οι κινητήρες diesel να οδηγούν διαφορετικές προπέλες, αλλά τότε παρουσιάζονται ορισμένα μειονεκτήματα σε σχέση με τα τυπικά συστήματα CODAG:

- Ο βαθμός απόδοσης μειώνεται καθώς χρησιμοποιούνται περισσότερες προπέλες με μικρή διάμετρο η κάθε μία.
- Παρουσιάζεται αντίσταση στην πλεύση του πλοίου από τις μη λειτουργικές προπέλες (appendance resistance).

Μια εναλλακτική πρόταση για τις φρεγάτες κλάσης MEKO αναπτύχθηκε από την εταιρία Blohm&Voss σαν μία διαφορετική παραλλαγή του κλασσικού συστήματος CODAG. Του δόθηκε η ονομασία CODAGWARP (WaterjetAndRefinedPropeller) και χρησιμοποιεί τις κλασικές προπέλες καθώς και ένα υδροωθητήρα (waterjet) για την αποφυγή των παραπάνω προβλημάτων.

5.3.3 CObmBined Diesel Or Gas turbine, CODOG

Το συνδυασμένο CODOG για την κίνηση των δύο προπελών, που παρουσιάζεται στο *Σχήμα 10*, έχει την χαρακτηριστική διάταξη: Για κάθε έναν άξονα προπέλας, υπάρχει ένας κινητήρας diesel για ταχύτητες πλεύσης, ενώ από την άλλη για υψηλές ταχύτητες απενεργοποιείται ο κινητήρας diesel και εμπλέκεται ένας αεριοστρόβιλος, μέσω ενός συστήματος συμπλεκτών. Για την ελάττωση των στροφών του αεριοστρόβιλου είναι αναγκαία η χρήση κιβωτίου (gearbox). Γίνεται αντιληπτό ότι σε ένα τέτοιο σύστημα ένα μόνο είδος κινητήρα μπορεί να κινήσει το πλοίο έναντι του συστήματος CODAG το οποίο μπορεί να αξιοποιήσει τη συνδυασμένη ισχύ και των δύο ειδών κινητήρα που διαθέτουν.

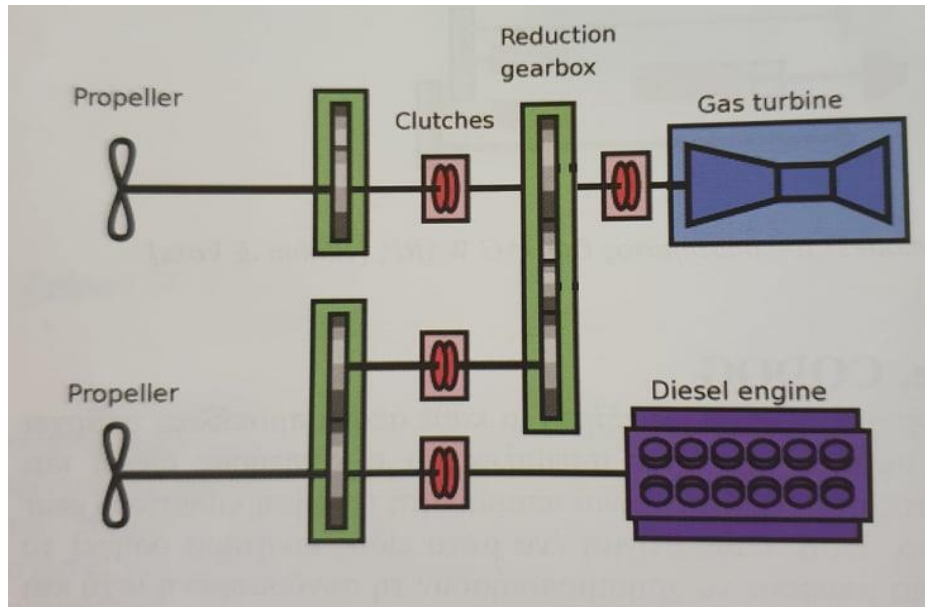


Σχήμα 16: Συνδυασμένο CODOG για την καθοδήγηση 2 προπελών

Το σύστημα CODOG βέβαια, πλεονεκτεί στο σύστημα μετάδοσης σε σχέση με το αντίστοιχο CODAG, καθώς είναι πιο απλό, όμως απαιτεί ισχυρότερο αεριοστρόβιλο (είτε και επιπλέον αεριοστρόβιλους) για την ανάδειξη της ίδιας μέγιστης ωφέλιμης ισχύς με ένα σύστημα CODAG. Τέλος, η κατανάλωση καυσίμου στις υψηλές ταχύτητες είναι πολύ μεγαλύτερη σε σύγκριση με το CODAG.

5.3.4 CODOGX και CODAGX

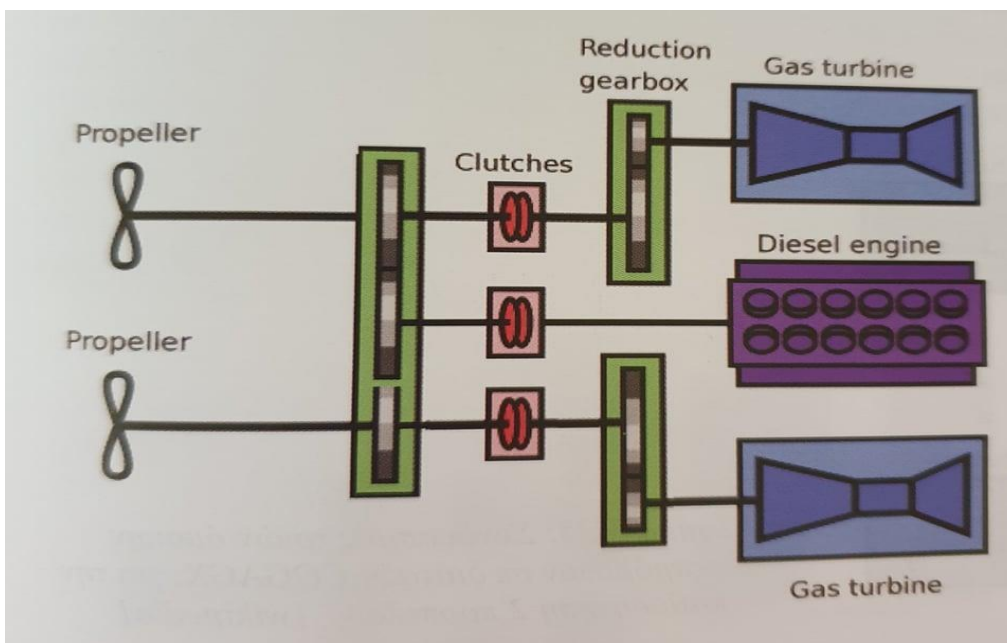
Η αρχή του συστήματος αυτού επιτυγχάνεται με τη χρήση και των δύο ειδών κινητήρα, δηλαδή και ενός κινητήρα diesel και ενός αεριοστρόβιλου, οι οποίοι με τη σειρά τους κινούν δύο προπελοφόρους άξονες μέσω κατάλληλων μειωτήρων, όπως αναγράφεται στο *Σχήμα 11* παρακάτω. Στο σύστημα CODOGX ο πετρελαιοκινητήρας λειτουργεί σε χαμηλές ταχύτητες, ενώ ο αεριοστρόβιλος είναι απενεργοποιημένος. Για την επίτευξη υψηλών ταχυτήτων, γίνεται άμεση ενεργοποίηση του αεριοστρόβιλου ενώ ταυτόχρονα αποσυνπλέκεται ο πετρελαιοκινητήρας. Στο σύστημα CODAGX για την επίτευξη υψηλών ταχυτήτων λειτουργούν την ίδια στιγμή και ο πετρελαιοκινητήρας και ο αεριοστρόβιλος. Το συγκεκριμένο σύστημα χαρακτηρίζεται από μικρή ευελιξία, μεγάλο βάρος μειωτήρων και υψηλές μηχανικές απώλειες στους μειωτήρες και χρησιμοποιείται σε σκάφη μικρού εκτοπίσματος και μεγάλης ταχύτητας, όπως ταχύπλοα περιπολικά σκάφη.



Σχήμα 17: Σχηματική παράσταση διάταξης CODOGX ή CODAGX για την καθοδήγηση 2 προπελών.

5.3.5 COGAGX-DX

Στο σύστημα αυτό, η επίτευξη των υψηλών ταχυτήτων γίνεται με την χρήση δύο αεριοστρόβιλων, συνδεδεμένων μέσω ενός μειωτήρα με έναν μόνο πετρελαιοκινητήρα για χρήση χαμηλών ταχυτήτων οικονομικής πλεύσης, (βλ. Σχήμα 12).



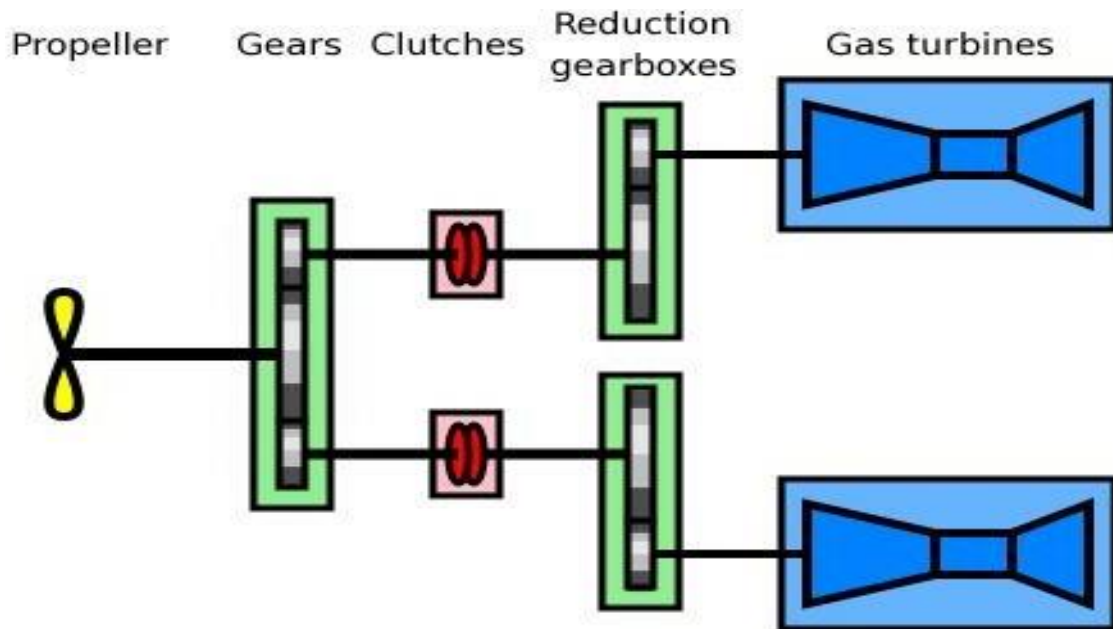
Σχήμα 18: Σχηματική παράσταση διάταξης COGAGX-DX για την καθοδήγηση 2 προπελών.

Ο μοναδικός κινητήρας diesel κινεί ταυτόχρονα τις δύο προπέλες, περιστρέφοντάς τες με την ίδια ταχύτητα στις χαμηλές στροφές, ενώ στο σύστημα αυτό ο πετρελαιοκινητήρας είναι περισσότερο φορτισμένος σε αντίθεση με αυτόν του συστήματος CODAG.

Οι υψηλότερες ταχύτητες επιτυγχάνονται με την παράλληλη λειτουργία του πετρελαιοκινητήρα και ενός από τους δύο αεριοστρόβιλους, σε σύνδεση πάντα μέσω των μειωτήρων. Η μέγιστη ωστόσο ταχύτητα επιτυγχάνεται με την εφαρμογή των δύο αεριοστρόβιλοι μαζί με τον πετρελαιοκινητήρα. Είναι φανερό ότι η ταχύτητα περιστροφής των δύο ελίκων είναι η ίδια, λόγω της παρουσίας του ενδιάμεσου μειωτήρα που διασυνδέει τα δύο είδη κινητήρων. Το σύστημα αυτό ανεπαρκεί λόγω της αυξημένης πολυπλοκότητας και βάρους των μειωτήρων καθώς και των υπέρμετρων μηχανικών απωλειών στους μειωτήρες.

5.3.6 COmbined Gas And Gas turbine, COGAG

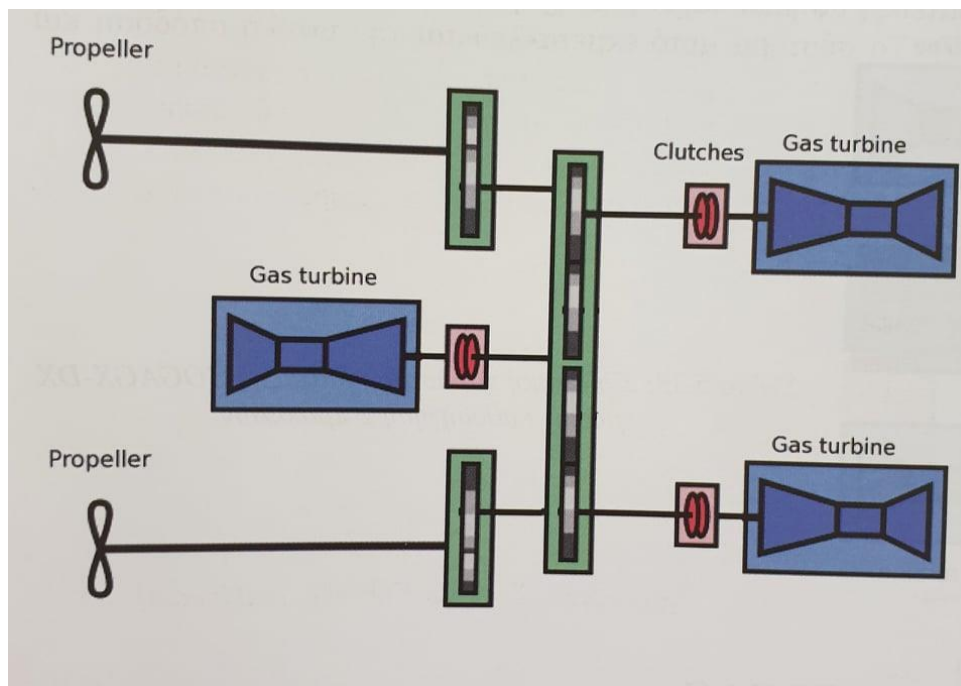
Στο σύστημα GOGAG για την ελάττωση του κόστους συντήρησης, επιλέγονται αεριοστρόβιλοι του ίδιου τύπου. Η πιο διαδεδομένη διάταξη της πρόωσης των πολεμικών πλοίων είναι η εφαρμογή δύο ζευγών αεριοστρόβιλων, στην οποία το κάθε ένα από αυτά κινεί, μέσω μειωτήρων, μία κλασική προπέλα. Δεδομένου ότι η απόδοση των αεριοστρόβιλων είναι καλύτερη στην περιοχή μέγιστης ισχύος, το σύστημα διαχείρισης και ελέγχου του συστήματος πρόωσης ανάλογα το φορτίο εμπλέκει τον ένα ή και τους δύο μαζί έτσι ώστε αυτοί να λειτουργούν το δυνατότερο κοντά στο σημείο σχεδιασμού τους επιτυγχάνοντας έτσι την μέγιστη δυνατή απόδοση κάθε στιγμή. Επειδή Το συντριπτικό ποσοστό του χρόνου πλεύσης έχει να κάνει με την κίνηση του πλοίου με την χρήση των δύο μόνο αεριοστρόβιλων, για λόγους πανομοιότυπης διάβρωσης, εναλλάσσονται σε λειτουργία οι δύο αεριοστρόβιλοι κάθε ζεύγους, με βάση έναν μοναδικό και απaráμιλλο ορισμό ωρών εφαρμογής τους. Επειδή οι αεριοστρόβιλοι αδυνατούν να περιστρέφουν σε αντίθετη κατεύθυνση, προβαίνουν σε συνδυασμό με προπέλες μεταβλητού βήματος, με ειδικότερη σχηματική παράσταση στο παρακάτω *Σχήμα 11*.



Σχήμα 19: Σύστημα COGAG για την καθοδήγηση 2 προπελών μεταβλητού βήματος.

5.3.7 COGAGX

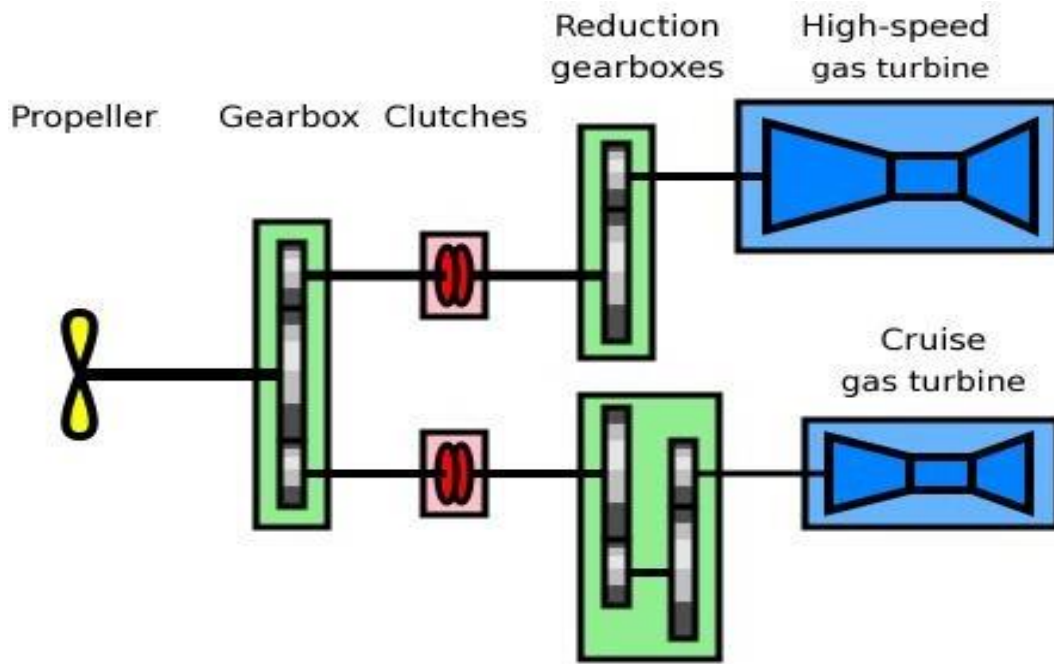
Η αρχή του συστήματος COGAGX έχει την διάταξη: δύο ή τρεις αεριοστρόβιλοι συνδεδεμένοι διαγώνια με σκοπό την κίνηση δύο προπελών (βλ. Σχήμα 14). Το επιπρόσθετο σύστημα μειωτήρων, με το οποίο συνδέονται οι δύο άξονες, προσθέτει βάρος, όγκο και κόστος στην κατασκευή, ενώ σημαντική είναι και η επέκταση των μηχανικών απωλειών. Εν τούτοις, αυξάνει σημαντικά τους ιδιαίτερους και ισχυρούς συνδυασμούς των αεριοστρόβιλων και προσδίδοντας περισσότερες επιλογές ισχύος, με λιγότερους κινητήρες σε σχέση με τα κλασικά συστήματα COGAG.



Σχήμα 20: Συνδυασμός τριών ομοίων αεριοστρόβιλων σε διάταξη COGAGX, για την καθοδήγηση 2 προπελών. [Wikipedia]

5.3.8 COmbined Gas Or Gas turbine, COGOG

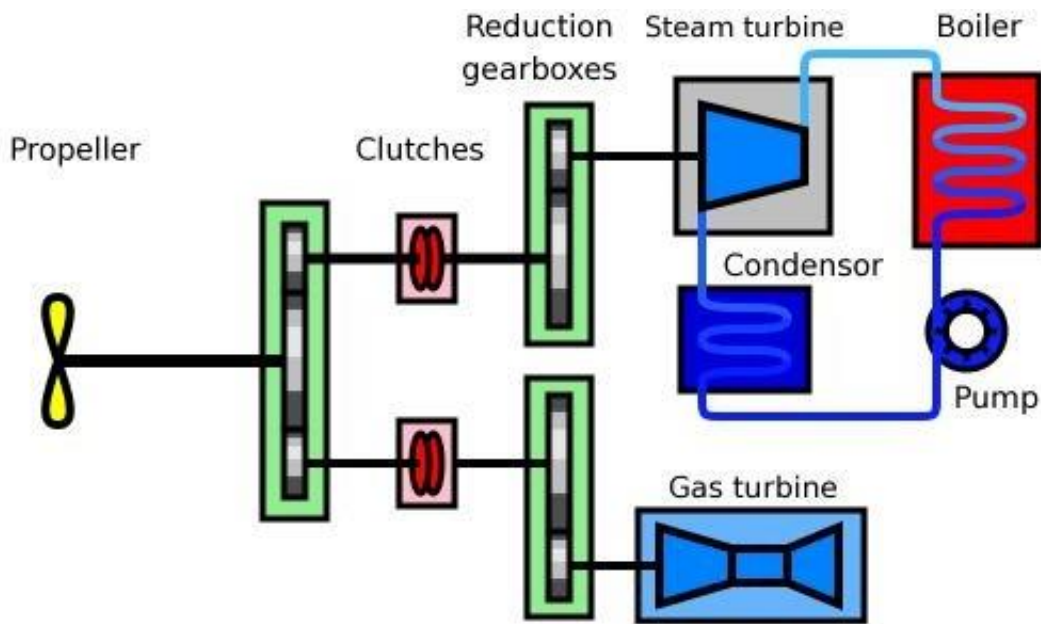
Το συγκεκριμένο σύστημα πρόωσης χρησιμοποιεί έναν αεριοστρόβιλο υψηλού βαθμού απόδοσης και μικρής ωφέλιμης ισχύος σε cruising speeds. Για υψηλές ταχύτητες απομπλέκεται και την ισχύ την δίνει ο μεγαλύτερος, καλύπτοντας τις υψηλές ανάγκες ισχύος. Στο σύστημα εμπεριέχεται νένας συμπλέκτης που επιτρέπει την εμπλοκή ενός αεριοστρόβιλου την φορά, με αποτέλεσμα το κιβώτιο ταχυτήτων να είναι ελαφρύ, απλό, αξιόπιστο και με χαμηλό κόστος κτήσης. Ο αεριοστρόβιλος είναι μικρότερος διότι χρησιμοποιείται για cruising speeds και προτιμάται να λειτουργεί σε πλήρες φορτίο. Η διαφορά του από το COGAG είναι ότι το COGOG χρησιμοποιεί μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ. Τέλος, απαιτείται μεγαλύτερο κόστος εγκατάστασης αλλά και μεγαλύτερο μέγεθος μηχανοστασίου.



Σχήμα 21: Σύστημα COGOG. [Wikipedia]

5.3.9 COmbined Steam And Gas turbine, COSAG

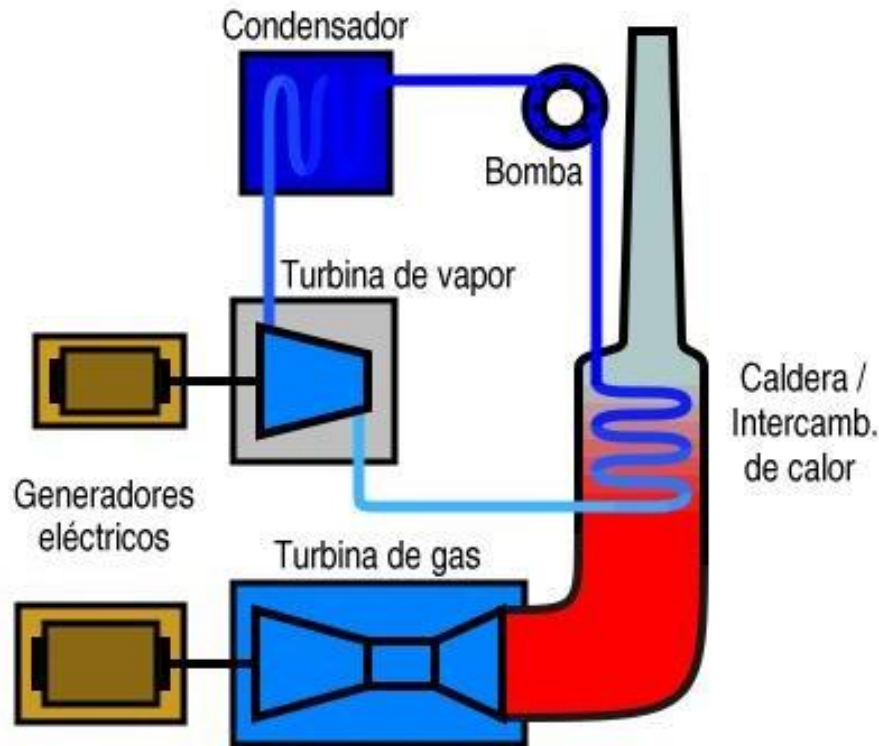
Στο COSAG χρησιμοποιείται ένα σύστημα ατμοπαραγωγού και ατμοστροβίλου με στόχο την οικονομική ταχύτητα πλεύσης, ενώ όταν έχουμε ως στόχο υψηλές ταχύτητες χρησιμοποιούμε και αεριοστρόβιλο. Το σύστημα αυτό αξιοποιεί την αξιοπιστία, υψηλή απόδοση, την γρήγορη επιτάχυνση αλλά και τους μικρούς χρόνους εκκίνησης του αεριοστροβίλου. Τα μειονεκτήματα του συστήματος είναι, ο μεγάλος όγκος, το βάρος και ο χαμηλός βαθμός απόδοσης του. Το συγκεκριμένο σύστημα έχει χρησιμοποιηθεί παλαιότερα από πλοία κλάσης αντιτορπιλικού, καταδρομικού και από μικρά αεροπλανοφόρα.



Σχήμα 22: Σύστημα COSAG. [Wikipedia]

5.3.10 COmBined Gas turbine and steam turbine integrated Electric drive System, COGES

Το σύστημα COGES είναι η ναυτική έκδοση των εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος συνδυασμένου κύκλου υψηλής απόδοσης. Το συγκεκριμένο σύστημα συνδυάζεται με γεννήτρια ανάκτησης θερμότητας με πρόσθετη καύση, όπου τμήμα της απορριπτόμενης θερμότητας χρησιμοποιείται για την θέρμανση νερού καθώς και για την παραγωγή ατμού. Πρωταρχικός στόχος αυτού του συστήματος είναι η επίτευξη της μέγιστης απόδοσης ισχύος. Η σημαντικότερη διάφορά του συγκριμένου συστήματος από το παραπάνω (COSAG) είναι ότι ο αεριοστρόβιλος και ο ατμοστρόβιλος παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα μέσω ηλεκτρογεννητριών η οποίες με τη σειρά τους δίνουν ισχύ και στους ηλεκτροκινητήρες των προπελών, αποφεύγοντας έτσι την μηχανική σύνδεση των κύριων κινητήρων με τις προπέλες. Το σύστημα COGES χρησιμοποιείται σε μεγάλα σύγχρονα πλοία αναψυχής, τα οποία έχουν μεγάλες ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας και παράλληλα χαμηλά επίπεδα θορύβου και καπνού.

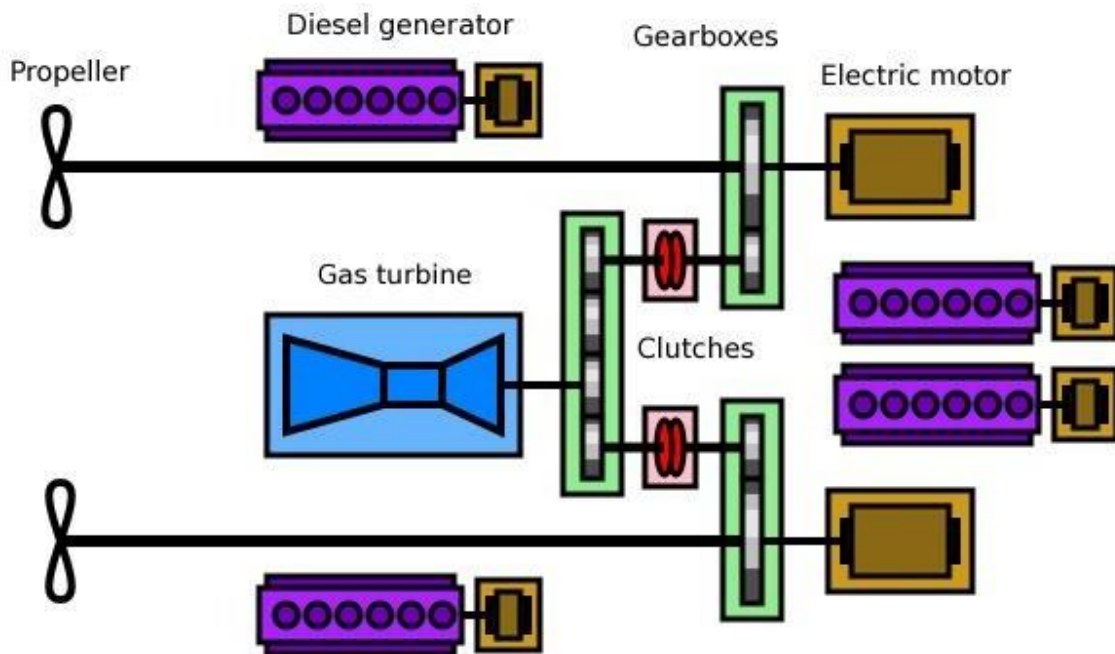


Σχήμα 23: Σύστημα COGES. [Wikipedia]

5.3.11 COmbined Diesel eLectric And Gas turbine, CODLAG

Το συγκεκριμένο σύστημα χρησιμοποιεί κατά κύρια βάση δύο ηλεκτροκινητήρες που συνδέονται μεταξύ τους με άξονες με τις αντίστοιχες προπέλες. Όταν ο στόχος μας είναι να επιτύχουμε χαμηλές και μεσαίες ταχύτητες οι ηλεκτροκινητήρες τροφοδοτούνται από μια κύρια alternator, ενώ υπάρχει συνήθως και μια βοηθητική alternator. Το παρόν σύστημα των alternator παρέχει ηλεκτρική ισχύ όχι μόνο στο σύστημα πρόωσης αλλά και σε όλα τα συστήματα του πλοίου. Αντιθέτως, όταν έχουμε ως στόχο υψηλότερες ταχύτητες, ο αεριοστρόβιλος θα συνδεθεί με τη βοήθεια πολύπλοκου συστήματος κιβωτίων και με τους δύο άξονες παρέχοντας έτσι επιπλέον ισχύ. Σημαντικό πλεονέκτημα του συστήματος είναι ότι οι κινητήρες diesel παράγουν ρεύμα για ολόκληρο το πλοίο, μειώνοντας έτσι το κόστος λειτουργίας λόγω του ότι μειώνεται ο αριθμός των διαφορετικών κινητήρων diesel. Επίσης, οι ηλεκτροκινητήρες αποδίδουν σε μεγάλο φάσμα στροφών και απαιτούν λιγότερη

συντήρηση, με αποτέλεσμα να απλοποιούν το σύστημα κιβωτίου που θα χρησιμοποιήσουμε. Ένα ακόμη μεγάλο πλεονέκτημα είναι η ηχητική μόνωση των alternators από τη γάστρα του πλοίου. Όλα τα παραπάνω καθιστούν το σύστημα ιδανικό για χρήση σε πλοία ανθυποβρυχιακού πολέμου.



Σχήμα 24: Σύστημα CODLAG. [Wikipedia]

5.4 Συνδυασμός μονάδων Ισχύος/Πρόωσης

Ο συνδυασμός μονάδων ισχύος/πρόωσης, δημιουργείται από συνδυασμούς διαφορετικών τύπων μηχανών. Με τη χρήση των διαφορετικών αυτών τύπων, επιτυγχάνεται οι σύζευξη τους, είτε με μειωτήρες στροφών είτε με ηλεκτρική πρόωση με το σύστημα πρόωσης. Στόχος τους είναι η αξιοποίηση των ιδιοτήτων του εκάστοτε τύπου μηχανής, σε διαφορετικά μέρη λειτουργίας και απαιτήσεις ισχύος και η καλύτερη τοποθέτηση τους στις απαιτήσεις του κάθε τύπου πλοίου.

Παρακάτω προβάλλεται ο Πίνακας 3, ο οποίος περιέχει τα κυρίως χαρακτηριστικά των διαφορετικών τύπων μονάδων ισχύος και μέσω της ανάλυσης τους θα προκύψουν τα αντίστοιχα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους.

	Πετρελαιομηχανές	Αεριοστρόβιλοι	Πυρηνικοί Αντιδραστήρες	Ατμοστρόβιλοι
Λόγος βάρους/ισχύος (lb/hp)	3	0.28	35	15
Κόστος ανά ίππο	\$x/bhp	1.3x/bhp	\$2.8x/bhp	\$1.4x/bhp
Ειδική κατανάλωση καυσίμου (lbs/hr-shp)	0.3-0.42	0.41-0.8	-	0.45-0.55
Ειδική κατανάλωση καυσίμου στις μέγιστες στροφές (lbs/hr-shp)	0.34	0.41	-	0.55

Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά διαφορετικών τύπων μονάδων ισχύος πλοίων

Από τον πίνακα γίνεται αντιληπτό ότι οι αεριοστρόβιλοι κυριαρχούν με βάση το χαμηλό τους βάρος, ενώ οι πετρελαιοκινητήρες με βάση το χαμηλό κόστος και της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου. Με την σειρά τους, οι αεριοστρόβιλοι είναι οι ιδανικοί τύποι μονάδων ισχύος για την ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων ή ακόμη και για ταχεία εκκίνηση, ενώ οι πετρελαιοκινητήρες από την άλλη για εξοικονόμηση καυσίμου και αυτονομίας, πλέοντας με οικονομική ταχύτητα (cruising speed). Οι πυρηνικοί αντιδραστήρες μειονεκτούν στο κόστος και το βάρος τους, ωστόσο όμως, είναι οι ιδανικότεροι για στρατιωτικές χρήσεις, επιτυγχάνοντας τη μέγιστη αυτονομία. Οι τελευταίοι στην κατάταξη του πίνακα και πλέον ανύπαρκτοι σε χρήση είναι οι ατμοστρόβιλοι, οι οποίοι έχουν τόσο μεγάλο βάρος όσο κόστος ανά παραγόμενο ίππο και ειδική κατανάλωση καυσίμου, σε συνδυασμό πάντα με τον μεγάλο όγκο εγκατάστασης και την υψηλή πολυπλοκότητα.

5.4.1 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα Συνδυασμών Μονάδων Ισχύος/Πρόωσης

Με βάση την πρόωση των πλοίων, ακολουθούν βασικά πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα των αεριοστρόβιλων έναντι των πετρελαιοκινητήρων:

Πλεονεκτήματα

- Μεγάλη συγκέντρωση ισχύος .
- Εγρήγορση στην εκκίνηση χωρίς καμία ανάγκη για προθέρμανση.
- Αποδοτικότητα στη μέγιστη ισχύ σε ελάχιστο χρονικό διάστημα.
- Αθόρυβη και χωρίς κραδασμούς λειτουργία.
- Μείωση σε ανάγκες συντήρησης.
- Ευκολία αντικατάστασης του κινητήρα
- Μείωση εκπομπής καπνού (ρύπων γενικότερα)

Μειονεκτήματα

- Χαμηλός θερμικός βαθμός απόδοσης για λειτουργία με μέγιστο φορτίο και χαμηλότερος για λειτουργία με μεσαίο φορτίο.
- Αδυναμία καύσης πετρελαίου χαμηλής ποιότητας.
- Έλλειψη συστημάτων μείωσης των στροφών για τις υψηλές τους ταχύτητες, με αποτέλεσμα την δημιουργία ανάγκης για την χρήση πολύπλοκων τέτοιων συστημάτων και επομένων ακριβότερων.
- Δημιουργία ανάγκης για χρήση προπελών μεταβλητού βήματος είτε μειωτήρα με αναστροφή, καθώς οι αεριοστρόβιλοι δεν αναστρέφονται.
- Χρήση αγωγών μεγάλης διαμέτρου για την εισαγωγή καυσαερίων και φρέσκου αέρα.

Με βάση τον τύπο μηχανών και τη σύνδεση τους προκύπτει ο *Πίνακας 4* με την κατάταξη των συνδυασμένων συστημάτων ισχύος/πρόωσης και την κωδικοποιημένη ονομασία τους:

Με έναν τύπο μηχανών	Με δύο τύπους μηχανών	Με διαγώνια σύνδεση μηχανών
CODAD	CODOG	CODOGX
COGAG	CODAG	CODAGX
CONAN	COGAS	CODADX
	CONAS	COGAGX
	CONAG	COGAGX-DX
	COSAG	

Πίνακας 4: Κωδικοποιημένη ονοματολογία συστημάτων πρόωσης

Η κωδικοποιημένη αυτή ονοματολογία προκύπτει ως εξής:

Τοποθετείται στην αρχή το πρόθεμα CO από τον αγγλικό όρο Combined, για την δήλωση της έννοιας του συνδυασμένου.

Έπειτα τοποθετούμε ένα γράμμα για την αναφορά στο είδος της μονάδας ισχύος με την οποία επιτυγχάνεται η οικονομική ταχύτητα πλεύσης, ήτοι: D=Diesel-Πετρελαιοκινητήρας, G=Gasturbine-Αεριοστρόβιλος, N=Nuclear-Πυρηνικός αντιδραστήρας, S=Steam-Ατμοστρόβιλος.

Ακολουθεί ένα γράμμα που δηλώνει την ταυτόχρονη ή μη ταυτόχρονη λειτουργία των συνδυασμένων συστημάτων, ήτοι: A=And-Και, O=Or-Ή.

Υστερα ακολουθεί ένα γράμμα που εκφράζει το είδος μονάδας ισχύος για την χρήση των υψηλών ταχυτήτων: D, G, N, S

Τέλος, αν υπάρχει διαγώνια σύνδεση των μονάδων ισχύος με τους διαγώνιους προπελοφόρους άξονες (crossconnected), τοποθετείται το γράμμα X.

Η χρήση των συνδυασμένων μονάδων ισχύος/πρόωσης παρατηρείται κατά το πλείστον σε πολεμικά πλοία, όπου η ανάγκη για υψηλές αποδόσεις είναι τεράστια καθώς και σε πλοία αναψυχής και σε σκάφη ακτοπλοΐας υψηλών αποδόσεων.

5.5 Επιλογή συστήματος Ισχύος/Πρόωσης

Όλα τα πλοία διαθέτουν ένα σύστημα ισχύος/πρόωσης το οποίο αποτελείται από μία μονάδα ισχύος (όπως π.χ. μία ναυτική μηχανή), και ένα σύστημα πρόωσης (όπως μία προπέλα) τα οποία συνεργάζονται με υψηλή απόδοση αλλά και αξιοπιστία. Ο στόχος είναι να δώσουν στο πλοίο τα βέλτιστα χαρακτηριστικά (π.χ. ταχύτητα, οικονομία, αξιοπιστία).

Τα συστήματα ισχύος σε όλη την ιστορία της ναυπηγικής είναι τα εξής:

- Ανθρώπινη μυϊκή δύναμη → Όπως για παράδειγμα οι κωπηλάτες στα παλαιότερα χρόνια.
- Άνεμος → Τα πλοία χρησιμοποιούσαν ένα σύστημα ατμοπαραγωγού /ατμοστροβίλου. Τέτοια πλοία είναι τα ατμόπλοια με την βοήθεια των προπελών (π.χ. Ο Τιτανικός). Στην εποχή μας τον συγκεκριμένο σύστημα χρησιμοποιείται μόνο σε πυρηνοκίνητα πλοία τα οποία χρησιμοποιούν πυρηνικά και πυρηνικούς αντιδραστήρες σχέσης
- Αργόστροφη δίχρονη πετρελαιομηχανή με απευθείας σύνδεση προπέλας σταθερού βήματος → Η ταχύτητα περιστροφής τους δεν ξεπερνά τις 300 rpm. Πολλοί μεγάλοι κινητήρες λειτουργούν κάτω από τις 80 rpm. Επίσης οι δίχρονες αργόστροφες πετρελαιομηχανές οι οποίες κινούν τις προπέλες περιστρέφονται με την ίδια ταχύτητα.
- Μεσόστροφη τετράχρονη πετρελαιομηχανή με προπέλα σταθερού ή μεταβλητού βήματος η οποία συνδέεται με την μηχανή μέσω μειωτήρα στροφών. Το εύρος της ταχύτητας λειτουργίας είναι από 300 έως 900 rpm. Αρκετοί όμως εκσυγχρονισμένοι τετράχρονοι πετρελαιοκινητήρες έχουν ως μέγιστη ταχύτητα λειτουργίας τις 500 rpm.
- Υψηλόστροφοι κινητήρες με προπέλα σταθερού ή μεταβλητού βήματος η οποία συνδέεται με τη μηχανή με μειωτήρα στροφών. Οι συγκεκριμένοι κινητήρες λειτουργούν έως τις 900 rpm. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε σκάφη αναψυχής

- Ντιζελοηλεκτρική πρόωση με χρήση ταχύστροφου ή μεσοστρόφων πετρελαιομηχανών και προπέλες
- Συνδυασμούς αεριοστροβίλων ή αεριοστροβίλων/πετρελαιομηχανών και προπέλες η υδροπροωθητές.
- Πυρηνικούς αντιδραστήρες με συνδυασμό ατμοπαραγωγού, ατμοστροβίλου και προπέλες
- Ηλεκτροκινητήρες σε συνδυασμό με κυψέλες καυσίμου και προπέλες

Η σωστή επιλογή του συστήματος ισχύος/πρόωσης είναι ένα από τα σημαντικότερα θέματα στην κατασκευή ενός πλοίου διότι το κόστος κτήσης μπορεί να φτάσει και το 25% του συνολικού προϋπολογισμού του πλοίου. Το κόστος λειτουργίας όμως κατά την διάρκεια της ζωής του πλοίου μπορεί να ξεπεράσει το 20πλάσιο του κόστους κτήσης. Οπότε είναι προτιμότερο ένα σύστημα ισχύος/πρόωσης με μικρό κόστος λειτουργίας, από ένα άλλο πλοίο με μικρό κόστος κτήσης. Επίσης, άλλα κριτήρια επιλογής συστήματος είναι η αξιοπιστία, η διαθεσιμότητα, η αθόρυβη λειτουργία, η υψηλή ταχύτητα πλεύσης.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του συστήματος ισχύος/πρόωσης είναι:

- Μικρό όγκο και βάρος → Αυτόματα σημαίνει βελτίωση του ωφέλιμου φορτίου. Για πολλά πλοία είναι απαγορευτική η χρήση δίχρονων αργόστροφων πετρελαιομηχανών όπου απαιτούν μεγάλο ύψος μηχανοστασίου.
- Μικρό κόστος λειτουργίας και συντήρησης → Συνδέεται άμεσα με το συνολικό κύκλο ζωής του πλοίου αλλά και του κόστους λειτουργίας του. Το κόστος των ανταλλακτικών πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρότερο.
- Υψηλή αξιοπιστία και διαθεσιμότητα → Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα ισχύος/πρόωσης θα βγαίνει σπάνια εκτός λειτουργίας και αν αυτό συμβεί, θα κατασκευαστεί γρήγορα. Συνεπώς το σύστημα του πλοίου επιβάλλεται να είναι απλό με προσαρμοστικότητα και να βρίσκεται υπό παρακολούθηση από ένα σύστημα διαχείρισης συντήρησης ώστε να προλάβει ενδεχόμενες βλάβες.
- Υψηλή αυτοματοποίηση λειτουργίας → Το σύστημα πρέπει να λειτουργεί με όσο το δυνατόν λιγότερο ανθρώπινο δυναμικό ώστε να μειώνεται το κόστος από μισθούς αλλά και οι έκθεση των εργατών σε ανθυγιεινό περιβάλλον.
- Χαμηλό κόστος → Το κόστος κτήσης της μηχανής είναι συνάρτηση του τύπου και της ισχύος της.

Είναι πολύ δύσκολο να βρεθεί σύστημα ισχύος/πρόωσης που να πληρεί σε μέγιστο βαθμό όλες τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Η τελική απόφαση θα παρθεί έπειτα από ένα αποτέλεσμα συμβιβασμών και μελέτης του ρόλου του πλοίου.

5.6 Ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη – Ντιζελοηλεκτρική πρόωση

Τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη (HZ ή H/Z) επί της ουσίας αποτελούνται από μία ΜΕΚ (συνήθως μεσόστροφος ή ταχύστροφος τετράχρονος πετρελαιοκινητήρας) και μία ηλεκτρογεννήτρια. Με την σειρά της, η ΜΕΚ παράγει περιστροφική μηχανική ισχύ την οποία ακολούθως η γεννήτρια την μετατρέπει σε ηλεκτρική ισχύ. Η ισχύς αυτή έπειτα οδηγείται μέσω καλωδίων (ηλεκτρικών αγωγών) σε ηλεκτρικό κινητήρα ο οποίος την μετατρέπει και πάλι σε περιστροφική μηχανική ισχύ η οποία απορροφάτε από την προπέλα. Αποτέλεσμα των μετατροπών αυτών είναι οι αυξημένες απώλειες, οι οποίες βέβαια αντισταθμίζονται από τους αρκετά υψηλούς βαθμούς απόδοσης της ηλεκτρογεννήτριας και του ηλεκτρικού κινητήρα, ενώ δεν δύναται επίσης και μειωτήρας στροφών. Ο λόγος χρήσης αυτής της μονάδας ισχύος, που έρχεται σε αντίθεση με τα προαναφερθέντα, είναι η ευελιξία που παρέχει στην εγκατάσταση του συστήματος μονάδας ισχύος/πρόωσης και ιδιαίτερα η αποφυγή της χρήσης άξονα μετάδοσης κίνησης στην προπέλα, ωστόσο όμως δυνατή γίνεται η χρήση λοβών πρόωσης.

Η ντιζελοηλεκτρική πρόωση λαμβάνει τόπο σε ειδικές κατηγορίες πλοίων, όπως:

- Ερευνητικά σκάφη
- Παγοθραυστικά
- Κρουαζιερόπλοια
- Πόντισης καλωδίων
- Ανθυποβρυχιακά πολεμικά πλοία
- Συμβατικά υποβρύχια



Εικόνα 15: Κατανομή του συστήματος ντιζελοηλεκτρικής πρόωσης, σε όλη την καρίνα του πλοίου, [AEN Μακεδονίας]

5.6.1 Πλεονεκτήματα Ντιζελοηλεκτρικής πρόωσης

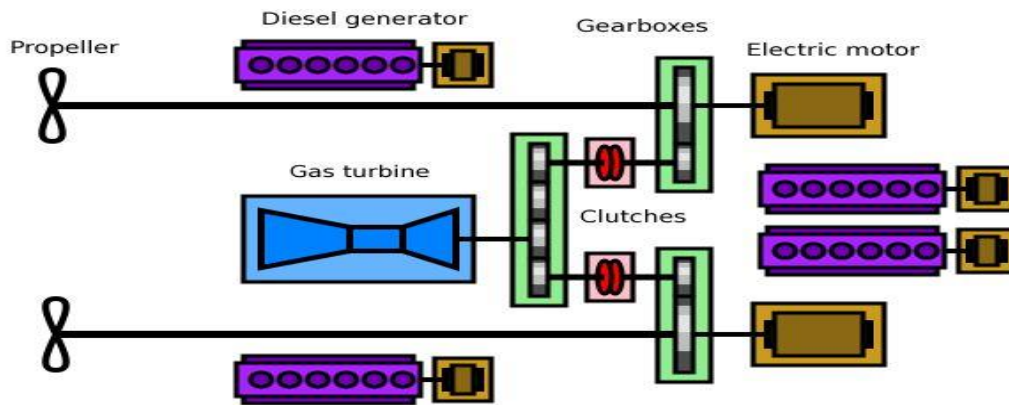
- Καλύτερος έλεγχος της ταχύτητας του πλοίου μέσω της συνεχόμενης μεταβολής της ταχύτητας περιστροφής της προπέλας σε ολόκληρο το πεδίο 0-100%.
- Καλύτερη ευελιξία χειρισμών, συνεπώς μεγαλύτερη ασφάλεια πλοήγησης μέσω της ταχύτερης απόκρισης κατά την διάρκεια των χειρισμών και δυναμικής τοποθέτησης του σκάφους.
- Ικανότητα ταχύτατης αναστροφής.
- Μειωμένη στάθμη θορύβου και κραδασμών.
- Οικονομία στο καύσιμο, καθώς είναι εύκολη και δυνατή η επιλογή των μηχανών που θα λειτουργούν έτσι, με την κάθε μία να λειτουργεί στο βέλτιστο σημείο.
- Διευκόλυνση του σχεδιασμού του σκάφους και εξοικονόμησης του χώρου, η οποία προκύπτει από την ελευθερία τοποθέτησης των επιμέρους μηχανημάτων του ενεργειακού συστήματος.
- Με σωστό τρόπο διαχείρισης των κινητήρων, είναι δυνατή η λειτουργία του κάθε κινητήρα στο επίπεδο της βέλτιστης απόδοσης τους για διάφορες τιμές του φορτίου
- Μέγιστη αξιοποίηση της στρεπτικής ροπής σε όλη την περιοχή λειτουργίας.

- Περιορίζεται η εκπομπή ρύπων καθώς: η κατανάλωση του καυσίμου είναι μικρότερη και β) οι εκπομπές NO_x, είναι πιο χαμηλές όταν για παράδειγμα ένας μεσόστροφος πετρελαιοκινητήρας λειτουργεί με σταθερές στροφές, όπως είναι γνωστόν στα νέα συστήματα ηλεκτρικής πρόωσης.

5.6.2 Μειονεκτήματα Ντιζελοηλεκτρικής πρόωσης

- Υπέρογκο κόστος επένδυσης. Πολλές είναι οι προσπάθειες που λαμβάνουν χώρα στην μείωση του με την αξιοποίηση της ήδη υπάρχουσας τεχνολογίας των ηπειρωτικών δικτύων, είναι βέβαιο όμως ότι το υψηλό κόστος των κινητήρων και των διατάξεων ελέγχου το καθιστούν δύσκολο.
- Υπέρμετρες απώλειες στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης σε σχέση με το μηχανικό σύστημα. Από τη μία πλευρά στη μετάδοση κίνησης με άξονα έχουμε απώλειες γύρω στο 4% (2% στον μειωτήρα και ένα 2 % στην προπέλα όταν η λειτουργία της αγγίζει τον βέλτιστο συνδυασμό ταχύτητας/βήματος. Από την άλλη ωστόσο, με εγκατεστημένη ντιζελοηλεκτρική πρόωση, οι απώλειες από το σύστημα μετάδοσης είναι 7-8% (3% στις γεννήτριες, 2% στους μετασχηματισμούς και μετατροπείς συχνότητας και τέλος 2-3% στους προωστήριους ηλεκτροκινητήρες
- Παρουσιάζονται προβλήματα στην ποιότητα της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς εκτός από τις χρήσιμες συχνότητες, εμφανίζεται και μεγάλος βαθμός αρμονικών συνιστωσών ρεύματος και τάσης. Οι συνιστώσες αυτές αφενός προσαυξάνουν την συνολική κυκλοφορούσα άεργο ισχύ στο ηλεκτρικό δίκτυο, αφετέρου όμως δημιουργούν προβλήματα ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας. Αναπτύσσεται έτσι ένας ηλεκτρομαγνητικός "θόρυβος", ο οποίος έχει αρνητική επιρροή σε όλες τις ευαίσθητες ηλεκτρονικές διατάξεις, με κυκλώματα ελέγχου των ίδιων των ηλεκτρονικών ισχύος, ενώ σε στρατιωτικές εφαρμογές μεγεθύνει τα επίπεδα της ηλεκτρομαγνητικής υπογραφής των πλοίων. Επίσης αξιοσημείωτη είναι η διέγερση ιδιοσυχνοτήτων ηλεκτρομηχανικών ταλαντώσεων λόγω των αρμονικών παραμορφώσεων των ηλεκτρικών μεγεθών, όπως λόγου χάρη τα φαινόμενα σιδηροσυντονισμού στους δρομείς των σύγχρονων γεννητριών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών, που εμφανίζονται με αίτιο την εξ ηλεκτρίση των συστημάτων του πλοίου, είναι δυνατή με τη χρήση

εξειδικευμένων αναλύσεων και μελετών πρωτίστως κατά την φάση του σχεδιασμού του ηλεκτρολογικού συστήματος.



Σχήμα 25: Σχηματική διάταξη ντιζελοηλεκτρικής πρόωσης

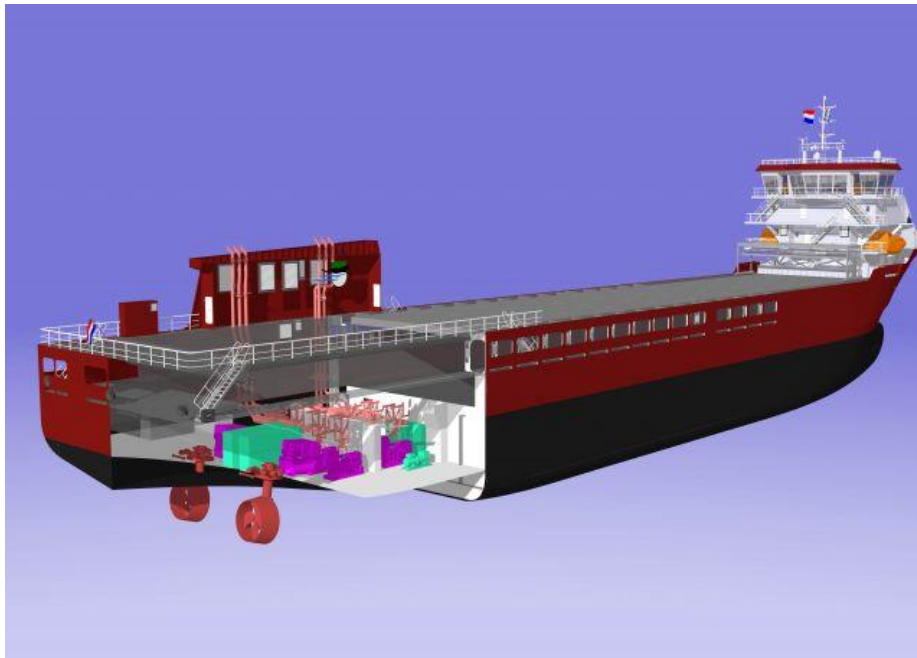
5.6.3 Κατηγορίες Ντιζελοηλεκτρικής πρόωσης

Ανάλογα με το είδος των ηλεκτρογεννητριών και των μηχανών που αξιοποιούνται, τα συστήματα ντιζελοηλεκτρικής πρόωσης χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Σύστημα εναλλασσόμενου/εναλλασσόμενου ρεύματος, το οποίο αποτελείται από διαφορετικά ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη εναλλασσόμενου ρεύματος με τη χρήση σύγχρονων ηλεκτρογεννητριών σε συνδυασμό με έναν ηλεκτροκινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος χαμηλής ταχύτητας περιστροφής για κάθε μία προπέλα. Στο σύστημα αυτό επίσης εμπεριέχονται και οι απαραίτητες εγκαταστάσεις διέγερσης και ελέγχου της πρόωσης. Σε σχέση με τα άλλα συστήματα, το εναλλασσόμενου/εναλλασσόμενου ρεύματος παρουσιάζει το μικρότερο βάρος ανά εγκατεστημένο ίππο. Επίσης η παρεμβολή του μειωτήρα μεταξύ ηλεκτροκινητήρα και

προπέλας κάνει εύκολη την εφαρμογή φθηνότερων ταχύστροφων και όχι αργόστροφων σύγχρονων ηλεκτροκινητήρων.

- Συστήματα συνεχούς/συνεχούς ρεύματος, τα οποία με τη σειρά τους εμφανίζουν τόσο μεγαλύτερο κόστος κτήσης και λειτουργίας όσο και μικρότερο βαθμό απόδοσης έναντι των υπόλοιπων συστημάτων. Πλεονεκτούν όμως στην ακριβή ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής της προπέλας μέχρι και 1% των ονομαστικών στροφών λειτουργίας, αποδίδοντας το 100% της ισχύος, με συνέπεια να αποτελούν την ιδανική επιλογή για παγοθραυστικά σκάφη. Συστήματα σαν αυτά δεν εφαρμόζονται σε μεγάλες τιμές εγκατεστημένης ισχύος. Τα υπόλοιπα μέρη κατανάλωσης ενέργειας του πλοίου καλύπτονται με γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος.
- Συστήματα εναλλασσόμενου/συνεχούς ρεύματος, τα οποία είναι προτιμότερα από τον ευρύτερο κύκλο έναντι των συστημάτων συνεχούς/συνεχούς ρεύματος, για τις περισσότερες εγκαταστάσεις, χάρη στο χαμηλότερο κόστος των ηλεκτρογεννητριών εναλλασσόμενου ρεύματος. Η ταυτόχρονη αύξηση της ισχύς και της τάσης λειτουργίας οδηγεί στη μείωση του όγκου και του βάρους εγκατάστασης. Για την προσέγγιση της τάσης στα 600V χρησιμοποιούνται μετασχηματιστές (για τάση >600V), με αποτέλεσμα το ρεύμα να εισέρχεται στη διάταξη των ανορθωτών ημιαγωγών και να μετατρέπεται σε συνεχές των 750V.



Εικόνα 16: Καινοτόμο diesel-ηλεκτρικό σύστημα σε φορτηγό πλοίο

5.7 Συστήματα πρόωσης

Η θαλάσσια πρόωση είναι ο μηχανισμός ή το σύστημα που χρησιμοποιείται για να δημιουργηθεί ώθηση για να μετακινηθεί ένα πλοίο ή μια βάρκα πάνω στο νερό. Ενώ τα κουπιά και τα πανιά εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σε μερικά μικρότερα σκάφη, τα περισσότερα σύγχρονα πλοία κινούνται με μηχανικά συστήματα που αποτελούνται από έναν ηλεκτρικό κινητήρα ή έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης που στρέφει μια έλικα, ή λιγότερο συχνά σε αντλιοπρόωση, μία πτερωτή. Η ναυτική μηχανική είναι το επάγγελμα που ασχολείται με τη διαδικασία σχεδιασμού μηχανικών συστημάτων θαλάσσιας πρόωσης.

Το ανθρώπινο δυναμικό, με τη χρήση κουπιών, και ιστίων ήταν οι πρώτες μορφές θαλάσσιας προώθησης. Οι γαλέρες, μερικές από τις οποίες ήταν εξοπλισμένες με πανιά, έπαιξαν επίσης σημαντικό ρόλο στο παρελθόν. Το πρώτο προηγμένο μηχανικό μέσο θαλάσσιας προώθησης ήταν η ναυτική ατμομηχανή, που εισήχθη στις αρχές του 19ου αιώνα. Κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα αντικαταστάθηκε από δίχρονους ή τετράχρονους κινητήρες ντίζελ, εξωλέμβιους κινητήρες και κινητήρες αεριοστρόβιλων σε ταχύτερα πλοία. Οι θαλάσσιοι πυρηνικοί αντιδραστήρες, που εμφανίστηκαν τη δεκαετία του 1950, παράγουν ατμό για να προωθούν τα πολεμικά πλοία και τα παγοθραυστικά. εμπορική εφαρμογή, που επιχειρήθηκε αργά αυτή τη δεκαετία, απέτυχε λόγω των υψηλών απαιτήσεων της εγκατάστασης στην διαχείριση αποβλήτων και της επικινδυνότητας της εγκατάστασης.

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μία αυξημένη τάση στην κατασκευή πλοίων με ηλεκτροπρόωση όπου γεννήτριες κινούμενες από τετράχρονες ΜΕΚ ως επί το πλείστον παράγουν ηλεκτρική ενέργεια ανάλογα με τις ανάγκες για την πρόωση και τις ανάγκες του πλοίου, επίσης υπάρχουν εξ ολοκλήρου ηλεκτροκίνητα μικρά πλοία της γραμμής (φέρυ) που κινούνται με μπαταρίες Li-ion και υπερσυσσωρευτές τα οποία φορτίζονται στο λιμάνι κατά τη διάρκεια της νύχτας. Οι ηλεκτροκινητήρες που χρησιμοποιούν ηλεκτρική αποθήκευση μπαταριών έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για την πρόωση σε υποβρύχια σε συνδυασμό με μηχανές εσωτερικής καύσης.

Επίσης, με την εξέλιξη της τεχνολογίας και λόγω των ολοένα αυξανόμενων περιβαλλοντολογικών απαιτήσεων υπάρχουν και εφαρμογές όπου ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να παράγεται μέσω της οξείδωσης LNG ή υδρογόνου σε κυψέλες καυσίμου ή συνδυασμό άλλων μεθόδων. Το να υπάρχουν συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας σε πλοία με υβριδικές τεχνολογίες ωφελεί την οικονομικότερη λειτουργία των ΜΕΚ καθώς γίνεται δυνατή η παραγωγή ενέργειας στο βέλτιστο σημείο λειτουργίας ανεξάρτητα από τις ενεργειακές απαιτήσεις του πλοίου. Πειραματικές τεχνολογίες που προσπαθούν να

βελτιώσουν το ενεργειακό αποτύπωμα σκαφών περισσότερο παρά να αντικαταστήσουν τις ΜΕΚ είναι η υποβοήθηση της κίνησης με bow thruster που καταναλώνουν ενέργεια από ηλιακά πάνελ και η χρήση "χαρταετού" ως ιστίο για τη ρυμούλκηση ενός πλοίου.

Η ανάπτυξη κινητήρων με υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) κερδίζει διαρκώς αναγνώριση για τα πλεονεκτήματα χαμηλών εκπομπών και κόστους καταλύσεων. Χρησιμοποιούνται σε πλοία μεταφοράς LNG όπου μέρος του φορτίου το οποίο βρίσκεται σε ειδικές μονωμένες δεξαμενές στους -120 Κελσίου αναπόφευκτα εξατμίζεται οπότε χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε τετράχρονες μηχανές που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα κυρίως όμως τελευταία πολλά τέτοια πλοία εξοπλίζονται με δίχρονες κύριες μηχανές.

Οι κινητήρες Stirling, οι οποίοι είναι πιο ήσυχοι και ομαλότεροι κινητήρες με ατμό, χρησιμοποιούνται σε αρκετά μικρά υποβρύχια για να τα κινήσουν όσο πιο ήσυχα γίνεται. Ο σχεδιασμός του δεν χρησιμοποιείται στην θαλάσσια ναυσιπλοΐας λόγω της μικρότερης συνολικής απόδοσης από τους κινητήρες εσωτερικής καύσης ή τους στροβίλους ισχύος.

6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Η Θεωρία των Προπελών

6.1 Εισαγωγή στις προπέλες

Τον 19ο αιώνα, προτάθηκαν διάφορες θεωρίες σχετικά με τις προπέλες. Η θεωρία ορμής ή η θεωρία ενεργοποιητή δίσκου μια θεωρία που περιγράφει ένα μαθηματικό μοντέλο μιας ιδανικής έλικας αναπτύχθηκε από τον W.J.M. Rankine (1865), A.G. Greenhill (1888) και R.E. Froude (1889). Η προπέλα έχει διαμορφωθεί ως ένας λεπτός δίσκος προκαλώντας σταθερή ταχύτητα κατά μήκος του άξονα περιστροφής, και δημιουργώντας μια ροή γύρω από την έλικα.

Μια βίδα που περιστρέφεται μέσω ενός στερεού θα έχει μηδενική "ολίσθηση", αλλά όταν μια βίδα λειτουργεί σε ένα ρευστό (είτε αέρα είτε νερό), θα υπάρξουν κάποιες απώλειες. Οι πιο αποτελεσματικές έλικες είναι βίδες αργής περιστροφής μεγάλης διαμέτρου, όπως σε μεγάλα πλοία. Τα λιγότερο αποτελεσματικά στηρίγματα είναι μικρής διαμέτρου γρήγορης περιστροφής (όπως σε έναν εξωλέμβιο κινητήρα). Χρησιμοποιώντας τους νόμους κίνησης του Νεύτωνα, μπορεί κάποιος να θεωρήσει χρήσιμα την εμπρόσθια ώθηση ενός προωστήρα ως αναλογική αντίδραση στον όγκο του υγρού που αποστέλλεται προς τα πίσω. Έτσι, μια μεγάλη έλικα θα εκτοξεύσει ένα μεγαλύτερο και βαρύτερο κύλινδρο υγρού από ότι ένα μικρό στηρίγμα. (Θα μπορούσε κανείς να εξετάσει την αποτελεσματικότητα ενός τεράστιου turbofan κινητήρα ενός σύγχρονου αεροσκάφους, σε σύγκριση με τον turbojet μικρής διαμέτρου ενός πρώτου αεροσκάφους).

6.2 Τρόπος Μετάδοσης κίνησης στην προπέλα

Για να επιλέξουμε ένα σύστημα πρόωσης πρέπει να λάβουμε υπόψιν μας τον τύπο αλλά και τον ρόλο του σκάφους μας. Τις περισσότερες φορές, τα συστήματα πρόωσης βασίζονται στο τύπο της προπέλας που θα επιλέξουμε. Η προπέλα δέχεται περιστροφική ισχύ από τη μηχανή και στην συνέχεια μετατρέπει μέρος αυτής σε ώθηση. Οι τρόποι μετάδοσης της κίνησης στην προπέλα παρουσιάζονται παρακάτω:

- Μετάδοση κίνησης μηχανικά και άμεσα → Δηλαδή, η μηχανική μετάδοση γίνεται άμεσα με απευθείας σύνδεση προπέλας-ατράκτου στην πετρελαιομηχανή. Στις αργόστροφες πετρελαιομηχανές χρησιμοποιείται μόνο η άμεση μετάδοση διότι η προπέλα εμφανίζει υψηλή απόδοση μόνο σε χαμηλές ταχύτητες περιστροφής. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η ταχύτητα περιστροφής της προπέλας είναι από 55rpm κατά την συνεργασία της με μεγάλη δίχρονη πετρελαιομηχανή η οποία παρουσιάζει μεγάλο λόγο διαδρομής εμβόλου, και έως 250rpm όταν συνεργάζεται με μικρότερη πετρελαιομηχανή.
- Μετάδοση κίνησης μηχανικά και έμμεσα → Η μετάδοση της κίνησης γίνεται έμμεσα, δηλαδή με την συνεργασία μειωτήρα στροφών κατά την λειτουργία της προπέλας και της πετρελαιομηχανής του πλοίου. Με την χρήση του μειωτήρα επιτυγχάνουμε την περιστροφή της προπέλας σε ένα εύρος στροφών κατάλληλο για το μέγεθος της. Επιπλέον, με τη χρήση πτερυγίων μεταβλητού βλήματος μας επιτρέπει να χρησιμοποιήσουμε μειωτήρα χωρίς την δυνατότητα αντιστροφής της φοράς περιστροφής της προπέλας. Το μειονέκτημα που παρουσιάζεται με την χρήση του μειωτήρα είναι το κόστος κτήσης και λειτουργίας, ενώ το πλεονέκτημα που παρουσιάζεται είναι το χαμηλό κόστος κτήσης των τετράχρονων μεσοστροφών πετρελαιομηχανών.
- Ντιζελοηλεκτρική πρόωση → Σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιούμε μεσόστροφες και εύστροφες τετράχρονες πετρελαιομηχανές ως ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη και παράγουν ηλεκτρική ισχύ η οποία μετατρέπεται σε περιστροφική μέσω ηλεκτροκινητήρων, και αυτοί με την σειρά τους δίνουν κίνηση στις προπέλες.

6.3 Προπέλες

Η προπέλα είναι μια συσκευή με περιστρεφόμενη πλήμνη και ακτινοβολούμενες λεπίδες οι οποίες είναι τοποθετημένες έτσι ώστε να σχηματίσουν μία ελικοειδή σπείρα η οποία, όταν περιστρέφεται να εκτελεί μια δράση παρόμοια με τη βίδα του Αρχιμήδη. Μετατρέπει την περιστροφική ισχύ σε γραμμική ώθηση ενεργώντας πάνω νερό ή αέρα. Η περιστροφική κίνηση των λεπίδων μετατρέπεται σε ώθηση δημιουργώντας διαφορά πίεσης μεταξύ των δύο επιφανειών. Μια μάζα ρευστού εκτοπίζεται προς μία κατεύθυνση και το σκάφος κινείται

προς την αντίθετη κατεύθυνση. Η δυναμική της προπέλας, όπως αυτή των πτερυγίων των αεροσκαφών, μπορεί να διαμορφωθεί με βάση την αρχή του Bernoulli και τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα. Οι περισσότερες έλικες θαλάσσης είναι έλικες με ελικοειδείς λεπίδες που περιστρέφονται περίπου σε οριζόντιο άξονα.

Η βελτίωση της απόδοσης της προπέλας επιτυγχάνεται με την αύξηση του μεγέθους αλλά και την μείωση της ταχύτητας περιστροφής της. Οι προπέλες παρουσιάζουν ένα ανώτερο όριο στην ταχύτητα περιστροφή τους το οποίο καθορίζεται από την διάμετρο της, και το φαινόμενο της σπηλαίωσης.

Η προπέλα απορροφά ισχύς σε συγκεκριμένη ταχύτητα του πλοίου, η οποία εξαρτάται από την κατάσταση της προπέλας, το βύθισμα, την γάστρα του πλοίου, τα ρεύματα αλλά και την κατάσταση της θάλασσας και την ταχύτητα του ανέμου.



Εικόνα 17: Απεικόνιση κατά την διάρκεια συντήρησης της προπέλας

6.4 Προβλήματα προπελών

Το ξενέρισμα της προπέλας είναι πρόβλημα που παρουσιάζεται και πρέπει να αποφεύγεται διότι προκαλούνται καμπτικές και στρεπτικές ταλαντώσεις στην άτρακτο, που με την σειρά τους καταπονούν τα έδρανα και την κύρια μηχανή

Η σπηλαιώση συμβαίνει στα υγρά όταν η πίεση μέσα στον κύλινδρο του κινητήρα η σε έναν αγωγό είναι μικρότερη από την ταξινομημένη πίεση βρασμού. Αν η σπηλαιώση συμβαίνει πάνω σε στερεή επιφάνεια για μεγάλο χρονικό διάστημα, μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή των τοιχωμάτων του υλικού.

Κατά την επαναυγροποίηση του ατμού η μεταβολή της πυκνότητας συνεπάγεται από τεράστια αύξηση της τοπικής πίεσης(μεγαλύτερης από 1600Kp/cm^2). Αυτή η αύξηση της πίεσης προκαλεί ένα είδος σφυροκοπήματος στην επιφάνεια του πτερυγίου. Το συγκεκριμένο σφυροκόπημα οδηγεί σε σταδιακή καταστροφή της προπέλας. Επίσης, σπηλαιώση μπορεί να παρουσιαστεί όταν υπάρχει λανθασμένη τοποθέτηση της προπέλας. Ένας ακόμα τρόπος εμφάνισης της σπηλαιώσης είναι όταν σχηματίζονται κενοί χώροι στα πτερύγια της προπέλας με αποτέλεσμα την διακοπή της ροής του νερού πάνω σε αυτήν. Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα τα πτερύγια να μην λειτουργούν σε μία συμπαγής μάζα νερού αλλά σε ένα αφρώδες μίγμα με αποτέλεσμα την αύξηση της ολίσθησης αλλά και την μείωση της απόδοσης της προπέλας.

6.5 Μέτρα πρόληψης της σπηλαιώσης

- Αποφυγή υψηλών ταχυτήτων περιστροφής.
- Συχνός καθαρισμός προπελών
- Χρήση επιστρωματικών κραμάτων υψηλής αντοχής
- Σωστός σχεδιασμός για την αποφυγή υποπίεσης.



Εικόνα 18: Φαινόμενο σπηλαιώσης

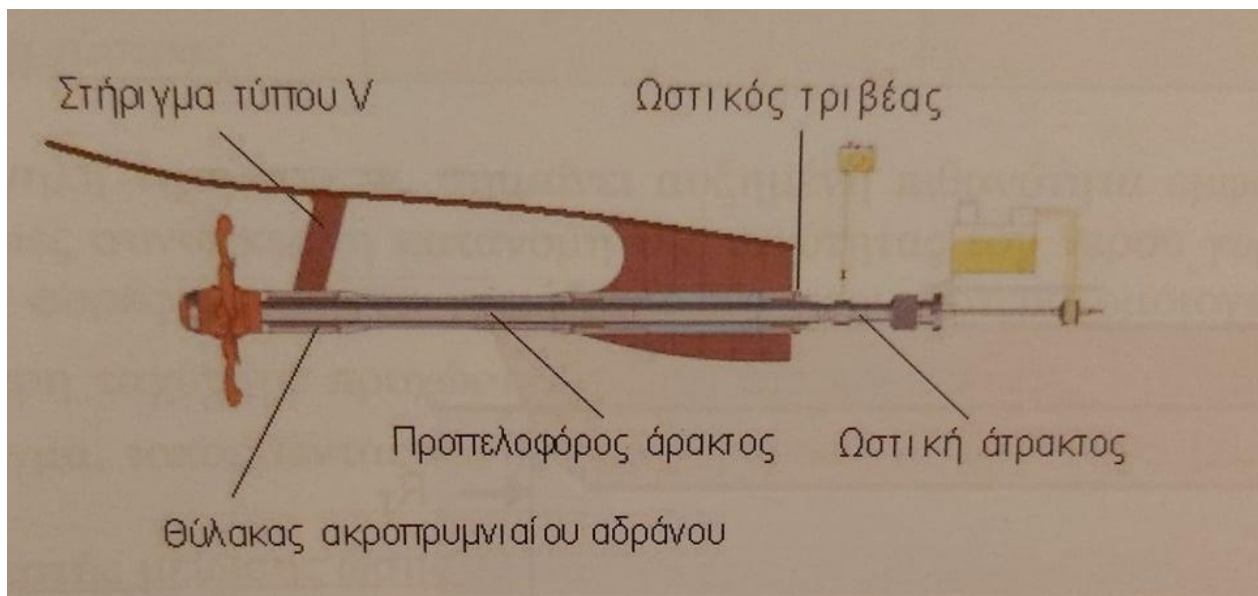
Η προπέλα, είναι απαραίτητο να ζυγοσταθμιστεί προτού τοποθετηθεί στο πλοίο λόγω της μεγάλης μάζας και διαμέτρου της η οποία περιστρέφεται σε μικρές αλλά και μεγάλες ταχύτητες, προκαλώντας ταλαντώσεις στον προπελοφόρο άξονα.

6.6 Τύποι προπελών πλοίων

- Προπέλα ελεγχόμενου βήματος → Προπέλες μεταβλητού βήματος (επίσης γνωστές ως έλικες ελεγχόμενου βήματος) έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι της ποικιλίας σταθερού βήματος. Τα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν:
 - τη δυνατότητα επιλογής της πιο αποτελεσματικής γωνίας λεπίδας για οποιαδήποτε δεδομένη ταχύτητα κατά την αυτοκινητοβιομηχανία,
 - η ικανότητα να αλλάξει τη γωνία της λεπίδας για να επιτύχει τη βέλτιστη κίνηση από τον άνεμο και τους κινητήρες
 - η ικανότητα μετακίνησης της πρόσθιας όψης (αντίστροφα) πολύ πιο αποτελεσματικά
 - την ικανότητα να "φτερώνουν" τα πτερύγια για να δώσουν τη λιγότερη αντίσταση όταν δεν χρησιμοποιούνται (για παράδειγμα, όταν ταξιδεύετε)
- Αρθρωτή προπέλα → Μια αρθρωτή προπέλα παρέχει περισσότερο έλεγχο στην απόδοση του σκάφους. Με το συγκεκριμένο σύστημα μας δίνεται η δυνατότητα, σε περίπτωση βλάβης κάποιας λεπίδας, να μην γίνει αντικατάσταση όλου του συστήματος, αλλά να επιδιορθωθεί το πρόβλημα τοπικά. Αυτή η προσαρμοστικότητα που μας παρέχει το συγκεκριμένο σύστημα μας δίνει υψηλότερη απόδοση σε θαλάσσια σπορ και κρουαζιέρες
- Skewback προπέλα → Ένας προηγμένος τύπος προπέλας που χρησιμοποιείται σε γερμανικά υποβρύχια τύπου 212 ονομάζεται προπέλα skewback. Όπως και στις

προπέλες scimitar που χρησιμοποιούνται σε ορισμένα αεροσκάφη, οι άκρες των λεπίδων μιας προπέλας skewback σπρώχνονται πίσω προς την κατεύθυνση περιστροφής. Επιπλέον, οι λεπίδες κλίνουν προς τα πίσω κατά μήκος του διαμήκου άξονα, προσφέροντας στην προπέλα μια συνολική εμφάνιση σε σχήμα κυπέλλου. Αυτός ο σχεδιασμός διατηρεί την απόδοση ώθησης ενώ μειώνει τη σπηλαιώση και έτσι δημιουργεί έναν ήσυχο, κρυφό σχεδιασμό

- Προπέλα Voith Schneider → Οι έλικες της Voith Schneider χρησιμοποιούν τέσσερις μη περιστρεφόμενες ευθείες λεπίδες που περιστρέφονται γύρω από έναν κατακόρυφο άξονα αντί για ελικοειδείς λεπίδες και μπορούν να παρέχουν ώθηση προς οποιαδήποτε κατεύθυνση ανά πάσα στιγμή, με κόστος υψηλότερης μηχανικής πολυπλοκότητας.

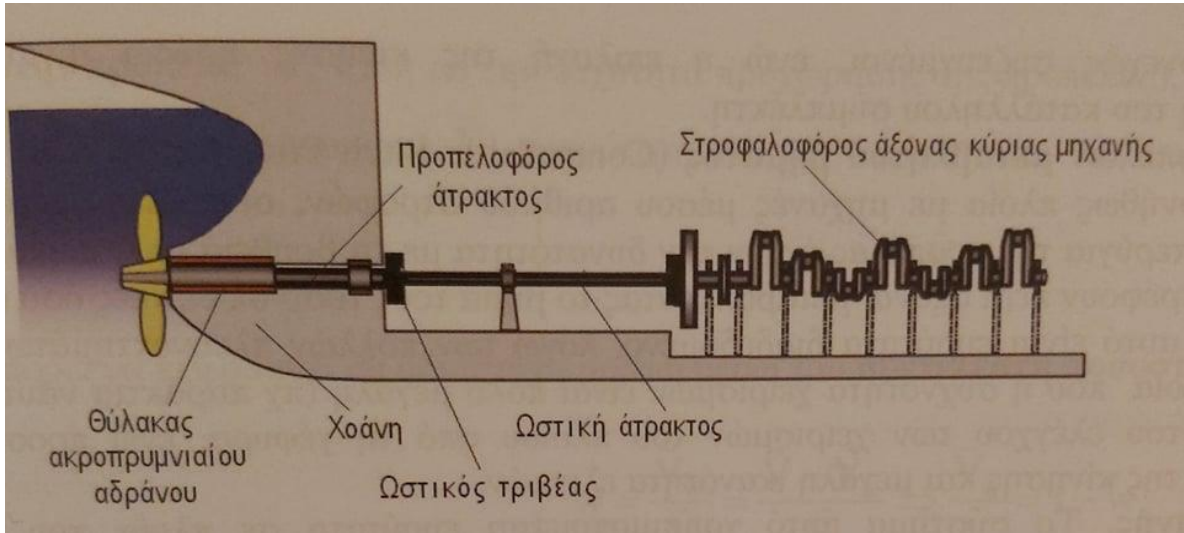


Σχήμα 26: Σχηματική απεικόνιση μερών προπέλας

6.7 Παρελκόμενα εξαρτήματα πρόωσης με προπέλα

- Σύνδεσμοι → Είναι ένας ελαστικός σύνδεσμος που τοποθετείται μετά τον κινητήρα και πριν τον μειωτήρα.
-Λειτουργεί ως αποσβεστήρας, μειώνοντας τις απότομες μεταβολές της ροπής στον κινητήρα
-Χρησιμοποιείται επίσης ως ταχύς συμπλέκτης σύνδεσης και αποσύνδεσης κατά την διάρκεια ελιγμών.
-Μπορεί να λειτουργήσει ως σύστημα ασφαλείας τη μέγιστης ροπής
- Μειωτήρες → Ο σκοπός τους είναι να μειωθεί η ταχύτητα περιστροφής του άξονα τη μηχανής, σε επίπεδα τέτοια ώστε να αποδίδει τα μέγιστα η προπέλα του πλοίου. Χρησιμοποιούνται ζεύγη οδοντωτών τροχών. Επίσης η μείωση των στροφών έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ροπής ώστε η μεταφερόμενη ισχύς να παραμένει πάντα σταθερή.
- Ωστικός τριβέας(ωστικό έδρανο) → Το συγκεκριμένο έδρανο δέχεται την ωστική δύναμη της προπέλας και τη μεταφέρει στο σκάφος. Τόσο το ωστικό έδρανο, όσο και η γάστρα, ενισχύονται στο σημείο τοποθέτησής τους.
- Ωστική άτρακτος → Στο τμήμα αυτό προσαρμόζεται ο ωστικός τριβέας και διαμορφώνονται επίπεδοι δακτύλιοι κάθετοι στον άξονα συμμετρίας. Η λίπανση του είναι τοπική ή εξαναγκασμένη με χρήση αντλίας λαδιού.
- Προπελιοφόρος άτρακτος(άτρακτος προπέλας) → Η άτρακτος προπέλας είναι το τμήμα μετά την ωστική άτρακτο, μέχρι την προπέλα του πλοίου. Το υλικό κατασκευής τους είναι μαλακός σφυρήλατος χάλυβας και έχει στο άκρο κωνικό σχήμα ώστε να προσαρμόζεται στην προπέλα. Τα έδρανα είναι απαραίτητο να ελέγχονται για πιθανή υπερθέρμανση.

- Χοάνη, στυπιοθλίπτης και ακροπρυμναία έδρανα → Από την χοάνη εξέρχεται η άτρακτος της προπέλας .Στο εσωτερικό της χοάνης τοποθετείται στυπιοθλίπτης οποίος εμποδίζει να εισέλθουν νερά στο διάκενο μεταξύ χοάνης και ατράκτου. Ο στυπιοθλίπτης αποτελείται από δακτυλίους που φθείρονται και αντικαθίστανται. Ο θύλακας ακροπρυμναίου εδράνου είναι στηρίζει και οδηγεί τον άξονα του σκάφους και βρίσκεται στον πυθμένα του σκάφους και τοποθετείται λίγο πριν την προπέλα



Σχήμα 27: Σχηματική Απεικόνιση Άξονα Προπέλας

Βιβλιογραφία

Πολυζάκης Α., 2012, Λειτουργία αεροστροβίλων και παραγωγή ενέργειας – Προώθησης Θεωρία, Εκδόσεις Heat Cool Power.

Καρκανιάς Κ, 2003, Αεροστρόβιλοι κινητήρες, Εκδόσεις “ΑΛΦΑ”

Ντελκής ΚΙ., Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας, Αεροστρόβιλοι – Μονάδες Συνδυασμένου Κύκλου, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ)

Ιστότοποι

http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/7298/%ce%95%ce%9e%ce%9f%ce%9c%ce%95%ce%99%ce%a9%ce%a3%ce%97%20%ce%9b%ce%95%ce%99%ce%a4%ce%9f%ce%a5%ce%a1%ce%93%ce%99%ce%91%ce%a3%20%ce%9a%ce%99%ce%9d%ce%97%ce%a4%ce%97%ce%a1%ce%91%20TURBOSHAFT%20%ce%93%ce%99%ce%91%20%ce%9d%ce%91%ce%a5%ce%a4%ce%99%ce%9a%ce%97%20%ce%a7%ce%a1%ce%97%ce%a3%ce%97..pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR2NDjh5epGRRiq2-RjtJk7hB8LmWoIBVPdrb6BN4UkaOXZANf_3ITf4k8M

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CF%80%CE%B7%CE%BB%CE%B1%CE%AF%CF%89%CF%83%CE%B7?fbclid=IwAR1QwHvJdcgW6FVgouA6MaL4Ij_JiC9YJaV1vqQhM4kuCLMba3uRCODI16Y

https://en.wikipedia.org/wiki/Propeller?fbclid=IwAR2_f5WX_MkmOd9rr2XX25OCS-6GpQuMeKExVEwyrQu4-bw6Pap2itzvl_s

https://en.wikipedia.org/wiki/MEKO_200?fbclid=IwAR02fAYhEGfO8EDIJ38iOGcjGGxFxjpD6Htrqo7X14UcnUx1xOEEi6q4cYg

https://el.wikipedia.org/wiki/MEKO?fbclid=IwAR2_f5WX_MkmOd9rr2XX25OCS-6GpQuMeKExVEwyrQu4-bw6Pap2itzvl_s

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CF%81%CF%8C%CF%89%CF%83%CE%B7_%CF%80%CE%BB%CE%BF%CE%AF%CE%BF%CF%85?fbclid=IwAR1ZRnQHVgyyKxvbvyftSDZL41oNPqcZ67cFbVf8wGzDv1ina4G-7iiBzH8