



Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ 2013

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΜΗ
827

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

Βέλτιστη επιλογή συστήματος πρόωσης για διάφορους
τύπους θαλάσσιων σκαφών μικρού ή/και μέσου
εκτοπίσματος

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ
Α.Μ.: 33569

Υπεύθυνος Καθηγητής: Νίκας Κωνσταντίνος

Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο «Βέλτιστη Επιλογή Συστήματος Πρόωσης για Διαφόρους Τύπους Θαλάσσιων Σκαφών Μικρού ή/και Μέσου Εκτοπίσματος» εκπονήθηκε κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2012-2013 στην σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών του Τ.Ε.Ι. Πειραιά.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα κ Νίκα Κωνσταντίνο καθηγητή της σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών, για την ανάθεση αυτού του ενδιαφέροντος θέματος και για την πολύτιμη βοήθειά του σε όλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές μου που μου έδωσαν όλα τα απαραίτητα εφόδια όχι μόνο για την εκπόνηση της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασία αλλά και για την επαγγελματική μου σταδιοδρομία.

Τέλος θα ήθελα να κάνω ιδιαίτερη μνεία στην οικογένεια μου, για την αμέριστη συμπαράστασή της, τόσο κατά τη διάρκεια της διπλωματικής αυτής εργασίας, όσο και καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησής μου καθώς και στους φίλους μου Γιώργο Ρηγινό, Δημήτρη & Ελίζα Σιδέρη, Μάρα Εγγλεζάκη και Έφη Κούσουλα για την επιμονή, προτροπή και συμπαράσταση που μου προσέφεραν ώστε να ολοκληρωθεί η συγκεκριμένη εργασία

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή.....	5
Summary.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΝΑΥΠΗΓΙΚΗΣ	7
1.1 Κύριες Διαστάσεις Πλοίων:	7
1.2 Βάρη - εκτόπισμα:	10
1.3 Συνιστώσες Αντίστασης.....	11
1.4 Δυναμική Ομοιότητα.....	12
1.5 Τύποι Γάστρας.....	13
1.5.1 Γάστρες Εκτοπίσματος (αγγλ. Displacement hull):	13
1.5.2 Γάστρες Ημι-Εκτοπίσματος (αγγλ. Semi-Displacement hull):.....	14
1.5.3 Γάστρες Ημι-Πλαναρίσματος (αγγλ. Semi-Planning hull):	15
1.5.4 Ολισθάκατοι - Γάστρες Πλαναρίσματος (αγγλ. Planning hull):.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΚΥΡΙΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ – ΜΗΧΑΝΕΣ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ	18
2.1 Κινητήρες Diesel	18
2.2 Κινητήρες Βενζίνης.....	22
2.2.1 Σύγκριση τετράχρονων και Δίχρονων Κινητήρων	25
2.2.2 Διαφορές Βενζινοκινητήρων και πετρελαιοκινητήρων.....	26
2.3 Ηλεκτροκινητήρες.....	28
2.3.1 Κινητήρες αξονικής ροής:	30
2.3.2 Πολυβάθμιοι κινητήρες εγκάρσιας ροής (transverse flux motors):	30
2.3.3 Πολυβάθμιοι κινητήρες αξονικής ροής (axial flux motors):	31
2.3.4 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα ηλεκτροπρόωσης:.....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΠΡΟΠΕΛΑ.....	34
3.1 Ιστορική αναδρομή	34
3.2 Τα βασικά μέρη της προπέλας.....	37
3.3 Τα χαρακτηριστικά των προπελών.....	39
3.4 Βήμα προπέλας.....	40
3.5 Rake.....	41
3.6 Ολίσθηση.....	42
3.7 Περιστροφή της προπέλας.....	43
3.8 Αριθμός πτερυγίων	44
3.9 Πάχος πτερυγίων.....	45
3.10 Η περιφέρεια του πτερυγίου (Blade Contour)	46
3.11 Ο αερισμός της προπέλας (Ventilation)	46
3.12 Σπηλαιώση (Cavitation).....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΩΣΗΣ	50
4.1 Εξωλέμβιοι κινητήρες βενζίνης.....	50
4.2 Εσωλέμβιοι κινητήρες.....	53
4.2.1 Μειωτήρες - Κιβώτιο	54
4.2.2 V Drive.....	55
4.2.3 Μπρακέτο.....	56
4.3 Έσω-Εξωλέμβιο Κινητήρες	57
4.4 IPS (Inboard Performance System – Εσωλέμβιο αποδοτικό σύστημα).....	59
4.5 Προπέλες Επιφανείας (Surfaces Propelles).....	60
4.6 Προώθηση μέσω Πίδακα Νερού (WaterJet).....	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	63

5.1	Εξωλέμβιες.....	63
5.2	Εσωλέμβιοι.....	64
5.3	Έσω-εξωλέμβιοι κινητήρες.....	65
5.4	IPS.....	66
5.5	Προπέλες Επιφανείας.....	67
5.6	WaterJet.....	68
5.7	Σύνοψη – Συμπεράσματα.....	69

Βιβλιογραφία.....	70
-------------------	----

Εισαγωγή

Σκοπός της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας είναι η ανάλυση των πιο σύνηθων συστημάτων πρόωσης που συναντάμε σε σκάφη από 5 έως 20 μέτρων.

Ανάλογα με την χρήση που προορίζεται κάθε σκάφος, την τοποθεσία που ενδέχεται να λειτουργεί (θάλασσα, λίμνη, ποτάμια) καθώς και την διαθεσιμότητα χώρων ο κάθε κατασκευαστής επιλέγει το κατάλληλο σύστημα προώθησης ώστε να πετύχει τα κατάλληλα αποτελέσματα.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στην ονοματολογία που χρησιμοποιεί η ναυπηγική καθώς αναλύονται και τα βασικά μεγέθη. Στο δεύτερο κεφάλαιο υπάρχει η ανάλυση και σύγκριση μεταξύ των κύριων μηχανών (ηλεκτρικής, βενζίνης και πετρελαίου). Στη συνέχεια στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση στα χαρακτηριστικά της προπέλας. Ακολουθεί το τέταρτο κεφάλαιο όπου υπάρχει μια ανάλυση της συντριπτικής πλειοψηφίας των συστημάτων προώθησης. Τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται μια σύγκριση με τα θετικά και αρνητικά στοιχεία κάθε συστήματος έτσι ώστε να λειτουργεί ως “οδηγός” για κάποιον που θα ήθελε να διαλέξει το κατάλληλο σύστημα προώθησης.

Summary

The aim of this thesis is the analysis of the most common propulsion systems for boats between 5 to 20 meters.

Depending the use and the location (sea, river, lake) that the boat is designed for and the available spaces, the naval engineer choose the best match propulsion system in order to have the best result.

At the first chapter there is a small summary in naval nomenclature and the basic figures. At the second chapter there is an analysis and compare between the main engines (electric, gasoline, diesel). Furthermore at the third chapter is an analysis on the basic figures of the propeller. The forth chapter consider from analysis of the most common propulsion system. Last but not least is the fifth chapter with a compare of positive and negative elements of every propulsion system. This chapter can also help someone to choose the most suitable system for his boat.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΝΑΥΠΗΓΙΚΗΣ

1.1 Κύριες Διαστάσεις Πλοίων:

Μήκος (L) (αγγλ. length)

- Μήκος μεταξύ καθέτων (L_{pp}) (Length between perpendiculars)
Μήκος του πλοίου στο ύψος της ισάλου μελέτης CWL (Construction Waterline) ή DWL (Design Waterline) μετρούμενο μεταξύ του ακρότατου πρωραίου σημείου του πλοίου και της εξωτερικής ακμής του ποδοστήματος πρύμνηθεν ή του κέντρου του άξονα το πηδαλίου.
- Μήκος ισάλου (L_{WL}) (Length of waterline)
Το μήκος μετρούμενο στο ύψος της ισάλου μελέτης μεταξύ της εξωτερικής ακμής και της πλώρας και της αντίστοιχης της πρύμνης.
- Ολικό μήκος (L_{OA}) (Length overall)
Η απόσταση μεταξύ του ακρότατου πρωραίου και του αντίστοιχου πρυμναίου σημείου του πλοίου, μετρούμενη παράλληλα προς το βασικό επίπεδο αναφοράς.



- Μήκος καταστρώματος (L_{od}) (Length on deck)
Το μήκος του σκάφους αφαιρώντας ρέλια, άγκυρες και άλλα στοιχεία που δεν επηρεάζουν τον όγκο της γάστρας.
- Πλάτος ισάλου (B_{WL}) (Beam of waterline)
Μέγιστο πλάτος της ισάλου μελέτης (CWL), μετρούμενο εσωτερικώς του πάχους.

Κοίλο (D) (αγγλ. Depth)

- Κοίλο ή πλευρικό ύψος αναφοράς D
Η κάθετη απόσταση μετρούμενη στη μέση τομή μεταξύ του βασικού επιπέδου αναφοράς και του ανώτατου, συνεχούς και καιροστεγανούς καταστρώματος (κυρίου καταστρώματος) και, συγκεκριμένα, μεταξύ της άνω ακμής τρόπιδας και της άνω ακμής των ζυγών του καταστρώματος στην πλευρά του πλοίου.
- Κοίλο ύψους εξάλων D_F
Είναι το κοίλο του πλοίου D, προσαυξημένο με το πάχος του ελάσματος της υδρορροής του καταστρώματος εξάλων και με την τιμή $t_E(L-S)/L$, όπου t_E είναι το πάχος της τυχόν ξύλινης επένδυσης του καταστρώματος S το ολικό πραγματικό μήκος των υπερκατασκευών.

Βύθισμα (T) (αγγλ. draft)

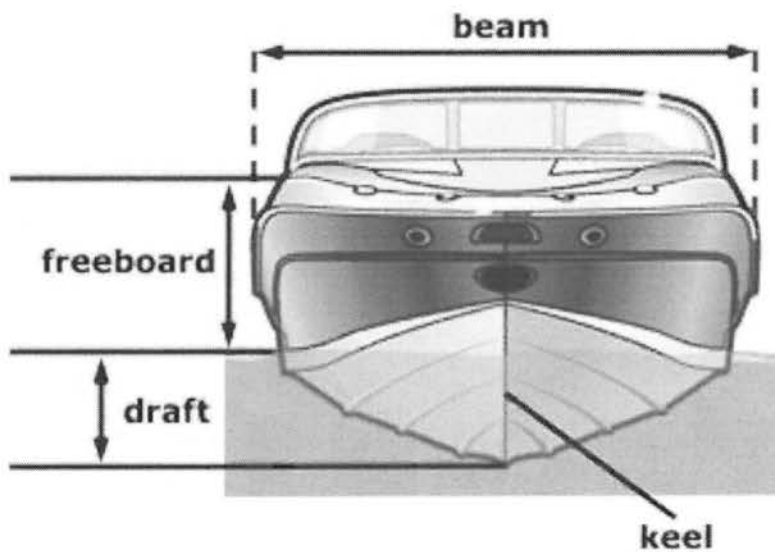
- Βύθισμα σχεδίασης ή αναφοράς T
Η κάθετη απόσταση της ισάλου πλεύσης (κυρίως γραμμής φόρτωσης θέρους) από το βασικό επίπεδο αναφοράς, μετρούμενη στη μέση τομή.
- Βύθισμα υπολογισμών ύψους εξάλων
Το βύθισμα μετρούμενο στη μέση τομή μεταξύ του βασικού επιπέδου αναφοράς και μια καθορισμένη γραμμή φόρτωσης, σύμφωνα με τους Κανονισμούς της Διεθνούς Σύμβασης Γραμμής Φόρτωσης του 1966.

- Βύθισμα αναφοράς ταχύτητας

Αναφέρεται στο βύθισμα λειτουργίας του πλοίου για το οποίο, με βάση καθορισμένες περιβαλλοντικές συνθήκες (άνεμος, θάλασσα, ρύπανση γάστρας, βάθος νερού, απόδοση μηχανής), επιτυγχάνει μια καθορισμένη ταχύτητα. Το βύθισμα αυτό δεν είναι αναγκαστικά το βύθισμα μελέτης ή υπολογισμού ύψους εξάλων κλπ., αλλά κάποιο μέσο ή συνήθες βύθισμα λειτουργίας του πλοίου.

Ύψος Εξάλων (F_D) (αγγλ. freeboard)

- Είναι η απόσταση μεταξύ της άνω όψης της γραμμής φόρτωσης και της άνω όψης του ελάσματος του καταστρώματος εξάλων.



1.2 Βάρη - εκτόπισμα:

Βάρος κενού σκάφους – Κύριες Συνισταμένες



- Βάρος κενού σκάφους WL (αγγλ. Lightweight)

Αντιστοιχεί στο βάρος του πλήρως εξοπλισμένου και έτοιμου προς λειτουργία πλοίου χωρίς φορτίο και εφόδια.

- Εκτόπισμα ή βάρος εκτοπίσματος Δ (αγγλ. Displacement)

Το βάρος του εκτοπιζόμενου θαλάσσιου νερού καθορισμένης πυκνότητας που αναφέρεται σε ένα

ορισμένο βύθισμα λειτουργίας του πλοίου, συνυπολογίζοντας τυχόν διαγωγή ή κάμψη του σκάφους, καθώς το πάχος του εξωτερικού περιβλήματος και τα παρελκόμενα (+0,45% Δ για μεγάλα, +0,60% για μικρά σκάφη)

1.3 Συνιστώσες Αντίστασης

Η αντίσταση ενός πλοίου σε μια δεδομένη ταχύτητα είναι η δύναμη που απαιτείται για να ρυμουλκηθεί το πλοίο σε αυτήν την ταχύτητα σε ήρεμο νερό. Αν η γάστρα δεν έχει παρελκόμενα (ή προσαρτήματα – appendages), τότε η αντίσταση καλείται *αντίσταση γυμνής γάστρας (bare hull)* ή *ρυμούλκησης (towing)*. Η αντίσταση ρυμούλκησης δεν είναι ίδια με την αντίσταση *πρόωσης (propulsion resistance)* – αν και διαφέρουν ελάχιστα – διότι στην τελευταία εμπλέκονται και οι αλληλεπιδράσεις γάστρας/έλικας.

Σε κάθε σημείο επαφής της γάστρας με το περιβάλλον ρευστό ασκούνται δύο βασικές συνιστώσες της αντίστασης του πλοίου. Η **αντίσταση τριβής και η αντίσταση πίεσης**.

- **Αντίσταση τριβής:** είναι η συνιστώσα της αντίστασης που παράγεται με ολοκλήρωση στην επιφάνεια της γάστρας των επαπτομενικών τάσεων (τάσεις συνεκτικότητας) και προβολή κατά τη διεύθυνση της ροής.
- **Αντίσταση πίεσης:** είναι η συνιστώσα της αντίστασης που παράγεται με ολοκλήρωση στην επιφάνεια της γάστρας των κάθετων τάσεων (δυνάμεις πίεσης) και προβολή κατά τη διεύθυνση της ροής.

Εκτός από τις παραπάνω συνιστώσες αντίστασης υπάρχει και μια ποικιλία άλλων (δευτερευόντων) συνιστωσών, όπως:

- η *αντίσταση θράυσεως κύματος (wave braking resistance)* για ένα πλοίο που ταξιδεύει
- η *αντίσταση αφρού (spray resistance)* λόγω της δημιουργίας αφρού κυρίως στην περιοχή επαφής της γάστρας (ίσαλος πλεύσης) με την ελεύθερη επιφάνεια.
- η *αντίσταση αέρα (air resistance)* λόγω κίνησης της υπερκατασκευής του πλοίου στον αέρα
- η *αντίσταση παρελκομένων* (πηδάλιο, άξονες, παρατροπίδια, στηρίγματα αξόνων κλπ.)
- η *πρόσθετη αντίσταση λόγω στροφής (added resistance duo to turning)* για πλοία σε κατάσταση ελιγμών

1.4 Δυναμική Ομοιότητα

Η σταθερή κίνηση του πλοίου στην ελεύθερη επιφάνεια δημιουργεί ένα σύστημα κυματισμών που η δημιουργία του εξαρτάται από την επιτάχυνση της βαρύτητας g . Η συνεκτικότητα του ρευστού είναι αιτία δημιουργίας των εφάπτομενικών τάσεων στη γάστρα, άρα η κινηματική συνεκτικότητα (kinematic viscosity) του νερού ν θα πρέπει να συμπεριληφθεί στις ανεξάρτητες μεταβλητές που καθορίζουν το φαινόμενο. Άλλες μεταβλητές είναι το μήκος L , η ταχύτητα V , και η πυκνότητα (density) ρ του ρευστού. Άρα λοιπόν η αντίσταση R (εξαρτημένη μεταβλητή) σχετίζεται με τις ανεξάρτητες μεταβλητές:

$$R = f(\rho, V, L, g)$$

Εφαρμόζοντας το θεώρημα Π προκύπτουν οι ακόλουθες τρεις Π παράμετροι:

Αριθμός Reynolds:

$$Re = \frac{V L}{\nu}$$

Αριθμός Froude:

$$Fn = \frac{V}{\sqrt{gL}}$$

Συντελεστής αντίστασης πλοίου:

$$C_T = \frac{R}{\frac{1}{2} \rho S V^2}$$

Επομένως η αντίσταση του πλοίου είναι:

$$R = \frac{1}{2} \rho C_T(Re, Fn) V^2 S$$

Αριθμός Reynolds: Σχετίζεται με την επίδραση της συνεκτικότητας

Αριθμός Froude: Σχετίζεται με την δημιουργία κυματισμών

1.5 Τύποι Γάστρας

Οι γάστρες των μηχανοκίνητων σκαφών χωρίζονται σε τρεις κύριες διαφορετικές κατηγορίες. Εκτοπίσματος, ημι-εκτοπίσματος και ολισθακάτους (πλαναρίσματος). Μελετώντας κάθε τύπο γάστρας μπορούν να διαπιστωθούν πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα της κάθε σχεδίασης. Η επιλογή της σχεδίασης κάθε φορά εξαρτάται από την χρήση αλλά και τις συνθήκες στις οποίες λειτουργεί.

Το μέγεθος κάθε μηχανοκίνητου πλοίου είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που καθορίζει το τύπο της γάστρας που θα επιλεγεί, για το αν θα επιλεγεί μια γάστρα ημι-εκτοπίσματος για παράδειγμα ή αν θα επιλεγεί μια πλαναρίσματος. Τα μεγάλα και γρήγορα σκάφη απαιτούν μεγάλες μηχανές με μεγάλη κατανάλωση καυσίμου και υψηλό λειτουργικό κόστος.

1.5.1 Γάστρες Εκτοπίσματος (αγγλ. Displacement hull):



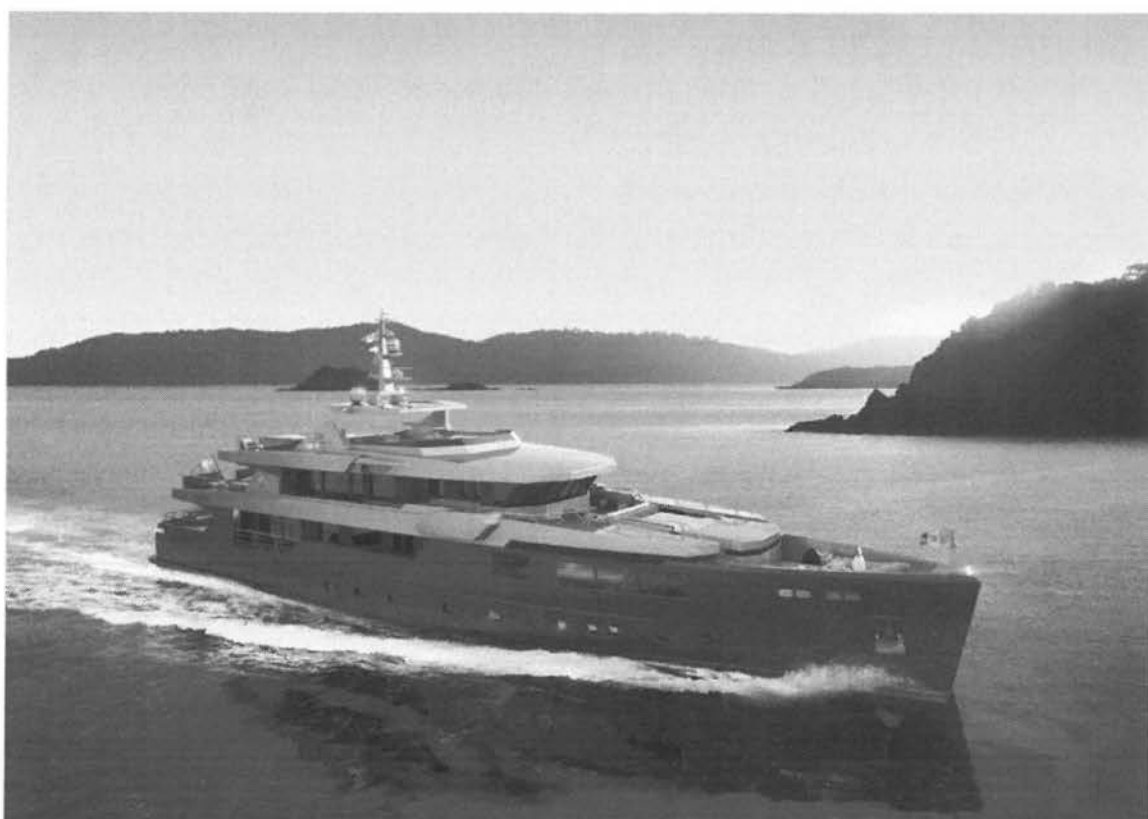
Οι βαρύτερες γάστρες εκτοπίσματος είναι γάστρες όπως ρυμουλκά και σκάφη ανοιχτού πελάγους. Το βάρος του σκάφους εξισώνεται μόνο από τις δυνάμεις υδροστατικής πίεσης.

Μελετώντας τέτοιες γάστρες μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η πρύμνη υψώνεται πολύ πιο ψηλά από την ίσαλο πλεύσης. Η μέση τομή είναι αρκετά γεμάτη και αρκετά βυθισμένη στο νερό. Τα πλοία εκτοπίσματος μεταφέρουν μεγάλα φορτία και φυσικά η ταχύτητα της γάστρας αποτελεί δευτερεύοντα παράγοντα. Μεταξύ αριθμών Froude 0.4 και 0.5 τα σκάφη εκτοπίσματος υφίστανται σημαντική αντίσταση κυματισμού. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το μήκος της γάστρας είναι μικρότερο από το μήκος του 'ίδιου' κύματος του πλοίου. Η πλήρη υποστηρίζεται από την κορυφή του κύματος ενώ η

πρύμνη υποστηρίζεται μόνο από την κοιλάδα. Το αποτέλεσμα είναι μια επιπλέον πρυμναία διαγωγή, για την ελαχιστοποίηση της οποίας απαιτούνται μεγάλες πρύμνες τύπου καθρέφτη (transom).

Για αριθμούς Froude 0.5 και 0.7 το οποίο εκτοπίσματος υφίσταται ένα μήκος κύματος που είναι περισσότερο από το διπλάσιο του μήκους της ισάλου. Η αντίσταση κυματισμού οφείλεται κυρίως στο κύμα της πλώρης, άρα είναι απαραίτητο να ελαττωθεί το κύμα αυτό προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η απαίτηση ισχύος.

1.5.2 Γάστρες Ημι-Εκτοπίσματος (αγγλ. Semi-Displacement hull):



Τις συναντάμε συνήθως σε πλοία εργασίας, αλιευτικά σκάφη και σκάφη αναψυχής. Στους αριθμούς μεταξύ 0.5 και 0.7, το πλοίο εκτοπίσματος υφίσταται ένα μήκος κύματος που είναι περισσότερο από το διπλάσιο του μήκους της ισάλου. Η αντίσταση κυματισμού οφείλεται κυρίως στο κύμα της πλώρης, άρα είναι απαραίτητο να ελαττωθεί το κύμα αυτό προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η απαίτηση ισχύος. Αυτό επιτυγχάνεται όταν η πλώρη σχεδιασθεί με πολύ λεπτές γραμμές και μειωθεί η πρυμναία διαγωγή. Όταν αυτού του είδους οι γάστρες επιτύχουν υψηλότερες ταχύτητες η πρύμνη θα αποκτήσει αντίσταση στο νερό και θα δημιουργήσει ένα μεγάλο κύμα

πρωραία και πρυμναία. Κατά την πλεύση τους αντιμετωπίζουν σημαντική δυναμική σκάφη μ κυρτή μορφή νομέων και πρύμνη καθρέφτη αλλά και μεγάλη γωνία ανύψωσης πυθμένα. Στα σκάφη εκτοπίσματος το βάρος του σκάφους εξισορροπείται κυρίως άνωση αν και δεν ολισθαίνουν (πλανάρουν).

Συνήθως είναι από υδροστατικές δυνάμεις. Για $F_n > 0.7$ εμφανίζεται δυναμική άνωση που αυξάνεται με την ταχύτητα κατά τον ίδιο τρόπο που μειώνεται η υδροστατική άνωση.

1.5.3 Γάστρες Ημι-Πλαναρίσματος (αγγλ. **Semi-Planning hull**):



Το είδος αυτής της γάστρας ονομάστηκε έτσι για να ξεχωρίζει από την γάστρα ημι-εκτοπίσματος και η οποία συμπεριφέρεται αντίθετα αλλά με το ίδιο σχεδόν αποτέλεσμα μείωσης των τριβών. Αντί δηλαδή να σηκώνει το μπροστινό της τμήμα και να κρατάει βυθισμένη την πρύμνη, ανασηκώνει την πρύμνη κρατώντας σταθερά αρκετά χαμηλά την πλώρη. Με το ανασήκωμα της πρύμνης, το οποίο επιτυγχάνεται με κατάλληλο σχεδιασμό του πίσω τμήματος της γάστρας (αρκετά συχνά και με προσθήκη προεκτάσεων), η μέγιστη αλλά, κυρίως, η υπηρεσιακή ταχύτητα (*cruising speed*) ξεπερνά αρκετά αυτή που υπαγορεύει ο ναυπηγικός κανόνας.

Όπως και τις γάστρες ημι-εκτοπίσματος, έτσι και τις γάστρες ημι-πλαναρίσματος τις συναντάμε σε σκάφη που χρησιμοποιούνται κατά κανόνα στις ανοιχτές θάλασσες (ωκεανούς) όπου υπάρχουν

κύματα μεγάλα αλλά και με μακριά (σε απόσταση το ένα από το επόμενο του).

1.5.4 Ολισθάκατοι - Γάστρες Πλαναρίσματος (αγγλ. Planning hull):



Τις συναντάμε σε σκάφη περιπολίας, ψαρέματος, σκάφη αναψυχής, ασθενοφόρα και αγωνιστικά σκάφη. Οι πλειονότητά τους έχουν μήκος μικρότερο των 30 μέτρων (η αιτιολόγηση θα δοθεί παρακάτω). Μια γάστρα ολισθαίνει όταν ο αριθμός F_n είναι μεγαλύτερος από 1.2 (Savitsky 1992). Παρόλα αυτά όταν ο αριθμός F_n είναι μεγαλύτερος απ

Μια γάστρα ολισθαίνει όταν ο αριθμός F_n είναι μεγαλύτερος από 1.2. (Savitsky 1992). Παρόλ'αυτά ο αριθμός $F_n=1.0$ χρησιμοποιείται σαν όριο για ολίσθηση και αυτό συμβαίνει διότι δεν είναι ξεκάθαρο το σημείο διαχωρισμού της κατάσταση ολίσθηση και μη ολίσθησης. Κατα την διάρκεια ολίσθησης το βάρος της γάστρας στηρίζεται κυρίως από υδροδυναμικά φορτία και με την άντωση να παίζει δευτερεύοντα ρόλο. Η υδροδυναμική πίεση ταυτόχρονα ανυψώνει τη γάστρα και επηρεάζει τη γωνία διαγωγής.

Οι ολισθάκατοι είναι σκάφη που λειτουργούν σε ταχύτητες που έχουν αριθμό $F_n > 1.0$. Οι γάστρες αυτές χαρακτηρίζονται από

- Οξείες ακμές
- Πρύμνη καθρέπτη
- Ευθείες διαμήκεις τομές

- Ανύψωση πυθμένα που αυξάνεται γρήγορα στην περιοχή της πλώρης
- Λεπτές γραμμές στην είσοδο για μείωση της αντίστασης στις μικρές ταχύτητες

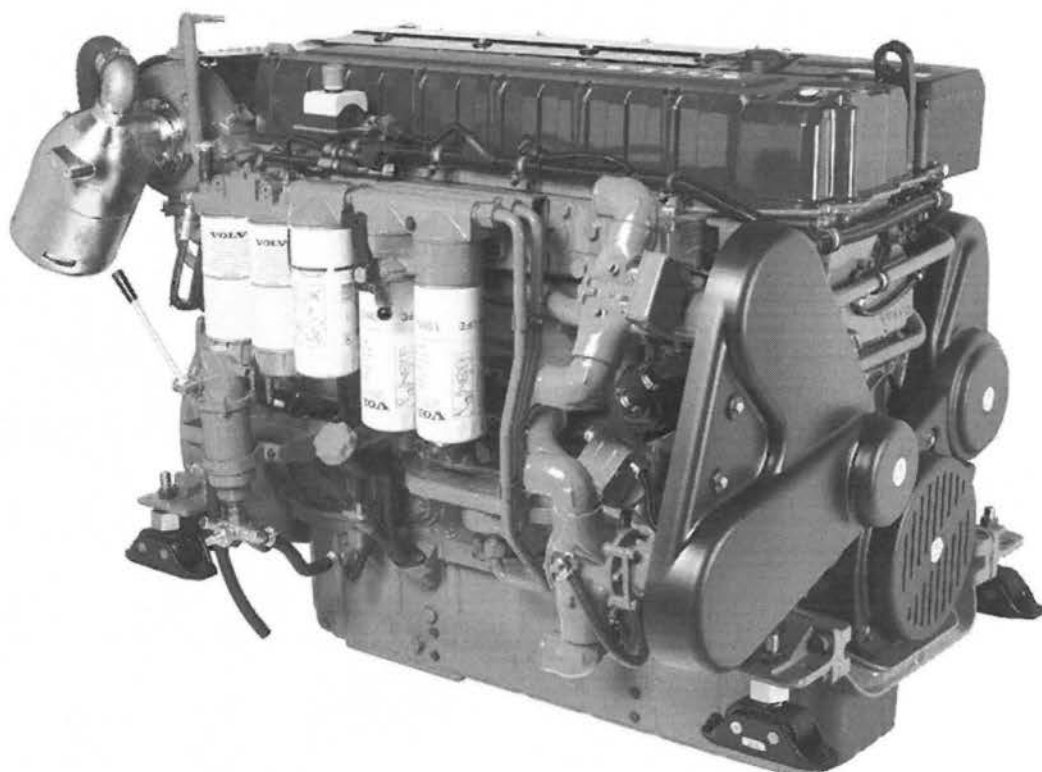
Οι γάστρες πλαναρίσματος ξεκινούν και αυξάνοντας την ταχύτητά τους για να επιτυγχάνουν την ταχύτητα πλαναρίσματος ($F_n > 1.2$), που από την οποία το βάρος της γάστρας υποστηρίζεται κυρίως από υδροδυναμικές δυνάμεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΚΥΡΙΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ – ΜΗΧΑΝΕΣ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ

2.1 Κινητήρες Diesel

Ο κινητήρας diesel (γνωστός και ως κινητήρας πετρελαίου) είναι μια μηχανή εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιεί την θερμότητα που προκαλείται από την συμπίεση ώστε να γίνει η ανάφλεξη και καύση του καυσίμου που υπάρχει μέσα στον θάλαμο καύσης, σε αντίθεση με τους κινητήρες ανάφλεξης βενζίνης ή αερίου που χρησιμοποιούν σπινθήρες για να γίνει η ανάφλεξη του μίγματος αερίου-καυσίμου. Η μηχανή αυτή εφευρέθηκε από τον Γερμανό Rudolf Diesel το 1893.

Ο κινητήρας diesel έχει τον υψηλότερο θερμικό βαθμό απόδοσης από οποιονδήποτε άλλο κινητήρα εσωτερικής ή εξωτερικής καύσης λόγω της μεγάλης συμπίεσης του. Στους αργόστροφους κινητήρες πετρελαίου (χρησιμοποιούνται κυρίως σε πλοία αλλά και σε άλλες εφαρμογές όπου δεν παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο το βάρος του κινητήρα) μπορούν να έχουν θερμικό βαθμό απόδοσης πάνω από 50%.



Οι κινητήρες diesel μπορεί να είναι είτε δίχρονοι είτε τετράχρονοι. Από το 1910 χρησιμοποιούνται σε υποβρύχια και πλοία καθώς η

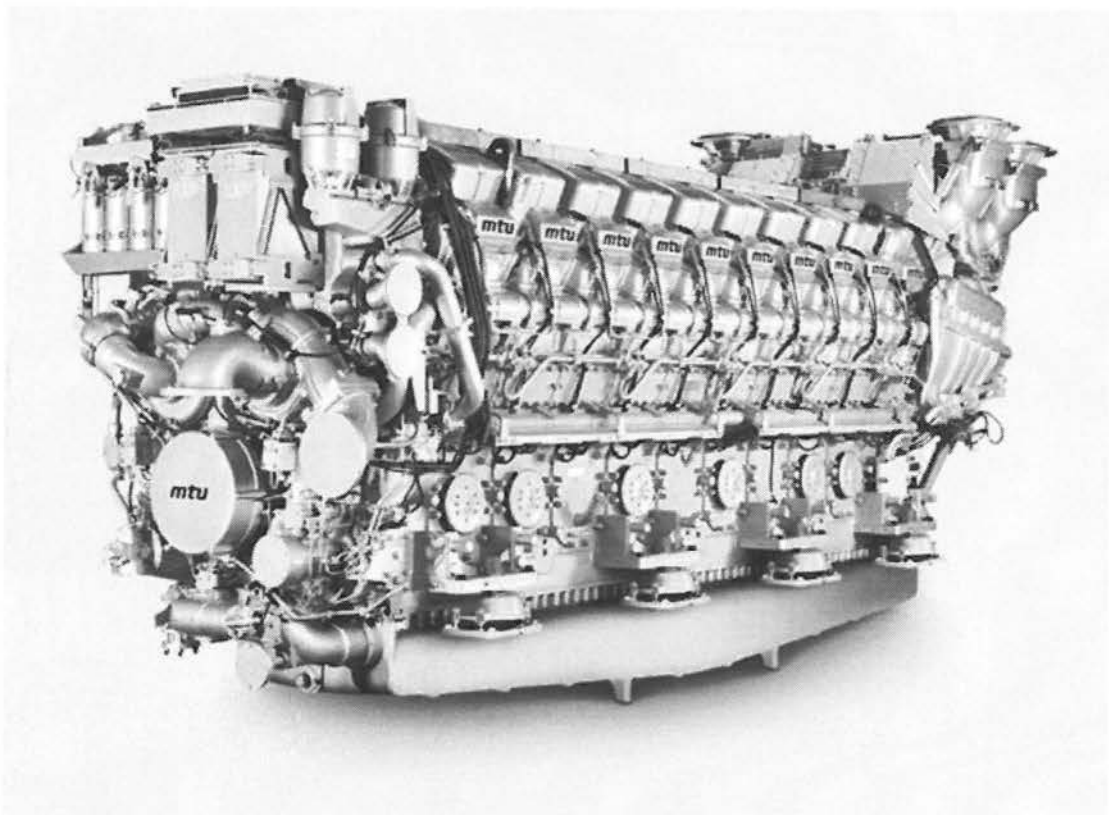
χρήση τους σε φορτηγά, στην βαριά βιομηχανία και σε μονάδες παραγωγής ηλεκτρισμού ήρθε αργότερα. Από το 1930 άρχισαν να χρησιμοποιούνται σε ελάχιστα αυτοκίνητα έως το 1970 όπου η χρήση των κινητήρων πετρελαίων άρχισε να ανθίζει στα αυτοκίνητα της Αμερικής όπου φτάνοντας στο 2007 με το 50% των νέων αυτοκινήτων που πωλούνται στην Ευρώπη να έχουν κινητήρες πετρελαίου.

Τα πιο σύγχρονα πλοία χρησιμοποιούν ως κύρια πηγή ώθησης τους πετρελαιοκίνητους παλινδρομικούς κινητήρες λόγω της απλής λειτουργίας τους, της δύναμης, και οικονομίας σε σύγκριση με άλλους κύριους μηχανισμούς πρόωσης. Ο στρόφαλος μπορεί να συνδεθεί απευθείας με την προπέλα σε αργόστροφους κινητήρες και μέσω μειωτήρα στροφών (ρεβέρσα) στους κινητήρες μεσαίων και υψηλών στροφών.

Πλέον οι κινητήρες diesel κατατάσσονται σύμφωνα με:

- Τον κύκλο λειτουργίας τους: δίχρονοι ή τετράχρονοι
- Την κατασκευή τους: Σε σταυρό, εν σειρά ή αντιθέτων εμβόλων
- Την ταχύτητα περιστροφή τους
 - Αργόστροφοι κινητήρες: Όλοι οι κινητήρες με ταχύτητα περιστροφής έως 300 στροφές ανά λεπτό [revolutions per minute (rpm)], παρόλο που πολλοί μεγάλοι δίχρονοι πετρελαιοκινητήρες λειτουργούν κάτω από τις 120 rpm. Βέβαια κάποιοι αρκετά μεγάλοι κινητήρες λειτουργούν κάτω από τις 80 rpm. Τέλος οι μεγαλύτεροι και ισχυρότεροι κινητήρες είναι οι αργόστροφοι δίχρονοι εμβολοφόροι κινητήρες.
 - Κινητήρες μεσαίων στροφών: Οι κινητήρες με ταχύτητα λειτουργίας από 300-900 rpm. Πολλοί σύγχρονοι τετράχρονοι πετρελαιοκινητήρες έχουν μέγιστες ταχύτητα λειτουργίας τις 500 rpm.
 - Υψηλόστροφοι κινητήρες: Όλοι οι κινητήρες με ταχύτητα λειτουργίας άνω των 900 rpm.

Τα πιο σύγχρονα και μοντέρνα εμπορικά πλοία χρησιμοποιούν είτε αργόστροφους δίχρονους κινητήρες είτε τετράχρονους κινητήρες μεσαίων στροφών, σε αντίθεση με τα σκάφη αναψυχής που χρησιμοποιούν υψηλόστροφους πετρελαιοκινητήρες.



Οι συνθήκες καύσης στους κινητήρες Diesel είναι πολύ πιο δυσμενείς σε σχέση με τους βενζινοκινητήρες. Αυτό οφείλεται στους εξής παράγοντες:

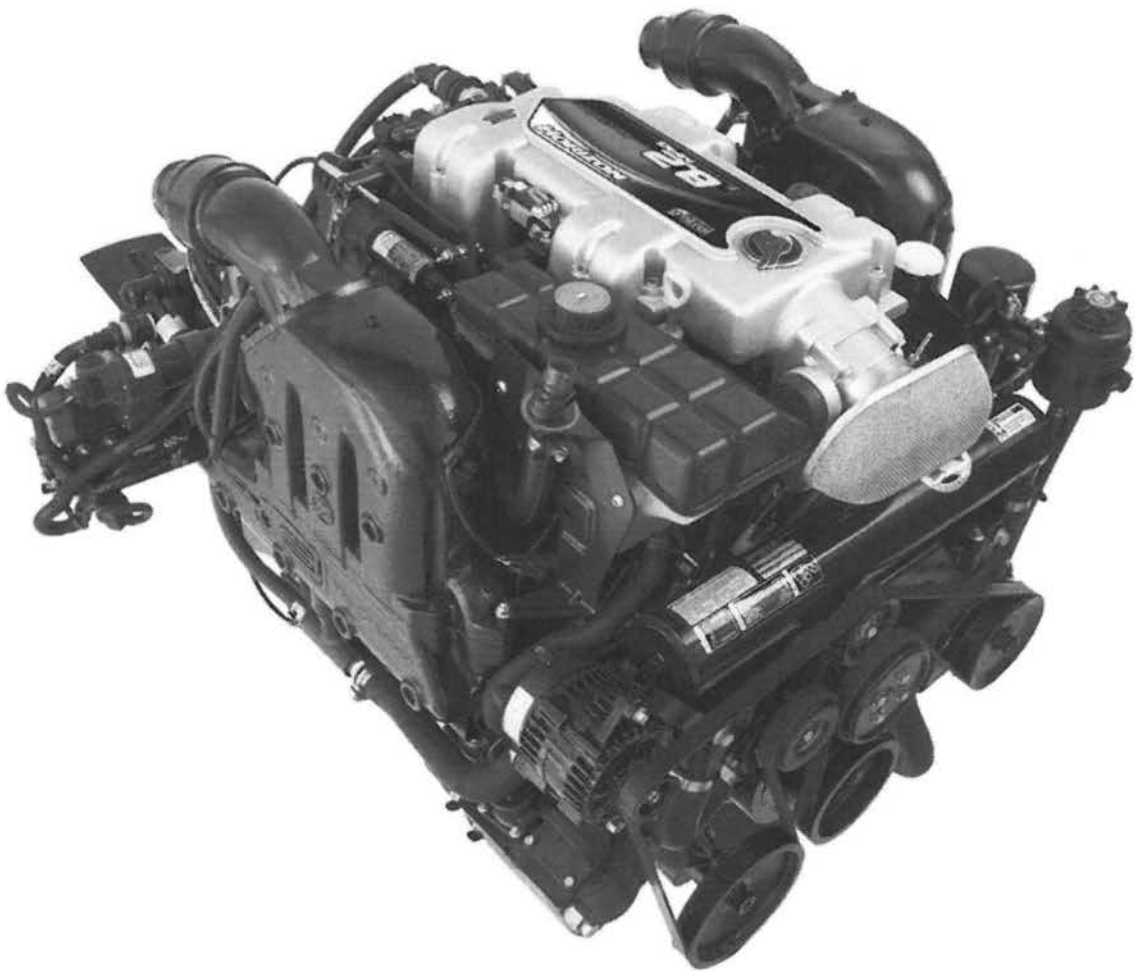
- i. Ο χρόνος σχηματισμού του μείγματος είναι πολύ μικρός και αντιστοιχεί σε λίγες μόνο μοίρες γωνίας στροφάλου, από τη στιγμή της έγχυσης του πετρελαίου ως την ανάμειξή του με τον αέρα και την ανάφλεξη αυτού
- ii. Το πετρέλαιο κατά την καύση του έχει την τάση να σχηματίζει αιθανόλη. Αυτό σημαίνει ότι το υδρογόνο των μορίων των βαρέων υδρογονανθράκων του πετρελαίου ενώνεται εύκολα. λόγω της χημικής του συγγένειας με το οξυγόνο του αέρα, ενώ οι μακρές αλυσίδες ατόμων άνθρακα δεν καίγονται. Επάνω στις αλυσίδες ατόμων άνθρακα εναποτίθενται μόρια

ελαφρύτερων υδρογονανθράκων που δεν έχουν καεί, ορισμένοι από τους οποίους είναι ακόρεστοι, όπως αλδεΐδες και κετόνες. Έτσι σχηματίζεται η **αιθάλη** που μπορεί να προκαλέσει μόνιμη βλάβη στον ανθρώπινο οργανισμό ως εκπομπή σωματιδιακής μορφής.

Για τους παραπάνω λόγους, στους πετρελαιοκινητήρες το καύσιμο μείγμα πρέπει να περιέχει πολύ περισσότερο αέρα σε σχέση με το καύσιμο μείγμα των βενζινοκινητήρων, ώστε να καθίσταται δυνατή η τέλεια καύση. Ενώ λοιπόν, στους βενζινοκινητήρες ο λόγος αέρα λ παίρνει τιμές $\lambda \approx 1$ στους πετρελαιοκινητήρες το λ μεταβάλλεται από την τιμή $\lambda \approx 10$ στο ρελαντί ως την τιμή $\lambda \approx 2$ στο πλήρες φορτίο. Στους πετρελαιοκινητήρες, η παροχή του αέρα καθορίζεται από τη θέση της πεταλούδας αέρα, η οποία σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα παραμένει ουσιαστικά τελείως ανοιχτή. Αντίθετα, η παροχή του πετρελαίου εξαρτάται από την θέση της κρεμαργιέρας της αντλίας υψηλής πίεσης. Έτσι στο ρελαντί, στο οποίο η παροχή πετρελαίου είναι ελάχιστη, το μείγμα είναι πάρα πολύ φτωχό ($\lambda \approx 10$), ενώ στο πλήρες φορτίο, στο οποίο η παροχή πετρελαίου γίνεται μέγιστη, το μείγμα είναι πλουσιότερο ($\lambda \approx 2$), αλλά σε λάθε περίπτωση πολύ φτωχότερο από το μείγμα στους βενζινοκινητήρες.

2.2 Κινητήρες Βενζίνης

Οι κινητήρες βενζίνης είναι και αυτοί κινητήρες εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιούν όμως σπινθήρα για την έναυση της καύσης και εφευρέθηκαν το 1876 στην Ευρώπη. Στους περισσότερους βενζινοκινητήρες γίνεται προανάμιξη του μείγματος αέρα-καυσίμου πριν την συμπίεση που παλιότερα αυτό επιταχυνόταν μέσω του καρμπυρατέρ ενώ πλέον γίνεται ηλεκτρονικά με την βοήθεια του εγχυτήρα καυσίμου.

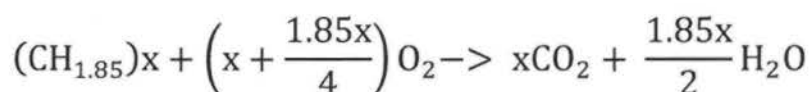


Με τον συνδυασμό της υψηλής πίεσης και το μείγμα αέρα-καυσίμου σε έναν κλειστό κύλινδρο υπάρχει ο κίνδυνος της αυτανάφλεξης ή της συμπεριφοράς ως κινητήρα πετρελαίου. Οι σπινθήρες συνήθως τροφοδοτούνται 10 μοίρες πριν ο στροφαλοφόρος φέρει το έμβολο στο Άνω Νεκρό Σημείο (ΑΝΣ) έτσι ώστε να παρέχεται ο απαραίτητος χρόνος για να ολοκληρωθεί πλήρως η καύση του καυσίμου. Η βενζίνη με μεγαλύτερο βαθμό οκτανίων χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να καεί και ως εκ τούτου έχει μικρότερες πιθανότητες να

αναφλεχθεί γιαυτό και οι κινητήρες με μεγαλύτερη σχέση συμπίεσης μπορούν να δουλέψουν μόνο με βενζίνη υψηλών οκτανίων.

Οι κινητήρες βενζίνης δουλεύουν σε υψηλότερες ταχύτητες από τους πετρελαιοκινητήρες λόγω των ελαφρύτερων πιστονιών, διωστήρων, και στροφαλοφόρων αλλά και επειδή η βενζίνη καίγεται αρκετά πιο γρήγορα σε σχέση με το πετρέλαιο. Παρόλα αυτά η χαμηλή σχέση συμπίεσης στους κινητήρες βενζίνης δίνει μικρότερη απόδοση απ'ότι στους πετρελαιοκινητήρες.

Το τυπικό μόριο της βενζίνης μπορεί να παρασταθεί από τον χημικό τύπο $(CH_{1.85})_x$, δηλαδή η αναλογία ατόμων άνθρακα προς το υδρογόνο είναι 1:1.85. Η τέλεια καύση του μορίου αυτού παριστάνεται με την ακόλουθη στοιχειομετρική εξίσωση:



Με ατομικά βάρη για τον άνθρακα, το υδρογόνο και το οξυγόνο ίσα προς 12,1 και 16 αντίστοιχα, λαμβάνουμε:

$(12+1.85) \cdot x$ kg βενζίνης καίγονται με $(1+0.4625) \cdot 32 \cdot x$ kg οξυγόνου ως προς $x(12+16 \cdot 2)$ kg διοξείδιο του άνθρακα και $0.925 \cdot x(2 \cdot 1+16)$ kg νερό ή $13.85 \cdot x$ kg βενζίνης καίγονται με 46.8 kg οξυγόνου προς $44 \cdot x$ kg διοξείδιο του άνθρακα και $16.65 \cdot x$ kg νερό

Συνεπώς, η κατά βάρος αναλογία οξυγόνου - βενζίνης είναι:

46.8 kg οξυγόνου: 13.85 kg βενζίνης ή
3.38 kg οξυγόνου: 1 kg βενζίνης

Επειδή η κατά βάρος αναλογία του οξυγόνου στον αέρα είναι 23.2%, τα 3.38 kg οξυγόνου περιέχονται σε $3.38:0.232 = 14.6$ kg αέρα, δηλαδή η κατά βάρος στοιχειομετρική αναλογία αέρα - βενζίνης είναι:

14.6 kg αέρα: 1 kg βενζίνης

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η κατ' όγκο στοιχειομετρική αναλογία αέρα - βενζίνης. Ο αέρας έχει πυκνότητα 1.293 kg/m^3 και η βενζίνη 0.75 kg/l , ώστε από την παραπάνω σχέση λαμβάνουμε:

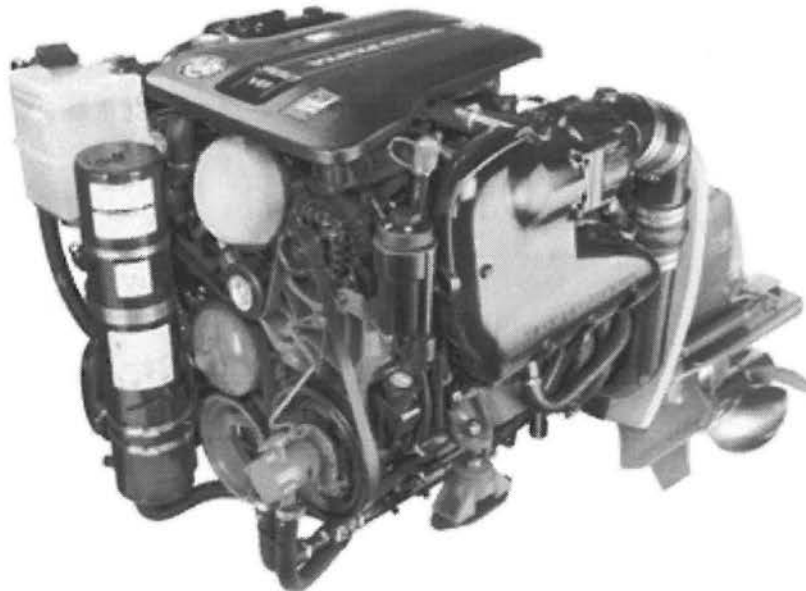
$$14.6\text{kg}/1.293 \frac{\text{kg}}{\text{nm}^3}$$

αέρα καίγονται με:

$$1\text{kg}/0.75 \frac{\text{kg}}{\text{l}} \text{ βενζίνης,}$$

δηλαδή $11.29\text{m}^3 = 11290$ / αέρα καίγονται με 1.33 / βενζίνης, και, αν ληφθεί η τάξη μεγέθους των παραπάνω όγκων, προκύπτει ότι η κατ' όγκο στοιχειομετρική αναλογία αέρα – βενζίνης είναι περίπου: $10000:1$

Αυτό σημαίνει ότι, όταν καίγεται ένα λίτρο βενζίνης, αναρροφώνται από τον κινητήρα περίπου 10m^3 αέρα, τα οποία μετά την καύση μετατρέπονται επίσης σε 10m^3 περίπου καυσαερίου.



Ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του βενζινοκινητήρα, ο πραγματικός αέρας L που είναι αναγκαίος για την καύση διαφοροποιείται από τον στοιχειομετρικό αέρα L_{min} (ελάχιστος αέρας για τέλεια καύση). Το πηλίκο του πραγματικού προς τον στοιχειομετρικό αέρα λ καλείται περίσσεια ή λόγος αέρα (air-fuel ratio):

$$\lambda = L/L_{\text{min}}$$

Όταν $\lambda < 1$, ο πραγματικός αέρας L είναι λιγότερος από τον στοιχειομετρικό L_{min} το μείγμα καλείται πλούσιο (σε καύσιμο). Όταν $\lambda = 1$, τότε $L = L_{min}$ το μείγμα καλείται στοιχειομετρικό. Όταν $\lambda > 1$, ο πραγματικός αέρας L είναι περισσότερος από τον στοιχειομετρικό L_{min} και το μείγμα λέγεται φτωχό (σε καύσιμο).

2.2.1 Σύγκριση τετράχρονων και Δίχρονων Κινητήρων

1. Όπως προκύπτει από τον τρόπο λειτουργίας του, στον δίχρονο κινητήρα, ένα μεγάλο μέρος του μίγματος αναμειγνύεται με το καυσαέριο και εξέρχεται στο περιβάλλον, επειδή καθ' όλη την τη χρονική διάρκεια που η θυρίδα εισαγωγής είναι ανοιχτή, είναι ταυτόχρονα ανοιχτή και η θυρίδα εξαγωγής (πλήρης επικάλυψη). Ταυτόχρονα, ο χρόνος στον οποίο η θυρίδα εισαγωγής είναι ανοιχτή στους δίχρονους κινητήρες είναι μικρότερος από τον χρόνο που η βαλβίδα εισαγωγής είναι ανοιχτή στους τετράχρονους. Γενικά ο βαθμός πλήρωσης του δίχρονου κινητήρα είναι σημαντικά μικρότερος (ως και 30%) από αυτόν του τετράχρονου κινητήρα
2. Στον δίχρονο κινητήρα, ο χρόνος σχηματισμού του μίγματος κατά το χρόνο της συμπίεσης είναι σημαντικά μικρότερος από τον τετράχρονο κινητήρα, με αποτέλεσμα η ποιότητα καύσης να υστερεί σημαντικά σε σχέση με την ποιότητα καύσης του τετράχρονου κινητήρα
3. Για τους δύο παραπάνω λόγους, η παραγόμενη ισχύς σε έναν δίχρονο κινητήρα είναι μόνον 40% - 50% αυξημένη σε σχέση με έναν τετράχρονο κινητήρα, αντί για 100% που αναμένεται, όταν ο κυβισμός και οι στροφές είναι και στις δύο μηχανές ίδια. Αυτό σημαίνει ότι με διπλάσια κατανάλωση καυσίμου ο δίχρονος κινητήρας αποδίδει μεγαλύτερη μεν ισχύ από τον τετράχρονο, αλλά μόνο κατά 50%, ενώ θεωρητικά αναμένεται η διπλάσια ισχύς. Με βάση την διατύπωση αυτή, προκύπτει ότι ο δίχρονος κινητήρας έχει μικρότερο ειδικό βάρος και μεγαλύτερη ειδική κατανάλωση από τον τετράχρονο κινητήρα. Η ειδική κατανάλωση καυσίμου είναι στις τετράχρονες μηχανές έως 20% μικρότερη. Η κατανάλωση λιπαντικού λαδιού είναι επίσης σημαντικά μεγαλύτερη στις δίχρονες μηχανές, επειδή αυτές δεν διαθέτουν ανεξάρτητο σύστημα λίπανσης, αλλά αναρροφούν και καίνε λάδια μαζί με τη γόμωση

4. Ο τετράχρονος κινητήρας έχει περισσότερα κινητά μέρη από τον δίχρονο τα οποία υφίστανται μεγαλύτερη φθορά
5. Ο δίχρονος κινητήρας φθείρεται περισσότερο στο έμβολο, στα ελατήρια, στον κύλινδρο και στην κεφαλή του, επειδή η θερμική και μηχανική τους καταπόνηση είναι συχνότερη. Επίσης, έχει ανάγκη συχνότερου καθαρισμού
6. Ο δίχρονος κινητήρας εμφανίζει ομαλότερη ροπή στρέψης και παρουσιάζει μικρότερους κραδασμούς και σφόνδυλο. Αντίθετα ο δίχρονος κινητήρας προκαλεί περισσότερο θόρυβο, επειδή η συχνότητα εξαγωγής είναι διπλάσια από αυτή του τετράχρονου κινητήρα.

2.2.2 Διαφορές Βενζινοκινητήρων και πετρελαιοκινητήρων

1. Ως προς το θεωρητικό κύκλο λειτουργίας, οι βενζινοκινητήρες ακολουθούν τον κύκλο Otto με ισόχωρη καύση (στην πράξη μεγαλύτερο ποσοστό ισόχωρης καύσης σε σχέση με το ισοθλιπτικό τμήμα της καύσης) και οι πετρελαιοκινητήρες τον κύκλο Diesel με ισοθλιπτική καύση (στην πράξη αντίστοιχα μικρότερο ποσοστό ισόχωρης καύσης σε σχέση με το ισοθλιπτικό τμήμα)
2. Η σχέση συμπίεσης στους βενζινοκινητήρες κυμαίνεται από 8:1 έως 12:1 ενώ στους πετρελαιοκινητήρες από 16:1 με 24:1
3. Ο θεωρητικό βαθμός απόδοσης του κύκλου Diesel είναι μεγαλύτερος από τον κύκλο Otto, λόγω της υψηλότερης σχέσης συμπίεσης με αποτέλεσμα και ο πραγματικός βαθμός απόδοσης των πετρελαιοκινητήρων (35%-42%) να είναι μεγαλύτερος από των βενζινοκινητήρων (25%-32%)
4. Στο τέλος της συμπίεσης η πίεση στους βενζινοκινητήρες ανέρχεται σε 12 ως 15 at. και στους πετρελαιοκινητήρες από 35 ως 50 at. Η μέγιστη πίεση του κύκλου Otto είναι 35-50 at. και στους Diesel 50-70 at
5. Στους βενζινοκινητήρες η θερμοκρασία στο τέλος της συμπίεσης φτάνει τους 300°C και η μέγιστη θερμοκρασία του κύκλου τους 1500°C, ενώ αντίστοιχα στους πετρελαιοκινητήρες 600°C και 2000°C. Για το λόγο αυτό η

καύση στους πετρελαιοκινητήρες είναι τέλεια (CO₂ και H₂O στο καυσαέριο ενώ εκπέμπεται και αιθανόλη) και στους βενζινοκινητήρες ατελής (εκπομπή CO, HC αλλά και NO_x, επειδή τα σχηματιζόμενα οξειδία του αζώτου στους 1500°C δεν αποικοδομούνται, αφού προκαλείται πάγωμα της χημικής ισορροπίας, λόγω της υψηλής ταχύτητας του εμβόλου – υψηλές στροφές στους ταχύστροφους κινητήρες

6. Η ποιότητα καύσης στους βενζινοκινητήρες είναι καλύτερη λόγω του ελαφρύτερου καυσίμου. Για το λόγο αυτό, οι πετρελαιοκινητήρες έχουν ανάγκη συχνότερου καθαρισμού
7. Οι πετρελαιοκινητήρες έχουν μεγαλύτερο βάρος ανά μονάδα παρεχόμενης ισχύος, είναι στιβαρότερες μηχανές και έχουν μεγαλύτερο αρχικό κόστος κτήσης
8. Οι βενζινοκινητήρες παρουσιάζουν καλύτερη εκκίνηση και επιτάχυνση αλλά μπορούν να προκαλέσουν πυρκαγιά, επειδή οι ατμοί βενζίνης είναι έφλεκτοι
9. Οι βενζινοκινητήρες είναι πλέον ταχύστροφοι
10. Οι βενζινοκινητήρες έχουν ηλεκτρικό σύστημα ανάφλεξης, μπουζί και μπουζοκαλώδια, ηλεκτρικό διανομέα υψηλής τάσης και πολλαπλασιαστή. Οι πετρελαιοκινητήρες αντίστοιχα έχουν αντλία υψηλής πίεσης ψεκασμού του πετρελαίου (ως 300 at.)
11. Λόγω του καλύτερου βαθμού απόδοσης και του φθηνότερου καυσίμου, οι πετρελαιοκινητήρες είναι οικονομικότεροι από τους βενζινοκινητήρες.

2.3 Ηλεκτροκινητήρες

Ο Ηλεκτρικός κινητήρας ή ηλεκτροκινητήρας, είναι διάταξη που χρησιμοποιείται για την μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική ενέργεια. Η αρχή λειτουργίας του ηλεκτρικού κινητήρα είναι η δύναμη Laplace. Όταν ένας αγωγός από τον οποίο διαρρέει ηλεκτρικό ρεύμα βρεθεί μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο ασκείται πάνω του δύναμη ίση με:

$$F = I * \lambda * B * \eta\mu\phi$$

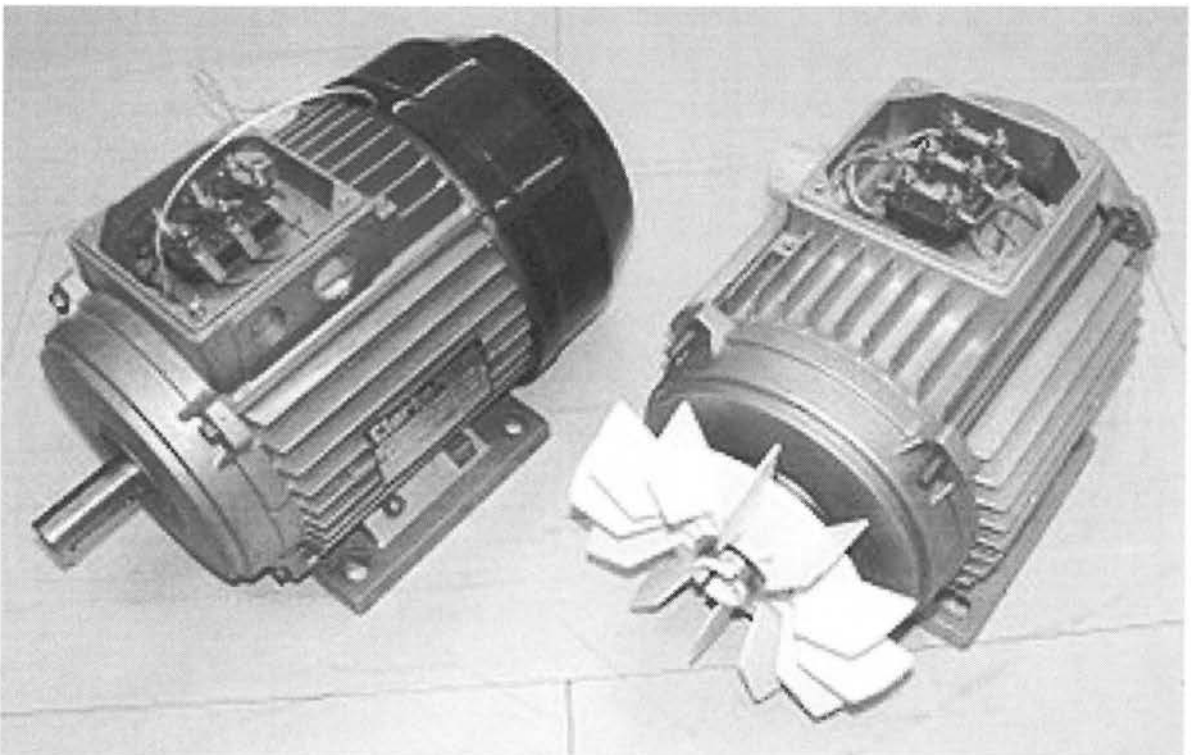
Όπου:

I = Ένταση Ρεύματος

λ = Μήκος Αγωγού

B = Ένταση Μαγνητικού πεδίου

ϕ = η γωνία που σχηματίζει ο αγωγός με τη διεύθυνση των δυναμικών γραμμών (B)



Σε έναν ηλεκτρικό κινητήρα συνεχούς ρεύματος συνυπάρχουν τα φαινόμενα του κινητήρα και της γεννήτριας αφού ουσιαστικά είναι η ίδια μηχανή αλλά με διαφορετική ροή ενέργειας. Συγκεκριμένα η μόνη διαφορά είναι ότι οι ψύκτρες εις μεν την ηλεκτρογεννήτρια αποτελούν τους ρευματοδότες, ενώ στον ηλεκτροκινητήρα τους ρευματολήπτες.

Έτσι καθώς ένας κινητήρας αυξάνει τις στροφές λειτουργίας του, δημιουργείται στον αγωγό μια ηλεκτρεγερτική δύναμη η οποία αντιτίθεται στην ηλεκτρική δύναμη που τροφοδοτεί τον αγωγό. Δηλαδή ο κινητήρας λειτουργεί και σαν γεννήτρια που τροφοδοτεί αντίθετα τον αγωγό, μειώνοντας το ρεύμα που τον διαρρέει.

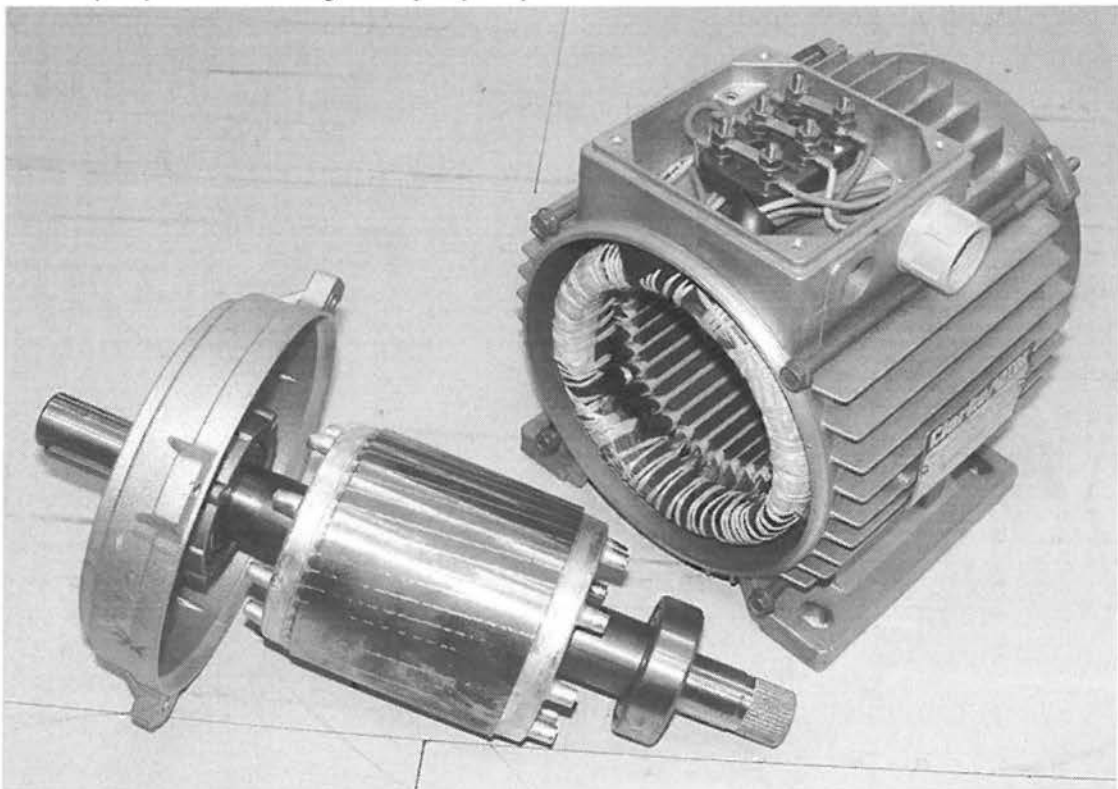
Η τάση που παράγεται από το φαινόμενο αυτό ισούται με:

$$V = u * B * \lambda$$

όπου: u = ταχύτητα αγωγού, B = Ένταση μαγνητικού πεδίου, λ = μήκος αγωγού

Οι ηλεκτρικοί κινητήρες αποτελούνται από:

- Τον Δρομέα: αποτελείται από τον ηλεκτροφόρο αγωγό ο οποίος είναι τοποθετημένος σε πυκνές περιελίξεις (σπείρες) ώστε να περιέχει όσο μεγαλύτερο μήκος αγωγού γίνεται για δεδομένο όγκο.
- Τον Στάτη: αποτελείται από μόνιμους ή τεχνητούς μαγνήτες οι οποίοι δημιουργούν το μαγνητικό πεδίο.
- Τις Ψύκτρες: Έρχονται σε επαφή με τον δρομέα τροφοδοτώντας τον με ρεύμα.

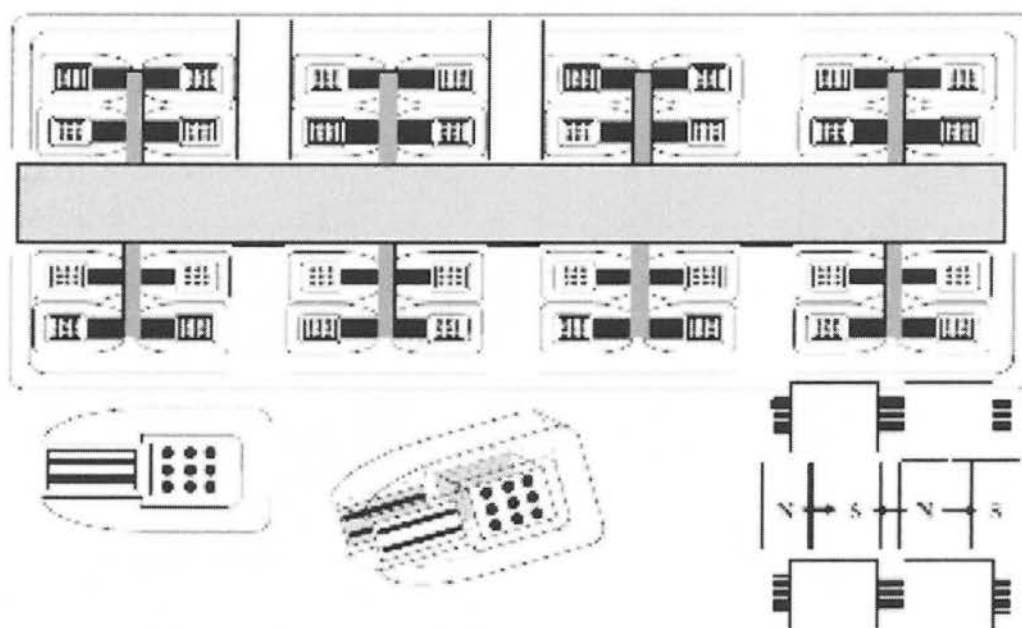


2.3.1 Κινητήρες αξονικής ροής:

Πρόκειται για κινητήρες στους οποίους η ωφέλιμη μαγνητική ροή είναι κατά την ακτινική διεύθυνση όπως στις συνήθεις συμβατικές μηχανές. Προσφέρουν υψηλή πυκνότητα ισχύος και ροπής σε σύγκριση με έναν συμβατικό επαγωγικό κινητήρα ίδιας ονομαστικής ισχύος. Η διαφορά με τον κοινό 3-φασικό επαγωγικό κινητήρα είναι ο ότι προσφέρει την δυνατότητα λειτουργίας με 5, 10 ή 15 φάσεις με την βοήθεια εξελιγμένων ηλεκτρικών ισχύος για να αυξηθεί η ισχύς του κινητήρα.

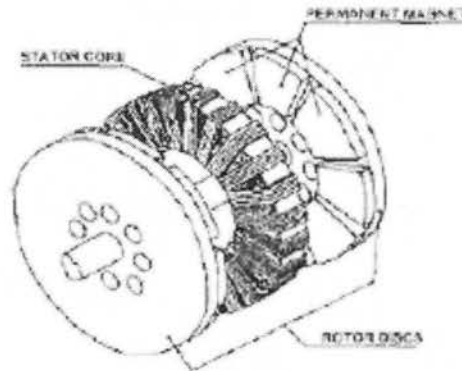
2.3.2 Πολυβάθμιοι κινητήρες εγκάρσιας ροής (transverse flux motors):

Οι κινητήρες αυτοί έχουν μόνιμους μαγνήτες στο δρομέα, προσανατολισμένους μάλιστα κατά τέτοιο τρόπο ώστε η μαγνητική ροή να ρέει μέσα στο διάκενο σε διεύθυνση εν μέρει κατά την αξονική διεύθυνση και κυρίως κάθετη – εγκάρσια προς τον άξονα της μηχανής.



2.3.3 Πολυβάθμιοι κινητήρες αξονικής ροής (axial flux motors):

Οι κινητήρες αυτοί έχουν μόνιμους μαγνήτες στον δρομέα, προσανατολισμένους κατά τρόπο ώστε η μαγνητική ροή να ρέει σε διεύθυνση παράλληλη προς τον άξονα της μηχανής (αξονική)



2.3.4 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα ηλεκτροπρόωσης:

Πλεονεκτήματα:

- Συνεχής μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής της έλικας και της ταχύτητας του πλοίου σε όλο το πεδίο 0 - 100%
- Γρήγορη απόκριση κατά την διάρκεια χειρισμών και δυναμικής τοποθέτησης του σκάφους
- Χαμηλή στάθμη θορύβου και κραδασμών
- Οικονομία καυσίμου, καθώς είναι δυνατή η επιλογή των μηχανών που θα λειτουργούν έτσι, ώστε η κάθε μια να λειτουργεί κοντά στο βέλτιστο σημείο
- Ελευθερία στην τοποθέτηση των επιμέρους μηχανημάτων του ενεργειακού συστήματος, που προσφέρει ευελιξία στον σχεδιασμό του σκάφους και εξοικονόμηση χώρου
- Πλήρης εκμετάλλευση της στρεπτικής ροπής σε όλο το πεδίο λειτουργίας
- Ευκολία αυτοματισμού
- Αυξημένη αξιοπιστία, αυξημένη ασφάλεια
- Περιορισμός των εκπεμπόμενων ρύπων διότι:
 - Η κατανάλωση του καυσίμου είναι μικρότερη

- ο Οι εκπομπές NO_x είναι αισθητά χαμηλότερες όταν, π.χ., ένας μεσόστροφος πετρελαιοκινητήρας λειτουργεί με σταθερές στροφές, όπως συμβαίνει στα νέα συστήματα ηλεκτρικής πρόωσης
- Περιορισμός του κινδύνου ρύπανσης του περιβάλλοντος από ατυχήματα όπως αυτά των δεξαμενόπλοιων, χάρη στην ταχύτερη απόκριση του συστήματος κατά τους χειρισμούς και τη δυναμική τοποθέτηση του σκάφους.

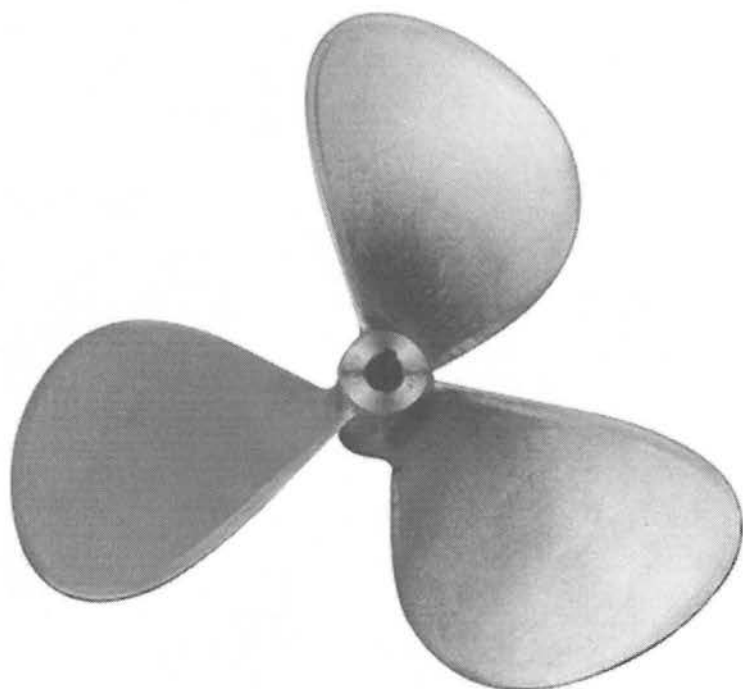
Μειονεκτήματα

- Υψηλό κόστος επένδυσης. Γι' αυτό γίνεται μια προσπάθεια να μειωθεί κατά το δυνατόν, αξιοποιώντας την υπάρχουσα τεχνολογία των ηπειρωτικών ηλεκτρικών δικτύων, ωστόσο το υψηλό κόστος των κινητήρων και των διατάξεων ελέγχου είναι κάτι που δεν μπορεί να μειωθεί εύκολα.
- Υψηλότερες απώλειες στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης, σε σύγκριση με το μηχανικό σύστημα. Στην μετάδοση κίνησης με άξονα έχουμε απώλειες περίπου 4% (2% στον μειωτήρα (ρεβέρσα) και 2% στην έλικα όταν αυτή λειτουργεί στον βέλτιστο συνδυασμό ταχύτητας / βήματος) Σε εγκατάσταση πετρελαιοηλεκτρικής πρόωσης, οι απώλειες από το σύστημα μετάδοσης είναι 7-8% (3% στις γεννήτριες, 2 % στους μετασχηματισμούς και μετατροπείς συχνότητας και 2-3% στους προωστήριους ηλεκτροκινητήρες
- Εμφανίζονται προβλήματα ποιότητας ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς πέραν των χρήσιμων συχνοτήτων αναπτύσσεται και μεγάλο πλήθος αρμονικών συνιστωσών ρεύματος και τάσεως. Οι αρμονικές αυτές αφενός προσαυξάνουν τη συνολική κυκλοφορούσα άεργο ισχύ στο ηλεκτρικό δίκτυο αλλά επιπλέον δημιουργούν προβλήματα ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας. Έτσι ο "ηλεκτρομαγνητικός θόρυβος" που παράγεται επηρεάζει αρνητικά όλες τις ευαίσθητες ηλεκτρονικές διατάξεις –πρωτίστως τα κυκλώματα ελέγχου των ίδιων των ηλεκτρονικών ισχύος – ενώ σε περιπτώσεις στρατιωτικών εφαρμογών αυξάνει τα επίπεδα της ηλεκτρομαγνητικής υπογραφής των πλοίων. Τέλος, είναι δυνατόν οι αρμονικές παραμορφώσεις των ηλεκτρικών μεγεθών να διεγείρουν ιδιοσυχνότητες για ηλεκτρομηχανικών ταλαντώσεων, όπως είναι τα φαινόμενα σιδηροσυντονισμού στους δρομείς των σύγχρονων γεννητριών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η σειρά αυτή των προβλημάτων

λόγω της εξηλέκτρισης των συστημάτων του πλοίου αντιμετωπίζεται με εξειδικευμένες αναλύσεις και μελέτες κυρίως κατά της φάση της σχεδίασης τους ηλεκτρολογικού συστήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΠΡΟΠΕΛΑ

3.1 Ιστορική αναδρομή



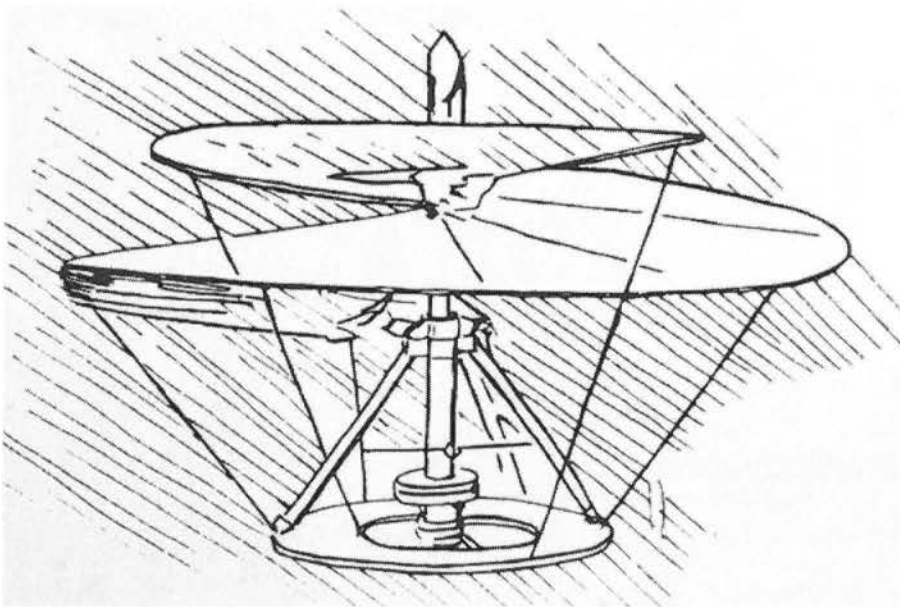
Το παραδοσιακό μέσο που χρησιμοποιείται για την κίνηση ενός πλοίου είναι η έλικα. Η απαιτούμενη ώση της έλικας για την κίνηση του πλοίου με ταχύτητα V κανονικά είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη αντίσταση ρυμούλκησης (RT).

Η απλούστερη θεωρία της προπέλας είναι η παρομοίωσή της με αυτή του κοινού κοχλία, της βίδας, η οποία βιδώνεται μέσα στο ξύλο (περικόχλιο) που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι η θάλασσα. Κατά το «βίδωμα» αυτό η προπέλα προχωράει κατά μήκος με μια δύναμη προς την ώση. Στην ουσία η ενέργεια της προπέλας μέσα στο νερό συνίσταται στο ότι αυτή «παραλαμβάνει» μια ποσότητα θάλασσας από το πλωριό τμήμα της, την οποία «ρίχνει» πρύμα με μια ταχύτητα μεγαλύτερη από εκείνη της εισροής. Αυτό σημαίνει πως η ταχύτητα του νερού, όταν «μπαίνει» στην προπέλα, είναι μικρότερη από αυτήν με την οποία βγαίνει. Κατά τη διέλευση δηλαδή της μάζας του νερού από τον κύκλο που διαγράφει η έλικα, αυτή επιταχύνεται προς τα πρύμα, καταναλώνοντας την ενέργεια της προπέλας, με αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας αντίδρασης. Η αντίδραση αυτή είναι μια δύναμη αντίθετη προς την διεύθυνση της επιτάχυνσης του νερού

και συνιστά την ωστική δύναμη, που εφαρμόζεται στην πρυμιά πλευρά της επιφάνειας των πτερυγίων.

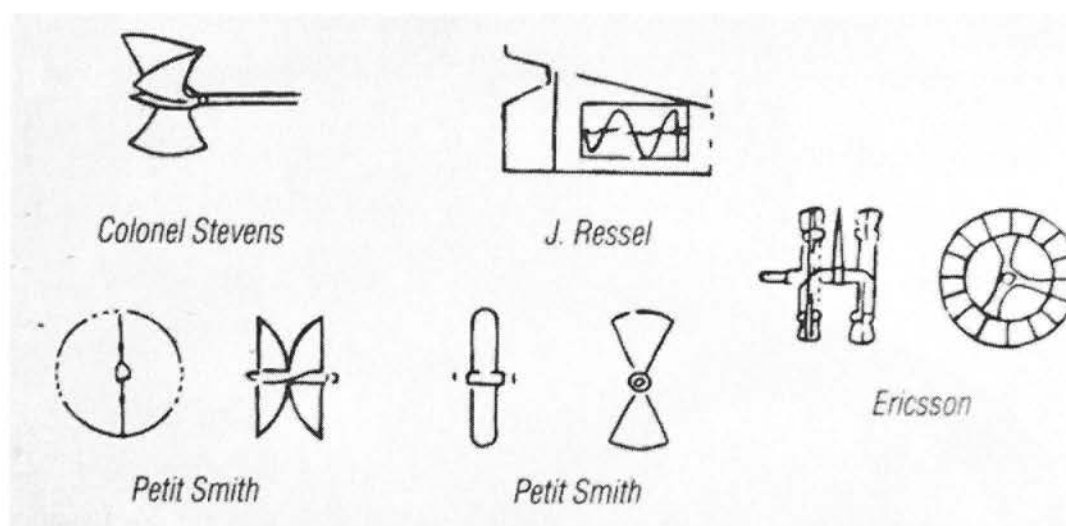
Η ιστορία της προπέλας δεν είναι καινούργια. Ο πρώτος «κοχλίας-αντλία», αναφέρεται ότι χρησιμοποιήθηκε από τους Αιγυπτίους το 945 π.Χ., με σκοπό ν' αντλείται νερό από το Νείλο για αρδευτικούς σκοπούς. Λίγο αργότερα, ο Αρχιμήδης (287-212 π.Χ.) είχε πλησιάσει περισσότερο στην εφαρμογή της έλικας στη ναυτική χρήση, με την επινόηση ενός συστήματος με κοχλία, το οποίο έδιωχνε τα νερά που εισέβαλαν στο κύτος του πλοίου. Αυτή η εφεύρεση του Αρχιμήδη θεωρείται ο προπομπός της προπέλας.

Αργότερα, το 15ο αιώνα, ο Λεονάρντο Ντα Βίντσι σχεδίασε περιστροφικά ελικοειδή συστήματα, όπου το «ελικόπτερο» του πλησίαζε πολύ στην ιδέα της ναυτικής προπέλας. Ωστόσο, αν και η βασική γνώση υπήρχε, η ουσιαστική εφαρμογή άρχισε με την ανακάλυψη της δύναμης του ατμού. Αν και τα πρώτα ατμόπλοια κινήθηκαν με τους τεράστιους τροχούς στις μπάντες τους, την εφεύρεση του Αρχιμήδη σε σκάφος είχαν καταφέρει να προσαρμόσουν από το 1661 οι Toogood & Hays. Αυτή η εφαρμογή έμοιαζε περισσότερο με το σύστημα που σήμερα ονομάζουμε water jet, αλλά και μέχρι τα τέλη του 19ου αιώνα το σύστημα πρόωσης με προπέλα ήταν δευτερεύουσας σημασίας στο πλοίο, αφού ο αέρας θεωρείτο ακόμα η βασική δύναμη της κίνησής του.

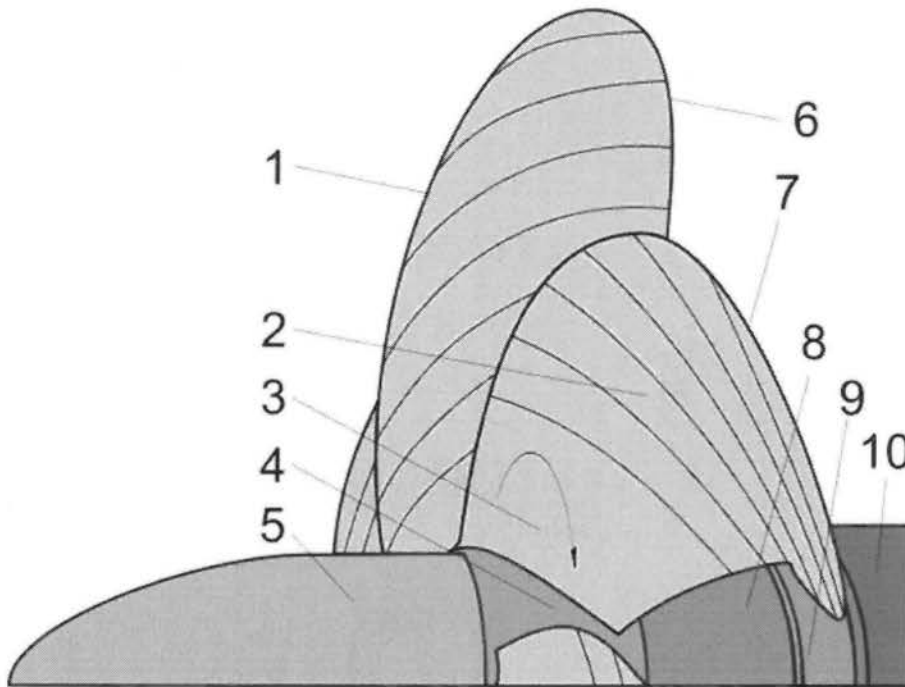


Ο 20ος αιώνας είναι η εποχή της εφαρμογής και της εξέλιξης των προπελικών συστημάτων. Η ανακάλυψη της έλικας χρεώνεται στους Petit Smith και John Ericsson. Και οι δυο τους το 1836 κατάφεραν

(έστω και με τροποποιήσεις στην παλιά ιδέα) να πλησιάσουν πολύ στη σημερινή μορφή της προπέλας. Με πολλές δοκιμές αλλά και αρκετά συχνά τυχαία, η προπέλα άρχισε να δείχνει τη μεγάλη αξία της. Κι' αυτό ήταν τόσο έντονο, που το 1839 ο ναυπηγός I.K. Brunel άλλαξε τη σχεδίαση του Great Britain, ενός σιδερένιου πλοίου που βρισκόταν υπό κατασκευή, αντικαθιστώντας το σύστημα της ώσης από τροχούς στις μπάντες με έλικα στην πρύμνη. Το τελικό αποτέλεσμα ήταν μια μεγάλη έκπληξη, ακόμα και για τους ίδιους τους κατασκευαστές του πλοίου, αφού με τον ατμοκινητήρα των 1500 ίππων η ταχύτητα έφτασε τους 11 κόμβους



3.2 Τα βασικά μέρη της προπέλας



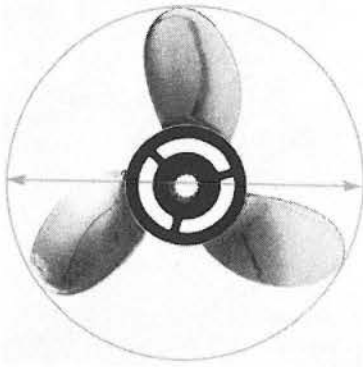
- | | |
|--------------------|-----------------------|
| 1) Trailing edge | 6) Leading edge |
| 2) Face | 7) Back |
| 3) Fillet area | 8) Propeller shaft |
| 4) Hub or Boss | 9) Stern tube bearing |
| 5) Hub or Boss Cap | 10) Stern tube |

- i. **Άκρον του πτερυγίου (Blade Tip):** Είναι η άκρη του πτερυγίου, το σημείο όπου μετριέται η διάμετρος της προπέλας και το σημείο που συναντώνται η οπίσθια με την εμπρόσθια κόψη.
- ii. **Εμπρόσθια κόψη (Leading Edge):** Είναι το μέρος του πτερυγίου που «βλέπει» στην πρύμνη του σκάφους και η επιφάνεια του θα κόψει πρώτη την επιφάνεια του νερού κατά την περιστροφή της προπέλας. Ξεκινάει από τον κορμό και καταλήγει στο άκρον του πτερυγίου
- iii. **Οπίσθια όψη (Trailing Edge):** Είναι το μέρος του πτερυγίου «βλέπει» πίσω, και από την επιφάνεια του οποίου το νερό θα «εγκαταλείψει» την προπέλα. Ξεκινάει από την άκρη του πτερυγίου και καταλήγει στον κορμό, πολύ κοντά στο «δακτύλιο διάχυσης»
- iv. **Cup:** Είναι η μικρή κούρμπα ή χείλος, που σχηματίζεται στην οπίσθια κόψη (trailing edge) του πτερυγίου. Με αυτή την λεπτομέρεια η προπέλα μπορεί να «δαγκώσει» καλύτερα το νερό.

Θεωρητικά οι προπέλες που διαθέτουν «cup» μπορούν να αποδώσουν σαν να έχουν μεγαλύτερο βήμα, από μισή έως μια ίντσα.

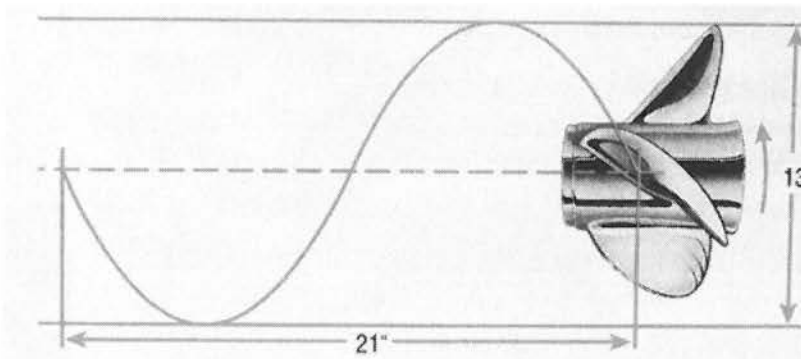
- v. **Επιφάνεια πτερυγίου (Blade Face):** Είναι η εξωτερική πλευρά του πτερυγίου, η οποία αναφέρεται και σαν η πλευρά εξάσκησης «θετικής» πίεσης
- vi. **Πλάτη πτερυγίου (Blade Back):** Είναι η πίσω πλευρά του πτερυγίου, αυτή που βλέπει στην πρύμη η οποία αναφέρεται και σαν η πλευρά εξάσκησης «αρνητικής» πίεσης (αναρρόφησης)
- vii. **Ρίζα της λεπίδας (Blade Root):** Είναι το σημείο που το πτερύγιο δένει με τον κορμό
- viii. **Εσωτερικός κορμός (Inner Hub):** Μέσα στον εσωτερικό κορμό βρίσκεται το λαστιχένιο συνεμπλόκ (είναι ένα δυνατό και συμπαγές λάστιχο (rubber) το οποίο παρεμβάλλεται στη σύνδεση του εσωτερικού κορμού με το πολύσφηνο και εφαρμόζει στον άξονα που βγαίνει από το ποδάρι. Ο ρόλος αυτού του ελαστικού συνδέσμου είναι να απορροφάει τους κραδασμούς, που προέρχονται από τις δυνάμεις που εφαρμόζονται κατά τη διάρκεια της περιστροφής, αλλά και σε περίπτωση κτυπήματος της προπέλας να «πατινάρει» ο σύνδεσμος, ούτως ώστε να μην μεταφερθεί η «κόντρα» στον άξονα και στα γρανάζια του σασμάν)
- ix. **Δακτύλιος διάχυσης (Diffuser Ring):** Η κλίση του προς τα έξω βοηθάει, ώστε να μειώνεται η υποπίεση που δημιουργείται από την έξοδο των καυσαερίων και να εμποδίζεται το καυσαέριο να οδηγείται στην πίσω επιφάνεια των πτερυγίων

3.3 Τα χαρακτηριστικά των προπελών



Η διάμετρος: Η διάμετρος της προπέλας είναι η διάμετρος του κύκλου που περιγράφουν τα άκρα των πτερυγίων της (blade tips). Η διάμετρος επιλέγεται, πρώτιστα, από το ύψος των στροφών ανά λεπτό που θα περιστρέφεται η προπέλα, σε συνδυασμό με την ισχύ που θα μεταφέρεται σ' αυτήν μέσω του άξονα και των γραναζιών. Ακόμα, η κλίση της προπέλας στις

διάφορες συνθήκες πλεύσης καθώς και η ταχύτητα που θ' αναπτύσσει το σκάφος παίζουν ουσιαστικό ρόλο στον ορισμό της διαμέτρου. Σε μία σειρά ομοειδών προπελών η διάμετρος, συνήθως, είναι μεγαλύτερη όταν η προπέλα προορίζεται για σκάφη που αναπτύσσουν μικρότερες ταχύτητες και μικραίνει όταν προορίζεται για σκάφη που είναι πιο γρήγορα. Όταν όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της προπέλας παραμένουν σταθερά, η διάμετρος αυξάνεται καθώς αυξάνεται και η ιπποδύναμη του κινητήρα. Επίσης, η διάμετρος αυξάνεται όταν οι στροφές ανά λεπτό της προπέλας μειώνονται (κινητήρας με μικρότερο ύψος στροφών, ή ρεβέρσα με μεγαλύτερη μείωση), αλλά και όταν αυξάνεται η επιφάνεια των πτερυγίων της.



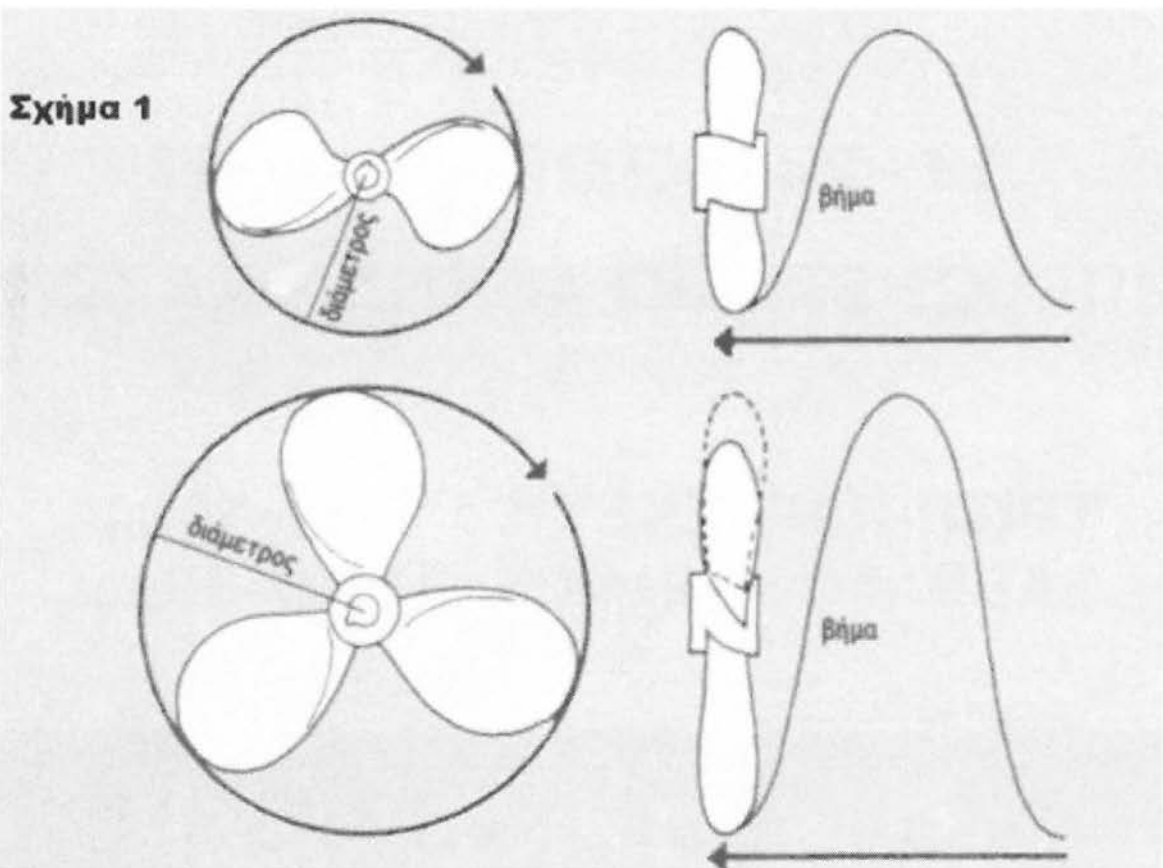
Το βήμα: Το βήμα είναι η απόσταση (μετρημένη σε ίντσες), που διανύει η προπέλα σε μία πλήρη περιστροφή της αν, για παράδειγμα, βίδωνε

σε ένα μαλακό υλικό, όπως μία βίδα προχωράει μέσα στο ξύλο. Όταν μία προπέλα έχει τα χαρακτηριστικά: $13 \frac{3}{4} \times 21$, σημαίνει ότι αυτή η προπέλα έχει διάμετρο $13 \frac{3}{4}$ ίντσες (35cm) και βήμα 21 ίντσες (53,34cm). Το βήμα έχει τη μεγαλύτερη σημασία στην επιλογή της σωστής προπέλας για το σκάφος.

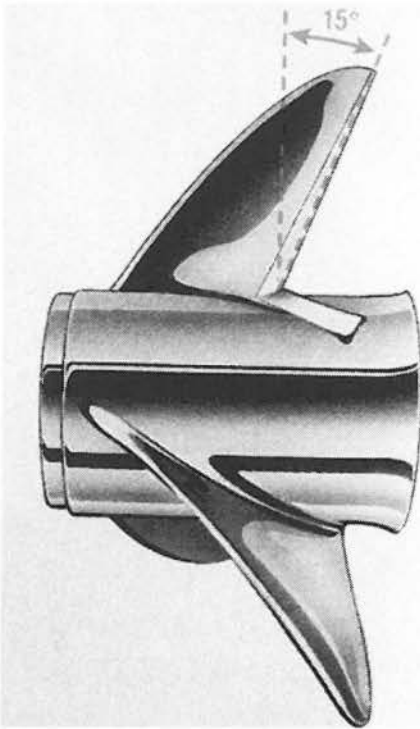
3.4 Βήμα προπέλας

Υπάρχουν δύο τύποι βήματος προπέλας:

- A. Το σταθερό ή αληθινό βήμα: Είναι το βήμα που είναι το ίδιο σε όλη την επιφάνεια του πτερυγίου της προπέλας, από την εμπρόσθια μέχρι την οπίσθια κόψη
- B. Το προοδευτικό: Είναι το βήμα που έχει η προπέλα που το βήμα ξεκινάει μικρότερο από την εμπρόσθια κόψη και αυξάνεται προοδευτικά μέχρι την οπίσθια κόψη, έτσι, το βήμα που αναγράφεται πάνω στη συγκεκριμένη προπέλα είναι ο μέσος όρος όλου του πτερυγίου. Η προπέλα με προοδευτικό βήμα αποδίδει καλύτερα στις ψηλές ταχύτητες, ειδικά όταν η προπέλα είναι από εκείνες που εκμεταλλεύονται και τους αφρούς και δουλεύουν κοντά στην επιφάνεια. Με τις προπέλες που έχουν προοδευτικό βήμα είναι σαν να υπάρχει ένα κιβώτιο ταχυτήτων



3.5 Rake



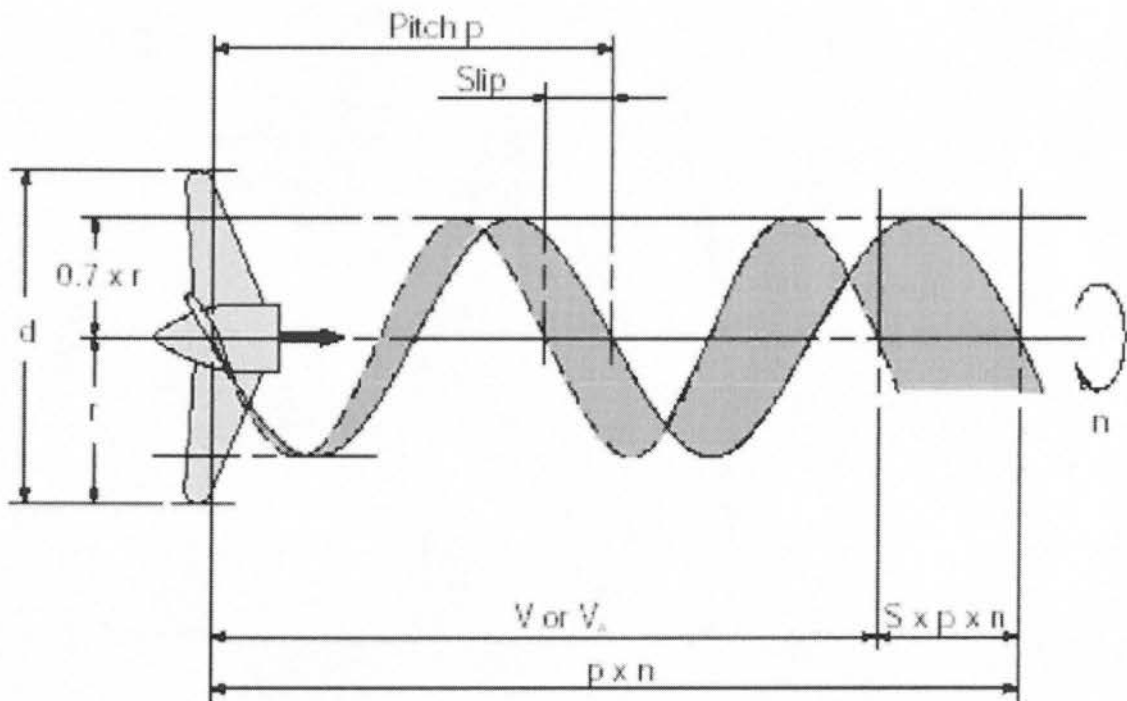
Το «rake» αναφέρεται σε μοίρες και προσδιορίζει τη γωνία τοποθέτησης του πτερυγίου πάνω στον κορμό. Δηλαδή, όταν το πτερύγιο είναι κάθετα τοποθετημένο πάνω στον κορμό τότε λέμε ότι το rake είναι 0° . Όσο αυτό γέρνει προς τα πίσω η γωνία που σχηματίζεται από τις δύο νοητές ευθείες (τη μία κάθετη προς τον κορμό και την άλλη που ακολουθεί το επίπεδο του πτερυγίου) αυξάνει, έτσι το rake μεγαλώνει κι αυτό. Στις σπάντα προπέλες των κατασκευαστών των εξωλέμβιων και έσω-εξωλέμβιων το rake είναι γύρω στις 15° , ενώ στις ειδικές προπέλες, οι οποίες

προορίζονται για αγωνιστική χρήση το rake μπορεί να φθάνει μέχρι και τις 30° . Ωστόσο, αυτό μπορεί να αναπτύσσεται και προοδευτικά, λαμβάνοντας τη μέγιστη τιμή του στην άκρη του πτερυγίου «tip».

Η λειτουργικότητα του αυξημένου rake αναδεικνύει την ικανότητα της προπέλας να αποδίδει σε καταστάσεις «αερισμού» και «ολίσθησης», για παράδειγμα όταν η προπέλα ξενερίζει. Αυτές λέγονται και προπέλες επιφανείας επειδή λόγω του μεγάλου «rake» έχουν τη δυνατότητα να συγκρατούν καλύτερα το νερό που εγκλωβίζεται ανάμεσα στα πτερύγιά τους λόγω της φυγόκεντρου, ώστε να αποδίδουν καλύτερα το έργο της ώσης σε σύγκριση με μία προπέλα με μικρό rake. Τα πλεονεκτήματα των προπελών με μεγάλο rake αναδεικνύονται σε ελαφρά και γρήγορα σκάφη με μηχανές ψηλά τοποθετημένες στο transom, όπου αυξάνουν τις επιδόσεις αφού μπορούν να κρατάνε ψηλά την πλώρη του σκάφους, μειώνοντας έτσι οι τριβές στο ελάχιστο.

3.6 Ολίσθηση

Εάν η έλικα δεν ολίσθαινε καθόλου, δηλαδή, εάν το νερό μέσα στο οποίο "βιδώνεται" δεν υποχωρούσε (δηλαδή, εάν το νερό δεν επιταχυνόταν προς τα πίσω), η έλικα θα προχωρούσε μπροστά με ταχύτητα $p \times n$, όπου n είναι ο ρυθμός περιστροφής της έλικας



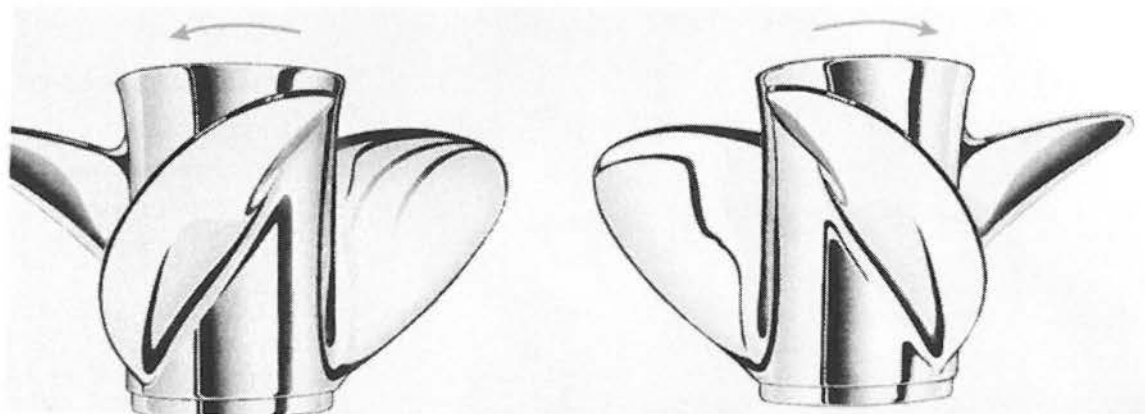
$$\text{The apparent slip ratio : } S_A = \frac{p \times n - V}{p \times n} = 1 - \frac{V}{p \times n}$$

$$\text{The real slip ratio : } S_r = \frac{p \times n - V_A}{p \times n} = 1 - \frac{V_A}{p \times n}$$

Ο φαινόμενος λόγος ολίσθησης S_A , που είναι αδιάστατος, υπολογίζεται από το πλήρωμα και δίνει μια αποτύπωση των φορτίων, που ασκούνται στην έλικα κάτω από διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας. Ο φαινόμενος λόγος ολίσθησης αυξάνεται, μεταξύ άλλων, όταν το σκάφος πλέει αντίθετα με τον άνεμο ή τα κύματα, σε ρηχά νερά, όταν η γάστρα είναι ρυπασμένη, και όταν το σκάφος επιταχύνει. Ο πραγματικός λόγος ολίσθησης θα είναι μεγαλύτερος από τον φαινόμενο, γιατί η πραγματική ταχύτητα προχώρησης V_A της έλικας είναι, όπως προαναφέρθηκε, μικρότερη από την ταχύτητα του πλοίου V .

3.7 Περιστροφή της προπέλας

Προπέλες υπάρχουν δεξιόστροφες και αριστερόστροφες. Ο λόγος της ύπαρξής τους είναι για να υπάρχει η καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση στο έργο της ώσης, όταν στο σκάφος υπάρχουν δύο κινητήρες. Όταν υπάρχει ένας κινητήρας αυτός, κατά κανόνα, είναι δεξιόστροφος. Για να αναγνωρίσουμε μία προπέλα αν είναι δεξιόστροφη ή αριστερόστροφη αρκεί να κοιτάξουμε ένα από τα πτερύγιά της από το tip. Στη δεξιόστροφη προπέλα το πτερύγιο ξεκινάει από αριστερά χαμηλά και ανεβαίνει, ενώ στην αριστερόστροφη το αντίθετο. Άλλος ένας τρόπος αναγνώρισης πάνω στον κινητήρα, είναι ότι η δεξιόστροφη όταν την κοιτάζουμε πίσω από την πρύμη του σκάφους, περιστρέφεται σύμφωνα με τους δείκτες του ρολογιού ενώ η αριστερόστροφη αντίθετα.



Ο κανόνας στην τοποθέτηση ζεύγους κινητήρων σ' ένα σκάφος είναι: η δεξιόστροφη δεξιά και η αριστερόστροφη αριστερά. Με αυτή την τοποθέτηση τα απόνερα των προπελών εκτινάσσονται προς τα έξω, μακριά από το σκάφος. Ωστόσο, κάποιες φορές η αντίθετη τοποθέτηση μπορεί να βελτιώσει την πλεύση του σκάφους. Η θεωρία λέει ότι όταν οι δύο προπέλες περιστρέφονται «εσωστρεφώς» (τοποθέτηση: η δεξιόστροφη αριστερά και η αριστερόστροφη δεξιά), στέλνουν τα απόνερα τους να συναντήσουν το απόνερο της γάστρας, υποβοηθώντας το γρηγορότερο πλανάρισμα, αλλά έτσι χάνονται κάποιοι κόμβοι τελικής. Ωστόσο στην επιλογή εξωστρεφούς ή εσωστρεφούς τοποθέτησης στο ζευγάρι κινητήρων δεν υπάρχουν σαφείς ναυπηγικοί κανόνες, έτσι οι κατασκευαστές πειραματίζονται και επιλέγουν αυτό που «κρατάει» το σκάφος καλύτερα ή που προσφέρει μεγαλύτερες επιδόσεις.

3.8 Αριθμός πτερυγίων



Η προπέλα με την καλύτερη απόδοση θα ήταν εκείνη που θα είχε μόνον... ένα πτερύγιο, αν υπήρχε τρόπος να αποφευχθεί ο κραδασμός εξ αιτίας της φυγόκεντρου. Έτσι, για να υπάρχει «μπαλατζάρισμα» αντίρροπων δυνάμεων η προπέλα με τα δύο πτερύγια είναι, πρακτικά, η αποδοτικότερη. Όσο προσθέτουμε πτερύγια στην προπέλα η αποδοτικότητα μειώνεται, αλλά μαζί μειώνονται

και οι κραδασμοί. Οι τρίφτερες προπέλες είναι η χρυσή τομή της αποδοτικότητας, του κραδασμού, του βολικού μεγέθους και του κόστους. Η αιτία που επικράτησαν οι τρίφτερες προπέλες (από τις δίφτερες) είναι ότι το ποσοστό του κραδασμού που γλιτώνουμε με την τρίφτερη, είναι μεγαλύτερο από το ποσοστό της αποδοτικότητας που χάνουμε, σε σχέση με μια δίφτερη.

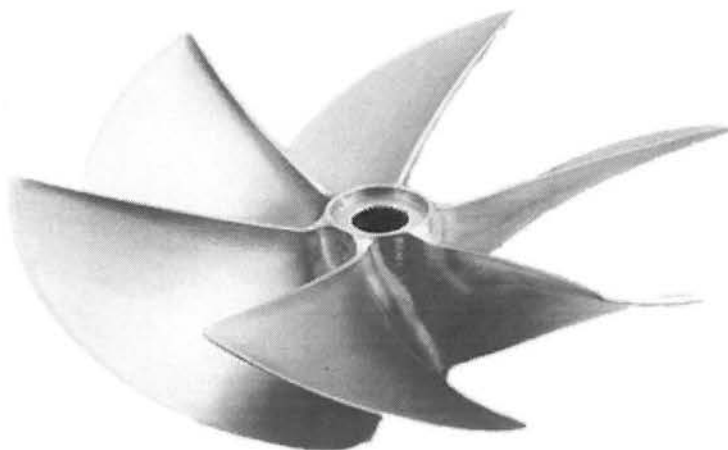
Τα τελευταία χρόνια, όμως, όπως θα έχετε παρατηρήσει, οι προπέλες με τέσσερα ή πέντε πτερύγια έχουν γίνει πολύ δημοφιλείς και πολλοί χρήστες έχουν δει με αυτές να βελτιώνονται όχι μόνον οι επιδόσεις των σκαφών τους, αλλά και η ποιότητα της πλεύσης. Το άμεσο καλό με τις πολύφτερες προπέλες είναι ότι σαφώς μειώνονται οι κραδασμοί και αυξάνονται οι επιταχύνσεις, αφού είναι αυξημένη και η επιφάνεια των πτερυγίων. Μπορούν, επίσης, να βοηθήσουν στην αποδοτικότητα του rake, ώστε να σηκωθεί η πλώρη και να κερδηθούν κάποια παραπάνω μίλια.

Η ανάγκη της χρήσης προπελών με περισσότερα από τρία πτερύγια γεννήθηκε μετά από τον πειραματισμό των κατασκευαστών σκαφών. Αυτό, βέβαια, δεν είναι κακό, αφού και η ταχυπλοΐα εξελίχθηκε και συνεχίζει να εξελίσσεται από τον πειραματισμό.

3.9 Πάχος πτερυγίων

Τα πτερύγια δεν έχουν το ίδιο πάχος σε όλη την επιφάνειά τους. Το μεγαλύτερο πάχος το έχουν στη βάση τους στην ένωση με τον κορμό και λεπταίνουν προς τις άκρες. Αυτό είναι προφανές γιατί συμβαίνει: Τα φορτία έχουν τη μέγιστη τιμή τους στις βάσεις των πτερυγίων (blade roots) και ελαχιστοποιούνται όσο πλησιάζουν προς το «tip» όπου, θεωρητικά, τα φορτία είναι μηδέν, άρα εκεί χρειάζεται και μηδέν πάχος. Όμως, πρακτικά, και σ' εκείνο το σημείο το υλικό διαθέτει πάχος, το οποίο εξαρτάται από το υλικό που είναι κατασκευασμένη η προπέλα. Είναι προφανές ότι τα πτερύγια πρέπει να είναι τόσο παχιά, όσο να μπορούν να αντιστέκονται άκαμπτα στις μεγάλες δυνάμεις που υποβάλλονται, ενώ δεν θα πρέπει να έχουν και περισσότερο όγκο από τον αναγκαίο, γιατί όσο πιο χοντρό είναι ένα πτερύγιο, τόσο μεγαλύτερη πρέπει να είναι και η δύναμη που θα το «σπρώξει».

Ωστόσο, στη δομή των πτερυγίων υπάρχει και άλλη μία διαφορά πάχους: αυτή από την εμπρόσθια μέχρι την οπίσθια κόψη (Leading-trailing edge).



Παρατηρώντας την τομή ενός πτερυγίου προπέλας με σταθερό βήμα, η επιφάνεια της πλευράς της θετικής πίεσης (blade face) φαίνεται να εκτείνεται σε ευθεία, ενώ η πλευρά της αρνητικής πίεσης (blade back)

σχηματίζει τόξο, ώστε το παχύτερο σημείο του πτερυγίου να είναι στο κέντρο της τομής του. Το πάχος στις άκρες των πτερυγίων είναι, συνήθως, από 1,5 μέχρι 2 mm για τις αλουμιένιες προπέλες και λίγο μικρότερο για τις ατσαλένιες.

Οι προπέλες, που στη χρήση τους είναι αναπόφευκτο το ξενέρισμα (για παράδειγμα στους αγώνες), προτιμάται η διατομή της «cleaver», όπου η τομή του πτερυγίου είναι σαν «σφήνα» και η οπίσθια κόψη (trailing edge) είναι το παχύτερο σημείο και λεπταίνει όσο καταλήγει στην εμπρόσθια κόψη (leading edge). Αυτές οι προπέλες πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνον όταν δουλεύουν στην επιφάνεια του νερού εκμεταλλευόμενες και τους αφρούς. Όταν δουλεύουν τελείως βυθισμένες, όπου οι αφροί δεν φτάνουν για να «αερίσουν» την επιφάνεια της χαμηλής πίεσης πίσω από την «παχιά» οπίσθια κόψη (trailing edge), η απόδοσή τους πέφτει κατακόρυφα.

3.10 Η περιφέρεια του πτερυγίου (Blade Contour)

Περιφέρεια ονομάζουμε το σχήμα των πτερυγίων, όπως τα κοιτάζουμε «ανφάς» από μπροστά ή από πίσω. Τα πτερύγια μπορεί να είναι ίσια ή λοξά. Τα περισσότερα λοξά πτερύγια, στις προπέλες επιφανείας παρουσιάζουν μειωμένο κραδασμό, όταν η προπέλα εισέρχεται πάλι στο νερό μετά από ξενέρισμα.

3.11 Ο αερισμός της προπέλας (Ventilation)

Λέμε ότι υπάρχει «αερισμός» στην προπέλα όταν ποσότητα αέρα, η οποία προέρχεται από το ανακάτεμα της επιφάνειας του νερού ή καυσαέρια που βγαίνουν από τη εξάτμιση διοχετεύονται στα πτερύγια της προπέλας. Σε μία τέτοια κατάσταση το «υγρό φορτίο» της προπέλας ελαττώνεται σημαντικά και, ως εκ τούτου, η προπέλα υπερστρέφει, χάνοντας αρκετή από τη δύναμη της ώσης. Ένας στιγμιαίος «αερισμός» της προπέλας μπορεί να προκαλέσει μεγάλο «cavitation» που θα έχει σαν αποτέλεσμα η προπέλα να «αποφορτωθεί» τελείως από νερό και να περιστρέφει στον αέρα παράγοντας έτσι μηδενικό έργο. Αυτό θα συνεχιστεί μέχρι να μειωθούν στο ελάχιστο οι στροφές της προπέλας, ώστε οι φυσαλίδες του αέρα να ανέβουν στην επιφάνεια του νερού ώστε να μην υπάρχει πια και η αιτία του αερισμού. Αυτό συμβαίνει στους εξωλέμβιους και έσω-εξωλέμβιους κινητήρες, που εξοπλίζουν ταχύπλοα σκάφη.

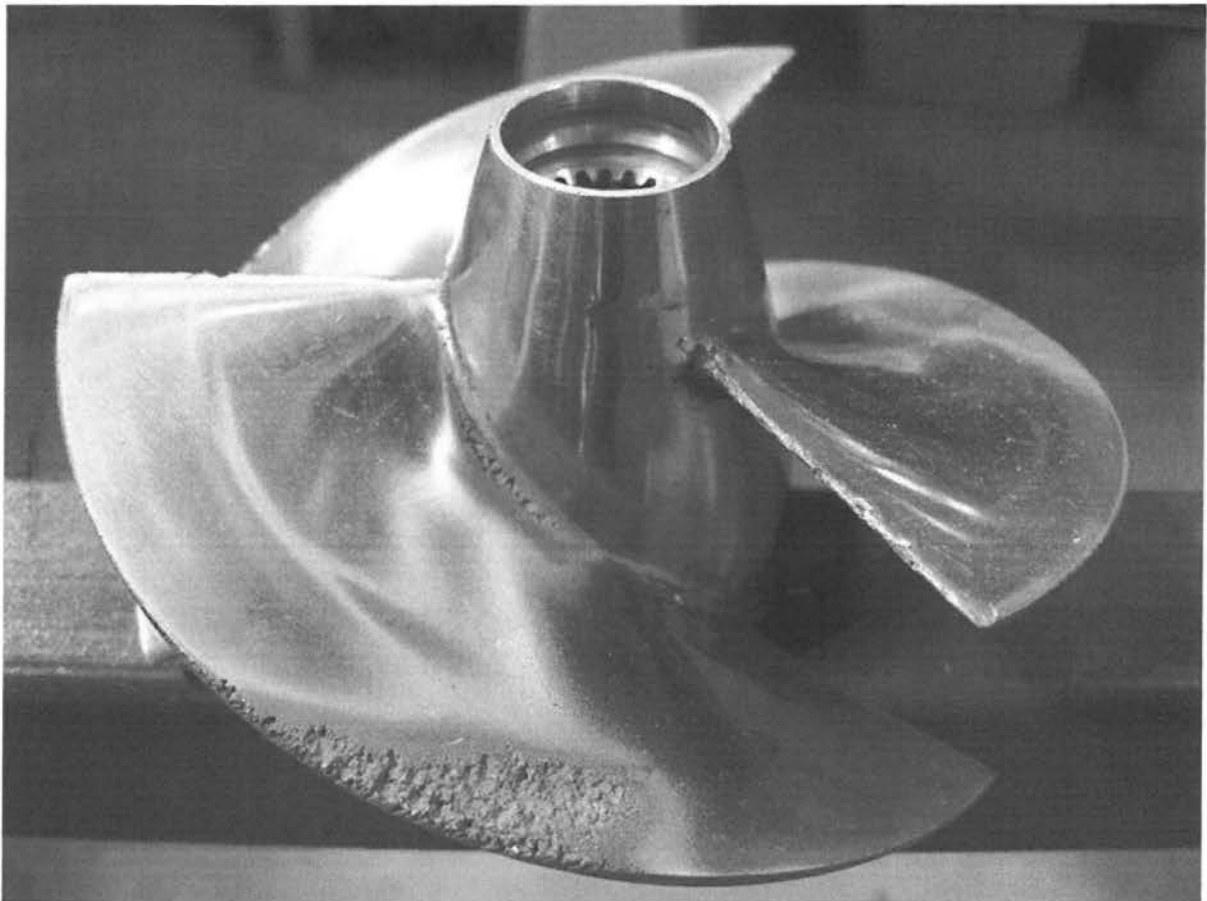
Στα αξονικά συστήματα ο αερισμός της προπέλας είναι ένα φαινόμενο σχεδόν ανύπαρκτο. Για να αποφεύγεται όσο γίνεται αυτός ο αερισμός της προπέλας των εξωλέμβιων και έσω-εξωλέμβιων και στο κέλυφος του κιβωτίου πάνω ακριβώς από την προπέλα υπάρχει ένα πλατύ πέλμα που ονομάζεται «cavitation plate» ή «anticavitation plate». Ο ρόλος αυτού του πέλματος είναι να μειώνει τις πιθανότητες αερισμού της προπέλας εκεί που εξασκείται η αρνητική πίεση, δηλαδή στην επιφάνεια του νερού προς την πίσω πλευρά των λεπίδων. Επίσης, για την προστασία από τον αερισμό οι περισσότερες προπέλες διαθέτουν «δακτύλιο διάχυσης» (defuser ring), το οποίο με την κλίση που έχει οδηγεί τα καυσαέρια ώστε αυτά να διαχυθούν ευκολότερα στο απόνερο και να μην επιστρέφουν πίσω (πάνω από τον κορμό) λόγω της υποπίεσης, δημιουργώντας έτσι αερισμό στα πτερύγια.

3.12 Σπηλαίωση (Cavitation)



Η σπηλαιώδης διάβρωση εμφανίζεται σε ροές υψηλών ταχυτήτων και δυναμικές συνθήκες του ρευστού προκαλώντας μεγάλες αποκλίσεις πιέσεων.

Ενώ η δομή της επιφάνειας που έχει υποστεί διάβρωση με απόξεση (erosion corrosion) – δημιουργείται όταν υπάρχει μια σχετική κίνηση του υγρού σε σχέση με ένα μεταλλικό υλικό βυθισμένο σε αυτό. Τότε η μεταλλική επιφάνεια σε πολλές περιπτώσεις υπόκειται σε μηχανική φθορά γεγονός που οδηγεί σε αυξημένη διάβρωση – ακολουθεί τη μορφή που της έχει δοθεί από την ροή του υγρού, στην σπηλαιώδη διάβρωση δημιουργούνται βαθιές οπές κάθετα στην επιφάνεια. Οι οπές αυτές συνήθως βρίσκονται σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους δημιουργώντας μια σπογγώδη επιφάνεια.



Μέτρα πρόληψης αυτού του είδους διάβρωσης αποτελούν τα παρακάτω:

- Αποφυγή υψηλών ταχυτήτων της ροής του υγρού
- Αποφυγή επικάλυψης και σχηματισμού φυσαλίδων μέσω του καλού καθαρισμού της μεταλλικής επιφάνειας
- Χρήση ανθεκτικών επιστρωμάτων
- Καλός σχεδιασμός ώστε να αποφευχθούν απότομες και μεγάλες αλλαγές στην πίεση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΩΣΗΣ

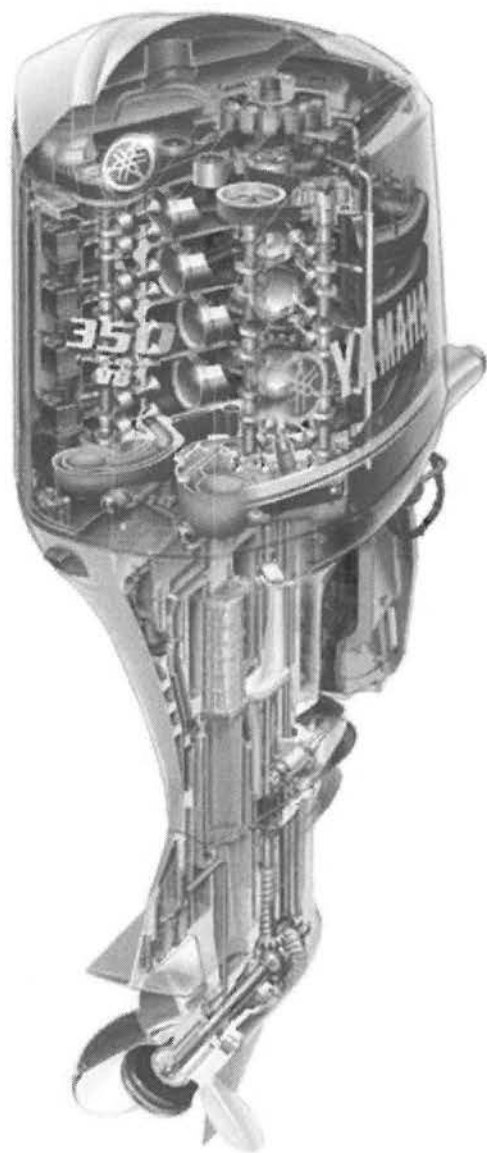
4.1 Εξωλέμβιοι κινητήρες βενζίνης

Οι εξωλέμβιοι κινητήρες, και κυρίως οι κλασικοί δίχρονοι, έχουν μια ιδιαίτερη σημασία, καθώς χάρη σε αυτούς το σκάφος αναψυχής διαδόθηκε στα λαϊκά στρώματα, που εξήντα περίπου χρόνια πριν αποτελούσε κτήμα μόνο των πλουσίων. Καθώς η Ευρώπη έβγαινε από έναν παγκόσμιο πόλεμο ο οποίος είχε καταστρέψει απόλυτα την οικονομία της, παρά τις αντίξοες οικονομικές συνθήκες, ο εξωλέμβιος κινητήρας κατάφερε σταδιακά να φέρει σε όλες σχεδόν τις οικογένειες τη δυνατότητα του θαλάσσιου ταξιδιού.



Στις μέρες μας οι εξωλέμβιοι κινητήρες διαθέτουν εξελιγμένη τεχνολογία εξαιτίας της οποίας ρυπαίνεται ελάχιστα το περιβάλλον.

Οι εξωλέμβιες μηχανές είναι ιδιαίτερα δημοφιλείς και καλύπτουν τις ανάγκες ενός μεγάλου εύρους σκαφών αναψυχής από μικρά σκάφη μέχρι επαγγελματικά σκάφη και ταχύπλοα που αγγίζουν πολύ υψηλές ταχύτητες.



Ως προς την ισχύ τους διαθέτουν μια γκάμα που ξεκινά από τους δύο ίππους και φθάνει μέχρι τους 350 ίππους.

Η πρώτη εξωλέμβια μηχανή ανακαλύφθηκε στην Αμερική το 1912 από τον Όλεγκ Εβινρουτ και επρόκειτο για έναν δίχρονο κινητήρα.

Υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες εξωλέμβιων μηχανών που διαφέρουν ως προς τους χρόνους καύσης. Έτσι έχουμε τους δίχρονους και τους τετράχρονους. Τα κύρια χαρακτηριστικά των δίχρονων είναι η πιο απλή κατασκευή τους αφού διαθέτουν λιγότερα μέρη, και κατ' επέκταση είναι πιο ελαφριές, ενώ το παραγόμενο έργο πραγματοποιείται όπως άλλωστε υποδηλώνει και η ονομασία τους σε δύο χρόνους. Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω είναι η ακαριαία απόκριση και οι υψηλές επιδόσεις.

Ως μειονεκτήματα θεωρούνται οι περισσότερες καταπονήσεις, συγκριτικά πάντα με ένα κλασικό τετράχρονο καθώς επίσης και η αυξημένη κατανάλωση.

Από την άλλη μεριά, οι τετράχρονοι κινητήρες εκτελούν πιο ομαλή λειτουργία και είναι πιο οικονομικοί στην κατανάλωση καυσίμων δεν

έχουν όμως την χρήσιμη δύναμη στη θάλασσα των δίχρονων και είναι πιο βαριοί.

Στις μέρες μας η γοργή τεχνολογική εξέλιξη παρέσυρε και τον τομέα των κινητήρων. Έτσι προέκυψαν προηγμένες δίχρονες εξωλέμβιες με χαμηλή κατανάλωση καυσίμων και λίγους εκπεμπόμενους ρύπους στα καυσαέρια. Η υψηλή τεχνολογία όμως πληρώνεται προς το παρόν λοιπόν οι μηχανές αυτές έχουν υψηλό κόστος κτήσης το οποίο αποσβένεται σταδιακά με την πάροδο του χρόνου.



4.2 Εσωλέμβιοι κινητήρες

Ο τύπος των εσωλέμβιων κινητήρων διαθέτει τόσο μεγάλη γκάμα, που μπορεί να εξυπηρετήσει από την ώθηση ενός μικρού σκάφους, μηχανοκίνητου ή ιστιοπλοϊκού, έως υπερωκεάνια και υποβρύχια. Τα μεγαλύτερα ονόματα κατασκευαστών μηχανών

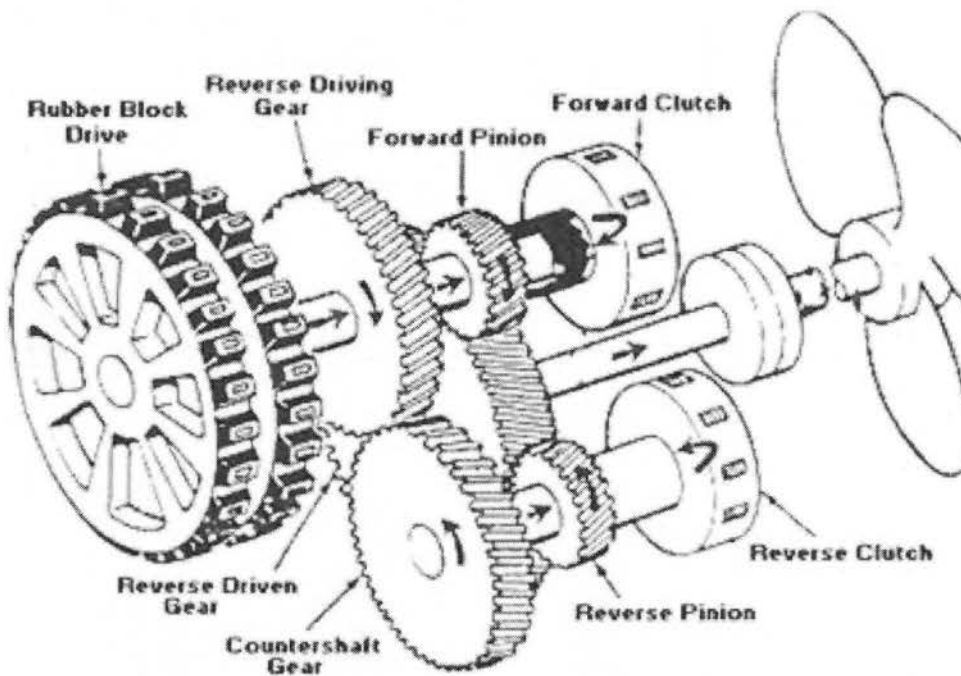


εσωτερικής καύσεως διαθέτουν τμήμα ναυτικών κινητήρων όπως η Volvo, MTU, Yanmar, Volkswagen κλπ. Η εσωλέμβια μηχανή είναι εγκατεστημένη στο ειδικά διαμορφωμένο χώρο του μηχανοστασίου και διαμέσου ενός άξονα στην προπέλα.

η ισχύς της καταλήγει στην προπέλα. Στις εσωλέμβιες μηχανές χρησιμοποιείται η αιχμή της τεχνολογίας και στα ερευνητικά τμήματα των εργοστασίων προσπαθούν διαρκώς για την μεγαλύτερη οικονομία στα καύσιμα, τους χαμηλότερους ρύπους στα καυσαέρια και την ελάττωση του θορύβου κατά τη λειτουργία. Επίσης φροντίζουν για την όσο το δυνατόν πιο ελαφριά και συμπαγή κατασκευή ώστε το σκάφος που θα τοποθετηθεί η μηχανή, να έχει μικρότερο βάρος για μεγαλύτερες επιδόσεις. Ακόμη, στους εσωλέμβιους ναυτικούς κινητήρες χρησιμοποιούνται ειδικά κράματα μετάλλων ώστε να είναι ανθεκτικοί στη διάβρωση από το θαλάσσιο νερό, που πολλές φορές ψύχει τη μηχανή. Οι πιο διαδεδομένες εσωλέμβιες είναι οι πετρελαιομηχανές. Μετά τον Β παγκόσμιο πόλεμο πέρασαν από διάφορα στάδια εξέλιξης μέχρις ότου καταλήξουν στη σημερινή τελική τους μορφή.

4.2.1 Μειωτήρες - Κιβώτιο

Όπως είναι γνωστό οι περισσότεροι κινητήρες βενζίνης έχουν ταχύτητα περιστροφής από 600 έως 5.000-6.000 σ.α.λ. και οι κινητήρες πετρελαίου έως 4.000 σ.α.λ. Οι προπέλες όμως για να μπορέσουν να λειτουργήσουν και να μετατρέψουν την κινητική ενέργεια σε δυναμική θα πρέπει να δουλεύουν σε πολύ χαμηλότερες στροφές. Γι' αυτό τον λόγο μεταξύ του στροφαλοφόρου και του άξονα που καταλήγει στην προπέλα μεταβάλλεται ένας μειωτήρας στροφών.

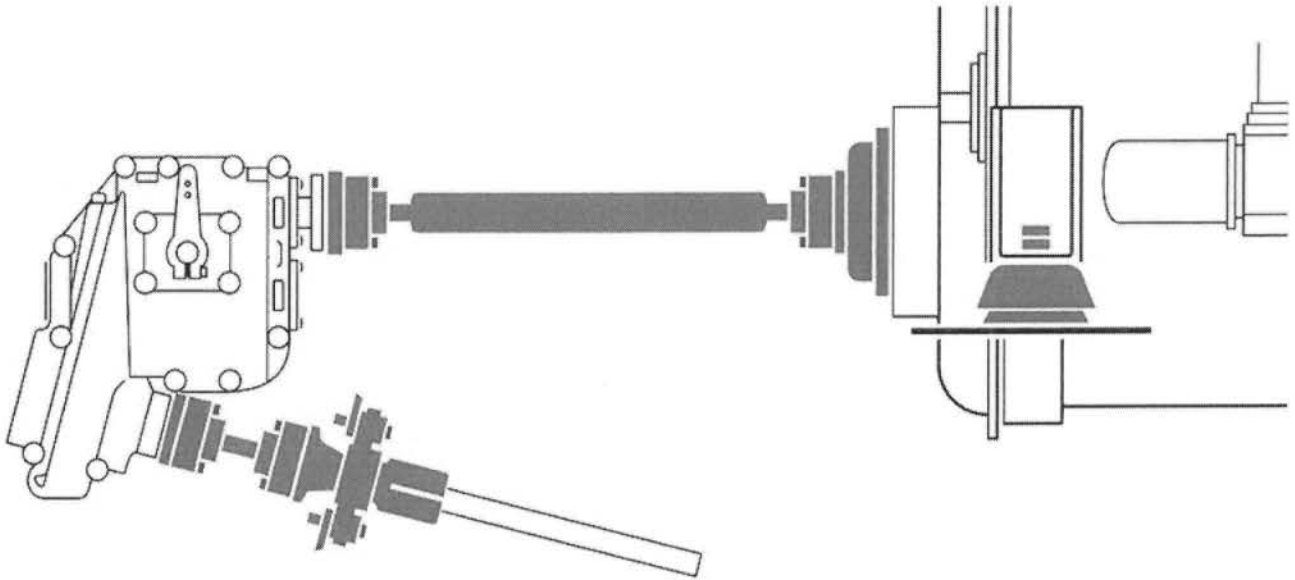


Ο μειωτήρας (ρεβέρσα) δεν είναι τίποτα παραπάνω από μια διάταξη με γρανάζια που παίρνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα και μειώνει την ταχύτητα περιστροφής στον άξονα και κατά συνέπεια στην προπέλα.

Επίσης με την χρήση του κιβωτίου και την εμπλοκή ενός ακόμα γραναζιού ο άξονας γυρίζει με αντίθετη φορά περιστροφής και έτσι το σκάφος μειώνει ταχύτητα, κινείται ανάποδα και μπορεί να στρίψει και να πραγματοποιήσει ελιγμούς.

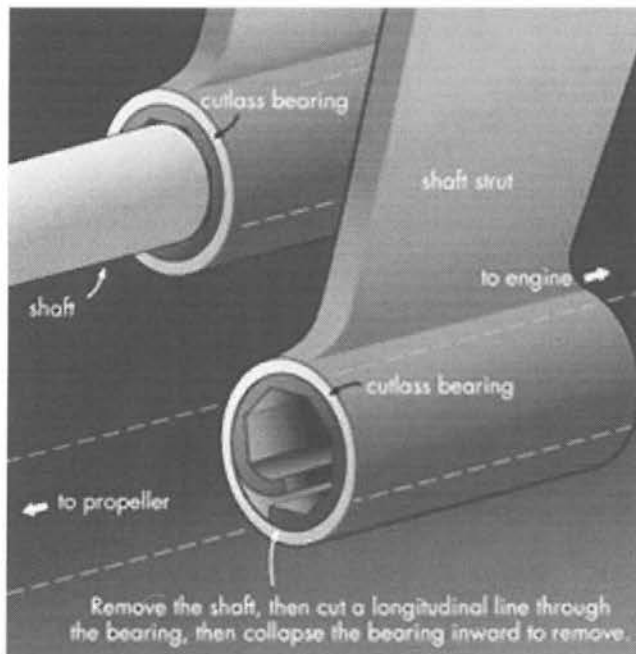
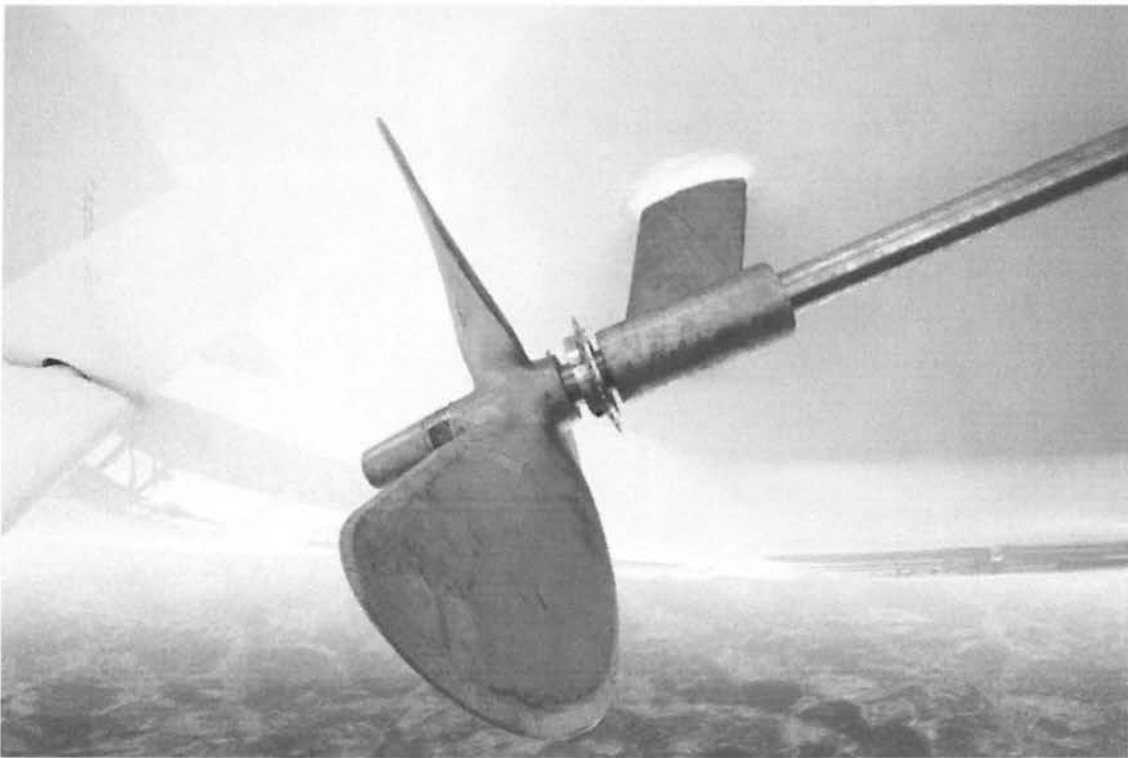
4.2.2 V Drive

Την διάταξη V Drive την χρησιμοποιούν οι ναυπηγοί όταν θα πρέπει να τοποθετήσουν τους κινητήρες πολύ κοντά στην πρύμνη και δεν υπάρχει η κατάλληλη κλίση του άξονα ώστε να βγεί από τον πυθμένα του σκάφους. Έτσι ο κινητήρας τοποθετείται στην πρύμνη με το μειωτήρα – κιβώτιο να βρίσκεται μπροστά από αυτόν (ουσιαστικά ο κινητήρας εγκαθίσταται ανάποδα και ο στροφαλοφόρος άξονας “κοιτάει” την πλώρη) και τον άξονα να περνάει κάτω από τον κινητήρα.



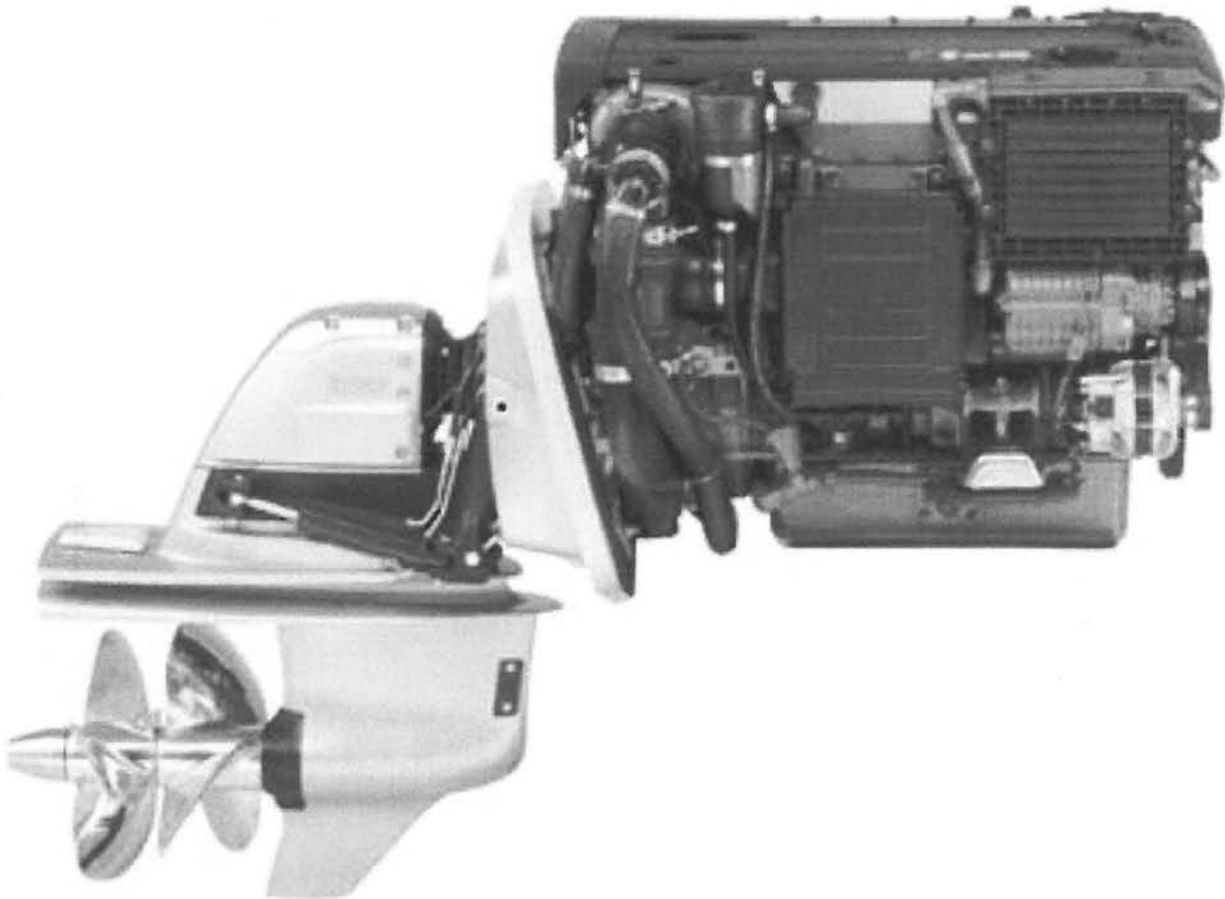
4.2.3 Μπρακέτο

Το μπρακέτο είναι το στήριγμα και οδηγός του άξονα του σκάφους και βρίσκεται στην πυθμένα του σκάφους και τοποθετείται λίγο πριν την προπέλα. Συνήθως είναι ορειχάλκινο (όπως και η προπέλες), ενώ η λίπανση του γίνεται κυρίως με στερεά λίπανση με την βοήθεια της μπούσας. Η μπούσα είναι κατά κανόνα ορειχάλκινη ή λαστιχένια και η διάρκεια ζωής της υπολογίζεται στα 2-3 χρόνια (αναλόγως την χρήση).

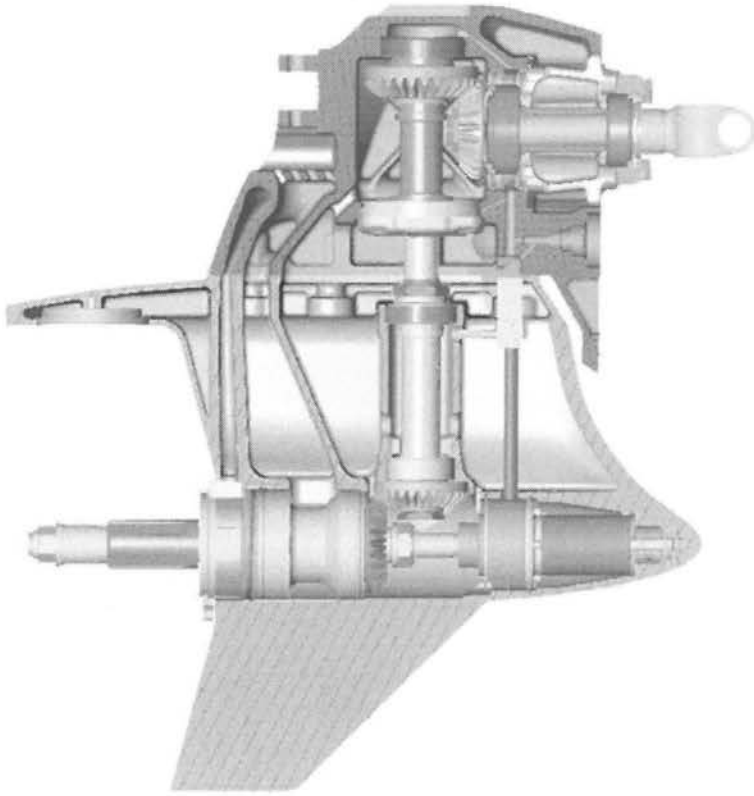


4.3 Έσω-Εξωλέμβιο Κινητήρες

Οι έσω-εξωλέμβιες μηχανές είναι ίδιες με τις εσωλέμβιες, με εξαίρεση μερικά βασικά σημεία. Το κυριότερο είναι ότι δεν υπάρχει ο άξονας ο οποίος βγαίνει από το σκάφος που καταλήγει στην προπέλα αλλά ένας ολόκληρος μηχανισμός ο οποίος εκτός του να περιστρέφει την προπέλα, στρίβει δεξιά αριστερά ώστε να κατευθύνει το σκάφος, σηκώνεται ($\pm 7^\circ$) ώστε να προσφέρει καλύτερη πλεύση στο σκάφος (ανάλογα τον κυματισμό της θάλασσας, την ταχύτητα και την κατανομή του βάρους) και να επιτυγχάνεται οι βέλτιστες επιδόσεις. Επίσης η κύρια μηχανή αλλά και τα παρελκόμενα της ψύχονται με το νερό που



αντλεί το πόδι (όπως χαρακτηριστικά λέγεται) από την θάλασσα.



Στο διπλανό σχήμα μπορούμε να κατανοήσουμε την μετάδοση κίνησης όπως αυτή μεταφέρεται από τον στροφαλοφόρο άξονα και δια μέσο του ποδιού καταλήγει στην προπέλα.

Πλέον οι κατασκευαστές μηχανών θαλάσσης έχουν αναπτύξει αρκετά συστήματα για να πετύχουν μικρότερη κατανάλωση καυσίμου και μεγαλύτερη

ταχύτητα πλεύσης. Ένα από αυτά τα συστήματα είναι οι διπλές προπέλες (dual prop) όπου πάνω στο ίδιο πόδι τοποθετούνται 2 προπέλες εν σειρά οι οποίες έχουν αντίθετη φορά περιστροφής ώστε να εκμεταλλεύονται περισσότερο όγκο νερού, πετυχαίνοντας έτσι 30% πιο γρήγορη επιτάχυνση, 5% μεγαλύτερη τελική ταχύτητα χωρίς να αυξάνεται η κατανάλωση ενώ σε συγκεκριμένο φορτίου μπορεί να μειωθεί η κατανάλωση κατά 10-12%.

4.4 IPS (Inboard Performance System – Εσωλέμβιο αποδοτικό σύστημα)

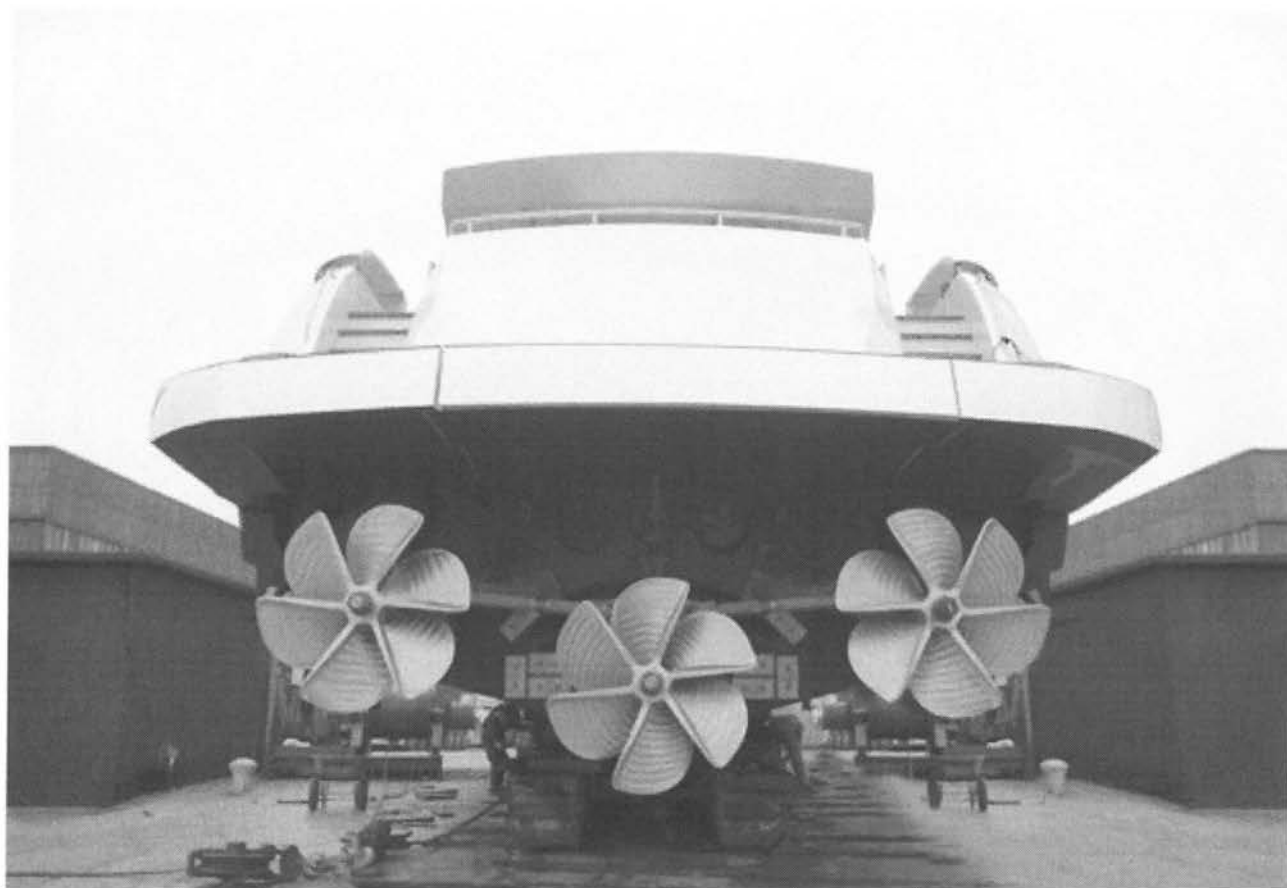
Ουσιαστικά πρόκειται για έναν συνδυασμό – «πάντρεμα», του εσωλέμβιου κινητήρα που όπως είπαμε επιτυγχάνει την κίνηση του σκάφους με τον άξονα και και έσω-εξωλέμβιο κινητήρα.

Για να καταλάβουμε την διάταξή του, αρκεί να κοιτάσουμε την παρακάτω φωτογραφία και να παρατηρήσουμε τις εξής διαφορές ανάμεσα στα δύο συστήματα:



- Πρόκειται για ένα σύστημα που μοιάζει αρκετά με το “πόδι” (Stern Drive) που χρησιμοποιεί ο έσω-εξωλέμβιος κινητήρας τοποθετημένος ανάποδα με τις προπέλες να κοιτάνε την πλώρη του σκάφους
- Σε αντίθεση με όλα τα παραπάνω συστήματα προώθησης, στο σύστημα IPS οι προπέλες δεν “σπρώχνουν” το νερό αλλά το “ρουφάνε”
- Για να στρίψει το σκάφος στρίβει ολόκληρο το σύστημα που βρίσκεται μέσα στην θάλασσα όπως και στο σύστημα εσω-εξωλέμβιου κινητήρα αλλά δεν μπορεί να μεταβληθεί η κλίση του.
- Πρόκειται για πολύ πιο απλή κατασκευή από το αντίστοιχο “πόδι” αφού ο μηχανισμός περιστροφής του βρίσκεται σε στεγανό χώρο στο εσωτερικό του σκάφους.
- Μπορούν να τοποθετηθούν 2 ή 3 ή 4 συστήματα ανάλογα με τα επιθυμητά αποτελέσματα και επιδόσεις.

4.5 Προπέλες Επιφανείας (Surfaces Propelles)



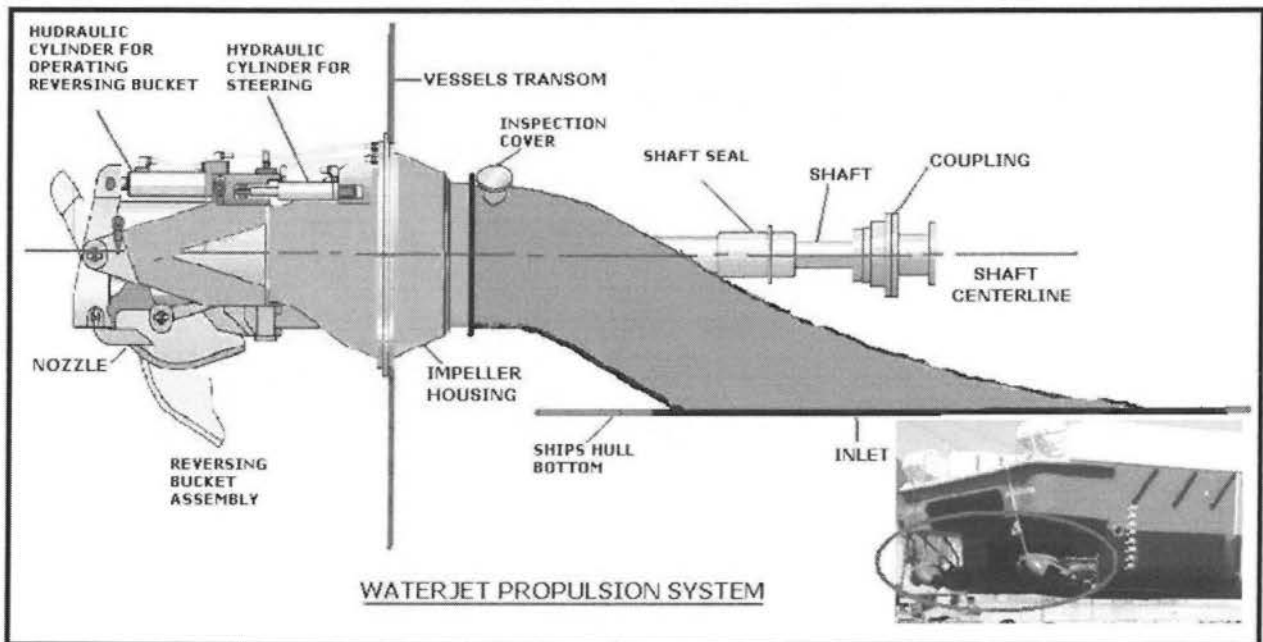
Έχοντας ως κυρίαρχο χαρακτηριστικό τις επιδόσεις, οι προπέλες επιφανείας, όπως προκύπτει από την ονομασία τους, είναι σχεδιασμένες ώστε να λειτουργούν στην επιφάνεια του νερού, με τα πτερύγια να περιστρέφονται τόσο μέσα στο νερό όσο και έξω από αυτό κατά το ήμισυ.

Οι προπέλες επιφανείας διαθέτουν μεγάλη κλίση πτερυγίου, το επωνομαζόμενο ως «rake».

Η υψηλότερη κλίση γενικά βελτιώνει την ικανότητα της προπέλας να λειτουργήσει σε καταστάσεις σπηλαίωσης ή αερισμού, όπως όταν τα πτερύγια βγαίνουν στην επιφάνεια του νερού. Τα πλεονεκτήματα των ελίκων με μεγάλο rake ωστόσο αναδεικνύονται σε ελαφρά και γρήγορα σκάφη αφού, συν τοις άλλοις, κρατείται ψηλά η πλώρη του σκάφους, με επακόλουθο να μειώνονται οι τριβές από την πλαγιολίσθηση.

4.6 Προώθηση μέσω Πίδακα Νερού (WaterJet)

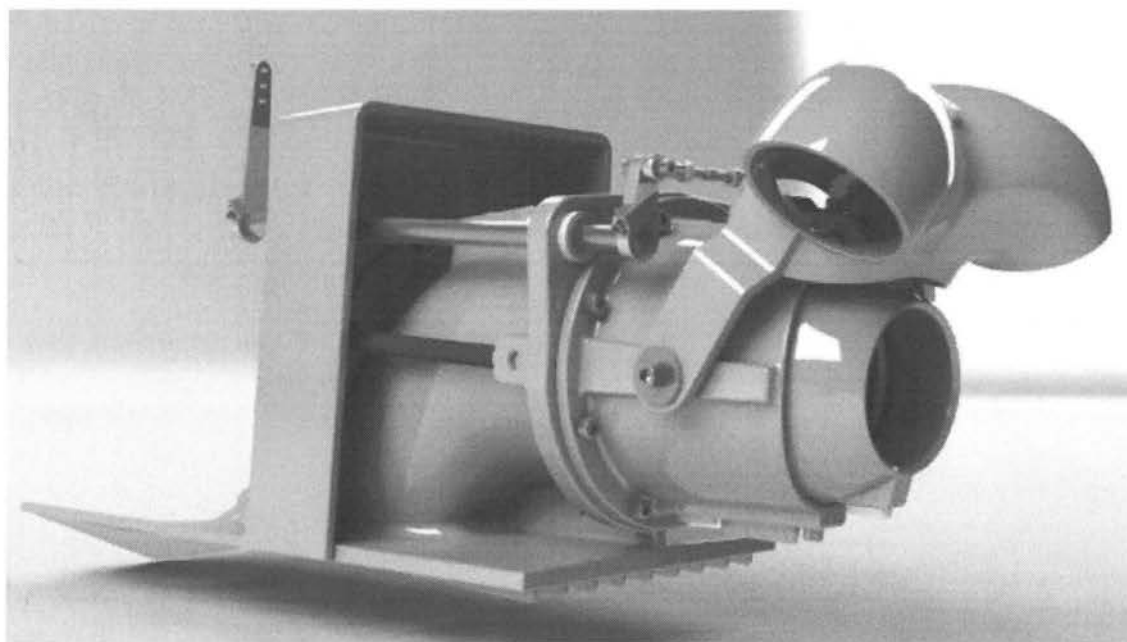
Αν και φαίνεται τελείως διαφορετικό σύστημα από τα παραπάνω όπου η προώθηση γίνεται διαμέσου της προπέλας δεν διαφέρει στην αρχή λειτουργίας του όπου πάλι η περιστροφική κίνηση ενός εξαρτήματος (αυτή την φορά δεν είναι η προπέλα αλλά μια φτερωτή - impeller) αναγκάζει το νερό να κινηθεί με αποτέλεσμα να μετατραπεί σε δυναμική κίνηση και έτσι να έχουμε προώθηση



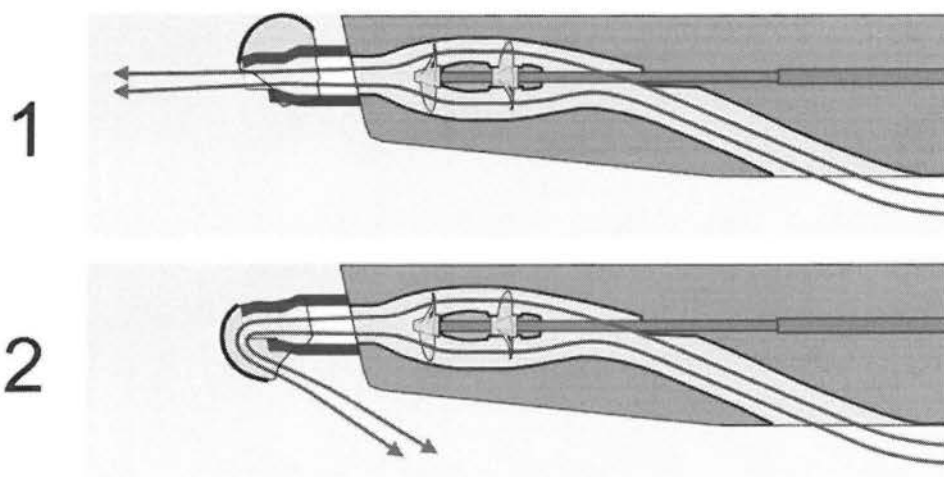
Στην παραπάνω εικόνα έχουμε μια ολοκληρωμένη παρουσίαση του συστήματος προώθησης από πίδακα νερού. Ο τρόπος λειτουργίας του είναι ο παρακάτω:

Μέσω της εισαγωγής (inlet) εισέρχεται το νερό στο τούνελ όπου συναντάει την φτερωτή που με την περιστροφή της, αυξάνει την ταχύτητα εξόδου του νερού προκαλώντας έναν πίδακα νερού στην έξοδο. Η φτερωτή είναι συνδεδεμένη με τον στροφαλοφόρο άξονα της κύριας μηχανής. Αυξομειώνοντας τις στροφές περιστροφής του κινητήρα αντίστοιχα αυξομειώνετε και η ταχύτητα περιστροφής της φτερωτής άρα και της ταχύτητας του σκάφους.

Για να μπορέσει να επιτευχθεί η κατεύθυνση του σκάφους το ακροφύσιο (η έξοδος του συστήματος waterjet) έχει την δυνατότητα να στρίβει κατευθύνοντας έτσι την δέσμη νερού και κατά αλλάζοντας και την κατεύθυνση του σκάφους.



Παρατηρώντας το ακροφύσιο βλέπουμε ότι διαθέτει ένα κλαπέτο-οδηγό το οποίο δεν κλείνει την έξοδο του νερού αλλά το αναγκάζει να κινηθεί προς την πλώρη του σκάφους. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η επιβράδυνση του σκάφους και η ανάποδη κίνησή του. Είναι το μοναδικό από τα παραπάνω συστήματα προώθησης όπου υπάρχει η δυνατότητα να επιλεγεί από πρόσω σε ανάποδα χωρίς να μεταβληθούν οι στροφές του κινητήρα αφού η φτερωτή δεν αλλάζει φορά περιστροφής.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το κάθε σύστημα προώθησης έχει κάποια θετικά και αρνητικά στοιχεία όπου παρακάτω θα γίνει μια προσπάθεια παρουσίασής τους. Όπως είναι εύκολα κατανοητό το κάθε σκάφος έχει τις ιδιαιτερότητές τους και προορίζεται για συγκεκριμένη χρήση.

5.1 Εξωλέμβιες

Πλεονεκτήματα:

Ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματα είναι η χαμηλή αναλογία ισχύος-βάρους που έχει, κάνοντας έτσι τις εξωλέμβιες μηχανές πολύ αποδοτικές με πολύ καλές επιδόσεις τόσο στην επιτάχυνση τόσο και στην μέγιστη ταχύτητα τους.

Οι εξωλέμβιες μηχανές έχουν επίσης ένα ευρύ φάσμα ισχύος που ξεκινάει από λιγότερο από έναν ίππο, φτάνοντας τους 350 και μπορεί να γίνει συνδυασμός με παραπάνω από έναν κινητήρα (το σύνηθες είναι συνδυασμός 2-3 κινητήρων).

Το χαμηλό κόστος κτήσης, με συνδυασμό το χαμηλό κόστος συντήρησης και την μικρή κατανάλωση καυσίμου κάνει τους εξωλέμβιους κινητήρες πολύ δημοφιλής τόσο για κάποιον που διαθέτει περιορισμένα χρήματα για την αγορά αλλά και για την χρήση ενός σκάφους.

Ταυτόχρονα, φέτος παρουσιάστηκε από την Yamaha το πρώτο σύστημα κατεύθυνσης και πλοήγησης σκάφους με εξωλέμβιους κινητήρες με χρήση joystick όπου βασική προϋπόθεση είναι η ύπαρξη δύο ή τριών κινητήρων.

Μειονεκτήματα:

Τα μειονεκτήματα είναι η πολυπλοκότητα κατασκευής «compact» που σε περίπτωση κάποιας βλάβης εν πλω είναι πολύ δύσκολη ακόμα και η πρόσβαση σε όλα τα μέρη της μηχανής καθώς απαιτούνται συγκεκριμένες μηχανολογικές γνώσεις αλλά και συγκεκριμένα εργαλεία. Ουσιαστικά είναι σχεδόν αδύνατη η επισκευή τους από μη εξειδικευμένο τεχνικό. Ένα ακόμα μειονέκτημα είναι η μεταφορά του κέντρου βάρους πολύ πίσω σε σχέση με το

κέντρο του σκάφους καθώς ένα μεγάλο ποσοστό από το συνολικό βάρος του σκάφους το καταλαμβάνει η μηχανή του, που στην συγκεκριμένη περίπτωση το βάρος της βρίσκεται πάνω στον καθρέφτη του σκάφους και σε περίπτωση κακού σχεδιασμού ή κακής κατασκευής υπάρχει περίπτωση να έχουμε ραγίσματα ή ακόμα και αποκολλήσεις.

5.2 Εσωλέμβιοι

Πλεονεκτήματα:

Έπειτα από τα χιλιάδες χρόνια εμπειρίας που υπάρχουν στην ναυπηγική και στις θαλάσσιες μεταφορές το μεγαλύτερο πλεονέκτημα ενός σκάφους είναι να έχει αξιόπιστο μέσο πρόωσης ώστε να μειωθούν οι πιθανότητες μηχανικής βλάβης στο ελάχιστο δυνατόν και ακόμα και στην περίπτωση που αυτή προκύψει να είναι πολύ εύκολη η αντιμετώπισή της. Για τους παραπάνω λόγους βλέπουμε ότι οι εσωλέμβιοι κινητήρες έχουν ουσιαστικά κερδίσει την “μάχη” του συστήματος προώθησης αφού η κατασκευή τους είναι πολύ απλή, η συντήρησή τους γίνεται εύκολα και δεν υπάρχουν κινητά μέρη, παρά μόνο ο άξονας και η προπέλα, μέσα στην θάλασσα. Η καθιερωμένη συντήρησή τους γίνεται πολύ εύκολα και σε σύντομο χρονικό διάστημα αφού η μηχανή, συνήθως, δεν είναι compact που κάτι τέτοιο θα απαιτούσε πολύ χρόνο αποσυναρμολόγησης και συναρμολόγησης. Ένα επίσης μεγάλο πλεονέκτημα των εσωλέμβιων μηχανών είναι ότι μπορούν να μετατοπιστούν αυτοί (εκ κατασκευής) στο κέντρο του σκάφους με απευθείας μετάδοση με άξονα ή στην πρύμνη με τη χρήση συστήματος V-Drive. Μια μετατόπιση των μηχανών αλλάζει σε πολύ μεγάλο βαθμό την πλεύση αλλά και τις επιδόσεις – καταναλώσεις. Επίσης από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα που έχουν τα σκάφη με εσωλέμβιο κινητήρα είναι η πλεύση τους σε μέτριες και άσχημες καιρικές συνθήκες αφού η προπέλα βρίσκεται αρκετά πιο χαμηλά από το κατώτερο σημείο της γάστρας σε σύγκριση με οποιοδήποτε άλλο μέσο πρόωσης και έτσι είναι αρκετά πιο σπάνιο να βγει πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Μειονεκτήματα:

Τα μόνα μειονεκτήματα που έχουν οι εσωλέμβιοι κινητήρες είναι το μεγάλο κόστος αγοράς σε σύγκριση με τους εξωλέμβιους κινητήρες και η αυξημένη κατανάλωση καυσίμου που σε συνδυασμό με τις χαμηλότερες ταχύτητες πλεύσης υστερούν αρκετά σε σύγκριση με τα άλλα μέσα πρόωσης.

5.3 Έσω-εξωλέμβιοι κινητήρες

Πλεονεκτήματα:

Οι εσω-εξωλέμβιοι κινητήρες προσφέρουν υψηλές ταχύτητες πλεύσης, γρήγορη επιτάχυνση και πολύ “απαλή” πλεύση. Πρόκειται για μια σχετικά οικονομική λύση τόσο από πλευράς αγοράς αλλά και κατανάλωσης καυσίμου. Με το σύστημα του “ποδιού” είναι δυνατή η αλλαγή της γωνίας (trim) που η προπέλα “βρίσκει” το νερό προσφέροντας έτσι μεγαλύτερη ταχύτητα αφού σηκώνοντας το πόδι, η πλώρη ανορθώνεται μειώνοντας έτσι τις τριβές. Αντίστοιχα, χαμηλώνοντας το πόδι η πλώρη βυθίζεται και προσφέρει καλύτερη και πιο ήπια πλεύση σε μέτριες και κακές καιρικές συνθήκες

Μειονεκτήματα:

Όπως αναφέραμε και παραπάνω το μεγαλύτερο στοίχημα που πρέπει να κερδίσουν οι κατασκευαστές κινητήρων είναι η αξιοπιστία. Ειδικά όταν αυτά τα μέσα χρησιμοποιούνται για θαλάσσιες μεταφορές εκεί κάποιος πρέπει να είναι 100% σίγουρος ότι δεν θα αντιμετωπίσει κάποιο πρόβλημα. Δυστυχώς όμως οι εσω-εξωλέμβιοι κινητήρες έχουν πολλά κινητά μέρη που βρίσκονται μέσα στο νερό και έτσι αυτά χρήζουν ετήσιας αντικατάστασης και συντήρησης. Ακόμα και ακολουθώντας πιστά το πρόγραμμα συντήρησης που ορίζει ο κατασκευαστής δεν απουσιάζουν τα πολύ συχνά προβλήματα και οι βλάβες που είναι αδύνατο να διαγνωστούν και να προβλεφθούν.

Ένα μικρότερης σημασίας μειονέκτημα είναι ότι το περίβλημα του “ποδιού” είναι κατασκευασμένο από πλαστικό κάτι που επιτρέπει στους θαλάσσιους μικροοργανισμούς να αναπτυχθούν πάνω του αυξάνοντας έτσι τις τριβές και μειώνοντας αισθητά την ταχύτητα

πλεύσης. Η μόνη λύση στο παραπάνω είναι ο συχνός καθαρισμούς με βούρτσες και τριβεία.

5.4 IPS

Πλεονεκτήματα:

Το σύστημα IPS έχει γίνει ιδιαίτερα γνωστό στο ευρύ κοινό περισσότερο λόγω της δυνατότητας χειρισμού με joystick κάτι που διευκολύνει απίστευτα πολύ κάποιον που δεν είναι τόσο εξομοιωμένος με την οδήγηση του σκάφους σε περιορισμένο χώρο (μαρίνες) καθώς και στο δέσιμο του σκάφους ιδιαίτερα όταν υπάρχει έντονος αέρας και απομακρύνει το σκάφος από την επιθυμητή του θέση. Ένα ακόμα σύστημα το οποίο βγήκε στην παραγωγή τα τελευταία χρόνια και χρησιμοποιείται μόνο με συνδυασμό με το σύστημα IPS είναι το DPS (Dynamic Position System). Ουσιαστικά πρόκειται για ένα σύστημα που με την βοήθεια δορυφορικού στίγματος μεγάλης ακρίβειας και με τις μηχανές του σκάφους, επιτρέπει σε αυτό να παραμένει στην θέση που του όρισε ο κυβερνήτης του χωρίς αυτός να κάνει κάποια άλλη κίνηση.

Κατά την πλεύση το σύστημα IPS προσφέρει μεγάλες ταχύτητες και αρκετά μικρότερα επίπεδα θορύβου και αίσθησης κραδασμών.

Μειονεκτήματα:

Το μεγαλύτερο δίλημμα με το οποίο θα έρθει αντιμέτωπος ένας πιθανός αγοραστής του συστήματος IPS είναι το κόστος αγοράς και συντήρησης το οποίο κυμαίνεται σε λίγο υψηλότερα πλαίσια με αυτό του εσω-εξωλέμβιου κινητήρα. Κατά γενική ομολογία τόσο των χρηστών αλλά και των μηχανικών έχουν λίγο μικρότερα ποσοστά εμφάνισης κάποιας απρόοπτης μηχανικής βλάβης σε σύγκριση με τα πώδια που χρησιμοποιούν οι εσω-εξωλέμβιοι κινητήρες αφού και τα IPS έχουν κινητά μέρη μέσα στο νερό. Τελευταίο αλλά πολύ σημαντικό μειονέκτημα (που δυστυχώς δε το σκέφτονται αρκετοί αγοραστές) είναι ότι το σύστημα IPS καταλαμβάνει μεγάλο εμβαδόν στη γάστρα του σκάφους και στην περίπτωση πρόσκρουσης και αποκόλλησής του, εισέρχονται νερά με πολύ μεγάλη ροή που είναι αδύνατον να αντιμετωπιστούν από τις αντλίες του σκάφους.

5.5 Προπέλες Επιφανείας

Πλεονεκτήματα:

Οι προπέλες επιφανείας ενδεικνύονται για σκάφη που οι κατασκευαστές τους τα προορίζουν για να επιτυγχάνουν υψηλές ταχύτητες. Ένα μέρος της προπέλας βρίσκεται έξω από τη στάθμη του νερού, όπου έχοντας συνεχώς λιγότερες τριβές, αναπτύσσονται μεγαλύτερες ταχύτητες περιστροφής της προπέλας. Όπως συμβαίνει και στους εσω-εξωλέμβιους κινητήρες που είναι δυνατή η ρύθμιση του trim έτσι και στις προπέλες επιφανείας είναι δυνατή μια μικρή ρύθμιση της γωνίας του trim έτσι ώστε να προσφέρει τη καλύτερη δυνατή πλεύση με τις εκάστοτε καιρικές συνθήκες. Τέλος για την κατεύθυνση του σκάφους δεν χρησιμοποιείται πηδάλιο όπως συμβαίνει στους εσωλέμβιους κινητήρες αλλά στρέφονται οι προπέλες με αποτέλεσμα την άμεση αλλαγή κατεύθυνσης του σκάφους.

Μειονεκτήματα:

Απεναντίας τα κύρια μειονεκτήματα που έχουν οι προπέλες επιφανείας είναι η πολύ μεγάλη δυσκολία ελιγμών στην διαδικασία δεσίματος ιδιαίτερα όταν υπάρχει έντονος άνεμο. Αυτό οφείλεται στο ότι οι προπέλες δεν βρίσκουν “αρκετό” όγκο νερού ικανό για να κατευθύνουν το σκάφος. Ένα ακόμα μειονέκτημα είναι η πλεύση σε μέτριες καιρικές συνθήκες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η γάστρα των σκαφών που χρησιμοποιούν τις προπέλες επιφανείας, είναι σχεδιασμένη ώστε να πλανάρεται σε ταχύτητες άνω των 20-25 κόμβων και σε περίπτωση έντονου κυματισμού οι ταχύτητες αυτές είναι άκρως απαγορευτικές.

5.6 WaterJet

Πλεονεκτήματα:

Ίσως ένα από τα πιο αποδοτικά συστήματα προώθησης. Προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τα υπόλοιπα συστήματα που αναφέρθηκαν πιο πάνω αφού έχει μηδαμινές τριβές και αντιστάσεις, προσφέροντας έτσι πάρα πολύ καλές επιταχύνσεις και μεγάλη τελική ταχύτητα. Είναι το μόνο σύστημα από τα παραπάνω που δεν χρησιμοποιεί προπέλα, αλλά φτερωτή η οποία είναι τοποθετημένη στην γάστρα του σκάφους κάνοντας το έτσι τελείως ασφαλές για τους κολυμβητές και κατάλληλο για πλεύση σε πολύ ρηχά νερά και ποτάμια (όπου συνήθως υπάρχουν ξύλα που μπορεί να προκαλέσουν ζημιά στις προπέλες) αφού το ολικό βύθισμα του σκάφους είναι ουσιαστικά το βύθισμα της γάστρας του. Προσφέρει άμεση επιβράδυνση εξαιτίας της ανεξάρτητης κίνησης του κλαπέτου με την φτερωτή χωρίς να χρειάζεται να μειωθούν οι στροφές του κινητήρα για να γίνει αλλαγή φοράς περιστροφής του άξονα προσφέροντας έτσι πολύ καλή απόκριση στον κυβερνήτη.

Μειονεκτήματα:

Όπως τα περισσότερα συστήματα προώθησης που έχουν κινητά μέρη που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας αντιμετωπίζουν αρκετές μηχανικές βλάβες, έτσι και το σύστημα Waterjet, έρχεται αντιμέτωπο πολλές φορές με αρκετές βλάβες. Είναι εύκολο κατανοητό ότι στην περίπτωση μη καλών καιρικών συνθηκών δεν υπάρχει η δυνατότητα γρήγορων επιδόσεων διότι η εξαγωγή του, θα βρίσκεται συχνά πάνω από την επιφάνεια του νερού με αποτέλεσμα να μην προσφέρει κάποιο έργο. Τέλος το αυξημένο κόστος χρήσης, συντήρησης και αγοράς το κάνουν σχεδόν απαγορευτικό για χρήση εκτός από συνθήκες όπου η μόνη λύση είναι η χρήση συστήματος Waterjet Όπως ποτάμια, ρηχά νερά, περιορισμένος χώρος αποθήκευσης (tender) ή μειωμένο βάρος.

5.7 Σύνοψη – Συμπεράσματα

Για να γίνει η βέλτιστη επιλογή του συστήματος προώθησης που θα χρησιμοποιηθεί σε ένα σκάφος μικρού ή/και μέσου εκτοπίσματος θα πρέπει πρώτα να αποσαφηνιστεί πλήρως η χρήση για την οποία αυτό προορίζεται.

Για την χρήση του σκάφους σε ποτάμια, σε λίμνες ή γενικά σε πολύ ρηχά νερά η μόνη επιλογή είναι η χρήση συστήματος Waterjet.

Για σκάφη μέχρι 8 μέτρα η πιο συνηθισμένη λύση είναι η χρήση εξωλέμβιων κινητήρων διότι καταλαμβάνουν τον λιγότερο χώρο αφού είναι η κινητήρες είναι τοποθετημένοι στον καθρέφτη του σκάφους και το κόστος αγοράς τους και συντήρησής τους είναι πολύ πιο χαμηλό από τα υπόλοιπα συστήματα. Για σκάφη πάνω από 8 μέτρα και μέχρι 13-14 συνηθίζεται η λύση των εσω-εξωλέμβιων κινητήρων αφού υπάρχει περιορισμός στον διαθέσιμο χώρο για το μηχανοστάσιο. Η συντριπτική πλειοψηφία σκαφών πάνω από 15 μέτρα χρησιμοποιούν εσωλέμβιους κινητήρες αφού το κόστος συντήρησης και χρήσης είναι πολύ πιο χαμηλό από τα υπόλοιπα συστήματα.

Το σύστημα IPS συνήθως θα το επιλέξει ένας άπειρος χρήστης για να μπορέσει να εκμεταλλευτεί όλες τις ηλεκτρονικές ευκολίες που αυτό προσφέρει.

Βιβλιογραφία

- Power & Propulsion - The Superyacht Owner's Guide – Boat International Media
- Μελέτη Πλοίου, Τόμος Α: Μεθοδολογία Προμελέτης – Απόστολου Δ. Παπανικολάου, Εκδόσεις Συμεών
- Μελέτη Πλοίου, Τόμος Β: Εγχειρίδιο Μελέτης – Απόστολου Δ. Παπανικολάου, Εκδόσεις Συμεών
- Εισαγωγή Στη Ναυπηγική και τη Θαλάσσια Τεχνολογία – Γ. Ζαραφωνίτης, ΕΜΠ – Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών
- Αντιστάσεις Πλοίου - – Γ. Κ. Πολίτη, ΕΜΠ – Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών
- Ναυτικές Μηχανές, Τόμος 1.: Γενικά. Μηχανές Diesel – Ι.Π. Ιωαννίδη,, ΕΜΠ – Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών
- Η Υδροδυναμική της Προώθησης του Πλοίου – Γ. Κ. Πολίτη , Γ. Ν. Λαμπρινίδη, Εκδόσεις ΑΣΤΕΡΟΣ
- Μηχανές Εσωτερικής Καύσης Ι – Περικλής Γ. Χασιώτης, Εκδόσεις ΙΩΝ
- Μηχανές Εσωτερικής Καύσης – Κωνσταντίνος Π. Μαυρίδης, Εκδόσεις ΙΩΝ
- <http://www.diathalassis.gr/technicalissues/407--lr.html>
- <http://archive.in.gr/Reviews/chapter.asp?lngReviewID=12770&lngChapterID=31278>
- <http://archive.in.gr/Reviews/imagegallery.asp?lngReviewID=12770&lngChapterID=-1&lngItemID=13525>
- <http://www.explainthatstuff.com/outboardmotors.html>
- http://www.psarema-skafos.gr/full_product.php?prod_id=mixtex2
- <http://www.volvopenta.com>
- <http://archive.in.gr/Reviews/imagegallery.asp?lngReviewID=12770&lngChapterID=103022&lngItemID=107651>
- <http://www.solidworksgallery.com>
- <http://www.hamjet.co.nz>
- <http://en.wikipedia.org>
- <http://www.riginosyachts.com>